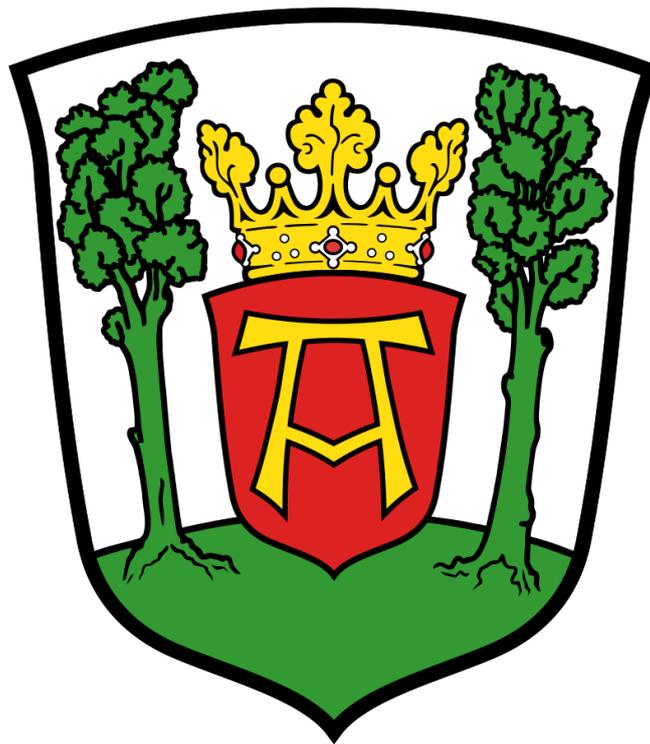


Kommunale Wärmeplanung

Abschlussbericht

für die
Stadt Aurich



Auftraggeber

Stadt Aurich
Fachdienst Klima/Umwelt/Verkehr
Bgm.-Hippen-Platz 1
26603 Aurich
Ansprechpartner:
Tjarko Tjaden

Auftragnehmer

EWE NETZ GmbH
Cloppenburger Straße 302
26133 Oldenburg
greenventory GmbH
Georges-Köhler-Allee 302
79110 Freiburg im Breisgau

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Abbildungsverzeichnis	5
3	Tabellenverzeichnis.....	6
4	Abkürzungsverzeichnis.....	7
1	Einführung	8
1.1	Motivation.....	8
1.2	Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext	9
1.3	Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung	10
1.4	„Digitaler Zwilling“ als zentrales Arbeitswerkzeug.....	11
1.5	Aufbau des Berichts	11
2	Grundlagen der Kommunalen Wärmeplanung	12
2.1	Was ist ein Wärmeplan?	12
2.2	Gibt es verpflichtende Ergebnisse?	12
2.3	Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?	12
2.4	Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?	14
2.5	In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?.....	14
2.6	Kann eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreicht werden?.....	15
2.7	Welchen Mehrwert bietet die Wärmeplanung?	15
2.8	Was bedeutet die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans für Anwohner und Anwohnerinnen? ...	15
3	Bestandsanalyse	17
3.1	Das Projektgebiet	17
3.2	Datenerhebung	18
3.3	Gebäudebestand	19
3.4	Wärmebedarf.....	23
3.5	Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger	24
3.6	Gas- und Stromnetzinfrastruktur	29
3.7	Wärmenetze.....	30
3.8	Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung	30
3.9	Zusammenfassung Bestandsanalyse	33
4	Potenzialanalyse	35
4.1	Erfasste Potenziale	35
4.2	Methode: Indikatorenmodell	36

4.3	Potenziale zur Stromerzeugung	39
4.4	Potenziale zur Wärmeerzeugung	41
4.5	Einsatz von Wasserstoff	45
4.6	Potenziale für Sanierung	47
4.7	Technologien zur dezentralen Wärmeerzeugung	49
4.8	Zusammenfassung und Fazit	51
5	Eignungsgebiete für Wärmenetze	52
5.1	Einordnung der Verbindlichkeit zum Neu- und Ausbau von Wärmenetzen	53
5.2	Eignungsgebiete im Projektgebiet	54
6	Zielszenario	62
6.1	Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs	62
6.2	Wärmegestehungskosten	64
6.3	Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung	64
6.4	Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung	68
6.5	Entwicklung der eingesetzten Energieträger	69
6.6	Bestimmung der Treibhausgasemissionen	70
6.7	Zusammenfassung des Zielszenarios	72
7	Maßnahmen und Wärmewendestrategie	73
7.1	Wärmenetz Aurich Zentrum – Machbarkeitsstudie (Vorlage 24/198)	74
7.2	Wärmenetz Aurich West - Machbarkeitsstudie (Vorlage 24/199)	74
7.3	Planung einer Gasleitung vom Klärwerk zum De Baalje (Vorlage 24/203)	75
7.4	Einrichtung eines Energie-Arbeitskreises für Unternehmen (Vorlage 24/200)	75
7.5	Serviceplattform für digitale Energieberatung (Vorlage 24/201)	75
7.6	Einführung eines Kommunalen Energiemanagements (Vorlage 24/202)	76
7.7	Öffentlichkeitsarbeit zu den Ergebnissen der KWP (Vorlage 24/222)	76
7.8	Übergreifende Wärmewendestrategie	77
7.8.1	Monitoring und Controlling für die Zielerreichung	80
7.8.2	Ziele Monitoring/Controlling	80
7.8.3	Controlling- bzw. Monitoringinstrumente und -methoden	81
7.9	Kommunikationsstrategie und Berichterstattung	81
7.10	Verstetigungsstrategie	82
7.11	Finanzierung	83
7.11.1	Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende	84
7.11.2	Fördermöglichkeiten	84
8	Fazit	86

9	Literaturverzeichnis	89
10	Anhang 1: Methodik der Bestandsanalyse	91
10.1	Gebäude-Basisdaten	91
10.1.1	Gebäudegeometrie	91
10.1.2	Administrative Grenzen	93
10.1.3	Externe Daten im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung	94
10.1.4	Analyse der Wärmeversorgung je Gebäudeheizsystem	96
11	Anhang 2: Methodik der Potenzialanalyse	99
11.1	Indikatorenmodell	99
11.2	Biomassepotenzial	101
11.3	Windenergie	101
11.4	Photovoltaik (Freifläche)	103
11.5	Solarthermie (Freifläche)	103
11.6	Dachflächenpotenziale	104
11.7	Oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden oder -kollektoren mit Wärmepumpe)	104
11.8	Tiefengeothermie	105
11.9	Luftwärmepumpen	106
11.10	Wärme aus Oberflächengewässern	107
11.11	Abwärme aus Klärwerken	109
11.12	Industrielle Abwärme	109
11.13	Sanierungspotenzial	110
12	Anhang 3: Methodik der Szenarienberechnung	111
12.1	Basisinformationen für die Szenarienberechnung und Vorgehen	111
12.2	Versorgungsszenarien	112
12.3	Identifizierung von Eignungsgebieten	112
12.4	Zuweisung von Versorgungstechnologien	113
13	Anhang 4: Literaturverzeichnis Methodendokumentation	114

2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visualisierung der Betrachtungsobjekte im KWP-Prozess	10
Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse.....	17
Abbildung 3: Das Projektgebiet Stadt Aurich.....	18
Abbildung 4: Gebäudeanzahl nach Sektoren im Projektgebiet	19
Abbildung 5: Verteilung der vorliegenden Sektoren im Projektgebiet.....	20
Abbildung 6: Verteilung der vorherrschenden Baualtersklassen für Gebäude	21
Abbildung 7: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen im Projektgebiet	22
Abbildung 8: Wohngebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte).....	22
Abbildung 9: Wärmebedarf nach Sektoren	23
Abbildung 10: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfe	24
Abbildung 11: Anzahl der jährlich neu installierten Heizsysteme nach Energieträger	25
Abbildung 12: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme	26
Abbildung 13: Verteilung nach Alter der Heizsysteme	27
Abbildung 14: Wärmebedarf nach Energieträgern	28
Abbildung 15: Gasnetzinfrastruktur im Projektgebiet	29
Abbildung 16: Treibhausgasemissionen nach Sektoren im Projektgebiet	31
Abbildung 17: Treibhausgasemissionen nach Energieträger im Projektgebiet	31
Abbildung 18: Verteilung der Treibhausgasemissionen im Projektgebiet	33
Abbildung 19: Vorgehen bei der Ermittlung von Potenzialen.....	35
Abbildung 20: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse	36
Abbildung 21: Erneuerbare Strompotenziale im Projektgebiet.....	39
Abbildung 22: Erneuerbare Wärmepotenziale im Projektgebiet.....	41
Abbildung 23: Übersicht Wasserstoff-Kernnetz in Deutschland.....	46
Abbildung 24: Lokale Versorgung des Wasserstoffs	47
Abbildung 25: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen.....	48
Abbildung 26: Reduktionspotenzial verschiedener energetischer Sanierungsmaßnahmen	48
Abbildung 27: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete	52
Abbildung 28: Übersicht über die definierten Eignungsgebiete für Wärmenetze im Projektgebiet	55
Abbildung 29: Eignungsgebiet "Aurich-Zentrum"	56
Abbildung 30: Eignungsgebiet „Aurich-West“	57
Abbildung 31: Eignungsgebiet „Gewerbegebiet Aurich Nord“	58
Abbildung 32: Eignungsgebiet „Wiesenstraße“	59
Abbildung 33: Eignungsgebiet "Leerer Landstraße"	60
Abbildung 34: Eignungsgebiet "Gewerbegebiet Schirum"	61
Abbildung 35: Simulation des Zielszenarios für 2040	62

Abbildung 36: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr	63
Abbildung 37: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2040.....	65
Abbildung 38: Wärmebedarf nach Energieträger im Jahr 2040.....	66
Abbildung 39: Endenergiebedarf nach Energieträger im Jahr 2040	67
Abbildung 40: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040	67
Abbildung 41: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Zieljahr 2040	68
Abbildung 42: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf	69
Abbildung 43: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf	70
Abbildung 44: Emissionsfaktoren in tCO ₂ /MWh (Quelle: KEA 2024)	71
Abbildung 45: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2040	72
Abbildung 46: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios	73
Abbildung 47: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040	87

3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KWW Halle, 2024)	32
Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien	37
Tabelle 3: Spezifische Wärmekosten verschiedener Versorgungsoptionen für ein Einfamilienhaus mit 18.000 kWh Jahreswärmebedarf (Agora 2024, BMWK 2024, eigene Berechnung).....	64
Tabelle 4: Erweiterte Handlungsvorschläge für Akteure der kommunalen Wärmewende	78
Tabelle 5: Maßnahmenübersicht	87

4 Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalente
Dena	Deutsche Energie-Agentur
DVGW e.V.	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EE	Erneuerbare Energien
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor
GIS	Geoinformationssystem
IKK	Investitionskredit Kommunen
IKU	Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KEMS	Kommunales Energiemanagementsystem
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KSG	Klimaschutzgesetz
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LPG	Liquified Petroleum Gas
LWK	Landwirtschaftskammer
NKlimaG	Niedersächsisches Klimaschutzgesetz
PPP	Public-Private-Partnerships
THG	Treibhausgas
WEA	Windenergieanlagen

1 Einführung

In den vergangenen Jahren ist immer deutlicher geworden, dass Deutschland angesichts des fortschreitenden Klimawandels und internationaler Verwerfungen eine sichere, kostengünstige sowie treibhausgasneutrale Energieversorgung benötigt. Die Wärmeversorgung spielt hier eine zentrale Rolle. Hierfür stellt die Kommunale Wärmeplanung (KWP) ein strategisches Planungsinstrument dar. Die KWP analysiert den energetischen Bestand, vorhandene Potenziale sowie treibhausgasneutrale Versorgungsoptionen für die Wärmewende und identifiziert Gebiete, die sich für Wärmenetze oder dezentrale Wärmelösungen eignen.

Der Niedersächsische Landtag hat am 28. Juni 2022 das „Gesetz zur Änderung des Niedersächsischen Gesetzes zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels sowie zur Änderung weiterer Gesetze“ beschlossen. Die in diesem Zuge neu geschaffenen §§ 20, 21 NKlimaG verpflichten alle niedersächsischen Kommunen, die Ober- oder Mittelzentrum im Sinne des Landes-Raumordnungsprogramms sind, bis zum 31. Dezember 2026 einen kommunalen Wärmeplan nach einem gesetzlich vorgegebenen systematischen Analyseprozess zu erstellen. Dieser Wärmeplan muss eine Handlungsstrategie mit konkreten Maßnahmen zur Erreichung der Treibhausgasneutralität der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 beinhalten. Mit der Umsetzung von mindestens fünf identifizierten Maßnahmen soll innerhalb von fünf Jahren nach Veröffentlichung des Wärmeplans begonnen werden. Die Umsetzung der Maßnahmen ist nicht Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Die Kommunen sind darüber hinaus gesetzlich verpflichtet, den Wärmeplan in regelmäßigen Abständen von mindestens fünf Jahren nach seiner Erstellung fortzuschreiben.

Das zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans verpflichtete Mittelzentrum Aurich hat bereits frühzeitig als eine der ersten Kommunen in Niedersachsen den Wärmeplanungsprozess gestartet.

1.1 Motivation

Angesichts der Bedrohung, die der voranschreitende Klimawandel darstellt, hat die Bundesrepublik im Klimaschutzgesetz des Bundes (KSG) die Treibhausgasneutralität zum Jahre 2045 verpflichtend festgeschrieben. Das Land Niedersachsen sieht das Erreichen der Treibhausgasneutralität bereits bis 2040 vor (NKlimaG). Auch die Stadt Aurich hat den Klimawandel als zentrale Herausforderung erkannt und trägt ihren Teil zur Zielerreichung bei. Der Rat der Stadt Aurich hat am 07.07.2021 die Umsetzung eines Integrierten Klimaschutzkonzeptes mit Maßnahmenprogramm beschlossen. Auf dieser Grundlage ist Aurich bereits in verschiedenen Bereichen der Klimaneutralität sehr aktiv, wie z.B. durch die Erstellung mehrerer Bebauungspläne für Freiflächen-Photovoltaikanlagen, die auf einer 2023 veröffentlichten Potenzialstudie beruhen.

Hinsichtlich der Treibhausgasneutralität fällt dem Wärmesektor eine zentrale Rolle zu, da deutschlandweit in etwa die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs im Bereich der Wärme- und Kältebereitstellung anfällt (Umweltbundesamt, 2024). Dazu zählen Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser sowie Kälteerzeugung. Im Stromsektor wird bereits über 60 % der Energie erneuerbar erzeugt, während es im Wärmesektor bislang nur

18,8 % sind (Umweltbundesamt, 2023). Städte und Kommunen tragen eine zentrale Verantwortung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors, da sie durch ihre lokale Steuerung, gesetzliche Verpflichtungen, Vorbildfunktion und die Umsetzung konkreter Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien entscheidend zur Erreichung nationaler und internationaler Klimaziele beitragen. Die kommunale Wärmeplanung stellt hierfür eine Plangrundlage dar. Vor diesem Hintergrund hat die Stadt Aurich bereits frühzeitig beschlossen, die Planung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors zu erstellen. Die Stadt kann hierfür zum Teil auf bestehende Konzepte und Vorarbeiten sowie existierende Strukturen aufbauen und hat diese im Zuge der Durchführung der Kommunalen Wärmeplanung zur Verfügung gestellt.

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, welche drei übergreifende Ziele verfolgt:

1. Versorgungssicherheit

- a. 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

- a. Das Ziel der Treibhausgasneutralität in der kommunalen Wärmeplanung strebt an, 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 CO₂-freie Technologien, um die Erderwärmung und die damit verbundenen Klimawandelfolgen zu minimieren.

3. Wirtschaftlichkeit

- a. Das Ziel der Wirtschaftlichkeit zielt darauf ab, die Wärmeversorgung 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 des Such- und Optionenraums 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 ermöglicht. Synergien können genutzt und Maßnahmen effizient koordiniert werden, um die Durchführung von Studien, Machbarkeitsstudien, die Planung und Realisierung von Quartierskonzepten sowie die Entwicklung und Ausführung von sowohl öffentlichen als auch privaten Bauprojekten erfolgreich zu gestalten. Somit profitieren von dieser erhöhten Planungssicherheit neben der Kommune auch die Bürger in Aurich.

1.3 Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung

Die Entwicklung eines kommunalen Wärmeplans ist ein mehrstufiger Prozess, der vier Schritte umfasst.



Abbildung 1: Visualisierung der Betrachtungsobjekte im KWP-Prozess

Abbildung 1 zeigt die Abfolge der vier durchlaufenden Prozessphasen der Kommunalen Wärmeplanung. Im ersten Schritt, der Bestandsanalyse, wurde die Ist-Situation der Wärmeversorgung umfassend analysiert. Dazu gehörte die Erfassung von Daten zum aktuellen Wärmebedarf und -verbrauch, den daraus resultierenden Treibhausgasemissionen, den existierenden Gebäudetypen sowie deren Baualtersklassen. Ebenso wurde die vorhandene Infrastruktur der Gas- und Wärmenetze systematisch untersucht und die Beheizungsstrukturen in Wohn- und Nichtwohngebäuden detailliert erfasst. Auch vorhandene erneuerbare Energien wurden eingetragen.

Im zweiten Schritt, der Potenzialanalyse, wurden lokale Potenziale für Energieeinsparungen und den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärme- und Stromerzeugung ermittelt. Dabei wurde analysiert, in welchen Bereichen Energieeffizienzmaßnahmen sinnvoll umgesetzt werden können, um den Gesamtverbrauch deutlich zu senken. Gleichzeitig wurde geprüft, inwieweit erneuerbare Energiequellen wie Solarenergie, Geothermie, Biomasse oder Abwärme zur Deckung des lokalen Energiebedarfs beitragen können. Ziel dieser Analyse ist es, die Nutzungspotenziale für erneuerbare Energien optimal auszuschöpfen und dadurch langfristig eine klimafreundliche und nachhaltige Energieversorgung in der Kommune zu gewährleisten.

Im dritten Schritt nutzte man die gewonnenen Erkenntnisse, um Eignungsgebiete für Wärmenetze sowie zugehörige Energiequellen und Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgungsoptionen zu identifizieren. Darauf aufbauend wurde ein Zielszenario für die zukünftige Wärmeversorgung entwickelt, das eine räumlich aufgelöste Beschreibung einer möglichen zukünftigen Versorgungsstruktur für das Zieljahr beinhaltet.

Im vierten Schritt wurden konkrete Maßnahmen als erste Bausteine zur Zielerreichung sowie eine Gesamtstrategie für die Wärmewende formuliert. Die Maßnahmen wurden priorisiert und sollen in den nächsten fünf Jahren umgesetzt werden. Bei der Erstellung dieser Maßnahmen kam der Kenntnis der lokalen Rahmenbedingungen durch die Stadtverwaltung sowie weiteren lokalen Akteuren eine wichtige Rolle zu. Relevante Fachabteilungen der Stadt Aurich wurden aktiv in die Erstellung des Wärmeplans einbezogen. Sie trugen durch Diskussionen und Validierung von Analysen zur Entwicklung von Wärmenetzeignungsgebieten und Maßnahmen bei. Am Ende des Planungsprozesses steht der Beschluss des Wärmeplans im Stadtrat.

Es gilt zu beachten, dass die kommunale Wärmeplanung im Projektgebiet ein kontinuierlicher Prozess ist, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und die Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und weiterentwickelt.

1.4 „Digitaler Zwilling“ als zentrales Arbeitswerkzeug

Eine Besonderheit des Projektes ist die Nutzung eines sogenannten „digitalen Zwillings“ für die Planerstellung. Der digitale Zwilling der Firma greenventory GmbH dient als zentrales Arbeitswerkzeug für die Projektbeteiligten und erleichtert die Komplexität der Planungs- und Entscheidungsprozesse. Es handelt sich um ein spezialisiertes digitales Kartentool, welches ein virtuelles, gebäudescharfes Abbild des Projektgebiets darstellt. Dieses bildet nicht nur die Grundlage für die Analysen, sondern dient zugleich als zentraler Ort für die Datenhaltung im Projekt. Dies bietet mehrere Vorteile wie eine homogene Datenqualität, die für fundierte Analysen und Entscheidungen unabdingbar ist, erleichtert die Zusammenarbeit im Projektteam und ermöglicht eine effizientere Prozessgestaltung. Darüber hinaus eignet sich der digitale Zwilling hervorragend für die Kommunikation der Ergebnisse, da komplexe Sachverhalte und Zusammenhänge anschaulich visualisiert und so verständlich für Bürger, Entscheidungsträger und andere Interessensgruppen aufbereitet werden können.

1.5 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich wie folgt: Der Abschnitt „Grundlagen der Kommunalen Wärmeplanung“ ergänzt diese Einführung und fasst die am häufigsten gestellten Fragen rund um die Wärmeplanung zusammen. In den anschließenden Kapiteln erfolgt die Erarbeitung der vier Phasen, die den Kern der kommunalen Wärmeplanung ausmachen. Kapitel 5 enthält Steckbriefe der verschiedenen Wärmenetzeignungsgebiete. Kapitel 7 enthält Steckbriefe zu den definierten Maßnahmen im Projekt, welche den Kern der Wärmewendestrategie darstellen. Abschließend werden die Befunde der kommunalen Wärmeplanung zusammengefasst.

2 Grundlagen der Kommunalen Wärmeplanung

In diesem Abschnitt bieten wir eine zügige und unkomplizierte Einführung in die Thematik der kommunalen Wärmeplanung. Hier finden Sie eine sorgfältig zusammengestellte Auswahl der wichtigsten und am häufigsten gestellten Fragen, um sich einen klaren und umfassenden Überblick über das Thema zu verschaffen.

2.1 Was ist ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan ist ein strategisches Instrument, mit dem Ziel, den Wärmebedarf methodisch zu prognostizieren, um die Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene ganzheitlich zu planen. Ziel ist die Gewährleistung einer treibhausgasneutralen, sicheren und kostengünstigen Wärmeversorgung. Der Plan umfasst die Analyse der aktuellen Situation der Wärmeversorgung, die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs sowie die Identifizierung von Potenzialen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Diese werden zu einem lokalen Zielbild (Zielszenario) zusammengefügt. Daneben beinhaltet der Wärmeplan die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen als erste Schritte zur Zielerreichung. Der Wärmeplan ist spezifisch auf die Stadt zugeschnitten, um die lokalen Gegebenheiten und Bedürfnisse zu berücksichtigen.

2.2 Gibt es verpflichtende Ergebnisse?

Der Wärmeplan dient als strategischer Fahrplan, der erste Handlungsempfehlungen und Entscheidungsgrundlagen für die beteiligten Akteure liefert. Die Ergebnisse der Analysen können genutzt werden, um die kommunalen Prioritäten und Pläne auf das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung auszurichten. Daneben werden auch konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, die die Entwicklung der Wärmeversorgungsinfrastruktur und die Integration erneuerbarer Energien betreffen. Die Ergebnisse und Maßnahmenvorschläge des Wärmeplans dienen der Stadtverwaltung sowie weiteren entscheidenden politischen Gremien als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung.

Der kommunale Wärmeplan soll nach aktueller Landesgesetzgebung mindestens fünf Maßnahmen benennen, deren Umsetzung innerhalb der ersten fünf Jahre nach Veröffentlichung des Wärmeplans startet (§20 Abs. 5 NKlimaG). Die konkreten Maßnahmen hängen von den individuellen Gegebenheiten im Projektgebiet und den identifizierten Potenzialen ab. Im Projektgebiet wurden insgesamt fünf Maßnahmen durch die Projektbeteiligten identifiziert und priorisiert, die in diesem Bericht genauer beschrieben werden. Die kommunale Wärmeplanung ist ein kontinuierlicher Prozess, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und die Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und weiterentwickelt.

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

Die gesetzliche Landschaft rund um Energieeffizienz und Klimaschutz ist komplex und vielschichtig. Zentrale Elemente dieser Landschaft sind das Gebäudeenergiegesetz (GEG), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die kommunale Wärmeplanung, geregelt durch das niedersächsische Klimagesetz (NKlimaG)

beziehungsweise durch das Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG). Diese Instrumente, obwohl sie auf unterschiedlichen politischen Ebenen operieren, ergänzen sich gegenseitig und zielen darauf ab, eine nachhaltige und effiziente Nutzung von Energie im Gebäudesektor zu fördern und die Klimaziele zu erreichen. Das GEG setzt die rechtlichen Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden und die Nutzung erneuerbarer Energien, während das BEG, ein Förderprogramm des Bundes, finanziell die Umsetzung dieser Anforderungen unterstützt, indem es Fördermittel für energetische Sanierungen und Neubauten bereitstellt. Die kommunale Wärmeplanung fokussiert sich hingegen auf die strategische Planung der Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene. Alle Instrumente haben jedoch das gemeinsame Ziel, die CO₂-Emissionen des Gebäude- bzw. Wärmesektors zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern. Dabei ergänzt die kommunale Wärmeplanung die Vorgaben des GEG, indem sie eine übergeordnete Perspektive einnimmt. Die Standards und Vorgaben, die im GEG festgelegt sind, setzen auf Gebäudeebene den regulatorischen Rahmen, sollen jedoch mit der Wärmeplanung verzahnt werden. Konkret ist gemäß § 71 GEG in Neubauten in Neubaugebieten, für die der Bauantrag nach dem 01.01.2024 gestellt wird, nur noch der Einbau von Heizsystemen mit einem Mindestanteil von 65 % erneuerbarer Energien erlaubt. Für die Erfüllung gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie z. B. die Installation einer Wärmepumpe oder die Nutzung von Biogas oder anderer klimaneutral hergestellter Energieträger. Im Gebäudebestand werden jedoch neu eingebaute Heizungsanlagen zugelassen, die zum Stichtag 2029 mindestens 15 % und ab 2035 mindestens 30 % der bereitgestellten Wärme aus Biomasse, grünem oder blauem Wasserstoff nutzen. Ab 2040 müssen es mind. 60 % sein.

Diese Übergangsfrist zur klimaneutralen Wärmeversorgung wird je nach Status der kommunalen Wärmeplanung entsprechend modifiziert: Hier besteht zwischen WPG und GEG eine direkte Verzahnung. Grundsätzlich gilt die 65 %-EE-Vorgabe für alle Gebäude erst mit Ablauf der Fristen für die Kommunale Wärmeplanung. Vorher gilt: Für Gebäude, in nach § 26 WPG durch den Gemeinde- oder Stadtrat in einer gesonderten Satzung beschlossenen, sogenannten „Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffnetzausbaugebieten“, greifen § 71 Abs. 8 Satz 3 GEG bzw. § 71k Abs. 1 Nummer 1 GEG. Diese bestimmen, dass ein Monat nach Bekanntgabe in diesen entsprechenden Gebieten die 65 %-EE-Vorgabe anzuwenden ist. Es kann ein Wärmeliefervertrag abgeschlossen werden, der einen Mindestanteil von 65 % erfüllt. Hierzu ist eine Übergangsfrist von zehn Jahren für ausgewiesene Wärmenetzausbaugebiete vorgesehen. In Wasserstoffnetzausbaugebieten hingegen eine bis zum Betrieb des Wasserstoffnetzes, wobei dieses bis spätestens Ende 2044 vollständig mit Wasserstoff versorgt sein soll. Während dieser Übergangsphasen, die mit der Erstellung der Versorgungsnetze zusammenhängen, sind keine verpflichtenden Anteile erneuerbarer Energien für neueingebaute Heizanlagen vorgeschrieben. Des Weiteren können bestehende Heizanlagen in den entsprechenden Gebieten, die diese Vorgabe nicht erfüllen, repariert und weiter betrieben werden.

Es ist wichtig zu betonen, dass im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung keine Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffnetzen ausgewiesen werden, sondern dies ausschließlich in einer gesonderten Satzung des Gemeinde- oder Stadtrats erfolgen würde. Gemäß § 23 Abs. 4 WPG hat der Wärmeplan daher keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten.

Für bestehende Wärmepläne, die nach dem Niedersächsischen Klimagesetz (NKlimaG) erstellt wurden, gilt nach dem WPG des Bundes ein Bestandsschutz. Dies trifft insbesondere auf Wärmepläne zu, die aus Länder- oder Bundesmitteln gefördert oder nach anerkannten Praxisleitfäden erstellt wurden und im Wesentlichen, den im WPG aufgeführten Anforderungen entsprechen.

Die BEG kann als Umsetzungshilfe des GEG und der kommunalen Wärmeplanung gesehen werden. Die BEG bietet finanzielle Anreize für Gebäudeeigentümer*innen, die Mindestanforderungen des GEG an Gebäude nicht nur zu erfüllen, sondern sogar zu übertreffen. Dies fördert die Umsetzung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung, da durch die BEG mehr finanzielle Ressourcen für die Integration von erneuerbaren Energiesystemen oder die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus steht es den Kommunen frei, gerade in Neubaugebieten ehrgeizigere Ziele und Standards als die des GEG zu definieren und diese in ihre lokale Wärmeplanung zu integrieren. Dies ermöglicht es den Kommunen, auf lokale Besonderheiten und Gegebenheiten einzugehen und so eine effektivere Umsetzung der im GEG festgelegten Ziele zu erreichen.

In der Praxis können also alle Ansätze ineinandergreifen und sich gegenseitig unterstützen, um eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung zu fördern.

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

Im Zuge der Wärmeplanung wurden „Eignungsgebiete“ identifiziert: Dabei handelt es sich um Gebiete, die aufgrund ihrer hohen Wärmeliniendichte besonders gut für Wärmenetze geeignet sind. Die Wärmeliniendichte, ein Maß für die Konzentration von Wärmebedarf pro Meter Straßenabschnitt, ist das zentrale Kriterium bei der Auswahl dieser Gebiete. Eine hohe Wärmeliniendichte ist ein Indiz für eine effiziente und wirtschaftliche Wärmeversorgung. Darüber hinaus ergibt sich die Eignung aus der Nähe zu potenziellen Wärmequellen, wie etwa Industrieanlagen, Klärwerken oder Biomasseheizkraftwerken, sowie zu Wärmeverbrauchern, wie Wohn- und Gewerbegebieten. Diese Synergie von Quelle und Senke unterstützt die optimale Nutzung von Ressourcen. In diesen Gebieten sind daher weitere Planungsschritte besonders sinnvoll und vielversprechend.

2.5 In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?

Auf Grundlage der Eignungsgebiete werden in einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt Machbarkeitsstudien und anschließend Ausbaupläne für Wärmenetzausbaugebiete erstellt, die neben der Wärmebedarfsdichte weitere Kriterien, wie die wirtschaftliche und ressourcenbedingte Umsetzbarkeit, mit einbeziehen. Diese sollen von der Stadt, Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern erstellt werden. Der Ausbau der Wärmenetze bis 2040 wird in mehreren Phasen erfolgen und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Ausbaupläne werden von der Stadt, sobald diese vorliegen, veröffentlicht.

2.6 Kann eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreicht werden?

Durch die Realisierung des Wärmeplans ist die Erreichung der Treibhausgasneutralität im Wärmesektor bis zum Zieljahr 2040 theoretisch möglich, allerdings nicht ausschließlich auf lokaler Ebene. Grund dafür ist, dass einige Wärmequellen und Technologien, die derzeit genutzt werden oder in absehbarer Zukunft verfügbar sind, weiterhin gewisse Mengen an Treibhausgasen emittieren. Dazu gehören zum Beispiel Erdgas- oder Öl-Heizungen, die nicht vollständig durch erneuerbare Energien ersetzt werden können, sowie die begrenzte Verfügbarkeit und Effizienz von Technologien zur vollständigen CO₂-Abscheidung und -Speicherung. Außerdem spielt die infrastrukturelle und wirtschaftliche Umsetzbarkeit eine Rolle, da der vollständige Umstieg auf klimaneutrale Alternativen teilweise mit erheblichen Investitionen und langen Umsetzungszeiträumen verbunden ist. Es bleibt eine Restemission, die ausgeglichen werden muss. Obwohl die vollständige Erreichung der Treibhausgasneutralität mit den ausgearbeiteten Maßnahmen allein nicht garantiert werden kann, stellen sie dennoch einen wichtigen Schritt in die richtige Richtung dar.

2.7 Welchen Mehrwert bietet die Wärmeplanung?

Die Umsetzung einer kommunalen Wärmeplanung bietet zahlreiche Vorteile. Durch ein koordiniertes Zusammenspiel von Wärmeplanung, Quartierskonzepten und privaten Initiativen lässt sich eine kosteneffiziente Wärmewende realisieren, die Fehlinvestitionen vorbeugt und das Investitionsrisiko senkt. Durch die Eingrenzung des Suchraums für Investitionen in Wärmenetze wird zudem das Risiko minimiert. Eine strategische Planungsgrundlage ermöglicht es, frühzeitig relevante Daten zu sammeln und zu analysieren, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Diese frühzeitige Auseinandersetzung mit den lokalen Gegebenheiten und Potenzialen ist richtungsweisend für individuelle Entscheidungen der Bürger*innen und fördert die Akzeptanz und Beteiligung der Bevölkerung. So können kommunale Wärmeplanungen maßgeblich dazu beitragen, dass die Energieversorgung zukunftssicher und nachhaltig gestaltet wird.

2.8 Was bedeutet die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans für Anwohner und Anwohnerinnen?

Der kommunale Wärmeplan dient in erster Linie als strategische Planungsbasis und identifiziert mögliche Handlungsfelder für die Kommune. Dabei sind die im Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgungen sowie spezifische Maßnahmen als Orientierung und nicht als verpflichtende Anweisungen zu verstehen. Vielmehr dienen sie als Ausgangspunkt für weiterführende Überlegungen in der städtischen und energetischen Planung und sollten daher an den relevanten kommunalen Schnittstellen berücksichtigt werden.

Insbesondere bei der Entwicklung von Wärmenetzen, aber auch in Gebieten, die perspektivisch nicht für Wärmenetze geeignet sind, werden Anwohner*innen frühzeitig informiert und eingebunden. So kann sichergestellt werden, dass die individuellen Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung eines Gebäudes im Einklang mit der kommunalen Planung getroffen werden (BMWK, 2023).

Ich bin Mieterin oder Mieter: Informieren Sie sich über etwaige geplante Maßnahmen und sprechen Sie mit Ihrer Vermieterin oder Ihrem Vermieter über mögliche Änderungen.

Ich bin Gebäudeeigentümerin oder Gebäudeeigentümer: Berücksichtigen Sie die Empfehlungen des kommunalen Wärmeplans bei Sanierungen oder Neubauten. Analysieren Sie die Rentabilität der möglichen Handlungsoptionen auf Gebäudeebene, wie Sanierungen, die Installation einer Wärmepumpe oder der Anschluss an ein Wärmenetz, im Hinblick auf die langfristige Wertsteigerung der Immobilie und mögliche Mietanpassungen. Achten Sie bei der Umsetzung von Sanierungen auf eine transparente Kommunikation und Absprache mit den Mietern und Mieterinnen, da diese mit temporären Unannehmlichkeiten und Kostensteigerungen einhergehen können.

Prüfen Sie, ob sich Ihr Gebäude in einem Eignungsgebiet für Wärmenetze befindet. Falls ja, können Sie für eine genauere Auskunft zu einem möglicherweise konkret geplanten Wärmenetzausbau die Stadtverwaltung kontaktieren. Sollte Ihre Immobilie außerhalb eines der in diesem Wärmeplan aufgeführten Wärmenetzeignungsgebiete liegen, ist ein zeitnaher Anschluss an ein Wärmenetz eher unwahrscheinlich. Es gibt zahlreiche alternative Maßnahmen, die Sie zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung Ihrer CO₂-Emissionen ergreifen können. Durch erneuerbare Energien betriebene Heiztechnologien können dabei helfen, den Wärme- und Strombedarf Ihrer Immobilie nachhaltiger zu decken. Dazu gehört beispielsweise die Installation einer Wärmepumpe, die mit Luft, Erdwärmesonden oder -kollektoren betrieben wird. Ebenso könnten Sie die Installation von Photovoltaik-Anlagen zur Deckung des Strombedarfs in Betracht ziehen. Prüfen Sie, welche energetischen Sanierungen zu einer besseren Energieeffizienz Ihres Gebäudes beitragen. Dabei kann die Erstellung eines Sanierungsfahrplans sinnvoll sein, der Maßnahmen wie die Dämmung von Dach und Fassade, den Austausch der Fenster oder den hydraulischen Abgleich des Heizungssystems beinhalten kann. Moderne Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind eine weitere Option, die Energieeffizienz und den Wohnkomfort zu steigern.

Darüber hinaus gibt es verschiedene Förderprogramme, die Sie in Anspruch nehmen können. Diese reichen von der Bundesförderung für effiziente Gebäude bis hin zu möglichen kommunalen Programmen. Eine individuelle Energieberatung kann Ihnen darüber hinaus weitere, auf Ihre speziellen Bedürfnisse zugeschnittene Empfehlungen geben.

3 Bestandsanalyse

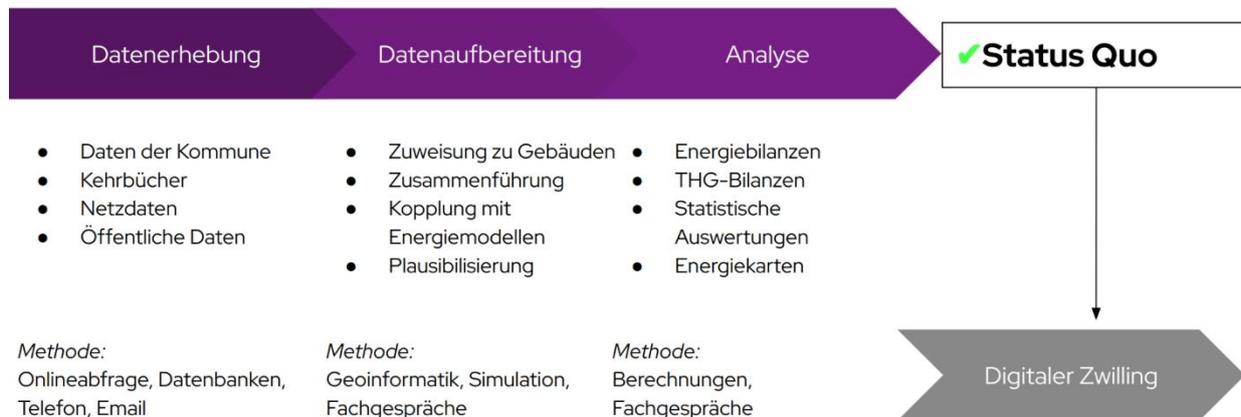


Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse

Grundlage der KWP ist eine genaue Aufarbeitung der aktuellen Ist-Situation sowie eine umfassende Datenbasis. Diese wurde digital aufbereitet und für die Bestandsanalyse genutzt. Dazu wurden zahlreiche Datenquellen ausgewertet, integriert und den Akteuren der kommunalen Wärmeplanung zur Verfügung gestellt. Die Bestandsanalyse gibt einen umfassenden Überblick über den aktuellen Energiebedarf, die Energieverbräuche und die Treibhausgasemissionen der kommunalen Wärmeversorgung (siehe Abbildung 2)

3.1 Das Projektgebiet

Die Kreisstadt Aurich liegt mitten in der Ostfriesischen Halbinsel im Nordwesten des Landes Niedersachsens. Das Stadtgebiet hat eine Gesamtfläche von ca. 197,29 km². Die Stadt Aurich liegt in der gemäßigten Klimazone, doch steht das kommunale Gebiet im direkten Einfluss der Nordsee. Das zeigt sich daran, dass die Temperaturen im Winter häufig höher und im Sommer dementsprechend tiefer als im weiten Inland sind. Zum 31. Dezember 2023 verzeichnete die Stadt Aurich 43.375 Einwohner*innen, was einer Bevölkerungsdichte von 220 Einwohner*innen pro km² entspricht.

