

Kommunaler Wärmeplan für die Gemeinde Graal-Müritz

Abschlussbericht | 30.03.2026



AUFTRAGGEBER

Gemeinde Graal-Müritz
Ribnitzer Str. 21 | 18181 Graal-Müritz



AUFTRAGNEHMER

KUBUS Kommunalberatung
und Service GmbH
Bertha-von-Suttner-Str. 5 | 19061 Schwerin



UNTERAUFTRAGNEHMER

Theta Concepts GmbH
Strandstraße 96 | 18055 Rostock



Die kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Graal-Müritz wurde im Rahmen der Kommunalrichtlinie der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit vertreten durch die Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH gefördert.

Förderkennzeichen: 67K28561 | Förderzeitraum: 01.06.24 – 28.02.2026

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

LESEHINWEIS

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel das generische Maskulinum verwendet. Die gewählten Personenbezeichnungen beziehen sich jedoch gleichermaßen auf alle Geschlechter.



KONTAKT GEMEINDE GRAAL-MÜRITZ

Gemeinde Graal-Müritz

Ribnitzer Str. 21 | 18181 Graal-Müritz

ANSPRECHPARTNER

Bürgermeisterin

Dr. Benita Chelvier

E-Mail: buergemeister@gemeinde-graalmueritz.de

Tel.: 038206 81112

Maria Menzel

Bauamt

E-Mail: bauamt@gemeinde-graalmueritz.de

Tel.: 038206 81142



KONTAKT KUBUS

KUBUS Kommunalberatung und Service GmbH

Bertha-von-Suttner-Str. 5 | 19061 Schwerin

TEAM

Arne Rakel und Kerstin Kopp

E-Mail: klimaschutz@kubus-kb.de

Tel.: 0385-3031254



KONTAKT THETA CONCEPTS

Theta Concepts GmbH

Strandstraße 96 | 18055 Rostock

TEAM

Malte Schümann

E-Mail: m.schuemann@theta-concepts.de

Tel.: 0381- 65070117

Inhaltsverzeichnis	Seite
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
1 Ausgangslage und Zielsetzung	12
1.1 Ausgangslage.....	12
1.2 Zielsetzung.....	12
2 Kommunikationsstrategie und Beteiligung Akteure	13
3 Datenbasis und digitaler Zwilling	16
4 Bestandsanalyse	17
4.1 Planungsgebiet.....	17
4.2 Gebäudenutzung.....	19
4.3 Baualtersklassen	20
4.4 Siedlungsdichte	21
4.5 Wärmebedarfe.....	22
4.5.1 Methodik zur Ermittlung der Wärmebedarfe.....	22
4.5.2 Wärmebedarfe im Ausgangsjahr	24
4.5.3 Validierung der Wärmebedarfe	26
4.5.4 Wärmeliniendichte im Ausgangsjahr.....	27
4.6 Wärmeversorgung im Ausgangsjahr.....	28
4.7 Treibhausgasbilanz	31
4.8 Erneuerbare Energieanlagen im Ausgangsjahr.....	31
5 Potenzialanalyse.....	32
5.1 Potenziale zur Einsparung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme.....	32
5.1.1 Energieeffizienzpotenzial Gebäude	32
5.1.2 Entwicklung von Prozesswärme	35
5.1.3 Demografische Entwicklung.....	35
5.1.4 Neubau, Rückbau oder Umgestaltung von Wohnraum und Anpassung von Flächennutzung	36
5.1.5 Klimatische Einflüsse.....	36
5.1.6 Wärmebedarfsprognose bis 2045.....	36
5.2 Potenzialanalyse an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme für die zentrale Wärmeversorgung	39
5.2.1 Potenziale an unvermeidbarer Abwärme	39
5.2.2 Potenzialflächen für erneuerbare Energie und Speicherlösungen (Freiflächen).....	41

5.2.3	Geothermie.....	41
5.2.4	Solarpotenziale (Solarthermie) Freifläche	43
5.2.5	Potenziale Gewässerthermie	44
5.2.6	Luftwärme.....	45
5.2.7	Feste Biomasse und Klärschlamm.....	46
5.3	Potenziale an erneuerbaren Energien für die dezentrale Wärmeversorgung	47
5.3.1	Oberflächennahe Geothermie (Erdwärme)	47
5.3.2	Dezentrale Solarpotenziale (Dachflächen-Solarthermie).....	49
5.3.3	Dezentrale Luftwärmepotenziale	51
5.4	Potenziale an Grünen Gasen.....	55
5.4.1	Biogas und Biomethan.....	55
5.4.2	Wasserstoff sowie daraus erzeugte Derivate	56
5.5	Zusammenfassung der Potenziale.....	57
6	Eignungsprüfung.....	58
7	Ziel- und Zwischenzielszenarien	59
7.1	Herleitung des Zielszenarios.....	59
7.1.1	Identifikation von Versorgungslücken dezentraler Technologien.....	60
7.1.2	Nutzwärmebedarfs- und Wärmelinien-dichte zur Bewertung der Wärmenetzeignung	66
7.2	Zielszenario 2045	69
7.2.1	Eignungsgebiete.....	69
7.2.2	Fernwärme in Graal.....	72
7.2.3	Dezentrale Versorgung (Individualversorgung).....	79
7.3	Zwischenzielszenarien 2030, 2035 und 2040	81
7.4	THG-Minderungspfad	84
8	Wärmewendestrategie	86
8.1	Maßnahmenkatalog.....	90
8.2	Fokusgebiet.....	94
9	Verstetigung.....	97
10	Controllingkonzept	100
11	Fazit & Ausblick	102
	Literaturverzeichnis.....	104
	Anhang	107

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ergebnis der Live-Umfrage im Rahmen der Öffentlichkeitsveranstaltung im Rathaussaal in Graal-Müritz am 08.09.2025	14
Abbildung 2:	Akteursbeteiligung im Rathaus Graal-Müritz am 08.09.2025 und am 21.01.2026	15
Abbildung 3:	Planungsgebiet	17
Abbildung 4:	Landnutzung im Planungsgebiet auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells Mecklenburg-Vorpommern.....	18
Abbildung 5:	Überwiegende Gebäudenutzungsart in den Baublöcken des Planungsgebietes	19
Abbildung 6:	Überwiegende Baualtersklassen in den Baublöcken des Planungsgebietes	20
Abbildung 7:	Wohnflächendichte in den Baublöcken im Planungsgebiet	21
Abbildung 8:	Nutzflächendichte in den Baublöcken im Planungsgebiet	22
Abbildung 9:	Datenquellen und methodisches Vorgehen zur Wärmebedarfsermittlung und zum Aufbau des digitalen Zwillings	23
Abbildung 10:	Endenergiebedarf Wärme pro Jahr im Ausgangsjahr.....	24
Abbildung 11:	Nutzwärmebedarfsdichte im Ausgangsjahr	25
Abbildung 12:	Wärmeliniedichte im Ausgangsjahr im Planungsgebiet	27
Abbildung 13:	Überwiegende Versorgungsart in den Baublöcken im Ausgangsjahr	28
Abbildung 14:	Anteil Fernwärmeversorgung in den Baublöcken im Ausgangsjahr	29
Abbildung 15:	Kumulierter Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Sektoren und Energieträgern	30
Abbildung 16:	Treibhausgasbilanz Wärmeversorgung in den Sektoren entsprechend der Versorgungsarten und Energieträger	31
Abbildung 17:	Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Altersklassen für den Ist-Zustand (teilsaniert) und nach energetischer (Voll-)Sanierung bis 2050 Wohngebäude	33
Abbildung 18:	Energieeinsparpotenzial im Planungsgebiet.....	35
Abbildung 19:	Entwicklung der Heizgradtagzahlen	36
Abbildung 20:	Szenarien Nutzwärmebedarfsentwicklung bis 2045	37
Abbildung 21:	Entwicklung des Nutzwärmebedarfs Gemeinde Graal-Müritz bis 2045	38
Abbildung 22:	Auswertung der Abfrage von Abwärmepotenzialen im Planungsgebiet.....	39
Abbildung 23:	Waldflächen mit gekennzeichneten Naturschutzflächen im Verhältnis zu Siedlungsflächen im Planungsgebiet.....	46
Abbildung 24:	Eignungsgebiete für die dezentrale Versorgung durch oberflächennahe Geothermie im Ausgangsjahr (Sondenfeld 100 Meter Tiefe)	49
Abbildung 25:	Solarthermisches Potenzial von Dachflächen	50

Abbildung 26: Deckungsgrad des Wärmebedarfs durch Solarthermie auf Dachflächen inkl. Speicher	51
Abbildung 27: Methodik zur Eignungsprüfung von Luftwärmepumpen für zu beheizende Gebäude im Planungsgebiet auf Basis verfügbarer Flächen und Heizlasten ...	52
Abbildung 28: Eignungsgebiete für die dezentrale Versorgung durch Luftwärmepumpen ohne Berücksichtigung ggf. vorliegender Überschreitung von Geräuschemissionsgrenzen	53
Abbildung 29: Qualitative Schallindikation durch flächendeckenden Einsatz von Luftwärmepumpen	54
Abbildung 30: Eignungsgebiete für die dezentrale Versorgung durch Luftwärmepumpen inkl. Berücksichtigung potenzieller Schallemissionen	55
Abbildung 31: Prognostizierter Verlauf der Anteile EE-basierter dezentraler Heizungssysteme; abgeleitet anhand von Daten bezogen auf die Anzahl der Wohngebäude	63
Abbildung 32: Deckungspotenzial eines komplexen Technologiemies aus dezentralen Versorgungslösungen im Zieljahr 2045	64
Abbildung 33: Bewertung der Eignung dezentraler Versorgungslösungen im Zieljahr 2045....	65
Abbildung 34: Wärmebedarfs- und Wärmelinienichte im Zieljahr zur Bewertung der Eignung von Fernwärme	67
Abbildung 35: Eignung für Wärmenetze im Zieljahr 2045	68
Abbildung 36: Gebietseinteilung des Planungsgebiets im Zielszenario	70
Abbildung 37: Wärmegestehungskosten Erzeugerparks im Vergleich zur dezentralen Versorgung	78
Abbildung 38: Prognostizierte zusätzlich nötige elektrische Anschlussleistungen bei flächendeckender Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen unter Berücksichtigung einer mittleren JAZ von 2,5	81
Abbildung 39: Zwischenziel Fernwärmeausbau	82
Abbildung 40: Voraussichtliche Entwicklung der wärmebezogenen THG-Emissionen des Planungsgebiets über die Wegmarken 2030, 2035 und 2040 zum Zielszenario 2045 verglichen mit den THG-Minderungszielen des Klimaschutzgesetzes	84
Abbildung 41: Wärmewendestrategie für das Planungsgebiet	87
Abbildung 42: Fokusgebiet Großverbraucher	95
Abbildung 43: Plan-Do-Check-Act-Managementzyklus.....	100
Abbildung 44: Umfassendes Klimaschutz-Controlling in Kommunen	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Validierung des Wärmebedarfsmodells anhand verschiedener Gebiete mit unterschiedlicher Bebauungs- und Versorgungsstruktur	26
Tabelle 2:	Fernwärmeerzeugungsanlage im Planungsgebiet	29
Tabelle 3:	CO ₂ -Faktoren der im Planungsgebiet genutzten Energieträger	31
Tabelle 4:	Auszug der Referenzwerte (absolut und relativ) für den flächenbezogenen Endenergieverbrauch nach VDI 3807	34
Tabelle 5:	Szenarien für die energetische Sanierung des Gebäudebestandes	34
Tabelle 6:	Potenzial zur Nutzung von Wärme aus Abwasser	41
Tabelle 7:	Energetisches Potenzial aus fester Biomasse im Planungsgebiet.....	47
Tabelle 8:	Zusammenfassung der Potenziale für die zentrale und dezentrale Wärmeversorgung unter Nutzung zusätzlicher Saisonspeicher gemessen am Bedarf im Zieljahr	57
Tabelle 9:	Eignungsprüfung für Wärmenetze sowie Netze für grüne Gase (Wasserstoff, Biomethan) nach § 14 WPG	58
Tabelle 10:	Einordnung von Heizungstechnologien auf Basis von Referenzgebäuden aus dem Planungsgebiet.....	60
Tabelle 11:	Indikative Investitionskosten für den Netzausbau.....	73
Tabelle 12:	Auslegung und indikative Investitionskosten für die Wärmeerzeugungsanlagen	74
Tabelle 13:	Auslegung und indikative Investitionskosten für den Versorgerpark Solarthermiefeld mit Erdbeckenspeicher	75
Tabelle 14:	Auslegung und indikative Investitionskosten für den Versorgerpark Großluftwärmepumpe.....	75
Tabelle 15:	Auslegung und indikative Investitionskosten für den Versorgerpark Großluftwärmepumpe mit Abwärme	76
Tabelle 16:	Maßnahmenkatalog für die Gemeinde Graal-Müritz.....	91
Tabelle 17:	Maßnahmenkatalog für die SWR AG sowie zukünftige Wärmenetzbetreiber	92
Tabelle 18:	Maßnahmenkatalog für die Wohnungsunternehmen.....	93
Tabelle 19:	Maßnahmenkatalog für den Stromnetzbetreiber E.DIS Netz GmbH.....	93
Tabelle 20:	Maßnahmenkatalog für die Unternehmen mit Fokus auf industrielle, gewerbliche Standorte.....	94

Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMUKN	Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CAPEX	Investitionsausgaben (Eng: Capital Expenditure)
COP	Kennzahl für die Effizienz einer Wärmepumpe (Eng: Coefficient of Performance)
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DOM	Digitales Oberflächenmodell
EE	Erneuerbare Energien
EFH	Einfamilienhaus
EI.	elektrisch
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EW	Einwohnerzahl
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GIS	Geoinformationssystem
GIS-Daten	Georeferenzierte Daten
GWh	Gigawattstunden
HAL	Hausanschlussleitungen
JAZ	Jahresarbeitszahl
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden

KSG	Klimaschutzgesetz
LSG	Landschaftsschutzgebiet
MFH	Mehrfamilienhaus
OPEX	Operative Kosten (Eng: Operational Expenditures)
OSM	OpenStreetMap
PV	Photovoltaik
RH	Reihenhaus
ST	Solarthermie
SWR AG	Stadtwerke Rostock AG
Th.	Thermisch
UBA	Umweltbundesamt
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Nachfolgend werden die Ausgangslage und die Zielsetzung der Gemeinde Graal-Müritz im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung vorgestellt.

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Pariser Klimaschutzabkommens haben sich 197 Länder sowie die EU dazu verpflichtet die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C; vorzugsweise unter 1,5 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Auf dieser Grundlage hat die EU 2019 den European Green Deal mit dem Ziel verabschiedet, die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um 55 % zu reduzieren und bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent zu werden (vgl. Europäische Kommission 2024). Ebenfalls 2019 verabschiedete Deutschland sein Klimaschutzgesetz - zunächst mit dem Ziel 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Im Juni 2021 wurde das Ziel verschärft und um fünf Jahre auf 2045 vorverlegt. Entsprechend sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 65 % und bis 2040 um mindestens 88 % im Vergleich zu 1990 sinken (§8 KSG).

Aktuell verursacht die Erzeugung von Wärme etwa 50 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland. Der Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor lag 2024 bei etwa 17,8 % (vgl. UBA 2025). Das heißt Wärme wird zu mehr als 80 % mit Hilfe fossiler Brennstoffe erzeugt und trägt damit zu einem Großteil der deutschen Treibhausgasemissionen bei. Um diese Emissionen zielgerichtet zu senken, wurde das Wärmeplanungsgesetz verabschiedet und ist seit 2024 in Kraft. Dieses sieht vor, dass alle Kommunen in Deutschland im Rahmen einer Wärmeplanung ihren Wärmesektor betrachten und individuelle Pläne entwickeln, um diesen bis 2045 unter Nutzung der vorhandenen erneuerbaren Potenziale zu dekarbonisieren.

1.2 Zielsetzung

Die Gemeinde Graal-Müritz liegt im Landkreis Rostock im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Sie erstreckt sich über eine Fläche von etwa 8 km² und hat ca. 4.200 Einwohner. Mit der Zielstellung die Wärmeversorgung der Gemeinde bis 2045 klimaneutral zu gestalten, zeigt die vorliegende Wärmeplanung eine Strategie sowie Maßnahmen auf, wie diese erreicht werden kann.

Hierzu wurden zunächst eine Bestands- und Potenzialanalyse durchgeführt. Anschließend wurde der zukünftige Wärmebedarf prognostiziert. Auf dieser Grundlage wurden Szenarien und Maßnahmen entwickelt, wie dieser Bedarf innerhalb der nächsten 20 Jahre sukzessive mit Hilfe erneuerbarer Energien gedeckt werden kann.

Dabei wurde nicht nur die technische Realisierbarkeit berücksichtigt, sondern auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, um die Akzeptanz der Planung zu gewährleisten. Hierzu wurden unterschiedlichste Akteure in die Erstellung der Wärmeplanung eingebunden.

2 Kommunikationsstrategie und Beteiligung Akteure

Der kommunale Wärmeplan für die Gemeinde Graal-Müritz entstand in Zusammenarbeit mit den Akteuren, die für die spätere Umsetzung von zentraler Bedeutung sind. Im Rahmen eines Stakeholdermappings wurden betreffende Akteure identifiziert und konkrete Ansprechpartner benannt. Weiterhin wurde in Abstimmung mit der Gemeinde Graal-Müritz im Rahmen einer Kommunikationsstrategie festgelegt, wie die einzelnen Akteure zu beteiligen sind, um eine möglichst hohe Akzeptanz der Wärmeplanung zu erreichen. Zudem wurden geeignete Kommunikationsmittel für die jeweiligen Akteure bestimmt.

Zu den wesentlichen Akteuren zählen die Bürgermeisterin, die Organe der Gemeindeverwaltung (Bauamt, Gebäudemanagement), Energieversorger (Stadtwerke Rostock AG kurz SWR AG, E.DIS Netz GmbH) sowie die Zweckverbände (Warnow Wasser und Abwasserverband, Wasser- und Bodenverband "Untere Warnow-Küste") und die Wohnungswirtschaft (WG Schifffahrt Hafen Rostock/Gesellschaft für Haus-, Grundstücks- und Vermögensverwaltung mbH). Die genannten Akteursgruppen betrifft die kommunale Wärmeplanung insbesondere, da sie entweder die derzeitige Energieversorgung sicherstellen, große Wärmebedarfe innerhalb des Planungsgebietes verantworten oder maßgebliche Anteile an der zukünftigen Transformation haben.

Zur Sicherung einer partizipativen Wärmeplanerstellung wurden alle Akteure regelmäßig und fortlaufend mit einer für sie zugeschnittenen Kommunikation am Prozess beteiligt, etwa durch Veranstaltungen zum Projektauftritt, bei der Datenerhebung und durch Einzelinterviews sowie durch Präsentation und Diskussion von Ergebnisständen und zur Ausarbeitung der Wärmewendestrategie. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Akteursanalyse Unternehmen identifiziert, die ggf. stark von der Wärmeplanung betroffen sein könnten. Hierbei handelt es sich sowohl um energieintensive Unternehmen (Großverbraucher) als auch potenzielle Lieferanten von unvermeidbarer Abwärme für Nah- und Fernwärmekonzepte. Diese Unternehmen wurden auf Basis von Einzelinterviews sowie einer direkten Datenerhebung in den Prozess der Wärmeplanung eingebunden.

Die Umfrage macht deutlich, dass für die Bürger insbesondere eine nachhaltige aber auch effiziente, umweltfreundliche, sichere und preiswerte Wärmeversorgung im Vordergrund steht.

Eine zweite Bürgerinformationsveranstaltung zur Wärmeplanung fand am 21.01.2026 ebenfalls im Rathaussaal in Graal-Müritz statt. Hier wurden das Zielszenario sowie die Gebietseinteilung zur Wärmeversorgung ausführlich dargelegt und erläutert. Weiterhin wurden Fördermöglichkeiten und Beratungsangebote für den Heizungstausch vorgestellt. Auch bei dieser Veranstaltung wurde ausführlich auf Fragen der Bürger eingegangen (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Akteursbeteiligung im Rathaus Graal-Müritz am 08.09.2025 und am 21.01.2026 (Quelle: KUBUS/K. Kopp)

3 Datenbasis und digitaler Zwilling

Für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans sind Daten essenziell. Diese werden insbesondere im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse in großem Umfang beschafft und für die Simulation einer zukünftigen treibhausgasneutralen Energieversorgung anhand eines GIS-basierten digitalen Zwillings¹ genutzt. Dabei führt der digitale Zwilling die wesentlichen Informationen aus Bestands- und Potenzialanalyse sowie Zielszenario und Wärmewendestrategie zusammen und stellt diese kartografisch, räumlich verortet sowie zeitlich gestaffelt dar.

Zunächst wurden ALKIS- und Geobasisdaten vom Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern bezogen und mit frei verfügbaren Daten aus OpenStreetMap (OSM) abgeglichen. Weiterhin wurden anonymisierte und datenschutzkonform aufbereitete Realverbrauchsdaten und Netzstrukturen für Erdgas und Fernwärme (SWR AG) sowie Schornsteinfegerdaten erhoben. Diese dienen einerseits der Modellvalidierung, andererseits zur Identifikation möglicher Prozesswärmebedarfe und der Zuordnung aktueller Versorgungsstrukturen. Zudem wurden Daten zu Abwärmepotenzialen aus Ab- und Trinkwasser vom Warnow Wasser und Abwasserverband, dem Wasser- u. Bodenverband „Untere Warnow-Küste“ sowie den Betreibern der Meerwasserleitungen (Aquadrom und MEDIAN Kinderklinik „Tannenhof“) bezogen.

Im Rahmen der Datenerhebung erfolgte auch eine Datenabfrage bei energieintensiven Unternehmen. Dies geschah in Form eines standardisierten Datenerhebungsbogens sowie Einzelinterviews. Diese sollten zum einen die strategische Ausrichtung im Hinblick auf die zukünftige Wärmeversorgung aufzeigen und zum anderen Potenziale für unvermeidbare Abwärme identifizieren. Eine Auflistung der zentralen Daten / Informationen ist im Anhang zu finden.

Die Datenerhebung richtete sich nach den Grundsätzen des Datenschutzes gemäß WPG. Die ermittelten Daten der vorliegenden Wärmeplanung wurden nach der internen Verarbeitung mindestens auf Baublockebene² aggregiert.

¹ Ein Kartenwerkzeug auf Basis von GIS-Daten zur Darstellung / Visualisierung des Wärmeplans

²Als Baublock wird die kleinste räumliche Einheit, die von Straßen, Wegen oder anderen geografischen Elementen (z. B. Schienen / Gewässer) umschlossen wird, bezeichnet.

4 Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird zunächst das Planungsgebiet erläutert. Anschließend werden die folgenden Gegebenheiten im Planungsgebiet für das Ausgangsjahr 2024 dargestellt und beschrieben: Gebäudenutzung, Baualtersklassen, Siedlungsdichte, Wärmebedarf, Wärmeversorgung, Treibhausgasbilanz und erneuerbare Energieanlagen.

4.1 Planungsgebiet

Die Gemeinde Graal-Müritz liegt im Landkreis Rostock im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Sie erstreckt sich über eine Fläche von etwa 8 km² und hat ca. 4.200 Einwohner. Die Gemeinde ist ein anerkanntes Ostseeheilbad und umfasst als solches neben Gesundheitseinrichtungen sowie touristischen Unterkünften auch eine Vielzahl an denkmalgeschützten Häusern. Abbildung 3 zeigt das Planungsgebiet mit den beiden Ortsteilen Müritz im Norden und Graal im Süden.

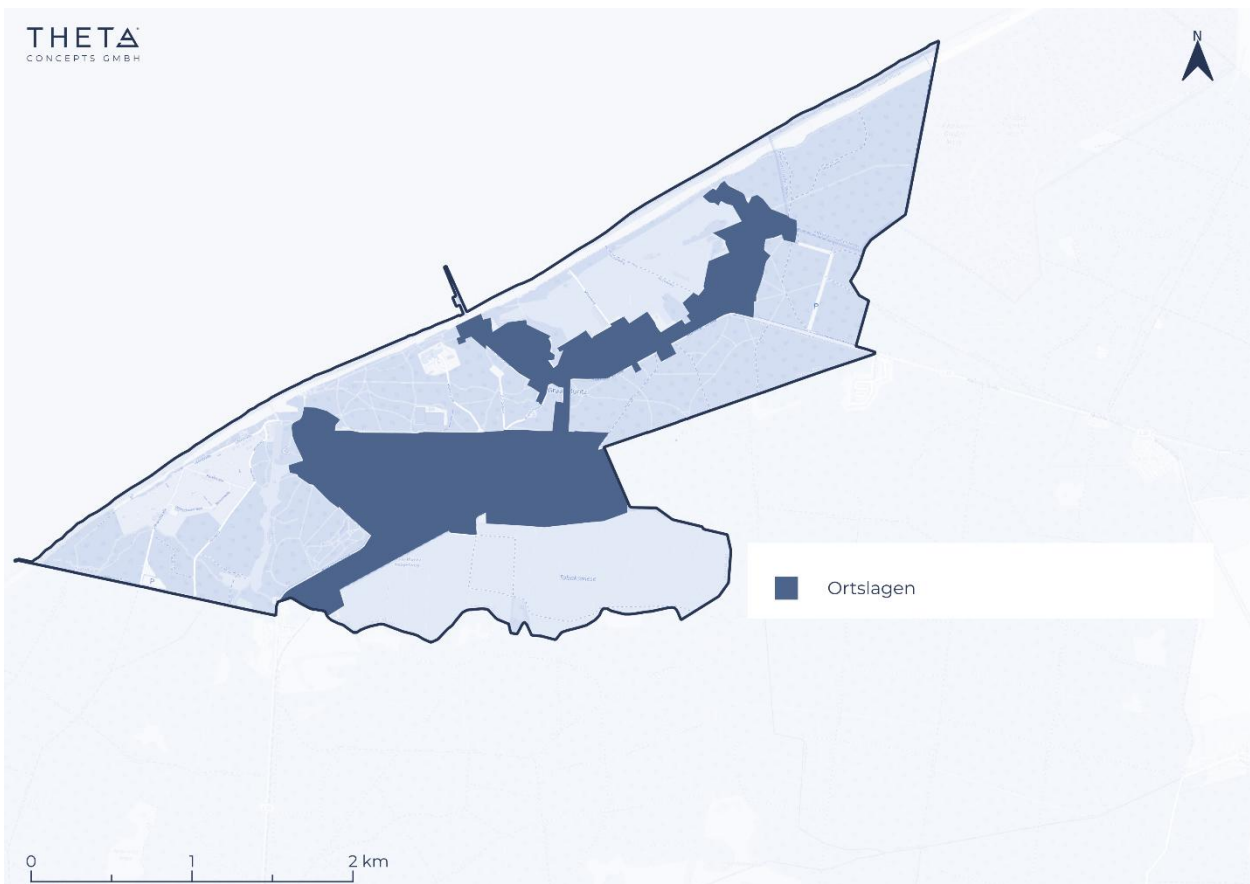


Abbildung 3: Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

Das Planungsgebiet ist überwiegend durch Wald, Siedlungsflächen sowie landwirtschaftliche Flächen geprägt wie Abbildung 4 veranschaulicht.

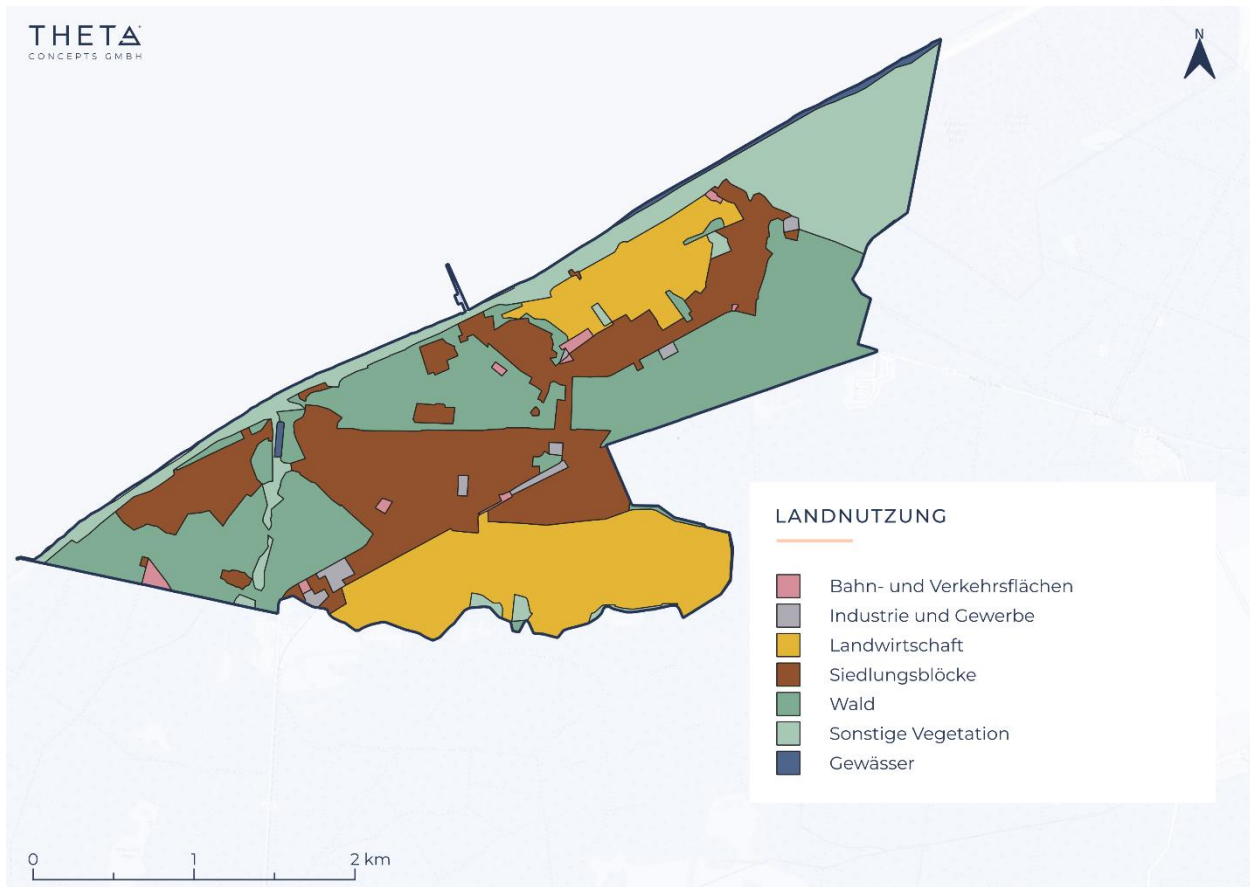


Abbildung 4: Landnutzung im Planungsgebiet auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: Theta Concepts)

4.2 Gebäudenutzung

Im Planungsgebiet ist die Gebäudenutzung überwiegend durch Wohnbebauung geprägt und dem Sektor private Haushalte zuzuordnen (siehe Abbildung 5).

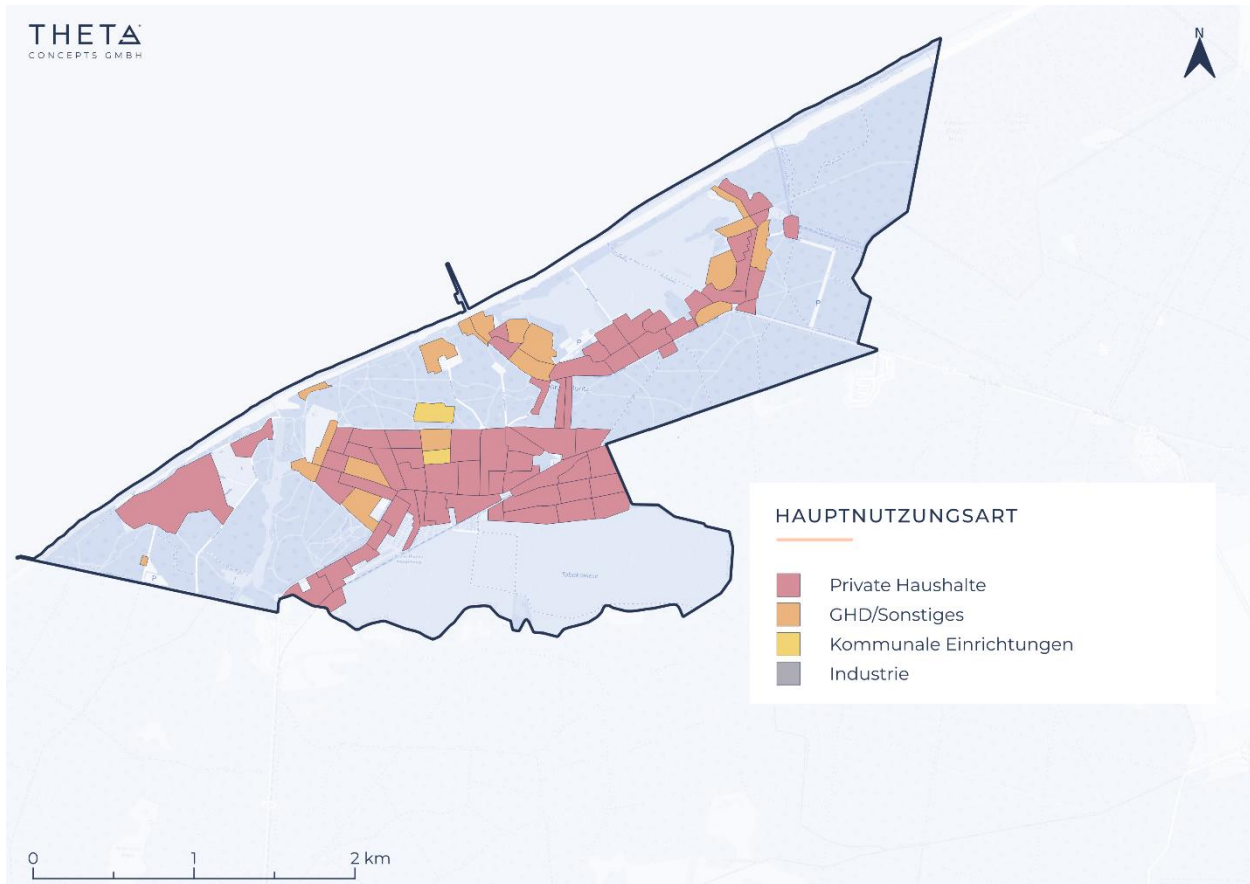


Abbildung 5: Überwiegende Gebäudenutzungsart in den Baublöcken des Planungsgebietes (Quelle: Theta Concepts)

Lediglich eine geringe Anzahl an Gebäuden sind den Sektoren Kommunale Einrichtungen und GHD/Sonstiges zuzuordnen. Industrie ist nicht vorhanden.