Das Gebiet der Stadt Aurich zeichnet sich durch eine vielfältige Moor- und Geestlandschaftsstruktur aus, die sowohl landwirtschaftlich genutzte Flächen als auch städtische und industrielle Bereiche umfasst. Wirtschaftlich und technologisch ist das Gebiet integriert in die Metropolregion Nordwest. Im Vergleich zum restlichen Ostfriesland, verfügt die Stadt Aurich über eine große Waldfläche.



Abbildung 3: Das Projektgebiet Stadt Aurich

3.2 Datenerhebung

Am Anfang der Bestandsanalyse erfolgte die systematische Erfassung von Verbrauchsdaten für Wärme, einschließlich Gas- und Stromverbrauch speziell für Heizzwecke. Anfragen zur Bereitstellung der elektronischen Kkehrbücher wurden an die zuständigen Bezirksschornsteinfeger gerichtet und im Rahmen des § 21 NKlimaG autorisiert. Zusätzlich wurden ortsspezifische Daten aus Plan- und Geoinformationssystemen (GIS) der städtischen Ämter bezogen, die ausschließlich für die Erstellung des Wärmeplans freigegeben und verwendet wurden. Die primären Datenquellen für die Bestandsanalyse sind folgendermaßen:

- Statistik und Katasterdaten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS)
- Daten zu Strom- und Gasverbräuchen, welche vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellt wurden
- Auszüge aus den elektronischen Kkehrbüchern der Schornsteinfeger mit Informationen zu den jeweiligen Feuerstellen
- Verlauf des Gasnetzes
- Daten über Abwärmequellen, welche durch Befragungen bei Betrieben erfasst wurden
- 3D-Gebäudemodelle (LoD2)

Die Daten zum Strom- und Gasverbrauch stammen aus den Jahren 2017 bis 2022, welche zum Zeitpunkt der Datenerhebung den letzten sechs abgeschlossenen Geschäftsjahren entsprechen. Hierbei wurde jeweils der Median der sechs Jahre verwendet. Die Informationen der Schornsteinfeger aus dem elektronischen Kkehrbuch wurden der Stadt Aurich Anfang 2024 übermittelt.

Die vor Ort bereitgestellten Daten wurden durch externe Datenquellen sowie durch energietechnische Modelle, Statistiken und Kennzahlen ergänzt. So flossen beispielsweise Daten zur Energieträgerverteilung, basierend auf Zensus-Erhebungen, in die Bestandsanalyse mit ein (Quelle: <https://atlas.zensus2022.de/>). Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der Datenquellen und -anbieter war eine umfassende manuelle Aufbereitung und Harmonisierung der Datensätze notwendig.

Hinweis: Die in diesem Bericht im Folgenden präsentierten räumlich verorteten Informationen werden in aggregierter (mind. 5 Gebäude) und damit anonymisierter Form dargestellt. Somit sind keine Rückschlüsse auf einzelne Gebäude möglich. Aufgrund des Zusammenfassens mehrerer Gebäude ist zu beachten, dass Angaben für einzelne Gebäude deutlich nach oben oder unten abweichen können.

3.3 Gebäudebestand

Durch die Zusammenführung von offenem Kartenmaterial sowie dem amtlichen Liegenschaftskataster ergaben sich 23.756 betrachtete Gebäude im Projektgebiet. Wie in Abbildung 4 und Abbildung 5 räumlich dargestellt zu sehen, besteht der überwiegende Anteil der Gebäude aus Wohngebäuden, gefolgt von Industrie und Produktion, GHD sowie öffentlichen Bauten. Hieraus wird ersichtlich, dass die Wärmewende eine kleinteilige Aufgabe ist und sich vor allem im Wohnbereich abspielen muss.

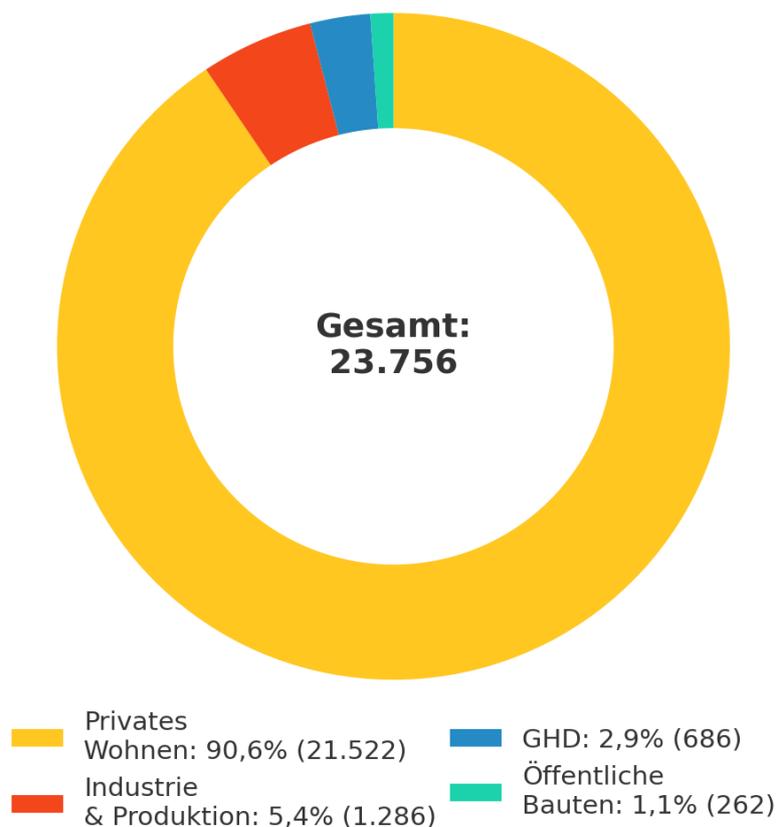


Abbildung 4: Gebäudeanzahl nach Sektoren im Projektgebiet

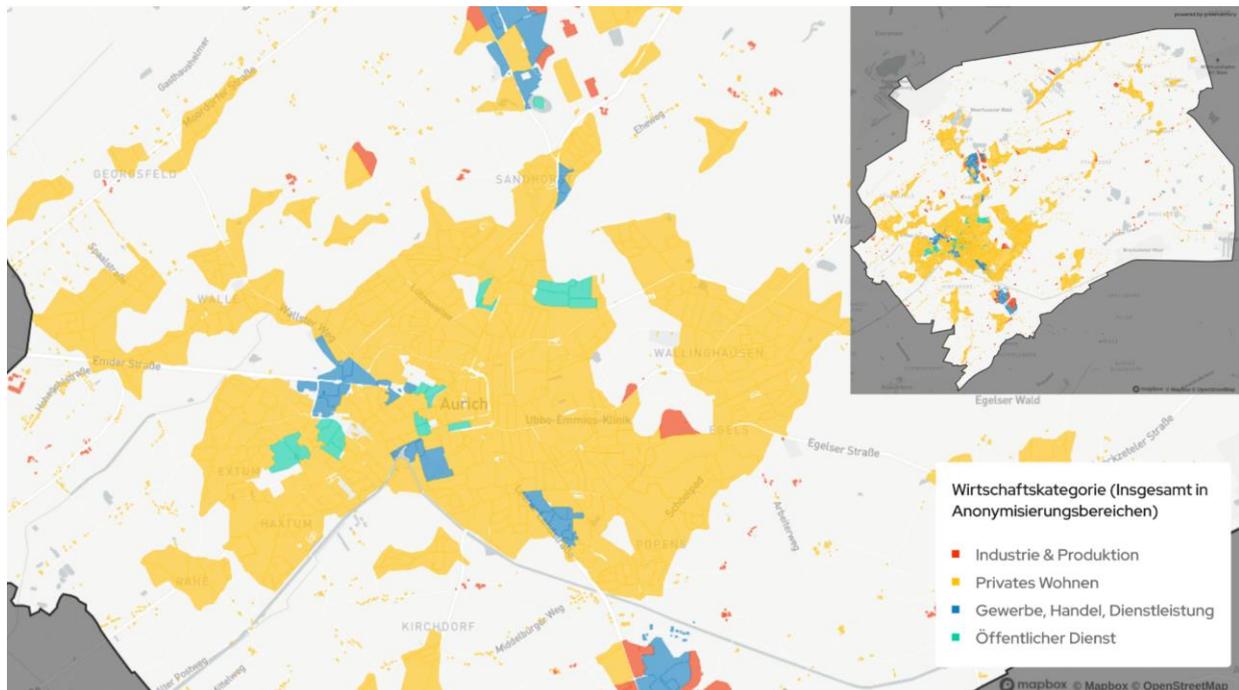


Abbildung 5: Verteilung der vorliegenden Sektoren im Projektgebiet

Die Abbildung 6 zeigt eine räumliche Analyse der Baualtersklassen im Projektgebiet. Es wird deutlich, dass Gebäude, die vor 1948 erbaut wurden, verteilt im Zentrum Aurich angesiedelt sind, während jüngere Bauten eher am Ortsrand bzw. in eigenen Ortsteilen zu finden sind. Die Identifizierung von Sanierungsgebieten erweist sich insbesondere in den Bereichen mit älteren Gebäuden als besonders relevant. Zudem spielt die Verteilung der Gebäudealtersklassen eine entscheidende Rolle bei der Planung von Wärmenetzen. Dies ist vor allem in den dicht bebauten Altstadtkernen von Bedeutung, wo sowohl die Aufstellflächen für Wärmepumpen begrenzt sind als auch die Möglichkeiten für energetische Sanierungen durch strukturelle Gegebenheiten eingeschränkt sein können.

Die Analyse der Baualtersklassen (siehe Abbildung 6) enthüllt, dass mehr als 62 % der Gebäude vor 1979 errichtet wurden, sprich, bevor die erste Wärmeschutzverordnung mit ihren Anforderungen an die Dämmung in Kraft trat. Insbesondere Gebäude, die zwischen 1949 und 1978 erbaut wurden, stellen mit ca. 55 % den größten Anteil am Gebäudebestand dar und bieten somit das umfangreichste Sanierungspotenzial. Altbauten, die vor 1919 errichtet wurden, zeigen, sofern sie bislang wenig oder nicht saniert wurden, den höchsten spezifischen Wärmebedarf.

Diese Gebäude sind wegen ihrer oft robusten Bauweise interessant für eine Sanierung, allerdings können denkmalschutzrechtliche Auflagen Einschränkungen mit sich bringen. Um das Sanierungspotenzial jedes Gebäudes vollständig ausschöpfen zu können, sind gezielte Energieberatungen und angepasste Sanierungskonzepte erforderlich. Die Gebäudeverteilung anhand der Baualtersklassen ist auf Abbildung 7 zu sehen.

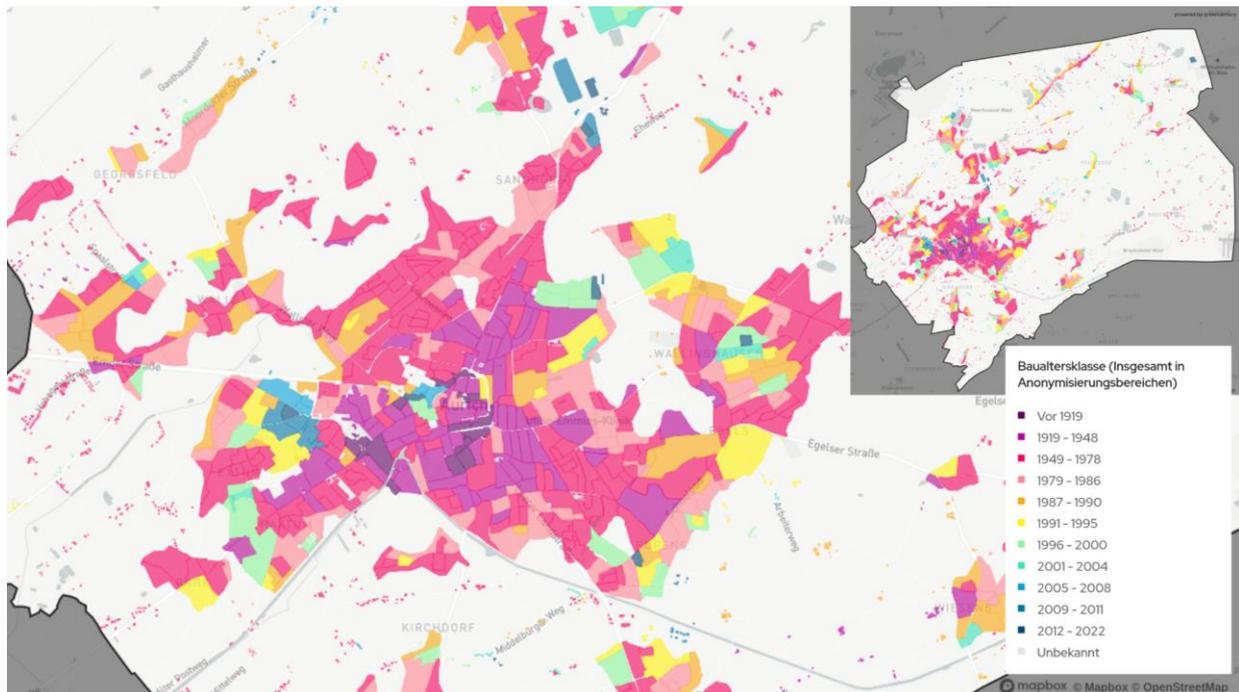


Abbildung 6: Verteilung der vorherrschenden Baualtersklassen für Gebäude

Anhand des Baujahres, des Verbrauchs und der Grundfläche wurde eine überschlägige Einteilung der Gebäude in die GEG-Energieeffizienzklassen vorgenommen, um den Sanierungsstand abzuschätzen.

Bei der Analyse der GEG-Energieeffizienzklassen fällt auf, dass die Stadt Aurich viele Wohngebäude aufweist, die auf Basis des Gebäudealters vollumfänglich saniert werden müssten. Der Großteil der Gebäude befindet sich im unteren Mittelfeld der Energieeffizienz (siehe Abbildung 8). Von den Wohngebäuden, denen ein Wärmebedarf zugeordnet werden konnte, sind 22 % den Effizienzklassen G und H zuzuordnen, was unsanierten oder nur sehr wenig sanierten Altbauten entspricht. 19,3 % der Wohngebäude sind Effizienzklasse F zuzuordnen, die nach den Richtlinien der Energieeinsparverordnung (EnEV, abhängig vom Modernisierungsjahr) modernisiert wurden. Durch weitere energetische Sanierungen kann der Anteil der Wohngebäude in den unteren Effizienzklassen zugunsten der mittleren Effizienzklassen reduziert werden.

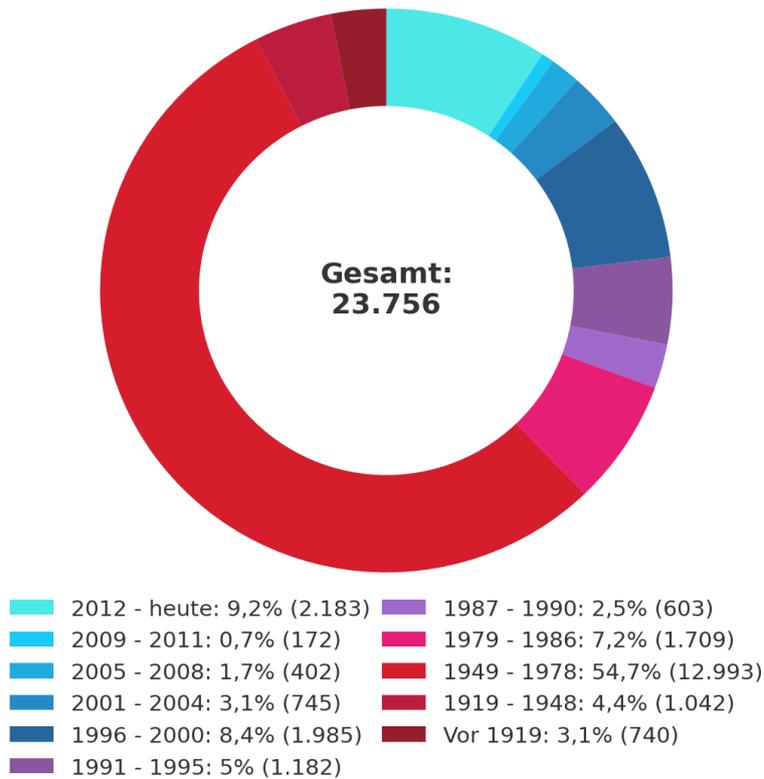


Abbildung 7: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen im Projektgebiet

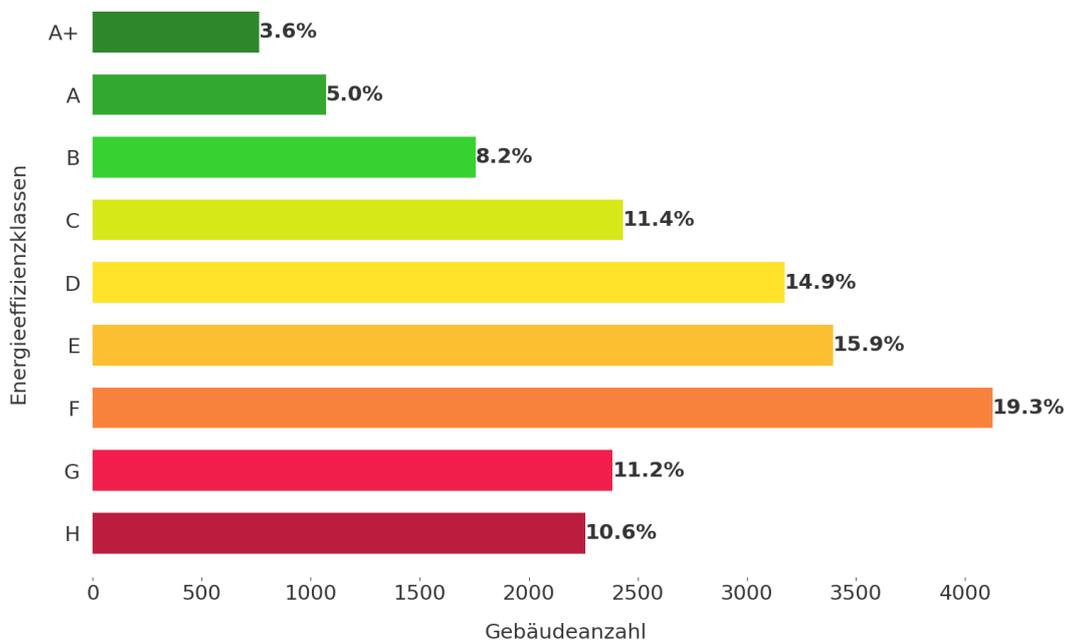


Abbildung 8: Wohngebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)

3.4 Wärmebedarf

Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die von EWE NETZ bereitgestellten gemessenen Verbrauchsdaten (Endenergieverbräuche). In Verschneidung mit Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien 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. Bei der Energieträgerzuteilung von Gebäuden mit fehlenden Informationen zum Heizsystem wurde auf Daten aus dem Zensusatlas zurückgegriffen.

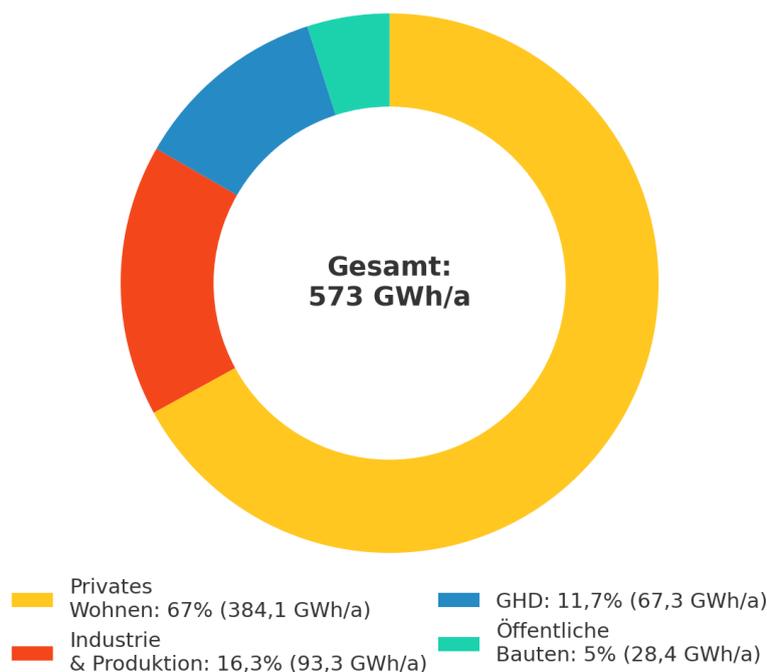


Abbildung 9: Wärmebedarf nach Sektoren

Der aktuelle Heizenergiebedarf im Projektgebiet beträgt jährlich ca. 573 GWh (siehe Abbildung 9). Mit einem Anteil von 67 % ist der Wohnsektor am stärksten vertreten. An zweiter Stelle folgt der Industrie- und Produktionsbereich mit 16,3 % des Gesamtwärmebedarfs. Auf den Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD) entfällt ein Anteil von 11,7 % des Wärmebedarfs und auf die öffentlich genutzten Gebäude, die ebenfalls kommunale Liegenschaften beinhalten, entfallen 5 %. Hierbei wird deutlich, dass die Gebäude aus dem Industrie- und Produktionssektor im Vergleich zur Gebäudeanzahl überproportional viel Wärmebedarf haben. Das verdeutlicht,

dass auch im Industriesektor ein großer Hebel zum Gelingen der Wärmewende liegt, wo mit vergleichsweise wenigen Akteuren eine große Wirkung erzielt werden kann.

Die räumliche Verteilung der Wärmebedarfsdichte pro Hektar in anonymisierter Darstellung befindet sich auf Abbildung 10. Zum größten Teil liegen die über mehrere Gebäude gemittelten spezifischen Wärmebedarfe für einen Baublock im Bereich von 80-320 MWh/(ha*a). Eine höhere Wärmebedarfsdichte ist vor allem im Bereich des Stadtkerns zu erkennen.

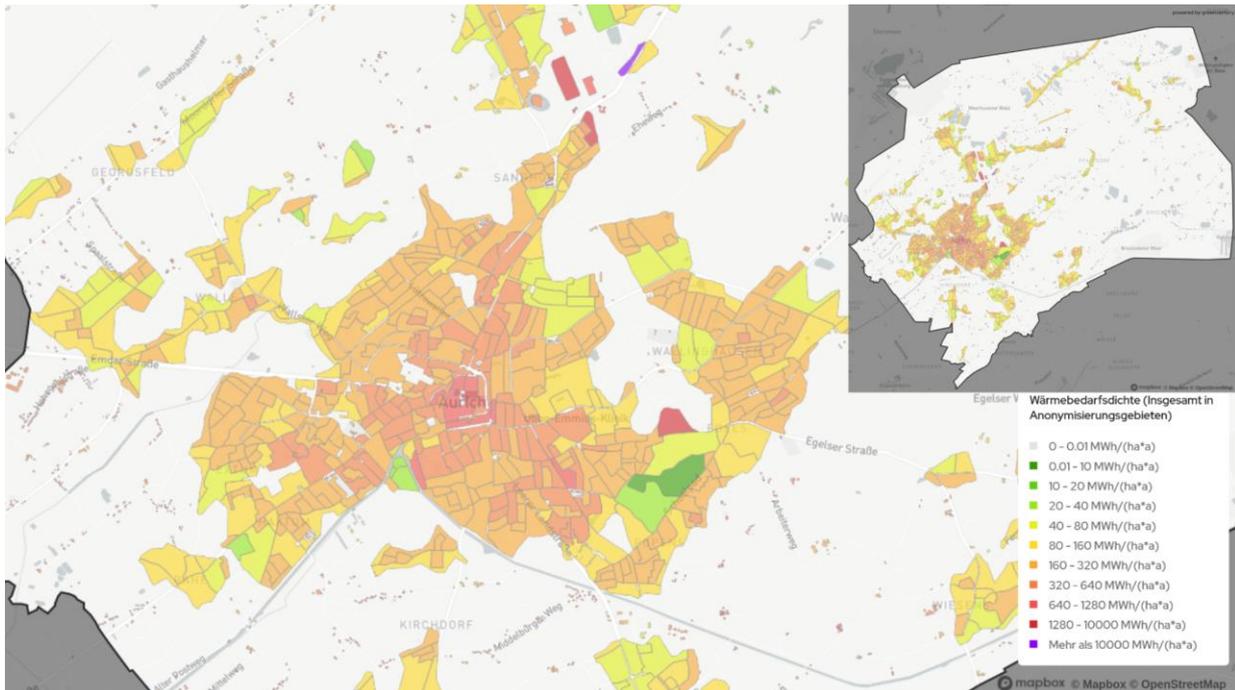


Abbildung 10: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfe

3.5 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger

Als Datengrundlage zur Untersuchung der dezentralen Wärmeerzeuger dienten die elektronischen Kehrbücher der Bezirksschornsteinfeger, die Informationen zum verwendeten Brennstoff sowie zur Art und zum Alter der jeweiligen Feuerungsanlage enthielten. Insgesamt konnten aus den Kehrbüchern Daten zu den primären Heizsystemen von 12.918 Gebäuden entnommen werden. Diese Informationen wurden durch Verbrauchs- und Netzdaten des Energieversorgers ergänzt. Die übrigen Gebäude sind entweder unbeheizt oder es lagen keine Informationen zum Alter des Heizsystems vor. Durch Wärmepumpen versorgte Objekte wurden über Angaben zu Heizstromverbrauchswerten erfasst. Wärmenetzanschlüsse und -verbrauchswerte einzelner Gebäude wurden über die jeweiligen Netzbetreiber abgefragt.

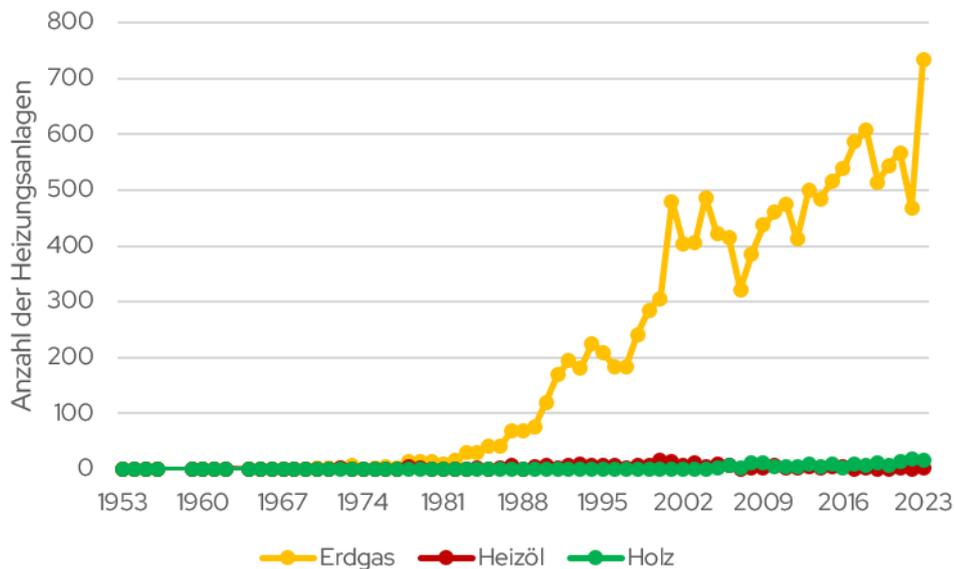


Abbildung 11: Anzahl der jährlich neu installierten Heizsysteme nach Energieträger

Die Abbildung 11 zeigt die Anzahl der neu installierten Heizsysteme pro Jahr, aufgeteilt nach Energieträgern. Da es sich um die Auswertung des Datensatzes der Schornsteinfeger handelt, sind Wärmepumpen in der Abbildung nicht enthalten. Es zeigt sich, dass während der letzten 20 Jahre durchschnittlich 500 Heizungsanlagen jährlich in Aurich neu verbaut wurden. Das Jahr 2023 stellt dabei mit mehr als 750 Anlagen das bisher mit Abstand absatzstärkste Jahr dar.

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 (vgl. Abbildung 12) offenbart einen signifikanten Anteil veralteter beziehungsweise stark veralteter Heizanlagen, unter der Annahme einer technisch begründeten Nutzungsdauer von 20 Jahren. Diese Annahme führt zu einer klaren Erkenntnis hinsichtlich des dringenden Handlungsbedarfs:

- 24,7 % aller primärer Heizsysteme überschreiten bereits die Altersgrenze von 20 Jahren. Für diese Anlagen bietet das GEG eine erhöhte Förderung bei der Umstellung auf z. B. eine Wärmepumpe.
- Bei weiteren 9,6 % der Anlagen ist sogar die 30-Jahre-Marke überschritten, was insbesondere vor dem Hintergrund des § 72 GEG (Betriebsverbot alter Heizkessel und Ölheizungen) von hoher Relevanz ist.

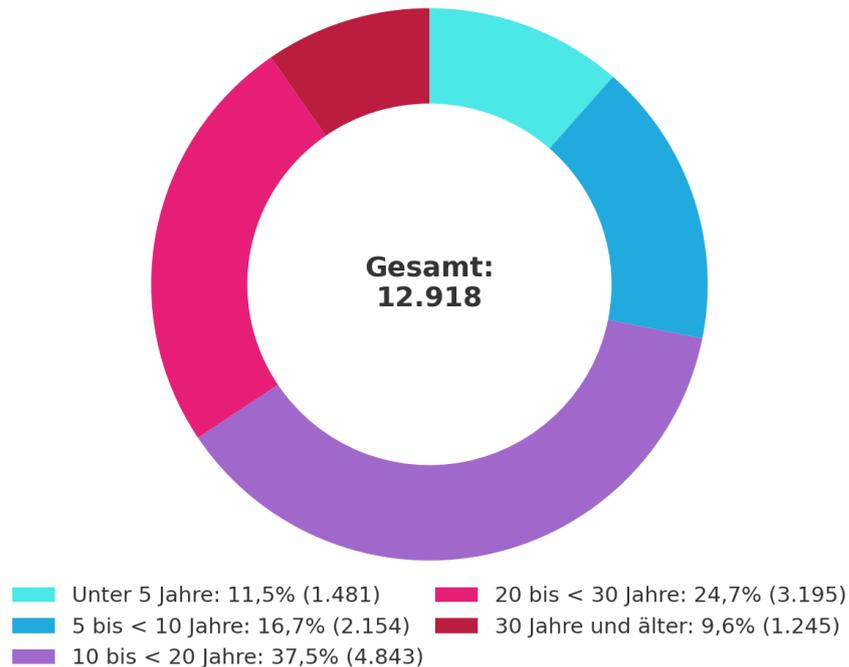


Abbildung 12: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme

Die anonymisierte räumliche Verteilung des Alters der Heizsysteme lässt sich in Abbildung 13 ablesen. Es wird deutlich, dass in den meisten Gebieten das durchschnittliche Alter der Heizsysteme zwischen 10 und 20 Jahre beträgt, in einigen Gebieten sogar 20 Jahre und mehr. Einzig in den neueren Siedlungsgebieten zeigt sich ein durchschnittlich junges Heizungsanlagenalter, was einhergeht mit der Baualtersklassenverteilung. Zusammengefasst ist die Kenntnis über das Alter der Heizsysteme in der Kommunalen Wärmeplanung wichtig, um Modernisierungsbedarf zu identifizieren, Förderprogramme effizient zu planen, die Infrastruktur zukunftssicher zu gestalten und die CO₂-Emissionen zu senken. Es erlaubt eine zielgerichtete und effiziente Wärmeplanung, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll ist.

Gemäß § 72 GEG dürfen Heizkessel, die flüssigen oder gasförmigen Brennstoff verbrauchen und vor dem 1. Januar 1991 aufgestellt wurden, nicht mehr betrieben werden. Das Gleiche gilt für später in Betrieb genommene Heizkessel, sobald sie 30 Jahre in Betrieb waren. Ausnahmen gelten für Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel, Heizungen mit einer Leistung unter 4 Kilowatt oder über 400 Kilowatt sowie heizungstechnische Anlagen mit Gas-, Biomasse- oder Flüssigbrennstoffeuerung als Bestandteil einer Wärmepumpen- oder Solarthermie-Hybridheizung, soweit diese nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Ausgenommen sind ebenfalls Hauseigentümer*innen in Ein- oder Zweifamilienhäusern, die ihr Gebäude zum 01.02.2002 bereits selbst bewohnt haben. Heizkessel mit fossilen Brennstoffen dürfen jedoch längstens bis zum Ablauf des 31.12.2044 betrieben werden (GEG, 2024).

Gemäß der Neuerung des GEG, die ab dem 01.01.2024 in Kraft getreten ist, müssen Heizsysteme, die in Kommunen mit maximal 100.000 Einwohner*innen nach dem 30.06.2028 neu eingebaut werden, zukünftig mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden. In Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohner*innen gilt bereits der 30.06.2026 als Frist. Wird in der Kommune auf Grundlage eines erstellten Wärmeplans nach § 26 WPG ein Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärme- oder Wasserstoffnetzen z. B. in Form einer gesonderten Satzung ausgewiesen, gilt die 65 %-Regelung des GEG in diesem Gebiet entsprechend früher.

Es ist somit ersichtlich, dass in den kommenden Jahren ein erheblicher Handlungsdruck auf Immobilienbesitzer*innen zukommt. Dies betrifft v.a. die Punkte eines Systemaustauschs gemäß § 72 GEG. Für 9,6 % der Heizsysteme, die eine Betriebsdauer von mehr als 30 Jahren aufweisen, muss demnach geprüft werden, ob eine Verpflichtung zum Austausch des Heizsystems besteht. Zudem sollte eine technische Modernisierung der 24,7 % der Heizsysteme mit einer Betriebsdauer zwischen 20 und 30 Jahren erfolgen oder es wird zumindest eine technische Überprüfung empfohlen. Diese sollte um die Komponente einer ganzheitlichen Energieberatung ergänzt werden.

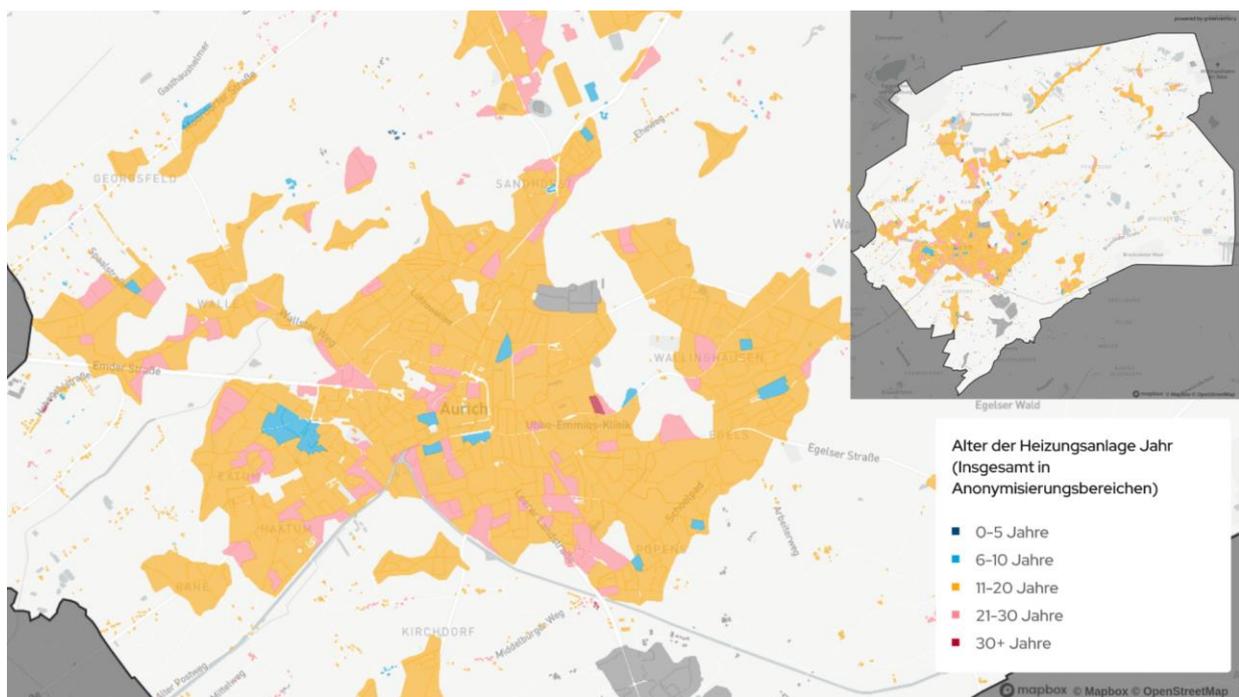


Abbildung 13: Verteilung nach Alter der Heizsysteme

Für die Deckung des Wärmebedarfs (Raumwärme, Warmwasser sowie Prozesswärme) in Aurich werden 685 GWh Endenergie pro Jahr benötigt. Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung verdeutlicht die Dominanz fossiler Brennstoffe im aktuellen Energiemix (siehe Abbildung 14).

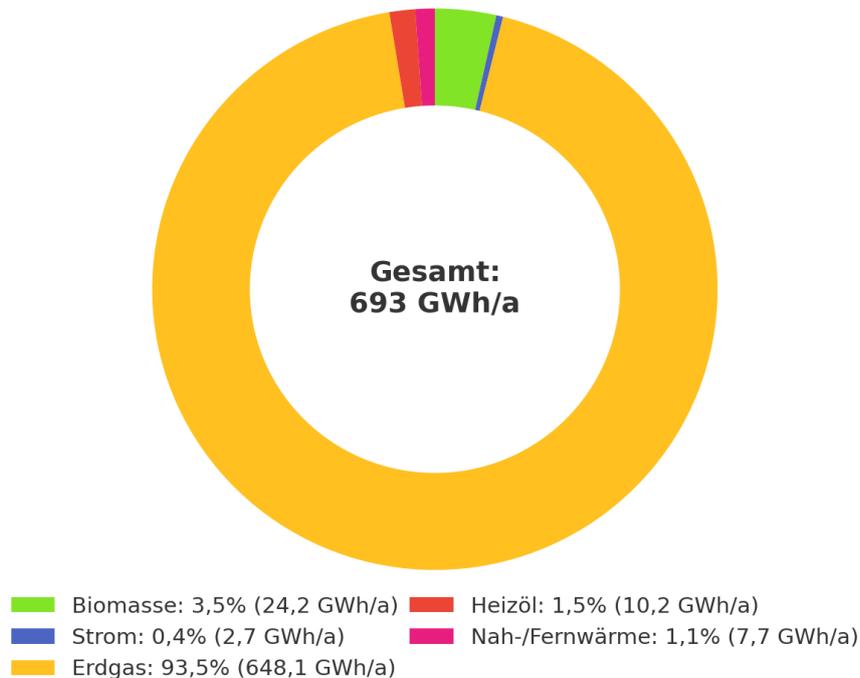


Abbildung 14: Wärmebedarf nach Energieträgern

Erdgas trägt mit 648,1 GWh/a (ca. 94 %) maßgeblich zur Wärmeerzeugung bei. Dieser, verglichen mit dem Bundesdurchschnitt außergewöhnlich hohe, Anteil liegt u.a. an der ansässigen Industrie, die überwiegend Erdgas als Energieträger nutzt und einen hohen Anteil am Energiebedarf der gesamten Kommune hat, sowie am nahezu flächendeckend ausgebauten Gasnetz, an das 94,6 % aller beheizter Gebäude in Aurich angeschlossen sind. Heizöl folgt mit 10,2 GWh/a (1,5 %). Biomasse trägt mit 24,2 GWh/a (3,5 %) zum bereits erneuerbaren Anteil der Wärmeversorgung bei. Ein weiterer Anteil von 2,7 GWh/a (0,4 %) des Wärmebedarfs wird durch Strom gedeckt, der in Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird. Versorgung über Nah- oder Fernwärmenetze macht mit 7,7 GWh/a einen Anteil von 1,1 % aus. Die aktuelle Zusammensetzung des Wärmebedarfs und die starke Abhängigkeit der Energieversorgung vom Gasnetz verdeutlichen die Dimension der Herausforderungen auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Die Verringerung der fossilen Abhängigkeit erfordert technische Innovationen, verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, den Bau von Wärmenetzen und die Integration verschiedener Technologien in die bestehenden Systeme. Eine zielgerichtete, technische Strategie ist unerlässlich, um die Wärmeversorgung zukunftssicher und treibhausgasneutral zu gestalten.

3.6 Gas- und Stromnetzinfrastruktur

EWE NETZ versorgt das Stadtgebiet von Aurich bereits seit vielen Jahren mit Erdgas. Durch das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 werden die Netze transformiert werden. Die Versorgungssicherheit der Kunden und Kundinnen steht dabei an oberster Stelle. Entscheidend für diesen Prozess sind die Kundenbedarfe und die politisch-gesetzlichen Vorgaben, die es einzuhalten und umzusetzen gilt. Die Erdgasnetze werden sich in diesem Zuge den Bedürfnissen anpassen.

Im Projektgebiet ist die Gasinfrastruktur flächendeckend etabliert (siehe Abbildung 15). Technisch gesehen können die Erdgasleitungen für Wasserstoff oder Biomethan genutzt werden und somit einen Teil zur Dekarbonisierung der Energieversorgung beitragen (siehe dazu auch Kapitel 4.5). 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 könnte sukzessiv sinken und durch grüne Gase (wie bspw. Biomethan oder Wasserstoff) ersetzt werden. 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 Haushaltskunden mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund des Aufwands und der Kosten für die Herstellung und den Transport nicht wirtschaftlich sein wird.

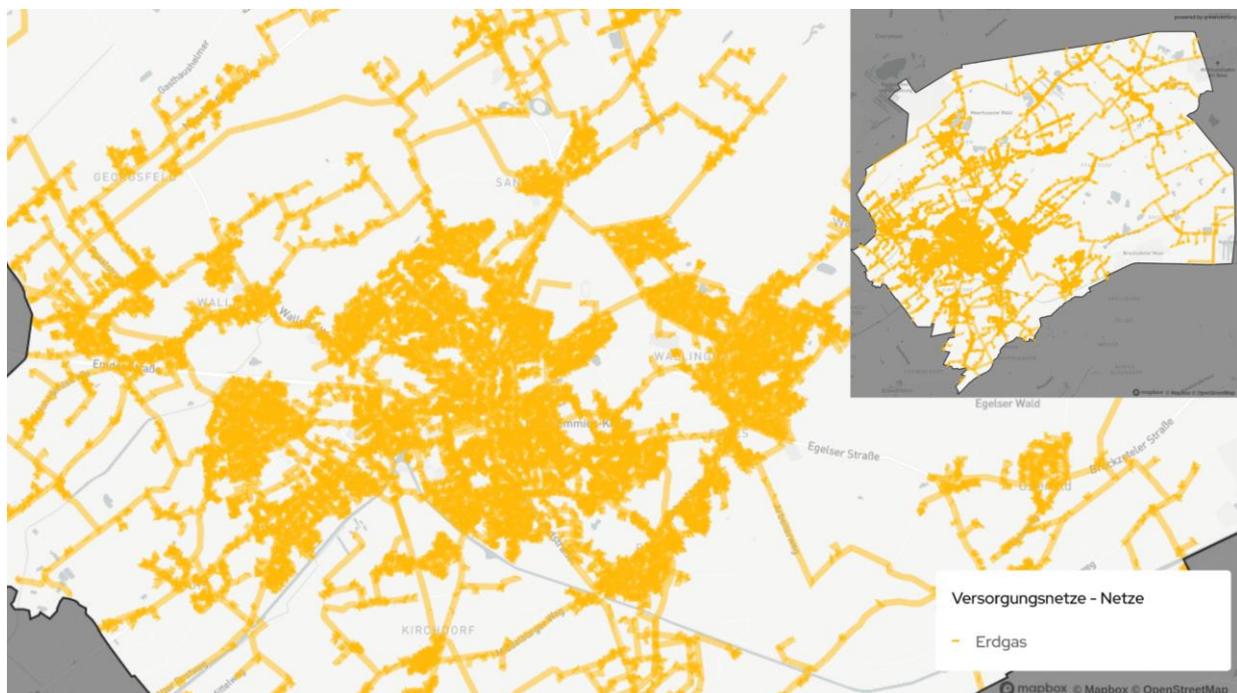


Abbildung 15: Gasnetzinfrastruktur im Projektgebiet

Das Stromnetz von EWE NETZ 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 noch effizienter 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.

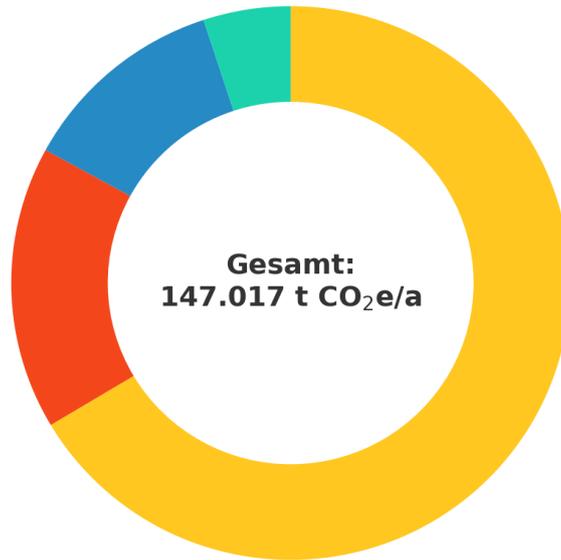
3.7 Wärmenetze

Im Stadtgebiet existieren derzeit kaum Wärmenetze zur zentralen Wärmeversorgung. Im Bereich der Wiesenstraße werden eine große Anzahl an Gebäude durch ein Wärmenetz versorgt. Darüber hinaus gibt es vereinzelte Arealnetze, bei denen mehrere Gebäude aus einer zentralen Anlage versorgt werden. Weiterhin gibt es Bestrebungen sowohl von einzelnen lokalen Akteuren als auch der Stadt Aurich zur Untersuchung der Machbarkeit und Realisierung von Wärmenetzen. Auf diese Ambitionen wird in den Kapiteln zu Wärmenetz-Eignungsgebieten und Maßnahmen ausführlicher eingegangen.

3.8 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

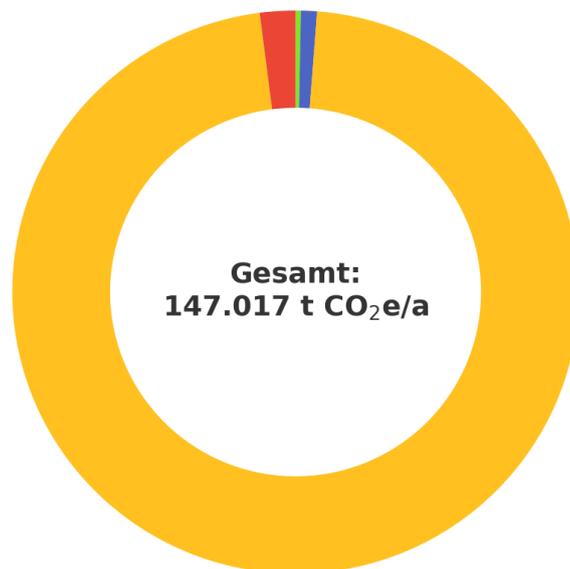
Im Projektgebiet betragen aktuell (Median von 2017-2022) die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 147.017 Tonnen pro Jahr. Sie entfallen zu 66,4 % auf den Wohnsektor, zu 16,5 % auf die Industrie und Produktion, zu 12 % auf den Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor (GHD) und zu 5,1 % auf öffentlich genutzte Gebäude (siehe Abbildung 16). Damit sind die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen in etwa proportional zu deren Anteilen am Wärmebedarf. Jeder Sektor emittiert also pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme ähnlich viel Treibhausgas, wodurch eine Priorisierung einzelner Sektoren auf Basis der spezifischen Emissionen nicht erfolgen muss.

In Aurich ist Erdgas mit 96,8 % der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen, gefolgt von Heizöl mit 2 %. Damit verursachen die beiden fossilen Wärmeerzeuger fast 99 % der Emissionen im Wärmesektor im Projektgebiet, wobei Heizöl durch die geringe Verwendung weniger zu den THG-Emissionen in Aurich beiträgt als Erdgas. Der Anteil von Strom (1 %) macht einen kleinen Anteil der Treibhausgasemissionen aus. Der Anteil von Biomasse ist mit 0,3 % vernachlässigbar (siehe Abbildung 17). An diesen Zahlen wird deutlich, dass der Schlüssel für die Reduktion der Treibhausgase in der Abkehr von Erdgas und Heizöl liegt, aber eben auch in der erneuerbaren Stromerzeugung, zumal dem Strom durch die prognostizierte starke Zunahme von Wärmepumpen zukünftig eine zentrale Rolle zufallen wird.



■ Privates Wohnen: 66,4% (97.666,4 t/a) ■ GHD: 12% (17.601,6 t/a)
■ Industrie & Produktion: 16,5% (24.320,8 t/a) ■ Öffentliche Bauten: 5,1% (7.428,1 t/a)

Abbildung 16: Treibhausgasemissionen nach Sektoren im Projektgebiet



■ Biomasse: 0,3% (435,7 t/a) ■ Erdgas: 96,8% (142.257,7 t/a)
■ Strom: 0,9% (1.346,6 t/a) ■ Heizöl: 2% (2.977 t/a)

Abbildung 17: Treibhausgasemissionen nach Energieträger im Projektgebiet

Die verwendeten heizwertbezogenen Emissionsfaktoren lassen sich 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 0,499 tCO₂/MWh im Jahr 2022 auf zukünftig 0,025 tCO₂/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KWW Halle, 2024)

Energieträger	Emissionsfaktoren (tCO ₂ /MWh)		
	2022	2030	2040
Strom	0,499	0,110	0,025
Heizöl	0,310	0,310	0,310
Erdgas	0,240	0,240	0,240
Steinkohle	0,400	0,400	0,400
Biogas / Biomethan	0,139	0,133	0,126
Biomasse (Holz)	0,020	0,020	0,020
Solarthermie	0	0	0
Abwärme aus Prozessen	0,400	0,380	0,360

Eine örtliche Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen auf Baublockebene (anonymisiert) ist in Abbildung 18 dargestellt. In Industriegebieten sind die Emissionen besonders hoch. Ein weiterer Grund für hohe lokale Treibhausgasemissionen kann, neben dem Vorhandensein großer Industriebetriebe, auch die Konzentration besonders schlecht sanierter Gebäude in dicht besiedelten Gebieten sein. Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bedeutet auch eine Verbesserung der Luftqualität, was besonders in den Wohnvierteln eine erhöhte Lebensqualität mit sich bringt.

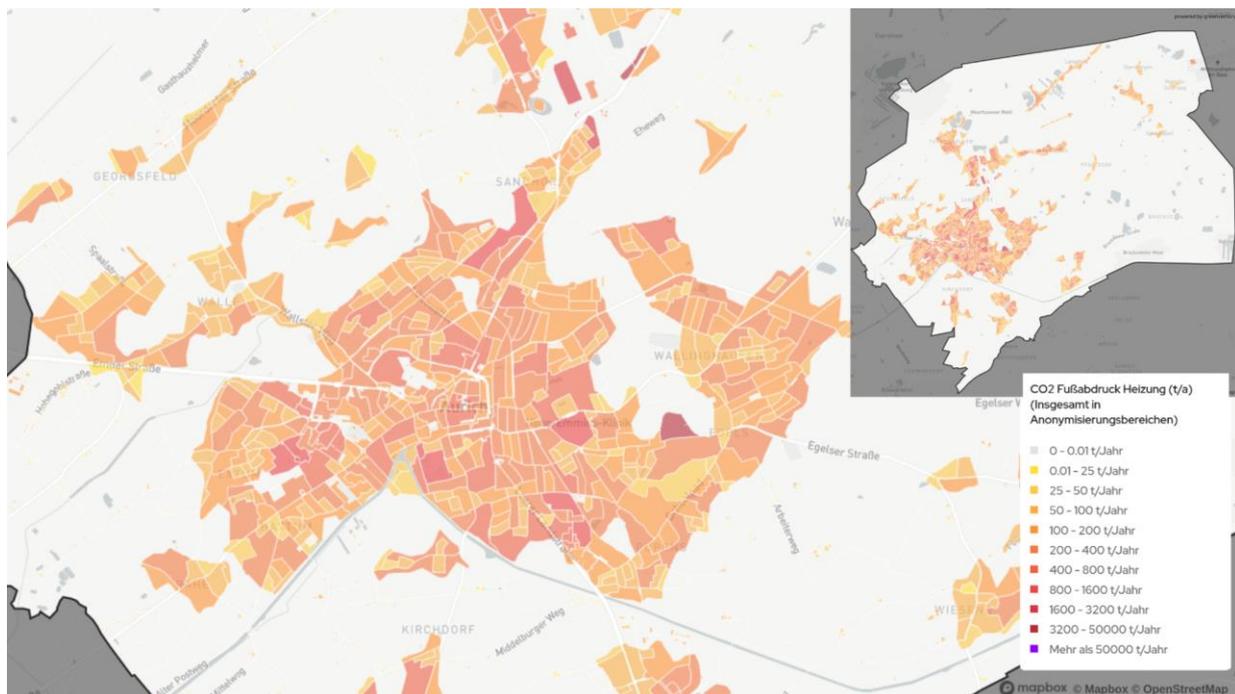


Abbildung 18: Verteilung der Treibhausgasemissionen im Projektgebiet

3.9 Zusammenfassung Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse verdeutlicht die zentrale Rolle fossiler Energieträger in der aktuellen Wärmeversorgungsstruktur. Der Wohnsektor trägt mehrheitlich zu der Anzahl der Gebäude und Emissionen bei, jedoch hat auch der Industriesektor jeweils signifikante Anteile an Gebäudebestand und Treibhausgasbilanz, sodass insbesondere in diesen beiden Sektoren die größten Ansatzpunkte für eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung liegen. Erdgas ist der vorherrschende Energieträger in den Heizsystemen, während Energieträger wie Strom, Öl oder Biomasse sowie Wärmenetze eine untergeordnete Rolle spielen. Eine kritische Betrachtung zeigt, dass 10 % der Heizungsanlagen zeitnah erneuert werden müssen, da sie die 30-Jahre-Altersmarke bereits überschritten haben. Auch der alte Gebäudebestand, insbesondere in der Kernstadt, stellt eine große Notwendigkeit für Gebäudesanierungen zur Energiebedarfsreduktion dar. Die Analyse betont den dringenden Bedarf an technischer Erneuerung und Umstellung auf erneuerbare Energieträger, um den hohen Anteil fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung zu reduzieren. Gleichzeitig bietet der signifikante Anteil veralteter Heizungsanlagen ein erhebliches Potenzial für Energieeffizienzsteigerungen und die Senkung von Treibhausgasemissionen durch gezielte Sanierungsmaßnahmen.

Trotz der herausfordernden Ausgangslage zeigen die Daten auch positive Aspekte auf: Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bestandsanalyse nicht nur die Notwendigkeit für einen systematischen und technisch fundierten Ansatz zur Modernisierung der Wärmeinfrastruktur aufzeigt, sondern auch konkrete Ansatzpunkte und Chancen für die zukünftige Gestaltung der Wärmeversorgung bietet. Die Umstellung auf erneuerbare

Energieträger, die Sanierung der Gebäudehüllen sowie der Austausch veralteter Heizsysteme sind dabei zentrale Maßnahmen, die unterstützt durch das Engagement der Kommune und die Nutzung bestehender Erfahrungen mit Wärmenetzen eine effektive Reduktion der Treibhausgasemissionen und eine nachhaltige Verbesserung der Wärmeversorgung ermöglichen. Ein großer Hebel in der Reduktion des Gesamtwärmebedarfs liegt in der näheren Betrachtung der Industrie und deren Prozesswärmebedarfs. Hier können Effizienzsteigerungen den Wärmebedarf reduzieren und die Umstellung der Energiequellen die THG-Emissionen signifikant reduzieren.

4 Potenzialanalyse

Zur Identifikation der technischen Potenziale wurde eine umfassende Flächenanalyse durchgeführt, bei der sowohl übergeordnete Ausschlusskriterien als auch Eignungskriterien berücksichtigt wurden. Diese Methode ermöglicht für das gesamte Projektgebiet eine robuste, quantitative und räumlich spezifische Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energieressourcen. Die endgültige Nutzbarkeit der erhobenen technischen Potenziale hängt von weiteren Faktoren, wie der Wirtschaftlichkeit, Eigentumsverhältnissen und eventuellen zusätzlich zu beachtenden spezifischen Restriktionen ab, welche Teil von weiterführenden Untersuchungen sind. Des Weiteren wurde die Entwicklung des Energieverbrauchs abgeschätzt. Die schematische Vorgehensweise der Ermittlung von Potenzialen ist in Abbildung 19 dargestellt.



Abbildung 19: Vorgehen bei der Ermittlung von Potenzialen

4.1 Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten
- Luftwärmepumpe: Nutzung der Umweltwärme der Umgebungsluft

- ☒ Gewässerwärmepumpe (Flüsse und Seen): Nutzung der Umweltwärme der Gewässer.
- ☒ Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- ☒ Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen

Diese Erfassung ist eine Basis für die Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung. Eine wirtschaftliche Bewertung erfolgt nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung im Zuge von Machbarkeitsstudien (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

4.2 Methode: Indikatorenmodell

Als Basis für die Potenzialanalyse wird eine stufenweise Eingrenzung der Potenziale vorgenommen. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In diesem werden alle Flächen im Projektgebiet analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes.
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen).
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen 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 kommunalen Wärmeplanung zielt die Potenzialanalyse darauf ab, die Optionen für die Wärmeversorgung, insbesondere bezüglich der Fernwärme in den Eignungsgebieten, zu präzisieren und zu bewerten. Gemäß den Richtlinien des Handlungsleitfadens zur Kommunalen Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW, 2020) fokussiert sich diese Analyse primär auf die Identifikation des technischen Potenzials (siehe Infobox - Definition von Potenzialen). Neben der technischen Realisierbarkeit sind auch ökonomische und soziale Faktoren bei der späteren Entwicklung spezifischer Flächen zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass die KWP nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Mit dem Ergebnis einer anschließenden Machbarkeitsuntersuchung sollen die zur Umsetzung erforderlichen Detaillierungen in z. B. kommunalen Planungsprozessen angestoßen werden.

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial	Wichtigste Kriterien (Auswahl)
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-Standorte, 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
Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, Gebäudealter (Eignung), 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 kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert. Differenzierung in:

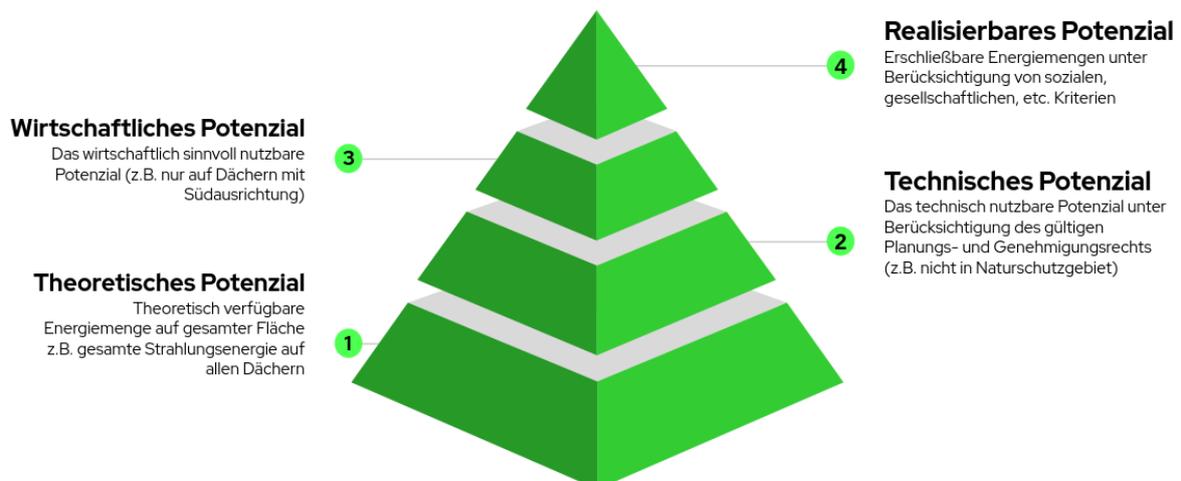
- *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter Kriterien (Restriktionen, die einer Wärme-/Stromerzeugung entgegenstehen) und weicher Kriterien (Restriktionen, die eine Nutzung bestehender Potenziale einschränken können). Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „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 Solarthermieranlagen 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 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale im Projektgebiet zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom (siehe Abbildung 21).

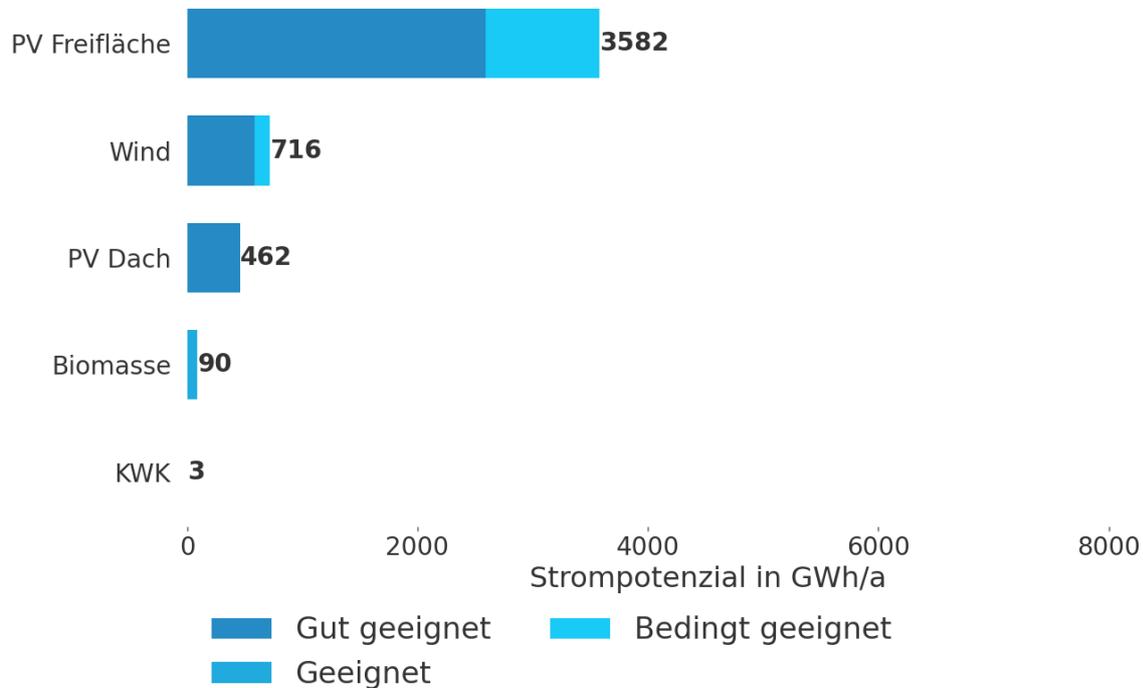


Abbildung 21: Erneuerbare Strompotenziale im Projektgebiet

Photovoltaik auf Freiflächen stellt mit 3.582 GWh/a das mit Abstand größte Potenzial dar. Hier werden Flächen als grundsätzlich geeignet ausgewiesen, die keinen Restriktionen unterliegen und die technischen Anforderungen erfüllen. Besonders beachtet werden dabei Naturschutz, Hangneigungen, Überschwemmungsgebiete und gesetzliche Abstandsregeln. In Aurich wurden darüber hinaus Vorbehaltsgebiete für Land- und Forstwirtschaft sowie die Vorranggebiete Natur & Landschaft und Rohstoffgewinnung als ortsspezifische Restriktionskriterien angewendet, sodass in diesen Gebieten keine Potenzialflächen ausgewiesen werden. Bei der Potenzialberechnung werden Module optimal platziert und unter Berücksichtigung von Verschattung und Sonneneinstrahlung werden jährliche Volllaststunden und der Jahresenergieertrag pro Gebiet errechnet. Die wirtschaftliche Nutzbarkeit wird basierend auf Mindestvolllaststunden und dem Neigungswinkel des Geländes bewertet, um nur die rentabelsten Flächen einzubeziehen. Zudem sind Flächenkonflikte, beispielsweise mit landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie die Netzanschlussmöglichkeiten abzuwägen. Ein großer Vorteil von PV-Freiflächen in Kombination mit großen Wärmepumpen ist, dass sich die Stromerzeugungsf lächen nicht in unmittelbarer Nähe zur Wärmenachfrage befinden müssen und so eine gewisse Flexibilität in der Flächenauswahl möglich ist.

Potenzialflächen für Windenergieanlagen (WEA) werden nach technischen und ökologischen Kriterien sowie Abstandsregelungen selektiert, wobei Gebiete mit mindestens 1900 Volllaststunden als gut geeignet gelten. Die Potenzialberechnung berücksichtigt lokale Windverhältnisse, Anlagentypen und erwartete Energieerträge, wobei Flächen unter 1900 Volllaststunden ausgeschlossen werden. Gegenwärtig befinden sich 34 Windenergieanlagen mit insgesamt 75 MW installierter Leistung auf dem Gebiet der Stadt Aurich. Der Großteil dieser Anlagen befindet sich im östlichen Gebiet der Kommune sowie darüber hinaus in Georgsfeld und Dietrichsfeld. Mit 716 GWh/a bietet die Windkraft ein weiteres großes Potenzial, insbesondere auf Flächen im Nordwesten des Projektgebiets bei Tannenhausen und Georgsfeld. Zusätzlich zur technischen und baurechtlichen Prüfung sind hier Aspekte der Akzeptanz sowie der Einfluss auf die lokale Flora und Fauna zu berücksichtigen, weshalb die Eignungsflächen stark eingegrenzt sind und die Analyse der real verfügbaren WEA-Flächen außerhalb der KWP erfolgen sollte.

Das Potenzial für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen stellt mit 462 GWh/a ein weiteres nennenswertes Potential dar. Im Vergleich zur Freifläche bietet es zusätzlich den Vorteil, dass es ohne zusätzlichen Flächenbedarf oder Flächenkonflikte ausgeschöpft werden kann. In der aktuellen Analyse wird davon ausgegangen (siehe KEA, 2020), dass das Stromerzeugungspotenzial von Photovoltaik auf 50 % der Dachflächen von Gebäuden über 50 m² möglich ist. Die jährliche Stromproduktion wird durch die flächenspezifische Leistung (160 kWh/m²a) berechnet. Im Vergleich zu Freiflächenanlagen ist allerdings mit höheren spezifischen Kosten zu kalkulieren. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial von PV auf Dachflächen gerade für die Warmwasserbereitstellung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten interessant.

Biomasse wird für Wärme oder Strom entweder direkt verbrannt oder zu Biogas vergoren. Für die Biomassennutzung geeignete Gebiete schließen Naturschutzgebiete aus und berücksichtigen landwirtschaftliche Flächen, Waldreste, Rebschnitte und städtischen Biomüll. Die Potenzialberechnung basiert auf Durchschnittserträgen und der Einwohnerzahl für städtische Biomasse, wobei wirtschaftliche Faktoren wie die Nutzungseffizienz von Mais und die Verwertbarkeit von Gras und Stroh berücksichtigt werden. Vergärbare Biomassesubstrate (Energiepflanzen, Gras, biogene Hausabfälle) können zu Biogas verarbeitet werden, sodass in Blockheizkraftwerken Strom und Wärme erzeugt werden kann. Hierbei wird eine Erzeugung von 40 % Wärme und 30 % Strom bei 30 % Verlusten modelliert. Es zeigt sich, dass die Nutzung von ausschließlich im Projektgebiet vorhandener Biomasse mit 90 GWh/a über Biogas-Blockheizkraftwerke einen signifikanten Anteil an der Stromerzeugung haben kann.

Kraft-Wärmekopplungs-(KWK)-Anlagen dienen der kombinierten Erzeugung von Strom und Nutzwärme, wodurch sie einen hohen Gesamtwirkungsgrad von typischerweise 80–90 % erreichen und somit eine besonders effiziente Energieversorgung ermöglichen. Als Brennstoffe können sowohl Erdgas als auch Biomasse zum Einsatz kommen. Im Projektgebiet sind laut Marktstammdatenregister insgesamt 26 KWK-Anlagen in unterschiedlichen Größenordnungen zwischen 50 kW und 3.600 kW elektrischer Kapazität vertreten. Da die meisten Anlagen bereits mit Biomasse betrieben werden, werden sie zum Zwecke der Analyse der erneuerbaren Strompotenziale aus KWK-Anlagen nicht herangezogen. Hierfür werden lediglich diejenigen sechs Anlagen betrachtet, die aktuell

erdgasbasiert betrieben werden. Diese befinden sich im Stadtgebiet Aurich und versorgen einzelne Großverbraucher wie die Klinik oder die Realschule Aurich und sind absolut gesehen mit 50 - 240 kW elektrischer Leistung vergleichsweise kleine Anlagen. Durch eine Dekarbonisierung dieser Anlagen könnten 3 GWh Strom erneuerbar erzeugt werden. Diese Analyse zeigt also das elektrische Potenzial der bestehenden fossilen Infrastruktur, falls eine Umstellung auf Biogas oder andere regenerative Gase erfolgen sollte. Es ist deutlich, dass die Umstellung der bestehenden KWK-Anlagen auf erneuerbare Brennstoffe einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten könnte. Zukünftige Erweiterungen der Kapazität der Bestandsanlagen oder neue Standorte sind hierbei nicht berücksichtigt.

Zusammenfassend bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung im Projektgebiet Aurich, wobei jede Technologie ihre eigenen Herausforderungen und Kostenstrukturen mit sich bringt. Bei der Umsetzung von Projekten sollten daher sowohl die technischen als auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig abgewogen werden. Es ist jedoch hervorzuheben, dass die Nutzung der Potenziale zur Stromerzeugung auf Dachflächen der Erschließung von Freiflächen vorzuziehen ist.

4.4 Potenziale zur Wärmeerzeugung

Die Untersuchung der thermischen Potenziale offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung (siehe Abbildung 22). Für Solarthermie, Flusswasser, Seewärme und oberflächennahe Geothermie gelten in der Untersuchung eine wirtschaftliche Grenze von 1000 m zu Siedlungsflächen, wobei Flächen mit einem Abstand von 200 m zu Siedlungen als gut geeignet gekennzeichnet werden, sofern keine weiteren Restriktionen vorliegen.

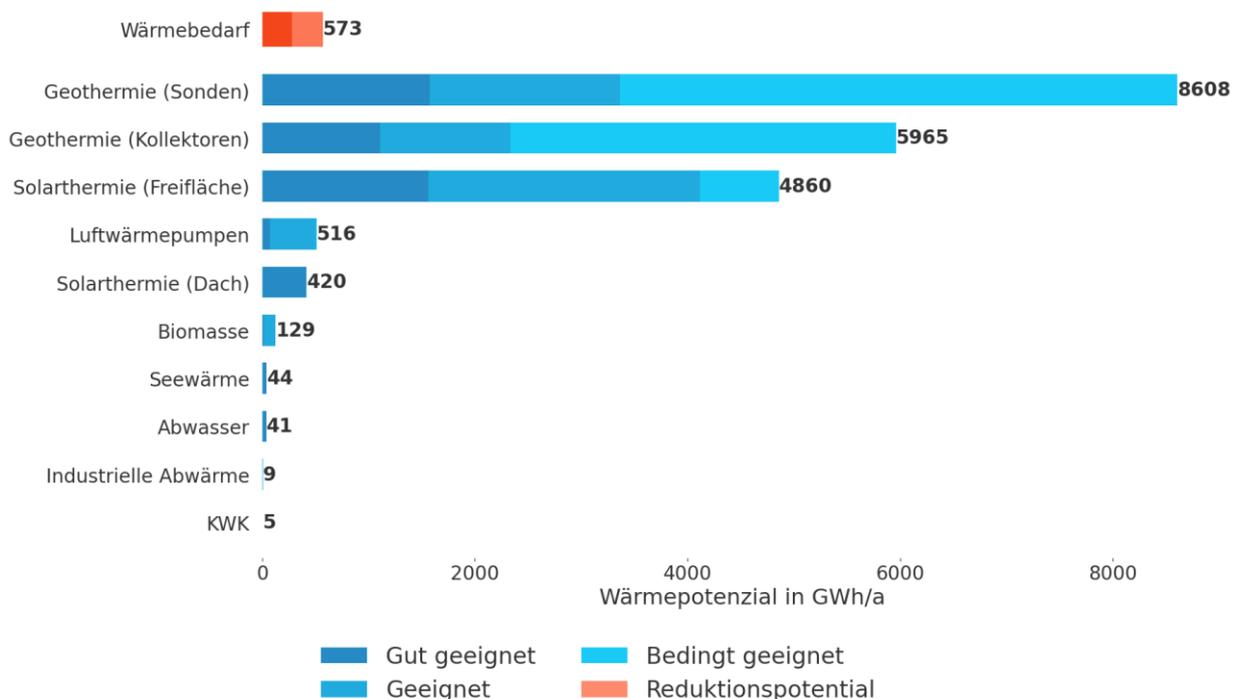


Abbildung 22: Erneuerbare Wärmepotenziale im Projektgebiet

Wärmepumpen sind eine etablierte und unter gewissen Bedingungen energetisch hocheffiziente Technologie für die Wärmeerzeugung. Eine Wärmepumpe ist ein Gerät, das Wärmeenergie aus einer Quelle (wie Luft, Wasser oder Erde) auf ein höheres Temperaturniveau transferiert, um Gebäude zu heizen oder mit Warmwasser zu versorgen. Sie nutzt dabei ein Kältemittel, das im Kreislauf geführt wird, um Wärme aufzunehmen und abzugeben, effektiv wie ein Kühlschrank, der in umgekehrter Richtung arbeitet. Wärmepumpen können vielseitig im Projektgebiet genutzt werden.

Die Nutzung **oberflächennaher Geothermie** mittels Sonden hat ein Potenzial von 8.608 GWh/a im Projektgebiet. Die 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 werden.

Erdwärmekollektoren, die ebenfalls zur Kategorie der oberflächennahen Geothermienutzung zählen, sind Wärmetauscher, die wenige Meter unter der Erdoberfläche liegen und die konstante Erdtemperatur nutzen, um über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit Wärme zu einer Wärmepumpe zu leiten. Dort wird die Wärme für die Beheizung von Gebäuden oder Warmwasserbereitung aufbereitet. Die Potentiale sind auch im direkten Umfeld der Gebäude vorhanden und belaufen sich im Projektgebiet auf 5.965 GWh pro Jahr.

Luftwärmepumpen haben mit 516 GWh/a für die zukünftige Wärmeversorgung ein bedeutsames Potenzial, insbesondere bei der dezentralen Wärmeversorgung (siehe Kapitel Potentiale zur dezentralen Wärmeversorgung). Das Potenzial ist vor allem für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser groß und kann im Vergleich zu Erdwärmekollektoren auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregelungen zum Lärmschutz eingehalten werden. Auch für die Nutzung in Wärmenetzen sind Luftwärmepumpen mit einer Größenordnung von 1-4 MW gut geeignet. Essenziell bei der Nutzung von Wärmepumpen ist eine Optimierung der Temperaturen, um möglichst geringe Temperaturhübe zu benötigen.