4.3 Baualtersklassen

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt die überwiegenden Baualtersklassen der Gebäude innerhalb der Baublöcke. Die Darstellung basiert im Wesentlichen auf statistischen Daten der infas 360 GmbH und ist damit als Indikation des Baualters und der baulichen Entwicklung zu verstehen.

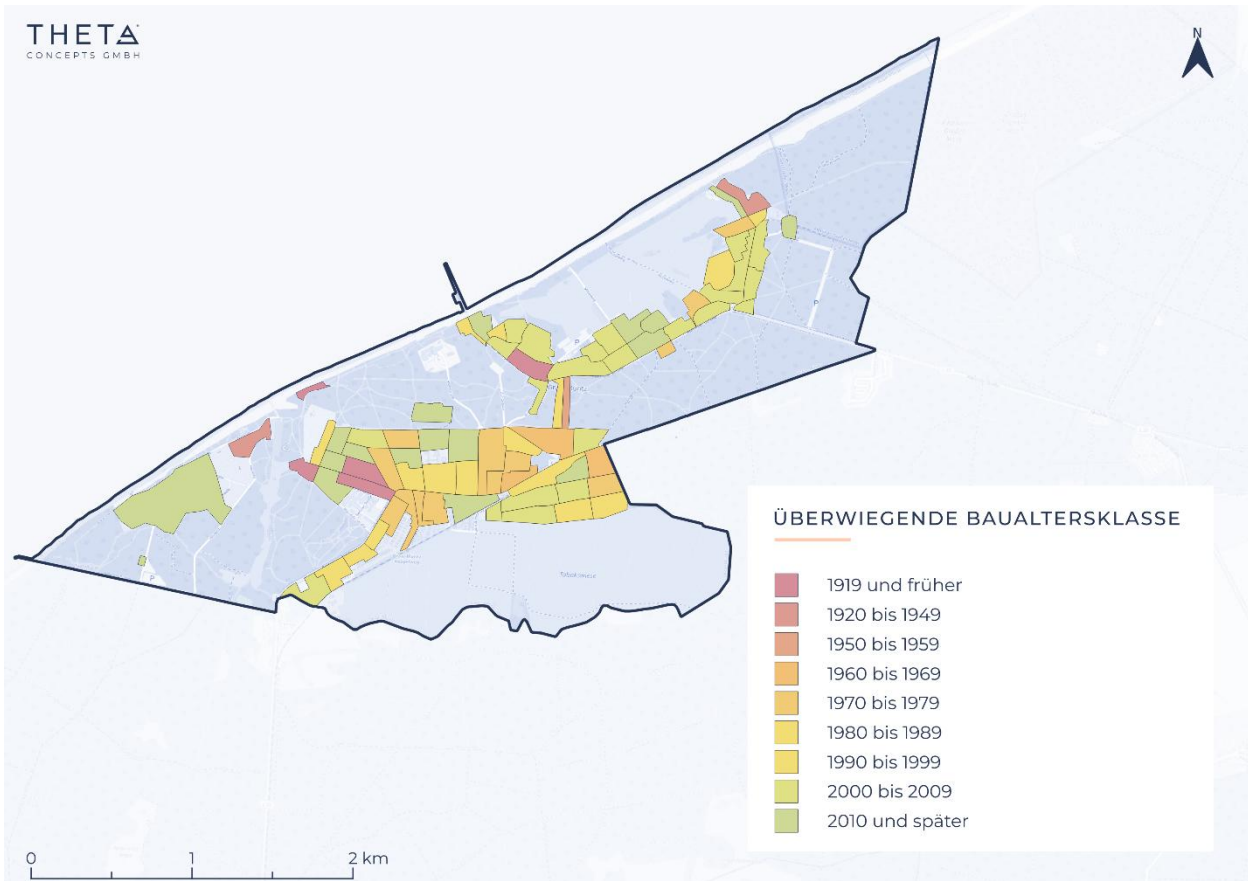


Abbildung 6: Überwiegende Baualtersklassen in den Baublöcken des Planungsgebietes (Quelle: Theta Concepts)

Die überwiegende Bebauung im Planungsgebiet erfolgte ab 2000. Einige wenige Baublöcke werden von historischen Gebäuden mit Baujahr vor 1919 dominiert. Der Median der Baualtersklasse liegt bei 2010.

4.4 Siedlungsdichte

Die Siedlungsdichte wird anhand der Wohnflächen- sowie der Nutzflächendichte betrachtet.

Das gesamte Planungsgebiet zeichnet sich durch eine geringe Wohnflächendichte und vergleichsweise dünne Bebauung sowie geringe Geschossanzahl aus. In Graal zeigt sich in einigen Baublöcken eine erhöhte Wohnflächendichte von 4.000 – 6.000 m²/ha aufgrund von Mehrfamilienhäusern und Plattenbauten (siehe Abbildung 7).

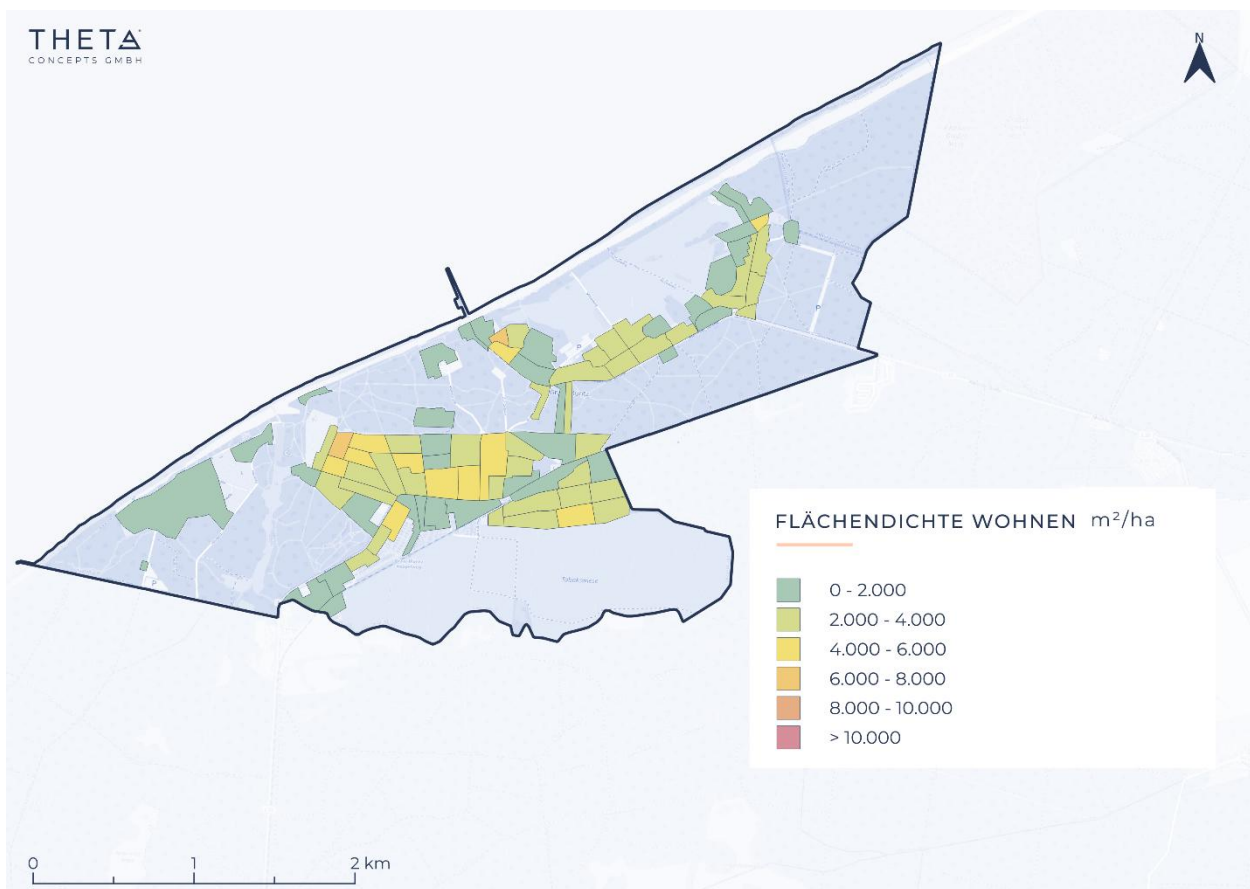


Abbildung 7: Wohnflächendichte in den Baublöcken im Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

Die Nutzflächendichte, die neben den Wohnflächen auch die gewerblich genutzten Flächen mit einbezieht, fällt entsprechend geringfügig höher aus, wie Abbildung 8 zeigt. Einige Baublöcke stechen mit einer Nutzflächendichte von über 10.000 m²/ha (rot markiert) hervor. Hierbei handelt es sich um Gesundheits- und Tourismuseinrichtungen.

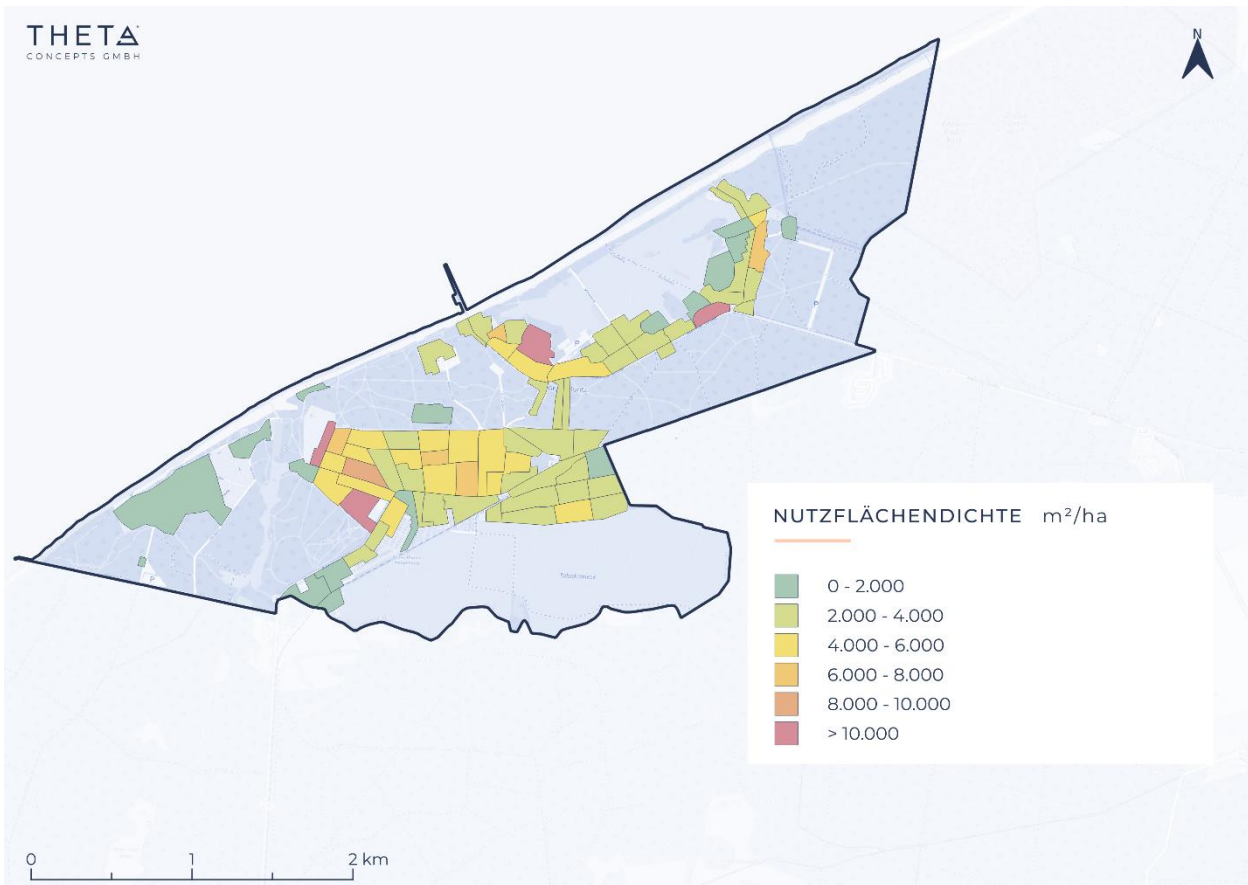


Abbildung 8: Nutzflächendichte in den Baublöcken im Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

4.5 Wärmebedarfe

Als wesentliches Element der Bestandsanalyse gilt die Quantifizierung der Wärmebedarfe für Raumwärme, Warmwasser sowie Prozesswärme. Für die Ermittlung der Wärmebedarfe hat Theta Concepts eine eigens dazu entwickelte Methodik angewandt. Diese wird nachfolgend erläutert.

4.5.1 Methodik zur Ermittlung der Wärmebedarfe

Für die Ermittlung der Wärmebedarfe wurden unterschiedliche Datenquellen genutzt, wie z. B. ein Auszug aus dem amtlichen Liegenschaftskataster (ALKIS) und das digitale Oberflächenmodell (DOM). Bei der Integration der verschiedenen Datenquellen zeigte sich, dass nahezu alle (97 %) beheizten Gebäude im Bestandsdatenkataster geführt sind. Die fehlenden 3 % der Gebäudedaten wurden über OSM ergänzt. Entsprechend weisen das Wärmebedarfsmodell und der daraus erwachsene digitale Zwilling des Planungsgebietes einen vollständigen Bestand relevanter Gebäude auf. Zusätzlich zu den bereits genannten Datenquellen wurden auch Daten der infas 360 GmbH zu Gebäudestrukturen und bestehenden Versorgungsarten integriert.

Die Bilanzierung des Wärmebedarfs im Ausgangsjahr wurde unter Berücksichtigung des Gebäudetyps, der aus Grundfläche und Gebäudehöhe abgeleiteten Nutzfläche sowie des Gebäudealters bilanziert und dem jeweiligen Gebäude zugewiesen. Anschließend wurde der ermittelte Wärmebedarf auf Baublock-Ebene zusammengefasst. Zudem wurden die Energieeffizienzklasse sowie das Sanierungspotenzial aus den vorliegenden sowie ermittelten Daten abgeleitet und ebenfalls in den digitalen Zwilling übernommen. Die Methodik veranschaulicht Abbildung 9.

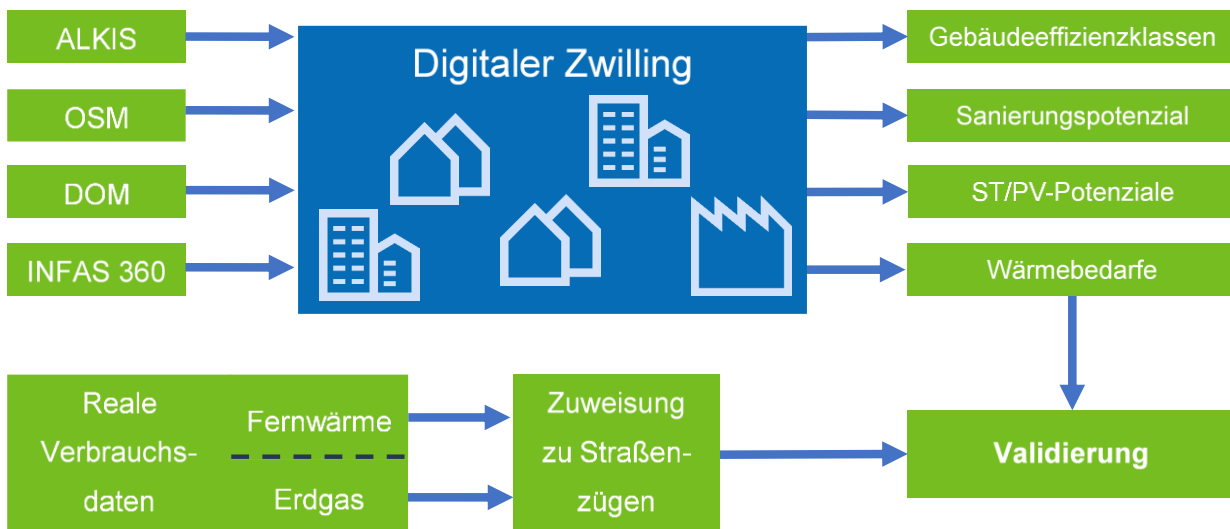


Abbildung 9: Datenquellen und methodisches Vorgehen zur Wärmebedarfsermittlung und zum Aufbau des digitalen Zwillings (Quelle: Theta Concepts)

Wie in den vorhergehenden Ausführungen dargestellt, basieren der digitale Zwilling und die darauf aufbauende Wärmeplanung auf errechneten / bilanzierten Wärmebedarfen anstatt auf Realverbrauchsdaten. Dieser Ansatz wurde gewählt, da das Nutzerverhalten maßgeblich den tatsächlichen Verbrauch prägt und dadurch zum Teil erhebliche zeitliche Schwankungen hervorruft. Hier spielen vor allem die subjektive Wahrnehmung und das Behaglichkeitsempfinden sowie das Lüftungsverhalten eine zentrale Rolle. Zum anderen wird der Realverbrauch durch Leerstand beeinflusst und auch dieser unterliegt einer zeitlichen Volatilität. Des Weiteren liegen Realverbrauchsdaten insbesondere für dezentral versorgte Gebäude i. d. R. nicht vollständig vor. Dennoch wurden Realverbrauchsdaten für erdgas- und fernwärmeversorgte Liegenschaften bezogen und in der Methodik berücksichtigt. Die Realverbrauchsdaten dienen einerseits der Zuweisung von Versorgungsarten im Ausgangsjahr und fließen damit unmittelbar in die THG-Bilanz ein.

Darüber hinaus erfolgt eine Validierung des Wärmebedarfsmodells auf Basis klimabereinigter und korrigierter Verbräuche und einer Prüfung der Güte des Bedarfsmodells anhand von repräsentativen Verbrauchsstellen. Dabei festgestellte Abweichungen wurden außerdem als Indikator genutzt, um Prozesswärmebedarfe zu identifizieren. Siehe hierzu auch Kapitel 4.5.3.

4.5.2 Wärmebedarfe im Ausgangsjahr

Der Großteil der Baublöcke in der Gemeinde zeigt einen geringen Endenergiebedarf für Wärme von unter 1.000 MWh/a im Ausgangsjahr auf, wie Abbildung 10 zeigt. Ausnahmen bilden auch hier wiederum Einrichtungen im Gesundheits- und Tourismusbereich. Hier zeigt sich ein hoher Wärmebedarf von > 2.500 MWh/a.

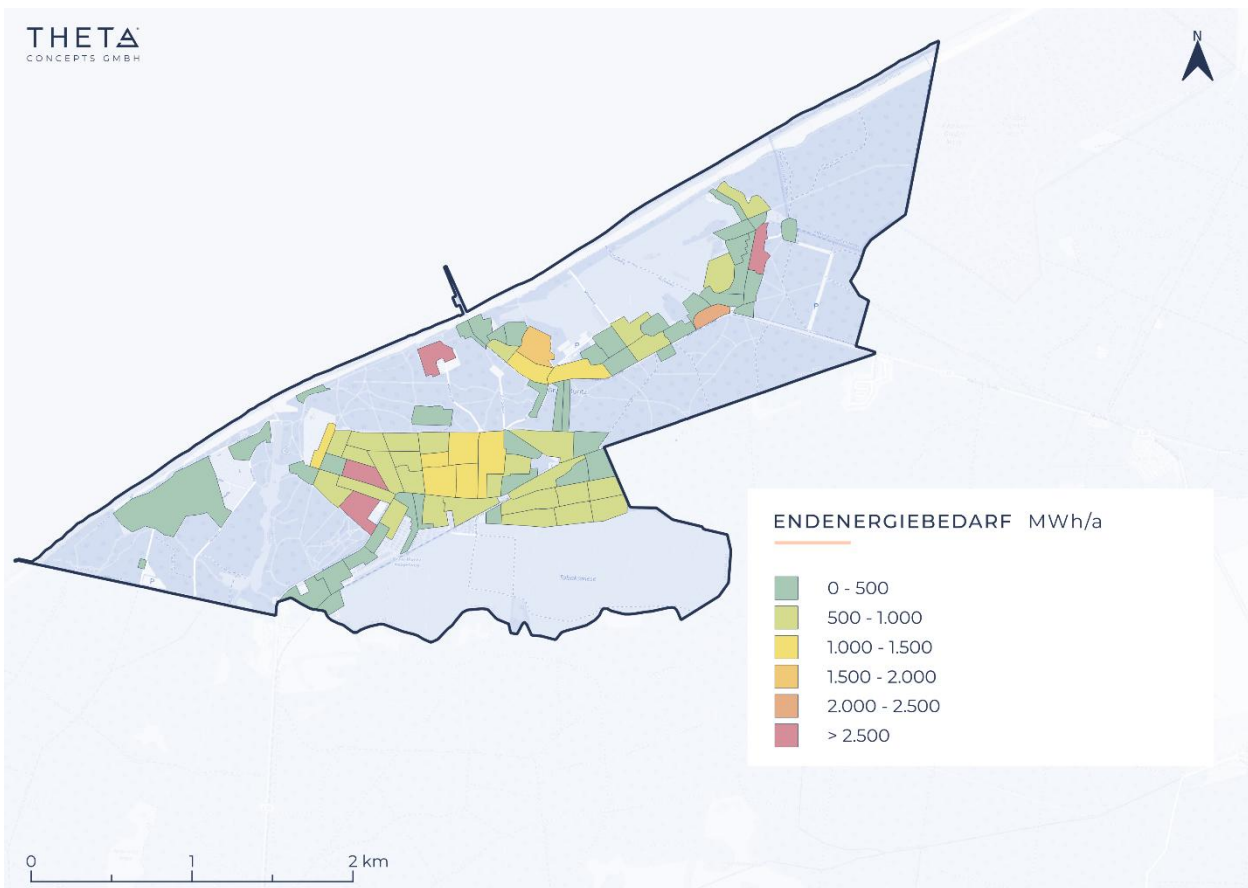


Abbildung 10: Endenergiebedarf Wärme pro Jahr im Ausgangsjahr (Quelle: Theta Concepts)

Zur weiteren Bewertung des Wärmebedarfs wird die Nutzwärmebedarfsdichte herangezogen. Sie zeigt den jährlichen Nutzwärmebedarf je Baublockgrundfläche. Eine leicht erhöhte Dichte von 800 bis mehr als 1.000 MWh/(ha · a) lässt sich auch hier insbesondere für Gebäudeblöcke mit Kliniken, Hotelbetrieben sowie Bildungseinrichtungen feststellen. Alle anderen Gemeindegebiete weisen einen niedrigen Wert von unter 400 MWh/(ha · a) auf wie Abbildung 11 zeigt.

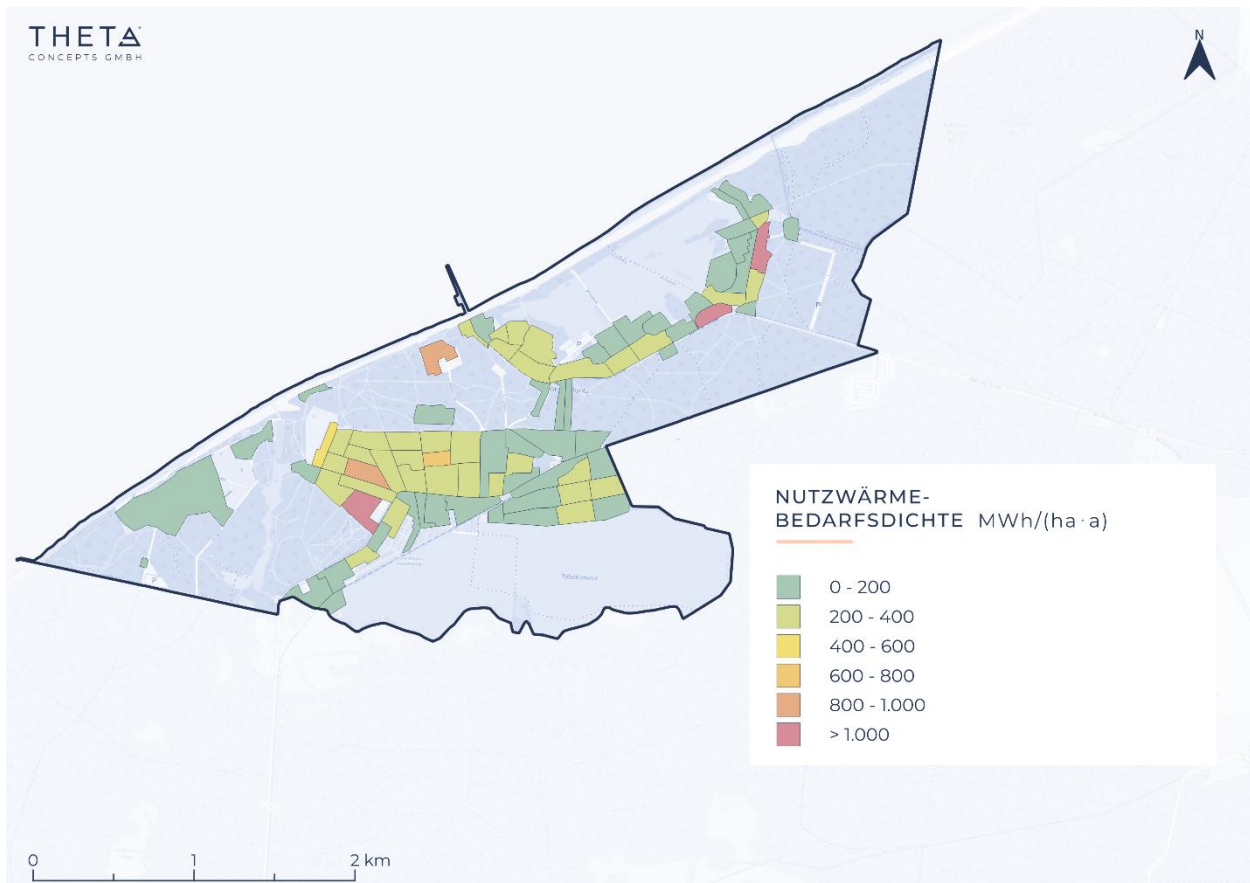


Abbildung 11: Nutzwärmebedarfsdichte im Ausgangsjahr (Quelle: Theta Concepts)

4.5.3 Validierung der Wärmebedarfe

Auf Basis der unter Abschnitt 4.5.1 beschriebenen Methodik wurde der Wärmebedarf anhand von Realverbrauchsdaten (Endenergieverbrauch) validiert. Für das Erdgasnetz zeigt dies Tabelle 1 exemplarisch für zwei Straßen sowie das gesamte Planungsgebiet.

Tabelle 1: Validierung des Wärmebedarfsmodells anhand verschiedener Gebiete mit unterschiedlicher Bebauungs- und Versorgungsstruktur (Quelle: Theta Concepts)

	Einheit	Lange Straße 1-32	Ribnitzer Str. 1-57	Gesamtes Pla- nungsgebiet
Endenergieverbrauch 2022	kWh/a	1.760.454	1.632.316	45.167.555
Endenergieverbrauch 2023	kWh/a	1.527.346	1.509.340	41.594.011
Endenergieverbrauch 2024	kWh/a	1.555.232	1.363.963	40.820.396
Klimabereinigter Endener- gieverbrauchsmittelwert*	kWh/a	1.479.422	1.377.890	38.960.609
Modellierter Endenergiebedarf**	kWh/a	1.688.460	1.540.030	44.140.600
Abweichung	%	12,4	10,5	11,7

*Klimabereinigung auf Jahresdurchschnitt 2001 bis 2020, Heizgrenztemperatur 15 °C, Raumtemperatur 20 °C

**Angenommener Wirkungsgrad Fernwärme-Übergabestation = 0,90, Wirkungsgrad Brennwerttherme = 0,85

Eine Abweichung der Daten von bis zu ± 15 % ist als gut zu bewerten. Entsprechend zeigt die Validierung mit einer Abweichung von 10,5 bis 12,4 %, dass die Realverbrauchsdaten mit den bilanzierten Nutzwärmebedarfen korrelieren.

4.5.4 Wärmelinienichte im Ausgangsjahr

Zur Beurteilung der Wärmenetzzeignung ist die Wärmelinienichte der maßgebende Indikator. Sie zeigt an, wie hoch der Wärmeabsatz entlang einer Trasse ist. Je höher die Wärmelinienichte ist, je wirtschaftlicher ist in der Regel der Bau eines Wärmenetzes. Wie Abbildung 12 zeigt, ist die Wärmelinienichte im Westen Graals sowie vereinzelt auch in Müritz erhöht und lässt auf eine gute Wärmenetzzeignung schließen.

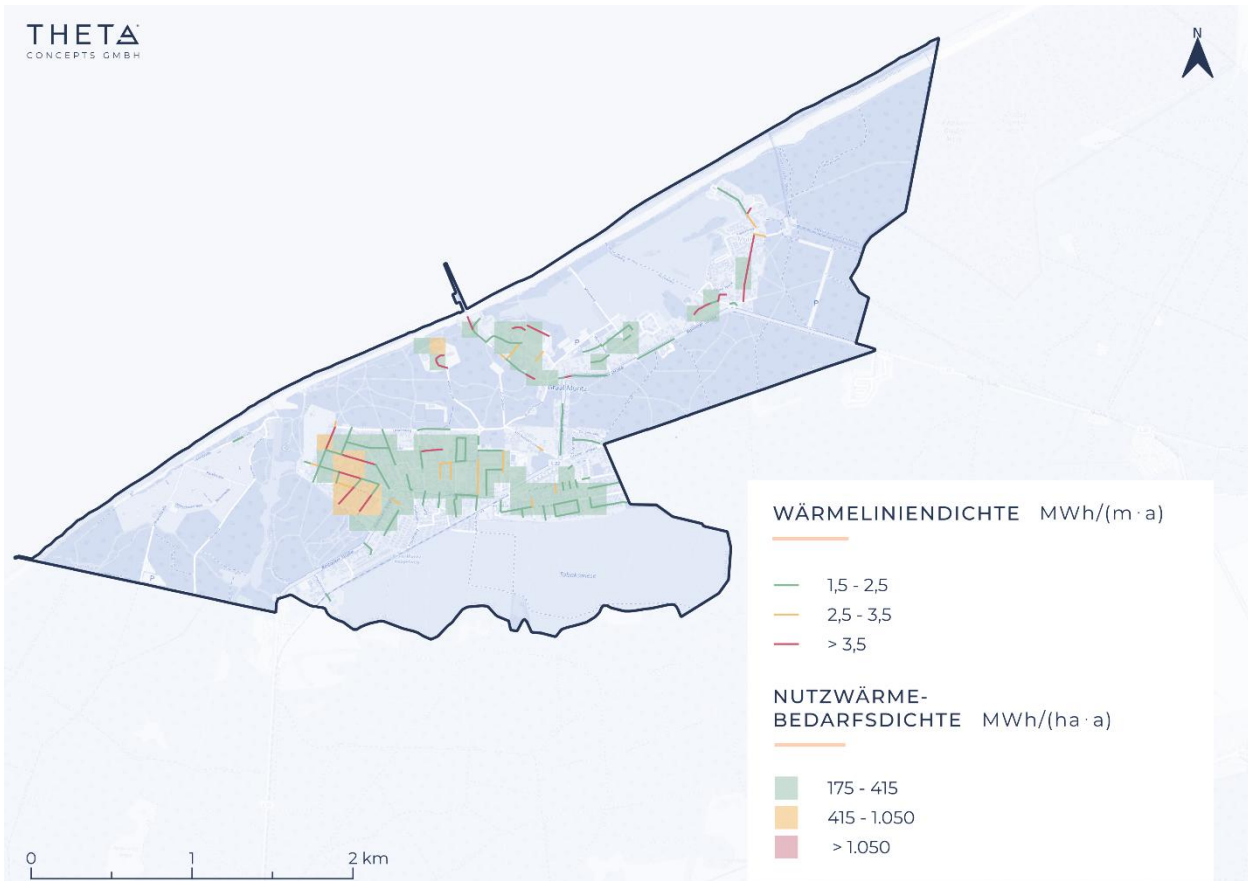


Abbildung 12: Wärmelinienichte im Ausgangsjahr im Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

4.6 Wärmeversorgung im Ausgangsjahr

Aktuell erfolgt die Wärmeversorgung in der Gemeinde maßgeblich mittels Erdgas. Abbildung 13 zeigt die überwiegende Versorgungsart mit Wärme im Planungsgebiet. Zu beachten ist hierbei, dass es sich jeweils um die vorherrschende Versorgungsart innerhalb der jeweiligen Baublöcke handelt.

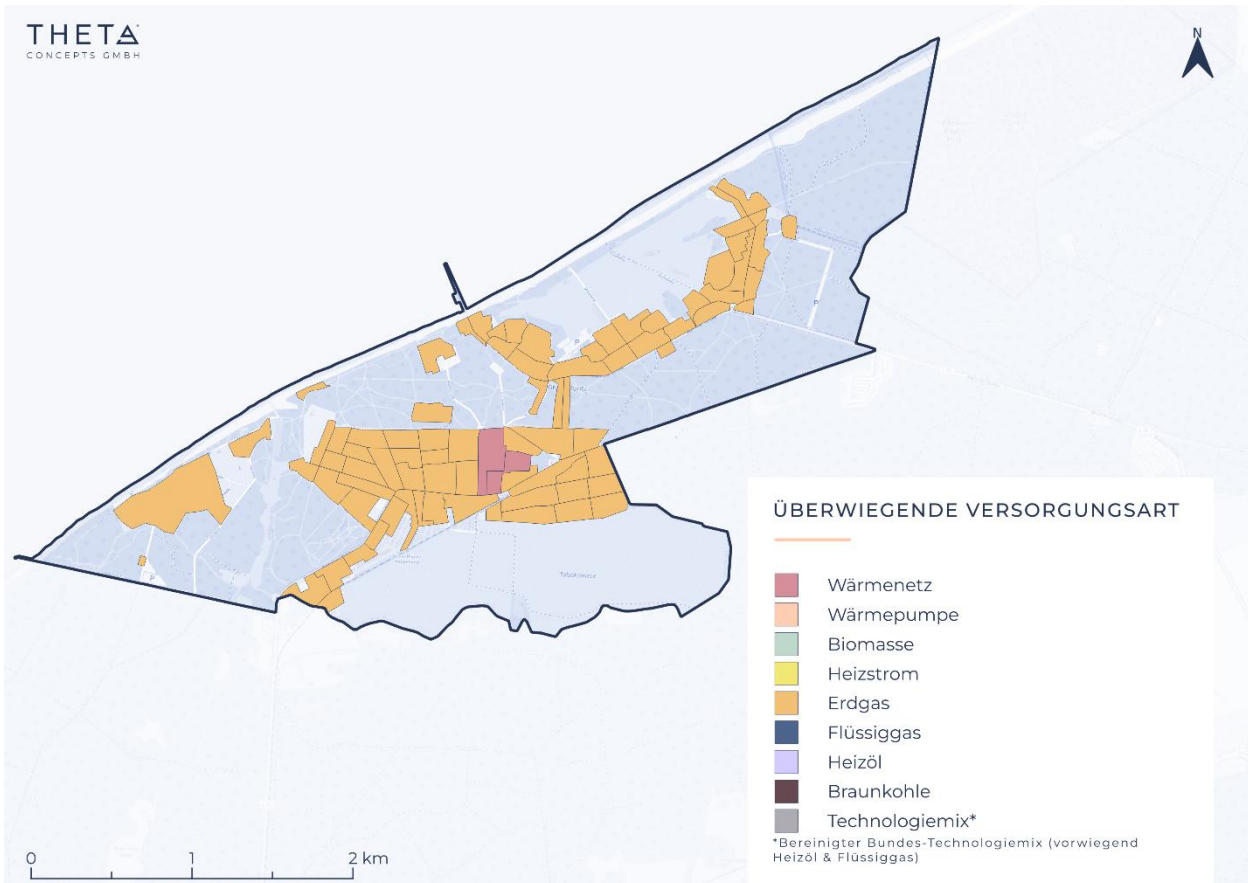


Abbildung 13: Überwiegende Versorgungsart in den Baublöcken im Ausgangsjahr (Quelle: Theta Concepts)

Eine Versorgung mittels Fernwärme gibt es derzeit in einem kleinen Bereich von Graal. Den Fernwärmeanteil zeigt Abbildung 14.

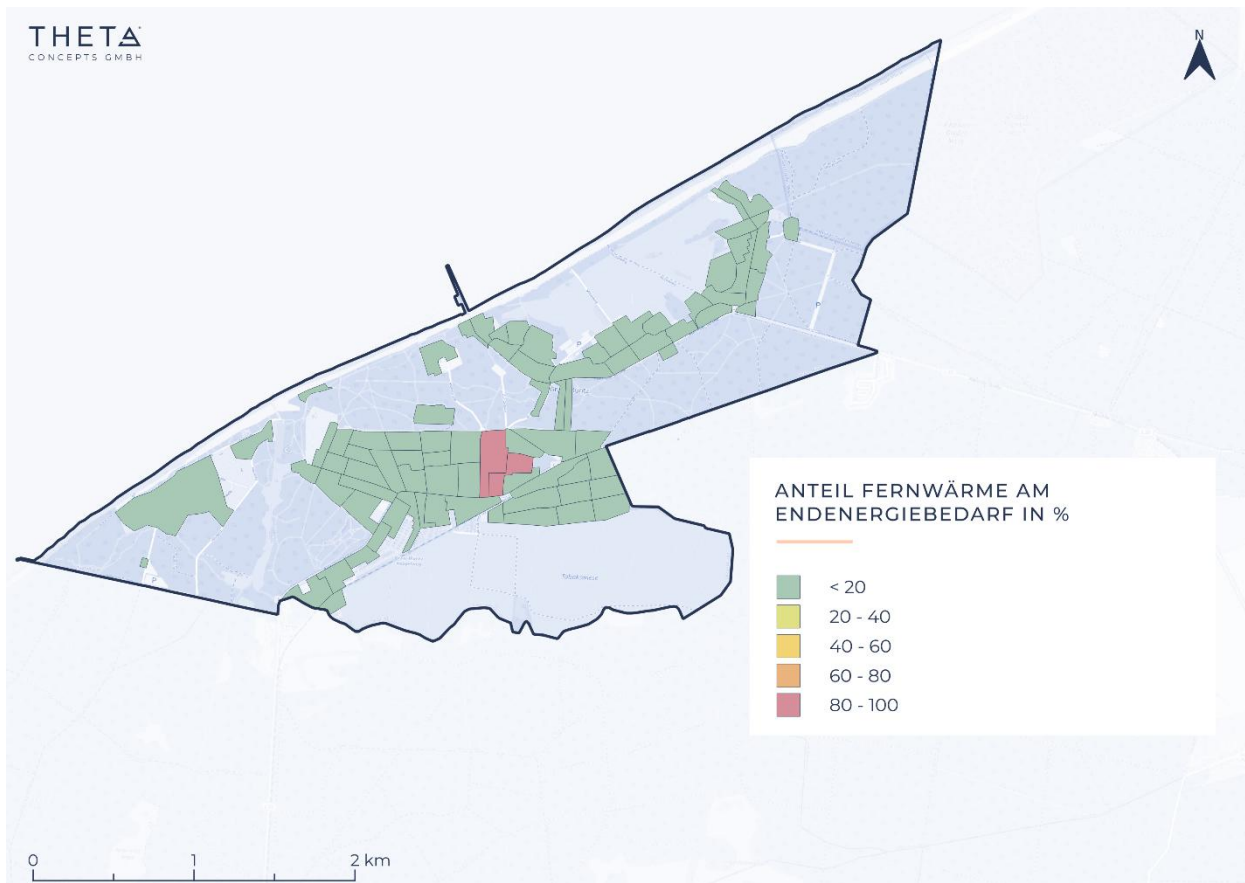


Abbildung 14: Anteil Fernwärmeversorgung in den Baublöcken im Ausgangsjahr (Quelle: Theta Concepts)

Das Fernwärmenetz zwischen Ostseering und Kastanienallee wird von der SWR AG mittels Erdgas betrieben (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Fernwärmeerzeugungsanlage im Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

Standort Heizhaus	Anlagentyp	Energieträger	Primärenergiefaktor
Ostseering 1	Kessel	Erdgas	1,3

Auf der Basis der vorliegenden Wärmebedarfe sowie der Gebäudenutzung wurde der Endenergiebedarf ermittelt. Abbildung 15 zeigt diesen aufgeschlüsselt nach Sektoren und Energieträgern. Der Anteil erneuerbarer Energien ist jeweils in Prozent ausgewiesen.

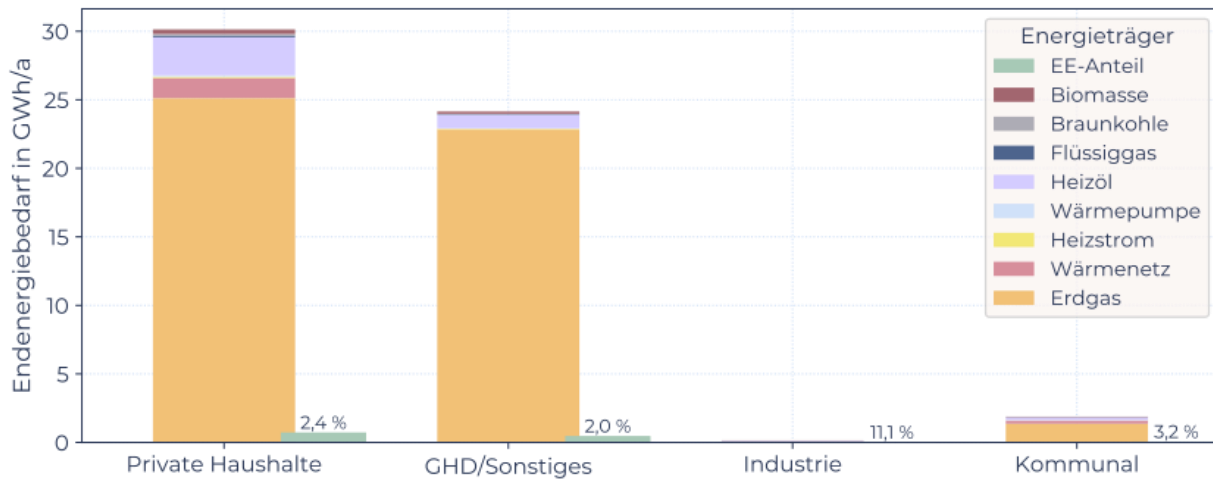


Abbildung 15: Kumulierter Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Sektoren und Energieträgern (Quelle: Theta Concepts)

Der Endenergiebedarf für Wärme für die Gemeinde beträgt etwa 56 GWh pro Jahr. Die Sektoren private Haushalte und GHD/Sonstiges haben dabei mit etwa 30 bzw. 24 GWh/Jahr den höchsten Anteil am Bedarf. Im Vergleich dazu ist der Anteil der Sektoren kommunale Liegenschaften und Industrie mit etwa 1,9 bzw. 0,17 GWh pro Jahr gering. In allen Sektoren wird der Bedarf überwiegend mittels Erdgas und Heizöl gedeckt. Erneuerbare Energien decken in den Sektoren private Haushalte, GHD/Sonstiges sowie kommunale Liegenschaften lediglich 2 bis 3 %. Im Sektor Industrie ist der relative Anteil mit 11 % am höchsten.

4.7 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanz ergibt sich aus dem in Kapitel 4.6 vorgestellten Endenergiebedarf sowie den in der nachfolgenden Tabelle dargestellten CO₂-Faktoren.

Tabelle 3: CO₂-Faktoren der im Planungsgebiet genutzten Energieträger (Quelle: BMWK 2024)

Energieträger	CO ₂ -Faktor in g/kWh
Heizstrom	435
Erdgas	201
Heizöl	266
Flüssiggas	239
Wärmenetz	288
Technologiemix*	269

*Technologiemix basiert auf CO₂-Faktoren vorwiegend für Flüssiggas und Heizöl

Entsprechend des Endenergiebedarfs fällt der CO₂-Ausstoß für die Sektoren private Haushalte und GHD/Sonstige am höchsten aus gefolgt von den Sektoren kommunale Liegenschaften und Industrie. Abbildung 16 zeigt die Anteile der einzelnen Sektoren. Der jährliche CO₂-Ausstoß der Gemeinde für Wärme beträgt im Ausgangsjahr 11.726 t.

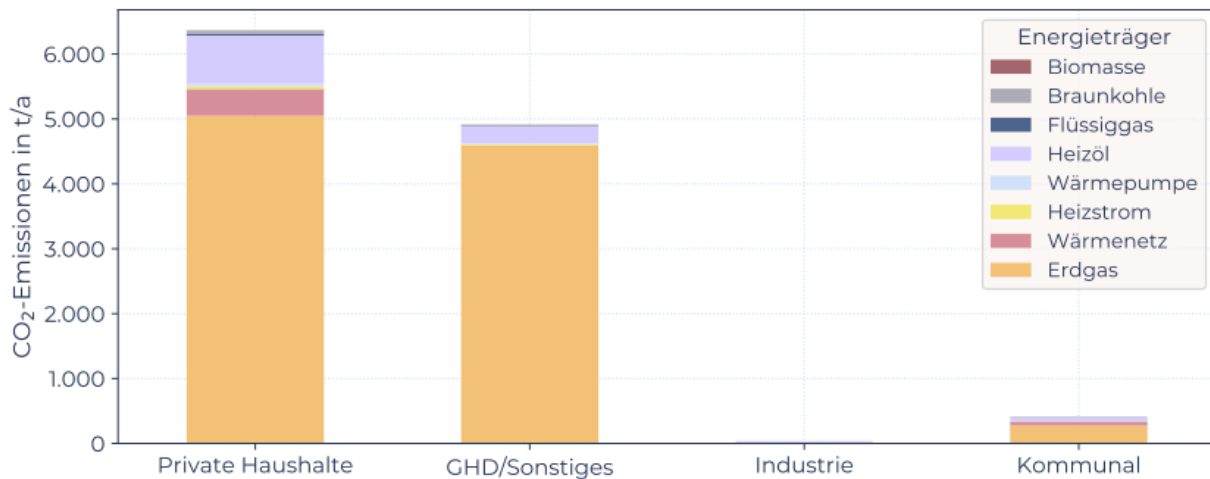


Abbildung 16: Treibhausgasbilanz Wärmeversorgung in den Sektoren entsprechend der Versorgungsarten und Energieträger (Quelle: Theta Concepts)

4.8 Erneuerbare Energieanlagen im Ausgangsjahr

Zum Zeitpunkt der Wärmeplanerstellung finden sich innerhalb des Planungsgebietes keine Biogas-, PV-Freiflächen- oder Windenergieanlagen.

5 Potenzialanalyse

In diesem Kapitel werden mögliche Potenziale zur Reduktion von Wärmebedarfen für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme sowie Potenziale an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme im Planungsgebiet untersucht und vorgestellt. Die Prognose des zukünftigen Wärmebedarfs und die Ermittlung der Potenziale bilden die Basis für die Entwicklung des Zielszenarios.

5.1 Potenziale zur Einsparung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme

Für die realistische Einschätzung des zukünftigen Wärmebedarfs in den Zwischenzieljahren sowie im Zieljahr ist die Betrachtung verschiedener Einflussgrößen notwendig. Hier sind zum einen die Steigerung der Energieeffizienz durch Sanierung und die damit einhergehende Senkung der Wärmebedarfe, insbesondere für Raumwärme und Warmwasser, Zu- und Rückbauzahlen von Gebäuden sowie die Entwicklung der Bevölkerung im Planungsgebiet und die Veränderung des Klimas bzw. der Heizperioden im Planungsgebiet zu nennen.

5.1.1 Energieeffizienzpotenzial Gebäude

Für eine zukünftige Wärmeversorgung auf der Grundlage erneuerbarer Energie ist es sinnvoll und notwendig, die aktuellen Wärmebedarfe mit Hilfe von Effizienzmaßnahmen zu senken. Dies betrifft Wohn- und Nichtwohngebäude gleichermaßen. Zu den Maßnahmen gehört neben der Dämmung der Gebäudehülle auch der Einsatz effizienter Heizsysteme.

Im Rahmen der Wärmeplanung wird ein realistisches Maß für die Reduzierung des Energieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser identifiziert, räumlich verortet und zugewiesen. Entscheidend für die Bestimmung des zukünftigen Sanierungsstandes sind die Sanierungstiefe der einzelnen Gebäude, die Quote der jährlich energetisch sanierten Gebäude sowie die Auswahl der zu ertüchtigenden Objekte im Gesamtbestand. Die Ermittlung der Sanierungsziele für Wohn- und Nichtwohngebäude erfolgt dabei gesondert und wird nachfolgend beschrieben. Lediglich für Gebäude mit Denkmalschutz wurde übergreifend eine maximale Sanierungstiefe von 10 % angenommen.

Energetische Sanierung Wohngebäude

Dem „Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung“ der KEA BW entsprechend, bestimmt sich das Sanierungspotenzial für Bestandswohngebäude nach seiner Baualtersklasse sowie dem zugeordneten flächenbezogenen Verbrauch im Ist- sowie im Zielzustand 2050.

Jedem Gebäude wird auf Grundlage seiner Baualtersklasse entweder ein Zielverbrauch oder eine Verbrauchseinsparung zugewiesen, wie Abbildung 17 zeigt (vgl. Peters et al. 2023).

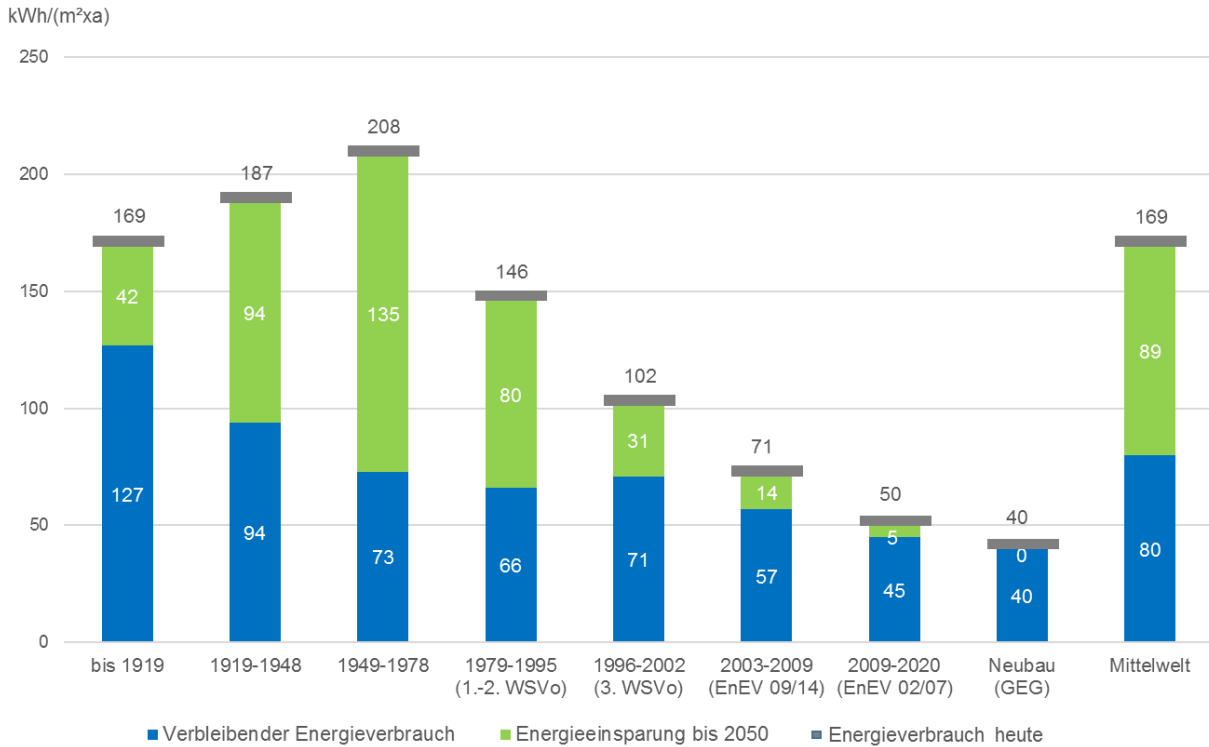


Abbildung 17: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Altersklassen für den Ist-Zustand (teilsaniert) und nach energetischer (Voll-)Sanierung bis 2050 Wohngebäude (Quelle: BMWi, 2014, KEA BW 2023).

Die daraus hervorgehende gebäudespezifische Verbrauchsreduktion wird konsistent auf den Wärmebedarf übertragen und in den digitalen Zwilling übernommen.

Energetische Sanierung Nichtwohngebäude

Aufgrund der unterschiedlichen Wärmebedarfe von Nichtwohngebäuden wird das Sanierungsziel nach VDI 3807 entsprechend der Nutzungsart (ALKIS) bestimmt wie Tabelle 4 zeigt:

Tabelle 4: Auszug der Referenzwerte (absolut und relativ) für den flächenbezogenen Endenergieverbrauch nach VDI 3807

Nutzungsart (ALKIS)	Bezeichner	Sanierungsziel / kWh / (m ² a)	Maximale Sanierungstiefe / %
2020	Bürogebäude, Verwaltungsgebäude	60	38
2071	Hotel, Motel, Pension	146	23
2140	Lager, Lagerhalle	52	41
3020	Schulen	65	35
3211	Sport- oder Turnhalle	73	46

Für die Prognose des Sanierungspotenzials wurden zwei Szenarien gerechnet: „Worst First“ und „zufällig“. Mit „Worst First“ ist gemeint, dass die Gebäude, die sich in einem schlechten energetischen Sanierungszustand befinden, zuerst saniert werden. Im Szenario „zufällig“ erfolgt die energetische Sanierung einzelner Gebäude im Zusammenhang mit anderen Sanierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahmen – also eher „zufällig“.

Auf Basis dieser beiden Szenarien wurden unterschiedliche Sanierungsquoten angenommen: Moderat mit 0,5 % sowie realistisch/ambitioniert mit 1 % jährlich. Die unterschiedlichen Szenarien zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5: Szenarien für die energetische Sanierung des Gebäudebestandes (Quelle: Theta Concepts)

Szenario	Sanierungsquote	
Worst First → Priorität auf Gebäude in schlechtem energetischem Zustand	0,5	1%
Zufällig → Zufällige Auswahl der Sanierungsobjekte	0,5	1%

Für die weiteren Berechnungen wurde das „Worst-First“-Szenario mit einer Sanierungsquote von 1 % angenommen.

Das Energieeinsparpotenzial im Planungsgebiet zeigt Abbildung 18.

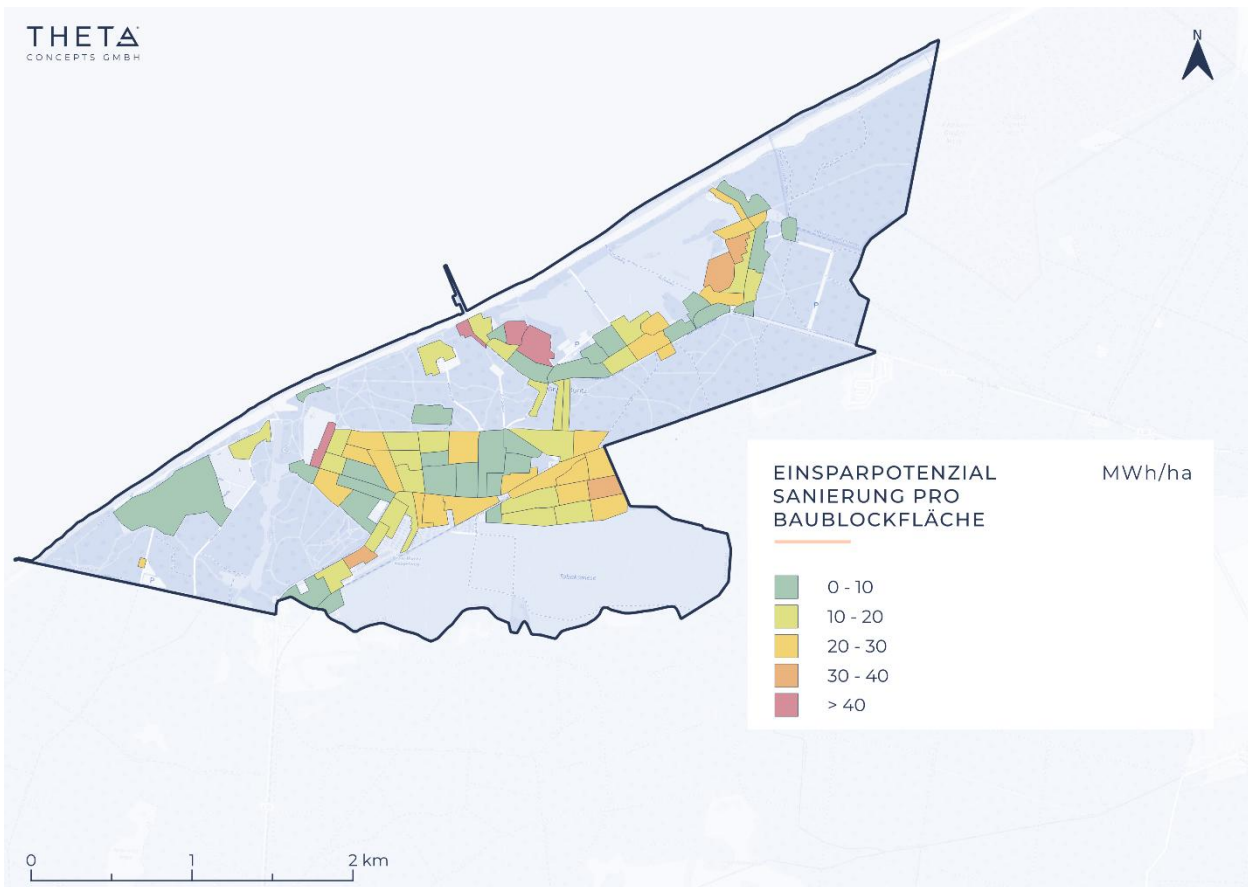


Abbildung 18: Energieeinsparpotenzial im Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

5.1.2 Entwicklung von Prozesswärme

Im Gegensatz zu Raumwärme und Warmwasser lässt sich die Entwicklung des Bedarfs für Prozesswärme nicht modellbasiert ermitteln. Aus diesem Grund wurden Realdaten sowie geplante Maßnahmen zur Energieeinsparung bei relevanten Unternehmen im Planungsgebiet abgefragt. Sofern Daten übermittelt wurden, sind diese in den Szenarien berücksichtigt worden.

5.1.3 Demografische Entwicklung

Die Entwicklung der Bevölkerung hat erheblichen Einfluss auf den Wärmebedarf und ist daher bei der Prognose des zukünftigen Wärmebedarfs zu berücksichtigen. Für die Gemeinde wurde entsprechend einer Prognose des Planungsverbandes für die Region Rostock ein Bevölkerungszuwachs von 1,3 % angenommen.

5.1.4 Neubau, Rückbau oder Umgestaltung von Wohnraum und Anpassung von Flächennutzung

Konkrete Planungen für den Neu- oder Rückbau bzw. die Umgestaltung oder Anpassung von Wohnraum und die Nutzung von Flächen lagen nicht vor und fanden daher keinen Eingang in die Prognose der Wärmebedarfsentwicklung.

5.1.5 Klimatische Einflüsse

Der Klimawandel verursacht den Anstieg der Jahrestemperatur. Entsprechend sinken die Anzahl der Tage, an denen geheizt werden muss sowie der Wärmebedarf. Abbildung 19 zeigt den für Deutschland prognostizierten Verlauf der Gradtagszahl. Insgesamt verzeichnet die Gradtagszahl einen Rückgang von 5,6 % zwischen 2023 und dem Zieljahr 2045.

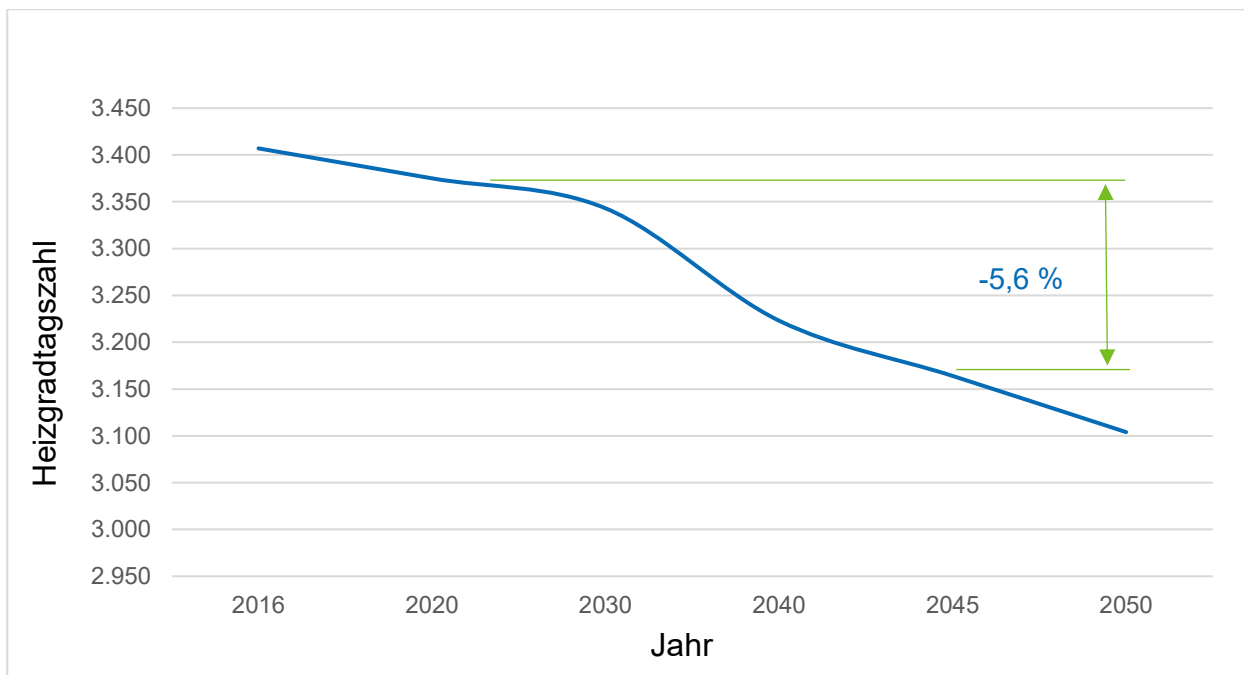


Abbildung 19: Entwicklung der Heizgradtagzahlen (Quelle: Prognos AG)

5.1.6 Wärmebedarfsprognose bis 2045

Aufgrund der oben genannten Einflussfaktoren wird der Nutzwärmebedarf, der im Ausgangsjahr etwa 44 GWh beträgt, in den nächsten Jahren sinken. Wie stark dieser absinkt, ist davon abhängig, ob und wie Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt werden. Abbildung 20 zeigt hierzu verschiedenen Szenarien.

Bei einem Szenario „Wie bisher“ sinkt der Wärmebedarf aufgrund der klimatischen und demographischen Veränderungen bis 2045 um 1,8 GWh. Erfolgt die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen sind weitere Einsparungen möglich. Werden beispielsweise zuerst die 1 % der Gebäude saniert, die sich in einem sehr schlechten energetischen Zustand mit hohem Wärmebedarf befinden, so kann die Einsparung auf etwa 3,5 GWh ansteigen. Entsprechend würde im „Worst-First Szenario 1 %“ der Nutzwärmebedarf bis zum Zieljahr 2045 auf etwa 40,6 GWh/a sinken.

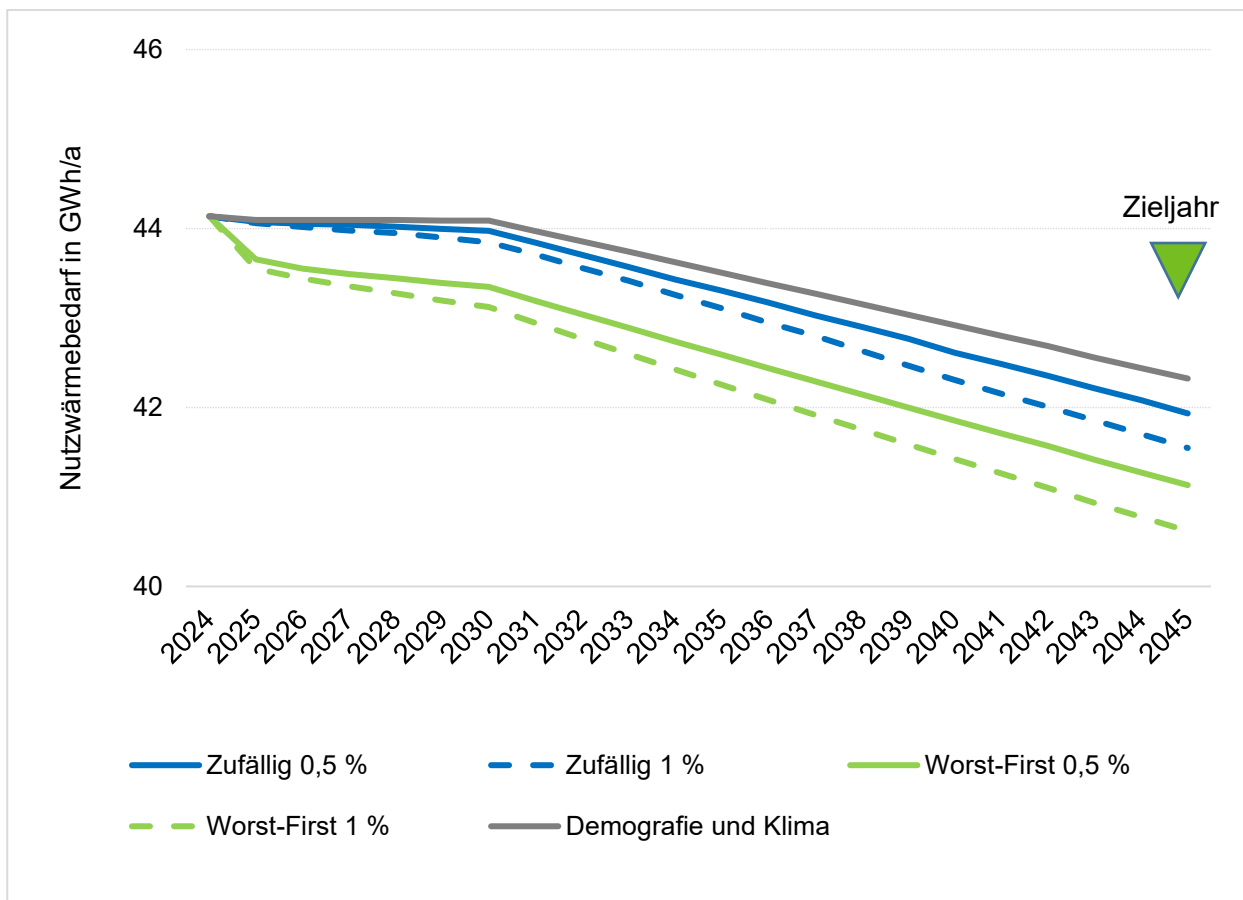


Abbildung 20: Szenarien Nutzwärmebedarfsentwicklung bis 2045 (Quelle: Theta Concepts)

Um eine möglichst hohe Absenkung des Nutzwärmebedarfs zu erreichen, könnte die Gemeinde die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen besonders energieintensiver Gebäude mit Hilfe von Anreizen forcieren.