Solarthermie auf Freiflächen stellt mit einem Potenzial von 4.860 GWh/a eine ebenfalls wichtige Ressource dar. Solarthermie nutzt Sonnenstrahlung, um mit Kollektoren Wärme zu erzeugen und über ein Verteilsystem zu transportieren. Geeignete Flächen werden nach technischen Anforderungen und unter Ausschluss von Restriktionen wie Naturschutz und baulicher Infrastruktur ausgewählt, wobei Flächen unter 500 m² ausgeschlossen werden. Analog zur Freiflächen-PV-Analyse wurden auch hier die weiteren Gebietseinschränkungen von Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft angewendet. Die Potenzialberechnung basiert auf einer Leistungsdichte von 3.000 kW/ha und berücksichtigt Einstrahlungsdaten sowie Verschattung, mit einem Reduktionsfaktor für den Jahresenergieertrag. Bei der Planung und Erschließung von Solarthermie sind jedoch Flächenverfügbarkeit und Anbindung an Wärmenetze zu berücksichtigen. Auch sollten geeignete Flächen für die Wärmespeicherung (eine Woche bis zu mehreren Monaten je nach Einbindungskonzept) vorgesehen

werden. Zudem sei darauf hingewiesen, dass es bei Solarthermie- und PV-Freiflächenanlagen eine Flächenkonkurrenz gibt. Auch auf Dachflächen kann Solarthermie genutzt werden. Im Projektgebiet Aurich bietet Solarthermie auf Dachflächen ein Potential von 426 GWh/a. Bei der Solarthermie auf Dachflächen wird mittels KEA-BW Methode das Potenzial aus 25 % der Dachflächen über 50 m² für die Wärmeerzeugung modelliert. Die jährliche Produktion basiert auf 400 kWh/m² 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 thermische **Biomassepotential** beträgt 129 GWh/a und setzt sich aus Waldrestholz, Hausmüll (Biomüll), Grünschnitt und dem möglichen Anbau von Energiepflanzen zusammen. Biomasse hat den Vorteil einer einfachen technischen Nutzbarkeit sowie hoher Temperaturen. Die Verfeuerung von Waldrestholz oder Grünschnitt kann in Holz-/ Hackschnitzelkesseln erfolgen. Erträge von Energiepflanzen kommen bei Biogasanlagen zum Einsatz. Eine Biogasanlage erzeugt Biogas durch die Vergärung von tierischen und pflanzlichen Stoffen. Dies geschieht unter Ausschluss von Sauerstoff und mit Hilfe von Bakterien im Fermenter. Biogas ist klimaneutral, da die Herstellung aus organischen Stoffen erfolgt. Das Kohlendioxid, welches bei der Verbrennung freigesetzt wird, wurde zuvor durch den Pflanzenwachstumsprozess der Atmosphäre entnommen. Biogasanlagen können im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen unabhängig vom Wetter (keine Abhängigkeit von Sonne oder Wind) eingesetzt werden. Es gibt zwei unterschiedliche Typen von Biogasanlagen. Bei dem ersten Anlagentyp wird das Biogas nach der Erzeugung im Fermenter für die weitere Nutzung getrocknet und entschwefelt. Danach wird das Gas zum Betrieb eines Motors (Blockheizkraftwerk, BHKW) genutzt, welcher über einen Generator elektrischen Strom erzeugt, welcher ggf. teilweise vom Betreiber selbst genutzt oder ins öffentliche Strom-Versorgungsnetz eingespeist wird. Darüber hinaus kann die Abgaswärme und die Wärme vom Motorkühlwasser mittels Wärmetauscher zurückgewonnen werden. Zum Teil wird sie für die Beheizung des Fermenters benötigt, doch der größere Anteil kann z.B. für die Beheizung von Gebäuden oder sogar eines Wärmenetzes eingesetzt werden. Beim zweiten und selteneren Anlagentyp „Biogaseinspeisung ins Gasnetz“ wird ebenfalls Biogas produziert. Dieses wird gereinigt (z.B. von Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff) und getrocknet. Danach erfolgt die Konditionierung zu Biomethan und ggf. Odorierung (Beimengung Gasgeruch, bei HD-Netz nicht notwendig), sodass das Gas ähnliche Eigenschaften wie Erdgas hat. Um Biomethan als Erdgas-Substitut zu verwenden, muss insbesondere eine Brennwert- Anpassung erfolgen. Über eine Biogaseinspeiseanlage erfolgt dann die Verdichtung auf den Netzdruck und die Einspeisung des Biomethans in das öffentliche Gas-Versorgungsnetz. Das Biomethan kann z.B. für den Betrieb von Brennwertheizkesseln oder BHKWs standortunabhängig von der Biogasanlage eingesetzt werden, da es bilanziell über das öffentliche Gas-Versorgungsnetz bezogen wird. Allerdings ist ersichtlich, dass Energiepflanzen nur in begrenzter Menge zur Verfügung stehen. Es gilt, klimafreundlichere Alternativen zu den klassischen Energiepflanzen wie Mais zu finden und vermehrt auf Abfall- und Reststoffe zu setzen. Grundsätzlich ist beim Anbau von Energiepflanzen auch zu bedenken, dass diese verglichen mit anderen erneuerbaren Energien wie Wind

oder PV bezogen auf die beanspruchte Fläche wesentlich weniger Strom- bzw. Wärmeerträge liefern (Thünen-Institut, 2023). Der Einsatz von Biomasse sollte daher in Zukunft vor allem der Abdeckung von Spitzenlasten vorbehalten sein.

Das **Abwärmepotenzial**, welches aus dem geklärten Abwasser am Auslauf des Klärwerkes in Haxtum gehoben werden kann, wurde auf 41 GWh/a beziffert (theoretisches/technisches Potenzial basierend auf Einwohnerwert der Kläranlagen). Insbesondere durch Abwasser von industriellen Großunternehmen herrscht hier ein hohes Potenzial. Durch die bestehende Wärmeleitung zu verschiedenen möglichen Ankerkunden aus dem gewerblichen oder öffentlichen Sektor im Stadtzentrum, stellt diese Wärmequelle eine potenziell bedeutsame Wärmequelle dar. Ob und wie dieses Potenzial in zukünftigen möglichen Wärmenetzen im Umfeld der Kläranlage genutzt werden kann, ist im Rahmen einer Studie im Anschluss an die Wärmeplanung zu prüfen.

Für die Evaluierung der Nutzung von **industrieller Abwärme** wurden im Projektgebiet Abfragen bei möglichen relevanten Industrie- und Gewerbebetrieben durchgeführt. Aurich weist einige Großunternehmen in den Branchen der Windkraft, Lebensmittelherstellung und Verarbeitung und Veredelung auf. Der Rücklauf aus der Industrieabfrage enthielt die Angaben von 10 Unternehmen mit einer Wärmemenge von in Summe 9 GWh. Kurz vor Abschluss der Kommunalen Wärmeplanung wurde darüber hinaus seitens der BAFA über die „Plattform für Abwärme“ ein Datensatz veröffentlicht, der in Aurich weitere 20 GWh Abwärme von Unternehmen beinhaltet. Hier gilt es in nachfolgenden Untersuchungen die möglichen Abwärmepotenziale derjenigen Betriebe genauer zu quantifizieren, die eine Bereitschaft zur Bereitstellung von Abwärme signalisiert haben. Erste Gespräche hierzu wurden bereits mit verschiedenen Akteuren am Rande des Wärmeplanungsprozesses aufgenommen.

KWK-Anlagen im Wärmenetz können besonders in der nahen Zukunft eine wichtige Rolle beim Übergang zu einem fossilsystem spielen. Die Potenzialermittlung für Wärmezwecke erfolgt analog zum Vorgehen für Strompotenziale. Von den insgesamt 26 Anlagen mit thermischer Leistung zwischen 80 und 3.357 kW werden die erdgasbetriebenen Anlagen mit 80 - 374 kW Leistung betrachtet. Durch eine Dekarbonisierung dieser Anlagen könnte ein erneuerbares thermisches KWK-Potenzial im Projektgebiet von ca. 5 GWh Wärme pro Jahr realisiert werden. Wie auch beim Strom, zeigt die Analyse also das Potenzial der bestehenden KWK-Infrastruktur, welches durch eine Umstellung fossil betriebener KWK-Anlagen auf Biogas oder andere regenerative Gase erschlossen werden kann. Im Vergleich zu den anderen Potenzialen im Projektgebiet ist das Wärmepotenzial eher gering einzuordnen. Zukünftige Erweiterungen der Kapazität oder neue Standorte sind hierbei nicht berücksichtigt.

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.

4.5 Einsatz von Wasserstoff

Die Anwendungen von Wasserstoff sind vielseitig. Alle Sektoren und verschiedene Wirtschaftsbereiche können von klimafreundlichem Wasserstoff als Energieträger oder Rohstoff profitieren. Fokus für den Wasserstoffeinsatz ist jedoch der Einsatz im Gewerbe- und Industriesektor, um Produktions- und notwendige Wärmeprozesse klimafreundlich darstellen zu können.

Industrie: Die Industrie stellt den wichtigsten Einsatzbereich für Wasserstoff dar und bietet die größten Emissionseinsparungen. In der für Deutschland wichtigen Großindustrie wie der Stahlerzeugung, Glasproduktion oder der Herstellung von Ammoniak können Kohle oder Erdgas aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht durch Strom ersetzt werden. Grüner Wasserstoff kann hier fossile Energieträger ersetzen und CO₂-Emissionen deutlich reduzieren.

Rückverstromung: Die erneuerbaren Energiequellen unterliegen Schwankungen. Je nachdem, wie der Wind weht und die Sonne scheint, wird mehr Strom erzeugt, als genutzt werden kann. Zu anderen Zeiten dagegen steht zu wenig Strom zur Verfügung. Durch einen Elektrolyseur kann überschüssiger Strom in Wasserstoff umgewandelt und dann gespeichert werden. Wird mehr Strom benötigt, kann der Wasserstoff zur Stromerzeugung in Gaskraftwerken genutzt werden.

Weitere Anwendungsbereiche: Wasserstoff kann außerdem in der Mobilität (z.B. in Lkw oder Zügen mit Brennstoffzellen) und in Einzelfällen im Wärmemarkt (z.B. durch Wasserstoffheizungen) eingesetzt werden. Der Einsatz von Wasserstoff bei privaten Endverbrauchern ist nach heutigem Stand aufgrund kostengünstigerer Alternativen unwahrscheinlich. Mit der Wärmepumpe sowie dem Anschluss an ein Fern- oder Nahwärmenetz stehen in der häuslichen Wärmeversorgung anders als bei Industrie und Gewerbe technische Alternativen zur Verfügung.

Wasserstoff kann in flüssigem oder gasförmigem Zustand per Tankwagen auf der Straße transportiert werden. Über längere Strecken ist jedoch der Transport durch Leitungsnetze (Pipelines) deutlich effizienter. Bisher existiert jedoch noch keine Netzinfrastruktur für Wasserstoff, um Erzeugung, Abnehmer oder auch Speicher miteinander zu vernetzen. Das von den Ferngasnetzbetreibern erarbeitete und kürzlich durch die Bundesnetzagentur genehmigte Wasserstoff-Kernnetz ist der Startschuss für eine deutschlandweite Wasserstoffinfrastruktur (siehe Abbildung 23). Das Kernnetz ist ein bundesweites Wasserstoffnetz, welches den Transport von Wasserstoff in viele Regionen Deutschlands ermöglicht (im Straßenverkehr vergleichbar mit den Autobahnen).



Abbildung 23: Übersicht Wasserstoff-Kernnetz in Deutschland

Die lokale Versorgung des Wasserstoffs zu den Industriekunden bzw. zu den Kommunen erfolgt dann durch die Verteilnetzbetreiber über das nachgelagerte Regionalnetz (vergleichbar mit Bundes- und Landesstraßen, siehe Abbildung 24). Positiv ist, dass die bestehende Erdgasinfrastruktur ideale Voraussetzungen bietet, um klimaneutrale Gase wie Wasserstoff (oder auch Biomethan) aufzunehmen, zu transportieren und 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. Bei den rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen für den Betrieb von Wasserstoffnetzen sind allerdings derzeit noch viele Punkte offen.



Abbildung 24: Lokale Versorgung des Wasserstoffs

Die dezentrale Erzeugung von Wasserstoff wird aufgrund der aktuellen hohen Kosten und der fehlenden Wasserstoff-Netzinfrastrukturen (Regional- bzw. Verteilnetz) nicht weiter betrachtet. Eine mögliche zukünftige Nutzung kann und sollte jedoch bei sich ändernden Rahmenbedingungen (rechtlich, regulatorisch etc.) in die Planungen aufgenommen werden. Dies kann im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans erfolgen.

4.6 Potenziale für Sanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele dar. Die Untersuchung zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen eine Gesamtreduktion um bis zu ca. 294 GWh bzw. 51 % des Gesamtwärmebedarfs im Projektgebiet realisiert werden könnte. Erwartungsgemäß liegt der größte Anteil des Sanierungspotenzials bei Gebäuden, die bis 1978 erbaut wurden (siehe Abbildung 25). Diese Gebäude sind sowohl in der Anzahl als auch in ihrem energetischen Zustand besonders relevant. Sie wurden vor den einschlägigen Wärmeschutzverordnungen erbaut und haben daher einen erhöhten Sanierungsbedarf. Besonders im Wohnbereich zeigt sich ein hohes Sanierungspotenzial. Hier können durch energetische Verbesserung der Gebäudehülle signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit einem Austausch der Heiztechnik bietet dies insbesondere für Gebäude mit Einzelversorgung einen großen Hebel, vgl. auch Abbildung 26.

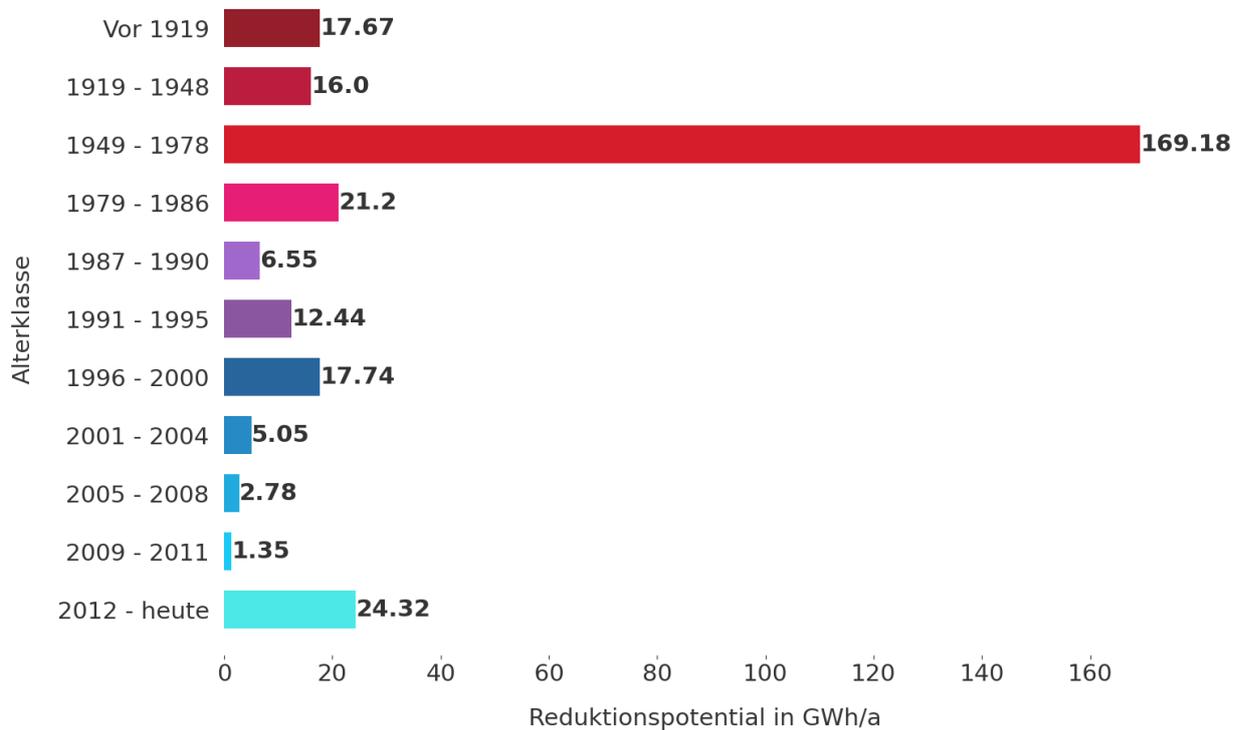


Abbildung 25: Reduktionspotential nach Baualtersklassen

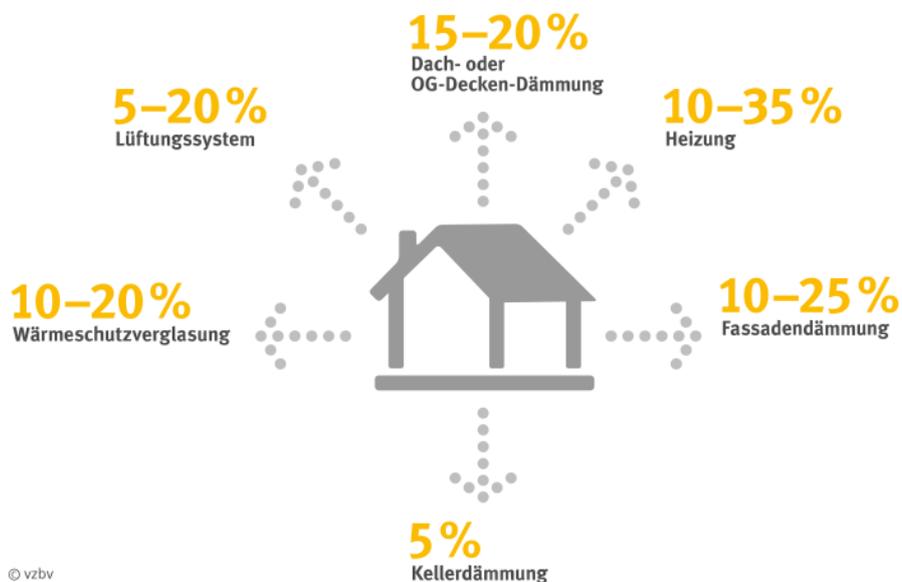


Abbildung 26: Reduktionspotential verschiedener energetischer Sanierungsmaßnahmen

Dämmung der Fassade: Reduktion von Wärmeverlusten des Gebäudes und Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes. Es gibt unterschiedliche Arten der Dämmung, wie z.B. Kern- und Einblasdämmung, Wärmeverbundsysteme oder Innendämm-Systeme. Besonders die Einblas- bzw. Hohlraumdämmung ist eine sehr wirtschaftliche Maßnahme.

Dämmung des Daches: Oftmals erfolgt eine Dämmung zwischen bzw. auf oder unter den bestehenden Sparren (Tragkonstruktion). Bei einer Nichtnutzung vom Dachgeschoss kann auch die obere Geschossdecke gedämmt werden.

Dämmung Kellerdecke: In Abhängigkeit der baulichen Gegebenheiten kann die Dämmung oberhalb oder unterhalb der Kellerdecke erfolgen.

Erneuerung der Fenster und Sonnenschutz: Fenster mit Zweifach- oder besser mit Dreifachverglasung und optimierten Fensterrahmen haben einen niedrigeren Wärmedurchgangskoeffizienten und somit geringere Energieverlust. Ferner schützen sie besser vor Lärm und Einbrechern. Hinsichtlich des Sonnenschutzes können Außenrollos und Markisen eingesetzt werden.

Einbau oder Erneuerung einer Lüftungsanlage: Lüftungsanlagen reduzieren die Feuchtigkeit und Geruchsbildung und ersetzen die Fensterlüftung, bei der Energieverluste entstehen. Es gibt Systeme mit einer Wärmerückgewinnung aus der Abluft von bis zu 90%. Während der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage mit erhöhtem Aufwand verbunden ist, gibt es auch dezentrale Lüftungsgeräte, die nachträglich in die Außenwände eingebaut werden können.

Erneuerung der Heizung: Neue Heizungsanlagen sind effizienter. Ferner benötigen Wärmepumpen und Biomassenkessel keine fossilen Energieträger, wie z.B. Erdgas und Heizöl, und können somit klimaneutral betrieben werden. Darüber hinaus wird beim Einbau der Heizung das bestehende Verteilsystem aus Pumpen, Rohren sowie Heizkörpern und ggf. Fußbodenheizung hydraulisch abgeglichen. Diese Optimierung im Bestand erlaubt eine Reduktion der Systemtemperaturen und damit nochmals eine erhöhte Effizienz.

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 kommunalen Wärmeplanung sein.

4.7 Technologien zur dezentralen Wärmeerzeugung

Während die Bürgerinnen und Bürger bei Wärmenetzen meist keinen direkten Einfluss auf die Wahl der Wärmeerzeuger haben, sieht es für die Gebäudeeigentümer bei der eigenen Heizungsanlage anders aus. Da die dezentrale Versorgung einzelner Gebäude fernab von Wärmenetzen eine wesentliche Rolle bei der Wärmewende spielen wird, wird nachfolgend kurz auf die einzelnen Technologien eingegangen.

Wärmepumpe: Die Wärmepumpe wird zukünftig bei der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung eine sehr wichtige 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. Mittels der gewonnenen Wärme wird dann ein Gebäude beheizt und das Warmwasser aufbereitet. Angetrieben wird die Wärmepumpe durch Strom. Dabei drückt das Verhältnis aus abgegebener Wärmeenergie zu eingesetztem Stromverbrauch die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ) aus. Je nach Wärmepumpen-Art und Gegebenheiten des Gebäudes erzeugen gängige Wärmepumpen 3 bis 6 kWh Wärme aus einer kWh Strom.

Während Wärmepumpen in der Anschaffung zunächst etwas teurer als Gasheizungen sind, spielen sie ihre Vorteile vor allem durch geringe Betriebskosten aus. Zudem sinken die Treibhausgasemissionen Jahr für Jahr, da die Antriebsenergie, also Strom, jedes Jahr einen höheren Anteil regenerativer Energien aufweist. Darüber hinaus sind Wärmepumpen von steigenden CO₂-Preisen bei Öl und Gas nicht betroffen. Grundsätzlich gilt für Wärmepumpen: Je niedriger die Vorlauftemperaturen im Heizungssystem sind, desto weniger Strom wird benötigt. Parallel zum Einbau einer Wärmepumpe, sollte nach anerkannten Regeln der Technik also das Verteilsystem optimal eingestellt werden.

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

Brennwertkessel: Bei Brennwertkesseln handelt es sich um eine klassische Heiztechnik – am bekanntesten sind Öl- oder Gas-Kessel, es gibt sie aber auch als Pelletheizungen. Heizen mit fossilen Brennstoffen wird durch aktuell steigende Brennstoffpreise und die jährlich steigende CO₂-Abgabe zunehmend teurer. Mittel bis langfristig werden die Betriebskosten also signifikant steigen. Darüber hinaus erfordern gesetzliche Regelungen, dass Betreiber von Gasheizungen nach und nach einen Gastarif mit immer höheren Anteilen grüner Gase nachweisen müssen.

Brennstoffzellenheizung: Die Brennstoffzellenheizung erzeugt durch die sogenannte kalte Verbrennung in den einzelnen Zellen (sogenannte Stacks) Heizwärme, Warmwasser und auch elektrischen Strom. Sie benötigt einen Gasanschluss. Innerhalb der Brennstoffzelle findet eine elektrochemische Reaktion von einem Oxidationsmittel (Sauerstoff der Luft) und einem Brennstoff (Wasserstoff oder Erdgas) statt, sodass Wärme freigesetzt und Strom produziert wird. Im Vergleich zu Pelletkesseln und Wärmepumpen sind Brennstoffzellenheizungen nochmals teurer und gleichzeitig besteht wie bei Brennwertkesseln die Abhängigkeit, langfristig einen Lieferanten für erneuerbares Gas zu finden. Falls diese Technologie zukünftig eine Rolle spielen sollte, dann am ehesten im Bereich der Nicht-Wohngebäude oder großen Mehrfamilienhäusern.

Hybridheizung: Eine Hybridheizung kombiniert die Vorteile mehrerer Heizsysteme (z.B. Solarthermie, Wärmepumpe, Holzheizung, Gasheizung) 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.

4.8 Zusammenfassung und Fazit

Die Potenzialanalyse für erneuerbare Energien in der Wärmeerzeugung im Projektgebiet Aurich offenbart sehr gute Chancen für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

Die Potenziale sind räumlich heterogen verteilt: In bebauten Gebieten dominieren die Potenziale der Solarthermie und Photovoltaik auf Dachflächen, sowie Luft-Wasser-Wärmepumpen und Erdwärmekollektoren bzw. -sonden in direkter Umgebung der Gebäude. Vereinzelt existieren Freiflächen in unmittelbarer Nähe zur Kernstadt Aurich, auf denen sich bedeutende technische Potenziale für die Nutzung von Solarthermie oder Erdwärmesonden befinden. Außerhalb der Siedlungsgebiete sind Erdwärmekollektorfelder oder Erdwärmesondenfelder vielerorts potenziell realisierbar. Die Solarthermie auf Freiflächen besitzt im Projektgebiet ebenfalls ein hohes Potential, erfordert jedoch zusätzlich eine sorgfältige Planung hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit und Möglichkeiten der Integration in Wärmenetze sowie Flächen zur Wärmespeicherung. Die Erschließung dieser Potenziale kann unter Umständen bei der weiteren Evaluierung der Wärmenetzeignungsgebiete mit untersucht werden. Im Stadtkern liegt das größte Potenzial in der Gebäudesanierung mit einem Schwerpunkt auf öffentlichen Liegenschaften und Wohngebäuden. Besonders Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, bieten ein hohes Einsparpotenzial durch Sanierung.

Die umfassende Analyse legt nahe, dass es technisch möglich ist, den gesamten Wärmebedarf durch erneuerbare Energien auf der Basis lokaler Ressourcen zu decken. Dieses ambitionierte Ziel erfordert allerdings eine differenzierte Betrachtungsweise, da die Potenziale räumlich und zeitlich stark variieren und nicht überall gleichermaßen verfügbar sind und Flächenkonkurrenz ein Thema ist, das nicht nur aus energetischer Perspektive zu betrachten ist. Darüber hinaus gilt es die begrenzten Ressourcen aus den Bereichen Biomasse und öffentlicher bzw. industrieller Abwärme gezielt dort einzusetzen, wo es aus technischen und wirtschaftlichen Gründen mit den anderen Lösungen sonst nicht möglich wäre. Im Hinblick auf die dezentrale Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien spielt die Flächenverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. Individuelle, räumlich angepasste Lösungen sind daher unerlässlich für eine effektive Wärmeversorgung.

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 27). Die identifizierten und in der KWP beschlossenen Eignungsgebiete können dann in weiteren Planungsschritten bis hin zur Umsetzung entwickelt werden.



Abbildung 27: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete

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 Stadträndern 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. Zudem spielt die Realisierbarkeit eine entscheidende Rolle, welche durch Tiefbaukosten und -möglichkeiten, die Akzeptanz der Bewohner*innen und Kund*innen sowie das geringe Erschließungsrisiko der Wärmequelle beeinflusst wird. 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 Projektgebiete 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 wahrscheinlich nicht gegeben ist. Die Wärmeerzeugung erfolgt individuell im Einzelgebäude.

5.1 Einordnung der Verbindlichkeit zum Neu- und Ausbau von Wärmenetzen

In diesem Wärmeplan werden keine verbindlichen Ausbaupläne beschlossen. Die im Folgenden vorgestellten Eignungsgebiete zu Wärmenetzausbau- und -neubaugebieten dienen als strategisches Planungsinstrument für die Infrastrukturentwicklung der nächsten Jahre. Für die Eignungsgebiete in der Stadt Aurich sind weitergehende Einzeluntersuchungen auf Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit zwingend notwendig. Die flächenhafte Betrachtung im Rahmen der KWP kann nur eine grobe, richtungsweisende Einschätzung liefern.

Zudem hat die Stadt grundsätzlich die Möglichkeit, ein Gebiet als Wärmenetzvorranggebiet auszuweisen. Gebäudeeigentümer*innen innerhalb eines Wärmenetzvorranggebietes mit Anschluss- und Benutzungszwang sind verpflichtet, sich an das Wärmenetz anzuschließen. Diese Verpflichtung besteht bei Neubauten sofort. Im Bestand besteht die Verpflichtung erst ab dem Zeitpunkt, an dem eine grundlegende Änderung an der bestehenden Wärmeversorgung vorgenommen wird. In einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt sollen auf Grundlage der Eignungsgebiete von den Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern konkrete Ausbauplanungen für Wärmenetzausbaugebiete erstellt werden.

Für den nach NKlimaG erstellten Wärmeplan gilt in Bezug auf das GEG:

„Fällt in einer Kommune vor Mitte 2026 oder Mitte 2028 eine Entscheidung zur Ausweisung eines Gebiets für den Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes basierend auf einem Wärmeplan, wird dort die Verpflichtung zur Nutzung von 65 Prozent erneuerbaren Energien in Heizsystemen bereits dann wirksam. Der Wärmeplan allein reicht jedoch nicht aus, um diese früheren Verpflichtungen nach dem GEG auszulösen. Vielmehr braucht es auf dieser Grundlage eine zusätzliche Entscheidung der Kommune über die Gebietsausweisung, die öffentlich bekannt gemacht werden muss.“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023). Das bedeutet, wenn die Stadt Aurich beschließt, vor 2028 Neu- und Ausbauggebiete für Wärmenetze oder Wasserstoff

auszuweisen und diese zu veröffentlichen, gilt die 65 %-EE-Pflicht für Bestandsgebäude einen Monat nach Veröffentlichung.

5.2 Eignungsgebiete im Projektgebiet

Im Rahmen der Wärmeplanung lag der Fokus auf der Identifikation von Eignungsgebieten (siehe Abbildung 28). 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 Expertenworkshops 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.

3. Umsetzungseignung: Im letzten Schritt unterzog die Stadtverwaltung die verbleibenden Gebiete einer weiteren Analyse und grenzte sie ein. Im Projektgebiet wurden die in Abbildung 28 eingezeichneten Eignungsgebiete für eine zentrale Wärmeversorgung identifiziert. Sämtliche Gebiete, die nach den durchgeführten Analysen, zum aktuellen Zeitpunkt, als wenig geeignet für ein Wärmenetz eingestuft wurden, sind als Einzelversorgungsgebiete ausgewiesen.

Zusammensetzung der Wärmeerzeugung: Mittels Kennzahlen und üblichen Auslegungsregeln wurde für die Eignungsgebiete ein Wärmeversorgungs-Szenario skizziert. Hierbei wird die Grundlast mit einer Technologie mit einer hohen Anzahl von Benutzungsstunden abgedeckt. 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. Pelletheizungen oder Biogaskessel).

Es handelt sich hierbei um ein technisch sinnvolles Zielszenario, welches als Orientierung für die Definition der ermittelten Maßnahmen zu verstehen ist. 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. Die vorgeschlagenen nutzbaren Potenziale müssen auf die Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Finanzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit vertieft untersucht werden.

Bezeichnung:	Wärmebedarf heute [MWh/a]:
Eignungsgebiet Aurich Zentrum	34.090
Eignungsgebiet Aurich West	17.140
Eignungsgebiet Gewerbegebiet Aurich Nord	53.600
Eignungsgebiet Wiesenstraße	8.307
Eignungsgebiet Leerer Landstraße	12.470
Eignungsgebiet Gewerbegebiet Schirum	7.346