Die nachfolgende Abbildung 21 zeigt, wie sich der Wärmebedarf innerhalb der Gemeinde bis 2045 entwickeln wird.



Abbildung 21: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs Gemeinde Graal-Müritz bis 2045 (Quelle: Theta Concepts)

5.2 Potenzialanalyse an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme für die zentrale Wärmeversorgung

In diesem Kapitel werden die im Planungsgebiet befindlichen Potenziale an unvermeidbarer Abwärme sowie erneuerbarer Energie entsprechend ihrer Nutzung für eine zentrale Versorgung aufgezeigt.

5.2.1 Potenziale an unvermeidbarer Abwärme

Unter Abwärmepotenzialen werden sämtliche Sekundär- oder Niedertemperaturquellen verstanden, deren Nutzung auf direktem Weg oder mittels Wärmepumpen zum Ersatz fossiler Brennstoffe genutzt werden können. Da die Nutzung von unvermeidbarer Abwärme der Nutzung erneuerbarer Energie gleichgestellt ist, kommt auch ihr eine große Bedeutung für die zentrale Wärmeversorgung zu. Nicht zuletzt deshalb, weil die Nutzungsanlagen der Abwärme in der Regel deutlich kostengünstiger und flächenschonender ausfallen und eine höhere Akzeptanz aufweisen als erneuerbare Energieanlagen.

Unvermeidbare Abwärme aus Unternehmensprozessen

Potenziale aus unvermeidbarer Abwärme wurden zum einen bei ansässigen Unternehmen direkt abgefragt. Zum anderen wurden Daten der Plattform für Abwärme der BfEE abgerufen und ausgewertet. Bei nur einem der Unternehmen konnte ein Potenzial ausfindig gemacht werden, wie Abbildung 22 zeigt.

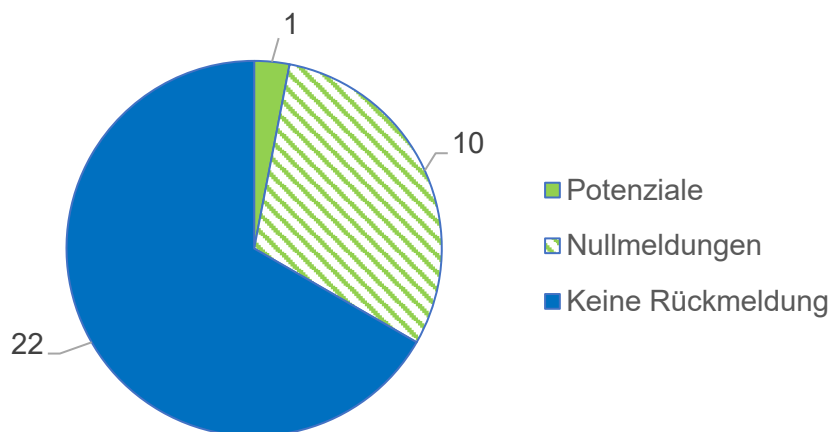


Abbildung 22: Auswertung der Abfrage von Abwärmepotenzialen im Planungsgebiet

Bei dem aus der Unternehmensabfrage identifizierten Abwärmepotenzial handelt es sich um Abwärme aus der Mutter-Kind-Kurklinik. Da das Potenzial Schwankungen unterliegt wurde es jedoch als nicht besonders relevant eingestuft.

Abwärme aus Biogasanlagen

Im Planungsgebiet befinden sich keine Biogasanlagen. Entsprechend gibt es keine Abwärmepotenziale, die für eine zukünftige Wärmeversorgung genutzt werden könnten.

Abwasserwärme

Abwasser besitzt ebenfalls ein technisches Abwärmepotenzial. Die Temperatur des Abwassers unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen, die sich zumeist im Bereich von 6 °C bis 20 °C bewegen. Typischerweise liegt die Temperatur des Abwassers im Sommer unterhalb und im Winter oberhalb der Umgebungstemperatur, weshalb sich Potenziale sowohl für das Heizen als auch für das Kühlen von Gebäuden ergeben können. Das thermische Potenzial des Abwassers ist bislang meist ungenutzt und kann verschieden in die Wärmeversorgung einfließen. Neben einer dezentralen Nutzung (Wärmeübertrager und / oder Wärmepumpe) sind auch zentrale Lösungen auf Basis von kalter Nahwärme für neue Quartierskonzepte sowie Fernwärmekonzepte (Großwärmepumpe) denkbar.

Weil die chemisch-biologischen Prozesse in einer Kläranlage sehr temperatur-sensitiv sind und das Wasser im Zulauf zum Teil starke Verschmutzungen aufweist, wird für die Nutzung des Potenzials eine Entnahme des Klarwassers präferiert. Aufgrund der geringen Durchflüsse ist das Abwärmepotenzial vor allem in kleineren Kläranlagen sehr begrenzt. Unter Beachtung der Durchflussmengen könnten sich jedoch Möglichkeiten für Abwasserwärme ergeben.

Unter Beachtung der Durchflussmengen und Temperaturniveaus innerhalb der Heizperiode kommen drei der 13 Abwasserpumpwerke sowie die Meerwasserleitung des Aquadroms für eine Betrachtung der Abwasserwärme infrage. Hierbei sind grundsätzlich zwei Optionen zu behandeln: Direkte Nutzung durch kalte Nahwärme und Nutzung für Nah- und Fernwärme durch Temperaturanhebung mittels Großwärmepumpe. Insofern wäre auch eine Anhebung des Potenzials auf 75 °C oder 80 °C zur Einspeisung in Fernwärme denkbar. Mit Hilfe der dafür erforderlichen Großwärmepumpe ergibt sich für Graal-Müritz ein Potenzial von bis zu 4,7 GWh/a wie Tabelle 6 zeigt. Das Schöpfwerk Stromgraben wurde nicht mit einbezogen, da das Potenzial zu Wärmenutzungszwecken nicht zuverlässig durchgängig verfügbar ist.

Tabelle 6: Potenzial zur Nutzung von Wärme aus Abwasser (Quelle: Theta Concepts)

Standort	Quelle	Abwärme GWh/a	Status
Abwasserpumpwerk Friedhofsweg 4	Abwasser	1,2 GWh/a	ungenutzt
Abwasserpumpwerk Lindenweg 2	Abwasser	0,76 GWh/a	ungenutzt
Abwasserpumpwerk Strandstr. 30 a	Abwasser	1,62 GWh/a	ungenutzt
Abwärmennutzung Meerwasser Aquadrom	Meerwasser	1,1 GWh/a	ungenutzt

Klärgas fällt lt. Aussage der Zweckverbände nicht an bzw. wurde nicht mitgeteilt.

5.2.2 Potenzialflächen für erneuerbare Energie und Speicherlösungen (Freiflächen)

Für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmebedarfs sind adäquate Flächen erforderlich. Hierzu wurden zunächst Flächen identifiziert und ausgeschlossen, die mindestens eines der folgenden Kriterien aufweisen:

- vorhandenen Siedlungs-, Verkehrs-, Gewässer-, Wald und Naturschutzflächen zugeordnet werden können,
- nach Flächennutzungsplan oder den zur Verfügung gestellten Bebauungsplänen bereits anderweitig verplant sind,
- sich unterhalb von Freileitungen befinden,
- kleiner als 1 ha sind,
- einen großen Abstand (> 500 m) zu Siedlungsflächen aufweisen oder
- hohe Ackerzahlen haben.

Nach Durchführung des Ausschlussverfahrens konnten aufgrund der kleinen Fläche des Planungsgebiets, der dichten Bebauung sowie der Waldflächen keine konkreten Flächen identifiziert werden, die sich für einen Erzeugerpark eignen. Daher wurden die Flächenbedarfe für die jeweiligen Erzeugerparke im Zielszenario (Kapitel 7) veranschlagt.

5.2.3 Geothermie

Geothermie bezeichnet die Nutzung thermischer Energie im Erdreich. Im Gegensatz zur Außenluft unterliegt das Erdreich geringeren zeitlichen Schwankungen, bietet ein höheres Temperaturniveau und kann so effizient die Wärmeversorgung von Gebäuden gewährleisten.

Je nach Tiefe des genutzten Reservoirs wird in oberflächennahe Geothermie, mitteltiefe Geothermie und Tiefengeothermie unterschieden. Mit zunehmender Tiefe steigt die Höhe der Reservoirtemperatur sowie ihre Kontinuität. Die Erdtemperatur nimmt ca. 3 Kelvin je 100 Meter in Richtung Erdkern zu.

Für die Nutzung der Geothermie bieten sich in Abhängigkeit des Untergrundes, der verfügbaren Fläche und der angestrebten Tiefe folgende Technologien an: Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren, Erdwärmekörbe und -spiralen sowie Grundwasserwärmepumpen.

Die verschiedenen Arten der Geothermie und ihre Potenziale im Planungsgebiet werden nachfolgend näher erläutert.

Oberflächennahe Geothermie

Wird Erdwärme aus oberen Erdschichten von bis zu 400 Metern genutzt, so handelt es sich hierbei um oberflächennahe Geothermie. Je nach Standort liegt die Reservoirtemperatur in unmittelbarer Nähe zur Erdoberfläche bei 8-12 °C; bei 400 Metern kann diese bereits bis zu 25 °C betragen. Entsprechend effizient ist eine Wärmeversorgung darstellbar.

Im Rahmen der zentralen Wärmeversorgung von Gebäuden kann oberflächennahe Erdwärme für kalte Nahwärme genutzt werden, sofern bestimmte bauliche Strukturen und Potenzialflächen vorhanden sind. Da im vorliegenden Fall jedoch keine konkreten Potenzialflächen identifiziert werden konnten, wurden die Möglichkeiten zur zentralen Nutzung oberflächennaher Geothermie für die vorliegende Wärmeplanung nicht näher untersucht. Eine Nutzung für die dezentrale Versorgung wird in Abschnitt 5.3.1 näher erläutert.

Mitteltiefe Geothermie und Tiefengeothermie

Mitteltiefe Geothermie nutzt Reservoirs in 400 bis 1.000 Metern Tiefe. Ab 1.000 Metern spricht man von Tiefengeothermie. Für die Nutzung werden insbesondere Reservoirs herangezogen, die Temperaturen von mehr als 50 °C aufweisen und lediglich eine geringfügige Anhebung auf die benötigten Vorlauftemperaturen benötigt. Mit Hilfe effizienter Großwärmepumpen kann die Wärmeversorgung mit besonders geringen Betriebskosten erfolgen.

Allerdings ist die Erschließung dieser Reservoirs mit hohen Investitionskosten (Erkundung, Bohrung und Anlagentechnik) und Risiken verbunden, weshalb zunächst ein auskömmlicher netzgebundener Wärmeabsatz sichergestellt werden sollte (vgl. Bauer et al. 2014).

Die Gemeinde liegt im Norddeutschen Becken. Dieses bietet für die Nutzung der mitteltiefen und tiefen Geothermie gute Voraussetzungen. Eine wirtschaftliche Nutzung mit Soletemperaturen von 55 bis 65 °C im oberen Keuper ist in einer Bohrtiefe von 1.200 bis 1.800 Metern möglich. Da für einen möglichen Erzeugerpark keine Flächen identifiziert werden konnten, wurde das Potenzial für die Tiefengeothermienutzung alternativ für die Tabakwiesen südlich von Graal untersucht. Es ist davon auszugehen, dass andere Bohrungspositionen im Planungsgebiet ähnlich hohe Potenziale aufweisen.

Unter Beachtung der Gesteinsformationen und ihrer hydrothermalen Eigenschaften sowie der erreichbaren Temperaturniveaus wurde die auf den Freiflächen erschließbare thermische Leistung durch Tiefengeothermie beziffert. Die maximale Einspeiseleistung im Planungsgebiet beträgt je Dublette ca. 30 MW (Bohrtiefe: 1.800 m, Soletemperatur: 62 °C). Bei angenommenen 7.000 Betriebsstunden entspricht dies einem Potenzial von etwa 210 GWh/a (vgl. geotIS 2025).

Die hohen Investitionskosten zur Nutzung der Tiefengeothermie sowie die unsichere Datenlage zur Mächtigkeit erfordern jedoch weitergehende Potenzialstudien.

5.2.4 Solarpotenziale (Solarthermie) Freifläche

Solarthermie kann vorzugsweise auf Freiflächen genutzt werden, um eine dezentrale Wärmeversorgung zu gewährleisten. Im Planungsgebiet ist zu beachten, dass das Solarthermie-Potenzial saisonalen Schwankungen unterliegt. Entsprechend gibt es in den Sommermonaten in der Regel zu viel, in den Wintermonaten hingegen zu wenig Angebot an solarthermischer Energie. Daher sind zusätzliche Speicher, z. B. Erdbeckenspeicher sowie Pufferspeicher notwendig, um eine Wärmeversorgung zu gewährleisten. Hierzu sind weitläufige Flächen in der Nähe zu den Siedlungsgebieten notwendig. Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt, konnten für das Planungsgebiet keine entsprechend großen Potenzialflächen für einen Erzeugerpark identifiziert werden. Der notwendige Flächenbedarf für einen Erzeugerpark zur Nutzung von Solarthermie wurde allerdings ebenfalls im Rahmen des Zielszenarios berechnet.

5.2.5 Potenzielle Gewässerthermie

Die Nutzung der thermischen Energie fließender oder stehender Gewässer wird als Gewässerthermie bezeichnet. Gewässer sind thermische Energiespeicher, deren Temperatur in den Wintermonaten oft oberhalb der umgebenden Luft liegt.

Auf diese Weise erlauben Seen, Flüsse oder Meere auch in den Heizperioden den effizienten Betrieb von Großwärmepumpen für Nah- oder Fernwärmelösungen. Bei der Bewertung und Quantifizierung des Potenzials von Seethermie im Planungsgebiet wurde sich an der Checkliste des JENA-GEOS® -Ingenieurbüro (vgl. Schmidt et al. 2021) orientiert.

Die Nutzungspfade umfassen entweder die Nutzung der genehmigungsfähig entnehmbaren thermischen Energie zur Bereitstellung von Quellenergie in Form von kalter Nahwärme oder der direkten Nutzung dieser durch Großwärmepumpen zur Lieferung von gebrauchsfertiger Heizwärme durch ein Nahwärmenetz. Die Nutzung ist in beiden Fällen von der genehmigungsfähigen Errichtung eines Entnahmebauwerks mit Wärmeübertragern und der Verfügbarkeit einer Potenzialfläche für den Technologiestandort einschließlich einer ausreichenden Elektroenergieversorgung abhängig.

Im Planungsgebiet gibt es weder Seen noch Flüsse. Die Ostsee bietet jedoch ein erhebliches Potenzial. Allerdings ist die thermische Nutzung von Küstengewässern wasserrechtlich anspruchsvoll, weil nach fachlichen Empfehlungen eine Einzelfallprüfung erforderlich ist. Zudem ist nachzuweisen, dass keine schädlichen Gewässerveränderungen eintreten und Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie eingehalten werden. Das führt in der Praxis zu zusätzlichem Untersuchungs- und Planungsaufwand (Hydrodynamik, Einleit-/Ausleitkonzept, Temperaturfahne, Schutz von Lebensräumen), ggf. Monitoring- und Auflagenpaketen sowie längeren Genehmigungszeiträumen und damit zu Kosten- und Terminrisiken. Weitere wirtschaftliche Nachteile treten ergänzend auf: Im Winter sind die Quelltemperaturen niedrig und die Effizienz sinkt; es entstehen Skalennachteile durch hohe fixe Küsten- und Wasserbaukosten; Korrosion und Biofouling erhöhen Betrieb und Instandhaltung; und für Spitzenlast/Redundanz sind zusätzliche Wärmeerzeuger nötig.

Hinzu kommt der konkrete Nutzungskonflikt „touristischer Strand“: Bau und Betrieb erfordern Trassen, Baugruben bzw. Spülbohrungen, Schächte sowie Ein- und Auslassbauwerke und regelmäßige Wartungszugänge.

In einem stark frequentierten Strandabschnitt entstehen dadurch saisonale Einschränkungen, Sicherheits- und Haftungsanforderungen, Akzeptanzrisiken sowie potenzielle Beeinträchtigungen des Strandbildes. Zudem ist der Gemeingebrauch an Küstengewässern (u. a. Baden und Wassersport) rechtlich geschützt, was die Abwägung im Genehmigungsprozess zusätzlich erschwert.

Entsprechend wird ein Versorgungsszenario mittels Ostseewärme für ein kleines regionales Wärmenetz nicht als realistisches Szenario betrachtet. Für die Erzeugung kleiner Wärmemengen – wie sie in Graal-Müritz benötigt werden – wäre die Nutzung der Ostsee als Wärmequelle sowohl für den Wärmenetzbetreiber als auch für die Wärmeabnehmer nicht wirtschaftlich.

5.2.6 Luftwärme

Die Wärme der Umgebungs- oder Außenluft lässt sich mittels Wärmepumpen nutzen. Insbesondere im dezentralen Bereich bieten Luftwärmepumpen eine effiziente Möglichkeit zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser zur Versorgung einzelner Gebäude. Aber auch für die zentrale Wärmeversorgung eines Nah- oder Fernwärmenetzes können große Luftwärmepumpen im Megawatt-Leistungsbereich eingesetzt werden (vgl. Aalborg CSP 2024). Zwar kann aufgrund des jahreszeitlichen Quelltemperaturverlaufs der Außenluft das Verhältnis von Wärmeleistung und der dazu erforderlichen elektrischen Antriebsleistung niedriger sein als bei konstant warmen Quellen (Erdreich oder Abwärme) was wiederum höhere Betriebskosten zur Folge haben kann. Dem stehen jedoch wesentlich geringere Investitionskosten als bei Erdwärmepumpen gegenüber (siehe auch Kapitel 5.2.3). Die Installation großer Luftwärmepumpen ist grundsätzlich auf allen Freiflächen möglich. Gegebenenfalls sind zur Schallisolierung besondere Maßnahmen (Einhäusung) notwendig. Eine Bewertung der Freiflächen erfolgte nicht, da das theoretische Potenzial von Luftwärmepumpen überall als näherungsweise unendlich angesehen werden kann.

5.2.7 Feste Biomasse und Klärschlamm

Biomasse aus Landschaftspflege und in Form von Waldrestholz kann ebenfalls einen Beitrag zur zentralen Wärmeversorgung leisten. Das Planungsgebiet ist zwar überwiegend durch landwirtschaftliche Flächen geprägt. Aber auch Waldflächen und Gehölz nehmen beträchtliche Flächen ein und bieten damit ein relevantes Potenzial. Unter Naturschutz stehende Flächen wurden in der Betrachtung ausgeschlossen. Zudem fallen auch in den Siedlungsflächen Bioenergieträger an, z. B. aus Straßen- und Landschaftspflege sowie aus Bioabfällen. Abbildung 23 zeigt die unterschiedlichen Flächen.

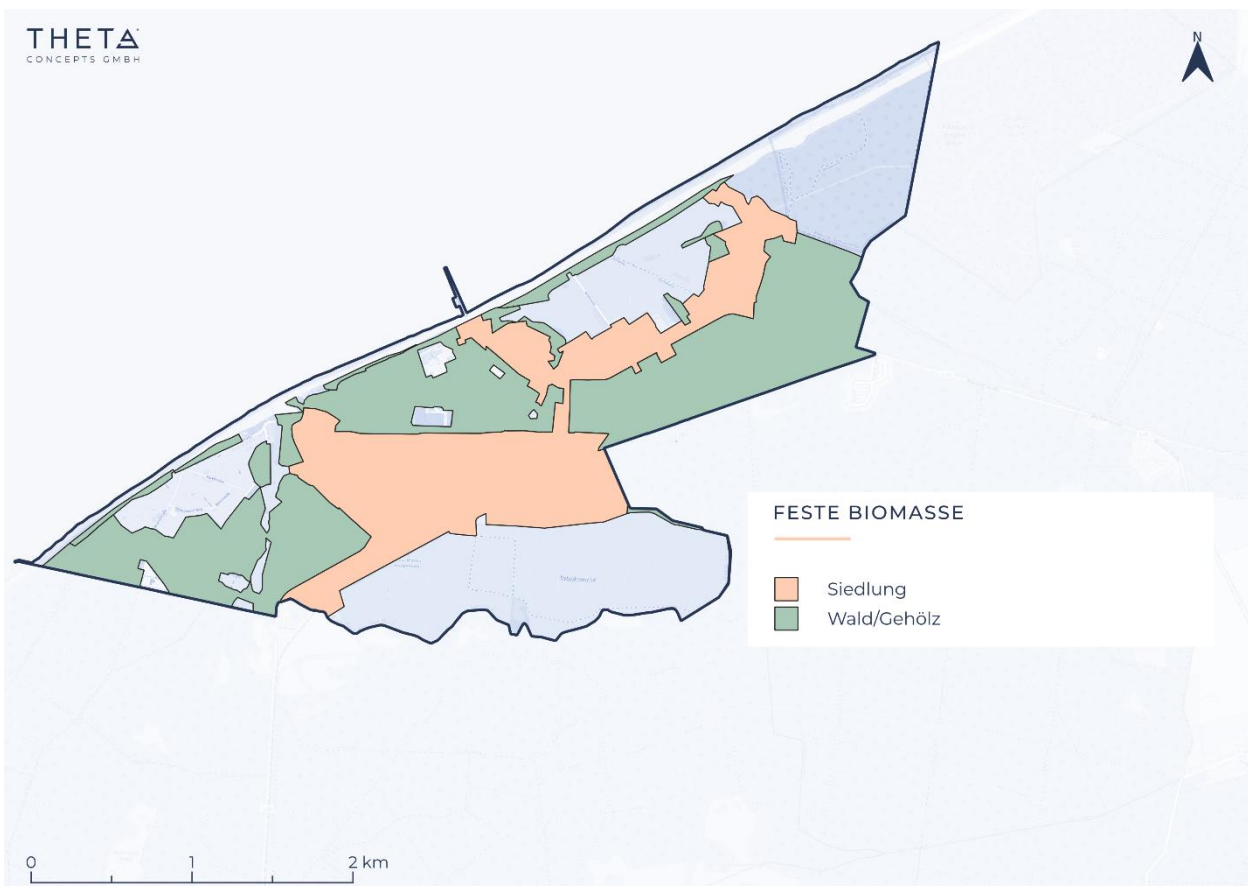


Abbildung 23: Waldflächen mit gekennzeichneten Naturschutzflächen im Verhältnis zu Siedlungsflächen im Planungsgebiet (Quelle: Theta Concepts)

Für die Quantifizierung des Potenzials an fester Biomasse aus Waldflächen wurde eine Holzentnahme angenommen, die unterhalb des jährlich erwarteten Holzzuwachses³ liegt.

³ Lt. Waldbericht der Bundesregierung 2021 beträgt der Holzzuwachs 10,9 m³ pro Hektar und Jahr

Weiterhin wurde von einer stofflichen Nutzung von 70 % ausgegangen, um eine gesunde Waldentwicklung zu berücksichtigen (vgl. BMEL 2021). Für die Wärmebereitstellung sollen ausschließlich Reststoffe genutzt werden. Biomasse aus Straßen- und Landschaftspflege wurde über Siedlungsflächen sowie den Anteil an Grünflächen näherungsweise abgeleitet. Sie ist jedoch inhomogen und fällt lokal in geringen Mengen an was einer sinnvollen Verwertung entgegensteht (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Energetisches Potenzial aus fester Biomasse im Planungsgebiet

Biomasse	Energetisches Potenzial in GWh/a
Biomasse aus Landschaftspflege	1,22
Biomasse aus Waldholz	1,60*
Biogene Abfälle	/

* Unter Ausschluss von Naturschutzflächen

Das Gesamtpotenzial beträgt 2,8 GWh/a und könnte sowohl für die zentrale als auch dezentrale Wärmeversorgung genutzt werden. Mit diesem Potenzial ließen sich etwa 7 % des für die Gemeinde 2045 prognostizierten Nutzwärmebedarfs decken. Vor dem Hintergrund der durch die Verbrennung verursachten Schadstoffemissionen, sollte Biomasse jedoch nur ins Auge gefasst werden, wenn die Möglichkeit zur Nutzung anderer Potenziale ausgeschlossen ist.

Klärschlamm steht im Planungsgebiet nicht zur Verfügung.

5.3 Potenziale an erneuerbaren Energien für die dezentrale Wärmeversorgung

In Kapitel 4.5.4 wurde die Wärmelinienichte des Planungsgebiets im Ausgangsjahr vorgestellt. Hieraus wurde ersichtlich, dass sich große Teile des Planungsgebietes aufgrund einer geringen Wärmebedarfsdichte gut für die dezentrale Wärmeversorgung eignen. Dies gilt insbesondere unter Berücksichtigung des in Kapitel 5.1.6 prognostizierten rückläufigen Wärmebedarfs aufgrund klimatischer Veränderungen sowie der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Daher werden nachfolgend Potenziale für die dezentrale Versorgung mit erneuerbarer Energie im Planungsgebiet aufgezeigt.

5.3.1 Oberflächennahe Geothermie (Erdwärme)

Oberflächennahe Geothermie nutzt Erdwärme aus Tiefen bis 400 Metern und kann mit Erdwärmesonden effizient für die Versorgung einzelner Gebäude genutzt werden. Bei der Bewertung

der Potenziale an oberflächennaher Geothermie wurden neben den Wärmebedarfen, die Beschaffenheit des Untergrundes sowie Wasserschutzgebiete I-III berücksichtigt. Ausschlaggebend für die Eignung ist jedoch insbesondere die Verfügbarkeit geeigneter Flächen.

Unter Beachtung der genannten Kriterien wurde das Potenzial für eine Nutzung oberflächennaher Geothermie quantifiziert und verortet. Die Auslegung und Prüfung der Sondenfelder (Bohrtiefe max. 100 m, Sondenabstand min. 7 m) erfolgte entsprechend der VDI 4640. Die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes wurde mittels Geodaten berücksichtigt.

Im Planungsgebiet wurde für jedes Gebäude geprüft, ob ein Sondenfeld auf dem dazugehörigen Grundstück umsetzbar ist und ob sich die Wärmebedarfe des Gebäudes hinreichend decken lassen. Die Ergebnisse wurden wiederum datenschutzkonform auf Baublockebene aggregiert. Dies führt dazu, dass bei Nichteignung eines Gebäudes im Baublock der gesamte Baublock als „nicht möglich“ (rot markierte Flächen) ausgewiesen wird. Entsprechend sind Gebäude noch einmal individuell auf ihre Eignung zu prüfen.

Wie Abbildung 24 zeigt, eignen sich lediglich einzelne Baublöcke im Norden von Müritz für die Nutzung oberflächennaher Geothermie (grün markierte Flächen). Weite Teile des Planungsgebiets sind für die Nutzung ausgeschlossen (rote eingefärbte Flächen), da diese entweder vom Wasserschutz berührt sind, die Bebauung zu dicht ist oder die Grundstücke zu klein sind, um die Nutzwärme des Baublocks mittels Erdwärmepumpen zu decken. Entsprechend ergibt sich für das Planungsgebiet lediglich ein geringes Potenzial in Höhe von 2,4 GWh/a. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die Einteilung der Trinkwasserschutzzonen für die Gemeinde aktuell in der Überarbeitung durch den Warnow-Wasser- und Abwasserverband befindet (vgl. Glaß 2025). Das heißt, dass sich das Potenzial in Zukunft vergrößern könnte.

Diese Informationen dienen lediglich der Potenzialermittlung und stellen keine Technologieempfehlung dar. Welches Heizungssystem für die jeweiligen Gebäude technisch und wirtschaftlich sinnvoll erscheint, ist im Einzelfall zu prüfen und im Abgleich mit anderen Technologien zu eruieren.

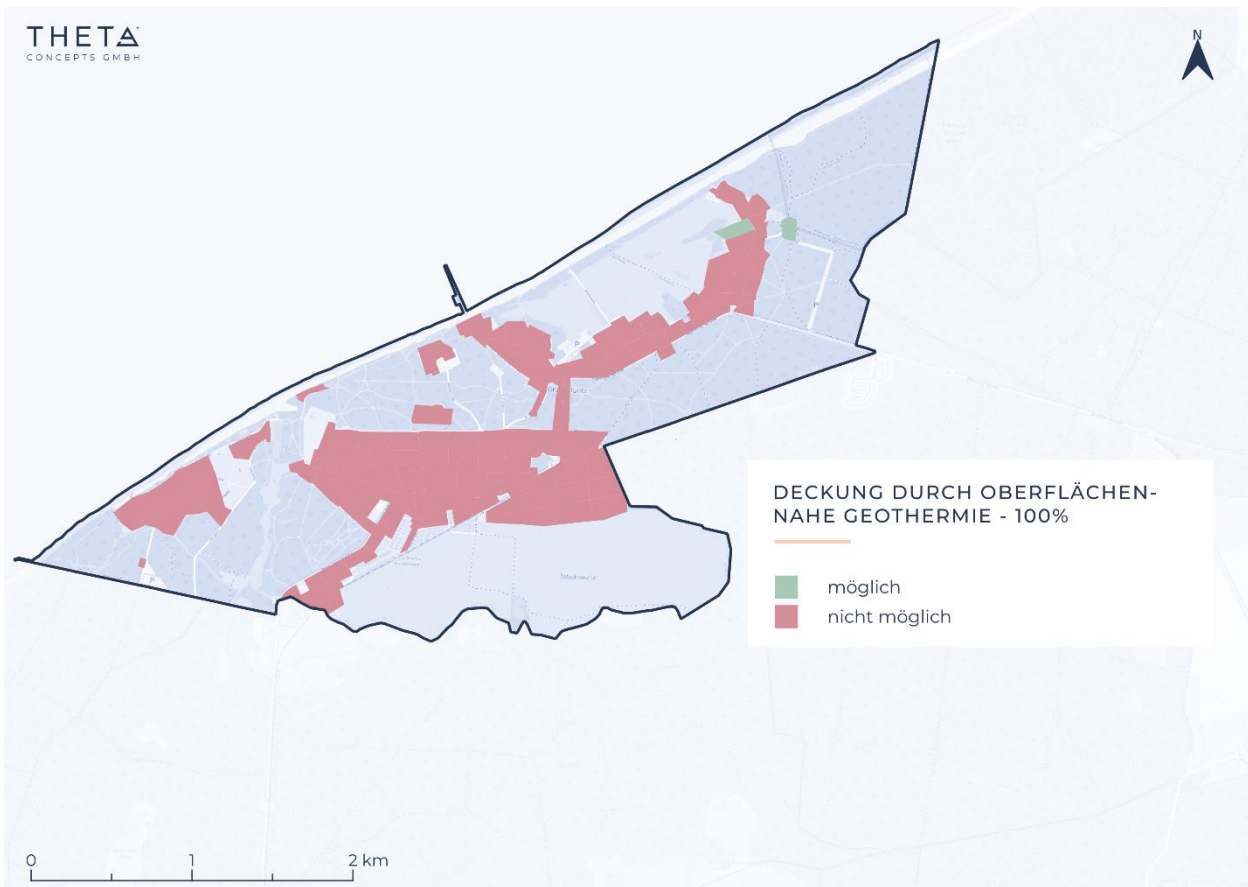


Abbildung 24: Eignungsgebiete für die dezentrale Versorgung durch oberflächennahe Geothermie im Ausgangsjahr (Sondenfeld 100 Meter Tiefe) (Quelle: Theta Concepts)

5.3.2 Dezentrale Solarpotenziale (Dachflächen-Solarthermie)

Solarthermie eignet sich nicht nur für eine zentrale, sondern auch für eine dezentrale Wärmeversorgung. Dabei wird sie z. B. für die Warmwasseraufbereitung sowie zur Heizungsunterstützung einzelner Gebäude genutzt. Die entscheidenden Kriterien zur Bestimmung des verfügbaren Solarthermiepotenzials sind Standort, Dachflächengröße, -ausrichtung, -verschattung sowie -neigung. Mögliche Dachflächen und deren Ausrichtung wurden auf Basis von DOM- und ALS-Daten beziffert. Abbildung 25 zeigt das solarthermische Potenzial der Dachflächen im Planungsgebiet.