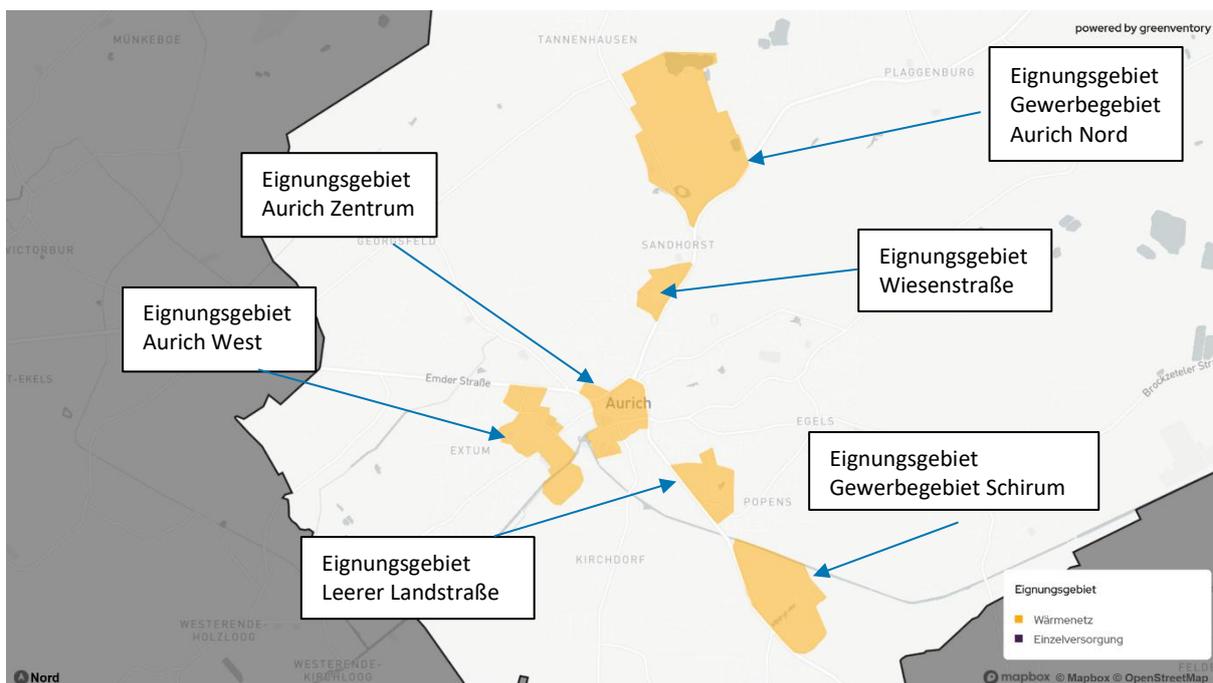
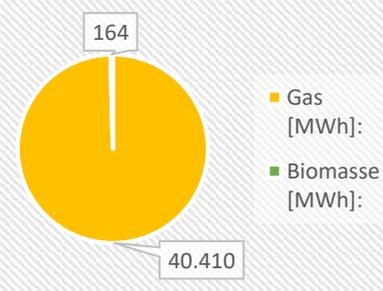
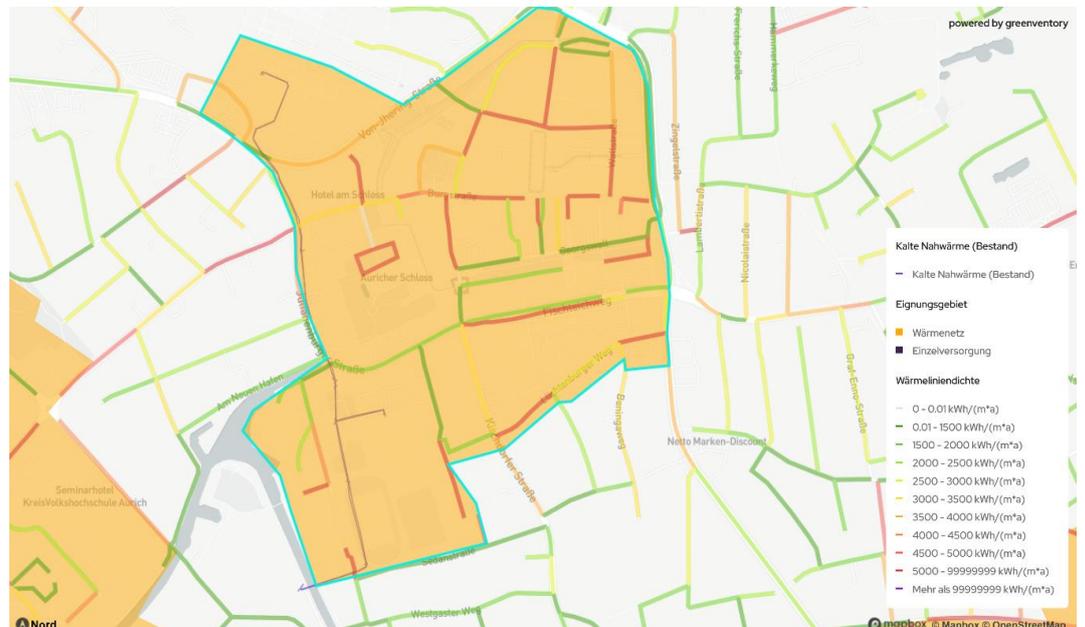
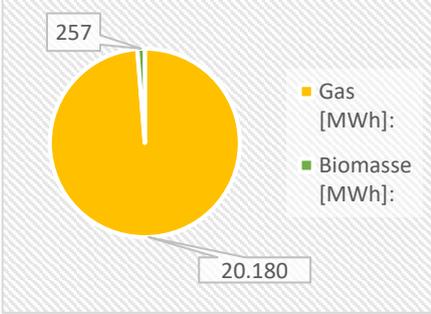
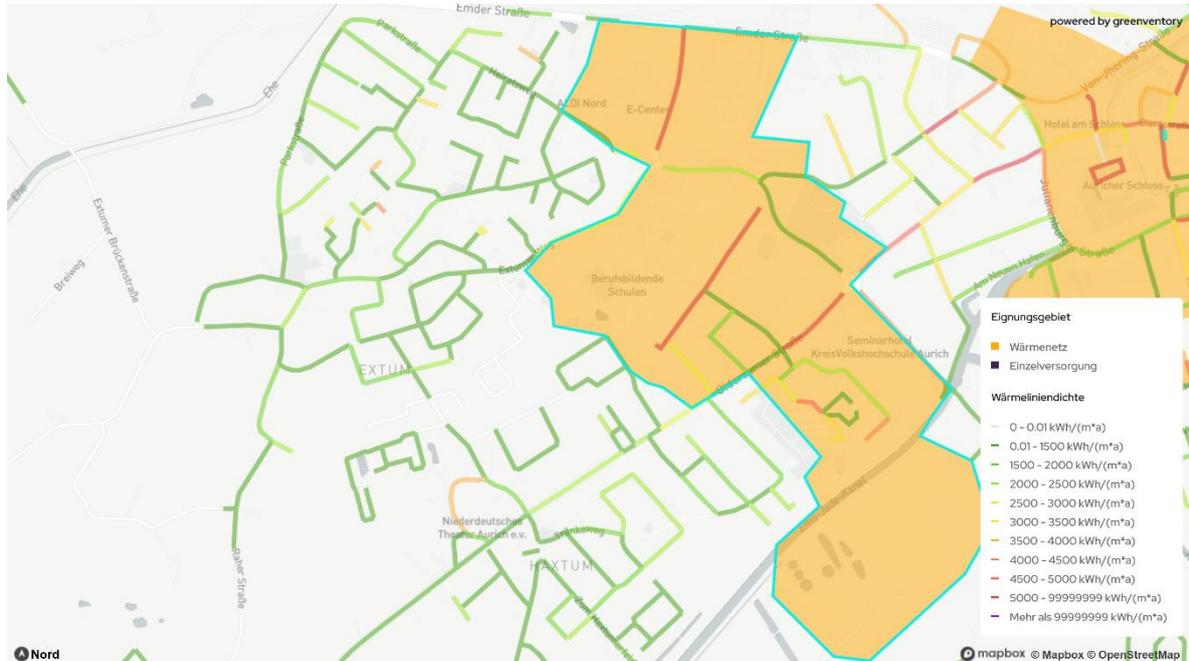
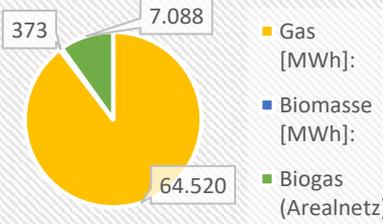
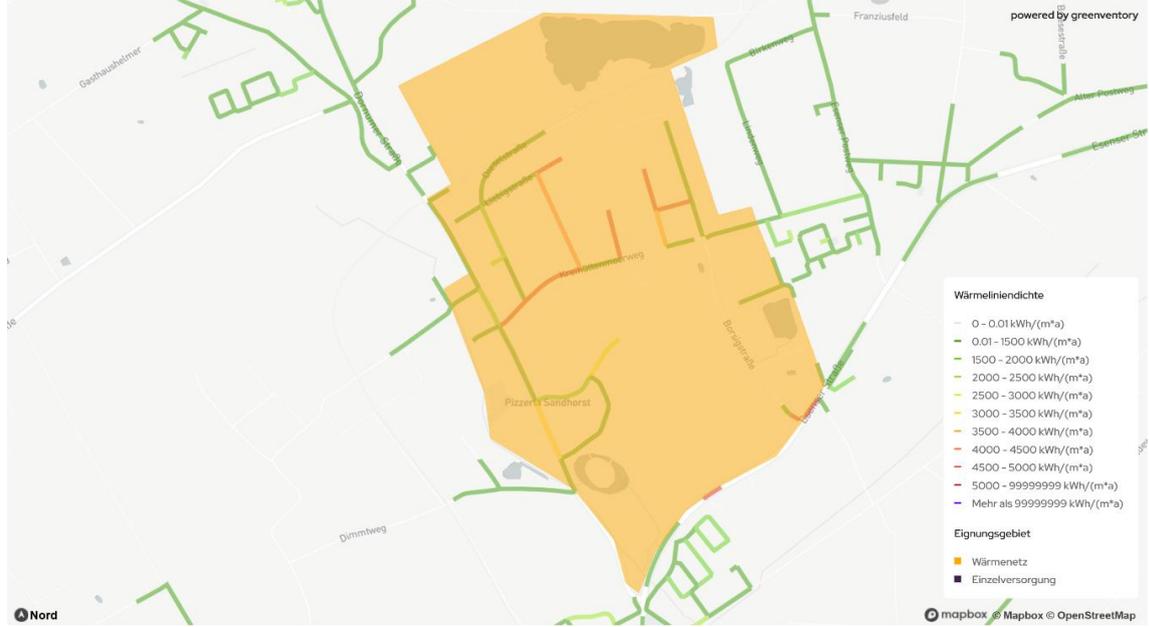
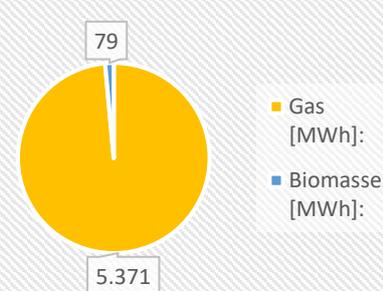
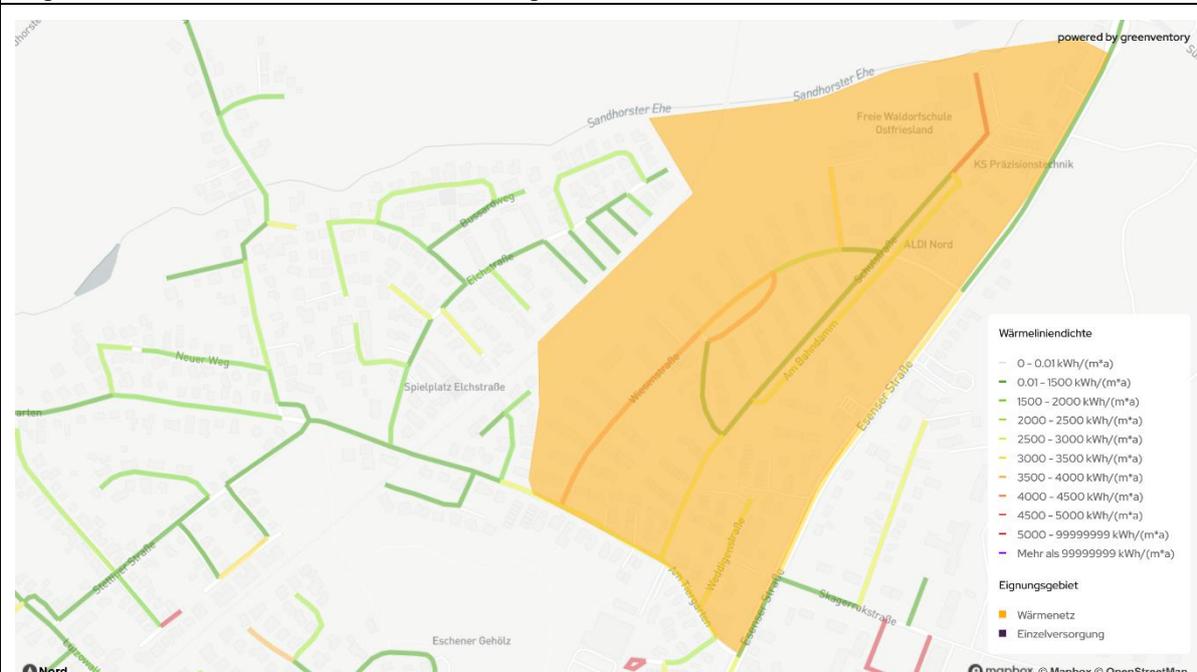


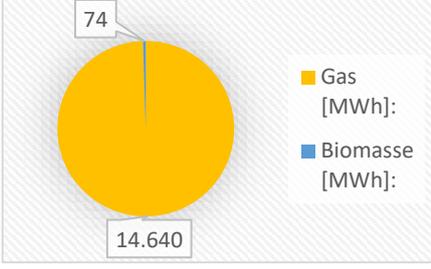
Abbildung 28: Übersicht über die definierten Eignungsgebiete für Wärmenetze im Projektgebiet

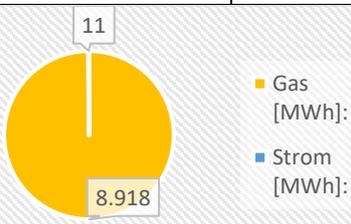
Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Aurich Zentrum	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung mittels Abwärme und Faulgas aus dem Klärwerk in Haxtum	Technisch	Hoch
Gebietsbeschreibung: Das identifizierte Eignungsgebiet umfasst 595 Gebäude mit einem überwiegenden Baujahr 1949-1978 und ist zu 61 % durch private Wohngebäude und zu einem Großteil durch Nicht-Wohngebäude geprägt. Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von etwa 62 ha.			
Energieversorgung: Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von rund 34.090 MWh/a Jahr vor, wovon der größte Teil über das bestehende Erdgasnetz gedeckt wird. Der berechnete Wärmebedarf im Zieljahr 2040 beträgt ca. 21.810 MWh/a, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 36 % entspricht. Die Treibhausgas-Emissionen belaufen sich unter der jetzigen Versorgungssituation auf 8.937 t CO ₂ -e/a. Die installierten Heizungsanlagen haben eine Gesamtleistung von etwa 27 MW. Das Heizungsanlagenalter beläuft sich auf durchschnittlich 18 Jahre.			
Versorgungsoptionen: Direkt entlang des Freizeitbads „De Baalje“ befindet sich eine vorhandene Wärmeleitung, die sich in nördlicher Richtung bis zur Sparkassen Arena erstreckt. Die Nahwärmeleitung verläuft in direkter Nähe zu Finanzamt, Auricher Schloss, Gymnasium Ulricianum und weiteren öffentlichen Liegenschaften. Ein Ausbau der Nahwärmeleitung in Richtung Zentrum wäre eine Option. Im Zentrum sind weitere mögliche Ankerkunden wie bzw. die Stadtverwaltung, das Caro und die komplette Fußgängerzone der Innenstadt mit diversen Gewerbetreibende vorhanden, die sich an das Wärmenetz anschließen könnten. Die durchschnittliche Wärmedichtelinie in diesem Gebiet beträgt 4.244 kWh/m*a			
			
Abbildung 29: Eignungsgebiet "Aurich-Zentrum"			

Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Aurich-West	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung mittels Abwärme aus dem Klärwerk in Haxtum	Technisch	Hoch
Gebietsbeschreibung: <p>Das Gebiet westlich vom Stadtzentrum ist aufgrund der Ankerkunden (Schulzentrum (IGS und BBS) sowie KVHS) und dem existierenden Abwärmepotenzial des Klärwerks Haxtum genauer betrachtet worden.</p> <p>Zum jetzigen Zeitpunkt beinhaltet das Gebiet 292 Gebäude (nicht gleichzusetzen mit potenziellen Wärmeabnehmern). Neben den Ankerkunden ist das Gebiet geprägt durch Ein- und Mehrfamilienhäuser. 63% der Objekte sind Wohngebäude. Der Großteil des Gebäudebestands wurde vor 1979 errichtet (1. Wärmeschutzverordnung 1977). Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von etwa ca. 86 ha.</p>			
Energieversorgung: <p>Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von 17.140 MWh vor. Im Jahr 2040 wird sich der Wärmebedarf unter den unten aufgeführten Versorgungsoptionen perspektivisch auf ca. 11,9 GWh jährlich reduzieren. Den wichtigsten Energieträger in dem Gebiet stellt aktuell Erdgas dar. Die entstehenden THG-Emissionen belaufen sich auf 4.462 t CO₂ pro Jahr. Im Eignungsgebiet sind heute Heizanlagen mit einer Gesamtleistung von 13.450 kW installiert.</p>			
Versorgungsoptionen: <p>Die Abwärme des Klärwerks könnte direkt genutzt und nahe des Schulzentrums um ein Erdsondenfeld ergänzt werden. Je mehr weitere Technologien (Solarthermie, Power-to-Heat, Biomasse) man integriert bekommt und je besser das Schulzentrum und die KVHS die Verbräuche reduzieren, desto mehr Wärme wäre perspektivisch für weitere Gebäude nutzbar.</p>			
			
Abbildung 30: Eignungsgebiet „Aurich-West“			

Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Gewerbegebiet Aurich Nord	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung mittels KWK aus den angrenzenden Satelliten BHKWs im Gewerbegebiet	Technisch	Hoch
<p>Gebietsbeschreibung:</p> <p>Das Gebiet zwischen Sandhorst und Tannenhausen eignet sich aufgrund der potenziellen Ankerkunden Enercon, Mechanic Anlagenbau GmbH, Stanztechnologie Aurich und der vorhandenen Satelliten-BHKWs rund um das Gewerbegebiet für eine nähere Betrachtung. Das Gebiet umfasst derzeit 272 Gebäude und ist geprägt durch Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Die Fläche des Eignungsgebietes beträgt ca. 239 ha. Sowohl südlich als auch westlich gibt es Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik.</p>		 <p> ■ Gas [MWh]: 64.520 ■ Biomasse [MWh]: 7.088 ■ Biogas (Arealnetz) 373 </p>	
<p>Energieversorgung:</p> <p>Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von ca. 54.500 MWh vor. Im Jahr 2040 wird sich der Wärmebedarf unter den unten aufgeführten Versorgungsoptionen perspektivisch auf ca. 40.000 MWh jährlich reduzieren, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 25 % entspricht. Den wichtigsten Energieträger in dem Gebiet stellt aktuell Erdgas dar. Die entstehenden THG-Emissionen belaufen sich auf 14.050 t CO₂ pro Jahr. Im Eignungsgebiet sind heute Heizanlagen mit einer Gesamtleistung von 28 MW installiert.</p>			
<p>Versorgungsoptionen:</p> <p>Im Gewerbegebiet bietet sich eine Wärmeversorgung aus der Abwärme der ansässigen Industrie (ca. 330 MWh) in Kombination mit Großwärmepumpen und Solarthermie auf der Wärme- und Freiflächen-Photovoltaik und Windkraft auf der Stromseite an. Eingebettet werden könnte dies in das bestehende System aus Biogas-KWK-Anlagen und weiteren BHKW. Die durchschnittliche Wärmemenge in diesem Gebiet beträgt 4157 kWh/m²a.</p>			
			
<p>Abbildung 31: Eignungsgebiet „Gewerbegebiet Aurich Nord“</p>			

Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Wiesenstraße	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung mittels KWK im vorhandenen Nahwärmenetz	Technisch	Hoch
Gebietsbeschreibung: In diesem überwiegend durch Wohngebäude geprägten Gebiet (90 % Wohngebäude) wird derzeit ein Nahwärmenetz zur Wärmeversorgung genutzt. Nördlich des Wohngebietes befindet sich die Freie Waldorfschule Ostfriesland. Das Gebiet umfasst derzeit 184 Gebäude, von denen ein großer Teil an das Nahwärmenetz angeschlossen sind. Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von ca. 29 ha			
Energieversorgung: Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von ca. 8.307 MWh vor. Im Jahr 2040 wird sich der Wärmebedarf perspektivisch auf ca. 5.298 MWh jährlich reduzieren, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 36 % entspricht. Den wichtigsten Energieträger in dem Gebiet stellt aktuell Erdgas dar. Die entstehenden THG-Emissionen belaufen sich auf 2.360 t CO ₂ pro Jahr. Im Eignungsgebiet sind heute Heizanlagen mit einer Gesamtleistung von 6.825 kW installiert.			
Versorgungsoptionen: Wie in der Gebietsbeschreibung erwähnt, besteht für diese Gebiete bereits seit Jahren eine Nahwärmelösung. Betreiber des Nahwärmenetzes ist die enercity AG. Die enercity AG prüft derzeit eine klimaneutrale Umstellung der derzeitigen erdgasbasierten Wärmeversorgung. Eine Umstellung wird in den nächsten Jahren angestrebt und der Kontakt zur Stadtverwaltung besteht.			
			
Abbildung 32: Eignungsgebiet „Wiesenstraße“			

Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Leerer Landstraße	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung im Gewerbe	Technisch	Hoch
Gebietsbeschreibung: Das identifizierte Eignungsgebiet umfasst 176 Gebäude mit einem überwiegenden Baujahr zwischen 1959 und 1978 und ist zu 63 % durch private Wohngebäude und zu 29 % durch Gebäude des produzierenden Gewerbes geprägt. Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von ca. 46 ha.			
Energieversorgung: Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von rund 12.470 MWh/a vor, wovon der größte Teil über das bestehende Erdgasnetz gedeckt wird. Der berechnete Wärmebedarf im Zieljahr 2040 beträgt ca. 6.573 MWh/a, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 48 % entspricht. Die Treibhausgas-Emissionen belaufen sich unter der jetzigen Versorgungssituation auf 3.290 t CO ₂ -e/a. Die installierten Heizungsanlagen haben eine Gesamtleistung von etwa 6.931 kW. Das Heizungsanlagenalter beläuft sich auf durchschnittlich 19 Jahre.			
Versorgungsoptionen: Dieses Gebiet ist im Zentrum vor allem durch viele Einzelhändler geprägt. Daher ist hier ein hohes Potenzial an möglichen Ankerkunden für den Aufbau eines Nahwärmenetzes vorhanden. Denkbar ist eine reine Versorgung des ansässigen Gewerbes mit oder ohne Einbindung des Wohngebietes im nördlichen Teil des Eignungsgebietes. Die mittlere Wärmedichte in diesem Gebiet beträgt 4.116 kWh/m ² a.			
			
Abbildung 33: Eignungsgebiet "Leerer Landstraße"			

Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Gewerbegebiet Schirum	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung im Gewerbegebiet	Technisch	Hoch
Gebietsbeschreibung: Das ausgewiesene Eignungsgebiet umfasst 184 Gebäude und ist zu 13 % durch private Wohngebäude und zu 79 % durch Gebäude des produzierenden Gewerbes geprägt. Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von ca. 112 ha.		 <p> ■ Gas [MWh]: 8.918 ■ Strom [MWh]: 11 </p>	
Energieversorgung: Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von rund 7.346 MWh/a vor, wovon der größte Teil über das bestehende Erdgasnetz gedeckt wird. Der berechnete Wärmebedarf im Zieljahr 2040 beträgt ca. 5.838 MWh/a, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 20 % entspricht. Die Treibhausgas-Emissionen belaufen sich unter der jetzigen Versorgungssituation auf 1.931 t CO ₂ -e/a.			
Versorgungsoptionen: In diesem Gebiet wird derzeit parallel zur kommunalen Wärmeplanung eine Studie zwischen der Hochschule Emden/Leer und der Stadt Aurich zur nachhaltigen Nutzung von Abwärmepotenzialen durchgeführt. Durch die im Gewerbegebiet ansässige Firma B-Plast 2000 könnte Abwärme über ein Nahwärmenetz zur Beheizung der anderen Betriebe im Gewerbegebiet zur Verfügung gestellt werden. Die Ergebnisse der Studie könnten in die Entscheidungsfindung für die Gewerbegebiete Sandhorst und Leerer Landstraße einfließen. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Endberichtes lagen die Ergebnisse der Studie noch nicht vor.			
 <p> Wärmelinien-dichte 0 - 0.01 kWh/(m²a) 0.01 - 1500 kWh/(m²a) 1500 - 2000 kWh/(m²a) 2000 - 2500 kWh/(m²a) 2500 - 3000 kWh/(m²a) 3000 - 3500 kWh/(m²a) 3500 - 4000 kWh/(m²a) 4000 - 4500 kWh/(m²a) 4500 - 5000 kWh/(m²a) 5000 - 9999999 kWh/(m²a) Mehr als 99999999 kWh/(m²a) </p> <p> Eignungsgebiet ■ Wärmenetz ■ Einzelversorgung </p> <p> powered by greenventory mapbox & Mapbox © OpenStreetMap </p>			
Abbildung 34: Eignungsgebiet "Gewerbegebiet Schirum"			

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 35).

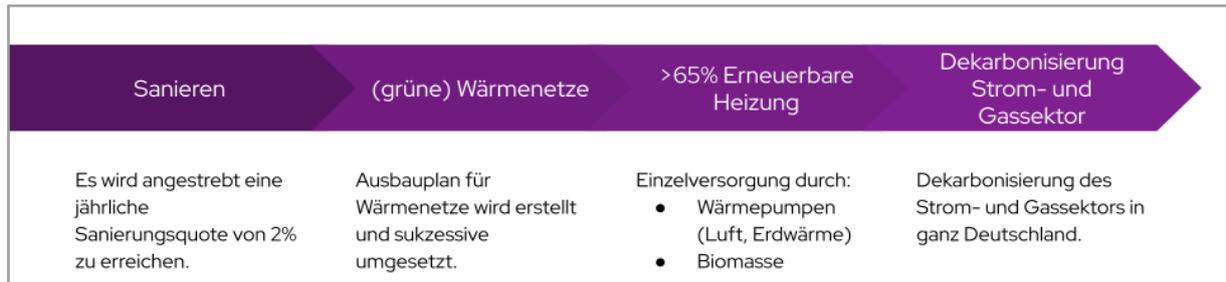


Abbildung 35: Simulation des Zielszenarios für 2040

Die Formulierung des Zielszenarios ist zentraler Bestandteil des kommunalen Wärmeplans. Das Zielszenario dient als Blaupause für eine treibhausgasneutrale und effiziente Wärmeversorgung. Das Zielszenario beantwortet quantitativ 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 ist abhängig von zahlreichen Faktoren, wie der technischen Machbarkeit der Einzelprojekte sowie der lokalen politischen Rahmenbedingungen, den Kosten (Energiepreise etc.) und der Bereitschaft der Gebäudeeigentümer*innen zur Sanierung und einem Heizungstausch sowie dem Erfolg bei der Kundengewinnung für Wärmenetze.

6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs

Eine Reduktion des Wärmebedarfs ist eine zentrale Komponente zum Gelingen der Wärmewende. Im Zielszenario wurde für Wohngebäude eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr angenommen (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 für 2040 interpoliert:

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

Die Simulation der Sanierung erfolgt jahresscharf und gebäudespezifisch. Jedes Jahr werden die 2 % der Gebäude mit dem schlechtesten Sanierungszustand saniert. Die Abbildung 36 zeigt den Effekt der Sanierung auf den zukünftigen Wärmebedarf. Für das Zwischenjahr 2030 ergibt sich ein Wärmebedarf von 485 GWh, was einer Minderung um 15,3 % entspricht. Für das Zieljahr 2040 reduziert sich der Wärmebedarf durch fortschreitende Sanierungen weiter, sodass der jährliche Wärmebedarf noch 397 GWh beträgt, was einer Minderung um 30,7 % gegenüber dem Basisjahr 2020 entspricht. Es wird deutlich, dass sich durch eine Priorisierung der Gebäude mit dem höchsten Sanierungspotenzial bis 2030 bereits ein großer Teil des gesamten Reduktionspotenzials erschließen lässt. Fokus bei der Umsetzung der Sanierungen sollte dementsprechend bei denjenigen Gebäuden liegen, die aktuell einen niedrigen Standard hinsichtlich Gebäudedämmung aufweisen.

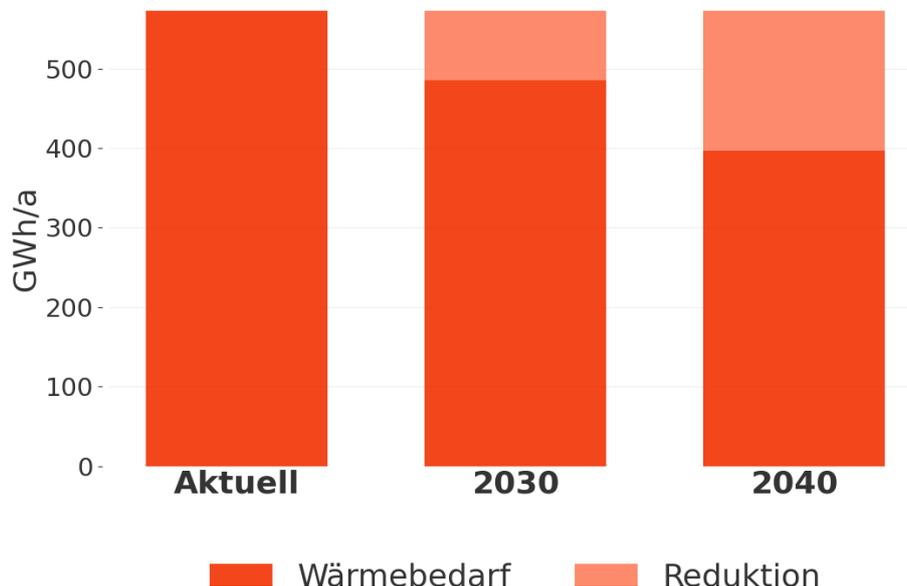


Abbildung 36: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr

6.2 Wärmegestehungskosten

Die unterschiedlichen technischen Optionen der Wärmeversorgung haben unterschiedliche Eigenschaften, wie z.B. erzielbares Temperaturniveau oder auch Leistungskenngrößen. Somit ist ein reiner Vergleich anhand Wärmegestehungskosten mitunter unzureichend und es bedarf eines individuellen Vergleichs der jeweils vorliegenden Gesamtsituation. In Tabelle 3 sind exemplarisch die Bandbreiten der sowohl spezifischen Wärmekosten als auch jährlichen Gesamtkosten möglicher Versorgungsoptionen für ein Einfamilienhaus mit 18.000 kWh Wärmebedarf dargestellt. Tendenziell stellen Wärmepumpen hierbei die günstigste Versorgung dar.

Tabelle 3: Spezifische Wärmekosten verschiedener Versorgungsoptionen für ein Einfamilienhaus mit 18.000 kWh Jahreswärmebedarf (Agora 2024, BMWK 2024, eigene Berechnung)

	Fernwärme		Gas-Brennwert		Pelletkessel		Luft-Wasser Wärmepumpe					
Investitionskosten in € bzw. Baukostenzuschuss	10.000		10.000		30.000		25.000		25.000		25.000	
Förderung	30 %		0 %		30 %		30 %		55 %		70 %	
Rest-Investition in €	7.000		10.000		21.000		17.500		11.250		7.500	
Finanzierungskosten in € (10 Jahre bei 3,5% Zins)	1.348		1.925		4.043		3.369		2.166		1.444	
Betrieb & Wartung in € über 20 Jahre	1.000		4.000		5.000		3.000		3.000		3.000	
Brennstoffbedarf in kWh <u>Wirkungsgrade:</u> Fernwärme = 0,95 Gas-Brennwert = 0,90 Pelletkessel = 0,85 Wärmepumpe = 3,75	18.947		20.000		21.176		4.800		4.800		4.800	
Brennstoffkosten in ct/kWh min max	12	18	10	18	6	10	25	35	25	35	25	35
Brennstoffkosten in €/a min max	2.274	3.411	2.000	3.600	1.271	2.118	1.200	1.680	1.200	1.680	1.200	1.680
Gesamtkosten in €/a	2.741	3.878	2.796	4.396	2.773	3.620	2.393	2.873	2.021	2.501	1.797	2.277
Spezifische Wärmekosten in ct/kWh	15,2	21,5	15,5	24,4	15,4	20,1	13,3	16,0	11,2	13,9	10,0	12,7

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. Zur Ermittlung der zukünftigen Wärmeerzeugungstechnologie in den beheizten Gebäuden, wird für jene Gebäude, die in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegen, ein Anschluss an das

Wärmenetz mittels einer Hausübergabestation angenommen. Hierbei wird von einer Anschlussquote von 70 % ausgegangen, sodass nicht alle Gebäude in Eignungsgebieten auch mit einem Anschluss an das Wärmenetz modelliert werden. In diesem Szenario werden 4,9 % der Gebäude über Wärmenetze versorgt (siehe Abbildung 37).

Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete werden individuell beheizt. In Gebäuden mit Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs durch eine Wärmepumpe wird diese eingesetzt. Das heißt, falls auf dem jeweiligen Flurstück die Möglichkeiten zur Installation einer Wärmepumpe vorhanden sind, wird eine Luftwärmepumpe oder eine Erdwärmepumpe zugeordnet. Andernfalls wird ein Biomassekessel angenommen. Dieser kommt auch bei großen gewerblichen Gebäuden zum Einsatz. Der mögliche Einsatz von Wasserstoff wurde aufgrund der derzeit kaum abschätzbaren zukünftigen Verfügbarkeit und potenziell hohen Kosten im Szenario nicht betrachtet.

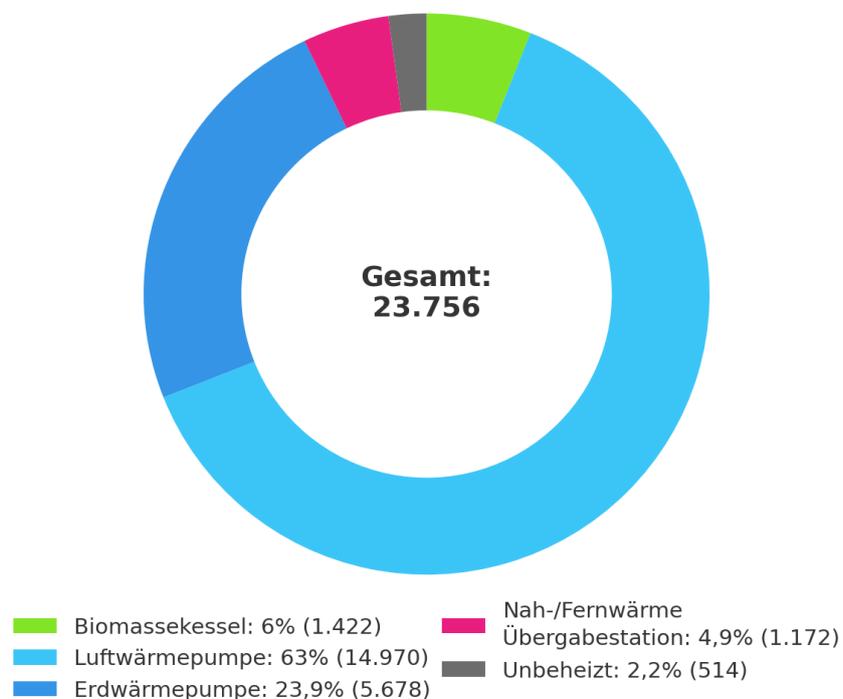


Abbildung 37: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2040

Eine Analyse der eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien macht deutlich, dass 86,9 % der Haushalte zukünftig mit Luftwärmepumpen beheizt werden könnten, was einer Gebäudeanzahl von 20.648 entspricht. Erdwärmepumpen sind in diesem Szenario in 23,9 % der Gebäude verbaut, was insgesamt 5.678 Gebäuden entspricht. Um diesen Ausbaugrad an Wärmepumpen zu erreichen, müssten jährlich (ab 2025) ca. 1.376 Wärmepumpen installiert werden. Einzelheizungen mit Biomasse könnten nach diesen Berechnungen zukünftig in 6 % bzw. ca. 1.422 Gebäuden zum Einsatz kommen.

Die Darstellungen von Wärme- und Endenergiebedarf in Abbildung 38 und Abbildung 39 verdeutlichen, dass eine Transformation der Wärmeversorgung von Gas als dominierendem Energieträger hin zu Strom, Biomasse und Wärmenetzen vollzogen wird. Der Einsatz von Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl ($JAZ = \frac{\text{Heizwärme in kWh/a}}{\text{Strom in kWh/a}}$) von 3 (konservative Annahme) sorgt dafür, dass der Endenergiebedarf deutlich niedriger ausfällt als der eigentliche Wärmebedarf, da die Umweltwärme bei der Endenergieberechnung keine Berücksichtigung findet. Dabei entsprechen die knapp 100 GWh Strombezug pro Jahr der zusätzlichen Wärmepumpen einer Erhöhung des Gesamtstromverbrauchs der Stadt Aurich um gut 60% im Vergleich zum Jahr 2023.

Kleiner Exkurs: Bei einer vollständigen Elektrifizierung des Individualverkehrs kämen weitere 40 bis 50 GWh Strombedarf hinzu, so dass sich der Stromverbrauch im Stadtgebiet Aurich im Zuge der gesamten Energietransformation in etwa verdoppeln wird.

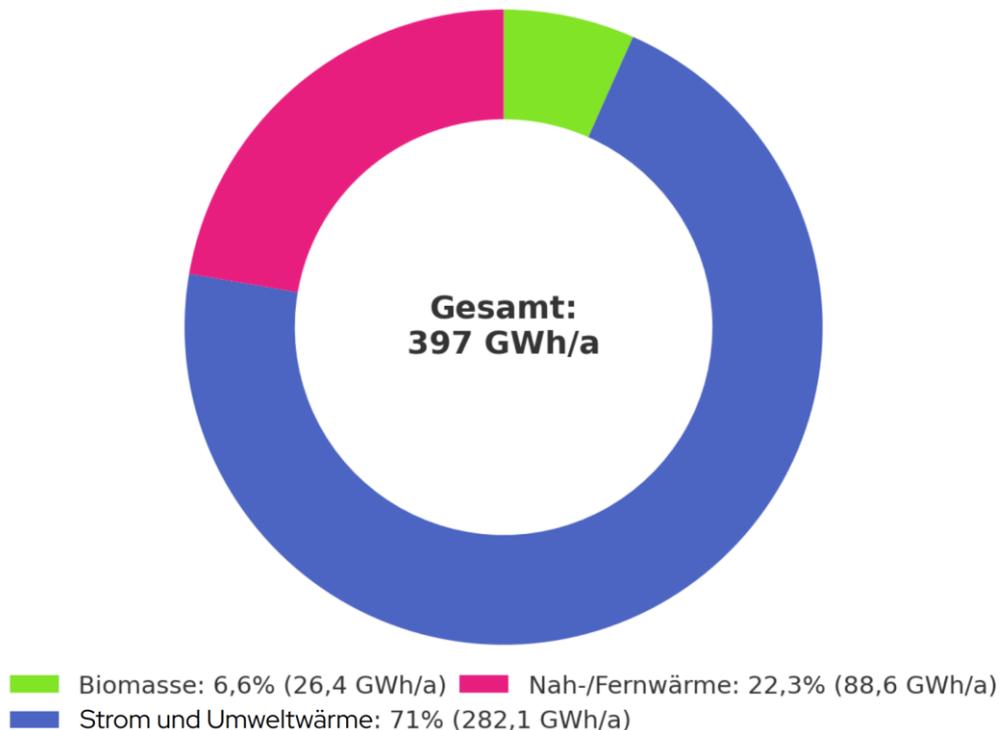


Abbildung 38: Wärmebedarf nach Energieträger im Jahr 2040

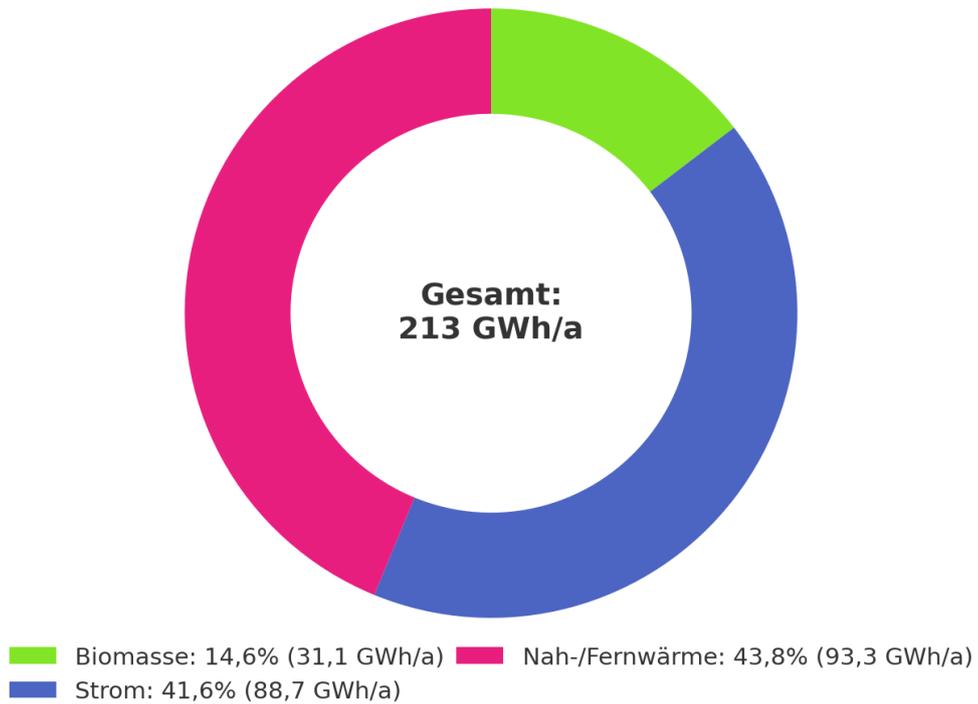


Abbildung 39: Endenergiebedarf nach Energieträger im Jahr 2040

Die Abbildung 40 stellt das modellierte zukünftige Versorgungsszenario im Projektgebiet dar. Darin sind die Eignungsgebiete für Wärmenetze sowie die Einzelversorgungsgebiete dargestellt.

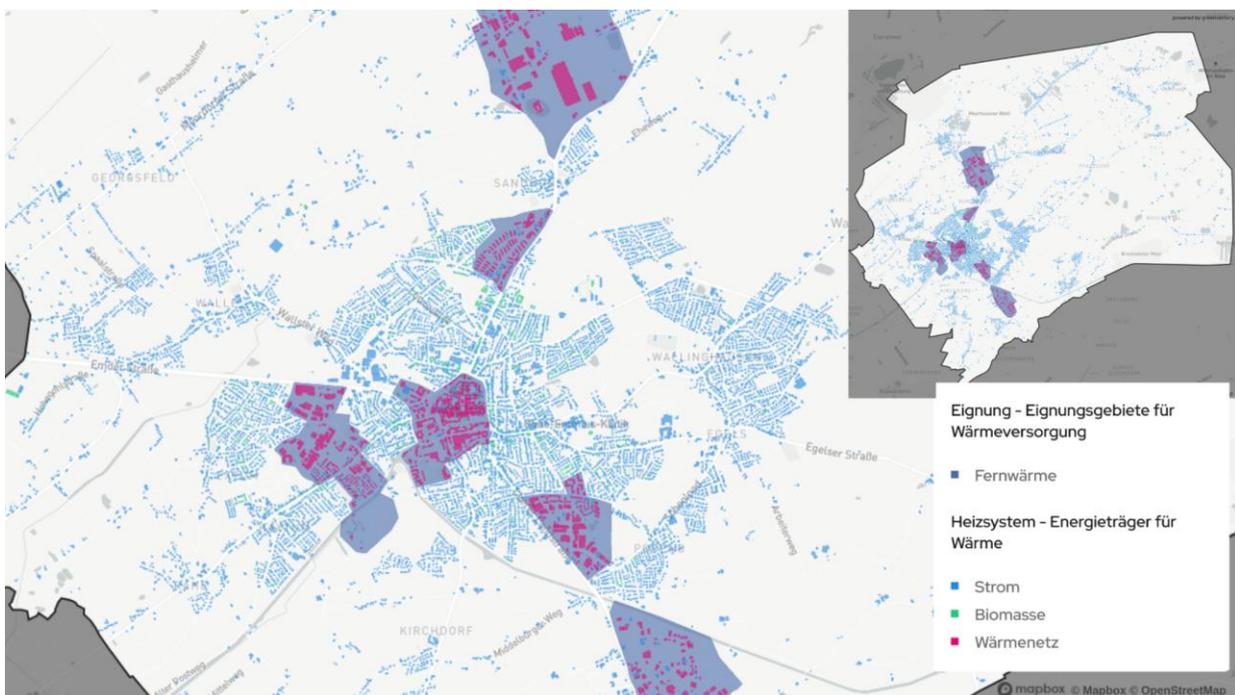


Abbildung 40: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040

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 der Abbildung 41 dargestellt.