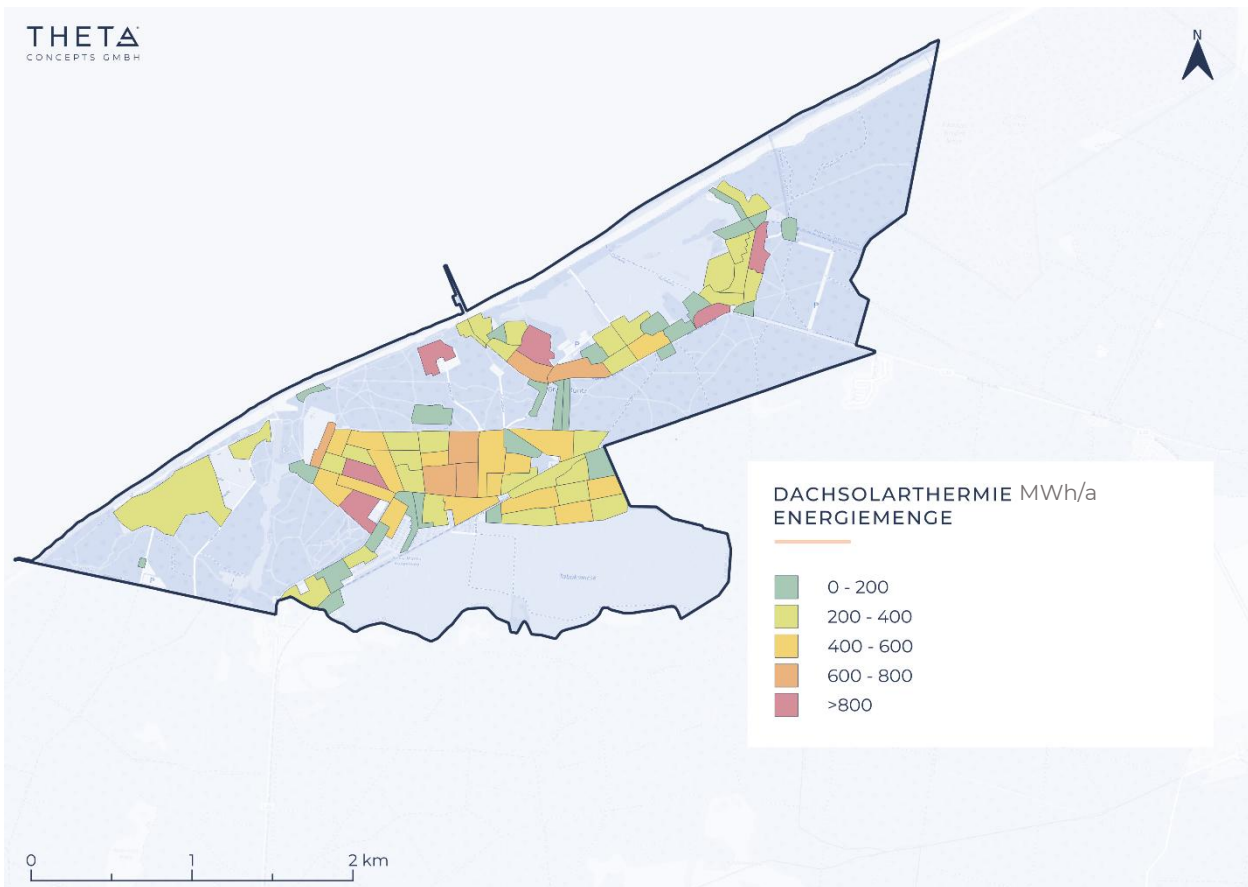


Abbildung 25: Solarthermisches Potenzial von Dachflächen (Quelle: Theta Concepts)

In einigen Teilen der Gemeinde ist das Potenzial mit mehr als 800 MWh/a aufgrund größerer Baublöcke, dichter Besiedlung und zusammenhängenden Dachflächen mit günstiger Ausrichtung sehr hoch (rot markierte Flächen). Zu beachten ist hierbei, dass es sich um Absolutwerte handelt und größere Baublöcke grundlegend höhere Werte aufweisen. Das Dachflächen-Solarthermiepotenzial für das Planungsgebiet beträgt insgesamt etwa 31 GWh/a.

Zur Unterstützung der Heizungsanlage sowie zur Warmwasseraufbereitung kann Solarthermie durchaus einen Beitrag leisten. Als alleinige Lösung zur Deckung des Wärmebedarfs ist sie allerdings nicht geeignet. Mit Hilfe eines Speichers lässt sich im Planungsgebiet ein mittlerer Deckungsgrad von 61,8 % erreichen. In einigen Baublöcken kann Solarthermie sogar bis zu bzw. mehr als 80 % zur Versorgung mit Wärme beitragen wie Abbildung 26 zeigt.

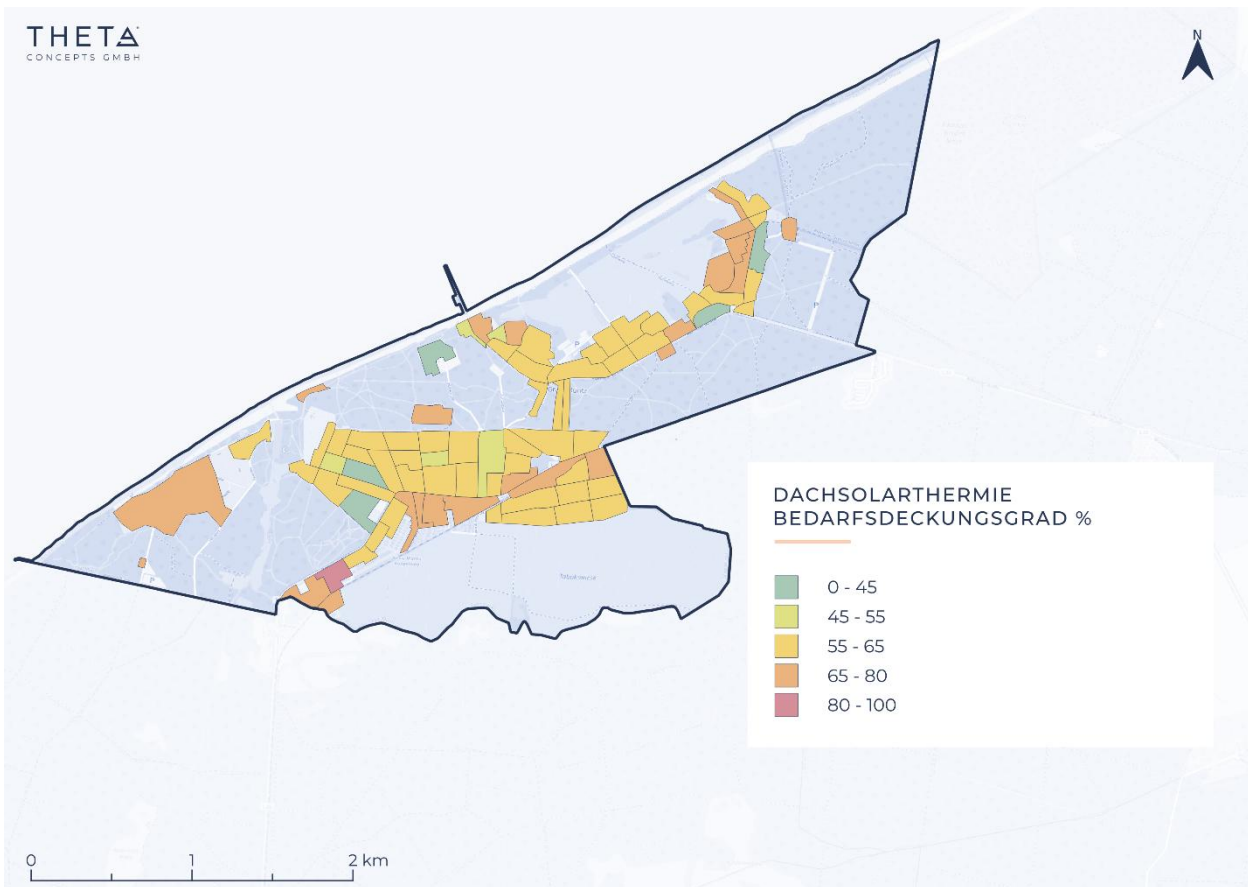


Abbildung 26: Deckungsgrad des Wärmebedarfs durch Solarthermie auf Dachflächen inkl. Speicher (Quelle: Theta Concepts)

Bei der Nutzung der Dachflächen ist abzuwägen, ob diese eher für die Wärme- oder für die Stromerzeugung durch Photovoltaik genutzt werden bzw. welche Technologie einen größeren Beitrag zur Energieversorgung leisten kann (z. B. Strom für Wärmepumpe).

5.3.3 Dezentrale Luftwärmepotenziale

Luftwärmepumpen bieten für die dezentrale Wärmeversorgung große Potenziale. Nicht nur in Gebäuden mit gut gedämmter Gebäudehülle und installierten Flächenheizungen erzeugen die Anlagen sehr effizient und kostengünstig Wärme. Auch in älteren Bestandsgebäuden ist eine Versorgung mittels Luftwärmepumpe möglich. Je nach energetischem Standard des Gebäudes sind gegebenenfalls die Luftdichtheit der Gebäudehülle zu verbessern oder einzelne Heizkörper durch solche mit größeren Heizflächen auszutauschen.

Wie bei der Potenzialbestimmung dezentraler Erdwärmepumpen wurde die Eignung für alle beheizten Gebäude im Planungsgebiet geprüft und baublockbezogen aggregiert. Auf Basis der individuellen Gebäudeheizlast wurden zunächst die benötigte Wärmepumpenleistung sowie die dazu notwendige Aufstellfläche ermittelt.

Anschließend wurde geprüft, ob sich geeignete Flächen auf dem Grundstück finden und ob diese einen ausreichenden Abstand zum benachbarten Grundstück gewährleisten (siehe Abbildung 27).

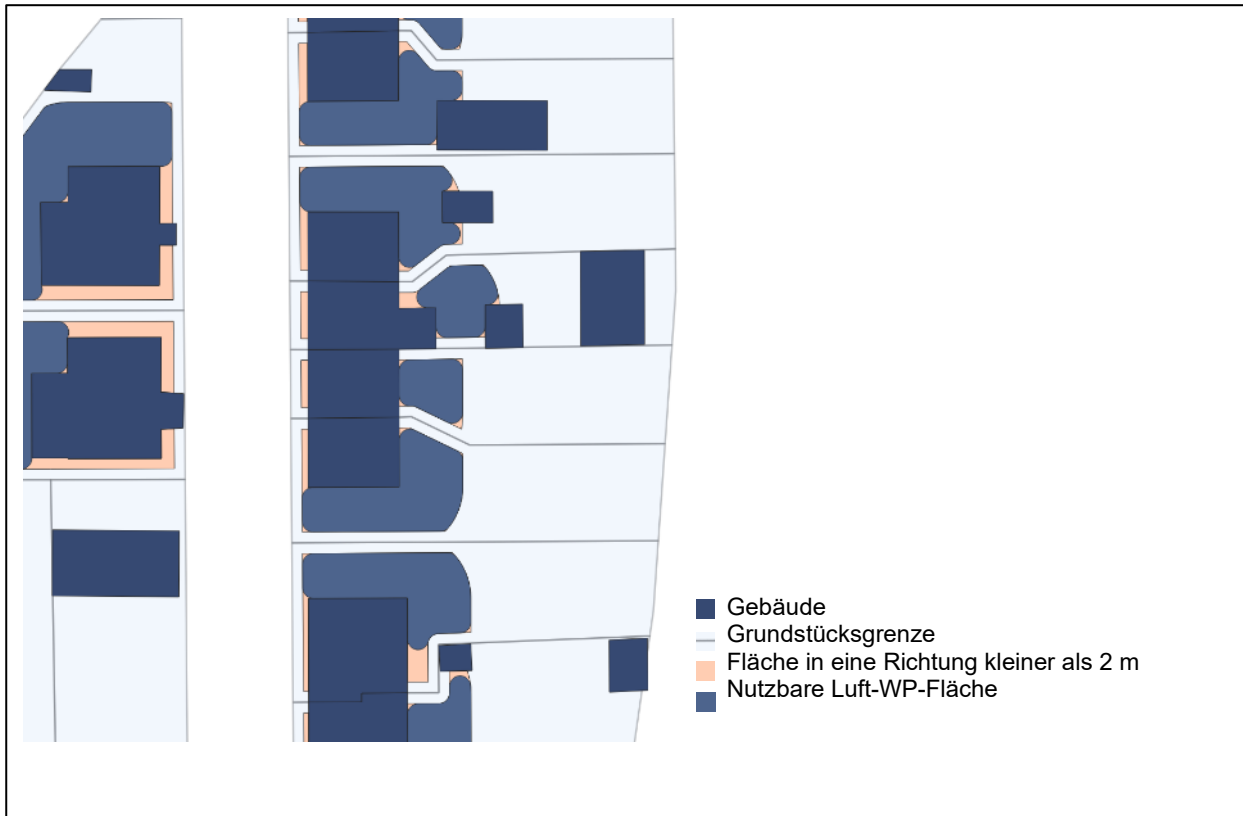


Abbildung 27: Methodik zur Eignungsprüfung von Luftwärmepumpen für zu beheizende Gebäude im Planungsgebiet auf Basis verfügbarer Flächen und Heizlasten (Quelle: Theta Concepts)

Auf dieser Grundlage wurde das Potenzial für dezentrale Luftwärmepumpen quantifiziert und verortet. Abbildung 28 zeigt, dass nahezu das gesamte Planungsgebiet für die dezentrale Nutzung von Luftwärmepumpen (grün markierte Flächen) geeignet ist.

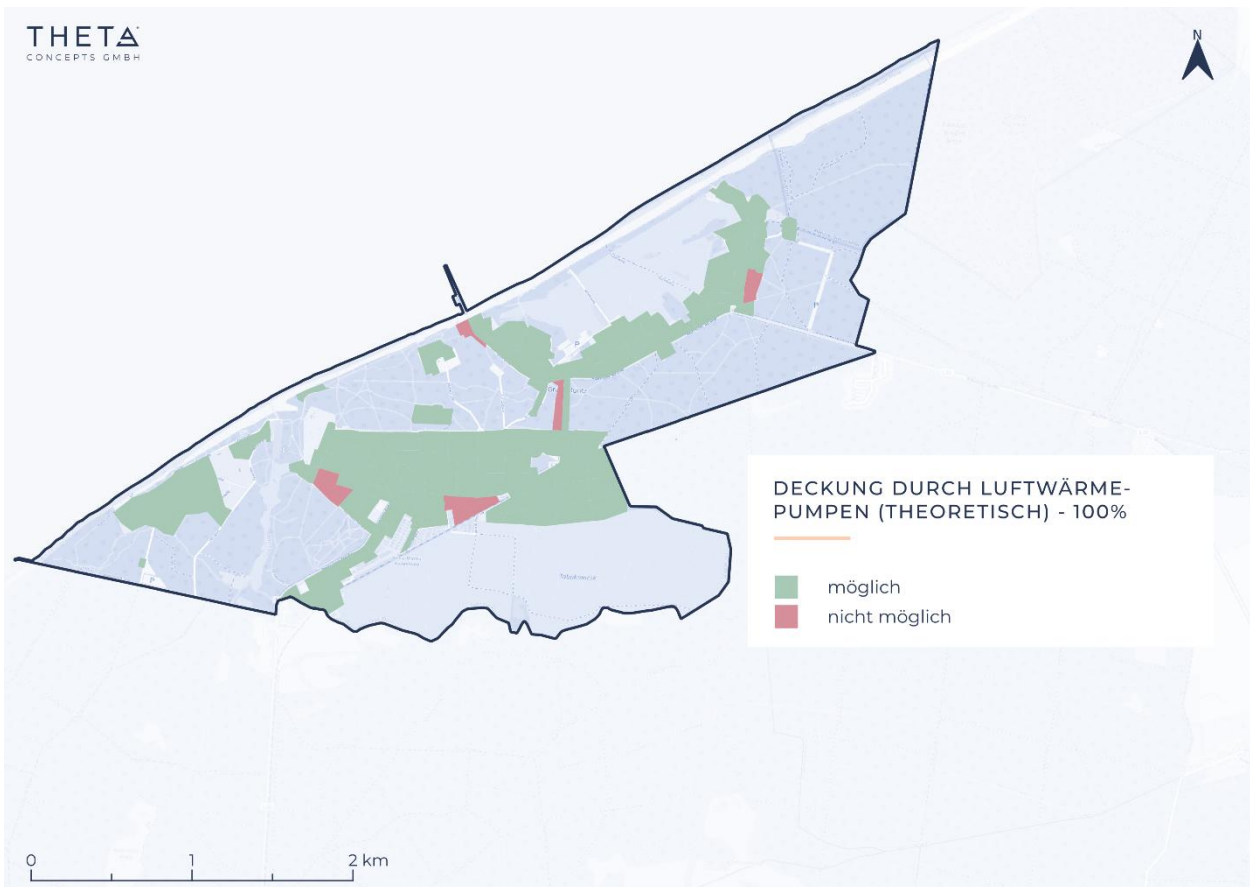


Abbildung 28: Eignungsgebiete für die dezentrale Versorgung durch Luftwärmepumpen ohne Berücksichtigung ggf. vorliegender Überschreitung von Geräuschemissionsgrenzen (Quelle: Theta Concepts)

Bei der Nutzung von Luftwärmepumpen ist jedoch zu beachten, dass die Außeneinheiten (Verdampfer, Verdichter, Ventilatoren) Geräuschemissionen verursachen, was in dicht besiedelten Gebieten zu Problemen führen kann. Um diese Emissionen zu veranschaulichen, wurde die Potenzialermittlung mit einer Schallindikation überlagert und auf eine Grenzwertüberschreitung nach TA Lärm untersucht. Abbildung 29 zeigt die Schallindikation bei flächendeckendem Einsatz von Luftwärmepumpen im Planungsgebiet.

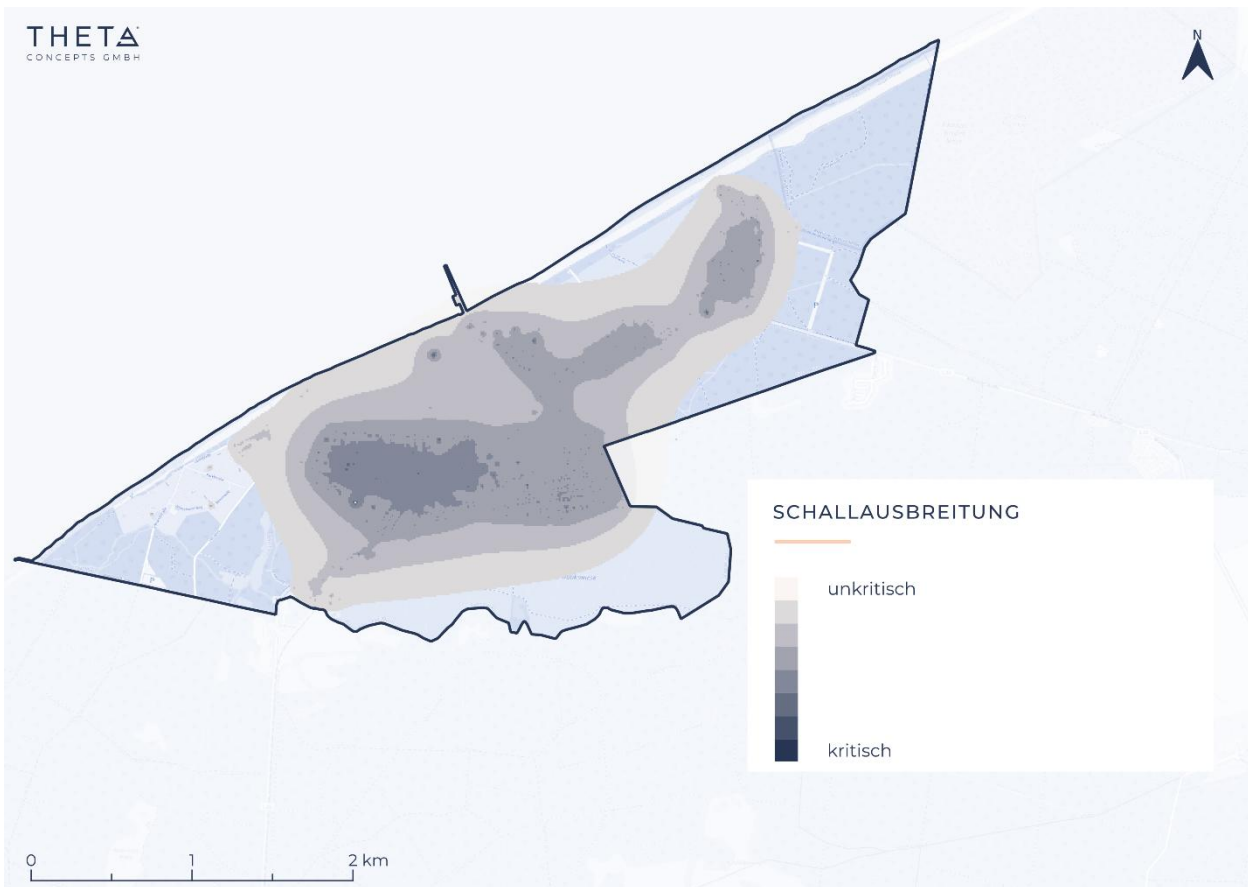


Abbildung 29: Qualitative Schallindikation durch flächendeckenden Einsatz von Luftwärmepumpen (Quelle: Theta Concepts)

Im Ortskern von Graal kann bei flächendeckendem Einsatz von Luftwärmepumpen die Schallemission etwas höher ausfallen (dunkelgrau markierter Bereich). Die Randbereiche von Graal sowie der Ortsteil Müritz können jedoch als unkritisch eingestuft werden (hellgrau markierte Bereiche).

Die nachfolgende Karte (Abbildung 30) zeigt die energetische und flächenbasierte Analyse inklusive Schallindikation zur dezentralen Versorgung mit Luftwärmepumpen. Hier wird deutlich, dass bis auf wenige Ausnahmen das gesamte Planungsgebiet dezentral mit Luftwärmepumpen versorgbar wäre. Allerdings ist lt. BDEW in der Praxis zukünftig von einem Technologiemix aus Luftwärmepumpen, Biomasseheizungen sowie Stromdirektheizungen auszugehen. Das heißt in den rot markierten Flächen befindliche Gebäude sind individuell auf eine Luftwärmepumpeneignung zu prüfen.

Insgesamt lässt sich mit Hilfe von Luftwärmepumpen ein Potenzial von etwa 50 GWh/a an Wärme bereitstellen. Entsprechend ließen sich mehr als 100 % des anvisierten Nutzwärmebedarfs im Zieljahr mittels Luftwärmepumpen decken.

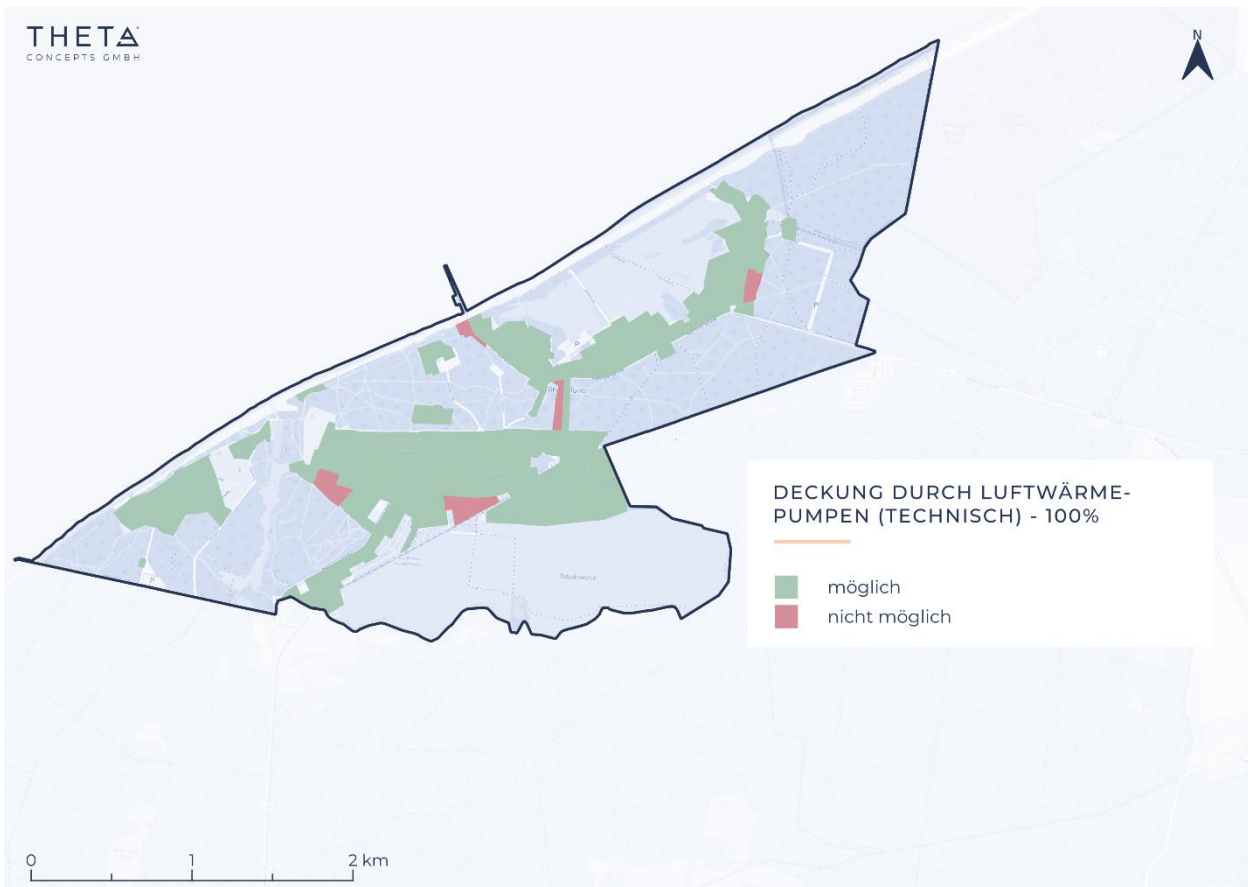


Abbildung 30: Eignungsgebiete für die dezentrale Versorgung durch Luftwärmepumpen inkl. Berücksichtigung potenzieller Schallemissionen (Quelle: Theta Concepts)

5.4 Potenziale an Grünen Gasen

Grüne Gase wie Biogas, Biomethan, grüner und blauer Wasserstoff sowie daraus hergestellte Derivate wie Ammoniak, synthetisches Erdgas oder grünes Methanol können einen Beitrag zur klimaneutralen Wärmeversorgung leisten. Die konkreten Potenziale für die Gemeinde werden nachstehend dargelegt.

5.4.1 Biogas und Biomethan

Ein Teil des Planungsgebietes ist zwar in landwirtschaftlicher Nutzung. Die dabei anfallenden pflanzlichen und tierischen Reststoffe werden derzeit jedoch nicht durch eine Biogasanlage im Planungsgebiet verwertet. Damit besteht kein direkt nutzbares Biogaspotenzial, das zur flächenhaften Umgestaltung des Erdgasnetzes oder zum Direktbezug für die Fernwärme genutzt werden kann.

Aufgrund der aktuellen förderpolitischen Ausrichtung erscheint der Neubau einer Biogasanlage zudem unwahrscheinlich. Für eine Transformation des Erdgasnetzes müsste Biogas (Biomethan) demnach aus anderen Gemeinden importiert werden, was eine weitreichende Transformation der Infrastruktur erfordert.

Lt. einer Stellungnahme zeigen die Potenzial- und Bedarfsanalysen der SWR AG zwar, dass der prognostizierte Gasverbrauch in der Gemeinde Graal-Müritz (unter Berücksichtigung des Gasverbrauchsrückgangs und der Gasnetzstilllegung in Gebieten mit junger Gebäudestruktur ab etwa Baujahr 2002) mittels regional erzeugtem Biomethan sowie synthetisch hergestelltem Methan gedeckt werden kann. Aufgrund hoher Unsicherheiten in Bezug auf die zukünftige Verfügbarkeit sowie die Kosten für Biomethan wird eine Nutzung hinsichtlich der Planungs- und Versorgungssicherheit derzeit jedoch als eher kritisch betrachtet.

5.4.2 Wasserstoff sowie daraus erzeugte Derivate

Klimaneutral erzeugter Wasserstoff (grün/blau) kann ebenfalls für die Umstellung der Wärmeversorgung genutzt werden. Hierzu zählen auch daraus erzeugte Derivate wie Ammoniak, grünes Methan sowie Methanol. Lt. GEG § 71 (3) Nr. 5 sind damit die Anforderungen an eine Heizungsanlage erfüllt.

Allerdings ist aufgrund der geringen Verfügbarkeit von klimaneutral erzeugtem Wasserstoff davon auszugehen, dass dieser für Produktionsprozesse und den Schwerlasttransport vorbehalten sein wird (vgl. BMWK 2023). Zudem ist die Bereitstellung von Wasserstoff oder Derivaten daraus mit hohen Kosten verbunden: Die Produktion weist im Vergleich zu anderen Energieträgern eine geringere Effizienz auf. Weiterhin ist die Ertüchtigung der Infrastruktur (Anpassung oder Neubau vorhandener Gasleitungen sowie der Heizungsanlagen) mit hohen Investitionen verbunden. Diese Erkenntnisse werden durch eine gutachterliche Stellungnahme der Rechtsanwälte Victor Görlich und Dr. Dirk Legler im Auftrag des Umweltinstitut München e. V. gestützt. Entsprechend ist von einer flächendeckenden Umgestaltung des Erdgasnetzes für Wasserstoff nicht auszugehen.

Zusammenfassend wird eine flächendeckende Umgestaltung des Erdgasnetzes für Wasserstoff ausgeschlossen. Auch die SWR AG als Betreiber geht in einer Stellungnahme zur Wärmeplanung nicht davon aus, dass Wasserstoff für die Gasnetze zum Zwecke der Energiewende im Wärmesektor Anwendung finden wird.

5.5 Zusammenfassung der Potenziale

In der Gemeinde Graal-Müritz finden sich verschiedene Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung – sowohl zentral als auch dezentral. Tabelle 8 fasst diese noch einmal übersichtlich zusammen. Sofern saisonale Verschiebungen erforderlich sind, wurden diese bereits inkl. Speicher gedacht.

Die aufgeführten Potenziale zeigen, dass eine Deckung des Nutzwärmebedarfs sowohl heute (2024: 44,1 GWh) als auch zukünftig (Zieljahr: 40,6 GWh) problemlos mit klimaneutralen Technologien möglich ist.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Potenziale für die zentrale und dezentrale Wärmeversorgung unter Nutzung zusätzlicher Saisonspeicher gemessen am Bedarf im Zieljahr

Potenzial	Nutzungsart	Quantität
Abwärme aus Biogasanlagen	zentral	-
Abwärme aus techn. Prozessen	zentral	-
Abwasserwärme	zentral	4,7 GWh/a
Fluss- bzw. Seethermie	zentral	-
Luftwärme (Freiflächen)	zentral	unbegrenzt 20 GWh/a* je Standort
Tiefengeothermie	zentral	210 GWh/a (30 MW je Dublette**)
Klärschlamm / Klärgas	zentral	-
Solarthermie (Freiflächen)***	zentral	-
Solarthermie (Dachflächen)	dezentral	30,6 GWh/a
Geothermie (oberflächennah)	dezentral	2,4 GWh/a
Luftwärme	dezentral	50,2 GWh/a bzw. theoretisch unbegrenzt
Feste Biomasse (Waldholz u. Straßenpflege)	zentral / dezentral	2,8 GWh/a
Biogas (Biomethan)	zentral / dezentral	-
* Unter Voraussetzung von 2.000 Vollbenutzungsstunden ** Unter Voraussetzung von 7.000 Vollbenutzungsstunden; Einspeiseleistung inkl. Wärmepumpe *** Das Potenzial konnte aufgrund fehlender Flächen an dieser Stelle nicht beziffert werden		

6 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung erfolgt entsprechend § 14 des Wärmplanungsgesetzes. Sie prüft die Eignung einzelner Ortsteile hinsichtlich eines Wärme-, Wasserstoff- sowie Biomethanetztes.

Im Detail wird analysiert, ob Gas- und Wärmenetze vorhanden sind und sich konkrete Anhaltspunkte zu deren Umgestaltung durch bestehende Potenziale an Abwärme, Erneuerbaren oder Wasserstoff und Biomethan ergeben. Weiterhin wird die Wirtschaftlichkeit eines potenziellen Wärmenetzes anhand der Wärmebedarfs- und Wärmelinienichte geprüft.

Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse der Eignungsprüfung für die beiden Ortsteile der Gemeinde.

In Anlehnung an das WPG § 14 erfolgt im Vorlauf der Szenarientwicklung eine Eignungsprüfung der Ortsteile hinsichtlich einer Wärmenetzeignung sowie Eignung für ein Wasserstoff- bzw. Biomethanetz.

Tabelle 9: Eignungsprüfung für Wärmenetze sowie Netze für grüne Gase (Wasserstoff, Biomethan) nach § 14 WPG

Ortslage	Gasnetz vorhanden	Anhaltspunkte für grüne Gase	Wärmenetze vorhanden	Abwärmepotenziale vorhanden	Abnehmerstruktur bzw. Wärmebedarf	Eignung Biomethan-, BioLPG oder Wasserstoffnetz	Eignung Wärmenetz
Graal	ja	nein	ja	nein	hoch	nein	ja
Müritz	ja	nein	nein	nein	mittel	nein	nein

7 Ziel- und Zwischenzielszenarien

Aus der Prognose der Wärmebedarfsentwicklung, den vorhandenen Potenzialen zur Wärmebedarfsdeckung sowie der Eignungsprüfung wird ein realisierbares Szenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das Planungsgebiet im Zieljahr abgeleitet. Zentrales Element ist hierbei die Darstellung von Eignungsgebieten für die zentrale und die dezentrale Wärmeversorgung. Eine flächendeckende, leitungsgebundene Versorgung durch grüne Gase (Wasserstoff/Biomethan), wie in Kapitel 5.4 ausgeführt, wird dabei nicht weiterverfolgt.

7.1 Herleitung des Zielszenarios

Die Einteilung in Eignungsgebiete soll Anhaltspunkte geben, welche Versorgungslösungen sich aus technischer und wirtschaftlicher Sicht am besten für die Wärmeversorgung in den verschiedenen Bereichen der Gemeinde eignen. Diese Einteilung soll den zentralen Akteuren sowie den Bürgerinnen und Bürgern Planungssicherheit für zukünftige Investitionsentscheidungen im Bereich der Wärmeversorgung geben.

Die Ableitung des Zielszenarios folgt dabei einer strukturierten Methodik, die durch die nachfolgenden Schritte skizziert wird:

1. Ausarbeitung der technischen Notwendigkeit von netzgebundener Versorgung (Nah- und Fernwärme) aufgrund fehlender Eignung dezentraler Lösungen,
2. Überlagerung der Ergebnisse aus Schritt 1 mit Gebieten potenzieller Wärmenetzeignung (hohe Wärmelinien- und Bedarfsdichte, sowie ggf. vorhandene Fernwärme) zur impliziten Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines möglichen neuen oder auszubauenden Fernwärmenetzes,
3. Wirtschaftlicher Vergleich von dezentralen Lösungen und Nah- bzw. Fernwärme zur Identifikation des techno-ökonomischen Optimums in den Baublöcken,
4. Einteilung des Planungsgebietes in Eignungsgebiete für individuelle Versorgung, Fernwärmebestands- und -ausbauggebiete und ggf. Prüfgebiete.

Anhand dieser Schritte wird eine kartografische Darstellung der zukünftigen Wärmeversorgung entwickelt. Ausgehend vom Zieljahr werden unter Beachtung verschiedener Randbedingungen (u. a. realisierbarer jährlicher Fernwärmeausbau, THG-Minderungsziele) kartografische Darstellungen für Zwischenzieljahre entwickelt.

7.1.1 Identifikation von Versorgungslücken dezentraler Technologien

Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, wird zunächst der Bedarf an Nah- oder Fernwärme aufgrund einer technischen Notwendigkeit, bedingt durch fehlende Eignung von dezentralen Lösungen, eruiert. Hierfür werden die Ergebnisse für dezentrale Erdwärme- und Luftwärmepumpeneignung überlagert. Grundsätzlich ist in den dezentral zu versorgenden Gebieten zukünftig von einem Technologiemarkt auszugehen, der neben Wärmepumpen auch Biomasseheizungen, wie Pellets und Hackschnitzelanlagen sowie möglicherweise Stromdirektheizungen inkludiert. Dies ist damit zu erklären, dass jede Technologie bestimmte Vorzüge aufweist und damit eine besonders hohe technische oder wirtschaftliche Eignung zur Versorgung eines spezifischen Gebäudes besitzen kann. Welche Heizungstechnologie für welches Gebäude die beste Lösung darstellt, ist nicht Gegenstand der Wärmeplanung und daher individuell zu prüfen. Die nachfolgende Tabelle 10 stellt lediglich eine Basis zur Einordnung der Heizungstechnologien anhand verschiedener Kriterien dar.

Tabelle 10: Einordnung von Heizungstechnologien auf Basis von Referenzgebäuden aus dem Planungsgebiet (Preisprognosen nach KEA/BMWK 2023)*

Heizungsart	Energiebezugskosten Beispielgebäude ct/kWh				Verfügbarkeit Energieträger	Nutzungskonkurrenz Energieträger	Primärenergieaufwand	Preisunsicherheit	Lokale Emissionen
	EFH		MFH						
	Neubau/saniert	un-saniert	Neubau/saniert	teil-saniert					
Holzpellets	15,5	12,4	10,0	9,4	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Hoch
Hackschnitzel	32,3	18,3	9,8	8,2	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Hoch
Luft-WP	14,6	17,2	11,8	13,9	Hoch	Gering	Gering	Gering	Keine
Erd-WP (Sonden)	14,8	15,8	10,1	11,7	Hoch	Gering	Gering	Gering	Keine
Erd-WP (Kollektoren)	14,2	15,2	9,7	11,3	Hoch	Gering	Gering	Gering	Keine
Wasser-Wasser-WP	16,4	16,5	11,8	12,8	Hoch	Gering	Gering	Gering	Keine
Stromdirekt	29,4	29,4	28,9	29,0	Hoch	Gering	Mittel	Gering	Keine

*Heizungssysteme, die zukünftig auf Basis von Wasserstoff und Biomethan arbeiten, wurden den Argumentationen in Kapitel 5.4 entsprechend vernachlässigt, da sie aller Voraussicht nach aus Verfügbarkeitsgründen technisch nicht realisierbar sind.

Energiebezugskosten

Die Energiebezugskosten (Wärmegestehungskosten) wurden anhand von Referenzgebäuden aus dem Planungsgebiet und unter Voraussetzungen gängiger Prognosen für Brennstoff- und Strombezugpreise ermittelt. Neben den operativen Kosten für den Primär- oder Sekundärenergiebezug sind auch operative Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie die Investitionskosten in die Anlagentechnologie berücksichtigt. Ebenso sind minimalinvestive Maßnahmen, wie bspw. der Heizkörperaustausch bei der Umrüstung auf Wärmepumpen oder die Anpassung des Kamins zur Ertüchtigung für Pelletheizungen inkludiert.

Die spezifischen Wärmegestehungskosten wurden bei sämtlichen Anlagen auf Basis ihrer jeweiligen technischen Nutzungsdauer ermittelt. Zu erwähnen ist, dass bei energetisch effizienteren Gebäuden die Investitionskosten der Heizungssysteme oft stärker auf die spezifischen Kosten wirken. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Investitionskosten nicht direkt mit der Anlagengröße und den zu deckenden Bedarfen skalieren und bei kleineren Anlagen verhältnismäßig stark gewichten. Ungeachtet der Verhältnisse der unterschiedlichen Erzeuger und Gebäudetypologie, sind aufgrund der höheren jährlichen Wärmebedarfe die absoluten Gesamtkosten der Wärmebereitstellung bei älteren bzw. teil-/unsanierten Gebäuden höher als beim Neubau bzw. sanierten Gebäuden.

Verfügbarkeit

Dieses Attribut spiegelt die zukünftige Verfügbarkeit des für das Heizungssystem relevanten Energieträgers wider. Dies erfolgt unter Beachtung von lokalen Potenzialen (z. B. Biomasse aus dem Planungsgebiet) sowie der Konkurrenz durch alternative Nutzungsrouten.

Nutzungskonkurrenz

Die Nutzungskonkurrenz ist ein Indikator, um den Druck auf verschiedene Energieträger zu bewerten. Die Nutzungskonkurrenz nimmt direkten Einfluss auf die Verfügbarkeit und das Preisgefüge.

Primärenergieaufwand

Der Primärenergieaufwand ist ein Indikator zur Bewertung der Systemeffizienz. Hoher Energieeinsatz entlang der Konversions- und Transportrouten reduziert die Systemeffizienz, was sich negativ auf die Kosten auswirkt.

Preisunsicherheit

Die in Tabelle 10 aufgeführten Energiebezugskosten basieren für alle Technologien auf ähnlichen Prognosedaten und sind deshalb alle mit einer Unsicherheit verbunden. Größere Unsicherheiten ergeben sich jedoch bei stark limitierten Potenzialen.

Lokale Emissionen

In Bezug auf Wärmepumpen wird eine dominierende Marktdurchdringung erwartet, insbesondere, weil sie je nach Gebäudetyp wirtschaftlich sehr gut darstellbar sind. Luftwärmepumpen benötigen vergleichsweise wenig Platz. Ist hinreichend Platz und ein größerer Wärmebedarf vorhanden, bieten Erdwärmepumpen zumeist noch wirtschaftliche Vorteile. Auch Wasser-Wasser-Wärmepumpen (Grundwasserwärmepumpen) können eine sinnvolle und kostengünstige Lösung für die Wärmeversorgung darstellen.

Biomassebasierte Heizungen sind aufgrund der geringeren spezifischen Investitionskosten vor allem für die Beheizung von Mehrfamilienhäusern interessant. Aufgrund des Platzbedarfs für erforderliche Speicher sowie der Emissionsbildung wird in Bezug auf derartige Heizungssysteme kein flächendeckender Einsatz in Innenstadtbereichen erwartet. Biomasseheizungen werden zukünftig vor allem in den Randlagen und umliegenden Gemeinden zum Einsatz kommen. Hier ist jedoch vorrangig das regionale (begrenzte) Potenzial an Biomasse auszuschöpfen. Da es schwierig ist, den Bezug der Bioenergieträger zu regulieren, kann die Einhaltung des Potenzials nur bilanziell betrachtet werden.

Stromdirektheizungen sind aufgrund des hohen Stromeinsatzes über die Laufzeit i. d. R. wirtschaftlich unattraktiv, wenngleich die Investitionskosten aufgrund der technologischen Einfachheit sehr gering ausfallen. Zudem sind Stromdirektheizungen einfach integrierbar und unabhängig vom energetischen Zustand des zu beheizenden Gebäudes.

Entsprechend ist davon auszugehen, dass sich in den dezentralen Versorgungsgebieten ein Technologiemitmix mit hohem Anteil von Wärmepumpentechnologien einstellen wird. Zudem wird – unter Beachtung des regionalen Potenzials – ein gewisser Teil der Wärmebereitstellung aus Biomasse erfolgen. Stromdirektheizungen werden aufgrund des erwarteten Preisgefüges wahrscheinlich eine untergeordnete Rolle einnehmen.

Diese Einschätzung deckt sich mit der Heizungsmarktanalyse des Bundesverbands für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). Diese prognostiziert den Anteil von Wärmepumpen im Zieljahr 2045 auf knapp 74 %. Biomassebasierte Heizungen werden einen Anteil von etwa 26 % ausmachen und der Anteil von Stromdirektheizungen wird bei deutlich unter 1 % liegen (siehe Abbildung 31).

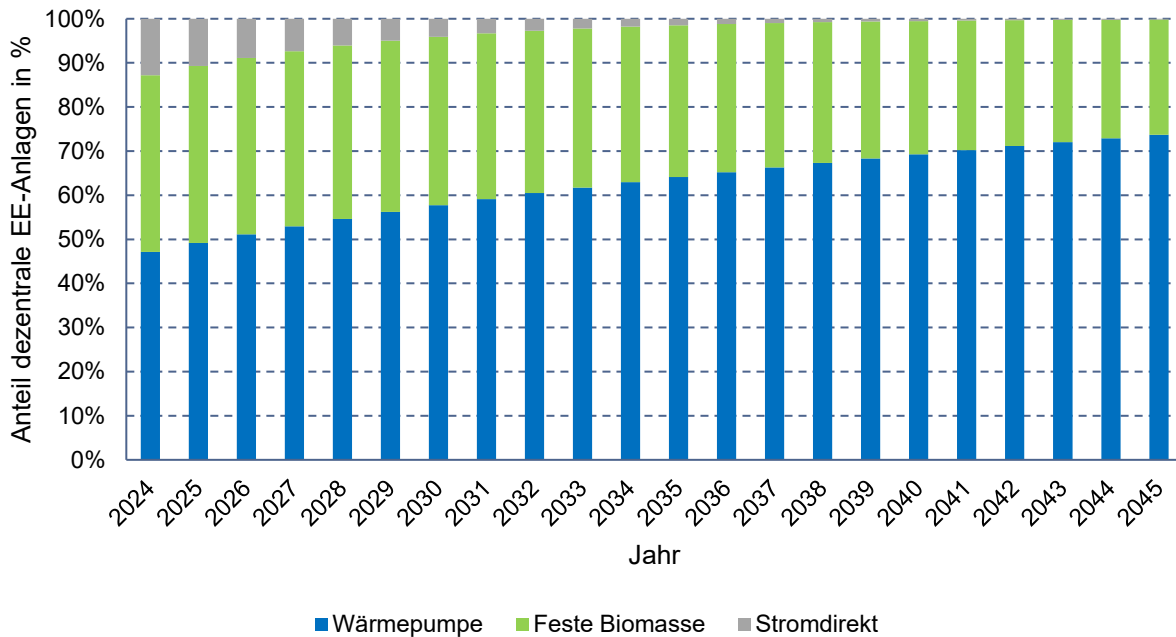


Abbildung 31: Prognostizierter Verlauf der Anteile EE-basierter dezentraler Heizungssysteme; abgeleitet anhand von Daten bezogen auf die Anzahl der Wohngebäude (Quelle: BDEW 2023)

Um die technische Notwendigkeit für leitungsgebundene Wärme zur ermitteln, werden Versorgungslücken in der Wärmebereitstellung durch dezentrale Heizungssysteme aufgezeigt. Hierfür werden die Ergebnisse aus der Potenzialanalyse in Bezug auf das Deckungsvermögen von Luftwärme- und Erdwärmepumpen (Kapitel 5.3.3 und 5.3.1) überlagert und als Bedarfsdeckungsgrad in Abbildung 32 dargestellt.

In Anlehnung an die Prognose des BDEW für den zukünftig erwartbaren Technologiemix, wird davon ausgegangen, dass eine dezentrale Versorgung möglich ist, sofern der Deckungsgrad durch Wärmepumpen mind. 75 % beträgt. Deckungsgrade deutlich darunter indizieren die Notwendigkeit von Wärmenetzen oder das Erfordernis eines deutlich höheren Anteils an Biomasse und Stromdirektheizungen im Technologiemix.

Anhand von Abbildung 32 lässt sich erkennen, dass das gesamte Gemeindegebiet bei einem Deckungsgrad von mindestens 75 % liegt (grün markierte Flächen).

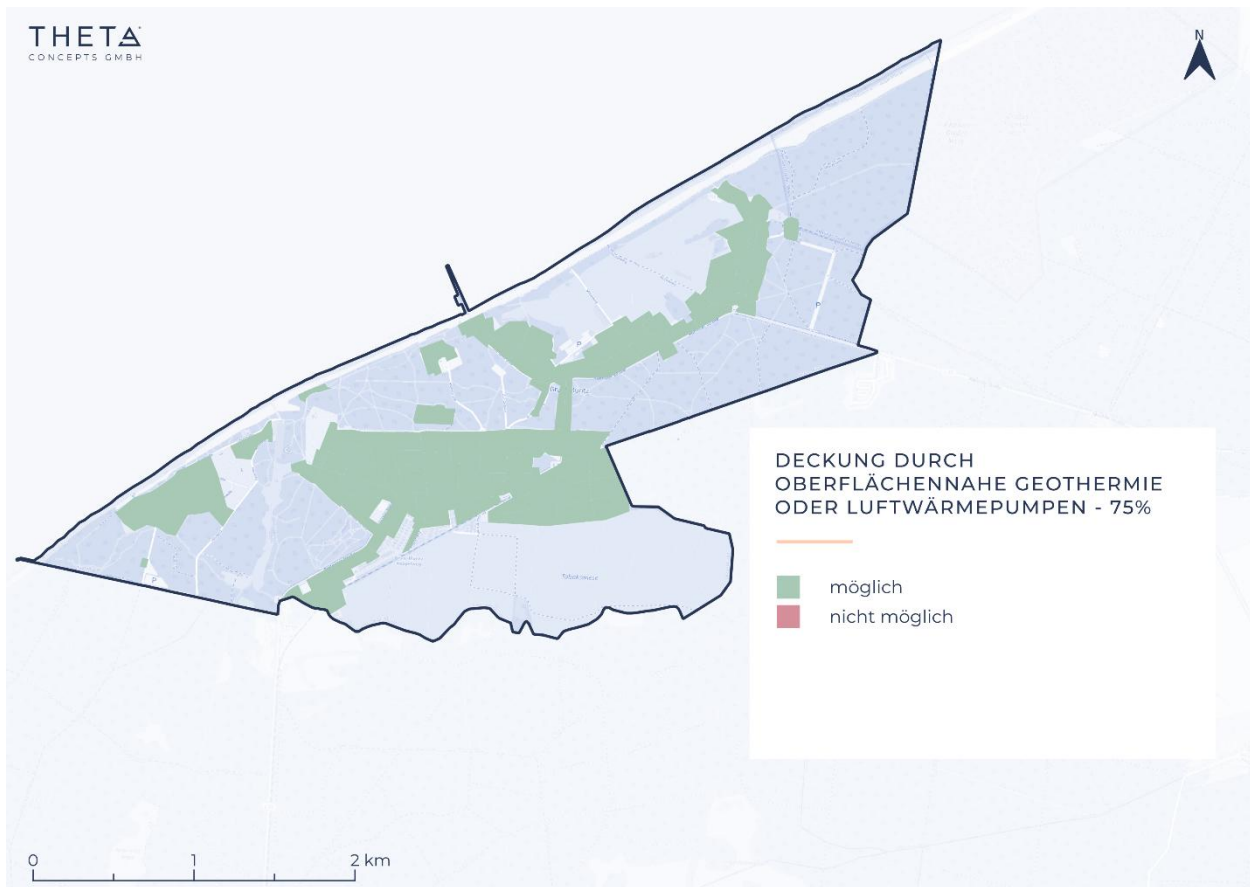


Abbildung 32: Deckungspotenzial eines komplexen Technologiemies aus dezentralen Versorgungslösungen im Zieljahr 2045 (Quelle: Theta Concepts)

Auf Basis der vorherigen Ergebnisse und der zugrundeliegenden Daten erfolgt eine Klassifizierung des Planungsgebietes danach, ob eine dezentrale Versorgung in den Baublöcken wahrscheinlich geeignet oder wahrscheinlich ungeeignet ist. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Abbildung 33 illustriert.

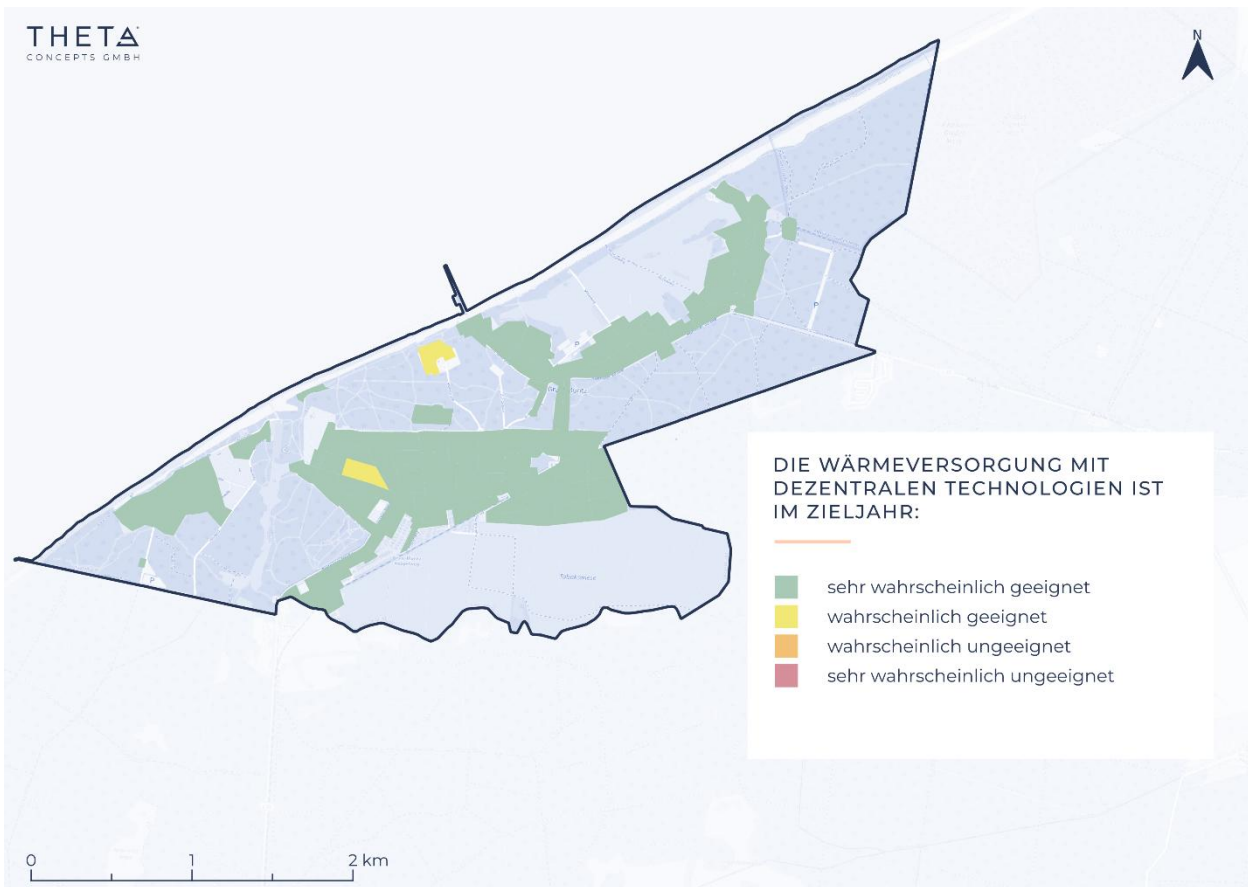


Abbildung 33: Bewertung der Eignung dezentraler Versorgungslösungen im Zieljahr 2045 (Quelle: Theta Concepts)

Als sehr wahrscheinlich geeignet für dezentrale Heizungen gilt ein Block mit Deckungsgraden ab 75 %. Zwischen 50 % und 75 % gilt ein Baublock noch als wahrscheinlich geeignet.

In Übereinstimmung mit der Eignungsprüfung in Kapitel 6 ist das gesamte Planungsgebiet im Zieljahr 2045 sehr wahrscheinlich flächendeckend durch einen dezentralen Technologiemix versorgbar. Lediglich für einen Baublock in Graal sowie für den IFA-Hotel-Komplex wäre ggf. ein vermehrter Einsatz von Biomasse- oder Stromdirektheizungen nötig.

7.1.2 Nutzwärmebedarfs- und Wärmeliniendichte zur Bewertung der Wärmenetzeignung

In diesem Abschnitt werden dezentrale Heizungssysteme in Kontext zu den Bestandsnetzen sowie der Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichte gesetzt, um die flächendeckende Wärmenetzeignung zu analysieren. Während die Wärmebedarfsdichte ein Maß für den möglichen flächenmäßigen Wärmeabsatz darstellt, gibt die Wärmeliniendichte den möglichen Wärmeabsatz entlang geografischer Elemente, wie Straßen, an. Beide Größen sind implizite Indikatoren zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines möglichen Fernwärmenetzes. Höhere Werte indizieren einen gesteigerten Wärmeabsatz, so dass sich Investitionen in die zu bauenden Trassen schneller amortisieren, vgl. hierzu die Ausführungen in Kapitel 4.5.4.

Ebenso wirken sich vorhandene Netze – sofern Sie eine Funktionstüchtigkeit und eine ausreichende Leitungskapazität besitzen – förderlich auf die Wirtschaftlichkeit von Fernwärme aus, da i. d. R. keine oder geringere Investitionen ggü. einem Neubau anfallen. Anhand von Abbildung 34 kann festgestellt werden, dass das Bestandsnetz im Planungsgebiet eher mit mäßigen Wärmelinienichten korreliert.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass es im südwestlichen Teil von Graal mittlere bis hohe Wärmebedarfe gibt. Die dortigen Wärmebedarfs- und Wärmelinienichten sprechen für eine hohe Wärmenetzeignung außerhalb der Bestandsnetze. Daraus resultieren Bereiche, in denen Fernwärme auf Basis der aufgeführten Indikatoren als geeignet für die Wärmeversorgung erscheint.

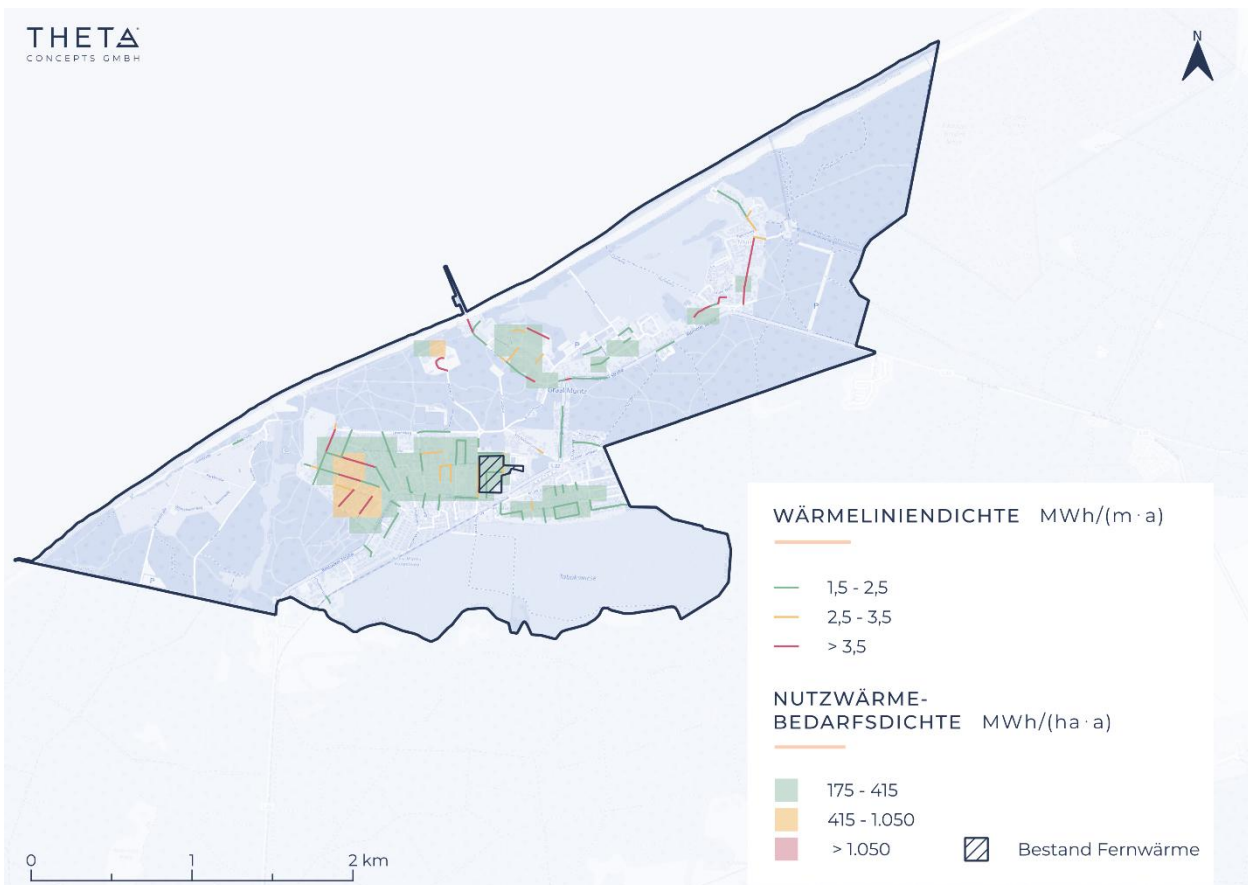


Abbildung 34: Wärmebedarfs- und Wärmelinienichten im Zieljahr zur Bewertung der Eignung von Fernwärme (Quelle: Theta Concepts)

Die aufgeführten Indikatoren zur impliziten Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurden in eine kartografische Darstellung zur Wärmenetzeignung überführt. Hierbei erfolgt eine Klassifizierung der Baublöcke danach, ob ein Wärmenetz wahrscheinlich geeignet oder wahrscheinlich ungeeignet zur Versorgung ist. Dies ist in der nachfolgenden Abbildung 35 dargestellt.

Daran ist erkennbar, dass sowohl in Graal als auch in Müritz größere Bereiche mit Baublöcken existieren, in denen ein Wärmenetz wahrscheinlich und sehr wahrscheinlich für die Versorgung via Wärmenetz geeignet ist (gelb und grün markierte Baublöcke). Des Weiteren gibt es in den Außen- bzw. Randbereichen beider Ortsteile auch Baublöcke, die für ein Wärmenetz als wahrscheinlich bzw. sehr wahrscheinlich ungeeignet gekennzeichnet sind (orange und rot markierte Baublöcke). Dieses Bild deckt sich ebenfalls mit den Erkenntnissen aus der Eignungsprüfung in Kapitel 6.

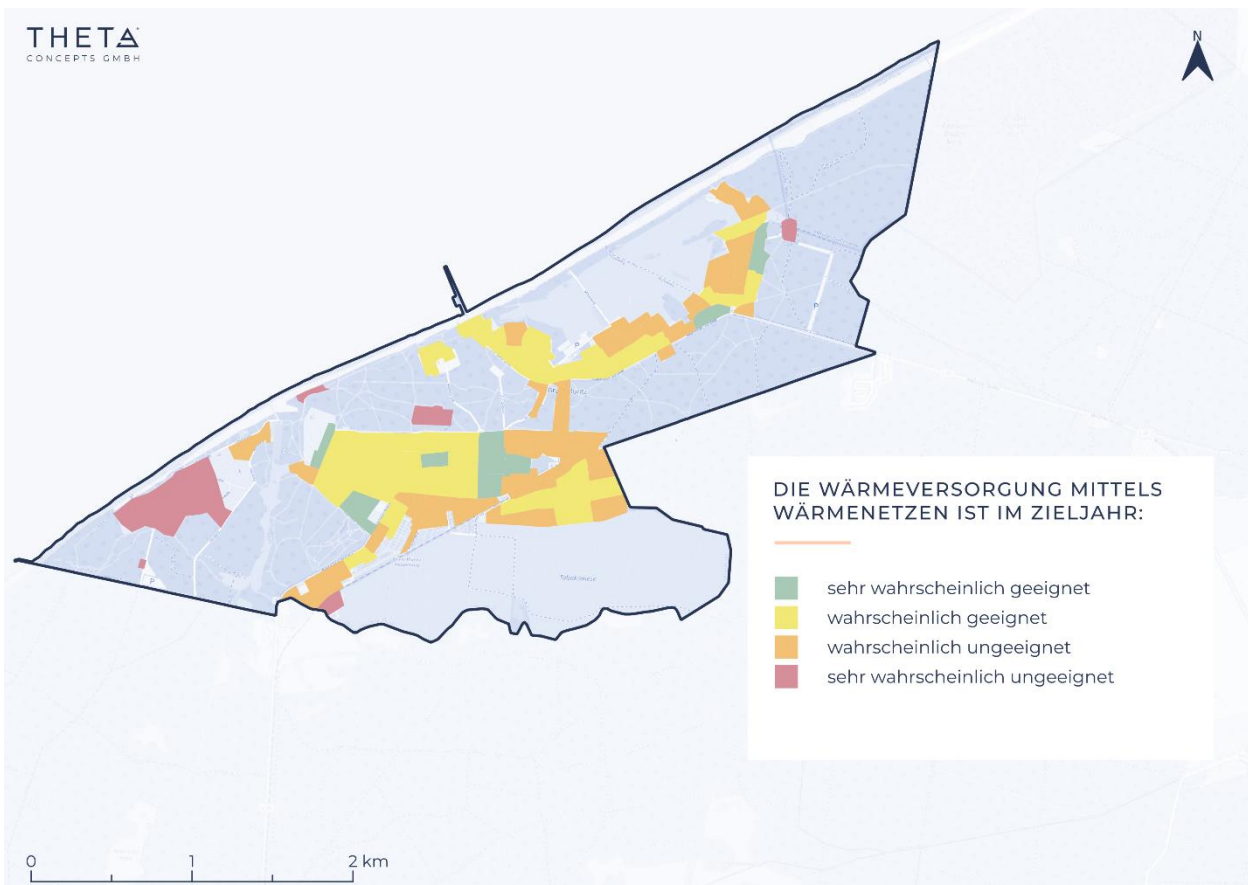


Abbildung 35: Eignung für Wärmenetze im Zieljahr 2045 (Quelle: Theta Concepts)

Basierend auf der vorausgegangenen Eignungsprüfung, den Potenzialen zur dezentralen Deckung, Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichte sowie der Einordnung hinsichtlich einer Eignung für dezentrale und zentrale Versorgung erfolgt eine Einteilung der Gemeinde in Eignungsgebiete. Diese Einteilung ist das zentrale Element des Zielszenarios 2045.

7.2 Zielszenario 2045

Das Zielszenario legt dar, wie die Wärmeversorgung im Planungsgebiet im Zieljahr 2045 unter Beachtung von Klimaneutralität, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit sichergestellt werden kann. Das zentrale Element des Zielszenarios stellt eine Karte zur Einteilung des Planungsgebietes in Eignungsgebiete dar. Diese werden im nachfolgenden Kapitel vorgestellt.

7.2.1 Eignungsgebiete

Eignungsgebiete lassen sich in fünf Kategorien unterteilen. Diese werden zunächst kurz erläutert.

Individualversorgung (dezentrale Versorgung)

Für diese Gebiete besteht keine oder nur eine geringe Eignung zum Anschluss an ein Fern- oder Nahwärmenetz. Die vorherrschende Bebauungsstruktur erlaubt in der Regel eine dezentrale Versorgung. Eine zentrale Versorgung ist nicht wirtschaftlich. Mögliche Versorgungslösungen können u. a. Luft- und Erdwärmepumpen, Pellet- und Hackschnitzelheizungen, Stromdirektheizungen oder Hybridheizungen sein. In diesem Zusammenhang sei auf die Anforderungen und Rahmenbedingungen des GEG verwiesen. Welches Heizungssystem für ein jeweiliges Gebäude die sinnvollste Lösung darstellt, ist im Einzelfall zu prüfen. Dies stellt keinen Gegenstand der Wärmeplanung dar.