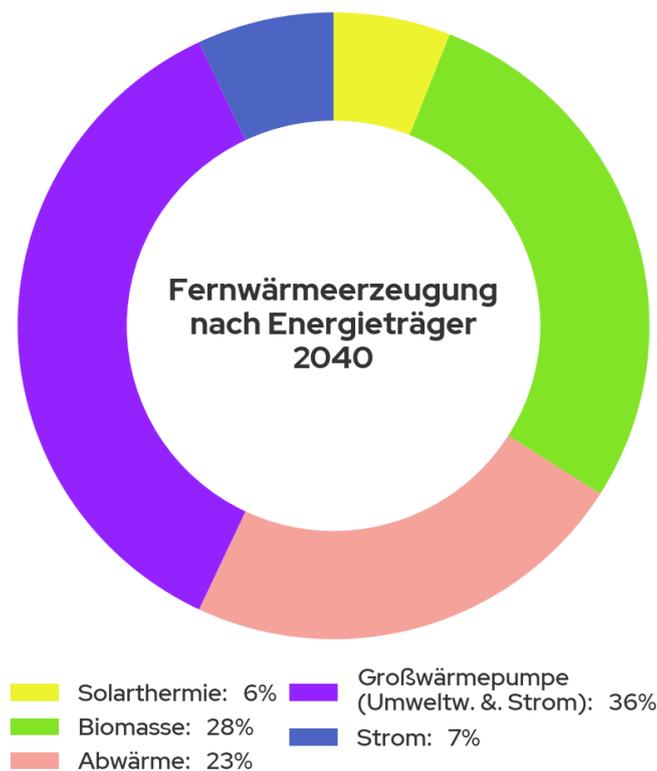


Abbildung 41: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Zieljahr 2040

Zu einem Anteil von 28 % könnten die Wärmenetze im Zieljahr 2040 durch feste und gasförmige Biomasse als Energieträger, eingesetzt in Blockheizkraftwerken, versorgt werden. Eine signifikante Rolle bei der Versorgung der Wärmenetze kann die Abwärme aus dem Klärwerk Aurich, die mittels Wärmepumpen auf ein nutzbares Temperaturniveau gehoben wird. Die tatsächliche Verfügbarkeit inklusive produktionsbedingten Schwankungen bei der Bereitstellung sowie Speichermöglichkeiten und Redundanzen sollten in nachfolgenden Untersuchungen zur Machbarkeit geprüft werden. Großwärmepumpen, welche Umweltwärme und Strom kombinieren, könnten zukünftig 36 % der benötigten Wärme für die Fernwärme bereitstellen. Als mögliche Quellen für Umweltwärme kommen sowohl die Umgebungsluft als auch das Erdreich in Frage, da in Aurich in weiten Teilen eine Nutzung von Erdkollektoren und Erdsonden möglich ist. Biomasse weist einen Beitrag von 28 Prozent zum Energieträgermix auf

und kann durch weitere 6 % Wärme aus solarthermischer Energie ergänzt werden. Abschließend kann darüber hinaus auch ein Anteil direktelektrischer Nutzung überschüssiger Photovoltaik- und Windenergie über Power-to-Heat mit 7 % Anteil an der Wärmebereitstellung eingesetzt werden. Jeder dieser Energieträger wurde aufgrund seiner technischen Eignung, Umweltverträglichkeit und Effizienz im Kontext der Fernwärmeerzeugung ausgewählt. Es ist zu betonen, dass diese initialen Werte in nachgelagerten Machbarkeitsstudien, die für jedes Eignungsgebiet durchgeführt werden, noch weiter verfeinert und validiert werden müssen.

6.5 Entwicklung der eingesetzten Energieträger

Basierend auf den zugewiesenen Wärmeerzeugungstechnologien aller Gebäude im Projektgebiet wird der Energieträgermix für das Zieljahr 2040 berechnet.

Der Energieträgermix zur Deckung des zukünftigen Endenergiebedarfs gibt Auskunft darüber, welche Energieträger in Zukunft in der Einzelversorgung zum Einsatz kommen bzw. wie hoch der Anteil an Nah-/Fernwärme im Stadtgebiet sein wird. Zunächst wird jedem Gebäude ein Energieträger zugewiesen. Anschließend wird dessen Endenergiebedarf basierend auf dem Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie sowie des Wärmebedarfs berechnet. Dafür wird der jeweilige Wärmebedarf im Zieljahr durch den thermischen Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie dividiert. Der Endenergiebedarf nach Energieträger für das Zwischenjahr 2030 sowie das Zieljahr 2040 ist in der Abbildung 42 dargestellt.

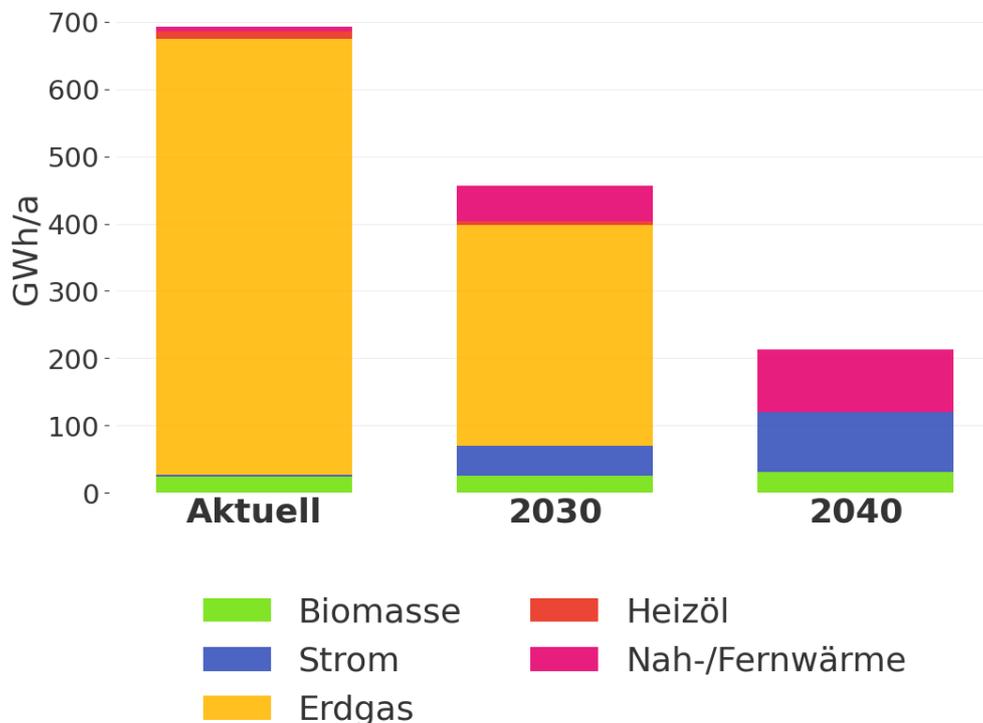


Abbildung 42: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

Die Zusammensetzung der verschiedenen Energieträger am Endenergiebedarf erfährt einen Übergang von fossilen hin zu nachhaltigen Energieträgern. Zudem sinkt der gesamte Endenergiebedarf durch die Annahme fortschreitender Sanierungen und hoher Wirkungsgrade der strombasierten Heiztechnologien.

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 43). Es zeigt sich, dass im modellierten Szenario im Zieljahr 2040 eine Reduktion um ca. 97 % verglichen mit dem Basisjahr erzielt werden kann. Dies bedeutet, dass ein CO₂-Restbudget im Wärmesektor von ca. 4.814 t CO₂e 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.

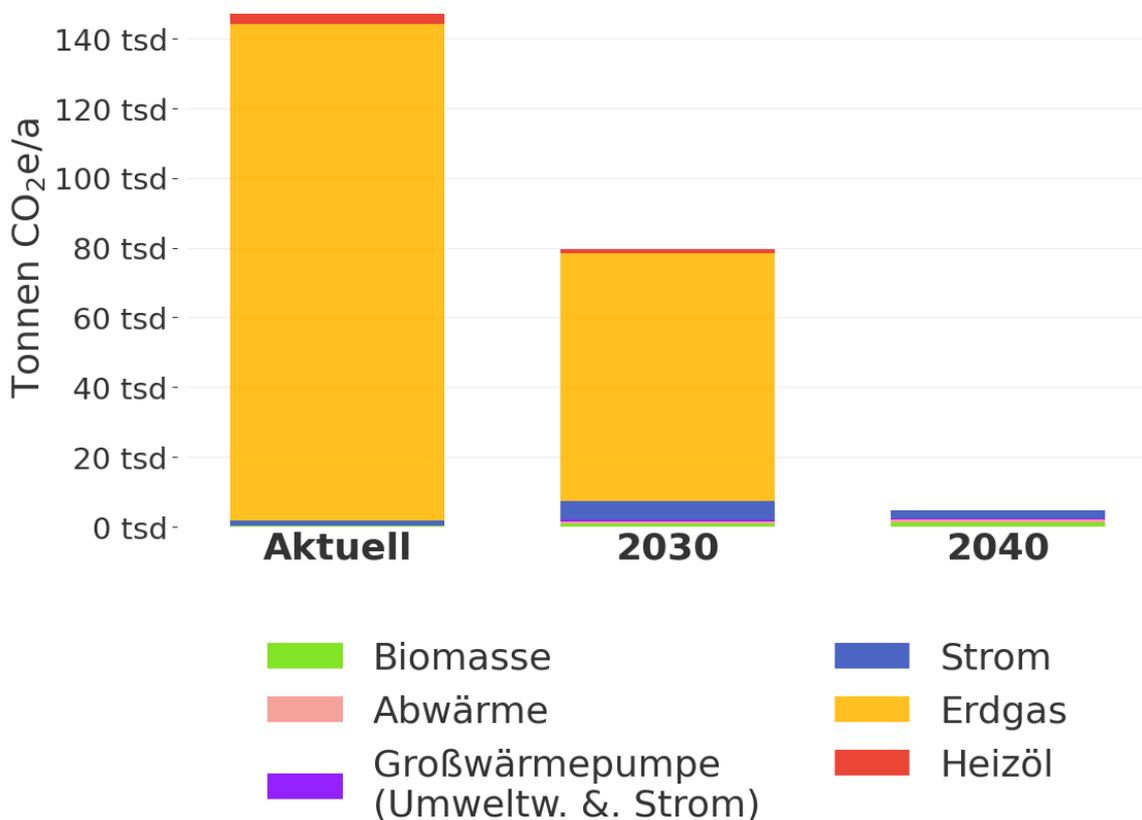


Abbildung 43: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

Einen wesentlichen Einfluss auf die zukünftigen THG-Emissionen haben neben der eingesetzten Technologie auch die zukünftigen Emissionsfaktoren. Für die vorliegende Berechnung wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten Faktoren angenommen. Gerade im Stromsektor wird von einer erheblichen Reduktion der CO₂-Intensität ausgegangen, was sich positiv auf die CO₂-Emissionen von Wärmepumpenheizungen auswirkt. Das Restbudget ist

den Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energieträger zuzuschreiben, die auf die Emissionen entlang der Wertschöpfungskette (z. B. Fertigung und Installation) zurückzuführen sind.

Eine Übersicht von verschiedenen Emissionsfaktoren in tCO₂/MWh für die Jahre 2021, 2030 und 2040 ist in Tabelle 1 und auf Abbildung 44 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.

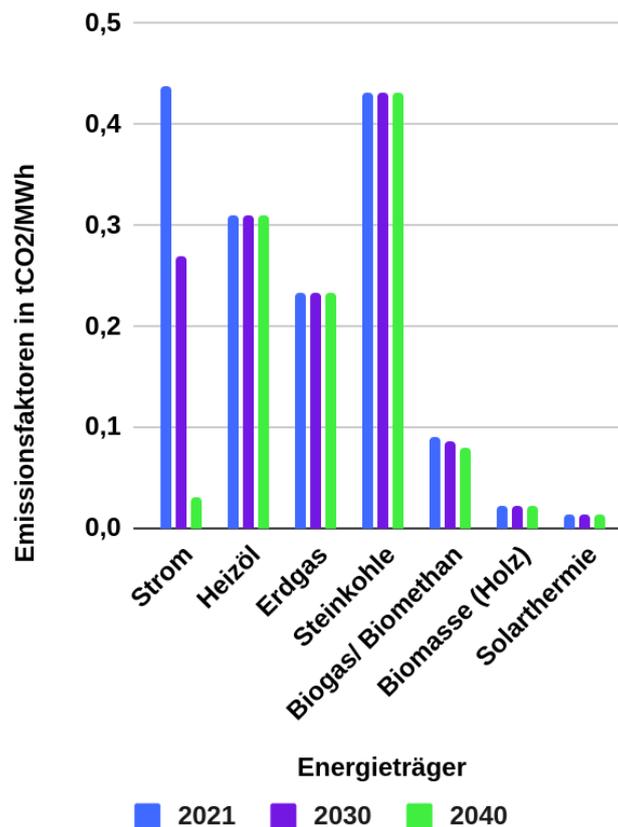


Abbildung 44: Emissionsfaktoren in tCO₂/MWh (Quelle: KEA 2024)

Wie in Abbildung 45 zu sehen ist, wird im Jahr 2040 Strom den Großteil der verbleibenden Emissionen ausmachen. Um eine vollständige Treibhausgasneutralität erreichen zu können, sollte im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung der Kompensation dieses Restbudgets Rechnung getragen werden.

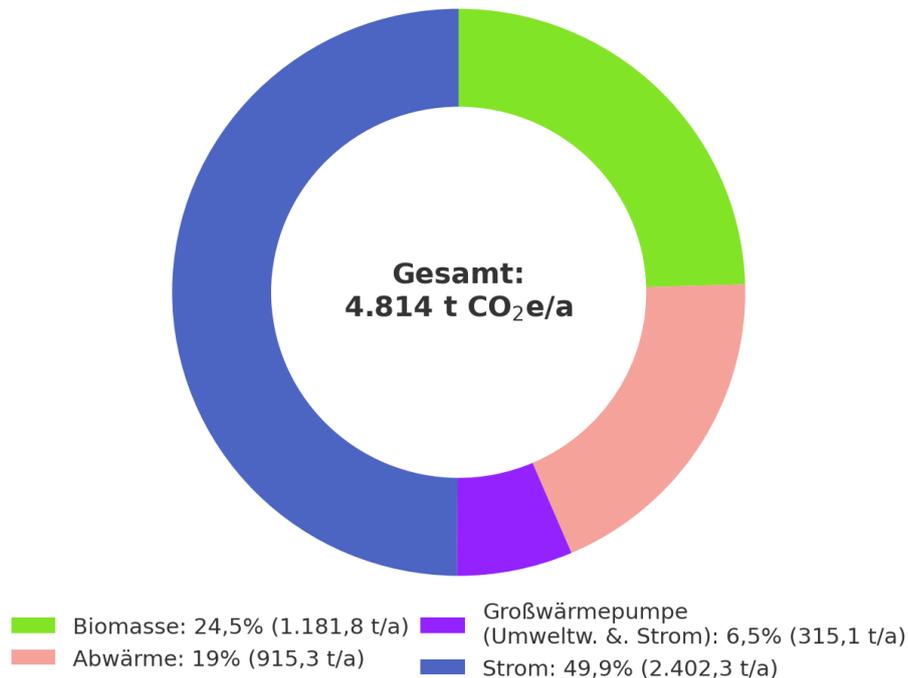


Abbildung 45: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2040

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 0,8 %. Dies unterstreicht die Dringlichkeit großflächiger Sanierungen, um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten.

Im betrachteten Szenario werden fast alle Gebäude dezentral über Wärmepumpen oder Biomasse beheizt. Parallel dazu wird der Ausbau der Fernwärmeversorgung vorangetrieben und es wird angenommen, dass im Zieljahr 2040 alle Wärmenetze der erarbeiteten Eignungsgebiete umgesetzt sind. Um die Dekarbonisierung des Wärmesektors im Projektgebiet zu erreichen, müssen konsequent erneuerbare Energiequellen auf dem Projektgebiet erschlossen werden. Damit reduzieren sich die Treibhausgasemissionen dann um 97% von ca. 147.000 auf nur noch knapp 5.000 t CO₂e/a.

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 46 dargestellt.



Abbildung 46: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios

Die Maßnahmen bilden den Kern des Wärmeplans und bieten den Einstieg in die Transformation zum angestrebten Zielszenario. Gemäß § 20 Abs. 5 NKlimaG sind mindestens fünf Maßnahmen im Wärmeplan zu nennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll. Diese können sowohl „harte“ Maßnahmen mit messbarer CO₂-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 beteiligter Akteure, EWE NETZ GmbH, greenventory GmbH sowie der lokalen Expertise der Stadtverwaltung, wurden nachfolgende Maßnahmen formuliert. Zu jeder Maßnahme erfolgt eine geografische Verortung sowie die Nennung der wichtigsten Kennzahlen. Als Berechnungsgrundlage zum CO₂-Einsparungspotenzial jeder Maßnahme dienten die Parameter des KWW- bzw. KEA Technikkatalogs (KEA., 2024).

In den folgenden Unterkapiteln werden die Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Aurich zusammenfassend aufgeführt und in den verlinkten Beschlussvorlagen näher beschrieben.

7.1 Wärmenetz Aurich Zentrum – Machbarkeitsstudie (Vorlage 24/198)

Maßnahme	1	
Bezeichnung	Wärmenetz Aurich Zentrum – Machbarkeitsstudie	
Vorlage	Vorlage 24/198 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo/vo0050.php?_kvonr=7922	
Maßnahmen-Typ	Planung & Studie Wärmenetz mit Ankerkunden	
Fläche/Ort	Zentrum Aurich	
Gebäudetypologie	GHD, Öffentliche Gebäude und Wohngebäude	
Anzahl Gebäude	600 Stück	Hinweis: Nicht Kunden/Abnehmer.
Wärmebedarf derzeit	34,04 GWh/a	
Wärmeflächendichte	544,96 MWh/ha	
Fläche	62 ha	
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	6.377 t/a	
Akteure	Netzbetreiber, Öffentliche Ankerkunden, Ingenieurbüro	
Geschätzte Kosten	40.000-80.000 € (50 % staatliche Förderung möglich)	
Umsetzungsbeginn	2025	

7.2 Wärmenetz Aurich West - Machbarkeitsstudie (Vorlage 24/199)

Maßnahme	2	
Bezeichnung	Wärmenetz Aurich West- Machbarkeitsstudie	
Vorlage	Vorlage 24/199 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo//vo0050.php?_kvonr=7924	
Maßnahmen-Typ	Planung & Studie Wärmenetz mit Ankerkunden	
Fläche/Ort	Haxtum / Extum	
Gebäudetypologie	Vorwiegend Wohngebäude zzgl. Großes Schulzentrum und KVHS	
Anzahl Gebäude	298 Stück	Hinweis: Nicht Kunden/Abnehmer.
Wärmebedarf derzeit	16,87 GWh/a	
Wärmeflächendichte	196,98 MWh/ha	
Fläche	86 ha	
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	3.549 t/a	
Akteure	Netzbetreiber, Öffentliche Ankerkunden, Ingenieurbüro	
Geschätzte Kosten	40.000-80.000 € (50 % staatliche Förderung möglich)	
Umsetzungsbeginn	2025	

7.3 Planung einer Gasleitung vom Klärwerk zum De Baalje (Vorlage 24/203)

Maßnahme	4	
Bezeichnung	Planung einer Gasleitung vom Klärwerk zum De Baalje	
Vorlage	Vorlage 24/203 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo/vo0050.php?_kvonr=7928	
Maßnahmen-Typ	Planung & Studie Gasleitung	
Fläche/Ort	Innenstadt	
Gebäudetypologie	Öffentliche Gebäude (Schwimmbad „De Baalje“)	
Akteure	Netzbetreiber, Ingenieurbüro, Klärwerk	
Geschätzte Kosten	Investitionskosten 160.000 € (32.000 € Planungskosten der Maßnahme)	
Umsetzungsbeginn	2025	

7.4 Einrichtung eines Energie-Arbeitskreises für Unternehmen (Vorlage 24/200)

Maßnahme	4	
Bezeichnung	Einrichtung eines Energie-Arbeitskreises für Unternehmen	
Vorlage	Vorlage 24/200 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo/vo0050.php?_kvonr=7925	
Maßnahmen-Typ	Information, Kommunikation, Beratung Gebäudeeffizienz Wärmeerzeugung	
Fläche/Ort	Gesamtes Stadtgebiet	
Gebäudetypologie	Öffentliche Gebäude und Nichtwohngebäude	
Akteure	Stadtverwaltung, Energieberater, Gewerbe & Industrie	
Geschätzte Kosten	5.000 € jährlich	
Umsetzungsbeginn	2026	

7.5 Serviceplattform für digitale Energieberatung (Vorlage 24/201)

Maßnahme	5	
Bezeichnung	Serviceplattform für digitale Energieberatung	
Vorlage	Vorlage 24/201 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo/vo0050.php?_kvonr=7926	
Maßnahmen-Typ	Information, Kommunikation, Beratung Gebäudeeffizienz Sektorenkopplung	
Fläche/Ort	Gesamtes Stadtgebiet	
Gebäudetypologie	Wohngebäude	
Akteure	Stadtverwaltung, Ingenieurbüro, Handwerksunternehmen	
Geschätzte Kosten	15.000 €	
Umsetzungsbeginn	2025	

7.6 Einführung eines Kommunalen Energiemanagements (Vorlage 24/202)

Maßnahme	6	
Bezeichnung	Einführung eines Kommunalen Energiemanagements	
Vorlage	Vorlage 24/202 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo//vo0050.php?_kvonr=7927	
Maßnahmen-Typ	Information, Kommunikation, Beratung Gebäudeeffizienz	
Fläche/Ort	Komplettes Stadtgebiet	
Gebäudetypologie	Öffentliche Gebäude (eigene Liegenschaften)	
Akteure	Stadtverwaltung	
Geschätzte Kosten	30.000€ - 50.000€	
Umsetzungsbeginn	2026	

7.7 Öffentlichkeitsarbeit zu den Ergebnissen der KWP (Vorlage 24/222)

Maßnahme	7	
Bezeichnung	Öffentlichkeitsarbeit zu den Ergebnissen der KWP	
Vorlage	Vorlage 24/222 https://sessionnet.aurich.de/sessionnet/buergerinfo//vo0050.php?_kvonr=7960	
Maßnahmen-Typ	Information, Kommunikation, Beratung	
Fläche/Ort	Komplettes Stadtgebiet	
Gebäudetypologie	Gewerbegebäude, Wohngebäude, Öffentliche Gebäude	
Akteure	Stadtverwaltung	
Geschätzte Kosten	4.000€	
Umsetzungsbeginn	2025	

7.8 Übergreifende Wärmewendestrategie

In der Startphase der Umsetzung des Wärmeplans sollte der Fokus auf die Evaluierung der Umsetzbarkeit der Wärmenetzversorgung in den Wärmenetzungsgebieten gelegt werden. So kann auf Seiten der Bewohner so früh wie möglich Klarheit geschaffen werden, ob und wann es ein Wärmenetz in ihrer Straße geben wird. Hierzu müssen erneuerbare Wärmequellen mittels Projektskizzen, Vorstudien oder auch Machbarkeitsstudien bewertet werden. Geplant sind Projektskizzen, Studien, Machbarkeitsstudien zur Nutzung von industrieller Abwärme und zur Umsetzung von Wärmenetzen basierend auf regenerativen Energien. Generell sollten Verknüpfungen zwischen einem möglichen Wärmenetzausbau und geplanten Infrastrukturprojekten gesucht und ausgenutzt werden.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in der Stadt Aurich ist nicht nur von technischen Maßnahmen abhängig, sondern erfordert auch den Erhalt und die Stärkung geeigneter Strukturen in der Kommune. Auch ist die Berücksichtigung personeller Kapazitäten für das Thema Wärmewende von Bedeutung, um kontinuierliche Expertise und administrative Kapazitäten sicherzustellen. Diese Personalressourcen werden nicht nur für die Umsetzung, sondern auch für die fortlaufende Überwachung, Optimierung und Kommunikation der Maßnahmen erforderlich sein.

Außerdem sollte ein Schwerpunkt daraufgelegt werden, den Energiebedarf sowohl von kommunalen Liegenschaften als auch Privatgebäuden zu reduzieren. Den kommunalen Liegenschaften kommt dabei trotz des im Vergleich zum Gesamtgebiet geringen Energiebedarfs ein besonderes Augenmerk zu, da diese einen Vorbildcharakter haben.

In der mittelfristigen Phase bis 2030 sollte der Bau der Wärmenetze in den definierten Wärmenetzungsgebieten, wie in den Maßnahmen beschrieben, beginnen. Hierbei ist die vorangegangene Prüfung der Machbarkeit essenziell.

Der Wärmeplan ist nach dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) des Bundes alle 5 Jahre fortzuschreiben. Teil der Fortschreibung ist die Überprüfung der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen. Dies zieht eine Überarbeitung des Wärmeplans nach sich, durch welche die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Projektgebiet bis 2040 weiter feinjustiert werden kann.

Langfristige Ziele bis 2035 und 2040 können die Fortführung der Dekarbonisierungsstrategie durch die Implementierung eines konsequenten Netzausbaus umfassen, der auch ein Augenmerk auf den Stromsektor sowie ggf. Wasserstoff legt. Bis 2040 sollte im Mittel die jährliche Sanierungsquote von ca. 2 % eingehalten werden. Die Umstellung der restlichen konventionellen Wärmequellen auf erneuerbare Energien sollte bis dahin abgeschlossen sein. Hierfür sollte auch die Einrichtung von Wärmespeichern zur besseren Integration erneuerbarer Energien mit fluktuierender Erzeugung berücksichtigt werden.

In Tabelle 4 sind basierend auf der Wärmewendestrategie erweiterte Handlungsempfehlungen aufgelistet und zudem Möglichkeiten zur Gestaltung der Energiewende dargestellt.

Tabelle 4: Erweiterte Handlungsvorschläge für Akteure der kommunalen Wärmewende

Akteur	Handlungsvorschläge
Immobilienbesitzer	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Inanspruchnahme von Gebäudeenergieberatungen <input checked="" type="checkbox"/> Gebäudesanierungen sowie Investition in energieeffiziente und erneuerbare Heizsysteme unter Berücksichtigung der zukünftigen Wärmeversorgung laut Wärmeplan <input checked="" type="checkbox"/> Installation von Photovoltaikanlagen, bei Ein- und Mehrfamilienhäusern
Energieversorger	<p>Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Strategische Evaluation von Wärmenetzbau <input checked="" type="checkbox"/> Bewertung der Machbarkeit von Wärmenetzen <input checked="" type="checkbox"/> Ausbau von Energieeffizienz-Dienstleistungen sowie Contracting <input checked="" type="checkbox"/> Physische und vertragliche Erschließung und Sicherung von Flächen sowie Biomasse als Energiequellen für Wärmenetze <input checked="" type="checkbox"/> Digitalisierung und Monitoring für Wärmenetze <input checked="" type="checkbox"/> Abschluss von Gestattungsverträgen für die Verlegung von Fernwärmeleitungen im Stadtgebiet <p>Strom:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Erstellung von detaillierten Netzstudien basierend auf den Ergebnissen der KWP und nachgelagerter Projektskizzen, Studien und Machbarkeitsstudien <input checked="" type="checkbox"/> Modernisierung und Ausbau der Stromnetzinfrastruktur <input checked="" type="checkbox"/> Konsequenter Ausbau von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung unter Berücksichtigung der Lastveränderung durch Wärmeerzeugung <input checked="" type="checkbox"/> Implementierung von Lastmanagement-Systemen im Verteilnetz <p>Vertrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Flexible Tarifgestaltung für Energielieferung sowie Gestaltung von Wärme- bzw. Heizstromprodukten <input checked="" type="checkbox"/> Vorverträge mit Wärmeabnehmern in Eignungsgebieten und Abwärmelieferanten
Stadt	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Aufbau und Weiterentwicklung von Wärmenetzen im Dialog mit Energieversorger und Projektierern <input checked="" type="checkbox"/> Akteurssuche für die Erschließung der Potenziale und der Eignungsgebiete <input checked="" type="checkbox"/> Schaffung von personellen Kapazitäten für die Wärmewende <input checked="" type="checkbox"/> Erhöhung der Sanierungsquote für kommunale Liegenschaften <input checked="" type="checkbox"/> Ausbau von Förderprogrammen und Informationskampagnen für Gebäudeenergieeffizienz sowie PV-Ausbau <input checked="" type="checkbox"/> Öffentlichkeitsarbeit, Information zu KWP <input checked="" type="checkbox"/> Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans

- Verpflichtende energetische und versorgungstechnische Vorgaben für Neubaugebiete und Neubauten (gem. § 9 Abs. 1 Nr. 12, 23b; § 11 Abs. 1 Nr. 4 und 5 BauGB)
- Festsetzung spezieller Flächen für erneuerbare Wärme in Flächennutzungsplänen
- Einbindung von Klimaschutz und -anpassung in städtebauliche Erneuerungsprozesse
- Proaktive Informationskampagnen und Bürgerbeteiligungsformate zur Steigerung der Akzeptanz von Wärmewende-Maßnahmen
- Umsetzung von Best-Practice-Beispielen in öffentlichen Gebäuden

7.8.1 Monitoring und Controlling für die Zielerreichung

Das Controllingkonzept dient der regelmäßigen Überprüfung und Dokumentation der Fortschritte und der Wirksamkeit der im kommunalen Wärmeplan (KWP) festgelegten Maßnahmen. Es beinhaltet die Abfrage und Ergebniskontrolle der bis zum jeweiligen Zeitpunkt durchgeführten Maßnahmen (Soll/Ist-Vergleich). Ziel ist es, die angestrebte Zielerreichung hinsichtlich einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung systematisch zu erfassen (z.B. jährlich), zu bewerten und gegebenenfalls sinnvolle Anpassungen basierend auf der aktuellen Sachlage vorzunehmen. Im Rahmen einer Analyse muss beleuchtet und entschieden werden, ob Maßnahmen angepasst und Potenziale sowie Zielvorgaben neu bewertet werden. Eine regelmäßige wiederkehrende Abfrage des Umsetzungsstands der einzelnen Maßnahmen sollte hierbei erfolgen. Bei einigen Maßnahmen kann nicht direkt eine Treibhausgasemission berechnet werden, sodass somit Reduktionen ebenfalls nicht direkt ermittelbar sind.

Top-Down: Das Top-Down-Controlling ist die mittel- und langfristige Betrachtung hinsichtlich des Wärmebedarfs und der Treibhausgasemissionen. Das definierte und anzustrebende Ziel ist die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 (Vorgabe durch Land Niedersachsen). Ob dieses Ziel eingehalten werden kann, muss durch das Controlling auf der Ebene der Sektoren für die Kommune regelmäßig geprüft werden.

Bottom-Up: Das Bottom-Up-Controlling geht auf die Wirksamkeit einzelner in der kommunalen Wärmeplanung beschriebener Maßnahmen oder Teilmaßnahmen hinsichtlich der Treibhausgasemissionen ein. Die aktuellen Rahmenbedingungen (insbesondere Fördermöglichkeiten) und der Sachstand bezüglich der Maßnahmenumsetzung werden beleuchtet (z.B. Verzögerung von Bauprojekten) und die daraus resultierenden Effekte hinsichtlich Treibhausgaseinsparung berücksichtigt.

Der Controlling-Bericht sollte möglichst jährlich erstellt werden, sodass eine Transparenz hinsichtlich der Entwicklung von Treibhausgasemissionen für die Stadtverwaltung und die kommunalen politischen Gremien gegeben ist.

7.8.2 Ziele Monitoring/Controlling

- Festlegung von überprüfbareren Zielen
- Erfassung der Effektivität der umgesetzten Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen
- Kontinuierliche Prüfung des Ausbaufortschritts infrastruktureller Vorhaben (Wärmenetzausbau, Energiezentralen etc.)
- Frühzeitige Identifikation von Abweichungen und Handlungsbedarf (z.B. Überschreitung von Zeitplänen)
- Anpassung auf eventuelle aktuelle Ereignisse (z.B. Fördermöglichkeiten)
- Sicherstellung der kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz kommunaler Liegenschaften
- Dokumentation des Fortschritts (z.B. jährliche Abfrage)

- ☒ Sofern notwendig, Maßnahmen anpassen/weiterentwickeln und neue Bewertung von Potenzialen

7.8.3 Controlling- bzw. Monitoringinstrumente 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 Ebene der gesamten Stadt Aurich und insbesondere der kommunalen Liegenschaften quantitativ messen zu können. Wichtige Indikatoren können hierbei sein: Energiebedarf, Erneuerbare Erzeugungsleistung, CO₂-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.

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: Fortschreibung der THG-Bilanz für die gesamte Kommune inkl. aller Wirtschaftssektoren, basierend auf Endenergieverbräuchen (inkl. Wärme), um die Entwicklung der Emissionen und Verbräuche im Zeitverlauf verfolgen zu können.

Die Stadt Aurich erstellt bereits jährlich Energieberichte für die kommunalen Liegenschaften.

7.9 Kommunikationsstrategie und Berichterstattung

Kommunikation, Beteiligung und Akzeptanz stellen wichtige Bausteine für die erfolgreiche Planung und Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung dar. Im Fokus bei der Beteiligung und der Kommunikation steht daher die Identifikation und frühzeitige, aktive Einbindung der relevanten Akteure bzw. Stakeholder, wie z.B. politische Gremien, Verwaltungsmitarbeiter der Kommune, Energieversorger, Netzbetreiber, Industrie- und Gewerbetriebe, Betreiber von großen Wärmeerzeugungsanlagen, Investoren, Handwerker, Anwohner, potenzielle Kunden und

weiterer Interessengruppen. Eine große Akzeptanz und Befürwortung von Maßnahmen ist elementar, sodass eine Umsetzungsdynamik nicht beeinträchtigt wird und die Maßnahmen erfolgreich in konkrete Projekte überführt werden können.

Die ersten Schritte bestehen darin, dass nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung neben Politik und Verwaltung auch die Öffentlichkeit, idealweise über mehrere Kanäle, wie Presseberichte, Publikationen im Internet und Öffentlichkeitsveranstaltungen, bezüglich der Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung und anstehenden Folgeschritte bestmöglich informiert und abgeholt werden.

Für die Umsetzung von konkreten Maßnahmen ist es sinnvoll, die Vorteile frühzeitig zu kommunizieren. Ferner sollten der Austausch und die Zusammenarbeit von Akteuren und Stakeholdern ermöglicht und gefördert werden. Es können beispielsweise Austauschtermine oder Eröffnungsworkshops initiiert werden, bei denen relevante Akteure und Stakeholder zusammenkommen und ihre Interessen und Bedenken äußern können. Darüber hinaus sollten für die Aufrechterhaltung einer hohen Akzeptanz regelmäßige Informations- und Abstimmungstermine etabliert werden, um den aktuellen Stand der Maßnahme bzw. des Projekts zu besprechen. Durch dieses Vorgehen gelingt es, mögliche Probleme frühzeitig zu identifizieren und gegebenenfalls Anpassungen vornehmen zu können, sodass Zeitpläne und die Ziele nicht gefährdet werden.

Für die politischen Gremien und die Verwaltung der Kommune sollten regelmäßige Berichterstattungen in Form von Mitteilungsvorlagen erfolgen, um die Entwicklungen, Erfolge und Herausforderungen der Wärmewende transparent zu machen. Die Öffentlichkeit kann z.B. über das Internet, Presseberichte und ggf. bei Bedarf über Öffentlichkeitsveranstaltungen kontinuierlich informiert werden.

7.10 Verstetigungsstrategie

Die Erstellung des Abschlussberichtes der kommunalen Wärmeplanung mit den Fokusgebieten und Maßnahmen stellt den Startschuss zur Umsetzung dar. Ab dem Zeitpunkt soll, gemäß Wärmeplanungsgesetz, die Kommunale Wärmeplanung 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 Verstetigung der kommunalen Wärmeplanung als Aufgabe ist fest mit folgenden Punkten verbunden:

- **Aufgabenetablierung:** Feste Verankerung der Aufgabe innerhalb der Stadtverwaltung und der kommunalen politischen Gremien
- **Personalressource:** Schaffung der personellen Ressource für die Bearbeitung dieser Aufgabe innerhalb der Stadtverwaltung (idealerweise Zuweisung an einen „festen“ Mitarbeiter)
- **Zieldefinition:** Ziele und Etappenziele für die Kommune formulieren

- Konzepte/Strategie: Erstellung von Konzepten und Formulierung von Strategien, welche die Zielerreichung unterstützen und sicherstellen sollen
- Maßnahmen: Bearbeitung, Begleitung und Unterstützung von internen und externen Umsetzungsmaßnahmen (intern: Zuständigkeit liegt bei der Kommune; extern: Zuständigkeit liegt außerhalb der Kommune, z.B. Investor)
- Controlling: Controlling hinsichtlich Kennzahlen, Maßnahmen und Projekte fest verankern und operativ durchführen, sodass eine Transparenz bezüglich des Sachstands gegeben ist (idealerweise Zuweisung an einen „festen“ Mitarbeiter)
- Beteiligung: Beteiligung von relevanten Akteuren und Stakeholdern, um die Umsetzung von Maßnahmen sicher zu stellen
- Vernetzung: Eigene Vernetzung mit relevanten Akteuren und Stakeholdern sicherstellen und darüber hinaus die Vernetzung untereinander von Akteuren/Stakeholdern bestmöglich fördern
- Finanzierung: Idealerweise „erster Ideengeber“ hinsichtlich möglicher Förderungen und Finanzierung von Maßnahmen und Projekten
- Organisation/Strukturen: Umsetzung organisatorischer Punkte und Schaffung von Strukturen, welche die Zielerreichung unterstützen (Auswertungen, Berichte, Austauschtermine, etc.)