Fernwärme-Bestandsgebiet inkl. Verdichtungsgebiete

Im ausgewiesenen Bestandsgebiet ist bereits zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Planwerks eine Fernwärmeversorgung vorhanden, die einen Teil der Gebäude versorgt. Diese Infrastruktur ist sowohl technisch als auch wirtschaftlich bedeutend und bleibt daher im Zielszenario bestehen. Das Bestandsgebiet kann nach derzeitigem Stand Verdichtungspotenziale aufweisen, sofern noch nicht alle Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen sind. Die Erschließung dieser Potenziale ermöglicht es, mit minimalem Infrastrukturaufwand weitere Wärmeabnehmer zu gewinnen. Für diesen Bereich wird im Zielszenario eine vollständige Anschlussquote angestrebt. Zusätzlich erforderliche Wärmeleistung kann aus der zu erwartenden energetischen Sanierung der Bestandsgebäude genutzt werden.

Fernwärme-Ausbaugebiet

Es handelt sich um Gebiete, die bislang nicht mit Fern- oder Nahwärme versorgt werden und die nach den vorgenannten Kriterien in Abschnitt 7.1 eine erhöhte Wärmenetzeignung aufweisen. Neben den auf Blockebene untersuchten Aspekten wurden auch mögliche Einspeisepunkte (Potenziale) bzw. Potenzialflächen für die Wärmebereitstellung in die Gebietsdefinition einbezogen.

Prüfgebiete für Fernwärme und Prüfgebiet für Gasnetze

Gebiete, in denen aufgrund erwarteter zukünftiger Entwicklungen noch keine belastbare Aussage zur besten Versorgungslösung zum Zeitpunkt der Wärmeplanerstellung erbracht werden kann, werden als Prüfgebiet deklariert. Mögliche Gründe hierfür sind anstehende Bauvorhaben, Umstrukturierungen sowie die Notwendigkeit einer tiefergehenden Prüfung von Infrastruktur und möglichen Potenzialen zur Bedarfsdeckung.

Prüfgebiete sind vor allem in Bezug auf einen möglichen Anschluss an ein Fernwärmenetz (Fernwärme-Prüfgebiet), aber auch zur Versorgung durch ein Gasnetz für grüne Gase, wie Biomethan, Wasserstoff und dessen Derivate (Gasnetz-Prüfgebiet) zu sehen.

Die resultierende Gebietseinteilung für die Gemeinde Graal-Müritz für das Zieljahr 2045 ist in Abbildung 36 dargestellt. Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten dargelegt geht auch daraus hervor, dass ein Großteil der Gemeinde zukünftig dezentral mit Wärme zu versorgen ist (beige markierte Gebiete). Dies betrifft vornehmlich die Randgebiete von Graal sowie den gesamten Ortsteil Müritz.

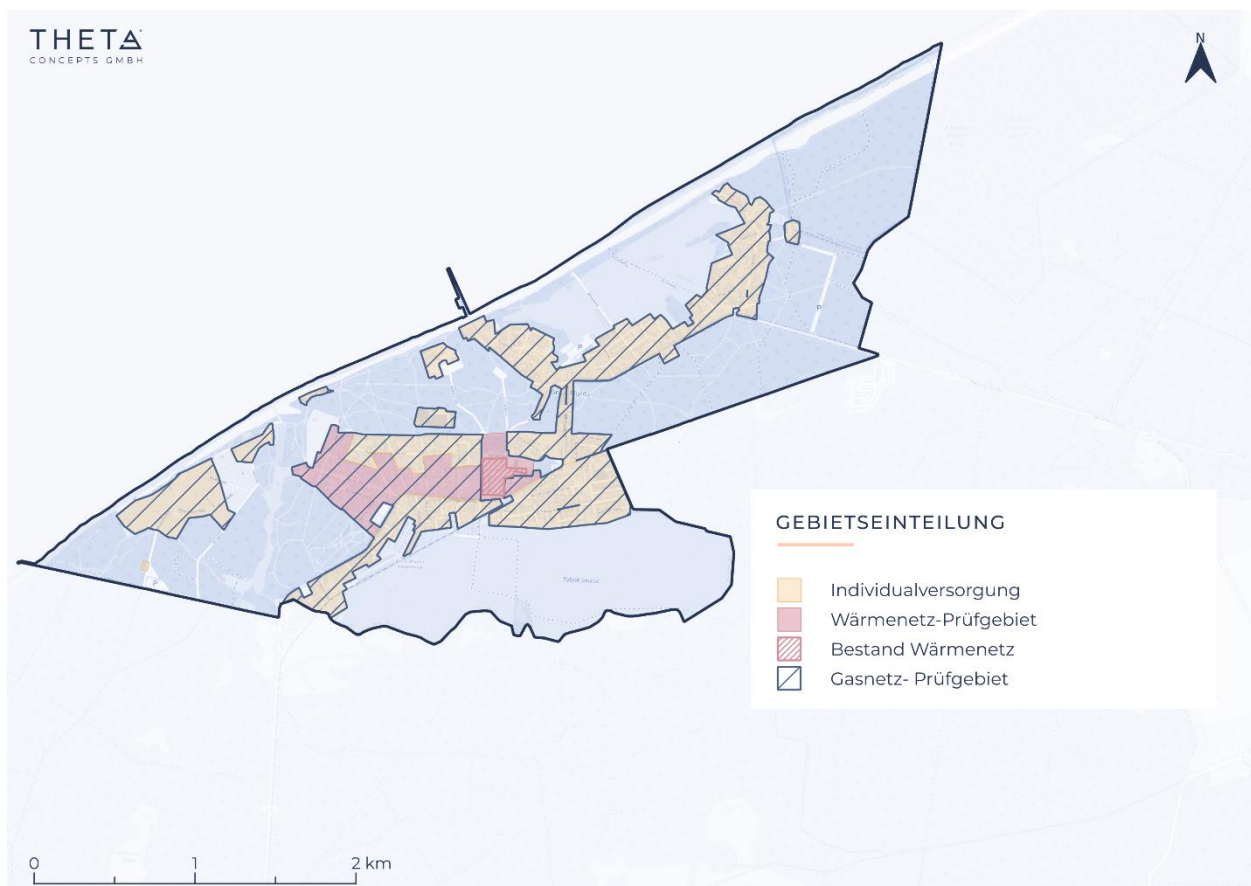


Abbildung 36: Gebietseinteilung des Planungsgebiets im Zielszenario (Quelle: Theta Concepts)

Neben der Individualversorgung findet sich das Fernwärmebestandsgebiet in Graal (rot schraffierte Fläche) welches auch zukünftig durch die SWR AG mit Fernwärme versorgt wird.

Zusätzlich zum Fernwärmebestandsgebiet zeigt Abbildung 36 ein Prüfgebiet für den Ausbau des Bestandsnetzes (rot markierte Flächen). Dabei handelt es sich um ein Gebiet, das für eine Netzverdichtung oder den Ausbau der Fernwärme infrage kommen. Dieses befindet sich nördlich sowie westlich des Bestandswärmenetzes.

Auf Nachfrage plant die SWR AG über den Weiterbetrieb des Bestandsnetzes hinaus derzeit jedoch keinen Ausbau des Wärmenetzes in Graal-Müritz. Aus Sicht des Energieversorgers sind die vorhandene, zusammenhängende Wärmelinien-dichte sowie die erschließbaren Erzeugungspotenziale zu gering. Demzufolge wäre der Ausbau der Fernwärme in Graal aktuell nur mit einem anderen Betreiber denkbar, z. B. einer Bürgerenergiegenossenschaft oder einem Contractor.

Hierzu wird der Gemeinde beziehungsweise der SWR AG empfohlen, Planungssicherheit durch eine Prüfung der Wirtschaftlichkeit mittels einer geförderten BEW-Machbarkeitsstudie zu schaffen. Die aus der im folgenden Kapitel beschriebene Netzerweiterung durch Neubau und Kopplung der Netze resultierende Möglichkeit der Transformation des Bestandsnetzes versteht sich als hypothetische Annahme beziehungsweise Angebot zur Prüfung der Machbarkeit durch eine entsprechende Studie / Transformationsplanung.

Weiterhin wurde das bestehende Gasnetz der SWR AG als Gasnetzprüfgebiet ausgewiesen (grau schraffierte Fläche). Lt. Stellungnahmen der SWR AG von April 2025 und Januar 2026 ist vorgesehen, das Gasnetz auch zukünftig weiterzubetreiben, und zwar mit Biomethan und synthetisch hergestelltem Methan. Allerdings schränkt die SWR AG dieses Angebot auf Gebiete mit langfristigem Gasbedarf ein. Der Energieversorger geht davon aus, dass in Baublöcken ab 2002 ein Heizungstausch durch die Eigentümer stattfindet und diese zukünftig mit Wärmepumpen beheizt werden. In diesen Gebieten wäre die SWR AG als Gasnetzbetreiber dazu gezwungen, Stilllegungsvorbereitungen für das Gasnetz durchzuführen.

7.2.2 Fernwärme in Graal

Wie in Kapitel 7.2.1 dargestellt, besteht im Ortsteil Graal sowohl in Bezug auf die Wärmebedarfe als auch die erneuerbaren Energien ein Ausbaupotenzial für die Fernwärme. Zur Deckung dieses zusätzlichen Fernwärmebedarfs (deklariert als Wärmenetz-Prüfgebiet) ist neben dem Netzausbau die Erschließung entsprechender Erzeugerpotenziale notwendig. Aktuell wird das bestehende Fernwärmenetz von einem Heizhaus in der Kastanienallee mit Wärme aus Erdgas versorgt. Zukünftig soll es lt. SWR AG mit Biomethan versorgt werden.

Da sowohl die zukünftige Verfügbarkeit als auch das Preisniveau von Biomethan aktuell als unsicher eingeschätzt wird, soll dieser Abschnitt einen potenziellen Transformationspfad für die Fernwärme unter Einbindung regionaler Potenziale aufzeigen. Wie in Abschnitt 5.5 dargelegt, kommen Tiefengeothermie, Luft- sowie Abwasserwärme hierzu in Frage. Zudem könnten Potenziale an Solarthermie (Freifläche) genutzt werden – sofern sich ein ausreichend großer Standort für die Anlage findet. Zur Vorbereitung und Unterstützung der weiteren Planungsphasen wurde im Rahmen der Wärmeplanung ein indikatives Versorgungskonzept für das gesamte Prüfgebiet, einschließlich des Bestandsnetzes gerechnet. Das Bestandsnetz wurde hypothetisch in die Versorgung mit Fernwärme miteinbezogen, in dem zum Beispiel im Heizhaus Kastanienallee eine Netzkopplung des Bestandsnetzes an den Netzneubau erfolgt. Die Fernwärmeerzeugung wurde hierbei auf Basis der genannten Potenziale ermittelt.

Als effektiv nutzbare Fläche für eine wärmenetzgebundene Versorgung wurde für die Berechnung der Wärmenetzmodelle ein hypothetischer Einspeisepunkt auf den Tabakswiesen in der Nähe zum Bahnhof gewählt. Die Wahl anderer Einspeisepunkte innerhalb oder am Rand des Fernwärmegebiets führen zu Ergebnissen und Prognosen, welche den hier präsentierten, sehr ähnlich sind.

Der dargestellte Netzausbau entspricht einer zuzubauenden Trassenlänge von ca. 5,8 km (0,3 km/a). Unter Annahme einer hundertprozentigen Anschlussquote ergibt sich für das Zieljahr ein prognostizierter Wärmebedarf (inkl. Netzverlusten) für das Gesamtnetz von 16,9 GWh/a im Zieljahr 2045. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung wurde eine Betrachtung auf Basis der Vollkosten unter Einbeziehung der vorhandenen Daten vorgenommen. Dies soll dem Anspruch der Bürger gerecht werden, die Kosten der Wärmewende zu beziffern und das insgesamt effizienteste Versorgungskonzept zu erarbeiten, damit die Wärmewende bezahlbar und sozialverträglich ist. In diesem Zusammenhang sei erneut Bezug auf die Meinung der Bürger/innen in Kapitel 2 genommen.

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde zunächst die Netztopologie ausgehend von dem avisierten Technologiestandort geschätzt. Die indikativen Investitionskosten für den Netzausbau, die Hausübergabe- und Pumpstationen sind in Tabelle 11 aufgeführt. Die aufgeführten Kosten erhalten bereits Nebenkosten für den Kapitaleinsatz (3,5 %).

Tabelle 11: Indikative Investitionskosten für den Netzausbau (Quelle: Theta Concepts)

Bezeichnung	Einheit	Wert
Wärmebedarf Netz inkl. Netzverluste	GWh	16,9
Wärmebedarf Abnehmer	GWh	14,4
Pumpstation Investitionskosten	EUR	1.600.000
Übergabestation Investitionskosten	EUR	1.500.000
Hausanschlussleitungen Investitionskosten	EUR	1.500.000
Haupttrasse (\geq DN 80) Investitionskosten	EUR	5.500.000
Verteilnetz ($<$ DN 80) Investitionskosten	EUR	2.300.000
Gesamtinvestitionskosten	EUR	12.400.000
Hausanschlussleitungen Ausbaulänge	m	5.200
Haupttrasse (\geq DN 80) Ausbaulänge	m	2.900
Verteilnetz ($<$ DN 80) Ausbaulänge	m	2.900
Gesamtzubaulänge Netz	m	5.800
Anzahl neuer Hausanschlüsse	-	205

Anhand der bilanzierten Wärmebedarfe des zukünftigen Versorgungsgebiets und der daraus resultierenden Spitzenlast wurden vier mögliche Erzeugerparks ausgelegt: Tiefengeothermie mit Erdbeckenspeicher, Solarthermiefeld mit Erdbeckenspeicher, Großluftwärmepumpe sowie Großluftwärmepumpe und Abwärme. Die Nennleistungen der Anlagen, die jeweils ins Netz eingespeisten Wärmemengen sowie die angenommenen Investitionskosten zeigen Tabelle 12 bis Tabelle 15.

Tiefengeothermie mit Erdbeckenspeicher

Mit Hilfe der Tiefengeothermie wird zum einen die Grundlast abgedeckt; zum anderen kann sie bei Bedarf auch zur Einspeisung von Wärme in den Speicher genutzt werden. Die Mittellast wird gedeckt, wenn Tiefengeothermie und Speicher parallel in das Netz einspeisen. Die Spitzenlastabdeckung kann durch eine Luftwärmepumpe sichergestellt werden.

Tabelle 12 zeigt die Investitionskosten für den Versorgerpark auf Basis von Tiefengeothermie.

Tabelle 12: Auslegung und indikative Investitionskosten für die Wärmeerzeugungsanlagen (Quelle: Theta Concepts)

Versorgerpark Tiefengeothermie					
Bezeichnung	Energie [GWh]	Leistung [MW]	Fläche [m ²]	Investitionskosten	
				ohne Förderung [Mio. EUR]	mit Förderung [Mio. EUR]
Tiefengeothermie		3,5	10.000	13.400.000	8.100.000
Wärmepumpe vor Speicher	18.100	4,0	3.500	2.100.000	1.200.000
Erdbeckenspeicher	5.000		10.000	3.300.000	2.000.000
Wärmepumpe nach Speicher	3.500	3,9	3.500	2.000.000	1.200.000
Luftwärmepumpe Spitzenlast	340	3,8	3.500	2.200.000	1.300.000
Besicherung Luftwärmepumpe	0	4,0	3.500	2.300.000	1.400.000
Netzausbau				12.400.000	7.400.000
Summe				37.700.000	22.600.000

Um die konkrete Eignung der Tiefengeothermienutzung vor dem Hintergrund der damit verbundenen Risiken und hohen Investitionen festzustellen, sind jedoch weitere Untersuchungen, wie z. B. eine Machbarkeitsstudie sowie ein Transformationsplan für die Fernwärme notwendig.

Solarfeldkollektoren mit Erdbeckenspeicher

Solarthermiepark und Erdbeckenspeicher sind so angelegt, dass die Solarthermie in den Erdbeckenspeicher speist. Beide Anlagen sind also in Reihe geschaltet. Damit deckt diese Kombination Grund- und Mittellast. Zur Abdeckung der Spitzenlast ist ein Hackschnitzel-Heizkessel notwendig. In Tabelle 13 sind die Investitionskosten für den Versorgerpark abgebildet.

Tabelle 13: Auslegung und indikative Investitionskosten für den Versorgerpark Solarthermiefeld mit Erdbeckenspeicher (Quelle: Theta Concepts)

Versorgerpark Solarthermiefeld mit Erdbeckenspeicher					
Bezeichnung	Energie [GWh]	Leistung [MW]	Fläche [m ²]	Investitionskosten	
				ohne Förderung [Mio. EUR]	mit Förderung [Mio. EUR]
Solarthermie-Flachkollektorfeld	23.700	25,1 (peak)	49.000	10.200.000	6.100.000
Erdbeckenspeicher	23.700		31.200	7.900.000	4.800.000
Wärmepumpe nach Speicher	16.600	4,2	3.500	3.400.000	2.000.000
Biomasse-Hackschnitzel-Heizkessel	340	2,0	3.500	2.200.000	1.300.000
Besicherung Elektrodenkessel	-	4,2	3.500	3.800.000	2.300.000
Netzausbau				12.400.000	7.400.000
Summe				39.900.000	23.900.000

Großluftwärmepumpe

Die Großluftwärmepumpe wird so dimensioniert, dass sie Grund-, Mittel und Spitzenlast abdeckt. Dies ist sinnvoll, da die Großluftwärmepumpe gut steuerbar ist und sich der Großteil der Kosten aus den Energiebezugskosten ergibt. Die Investitionskosten sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Auslegung und indikative Investitionskosten für den Versorgerpark Großluftwärmepumpe (Quelle: Theta Concepts)

Versorgerpark Großluftwärmepumpe					
Bezeichnung	Energie [GWh]	Leistung [MW]	Fläche [m ²]	Investitionskosten	
				ohne Förderung [Mio. EUR]	mit Förderung [Mio. EUR]
Großluftwärmepumpe	32.170	6,2	3.500	5.100.000	3.100.000
Besicherung Elektrodenkessel	-	6,2	3.500	5.000.000	3.000.000
Netzausbau				12.400.000	7.400.000
Summe				22.500.000	13.500.000

Großluftwärmepumpe mit Abwärmenutzung

Hier sind zusätzlich zur Großluftwärmepumpe folgende Abwärmepotenziale der Pumpwerke im Ortsteil Graal mit einbezogen, mit entsprechenden lokalen kleinen Einspeisepunkten:

- Abwasserpumpwerk Friedhofsweg 4 (1,2 GWh/a),
- Abwasserpumpwerk Lindenweg 2 (0,76 GWh/a).

Das Schöpfwerk Stromgraben wurde nicht in die geplante Wärmeversorgung mit einbezogen, da das Potenzial nicht durchgängig verfügbar ist und das Temperaturniveau in etwa dem der Umgebungsluft entspricht. Die Großluftwärmepumpe wäre damit die günstigere Versorgungslösung, da sie dauerhaft verfügbar ist.

Tabelle 15 zeigt die Investitionskosten für den Versorgerpark.

Tabelle 15: Auslegung und indikative Investitionskosten für den Versorgerpark Großluftwärmepumpe mit Abwärme (Quelle: Theta Concepts)

Versorgerpark Großluftwärmepumpe mit Abwärmennutzung					
Bezeichnung	Energie [GWh]	Leistung [MW]	Fläche [m ²]	Investitionskosten	
				ohne Förderung [Mio. EUR]	mit Förderung [Mio. EUR]
Großluftwärmepumpe	15.000	5,2	3.500	4.500.000	2.700.000
Abwärme	2.000	1,0	0	-	-
Besicherung Elektrodenkessel	-	5,2	3.500	4.400.000	2.700.000
Netzausbau				12.400.000	7.400.000
Summe				21.300.000	12.800.000

Auf Grundlage der oben genannten Investitionskosten der verschiedenen Erzeugerparks wurden die Wärmegestehungskosten jeweils für drei unterschiedliche Szenarien berechnet: einem Best Case, einem Base-Case sowie einem Worst-Case. Dabei wurden folgenden Rahmenbedingungen für die jeweiligen Szenarien berücksichtigt:

- Best-Case: 100 % Fernwärmeanschlussquote⁴, mit 40 % BEW-Förderung,
- Base-Case: 70 % Fernwärmeanschlussquote, mit 40 % BEW-Förderung,
- Worst-Case: 60 % Fernwärmeanschlussquote, ohne BEW-Förderung.

Weiterhin wurden folgende Prämissen angenommen:

- Flächenakquise: 100 €/m² (ungefördert),
- Zinssatz für Investitionen: 3 % p. a. (Laufzeit: technische Lebensdauer),
- Zinssatz für dezentrale Anlagen: 5,5 % p.a. über 7 Jahre,
- Energiepreise entsprechend Prognosen im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung der KEA BW 2023 (vgl. Peters et al. 2023).

⁴ Eine 100 %-ige Anschlussquote ist als theoretische Zielmarke zu sehen. Sie ist jedoch für die Berechnung der korrekten Wärmebedarfe notwendig, um eine Unterdimensionierung des Netzes und der Erzeuger zu vermeiden.

Zum Vergleich wurden die Kosten für eine dezentrale Versorgung auf Basis eines Technologiemixes berechnet. Die drei unterschiedlichen Wärmegestehungskosten ergeben sich hierbei aus der potenziellen KfW Heizungsförderung:

- Best-case: 70 % Förderung
- Base-case: 30 % Förderung
- Worst-case: ohne Förderung

Die Wärmegestehungskosten für die verschiedenen Erzeugerparke im Vergleich zur dezentralen Versorgung zeigt Abbildung 37.

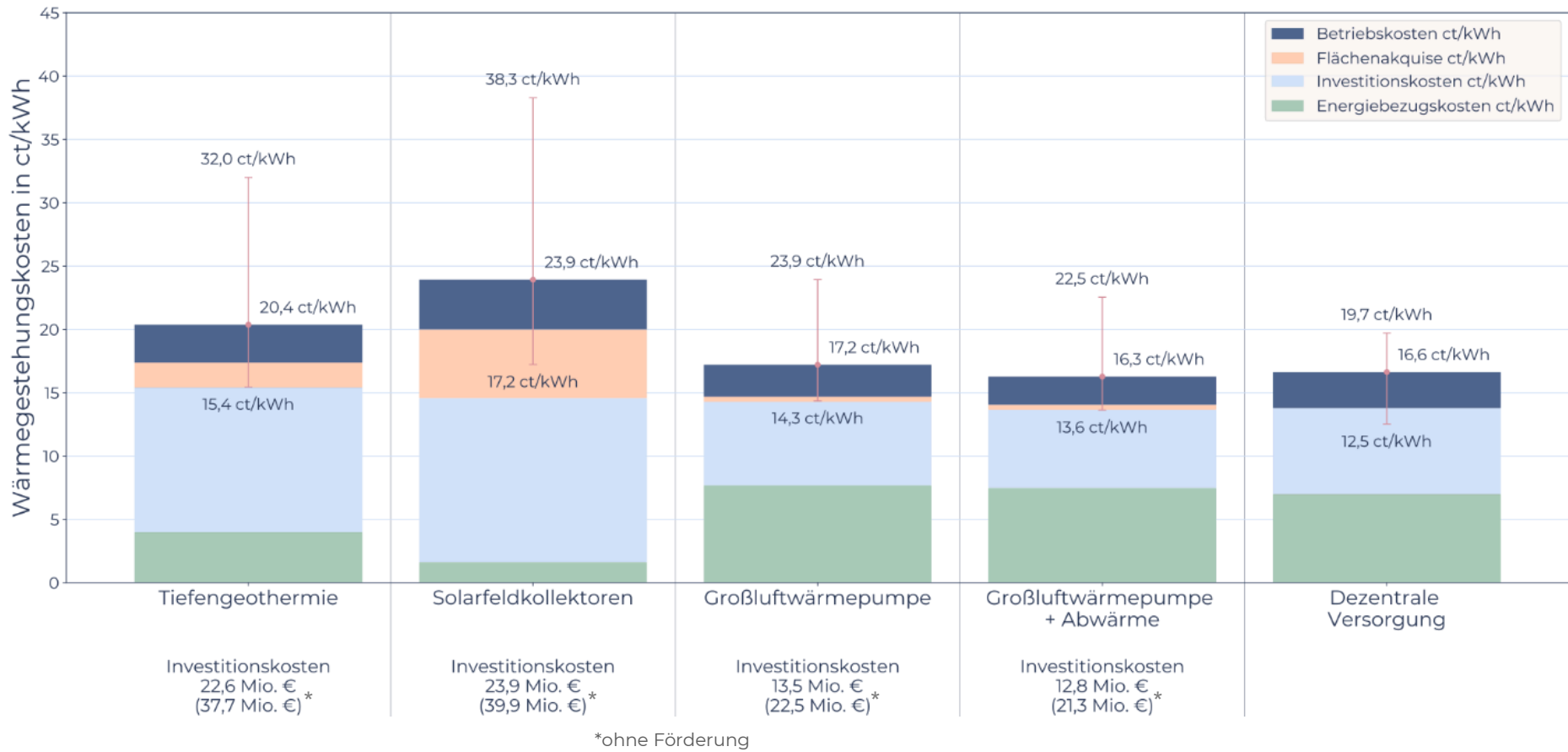


Abbildung 37: Wärmegestehungskosten Erzeugerparcs im Vergleich zur dezentralen Versorgung (Quelle: Theta Concepts)

Das Erzeugerszenario Großluftwärmepumpe mit oder ohne Einbezug der Abwärmepotenziale ist hinsichtlich der Investitionskosten und auch hinsichtlich der indikativen Wärmegegestehungskosten das günstigste und damit die Empfehlung des Wärmeplans. Zusätzlich kommt dieser Erzeugerpark mit einer sehr kleinen Fläche aus, was dem Mangel an Potenzialflächen Rechnung trägt.

Die indikativen Investitions- und Wärmegegestehungskosten deuten darauf hin, dass die Wärmebereitstellung durch die lokalen Potenziale eine wettbewerbsfähige Alternative zu fossilen Energieträgern darstellen kann. Insgesamt geht die Fernwärmetransformation jedoch mit signifikantem Investitionsbedarf einher. In diesem Zusammenhang spielen Förderungen eine entscheidende Rolle, um die Fernwärmetransformation wirtschaftlich darzustellen.

Die „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW) bietet über Modul 2 und Modul 3 Fördermittel von bis zu 40 % der förderfähigen Kosten, wobei die maximale Förderhöhe pro Antrag bei 100 Millionen Euro liegt. Zusätzlich sind über Modul 4 operative Kosten für Wärmepumpen förderfähig. Voraussetzung für die Fördermittel ist die Erstellung einer Machbarkeitsstudie oder eines Transformationsplans (Modul 1), um den langfristigen Ausbau des Wärmenetzes strategisch zu planen.

7.2.3 Dezentrale Versorgung (Individualversorgung)

Wie in den Kapiteln 6 und 7 hergeleitet sowie abschließend in Abbildung 36 dargestellt, eignet sich der Bau bzw. der Ausbau eines Fernwärmenetzes in weiten Teilen des Planungsgebietes nicht.

Anhand eines Vollkostenvergleichs ist festzustellen, dass sich Investitionen in eine Netzinfrastruktur aufgrund der Siedlungsstrukturen in den in Abbildung 36 als Individualversorgung ausgewiesenen Gemeindegebieten nicht lohnen. Die zentrale Lösung ist in jedem Falle teurer als die günstigste dezentrale Lösung bzw. der zu erwartende Technologiemix. In großen Teilen des Planungsgebiets wird in den kommenden Jahren demnach ein Wechsel zu dezentralen Versorgungslösungen, wie Wärmepumpen, Biomasse- und Stromdirektheizungen erwartet.

Im vorherigen Abschnitt wurde dargelegt, dass sich die indikativen Wärmegegestehungskosten der Fernwärme auf ca. 16,3 Cent/kWh (Base-Szenario mit 70 % Anschlussquote und 40 % Förderung) belaufen. Als Vergleichsbasis wurden die Vollkosten eines dezentralen Technologiemieses für sämtliche Gebäude innerhalb des Einzugsgebietes der zukünftigen Fernwärme in Anlehnung an den Handlungsleitfaden sowie den Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung der KEA BW ermittelt (vgl. Peters et al. 2023).

Der Technologiemix wird entsprechend der Prognose aus Kapitel 7.1 angesetzt. Danach wird die dezentrale Wärmeversorgung im Jahr 2045 zu knapp 74 % durch Wärmepumpen sichergestellt. Der Anteil von biomasse-basierten Heizungen liegt 2045 bei etwa 26 %. Der Anteil von Stromdirektheizungen liegt im Zieljahr bei unter 1 %.

Für den dezentralen Technologiemix belaufen sich die Wärmegestehungskosten im Base-Szenario auf 16,6 Cent/kWh.

Aus den für das Zieljahr resultierenden Wärmeversorgungsstrukturen lässt sich ableiten, dass ein nennenswerter Anteil der Wärme im Planungsgebiet strombasiert mittels Wärmepumpen sichergestellt werden muss. Hierfür ist eine Tauglichkeit der Stromnetze essenziell. Um den zusätzlichen Strombedarf durch Wärmepumpen abzuleiten, wurde eine Worst-Case-Analyse durchgeführt. Diese geht von 100 % Deckung durch Wärmepumpen mit einer JAZ von 2,5 aus. Summiert über das Planungsgebiet ergibt sich so eine elektrische Peakleistung von rund 8,54 MW durch dezentrale Wärmepumpen. Die tatsächlich nötige Anschlussleistung unterliegt jedoch einer Vielzahl von weiteren Einflussfaktoren, u. a. auch durch den Ausbau von Dachflächen-PV-Anlagen sowie die Entwicklung der Elektrifizierung des Verkehrssektors.

Die hier vorgestellte Analyse liefert daher nur einen einzelnen Parameter für die sektorenübergreifende Planung des Stromnetzausbaus. Der Bedarf an elektrischer Anschlussleistung ist in Abbildung 38 dargestellt.

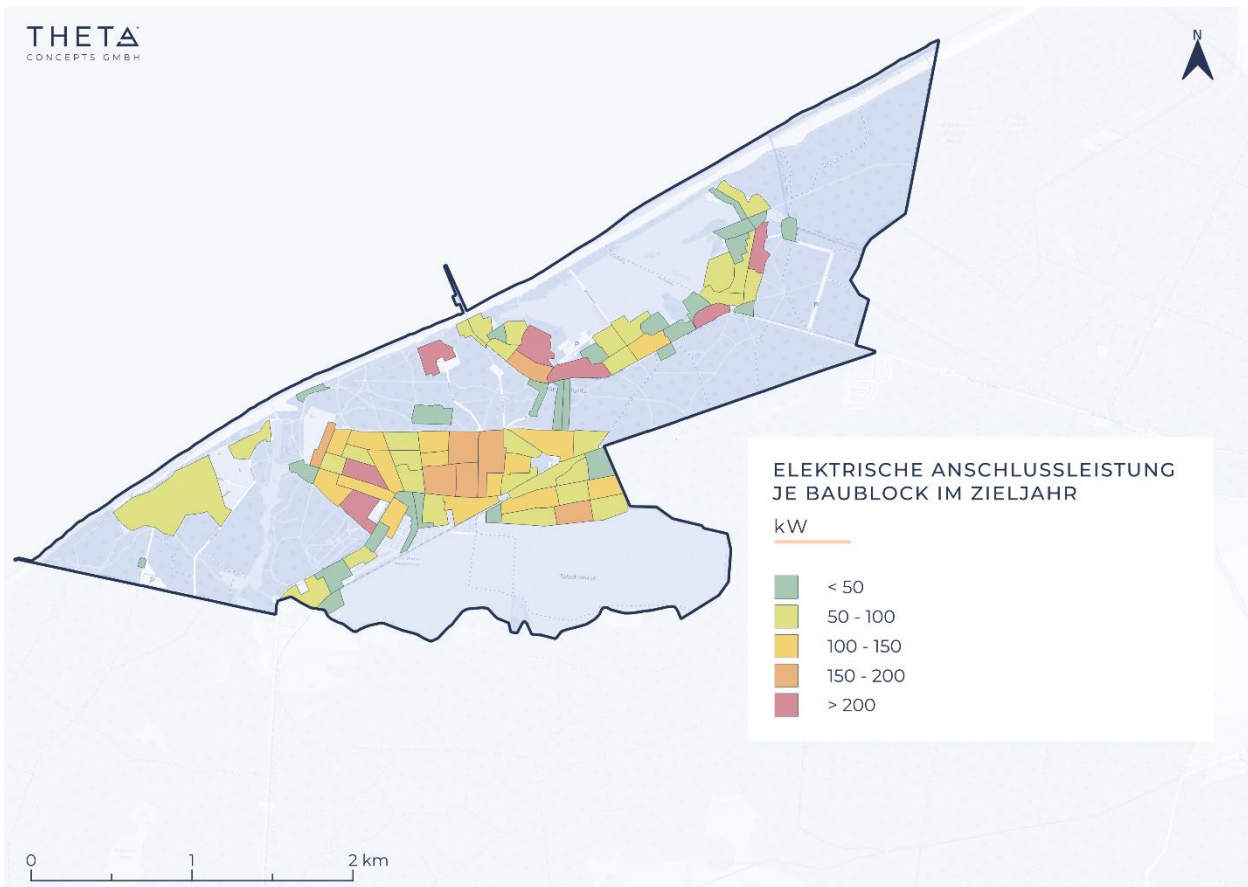


Abbildung 38: Prognostizierte zusätzlich nötige elektrische Anschlussleistungen bei flächendeckender Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen unter Berücksichtigung einer mittleren JAZ von 2,5 (Quelle: Theta Concepts)

7.3 Zwischenzielszenarien 2030, 2035 und 2040

Um das klimaneutrale Zielszenario im Jahr 2045 zu erreichen, gilt es insbesondere Wärmebedarfe zu reduzieren und den Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger voranzutreiben. Um dies im Planungsgebiet zu erreichen, sind die Gebäudesanierung, der Ausbau und die Errichtung der Fernwärme sowie der Austausch fossiler durch erneuerbare Heizungssysteme konsequent voranzutreiben. Dieses Kapitel liefert für die Zwischenziele 2030, 2035 und 2040 konkrete Zielmarken und Anhaltspunkte zur zeitlichen Strukturierung der Wärmewende.