7.11 Finanzierung

Die Umsetzung der Wärmewende stellt eine erhebliche finanzielle Herausforderung dar, die eine koordinierte Anstrengung von öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen 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 Stadt 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 Akteure aus dem privaten Sektor zu unterstützen. Darüber hinaus können spezialisierte Kreditprogramme von Banken und Finanzinstituten eine wichtige Rolle spielen.

Bürgerbeteiligung: Die Möglichkeit einer Bürgerfinanzierung 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.

7.11.1 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 Stadt 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.

7.11.2 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. Es 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 Solarthermieanlagen, 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 Solarthermieanlagen und strombetriebenen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen (BAFA, 2024a).

Im Hinblick auf das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird 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 Bürger*innen, 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 Ende 2023 eingestellte KfW-Zuschuss Energetische Stadtsanierung (Programmnummer 432) für Klimaschutz und -anpassung im Quartier förderte Maßnahmen, die die Energieeffizienz im Quartier erhöhen. 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 kommunalen Wärmeplanung (KWP) erhöht die Planungssicherheit für Bürger*innen innerhalb und vor allem außerhalb der Wärmenetzeignungsgebiete. Bei Kommunen, Netzbetreibern, Energieversorgern und weiteren Akteuren sorgt sie für eine Klarheit und Priorisierung in welchen Gebieten Folgeaktivitäten und Detailuntersuchungen sinnvoll sind. Besonders wertvoll war bei der Erstellung des Wärmeplans die Einbindung von verschiedenen Akteuren (z.B. Industriebetrieben), die kommunale Expertise der Stadtverwaltung und der Einsatz neuer Technologien mit dem Digitaler Zwilling.

Ein Blick auf die Bestandsanalyse bezüglich der aktuellen Wärmeversorgung zeigt den deutlichen Handlungsbedarf: Über 95 % der Wärme basieren auf fossilen Quellen wie größtenteils Erdgas und auch Heizöl. Ziel muss es sein, diese Energieträger möglichst schnell durch klimaneutrale Energiequellen zu ersetzen. Die Sektoren „Privates Wohnen“, verantwortlich für etwa 57 % der Emissionen, und „Industrie & Produktion“, verantwortlich für etwa 29 % der Emissionen, spielen dabei eine Schlüsselrolle.

Energieberatungen, Umsetzungen von Sanierungsmaßnahmen, der Einsatz von Wärmepumpen und die Realisierung von Wärmenetzen sind entscheidend für die Wärmewende. Ferner liefert die im Zuge der KWP erstellten Datengrundlage die notwendige Transparenz und ist somit eine wichtige Basis für die Realisierung der Energiewende. Der Einsatz des digitalen Zwillings unterstützt diesen Prozess erheblich.

Auf Grundlage der Bestandsanalyse erfolgte im Rahmen des Projekts die Identifikation von Gebieten, die sich für Wärmenetze eignen (Wärmenetzeignungsgebiete). Für die Versorgung dieser Gebiete wurden erneuerbare Wärmequellen und Abwärmequellen analysiert und konkrete Maßnahmen festgelegt. In den definierten Eignungsgebieten kann nun die Wärmewende gezielt vorangetrieben werden. Im Rahmen weiterer Planungsschritte sollen die potenziellen Wärmenetze hinsichtlich technischer Umsetzung und Wirtschaftlichkeit beleuchtet werden, sodass eine Grundlage für den Bau gegeben ist. Hierfür sind die in den Maßnahmen aufgeführten Vorstudien, Studien und auch Machbarkeitsstudien erforderlich.

Während in den identifizierten Eignungsgebieten Wärmenetze in den nächsten Jahren umgesetzt werden sollen, wird es im überwiegenden Teil der Stadt, Gebiete der Einzelversorgung geben. Diese sind oftmals geprägt durch Einfamilien-, Doppel- oder auch kleineren Mehrfamilienhäusern. In diesen Gebieten wird zukünftig keine zentrale, sondern eine dezentrale Wärmeversorgung umgesetzt. Überwiegend werden höchstwahrscheinlich die Wärmepumpen zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 47). Gerade in diesen Gebieten mit Einzelversorgung sollen die Bürger*innen zukünftig eine gute Unterstützung durch eine Beratung hinsichtlich Gebäude- und Heizungssanierung und Einsatz von regenerativen Energien erhalten.

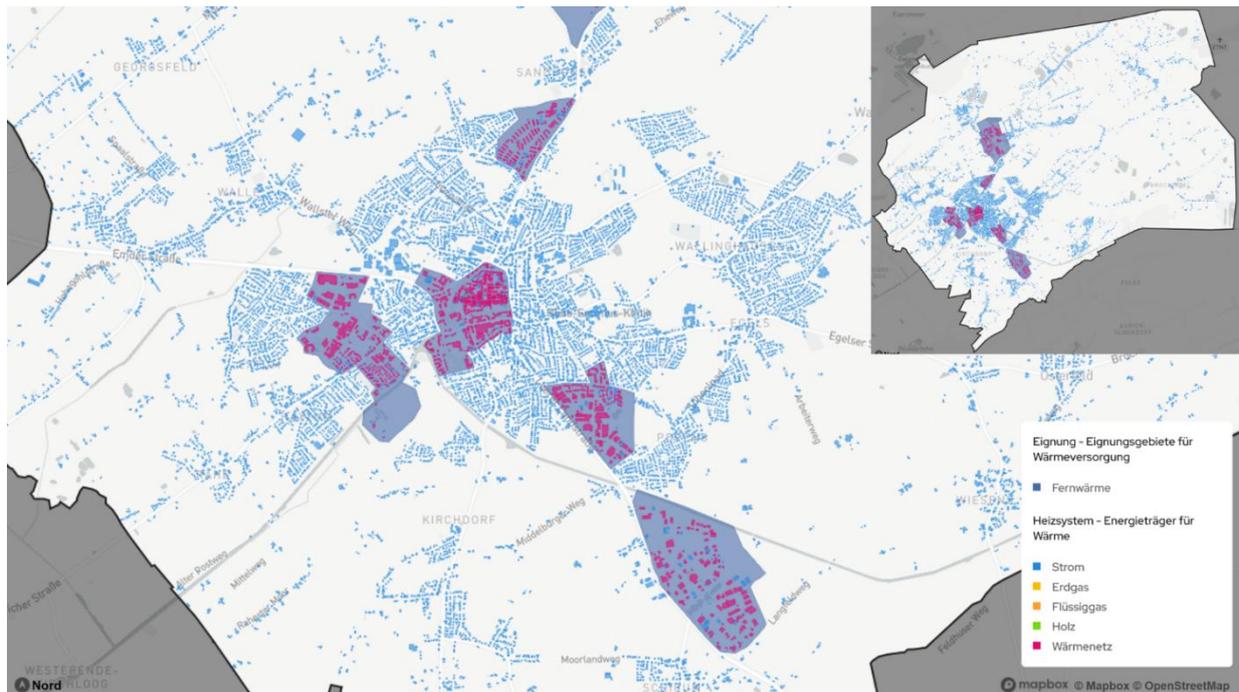


Abbildung 47: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040

Die im Zuge der KWP erarbeiteten konkreten Maßnahmen (siehe Tabelle 5) bilden die ersten Schritte hin zur Transformation der Wärmeversorgung.

Tabelle 5: Maßnahmenübersicht

Nr.	Maßnahme	Art der Maßnahme	geschätzte Kosten [€]	Fördermittel	Hinweise
1	Wärmenetz Aurich Zentrum – Machbarkeitsstudie (Vorlage 24/198)	Planung & Studie	40.000 - 80.000	optional Möglich	Start in 2025: Mehrjährige Laufzeit von Machbarkeitsstudien über Planung bis hin zum Bau. Frühestmöglicher Betriebsbeginn eines Wärmenetzes zu Ende 2028
2	Wärmenetz Aurich West - Machbarkeitsstudie (Vorlage 24/199)	Planung & Studie	40.000 - 80.000	optional Möglich	
4	Planung einer Gasleitung vom Klärwerk zum De Baalje (Vorlage 24/203)	Planung & Studie	160.000	optional Möglich	
4	Einrichtung eines Energie-Arbeitskreises für Unternehmen (Vorlage 24/200)	Information, Kommunikation	5.000	--	Start in 2026

5	Serviceplattform für digitale Energieberatung (Vorlage 24/201)	Information, Kommunikation	15.000	--	Start in 2025
6	Einführung eines Kommunalen Energiemanagements (Vorlage 24/202)	Information, Kommunikation	30.000 - 50.000	--	Start in 2026
7	Öffentlichkeitsarbeit zu den Ergebnissen der KWP (Vorlage 24/222)	Information, Kommunikation	4.000	--	Start in 2025

Neben dem Wohnsektor sollte ein weiterer Fokus auf dem Bereich Industrie und Gewerbe liegen. Die ortsansässigen Betriebe müssen aktiv bei der Umsetzung der Wärmewende eingebunden werden, um z.B. Einsparpotenziale innerhalb der Betriebe heben oder auch industrielle Abwärme nutzen zu können. Die Energiewende ist für unsere Volkswirtschaft mit einem erheblichen Investitionsbedarf verbunden. Der Start mit ökonomisch sinnvollen Projekten ist ein zentraler Punkt für die Akzeptanz und das Gelingen der Wärmewende. Für die Transformation und den Neubau von Wärmenetzen gibt es attraktive Förderprogramme, welche genutzt werden müssen, um Projekte zur Realisierung zu bringen. Zudem muss klar dargestellt werden, dass fossile Versorgungsoptionen perspektivisch mit einem zunehmenden Preis- und Versorgungsrisiko verbunden sind (z.B. Bepreisung von CO₂-Emissionen). Die Wärmewende wird nur durch eine Zusammenarbeit zahlreicher engagierter lokaler Akteure realisierbar sein. Durch die Einbindung innovativer lokaler Unternehmen und die Schaffung neuer Arbeitsplätze ergeben sich interessante Chancen der Wertschöpfung für die gesamte Region. Ferner werden dadurch nachhaltige Strukturen geschaffen, die langfristig zur Stabilität und Unabhängigkeit der lokalen Energieversorgung beitragen.

9 Literaturverzeichnis

- Agora. (2024). *Wärmenetze: klimaneutral, wirtschaftlich*. Aufgerufen am 02. Februar 2025 unter <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/waermenetze-klimaneutral-wirtschaftlich-und-bezahlbar>
- 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
- 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
- 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>
- BMWK. (2024). *Informationen vor dem Einbau einer neuen Heizung*. Energiewechsel.de. Aufgerufen am 02. Februar 2025 unter <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/geg-pflichtinformation-einbau-oel-gasheizung.pdf>
- 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
- 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. (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
- KEA. (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](#)

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>

10 Anhang 1: Methodik der Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse ist die Generierung von digitalen Abbildern der Gebäuden, sogenannten digitalen Gebäudezwillingen (DGZ). Diese werden mit Informationen zur Geometrie, sowie einer Vielzahl anderer energetisch relevanter Attribute angereichert, um dann als Basis für energetische Analysen zu fungieren.

10.1 Gebäude-Basisdaten

10.1.1 Gebäudegeometrie

Der erste Schritt zum Aufbau des DGZ ist die Generierung von hinreichend detaillierten 3D-Geometrien der Gebäude. Es kommt ein Modell vom Level of Detail [\[LOD\]](#) 1 ("Klötzchen-Modell"), erweitert um die Dachform, zum Einsatz.

Im ersten Schritt werden dafür die **Geometrien der Gebäudegrundflächen** erfasst. Falls vorhanden, werden dafür ALKIS Gebäude-Umringe verwendet. Falls nicht, dient OpenStreetMap (OSM) als zentrale Datenquelle. Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, beide Datenquellen zu harmonisieren, um Datenlücken und -fehler in beiden Datensätzen gegenseitig zu beheben. [\[OSM\]](#)

Um die **Anzahl der Stockwerke bzw. die Höhe** der einzelnen Gebäude zu bestimmen, werden je nach Verfügbarkeit verschiedene Quellen miteinander verschnitten. Die Entscheidung über die Verwendung der Datenquellen erfolgt auf Einzelgebäude-Basis mit folgenden möglichen Quellen, Priorität sinkend:

- Gebäudehöhe-Informationen aus dem ALKIS-Gebäudeumringe-Datensatz
- 3D-Gebäudemodelle im LOD2
- Stockwerks-Information aus OSM Tags
- Proprietäres KI-Modell zur Bestimmung der Stockwerke auf Basis der Geometrie und Position des Gebäudeumrisses, trainiert auf mehreren 10.000 Gebäude-Geometrien

Aus den so erzeugten geometrischen Daten lassen sich anschließend verschiedene charakteristische Flächen bestimmen: Grundfläche, Brutto-Gesamtfläche, Nutzfläche und Wohnfläche. Die dafür zum Einsatz kommenden Faktoren werden auch in Abhängigkeit der Altersklasse des jeweiligen DGZ angewandt. ¹

- **Grundfläche:** Fläche des Gebäudeumrisses auf Basis der ALKIS- oder OSM-Daten
- **Brutto-Gesamtfläche:** Fläche des Gebäudeumrisses multipliziert mit der ermittelten Anzahl der Stockwerke
- **Nutzfläche:** 70 - 80 % der Brutto-Gesamtfläche, abhängig von der Baualtersklasse
- **Wohnfläche:** 75 % der Nutzfläche

¹ für Bestimmung der Altersklasse, siehe gleichnamigen Abschnitt

10.1.1.1 Gebäude-Kategorisierung

Neben der geometrischen Modellierung der Gebäude ist die korrekte Kategorisierung eine zentrale Herausforderung beim Aufbau des DGZ. Dazu kommt eine Gebäudekategorie-Systematik basierend auf der "Statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft" (bekannt als NACE Codes) zum Einsatz. [\[NACE\]](#)

Es werden dabei je nach projektspezifischer Verfügbarkeit verschiedene Datenquellen verwendet. Wenn mehrere Datenquellen zur Verfügung stehen, wird auf Einzelgebäude-Ebene priorisiert diejenige verwendet, die nach u. g. Hierarchie die höchste Datengüte aufweist. Mögliche Datenquellen, Priorität absteigend, sind:

- ALKIS-Gebäudekategorien (z.B. ALKIS-Code "2056" -> NACE: "medical_pharmacy")
- Gebäude-/Betriebsname aus OSM (z.B. Name enthält "turnhalle" -> NACE: "sports_gym")
- Weitere Gebäudemetadaten aus OSM Tags (z.B. Gebäude hat Tag "amenity:place_of_worship" -> NACE: "religious_prayer-place")
- Landnutzung aus OSM (z.B. Gebäude in Landnutzungsfläche "landuse:residential" -> NACE: "residential_house")
- Landnutzung von Corine Land Cover [\[CLC\]](#) (z.B. Gebäude in Landnutzungsfläche mit CLC-Code "124" -> NACE: "transport_general")

Zusätzlich wird jeder DGZ einer aggregierten "ökonomischer Sektor"-Kategorie zugeordnet. Diese lauten:

- Wohngebäude
- Industrie, Landwirtschaft und Versorgung
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Verkehr
- Öffentliche Gebäude

10.1.1.1.1 Wohngebäude-Typen

Innerhalb von Wohngebäuden wird anschließend in weitere Wohngebäude-Subtypen unterschieden. Die Klassifizierung erfolgt unter Berücksichtigung der überbauten Fläche und des Anteils geteilter Außenwände in die Subtypen, die den Gebäudetypologien gemäß [\[TABULA\]](#) entsprechen:

- Großes Mehrfamilienhaus / Block (gMFH): Gebäudegrundfläche > 800 m²
- Mehrfamilienhaus (MFH): Gebäudegrundfläche > 210 m²
- Reihenhauses (RH): > 15 % gemeinsame Außenwände mit Nebengebäude
- Einfamilienhaus (EFH): alle übrigen Gebäude

10.1.1.1.2 Garagen-Erkennung

Über die Verfügbarkeit von Adressdaten, den Gebäudegrundrissen, geteilte Außenwände, sowie - falls vorhanden - ALKIS-Codes, werden Garagen erkannt. Da Garagen für die Wärmeplanung nicht relevant sind, werden sie für weitere Analysen nicht berücksichtigt.

10.1.1.1.3 Multifunktionsgebäude

Größere Gebäude mit mehr als einer Funktion, wie Einkaufszentren, werden als Multifunktionsgebäude identifiziert.

10.1.1.1.4 Altersklassen

Eine wichtige Bedeutung, besonders bei der Abwesenheit von flächendeckenden Verbrauchsdaten, kommt der Zuweisung der Altersklassen zu, da die energetische Bewertung der DGZ vom angenommenen Gebäudealter abhängt.

Die verwendete Datenquelle sind die Altersklassen des deutschen Zensus von 2011 [\[ZEN2011\]](#). Dessen Ergebnis steht als aggregierter 100m×100m Rasterdatensatz öffentlich zur Verfügung. Dabei werden statt tatsächlichen Baujahren folgende Altersklassen verwendet:

- von 1800 bis 1918
- von 1919 bis 1948
- von 1949 bis 1978
- von 1979 bis 1986
- von 1987 bis 1990
- von 1991 bis 1995
- von 1996 bis 2000
- von 2001 bis 2004
- von 2005 bis 2008
- von 2009 bis 2011
- von 2012 bis 2022

Ein proprietärer De-Aggregations-Algorithmus ordnet den einzelnen Gebäuden dann eine einzelne, konkrete Altersklasse zu. Es kommen mehrere Verfahren zum Einsatz, um sowohl Ungenauigkeiten, als auch Veralterung der Zensus-Daten zu kompensieren.

10.1.2 Administrative Grenzen

Unabhängig von den DGZ werden verschiedene Ebenen administrativer Grenzen erfasst.

Dies ist zum einen i.d.R. notwendig, um die räumlichen und politischen Gegebenheiten korrekt abzubilden und dient zum anderen der Aggregation der Ergebnisse zur besseren Verständlichkeit.

Sofern die entsprechenden ALKIS-Daten vorliegen, werden diese verwendet. Alternativ stehen folgende Prozesse zur Verfügung:

- **Gemeinde-/Stadtgrenzen:** Die Gemeinde- und Stadtgrenzen werden direkt aus OSM übernommen, da dort für die meisten Länder Geodaten direkt aus den Katasterämtern hinterlegt sind und diese deshalb zuverlässig zur Verfügung stehen.
- **Postleitzahl-Grenzen:** s.o.
- **Siedlungsgrenzen:** Die Grenzen der Wohnsiedlungen (jegliche Ansammlung von Wohnhäusern), also inkl. Städte, stehen in OSM nicht verlässlich zur Verfügung, weshalb eigene Grenzen verwendet werden. Diese werden mithilfe einer proprietären Methode auf Basis der Gebäudegeometrien erzeugt.
- **Stadt-/Gemeindeteile:** Stadt- und Gemeindegrenzen stehen in OSM teilweise zur Verfügung, allerdings uneinheitlich. Deshalb bedarf dieser Datensatz einer nachträglichen Harmonisierung. Falls Stadtteilgrenzen nicht verfügbar sind, werden diese in den Ergebnissen nicht dargestellt. Fehlen Gemeindeteil-Grenzen, wird ein Parkettierungs-Algorithmus basierend auf den größten Siedlungen der Gemeinde angewandt, um künstliche Gemeindeteil-Grenzen zu erzeugen.
- **Gebäudeblock-Grenzen:** Gebäudeblock-Grenzen werden mit Hilfe eines proprietären Algorithmus künstlich auf Basis der Siedlungsgrenzen und Straßenverläufe erzeugt.
- **Flurstücksgrenzen:** Die künstlichen Flurstücksgrenzen werden mit Hilfe eines Parkettierungs-Algorithmus auf Basis der Gebäude-Blöcke und Einzelgebäude-Geometrien erzeugt

10.1.3 Externe Daten im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung existieren verschiedene wertvolle Daten aus unterschiedlichen Quellen, welche eine detaillierte Analyse ermöglichen.

Diese Daten gilt es zusammenzuführen.

Eine Herausforderung dabei ist, dass diese Datensätze oft keine Geodaten enthalten, sondern über Adressen referenziert sind. Mit Hilfe von sogenanntem *Geocoding* können diese dann in eine echte Geodaten-Referenzierung überführt werden, sodass eine Zuordnung zu den DGZ möglich ist.

Die folgende Auflistung beinhaltet die verwendbaren externen Daten mit Hauptnutzung und Verfügbarkeit:

- **Gasverbrauchs-Daten:**
 - elementare Quelle für die Ermittlung des Wärmebedarfs
 - dienen zur Identifizierung von Gebäuden mit Gas-Heizung
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Stromverbrauchs-Daten:**
 - dienen zur Identifizierung von Gebäuden mit strombasierten Heizsystemen (direkt bzw. Wärmepumpen) und deren Wärmebedarf
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt

- **Fernwärme-Kundendaten:**
 - Quelle für die Ermittlung des Wärmebedarfs
 - dienen zur Identifizierung von Gebäuden mit Anschluss an existierende Wärmenetze
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Schornsteinfeger-Daten:**
 - elementare Quelle für verwendete Heizsysteme, Heizlast und Heizungsalter
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Kommunale Gebäude**
 - Adressdaten zur Identifikation der Gebäude in kommunaler Hand
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Daten der Gewerbeumfrage**
 - Zur Abschätzung von industriellem Abwärmepotenzial
 - Daten von großen industriellen Unternehmen der Region
- **Gasnetz-Daten**
 - zur Darstellung in WebGIS
 - kann genutzt werden, um Gas-Heizung zu identifizieren
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Wärmenetz-Daten**
 - kann genutzt werden, um Wärmenetz-Anschlüsse zu identifizieren
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Stromnetz-Daten**
 - zur Darstellung in WebGIS
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Wasserstoffnetz-Daten**
 - zur Darstellung in WebGIS
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Kanalisations-Daten**
 - zur Darstellung in WebGIS
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Kraftwerksdaten aus Registern**
 - zur Identifizierung von bestehenden Strom- und Wärmeerzeugern (rein thermische Kraftwerke, Kraft-Wärme-Kopplung, Photovoltaik-Anlagen, Windkraftanlagen, etc.) [MaStR]
- **Heizzentralen-Daten**
 - zur Erkennung von Heizzentralen, deren Leistung sowie verwendeter Energieträger
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **ALKIS-Daten**
 - Quelle für Flurstücksumrisse sowie Gebäudegrundrisse

- Quelle für die Zuweisung der Gebäudesektoren
 - Quelle für die Zuweisung der Gebäudekategorien
 - zur Gruppierung von Gebäuden und damit Identifizierung von mitversorgten Gebäuden
 - in den meisten Bundesländern öffentlich verfügbar, sonst vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **LoD2-Daten**
- Zur Erfassung der Gebäudehöhen und damit verbesserten Abschätzung der Stockwerke sowie Wohnflächen
- **Wärmenetz-Vorranggebiete**
- zur Ausweisung von Wärmenetz-Versorgungsgebieten in Zielszenario-Analyse
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
- **Neubaugebiete**
- zur Darstellung in WebGIS
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt
 - können im WebGIS eingezeichnet und bearbeitet werden
- **Potenzialstudien**
- ggfs. zur Darstellung im WebGIS
 - ggfs. zur Verwendung lokaler Restriktionen für die Potenzialanalyse
 - nur verwendbar, wenn vom Kunden zur Verfügung gestellt

10.1.4 Analyse der Wärmeversorgung je Gebäudeheizsystem

10.1.4.1.2 Energieeffizienzklassen

Mithilfe des spezifischen Endenergiebedarfs (Endenergiebedarf pro Nutzfläche) ist es möglich, die Gebäude in Energieeffizienzklassen in Anlehnung an das GEG einzuordnen. Hierbei erfolgt eine Abstufung in die Kategorien A+ bis H gemäß folgender spezifischer Endenergiebedarfe [\[GEG 2020\]](#).

Energieeffizienzklasse	Endenergie [kWh/m ² +a]
A+	≤ 30
A	≤ 50
B	≤ 75
C	≤ 100
D	≤ 130
E	≤ 160
F	≤ 200
G	≤ 250
H	> 250

10.1.4.1.3 Berechnung der Wärmeliniendichte

Für die weitere Analyse des Wärmebedarfs im Hinblick auf mögliche zukünftige Versorgungsgebiete stellt die Wärmeliniendichte eine wichtige Größe dar.

Unter der Annahme, dass mögliche zukünftige Wärmenetz-Versorgungsleitungen entlang des Straßennetzwerkes verlaufen, wird hierbei der Wärmebedarf der einzelnen Gebäude auf den jeweils anliegenden Straßenabschnitt projiziert. Die Wärmeliniendichte λ (kWh/m*a) ergibt sich demzufolge als Quotient aus dem kumulierten jährlichen Wärmebedarfen (kWh/a) aller unmittelbar angrenzenden Gebäude und der Länge des betrachteten Straßensegmentes (m).

$$\lambda = \frac{\text{Absetzbare Wärmemenge [kWh/a]}}{\text{Leitungslänge [m]}}$$

Im Detail werden dabei für jeden Straßenabschnitt folgende Schritte durchgeführt:

1. Extraktion aller relevanten Straßengeometrien aus OSM
2. Datensäuberung und Zerschneiden der Geometrien für homogene Segmente. Üblicherweise umfasst ein Straßensegment den Straßenabschnitt zwischen zwei Straßenkreuzungen

3. Heranziehen der Gebäudegeometrien und Wärmebedarfe aus der *Bestandsanalyse* und Zuordnung zum jeweils nächstgelegenen Straßensegment
4. Berechnung der Wärmeliniedichte jedes Straßensegments als Summe des Wärmebedarfs aller zugeordneten Gebäude geteilt durch die Länge des Straßensegments

10.1.4.1.4 Aufschlüsselung des Wärmebedarfs nach Nutzungsart

Für jedes Gebäude wird der Wärmebedarf nach folgenden Nutzungsarten aufgeschlüsselt:

- Raumwärme
- Brauchwasser-Wärme
- Prozesswärme

Die Unterscheidung dieser Nutzungsarten erfolgt nach statistischen Daten gemäß [\[BDEW2\]](#). Dabei wird für jedes Gebäude der zuvor ermittelte Gesamtwärmebedarf mit den Gebäudesektor-spezifischen relativen Anteilen dieser Nutzungsarten multipliziert. Die Summe aller (absoluten) Anteile des Raum-, Brauchwasser-, sowie Prozesswärmebedarfs jedes Gebäudes entspricht also dem Gesamtwärmebedarf.

10.1.4.1.5 Kategorisierung von Gebäuden nach Wärmekundenart

Die Gebäude werden zudem nach Wärmekundenart kategorisiert. Dabei wird nach ihrer Rolle als potenzielle Wärmenetzkunden in zwei Dimensionen differenziert:

- Ausmaß des Wärmebedarfs:
 - großer Wärmekunde: > 250.000 kWh/a
 - mittlerer Wärmekunde: 100.000 - 250.000 kWh/a
 - kleiner Wärmekunde: < 100.000 kWh/a
- Besitzstatus:
 - öffentlich
 - privat

Mittlere und große Wärmekunden werden als Ankerkunden definiert und differenziert nach dem Besitzstatus im WebGIS im entsprechenden Layer angezeigt.

10.1.4.1.6 Berechnung der Treibhausgasemissionen

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt Gebäudescharf auf Basis des Endenergiebedarfs. Dafür werden die Emissionsfaktoren aus dem Technikkatalog Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende [\[KWW\]](#) verwendet und mit den Endenergiebedarfen multipliziert.

11 Anhang 2: Methodik der Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse werden die Möglichkeiten analysiert, die im Untersuchungsgebiet zur Verfügung stehen, um die Energie- bzw. Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energiequellen zu transformieren und somit zum Ziel eines zukunftsfähigen, dekarbonisierten Energiesystems beizutragen.

Dabei fokussiert sich die Potenzialanalyse auf die **technischen Möglichkeiten** zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wird ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen werden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten (mittels Erdwärmesonden oder -kollektoren)
- Tiefengeothermie: Nutzung von Wärme in tieferen Erdschichten zur Wärme- und Stromgewinnung
- Luftwärmepumpe: Nutzung der Umweltwärme der Umgebungsluft
- Gewässerwärmepumpe (Flüsse und Seen): Nutzung der Umweltwärme der Gewässer
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen.

Diese Erfassung ist eine Basis für die Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.

11.1 Indikatorenmodell

Eine detaillierte Analyse der räumlich aufgelösten Potenziale für die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung ist Grundlage einer Planung des Energiesystems. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In einem Indikatorenmodell werden alle Flächen analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen)
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

Infobox – Definition von Potenzialen

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. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:

→ *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. 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 einräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieanlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

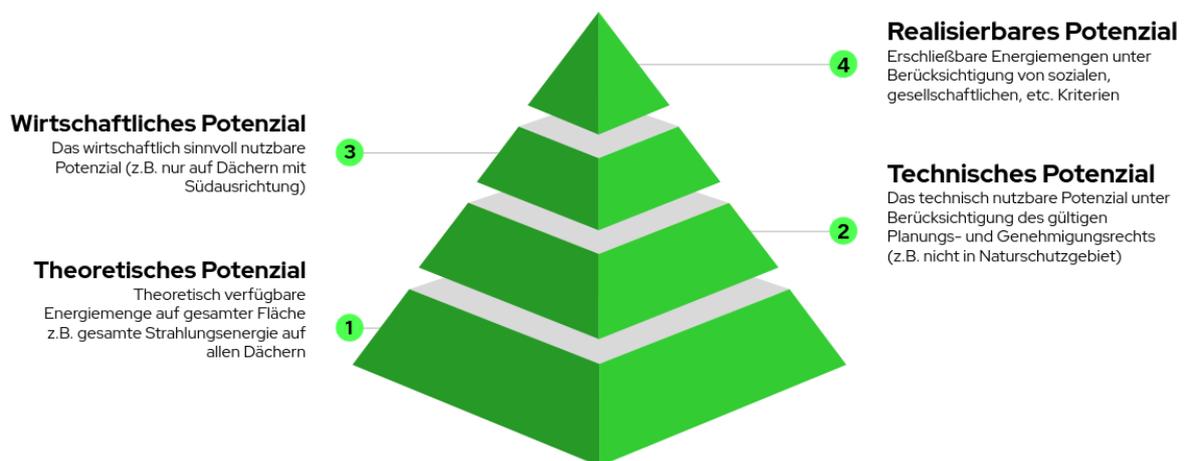
→ Das technische Potenzial wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert.

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“.



Welche harten und weichen Flächenkriterien in der Analyse herangezogen werden, ist in der Dokumentation der einzelnen Potenziale aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zielt die Potenzialanalyse darauf ab, die Optionen für die Wärmeversorgung, insbesondere bezüglich der Fernwärme in den Eignungsgebieten, zu präzisieren und zu bewerten. Gemäß den Richtlinien des Handlungsleitfadens zur Kommunalen Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg [\[KEA\]](#) sowie des Leitfadens Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende [\[KWW2\]](#) fokussiert sich diese Analyse primär auf die Identifikation des **technischen Potenzials** (siehe Infobox - Definition von Potenzialen). Neben der technischen Realisierbarkeit sind auch ökonomische und soziale Faktoren bei der späteren Entwicklung spezifischer Flächen zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass die KWP nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale und deren Wirtschaftlichkeit werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt.

11.2 Biomassepotenzial

Zur energetischen Nutzung von Biomasse können die Stoffe entweder direkt verbrannt oder zuvor mittels anaerober Vergärung in Biogas umgewandelt werden. Die energetische Nutzung kann vollständig der Wärmebereitstellung dienen oder auch zur Stromerzeugung.

11.2.1.1.1 Gebietsbestimmung

Für die Bestimmung der für Biomassenutzung geeigneten Gebiete werden sämtliche Naturschutzgebiete ausgeschlossen. Anschließend werden folgende Gebiete mit den jeweiligen Biomasse-Substraten, die auf diesen Flächen gewonnen werden können, als geeignete Gebiete für die Potenzialberechnung herangezogen:

- Landwirtschaftliche Flächen: Energiepflanzen (Mais), Stroh
- Waldflächen: Waldrestholz
- Reben: Rebschnitt
- Gras: Grünschnitt
- Wohngebiete: Hausmüll, Biomüll

11.2.1.1.2 Potenzialberechnung

Zur Berechnung des energetischen Potenzials wird für die nachwachsenden Biomassetypen mit üblichen Flächenerträgen gerechnet. Auf Ackerflächen wird angenommen, dass Mais als Energiepflanze angebaut wird.

Zur Bestimmung der Biomasse in Siedlungsgebieten wird die Einwohnerzahl als wesentlicher Parameter herangezogen und mit einer durchschnittlichen Abfallmenge pro Person multipliziert. Als Grundlage für die wesentlichen Parameter wurden verschiedene wissenschaftliche und branchenübliche Veröffentlichungen verwendet [\[FNR, FNR2, DESTATIS, Rudi, Bidart, Strobl Dorfner, Witt\]](#).

Es wird weiterhin angenommen, dass jegliche Biomasse, die zu Biogas vergoren werden kann, über diesen Weg in BHKWs sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Für die verbleibende Biomasse wird lediglich die thermische Verwertung zur Wärmeerzeugung berechnet.

11.2.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung:

Aufgrund der geringeren Flächenkonkurrenz im Vergleich zur Biomasse aus der Landwirtschaft werden Hausmüll sowie Waldrestholz als gut geeignet ausgewiesen.

11.3 Windenergie

Windkraft ist derzeit die wichtigste erneuerbare Stromquelle in Deutschland und bietet besonders in Städten und Gemeinden mit größeren Flächen, wie landwirtschaftlich genutzten Gebieten oder Waldflächen, ein

vielfersprechendes Potenzial. Da Windenergie in Form von Strom und nicht Wärme bereitgestellt wird, steht eine vielseitig nutzbare Energiequelle zur Verfügung. Zwar ist die zeitliche Verfügbarkeit von Windstrom nicht kontinuierlich gewährleistet, jedoch liefert Wind im Gegensatz zu Photovoltaik auch in den kalten Wintermonaten zuverlässig Energie. Dadurch eignet sich Windkraft besonders gut für die Integration in Power-to-Heat-Konzepte.

11.3.1.1.1 Gebietsbestimmung

Zur Bestimmung der Potenzialflächen werden diejenigen Gebiete herausgefiltert bzw. abgestuft ausgewiesen, die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von Windkraftanlagen nicht genügen oder gesonderter Prüfung bedürfen (bedingte Eignung) [[OSM](#), [NASA SRTM](#)]. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden bestimmte Gebiete herausgefiltert, die unter die Belange des Naturschutzes fallen. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Abhängig vom Bundesland werden auch Waldflächen ausgeschlossen und unterschiedliche Mindestabstände zu den genannten Gebieten berücksichtigt.

Außerdem werden Siedlungsflächen inklusive der länderspezifischen Abstände sowie Flächen für Infrastruktur ausgeschlossen. Letztere betreffen Straßen, Schienen und für den Flugverkehr relevante Flächen [[Kriterien Wind](#), [FA Wind 2021](#)].

Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von 1900 jährlichen Volllaststunden für potenzielle Windkraftanlagen.

Restriktionen, die berücksichtigt werden, sind: verschiedene Gebiete des Naturschutz, Siedlungsgebiete (und entsprechende Abstände), Infrastruktur (Straßen, Flugverkehr), Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Bodenbeschaffenheit, Hangneigung.

11.3.1.1.2 Potenzialberechnung

Auf den ermittelten Potenzialgebieten werden unter Berücksichtigung bereits existierender Windkraftanlagen, Turbinen platziert und zu Windparks zusammengefasst. Hierbei werden für jeden potenziellen Standort auf Basis von Wetterdaten und der Oberflächenbeschaffenheit des Geländes die Windverhältnisse in unterschiedlichen Höhenlagen berechnet. Anschließend wird aus einer Vielzahl von am Markt erhältlichen Anlagentypen jeweils das für den Standort mit seinen lokalen Windverhältnissen am besten geeignete Modell gewählt (z. B. Stark- / Schwachwindanlage, charakterisiert nach Leistungskurve). Häufig kommen Turbinen mit 4,2 MW Nominaleistung und 150 m Rotordurchmesser zum Einsatz.

Mit der zeitlich aufgelösten Windgeschwindigkeit und den technischen Parametern der Anlagen wird das zeitliche Profil der Stromerzeugung pro Anlage sowie ein jährlicher Energieertrag berechnet.

11.3.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung:

Im Anschluss erfolgt eine wirtschaftliche Bewertung der berechneten Potenziale. Hierfür werden zusätzlich zu den Erträgen auch die Kosten möglicher Windparks berechnet. Diese beinhalten Investitionen für die Turbinen, den Netzanschluss, die Wartung und den Betrieb der Anlagen. Diese Kosten werden der voraussichtlichen Stromerzeugung gegenübergestellt, um die Stromgestehungskosten [€/kWh] zu ermitteln. Diese können dann für die Maßnahmenempfehlung genutzt werden.

Zur Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit werden alle Turbinen als "gut geeignet" bezeichnet, die mehr als 1900 Volllaststunden pro Jahr erzielen.

11.4 Photovoltaik (Freifläche)

Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom.

11.4.1.1.1 Gebietsbestimmung

Da die EEG-Förderung keine zwingende Voraussetzung für PV-Freiflächenprojekte mehr ist, werden mögliche Flächen hierfür im gesamten Projektgebiet gesucht. Falls jedoch die EEG-Förderfähigkeit vorausgesetzt wird, können als Grundlage auch nur Flächen nach EEG-Flächenkulisse ausgewiesen [\[EEG 2021\]](#) werden. Dazu zählen unter anderem landwirtschaftliche Flächen und Offenland in "benachteiligten Gebieten" [\[FFÖ-VO 2017\]](#), sowie Konversionsflächen und Seitenrandstreifen.

Auf Basis dieser Grundlage werden u.a. Siedlungs- und Infrastrukturflächen, Waldflächen, sowie diejenigen Flächen entfernt (bzw. als bedingt geeignet ausgewiesen), die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von PV-Anlagen nicht oder nur bedingt genügen. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und amtlich ausgewiesene Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden bestimmte Gebiete herausgefiltert, die unter die Belange des Naturschutzes fallen. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura 2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Außerdem werden Flächen für Infrastruktur wie Straßen oder Schienenwege ausgeschlossen [\[FStrG 2021, StrG 2021, LBO 2021\]](#).

Von den so bestimmten Potenzialgebieten werden kleinere Flächen (< 500 m²), deren Erschließung nicht praktikabel wäre, entfernt. Zusätzlich werden alle weiteren Flächen ausgeschlossen, die nicht mit anderen Flächen innerhalb eines Suchradius von 25 m zu einem mindestens 1 ha großen Gebiet verbunden werden können. Sehr schmale Flächen (weniger als 5 m Breite) werden ebenfalls ausgeschlossen.

Für Freiflächenphotovoltaik werden nur Flächen, bei denen mit mindestens 800 Volllaststunden zu rechnen ist, berücksichtigt.

11.4.1.1.2 Potenzialberechnung

Die darauf folgende Berechnung des Flächenpotenzials basiert auf einer angenommenen Leistungsdichte von 750 kWp pro Hektar. Damit wird festgelegt, wie viel installierbare Spitzenleistung (kWp) pro geeigneter Fläche möglich ist. Für geeignete Flächen werden die Daten des Global Solar Atlas verwendet, um die erwarteten Volllaststunden zu bestimmen [\[Glob Sol\]](#). Ein zusätzlicher Reduktionsfaktor (~ 0.97), wird außerdem berücksichtigt, um die praktische Leistung im Vergleich zur theoretischen etwas zu reduzieren.

11.4.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung

Flächen, deren Erzeugungspotenzial über dem Schwellwert von 919 Volllaststunden pro Jahr liegt, werden als gut geeignet eingeordnet.

11.5 Solarthermie (Freifläche)

Die Solarthermie nutzt die Strahlung der Sonne und wandelt diese in Sonnenkollektoren (z.B. Röhren- oder Flachbettkollektoren) in Wärme auf einem Temperaturniveau zwischen 80°C und 150°C um. Diese kann durch ein angeschlossenes Verteilsystem an die entsprechenden Nutzungsorte transportiert werden.

11.5.1.1.1 Gebietsbestimmung

Die Gebietsbestimmung erfolgt i.W. analog zu Photovoltaik-Freiflächen ([vgl. Photovoltaik](#)).

Zusätzlich gibt es jedoch die Einschränkung, dass Solarthermie Freiflächen nicht weiter als 1 km von möglichen Wärmeabnehmern (Siedlungen bzw. Wärmenetze) liegen sollten, um Wärmeverluste in den Transportleitungen in einem akzeptablen Maße zu halten.

11.5.1.1.2 Potenzialberechnung

Zur Potenzialberechnung werden Annahmen bzgl. Leistungsdichte (3.000 kWp/ha) und Volllaststunden (800 h/a) getroffen, basierend auf den Werten bestehender Solarthermie-Großprojekte in Deutschland (u.a. [\[SWLB, Senftenberg\]](#)). Für die Modulplatzierung wird eine Ausrichtung nach Süden mit einem üblichen Neigungswinkel angenommen. Zur Berücksichtigung von Verlusten bei Übertragung, Speicherung, etc. wird zur Berechnung des Jahresenergieertrags noch ein Reduktionsfaktor (0,611) zwischen theoretisch errechneter und praktisch erzielbarer Wärmemenge berücksichtigt.

11.5.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung:

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung (weniger als 200 m) zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden.

11.6 Dachflächenpotenziale

Zusätzlich zum Freiflächen-Potenzial wird das solare Potenzial durch die Installation auf Dächern betrachtet. Als geographische Eingrenzung dienen sämtliche Gebäude.

11.6.1.1 Solarthermie

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW [\[KEA\]](#) zum Einsatz, die das Wärmeenergiepotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass ein gewisser Anteil der Grundfläche aller Gebäude über 50 m² als Dachfläche für Solarthermie genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Stromerzeugung durch Anwendung von flächenspezifischer Solarthermie-Leistung und durchschnittlichen Volllaststunden berechnet.

11.6.1.2 Photovoltaik

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW [\[KEA\]](#) zum Einsatz, die das Stromerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass ein gewisser Anteil der Grundfläche aller Gebäude über 50 m² als Dachfläche für Photovoltaik genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Stromerzeugung durch Anwendung von flächenspezifischer Photovoltaik-Leistung und durchschnittlichen Volllaststunden berechnet.

11.7 Oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden oder -kollektoren mit Wärmepumpe)

Durch die relativ konstanten Temperaturen in der oberen Erdschicht kann mit Hilfe einer Wärmepumpe ganzjährig Wärme extrahiert werden. Das System der Erdwärmesonden mit Wärmepumpe besteht aus drei Teilen: einem U-förmigen Rohr mit einer Tiefe von ca. 100 m, einer elektrisch betriebenen Pumpe und einem sich an das Rohr anschließenden Verteilsystem. Die zirkulierende Flüssigkeit im Rohr wird durch die höheren Temperaturen im Erdreich (Wärmequelle) erwärmt und mit Hilfe der Wärmepumpe an die Zielorte transportiert (Wärmesenken), wo sie die Wärme abgibt.

Anstatt einer tiefgehenden Sonde besteht auch die Möglichkeit großflächigere Schleifen mit Kältemittel als Kollektor in geringerer Tiefe als Wärmekollektor zu nutzen, wenn Sondenbohrungen nicht möglich sind.

11.7.1.1.1 Gebietsbestimmung

Für die Potenzialbestimmung für Geothermie werden Flächen mit einem definierten Maximalabstand zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen als nutzbar selektiert. Bestehende Gebäude, Straßen und Ähnliches werden dabei selbst allerdings ausgeschlossen. Auch Gewässer und Überschwemmungsgebiete stehen nicht für Geothermie zur Verfügung. Ebenso werden bestimmte Gebiete herausgefiltert, die unter die Belange des Naturschutzes fallen. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura 2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Da Grundwasser durch Bohrungen verunreinigt werden könnte, werden Wasserschutzgebiete als Potenzialflächen ausgeschlossen. Eine weitergehende Bewertung des Untergrundes findet nicht statt.

11.7.1.1.2 Potenzialberechnung

Aufgrund der größeren Tiefe und der zentralen Bedeutung der Wärmeleitfähigkeit und -kapazität bei der Abschätzung des Potenzials werden ortsspezifische Werte des Geodatenkatalog verwendet und keine pauschalen Schätzungen vorgenommen [[Geo](#)].

Ausgehend von 1800 Volllaststunden kann mittels der G.POT-Methodologie und ortsspezifischen Wetterdaten ein jährliches Potenzial pro Bohrloch bestimmt werden. Für das Gesamtpotenzial werden die einzelnen Potenziale aufsummiert. [[G.POT](#)]

Erreichbare Temperaturen bis 400 m Tiefe werden mit einem Temperaturgradienten von 0.03 K/m ausgehend von der Oberflächenumgebungstemperatur abgeschätzt. Bei oberflächennahen Kollektoren wird lediglich eine extrahierbare Leistung abgeschätzt.

Grundwasser wird generell nicht als Wärmequelle berücksichtigt.

11.7.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung:

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden.

11.8 Tiefengeothermie

In tieferen Gesteinsschichten deutlich unterhalb von 1.000 m ist an vielen Stellen die Temperatur so hoch, dass hier Wärme ohne zusätzliche Wärmepumpen zur Heizung oder im Einzelfall auch zur Stromgewinnung genutzt werden kann.

Dabei wird Wasser in tiefe Gesteinsschichten geleitet. So entsteht ein Wärmetauscher mit sehr großer Oberfläche. Dabei kann entweder vorhandenes Wasser in wasserleitenden Schichten genutzt werden (Aquifere) oder im Hot-Dry-Rock-Verfahren Wasser mit großem Druck in gering permeable Schichten geleitet werden (petrothermische Potenziale).

11.8.1.1.1 Gebietsbestimmung

Für die Potenzialbestimmung für tiefe Geothermie werden zunächst Flächen mit nachgewiesenen oder vermuteten Potenzial aus dem "Geothermal Information System" (GeotIS) [[LIAG](#)] bezogen. Unter Verwendung von Daten zu Bodenparametern und zur Temperaturschichtung im Untergrund [[LIAG](#)] werden Regionen mit <100°C in 2.500 m Tiefe sowie ungeeignete Bodentypen ("Cryosol", "Gleysol", "Histosol", "Leptosol", "Planosol") ausgeschlossen. Darüber hinaus werden Mindestabstände zu Siedlungs- und Infrastrukturf lächen gefordert sowie bestimmte Schutzflächen (Naturschutzgebiete, Biosphärenreservate, Wasserschutzgebiete) ausgenommen. Flächen, die lediglich die petrothermische Nutzung ermöglichen, werden als bedingt geeignet ausgewiesen.

11.8.1.1.2 Potenzialberechnung

Zur Bestimmung des Potenzials für Tiefengeothermie werden die im GeotIS einsehbaren Temperaturen in 2000 - 5000m Tiefe herangezogen. Anhand dieser Temperaturen wird bestimmt, ob ein geothermisches Potenzial mit dem Hot-Dry-Rock Verfahren oder über wasserleitende Schichten vorliegt. Die gewinnbare Energie wird dann über die Temperatur im Untergrund bestimmt. Ab einer bestimmten Temperatur kann das geothermische Potenzial auch zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt werden. Dabei werden ein Organic-Rankine-Cycle und typische Effizienzen angenommen.

Für die Berechnung der potenziellen geothermischen Kapazität wird ein Standarddurchflussparameter von 70 l/s verwendet, basierend auf [GeotIS](#) Daten. Dieser Parameter ist nicht gebietspezifisch. Eine regionale Differenzierung der Temperatur findet indirekt, auf Basis der zugrundeliegenden Schicht statt:

- Grundwasserleiter: min. 80°C in 2500m Tiefe
- Hot-Dry-Rock: min. 160°C in 5000m Tiefe

Bereits bestehende Kraftwerke werden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

11.8.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung:

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden.

11.9 Luftwärmepumpen

Die Installation von Luftwärmepumpen hat das Potenzial, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen zu reduzieren, indem sie die Wärme der Umgebungsluft als Energiequelle nutzt.

Die Ermittlung der Potenziale für die Anwendung von Luft-Wärmepumpen in Gebäuden hängt im Wesentlichen davon ab, ob die Gebäude über geeignete Aufstellflächen für die benötigten Außeneinheiten der Wärmepumpen verfügen. Hierfür sind neben den örtlichen Gegebenheiten (bspw. Bebauungsdichte) und technischen Parametern der Wärmepumpen insbesondere auch lärmschutzrechtliche Aspekte von Belang.

Anhand der Baualtersklassen wurde eine Eignung für den Einsatz von Luftwärmepumpen abgeschätzt. So wird der Einsatz von Luftwärmepumpen in Gebäuden mit Baujahr nach 1990 als gut geeignet eingeschätzt, in Gebäuden mit Baujahr vor 1930 aufgrund des erwarteten hohen spezifischen Wärmebedarf als bedingt geeignet.

11.9.1.1.1 Gebietsbestimmung

Zur Potenzialbestimmung werden Flächen in unmittelbarer Umgebung von Gebäuden herangezogen, um eine effiziente Wärmeübertragung zu gewährleisten und Wärmeverluste zu minimieren. Gleichzeitig muss jedoch stets gewährleistet sein, dass genügend Abstand zu anderen Gebäuden vorhanden ist, um Probleme mit den Schallemissionen der Außeneinheit zu vermeiden.

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm [\[TA Lärm 1998\]](#) legt die entsprechenden Richtlinien für die Wahl des Standortes der Außeneinheit fest. Abhängig vom Siedlungstyp (Wohngebiet, Industrie, Krankenhaus etc.) wird die maximal zulässige Lautstärke aus der TA Lärm ermittelt. Unter Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung [\[Schweizer 2022\]](#) ergeben sich daraus die Mindestabstände einer Wärmepumpe zu den Nachbargrundstücken und dementsprechende Verbotflächen.

Grundsätzlich wird eine Fläche von 8 m um jedes Gebäude als geeignet identifiziert. Mindestabstände zu anderen Gebäuden von 10 m werden berücksichtigt. Die Gebäudealtersklassen werden in sofern berücksichtigt, dass Gebäude nach 1990 als gut geeignet, Gebäude vor 1930 als bedingt geeignet kategorisiert werden.

Weiterhin werden Straßen, Plätze und ähnliche Bereiche als zusätzliche Verbotsflächen definiert. Potenzielle Installationsflächen für eine Wärmepumpe ergeben sich dann aus den Umgebungsflächen des eigenen Gebäudes, die von den Verbotsflächen der umliegenden Gebäude und den zusätzlichen Verbotsflächen unberührt bleiben.

11.9.1.1.2 Potenzialberechnung

Mit der ermittelten Installationsfläche und der Leistung pro Fläche der Wärmepumpe kann die installierbare Leistung der Wärmepumpe berechnet werden. Unter Anwendung folgender technischer Parameter wird dann die installierbare Leistung und sowohl jährlich erzeugbare Wärmemenge als auch dafür notwendige Menge an elektrischer Energie berechnet:

- minimale Aufstellfläche pro Teilfläche: 4 m²
- Leistungsdichte: 4.6 kW/m² (z.B. Vaillant VWL 125/6 A bei 50 % Flächennutzung)
- Volllaststunden: 1700 h/a [\[heizung.de\]](http://heizung.de)
- Jahresarbeitszahl: 3.15 [\[ifeu\]](http://ifeu.de)

Da sich bei Gebäuden mit viel Platz in der näheren Umgebung leicht riesige Wärmepotenzial-Mengen ergeben, werden diese pro Gebäude am ermittelten Gesamtwärmebedarf des jeweiligen Gebäudes (s. [Bestimmung des Wärmebedarfs](#)) als Obergrenze beschnitten.

11.9.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung

Zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit wird das Alter des Gebäudes herangezogen. Dabei wird angenommen, dass die Gebäudedämmung für ältere Gebäude weniger gut ist und sich daher neue Gebäude für die Beheizung durch Wärmepumpen besonders gut eignen.

11.10 Wärme aus Oberflächengewässern

Wenn Gewässer im Projektbereich liegen, können diese häufig als Wärmequelle genutzt werden. Dazu wird mit Hilfe von Wärmetauschern Seen oder Flüssen Wärme entzogen und diese dadurch leicht abgekühlt. Für die Verwendung in Wärmenetzen, muss das erwärmte Medium mit Großwärmepumpen nacherwärmt werden.

Die nachfolgende Beschreibung befasst sich mit der Berechnung der Potenziale für Wärmepumpen, die Oberflächenwasser (Flüsse und Seen) als Wärmequelle nutzen. Diese Art der Wärmeerzeugung nutzt Großwärmepumpen, die in ein Wärmenetz zur Wärmeversorgung einer Vielzahl von Gebäuden einspeisen. Hierfür sollen mögliche Standorte, Leistungen und Jahres-Erzeugungsmengen bestimmt werden.

11.10.1.1.1 Gebietsbestimmung

In einem ersten Schritt werden alle relevanten Flüsse und Seen in der untersuchten Region ermittelt. Diese bilden die potenziellen Wärmequellen für die Wärmepumpen.

Daraufhin werden mögliche Aufstellflächen für die Wärmepumpen in unmittelbarer Nähe um die identifizierten Gewässer ermittelt. Gebiete, die unter die Belange des Naturschutzes fallen, werden herausgefiltert. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura 2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Siedlungs- und Infrastrukturf lächen werden ebenfalls von den Potenzialflächen ausgeschlossen.

Im nächsten Schritt werden konkrete Standorte für die Wärmepumpen gesucht. Dabei werden zunächst Standortoptionen entlang der Gewässer so ausgewiesen, dass sie einen gewissen Mindestabstand einhalten (Flüsse: 500 m, Seen: 200 m). Der Abstand soll sicherstellen, dass die Oberflächengewässer ausreichend Wärme

regenerieren können und genügend Aufstellfläche pro Anlage besteht. Diese Platzierung erfolgt zunächst ungeachtet der tatsächlichen Wärmemenge, die aus dem Gewässer entnommen werden kann.

11.10.1.1.2 Potenzialberechnung

Anschließend wird pro Oberflächengewässer die gesamte Menge an **extrahierbarer Wärme** ermittelt. Die Vorgehensweise unterscheidet sich hier je nach Oberflächengewässer-Typ:

11.10.1.1.2.1 Seen

Zur Ermittlung des Volumens des Sees wird zusätzlich zur Oberfläche, die aus den Geodaten berechnet werden kann, zunächst die mittlere Tiefe benötigt. Es wird versucht, diese automatisiert über ein entsprechendes Register zu beziehen. Liegen dazu keine Daten vor, wird die Tiefe wie folgt auf Basis der See-Oberfläche abgeschätzt:

- $< 30.000 \text{ m}^2$ > - (zu klein für Wärmeentnahme)
- $30.000 \text{ m}^2 - 1 \text{ km}^2$ > 8 m
- $1 \text{ km}^2 - 5 \text{ km}^2$ > 25 m
- $> 5 \text{ km}^2$ > 60 m

Unter der Annahme, dass dem gesamten Volumen des Sees über das Jahr verteilt 0.5 K entnommen werden können, ergibt sich daraus dann die zu extrahierende Wärmemenge.

11.10.1.1.2.2 Flüsse

Zur Ermittlung der aus den Flüssen zu extrahierenden Wärmemenge wird ein Geodatenatz der Bundesanstalt für Gewässerkunde mit den zuvor bestimmten Eignungsflächen verschnitten. Es wird der sog. "Mittlerer Niedrigwasserabfluss" (MNQ) als Basis für die weiteren Berechnungen verwendet. [\[BfG\]](#)

Unter Berücksichtigung der Mindestleistung bei der folgenden Wärmepumpen-Dimensionierung (s. nächste Seite) ergibt sich ein Mindest-MNQ von ca. $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$. Flüsse mit einem geringeren Abfluss werden nicht berücksichtigt.

Unter Anwendung der Annahmen, dass 5 % des Volumenstroms des Flusses 5 K entnommen werden (Abkühlung um 0.25 K an jeder Entnahmestelle) ergibt sich daraus dann die zu extrahierende Wärmemenge.

Im nächsten Schritt werden von den zuvor bestimmten Standort-Optionen die zu realisierenden Wärmepumpen **ausgewählt und dimensioniert**. Die grundlegende Vorgehensweise ist dabei bei beiden Oberflächengewässer-Typen dieselbe. Es werden pro Gewässer so lange zufällig Standorte ausgewählt und dimensioniert, bis die maximal zu extrahierende Wärmemenge des Gewässers vollkommen aufgebraucht ist.

Unterschiede ergeben sich im Wesentlichen hinsichtlich der verwendeten Dimensionierungs-Parameter:

11.10.1.1.2.3 Seen

- Dimensionierung (fix) 2 MWth
- Volllaststunden 2190
- Jahresarbeitszahl 2.7

11.10.1.1.2.4 Flüsse

- Dimensionierung (variabel) 1 - 10 MWth
- Volllaststunden 2190
- Jahresarbeitszahl 2.5

Schließlich werden die Kennzahlen der einzelnen ausgewählten Wärmepumpen-Standorte wieder auf die Eignungsflächen aggregiert. Durch die Mindestabstände zwischen zwei Standorten kann es bei vielen kleinen Eignungsflächen dazu kommen, dass einzelne Flächen keine ausgewählten Standorte beherbergen und dadurch kein Potenzial aufweisen. Da die Auswahl der realisierten Standorte willkürlich erfolgt, werden diese 0-Potenzial-Standorte als alternative Standorte im Zwilling trotzdem visualisiert.

11.10.1.1.3 Wirtschaftliche Eingrenzung

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden.

11.11 Abwärme aus Klärwerken

Klärwerke stellen eine wertvolle potentielle Wärmequelle dar, da das geklärte Abwasser das ganze Jahr über mit einer relativ konstanten Temperatur zur Verfügung steht.

Die mögliche Wärmegewinnung aus dem Abwasser wurde an den Klärwerk-Ausläufen erhoben. Alternativ könnte die Abwärme des Abwassers auch direkt an den Abwassersammlern bestimmt werden. Da jedoch eine Mindesttemperatur des Abwassers zu gewährleisten ist, stehen beide Methoden in Konkurrenz miteinander. Durch die höhere abgreifbare Temperaturdifferenz am Klärwerk-Auslauf im Vergleich zu den Sammlern liefert die zentrale Entnahme das größere Potenzial, was im Folgenden beschrieben wird. Die so gewonnene Wärme kann anschließend für die Einspeisung in Niedertemperatur-Wärmenetze verwendet werden.

11.11.1.1.1 Gebietsbestimmung

Das Abwärmepotenzial aus Abwasser wird an den Klärwerken selbst erfasst, diese fungieren als Punktquellen. Die zugrunde liegenden Daten stammen aus einem zentralen Klärwerks-Register der EU Umweltagentur [\[UWWTD\]](#).

11.11.1.1.2 Potenzialberechnung

Das Abwasservolumen pro Klärwerk wird über die Anzahl der angeschlossenen Verbraucher geschätzt, welche im o.g. Datensatz enthalten sind. In die Quantifizierung des Potenzials fließen gemäß [\[Hotmaps\]](#) Richtwerte für die anfallende Abwassermenge pro Person, das Temperaturniveau des Abwassers sowie die Temperaturdifferenz zur Abkühlung und Annahmen zu Betriebszeiten der Anlage ein.

11.12 Industrielle Abwärme

Einzelne Betriebe verfügen teils über große Abwärmequellen, die, je nach Temperaturniveau der Quelle, für die Einspeisung in warme oder kalte Wärmenetze erschlossen werden können. Hierzu gehören beispielsweise Betriebe in der verarbeitenden Industrie, jedoch auch größere Einrichtungen wie Kliniken, die Abwärme zum Beispiel in Form von Abluft oder warmem/heißen Wasser vorweisen. Die Identifikation dieser Quellen erfolgt:

- einerseits aus öffentlich einsehbaren Datenbanken [\[HotmapsWiki\]](#) und

- andererseits aus projektspezifischen Erhebungen, bei welchen übliche Abwärme-Lieferanten kontaktiert und zu ihrer Kapazität/Bereitschaft, Abwärme beizusteuern, befragt werden.

Durch den Einsatz von Niedertemperatur-Wärmenetzen mit niedrigen Betriebstemperaturen können potenziell viele Betriebe Abwärme ins Netz einspeisen, was bei älteren Netzen mit höherem Temperaturniveau aufgrund von zu niedriger Abwärme-Temperatur nicht möglich ist. Somit bietet Abwärme ein hohes Potenzial und Synergien für die Wärmeversorgung, wenn das jeweilige Temperaturniveau in ein zentrales Wärmeversorgungssystem eingebunden werden kann.

11.12.1.1.1 Gebietsbestimmung

Die Gebietsbestimmung im herkömmlichen Sinne einer Flächenanalyse ist hier nicht notwendig, da die als mögliche Wärmequellen identifizierten Betriebe dann bereits als Punktgeometrien vorliegen

11.12.1.1.2 Potenzialberechnung

Die Quantifizierung der zu extrahierenden Abwärme erfolgt je nach Informationsquelle unterschiedlich:

- Der zentrale, öffentliche Datensatz beinhaltet bereits eine Abschätzung des Abwärmepotenzials [\[HotmapsWiki\]](#)
- In den Fragebögen der eigenen Erhebungen werden die Betriebe direkt nach dem Abwärmepotenzial befragt. Dabei handelt es sich naturgemäß teilweise um erfahrungsbasierte Schätzwerte

Es werden sowohl die Gesamtwärmemenge als auch die zeitliche Verfügbarkeit und das Temperaturniveau erfasst.

11.13 Sanierungspotenzial

Das Sanierungspotenzial wird gebäudescharf berechnet. Es stellt das Potenzial zur Wärmebedarfsreduktion durch eine energetische Sanierung der Gebäudehülle dar.

11.13.1.1 Wohngebäude

Für Gebäude des privaten Wohnsektors wird das Sanierungspotenzial modellbasiert unter Nutzung von Gebäudetypen ermittelt. Der Wärmebedarf im sanierten Zustand wird basierend auf TABULA bestimmt [\[IWU\]](#). Dabei wird für jedes Wohngebäude die entsprechende TABULA-Klasse ermittelt und damit der spezifische Wärmebedarf für den sanierten Zustand bestimmt. Das Sanierungspotenzial ergibt sich aus der Differenz des aktuellen Wärmebedarfs im Bestand und des Wärmebedarfs im sanierten Zustand.

11.13.1.2 Nichtwohngebäude

Für Nichtwohngebäude wird das Sanierungspotenzial auf Basis von Wärmebedarfsreduktionsfaktoren bestimmt. Die verwendeten Faktoren Dabei wird angenommen, dass sich Gebäude um folgende Anteile reduzieren lassen [\[KEA\]](#):

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

12 Anhang 3: Methodik der Szenarienberechnung

In diesem Kapitel wird auf die Methodik zur Berechnung der Szenarien eingegangen. Dabei werden grundlegende Einstellungen und Variationsmöglichkeiten erläutert sowie eine Beschreibung der voreingestellten Szenarien zur Verfügung gestellt.

Die Szenarienberechnung erfolgt generell nach dem Vorgehen einer ersten Simulation des Wärmebedarfs im Zieljahr, einer Identifikation von Eignungsgebieten und am Ende einer Zuweisung von Versorgungstechnologien.

12.1 Basisinformationen für die Szenarienberechnung und Vorgehen

Für die Berechnung der Szenarien sind bestimmte Basisinformationen notwendig. Nachdem diese Basisinformationen zur Verfügung stehen, werden die Szenarien berechnet und zur Weiterbearbeitung im Projektteam und in Workshops zur Verfügung gestellt.

Innerhalb der Szenarien werden Eignungsgebiete für Wärmenetze, ggf. Wasserstoffnetze und Gebiete für Einzelversorgung dargestellt. Im Weiteren werden die Kriterien für diese Einteilung beschrieben.

Nachdem unter Berücksichtigung des Inputs der Projektmitglieder und der Workshopergebnisse manuell Eignungsgebiete gezeichnet wurden, wird für Gebiete eine finale Berechnung unternommen.

12.1.1.1 Zieljahr

Je nach Bundesland oder Region unterscheidet sich das Zieljahr der kommunalen Wärmeplanung. Im Wärmeplanungsgesetz [\[WPG\]](#) ist das Zieljahr 2045 vorgegeben. Dieses Zieljahr beschreibt den Zeitpunkt, an dem eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zur Verfügung stehen muss. Die Länder können frühere Zeitpunkte definieren. Bei der Simulation von Szenarien wird die energetische Versorgung im Zieljahr modelliert.

12.1.1.2 Sanierungsquote

Bis zum Zieljahr werden die im beplanten Gebiet befindlichen Gebäude Schritt für Schritt saniert. Die Anzahl der Gebäude wird über die Sanierungsquote definiert. Es wird unterschieden zwischen Wohn- und Nicht-Wohngebäuden.

12.1.1.2.1 Wohngebäude

Bei Wohngebäuden wird eine Sanierungsquote von 2% als Voreinstellung angenommen. Diese Zahl kann aber je nach Notwendigkeit im Projekt angepasst werden. Erfahrungsgemäß rangiert diese Zahl zwischen 0,8% und 3,5%. Je höher die Zahl, desto mehr Gebäude werden saniert, desto geringer ist der Wärmebedarf der Gebäude im Zieljahr. Dies wiederum hat einen Einfluss auf die Wärmelinienichte im beplanten Gebiet und damit auf die daraus abgeleiteten Indikationen für die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen.

Gebäude mit einer schlechten Sanierungstiefe, d.h. mit einem hohen Wärmebedarf bezogen auf Referenzgebäude, werden dabei zuerst saniert. Es wird der gesamte Wärmebedarf, also Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme, reduziert. Zielwerte der Sanierung werden nach dem Spezifischen Wärmebedarf der zugehörigen TABULA-Klassen der Gebäude vom Institut für Wohnen und Umwelt [\[IWU\]](#) herangezogen. Es wird angenommen, dass der sanierte Zustand einer "zukunftsweisenden" Modernisierungsmaßnahmen nach IWU entspricht.

12.1.1.2.2 Nicht-Wohngebäude

Bei Nicht-Wohngebäuden wird nach Sektoren unterschieden. Basis dafür sind Reduktionsfaktoren für das Jahr 2050 aus der ZSW Studie zu Energie- und Klimaschutzziele [\[ZSW\]](#). Dabei ergeben sich folgende Reduktionsfaktoren:

- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD): 37 %

- Industrie: 29 %
- Öffentliche Gebäude: 33 %

Diese Werte für 2050 werden linear für das entsprechende Zieljahr interpoliert.

12.2 Versorgungsszenarien

Die hauptsächlichen Versorgungsszenarien, die gerechnet werden, basieren auf der Wärmeliniendichte.

12.2.1.1.1 Wärmenetzausbauszenarien:

Die bestehenden Wärmenetze werden nachverdichtet. Darüber hinaus werden algorithmisch Wärmenetze in Bereichen erzeugt, wo Szenario-spezifische Schwellenwerte für Wärmeliniendichten überschritten werden.

Voreingestellt sind dabei Schwellenwerte für Wärmeliniendichten von 2.000 / 3.000 / 4.000 / 5.000 kWh/m*a. In Bereichen, wo die Schwellenwerte überschritten und automatisierte Wärmenetze erzeugt werden, wird eine Standard-Anschlussquote von 70 % angewendet. Außerhalb der Wärmenetzungsgebiete erfolgt eine dezentrale Versorgung mittels Wärmepumpen und Biomasse.

In besonderen Fällen können auch andere Szenarien auf Kundenwunsch gerechnet werden. Diese sind:

12.3 Identifizierung von Eignungsgebieten

Eignungsgebiete werden generell eingeteilt in Wärmenetzeignungsgebiete, ggf. Wasserstoffeignungsgebiete und in Einzelversorgungsgebiete. Bei der Identifizierung wirken algorithmische Berechnungen und die manuelle Nutzung des WebGIS zusammen.

12.3.1.1 Algorithmische Identifizierung von Eignungsgebieten

Im ersten Schritt erfolgt eine Einteilung auf algorithmischer Basis anhand folgender Kriterien.

12.3.1.1.1 Identifizierung anhand von Bestandswärmenetzen:

Es werden Gebäude herangezogen, die aktuell einen Fernwärmeverbrauch vorweisen. Zusätzlich werden Gebäude in Betracht gezogen, die in einem Abstand von max. 36 m rund um Gebäude im Bestandsnetz liegen. Das Eignungsgebiet wird nun um diese identifizierten Gebäude herum erstellt.

12.3.1.1.2 Identifizierung anhand der Wärmeliniendichte:

Basierend auf dem zukünftigen Wärmebedarf im Zieljahr werden die Wärmeliniendichten für jedes Straßensegment berechnet. Bei der Berechnung der Wärmeliniendichte wird angenommen, dass die Wärmenetzverteilleitungen im Straßennetzwerk verlaufen. Es wird dabei von den angrenzenden Gebäuden die absetzbare Wärmemenge in kWh/a berechnet und durch die Leitungslänge im Straßensegment geteilt.

$$\lambda = \frac{\text{Absetzbare Wärmemenge [kWh/a]}}{\text{Leitungslänge [m]}}$$

Nun werden Straßensegmente identifiziert, für die die im Szenario definierte minimale Wärmeliniendichte gegeben oder überschritten ist und um diese Straßensegmente Polygone generiert, die die Eignungsgebiete darstellen. Dabei werden zusätzlich die Bedingungen aufgestellt, dass einzelne Leitungssegmente mindestens 10 m lang sein müssen und das Gebiet einen minimalen absoluten Wärmebedarf von 20 MWh/a aufweisen muss.

12.3.1.2 Manuelle Plausibilisierung der algorithmischen Gebiete

Die auf diese Weise erstellten Gebiete werden im Projektkreis und in den Stakeholder-Workshops einer Plausibilisierung unterzogen und können unter Berücksichtigung von u.a. den folgenden Kriterien und lokaler Expertise durch Nutzerzeichnungen im WebGIS erweitert, ergänzt oder umgestaltet werden.

1. Ankerkunden
2. Baualtersklassen
3. Gebäudekategorie (z.B. MFH)
4. Heizungsanlagenalter
5. Lokale Strom- und Wärmepotenziale
6. Restriktionen (z.B. Bahngleise, Topografie, Geologie)

Eignungsgebiete für **Einzelversorgung** sind danach jene Gebiete, in denen auf Grundlage der oben genannten Parameter keine Wärmenetzeignung vorliegt.

12.4 Zuweisung von Versorgungstechnologien

Nach der manuellen Anpassung der Eignungsgebiete anhand von Informationen der lokalen Akteure und Projektpartner erfolgt eine Zuweisung von Versorgungstechnologien und eine finale Berechnung des Szenarios.

Im Wärmenetzeignungsgebiet wird eine Anschlussquote an das Fernwärmenetz von 70% angenommen. Diese Anschlussquote kann höher ausfallen, wenn bereits im bestehenden Wärmenetz eine hohe Anschlussquote vorhanden ist und kann niedriger ausfallen, wenn nicht ausreichend anschlussgeeignete Gebäude vorhanden sind.

Die höchste Anschlusspriorität liegt bei Gebäuden, die im Bestand bereits einen Wärmenetzanschluss haben. Danach kommen öffentliche (kommunale) Gebäude und Gebäude mit einem hohen Wärmebedarf.

Gebäude mit Wärmepumpen im Bestand werden nicht an das Wärmenetz angeschlossen.

Für Gebäude außerhalb der Wärmenetzeignungsgebiete werden die Versorgungstechnologien abhängig vom Versorgungsszenario zugewiesen. Für das Versorgungsszenario "Wärmenetzausbauszenario" bedeutet dies zum Beispiel, dass eine dezentrale Versorgung mittels Wärmepumpen und Biomasse erfolgt.

12.4.1.1 Energiemix für die Wärmenetze

Um die Wärmeträger für das Wärmenetz zu bestimmen, muss ein Energiemix definiert werden, der auf lokal verfügbaren, erneuerbaren Quellen basiert. Dieser wird im Rahmen des Projektes bestimmt und in die Berechnung eingegeben. Dieser Energiemix ist relevant für die Bestimmung der Treibhausgasbilanz der Energieversorgung im Zieljahr.

13 Anhang 4: Literaturverzeichnis Methodendokumentation

[BAFA]	BAFA - Informationsblatt CO2-Faktoren
[BDEW]	BDEW - Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren
[BDEW2]	Statusreport Wärme 2024
[BfG]	Geoportal der BfG
[Bidart]	Bidart, Christian; McKenna, Russell; Fichtner, Wolf (2014): Research reports & protocols of the oui biomasse research area 3. KIT/DFIU
[CLC]	CORINE Land Cover – CLC
[DESTATIS]	Aufkommen an Haushaltsabfällen: Deutschland, Jahre, Abfallarten
[EEG]	§48 Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021
[FA Wind 2021]	Abstandsempfehlungen Fachagentur Windenergie an Land
[FFÖ-VO 2017]	Freiflächenöffnungsverordnung – FFÖ-VO Baden-Württemberg
[FNR]	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Jahresbericht 2017
[FNR2]	Basiszahlen der Biogastechnologie
[FStrG 2021]	Bundesfernstraßengesetz (FStrG) 2021
[G.POT]	G.POT Geothermal POTential
[GEG 2020]	Gebäudeenergiegesetz (GEG), Anlage 10 zu § 86
[Geo]	GeoNetwork Geodatenkatalog
[GeotIS]	LIAG-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG): Geothermal Information System
[Glob Sol]	Global Solar Atlas
[Heizung.de]	Heizung.de
[Hotmaps]	Hotmaps Project
[HotmapsWIKI]	Hotmaps open data repositories
[ifeu]	Energieeffizienz als Türöffner für erneuerbare Energien im Gebäudebereich
[IWU]	IWU - Gebäudebestand 2016
[IWU]	Wärmebedarfe nach IWU
[Kammer]	Thermische Seewassernutzung in Deutschland
[KEA]	Leitfaden Kommunale Wärmeplanung
[KEA_T]	KEA-BW Technikkatalog
[KWW]	Technikkatalog Wärmeplanung
[KWW2]	Leitfaden Wärmeplanung
[Kriterien Wind]	Kriterienkatalog Wind LUBW 2019
[LBO 2021]	Landesbauordnung (LBO) Baden-Württemberg 2021
[LOD]	Level of Detail – Wikipedia
[NACE]	NACE Wirtschaftszweige
[NASA SRTM]	NASA Shuttle Radar Topograpy Mission

- [OSM] [Open Street Maps](#)
- [Schweizer 2022] [Berechnung der Schallpegel, Schallwerte und des Strömungsrauschens](#)
- [Senftenberg] [Solarserver](#)
- [SWLB] [Solarthermieanlage Ludwigsburg](#)
- [StrG 2021] Straßengesetz (StrG) Baden-Württemberg 2021
- [Strobl Dorfner] Strobl, Martin; Dorfner, Gerhard (2014): Was kosten Silagen von hoffernen Flächen? In: top agrar (06), S. 56–61. Online verfügbar unter <https://www.topagrar.com/archiv/Was-kosten-Silagen-von-hoffernen-Flaechen-1454269.html>
- [TABULA] [TABULA Abschlussbericht](#)
- [TA Lärm 1998] [Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm](#)
- [Rudi] Rudi, Andreas; Müller, Ann-Kathrin; Fröhling, Markus; Schultmann, Frank (2017): Biomass Value Chain Design. A Case Study of the Upper Rhine Region. In: Waste Biomass Valor 8 (7), S. 2313–2327. DOI: 10.1007/s12649-016-9820-x
- [UBA] [Endbericht BSKO-Gutachten des deutschen Umweltbundesamt](#)
- [UWWTD] [Waterbase - UWWTD: Urban Waste Water Treatment Directive –reported data](#)
- [Vaillant 2021] [Produktdatenblatt Vaillant aroTHERM plus VWL 125/6 A](#)
- [Witt] Witt, Janet; Thrän, Daniela; Rensberg, Nadja; Naumann, Christiane Hennig Karin; Billig, Eric; Sauter, Philipp et al. (2012): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Hg. v. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH und Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). Leipzig/Jena
- [WPG] [Wärmeplanungsgesetz](#)
- [ZEN2011] [Deutscher Zensus von 2011](#)
- [ZEN2022] [Deutscher Zensus von 2022](#)
- [ZSW] [Endbericht ZSW Studie Energie und Klimaschutzziele](#)