Da für das Wärmenetz in Graal-Müritz aktuell keine Transformationsplanungen vorliegt kann die Fernwärmnetransformation nicht abschließend fixiert und in zeitlichen Bezug gesetzt werden. Für die Zwischenziele 2030, 2035 und 2040 ergibt sich damit jeweils das gleiche in Abbildung 39 dargestellte Bild der Eignungsgebiete.

Fernwärme-Bestandsgebiete, die derzeit und auch im Zieljahr mit Fernwärme versorgt werden, sind entsprechend in den Zwischenzielen ebenfalls als Fernwärme-Bestandsgebiete gekennzeichnet. Gleiches gilt für die Gebiete mit Individualversorgung. Im Falle der Prüfgebiete wird analog verfahren.

Unabhängig von zukünftigen Transformationsplänen sind Wärmenetzbetreiber nach § 29 WPG zukünftig dazu verpflichtet einen steigenden Anteil erneuerbarer Energie oder unvermeidbarer Abwärme an der jährlichen Nettowärmeerzeugung sicherzustellen. Dieser muss ab 2030 mindestens 30 % und ab 2040 mindestens 80 % betragen.

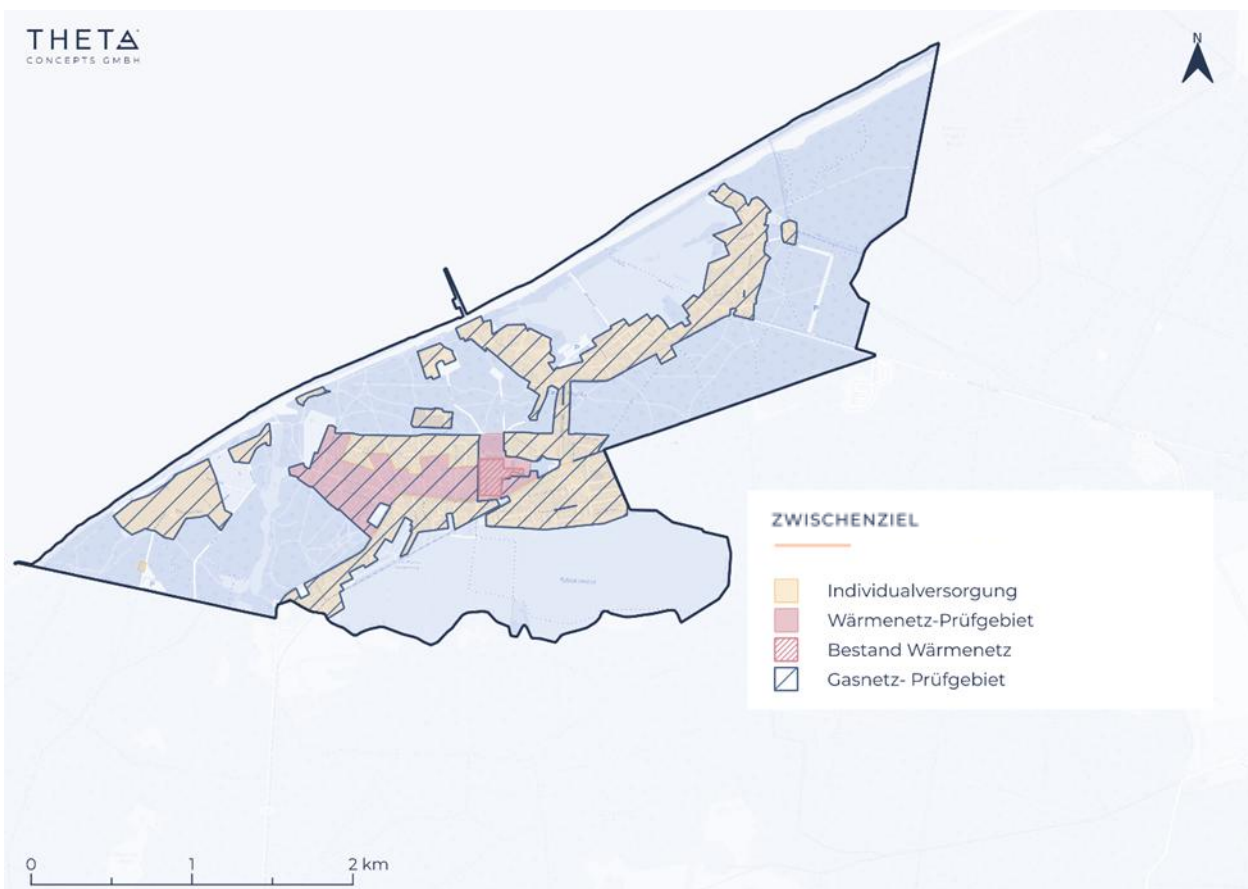


Abbildung 39: Zwischenziel Fernwärmeausbau (Quelle: Theta Concepts)

Transformationspfad für dezentrale Versorgungsstrukturen

Um Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, muss nicht nur die Fernwärme in Graal umgestellt bzw. ausgebaut werden. Weiterhin muss eine Umgestaltung der Wärmeversorgung im dezentralen Bereich stattfinden. Fossile Energieträger, wie Erdgas, aber auch Heizöl und Flüssiggas sind durch erneuerbare Energien abzulösen.

Eine zentrale Herausforderung der Wärmewende ist in der Verdrängung des Erdgases zu sehen. Nach aktueller Gesetzeslage ist eine Versorgung mit fossilen Energieträgern ab dem Jahr 2045 ausgeschlossen, vgl. GEG § 72. Die Transformation des Erdgasnetzes ist jedoch nicht geregelt und richtet sich nach den lokalen Gegebenheiten. Wie bereits in Kapitel 5.4 erklärt, ist eine flächendeckende Umgestaltung des Erdgasnetzes auf andere Energieträger, wie Biomethan oder Wasserstoff nicht realistisch. Es ist daher davon auszugehen, dass das Erdgasnetz bis 2045 wie gewohnt mit Erdgas versorgt wird. Hiervon abweichende Planungen seitens des Erdgasnetzbetreibers sind nicht bekannt.

Auch wenn davon auszugehen ist, dass das bestehende Erdgasnetz weite Teile des Planungsgebiets bis 2045 versorgen kann, wird der Erdgasabsatz in den nächsten Jahren als stark rückläufig erwartet. Steigende CO₂-Preise durch den europäischen Emissionshandel (ETS II) sowie umverlagerte Netzentgelte werden zu einer Preisdynamik führen, die alternative Versorgungslösungen begünstigen. Hierbei spielt vor allem die Elektrifizierung der Wärmeversorgung durch Wärmepumpen eine zentrale Rolle. Auch biogene Wärme wird einen Stellenwert einnehmen. Diese Entwicklungen treffen wahrscheinlich auf das gesamte Einzugsgebiet des Erdgasnetzes gleichermaßen zu, sodass die Rückläufigkeit der Erdgasversorgung nur im Hinblick auf den Ausbau der Fernwärme einer strikten räumlichen Differenzierung unterliegt. Der Ausstieg aus der Erdgasversorgung wird damit vorrangig durch die beschriebene Preisdynamik, den Ausbau der Fernwärme sowie das Lebensalter derzeit verbauter Heizungsanlagen getrieben. In diesem Zusammenhang ist das GEG und die Erfüllung der 65%-Regel in Bestandswohngebäuden ab 30.06.2028 als zentrale Wegmarke zu sehen. Der Ausstieg aus Heizöl und Flüssiggas erfolgt aufgrund steigender CO₂-Preise in Wohngebäuden kongruent.

Auch gewerbliche Großverbraucher sehen sich einerseits durch gesetzgeberische Maßnahmen (z. B. Energieeffizienzgesetz „EnEfG“) und andererseits durch den europäischen Emissionshandel mit der Notwendigkeit zur energetischen Transformation konfrontiert. Die Entwicklung dieser Transformationspfade obliegt jedoch nicht der Wärmeplanung, sondern liegt in Verantwortung der Unternehmen. Der Planungsstand der betreffenden Unternehmen im Gemeindegebiet ist sehr heterogen und die Datenlage lässt keine abschließende und verbindliche Bewertung der Transformationspfade im Segment von GHD und Industrie zu. Vor allem eine Bewertung von Maßnahmen zur zukünftigen Deckung von Prozesswärmebedarfen ist nur eingeschränkt möglich. Daher werden diese aus der nachfolgenden Betrachtung des THG-Minderungspfades exkludiert.

7.4 THG-Minderungspfad

Unter der Annahme eines konstanten Transformationsverhaltens der Individualversorgungsgebiete ergibt sich der in Abbildung 40 dargestellte Verlauf der THG-Emissionen im Planungsgebiet. Wie bereits erklärt, sind industrielle Prozesswärmebedarfe innerhalb dieser Darstellung unberücksichtigt. Das Fernwärmegebiet ist entsprechend der im WPG vorgegebenen THG-Minderungsziele für Fernwärmeversorgung berücksichtigt worden (30% ab 2030, 80% ab 2040). Die Fernwärme-Prüfgebiete wurden in der Betrachtung außen vor gelassen und als individualversorgte Gebiete berücksichtigt.

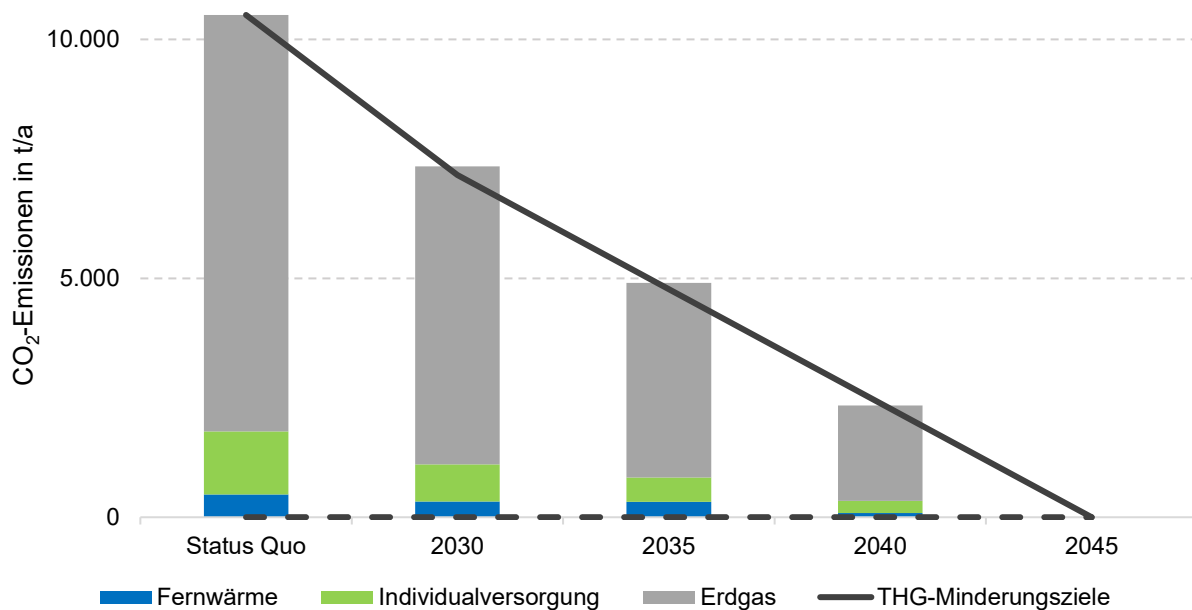


Abbildung 40: Voraussichtliche Entwicklung der wärmebezogenen THG-Emissionen des Planungsgebiets über die Wegmarken 2030, 2035 und 2040 zum Zielszenario 2045 verglichen mit den THG-Minderungszielen des Klimaschutzgesetzes (ab 2030 aktuell nur Gesamtprojektion, nicht separat für Wärmesektor) (Quelle: Theta Concepts)

In den Zwischenzieljahren 2030 und 2035 liegt die prognostizierte THG-Emission trotz größerer Sanierungseffekte (worst first) leicht über den Minderungszielen (2,6 bzw. 2,8 %). Das ist insbesondere auf den hohen Anteil zu substituierender Individualversorgung abseits der Fernwärme zurückzuführen. Um die Vorgaben auch in den ersten Zwischenzieljahren zu erfüllen, müsste die Wärmewende im Planungsgebiet ambitionierter voranschreiten, etwa durch höhere Sanierungsquoten, oder einen (möglichst frühen) Ausbau der Fernwärme. Da mit größeren Infrastrukturmaßnahmen jedoch längere Planungsphasen einhergehen, ist ein solcher Transformationspfad unwahrscheinlich.

Eine weitere Option besteht im Anreiz eines Heizungstauschs, um die Wärmewende in den dezentral zu versorgenden Gebieten zu beschleunigen. Die aktuelle Förderlandschaft schafft mehrere Anreize zum Heizungstausch und zur Gebäudesanierung. Hier bedarf es einer flächendeckenden Transferleistung und Beratung, um das Bewusstsein und die Zugänglichkeit der Förderinstrumente zu schaffen. Diese Aspekte sind in den Maßnahmenpaketen (Kapitel 8.1) verankert.

8 Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie ist das zentrale Element des Wärmeplans. Durch sie wird der Wärmeplan zu einem strategischen Instrument für die Umgestaltung der Wärmeversorgung. Die Wärmewendestrategie formuliert einen klaren Handlungsleitfaden und Maßnahmenkatalog, um das Zielszenario einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Zieljahr 2045 zu erreichen. Ziel ist es, die Aktivitäten aller zentralen Akteure zu koordinieren, zu bündeln und mit weiteren ggf. vorzunehmenden Infrastrukturmaßnahmen zu überlagern, um eine effiziente Transformation der Wärmeversorgung im Planungsgebiet zu erreichen. Hierfür werden die Maßnahmen entsprechend ihrer Dringlichkeit vier Zeitkategorien zugeordnet:

- **Kurzfristig:** Maßnahmen, die innerhalb der nächsten 2-3 Jahre vorzunehmen sind.
- **Mittelfristig:** Maßnahmen, die innerhalb der nächsten 5-10 Jahre vorzunehmen sind.
- **Langfristig:** Maßnahmen, die bis zum Zieljahr vorzunehmen sind.
- **Kontinuierlich:** Maßnahmen, die fortwährend und begleitend über die Jahre der Transformation ergriffen werden sollten.

Die Wärmewendestrategie für Planungsgebiet umfasst dabei mehrere Säulen, die entscheidend sind, um Klimaneutralität im Zieljahr 2045 zu erreichen:

1. Der Nutzwärmebedarf der Gebäude im Planungsgebiet ist durch koordinierte energetische Sanierung zu reduzieren. Als Zielparamester dient eine Sanierungsquote von mindestens 1,0 % der Gebäude pro Jahr.
2. Sofern sich der Ausbau der Fernwärme in Graal anhand einer Machbarkeitsstudie darstellen lässt und ein Betreiber für den Ausbau des Netzes gefunden werden kann, sollte der konsequente Ausbau der Fernwärme vorangetrieben werden.
3. In den Sektoren GHD/Sonstiges sowie Industrie muss eine Transformation der Energieversorgung eingeleitet werden. In diesem Zusammenhang rücken Energieeffizienzmaßnahmen, eine Elektrifizierung der Wärmeversorgung sowie ggf. biogene Wärme in den Fokus.
4. Um fossile Energieträger im dezentralen Bereich zu verdrängen, müssen Beratungsleistungen erfolgen und Anreizeffekte transportiert bzw. geschaffen werden. Dies ist entscheidend, um Erdgas, Heizöl und Flüssiggas möglichst frühzeitig und flächendeckend abzulösen.

Die aufgeführten Säulen münden in einen Zeitplan, der als Orientierungshilfe dienen und dabei helfen soll, die anstehende Transformation zu strukturieren (siehe Abbildung 41).



Abbildung 41: Wärmewendestrategie für das Planungsgebiet

Kurzfristige Maßnahmen

Kurzfristig sind zur Abfederung der Investitionsentscheidungen sowie zur Sicherung von Fördermitteln weitere Analysen bzw. Konzeptpapiere auf Basis des Wärmeplans anzufertigen. In diesem Zusammenhang ist die Aufstellung der Transformationspläne (BEW, Modul 1) für das Wärmenetz in Graal durch die SWR AG als zentrale Maßnahme zu sehen. Da die SWR AG einen Ausbau des Fernwärmenetzes ausschließt, sollte ein Wärmenetzbetreiber akquiriert werden. Hier bieten sich z. B. ein Contractor oder auch die Bildung einer Bürgerenergiegenossenschaft an.

Die Transformationspläne sowie die Machbarkeitsstudie dienen dazu, weitere Analysen zu Erzeugertechnologien vorzunehmen, ggf. das Risiko der See- und Geothermie zu reduzieren sowie den Zielerzeugerpark festzulegen und hinsichtlich CAPEX, OPEX und Resilienz zu optimieren, eine leistungsorientierte Auslegung vorzunehmen und eine thermo-hydraulische Analyse des Fernwärmenetzes zu erarbeiten.

Ausgehend vom Transformationsplan werden die Inhalte der HOAI-Leistungsphasen 2-4 erarbeitet, um anschließend weitere Fördermittel für die Investition in das Wärmenetz und den Erzeugerverbund zu akquirieren.

Auf Basis von Modul 1 und der daran anknüpfenden Leistungsphasen können nach BEW-Modul 2, 3 und 4 sowohl Investitionskosten in das Netz und die Erzeuger / Speicher als auch operative Kosten einiger Erzeuger gefördert werden. Daher sollte die Förderung für Modul 1 so schnell wie möglich durch die SWR AG (Transformationsplanung) bzw. die Gemeinde oder den zukünftigen Netzbetreiber (Machbarkeitsstudie) beantragt werden. Die zügige Aufstellung der Transformationspläne bzw. der Machbarkeitsstudie ist eine entscheidende Maßnahme, um Planungssicherheit für die Einwohnenden zu erzielen und aus den Prüfgebieten einen klaren Ausbaupfad für die Fernwärme abzuleiten.

Die Wärmewende muss stärker in den Fokus rücken. In diesem Zusammenhang ist es eine zentrale Maßnahme, den Klimaschutz bzw. das Klimaschutzmanagement zu etablieren und Synergien zu bündeln. Bauliche Maßnahmen sollten ab sofort aus energetischer Sicht und unter Beachtung von Klimaschutz betrachtet werden. Infrastrukturelle Maßnahmen sind in ihrer Durchführung auf energietechnische Maßnahmen, wie den Ausbau der Fernwärme, abzustimmen, um eine hohe Effizienz der Umsetzung zu erreichen. Eine weitere wesentliche Maßnahme stellt die Identifikation relevanter Potenzialflächen dar. Der Flächennutzungsplan ist diesbezüglich zu aktualisieren.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die möglichst frühzeitige Hebung von Sanierungspotenzialen, um den Wärmebedarf über die Transformationsjahre zu senken. Hierzu sollten sowohl die ansässigen Wohnungsunternehmen als auch die Gemeinde ihre Gebäude analysieren und Maßnahmen der energetischen Sanierung priorisieren. Der erste Schritt liegt hierbei in der Aufstellung von Sanierungsfahrplänen, um Potenziale abzuschätzen und ggf. Fördermöglichkeiten zu aktivieren. Zum anderen sollten einfach erschließbare Einsparpotenziale (z. B. hydraulischer Abgleich, Einbau effizienter Pumpe) im Bestand umgehend gehoben werden. In diesem Zusammenhang sei auf die Vorbildfunktion der Kommunen hingewiesen.

Eine zentrale Herausforderung der Wärmewende besteht in der Transformation dezentraler Versorgungsstrukturen. Hier müssen frühzeitig Beratungsangebote geschaffen werden, um die Zugänglichkeit zu Fördermitteln und anderen Anreizeffekten zu ermöglichen. Eine Möglichkeit hierfür besteht in einer einzurichtenden kontinuierlichen Bürgerfragestunde.

Eine weitere Option besteht in der Durchführung regelmäßiger Veranstaltungen, um vor Ort Themen rund um die Gebäudesanierung und den Heizungswechsel, insbesondere Förderungen zu thematisieren und Vorbehalte aufzuklären. Um die Minderungsziele einzuhalten, ist ein frühzeitiger Maßnahmenbeginn wichtig.

Mittelfristige Maßnahmen

Nach Abschluss der Konzeptphase für die Transformation bzw. Machbarkeit der Fernwärmeversorgung muss eine Fläche akquiriert, ein Technologiestandort erschlossen und der Ausbau der Fernwärme in Graal vorangetrieben werden. Hier gilt es, früh und möglichst vor 2035 mit dem Bau zu beginnen, um die Minderungsziele auch in den Zwischenjahren einzuhalten. Für die Einhaltung des THG-Minderungspfades ist der Ausbau des Wärmenetzes in Graal von zentraler Bedeutung.

Langfristige Maßnahmen

Auch langfristig sollte dem Ausbau des Wärmenetzes in Graal eine hohe Priorität beigemessen werden. Durch die Fernwärme können Erdgas, Heizöl und Flüssiggas in weiten Teilen des Ortsteils verdrängt werden.

Kontinuierliche Maßnahmen

Über die Transformationsjahre ist die Energieeffizienz im Gebäude sukzessive zu steigern. Als Zielmarke gilt eine jährliche Sanierungsquote von 1 %. Dabei sind energetisch ineffizientere Gebäude in den ersten Jahren bevorzugt zu behandeln.

Beratungsangebote zum Heizungstausch sind über die Jahre der Transformation aufzubauen und aufrechtzuerhalten. Hier kann die Gemeinde als Multiplikator und Bindeglied zwischen Bedarf und Beratungsangeboten fungieren. Es ist zu erwarten, dass der Beratungsbedarf in den kommenden Jahren – insbesondere ab Juni 2028 – kontinuierlich zunimmt.

Eine weitere Aufgabe der Gemeinde liegt in der kontinuierlichen Information der Bevölkerung zur Entwicklung der Wärmewende im Gemeindegebiet. Die Gemeinde sollte im Zusammenwirken mit den Wohnungsunternehmen und den Versorgern einen transparenten Prozess ermöglichen und die Bevölkerung regelmäßig durch Öffentlichkeitsarbeit einbinden. Zudem ist der Wärmeplan mind. alle fünf Jahre fortzuschreiben, um neue Entwicklungen einfließen zu lassen und um Planungssicherheit für die Bevölkerung sicherzustellen. Die erste Fortschreibung sollte ggf. früher erfolgen, um den Wärmeplan im Hinblick auf die Transformationsplanung der SWR AG zu aktualisieren.

Eine sehr gut geeignete Maßnahme, um die Bürger zu informieren, kann die Einrichtung eines Menüpunktes auf der Webseite der Gemeinde sein. Hiermit kann die Öffentlichkeitsbeteiligung 24/7 sowohl sämtliche Daten und Karten mit Gebietseinteilungen, Fördermöglichkeiten und Handlungsempfehlungen als auch die Verstetigung und das Monitoring kommuniziert werden.

Um sämtliche Aktivitäten zu bündeln, sollten sich die zentralen Akteure (Gemeinde, SWR AG, Zweckverbände, Wohnungsgesellschaften sowie potenzielle Wärmenetzbetreiber) regelmäßig austauschen und zur Wärmewende verständigen. Diese Lenkungsgruppe sollte sich turnusmäßig, wenigstens halbjährlich treffen und die Transformation diskutieren. Die Steuerung der Lenkungsgruppe obliegt der Gemeinde. Zudem wird empfohlen, dass die Gemeinde jährlich einen kurzen Statusbericht zur Wärmewende verfasst, um die Fortschritte der Transformation zu dokumentieren und zu bewerten.

8.1 Maßnahmenkatalog

Um die Zielstellung der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, müssen umfassende Maßnahmen ergriffen werden. Hierbei kommt jedem Akteur eine wesentliche Rolle zu. In diesem Abschnitt werden die vorgenannten Maßnahmen deshalb detaillierter dargestellt und konkreten Akteursgruppen zugewiesen. Aufgrund ihrer Schlüsselrolle in der Koordination der Aktivitäten werden zunächst die erforderlichen Maßnahmen für die Gemeinde in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Maßnahmenkatalog für die Gemeinde Graal-Müritz

Maßnahme	Horizont	Zweck
Beschluss des Wärmeplans	kurzfristig	Etablierung des Wärmeplans als Strategiepapier für die Wärmewende
Beantragung von Fördermitteln für BEW-Modul 1 (Machbarkeitsstudie)	kurzfristig	Sicherung von aktuellen Fördermitteln für die Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für den Wärmenetzausbau als Basis für Investitions- und Betriebskostenförderung nach BEW-Modul 2, 3 & 4
Etablierung des Klimamanagements	kurzfristig	Etablierung und langfristige Implementierung des Klimamanagements als erste Anlaufstelle für Klimafragen und zur Koordination und Bündelung der Aktivitäten
Installation einer Lenkungsgruppe	kurzfristig	Aufbau eines Beirates aus den zentralen Akteuren über den Prozess der Transformation, um Synergien zu bündeln und den Prozess zu kontrollieren
Erstellung von Sanierungsfahrplänen	kurzfristig	Energetische Sanierung der kommunalen Gebäude; Vorbild- und Vorreiterfunktion bei der Energieeinsparung sicherstellen
Flächensicherung	kurzfristig	Sicherung von Flächen für Wärmeversorgungsanlagen nach Abschluss der Transformationsplanung / Machbarkeitsstudie
Integrierte Quartierskonzepte	kurzfristig	Erstellung integrierter Quartierskonzepte für ausgewählte Quartiere inkl. anschließender Sanierungskampagne
Übergreifende Koordination von Baumaßnahmen	kurzfristig, kontinuierlich	Schaffung von Synergien durch Verknüpfung von Baumaßnahmen zur effizienten Umsetzung des Fernwärmeausbaus
Bürgerfragestunde / Beratung zur Wärmewende	kurzfristig, kontinuierlich	Begleitung der Bürger bei der Umsetzung der Wärmewende, Vermittlung von Anlaufstellen für Energieberatung / Fördermittelakquise
Aufbau und Pflege eines Menüpunktes auf der Webseite (optional)	kurzfristig, kontinuierlich	Zusammenführung sämtlicher Informationen auf der Webseite der Gemeinde, die Bürgerinnen und Bürgern einen barrierefreien Zugriff auf die Informationen des Wärmeplans bietet
Regelmäßige Informationsabende	kontinuierlich, mind. alle 2 Jahre	Wissenstransfer im Hinblick auf Meilensteine und Zwischentappen der Wärmewende
Einberufung des Wärmebeirates inkl. jährlichem Sachstandsbericht	kontinuierlich	Controlling der Wärmewende und ggf. Ableitung von Gegenmaßnahmen bei Verfehlung der Zielstellung
Fortschreibung des Wärmeplans	kontinuierlich, mind. alle 5 Jahre	Aktualisierung des Wärmeplans in Abhängigkeit des Sachstands

Daran schließen sich die Maßnahmenvorschläge für die (zukünftigen) Wärmenetzbetreiber (Tabelle 17), die Wohnungsunternehmen (siehe Tabelle 18) sowie den Stromnetzbetreiber (siehe Tabelle 19) und Unternehmen (siehe Tabelle 20) an.

Tabelle 17: Maßnahmenkatalog für die SWR AG sowie zukünftige Wärmenetzbetreiber

Maßnahme	Horizont	Zweck
Beantragung von Fördermitteln für BEW-Modul 1 (Transformationsplan) bis zum 1. April 2026 ⁵	kurzfristig	Sicherung von aktuellen Fördermitteln für die Erarbeitung des Transformationsplans als Basis für Investitions- und Betriebskostenförderung nach BEW-Modul 2, 3 & 4
Aufstellung des Transformationsplans	kurzfristig	Erstellung von Gutachten für Tiefengeothermie und Erdbeckenspeicher sowie Optimierung des Erzeugerportfolios in Bezug auf CAPEX, OPEX, Versorgungssicherheit und Netzhydraulik sowie die Sicherung der Förderung nach Modul 2, 3 & 4
Schaffung von Planungssicherheit	kurzfristig	Kommunikation der Ergebnisse aus der Transformationsplanung mit klarem Plan und Wegmarken für die Fernwärme in Graal sowie das Gasnetz in Graal-Müritz inkl. Öffentlichkeitsbeteiligung
Beantragung BEW-Förderung Module 2 und 3	kontinuierlich, alle 4 Jahre	Förderung der Investitionen durch systemische Maßnahmen oder Einzelmaßnahmen
Erschließung Umweltwärme sowie Abwärme	kurz-mittelfristig	Erschließung der Umweltwärme und Abwärme zur Ablösung von Erdgas, ggf. Einbindung anderer Leittechnologie
Integration von Speicher, ggf. weiterer Erzeuger und Besicherung	kurz-mittelfristig	Aufbau der Technologiestandorte, inkl. ggf. erforderlichem thermischen Speicher, einer Besicherung sowie Spitzenlasterzeugern oder Umnutzung bestehender Strukturen
Beantragung BEW-Förderung Modul 4	langfristig	Betriebskostenförderung für investiv geförderte Komponenten, z. B. Großwärmepumpen
Beteiligung an Öffentlichkeitsarbeit	kontinuierlich	Information der Bevölkerung über Meilensteine und Planungsstände
Teilnahme an Lenkungsgruppentreffen	kontinuierlich	Controlling der Wärmewende und ggf. Ableitung von Gegenmaßnahmen bei Verfehlung der Zielstellung, Bündelung von Aktivitäten

⁵ Achtung: Ab dem 1. April 2026 ist die Förderung von Transformationsplänen in Modul 1 nicht mehr möglich.

Tabelle 18: Maßnahmenkatalog für die Wohnungsunternehmen

Maßnahme	Horizont	Zweck
Erstellung von Sanierungsfahrplänen	kurzfristig	Identifikation von Handlungsbedarf im Gebäudebestand und zur Sicherung von Fördermöglichkeiten (falls noch nicht geschehen)
Priorisierung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Bestand	kurzfristig	Identifikation geeigneter Maßnahmen, Priorisierung der Maßnahmen / Aufstellung des Investitionsbedarfs
Realisierung einfacher Maßnahmen („low hanging fruits“)	kurzfristig	Analyse der Maßnahmen hinsichtlich einer schnellen Umsetzbarkeit, frühzeitige Ergreifung einfacher Maßnahmen, wie bspw. ein hydraulischer Abgleich zur Effizienzsteigerung
Sanierung des Gebäudebestands (angestrebte Sanierungsquote 1,0 % p.a.)	kontinuierlich	Senkung des Wärmebedarfs durch kontinuierliche Sanierung, Vorbildfunktion in Bezug auf den Gebäudestandard
Umgestaltung der Wärmeversorgung	kontinuierlich	Umgestaltung der Wärmeversorgung in Gebäuden, die wahrscheinlich keine Fernwärme erhalten, ggf. durch Individualversorgung / Contracting-Lösungen
Energieeffizienter Neubau	kontinuierlich	Erneuerbare Energien und Wärmebedarfe bekommen höheren Stellenwert bei neuen Bauvorhaben, um den Wärmebedarf und THG-Emissionen zu begrenzen
Öffentlichkeitsarbeit	kontinuierlich	Einbindung der Öffentlichkeit in Planungs- und Bauphasen zur Sicherstellung von Planungssicherheit
Teilnahme an Lenkungsgruppentreffen	kontinuierlich	Controlling der Wärmewende und ggf. Ableitung von Gegenmaßnahmen bei Verfehlung der Zielstellung, Bündelung von Aktivitäten

Tabelle 19: Maßnahmenkatalog für den Stromnetzbetreiber E.DIS Netz GmbH

Maßnahme	Horizont	Zweck
Aufnahme von Ergebnissen der Wärmeplanung in die Stromnetzplanung	kurzfristig	Berücksichtigung des gesteigerten Strombedarfs durch dezentrale Lösungen und Großwärmepumpen in der Stromnetzplanung
Anpassung der Stromnetze	mittel-langfristig	Anpassung der Stromnetze zur Vermeidung von Engpässen sofern erforderlich
Teilnahme an Lenkungsgruppentreffen (optional)	kontinuierlich	Controlling der Wärmewende und ggf. Ableitung von Gegenmaßnahmen bei Verfehlung der Zielstellung, Bündelung von Aktivitäten

Tabelle 20: Maßnahmenkatalog für die Unternehmen mit Fokus auf industrielle, gewerbliche Standorte

Maßnahme	Horizont	Zweck
Entwicklung von Konzepten für die Umstellung der eigenen Wärmeversorgung	kurzfristig	Konzepte zur Reduktion der THG-Emissionen auf dem industriellen Sektor
Effizienzsteigerung und Transformation der Wärmeversorgung durch regionale Potenziale	mittelfristig	Reduktion der THG-Emissionen

Die vorangestellten Maßnahmenkataloge stellen Handlungsempfehlungen für die zentralen Akteure der Wärmewende dar. Damit die Wärmewende gelingt, müssen die Aktivitäten gebündelt und abgestimmt werden. Um eine Grundlage für die Schaffung von Synergien zu haben, werden nachfolgend Fokusgebiete skizziert, die im Sinne der Wärmewende Gebiete mit hohem Handlungsbedarf darstellen oder besonderer Aufmerksamkeit insbesondere in den ersten Jahren der Wärmewende bedürfen.

8.2 Fokusgebiet

Im Rahmen der Planerstellung hat sich herauskristallisiert, dass für die Wärmewende in Graal-Müritz die Bündelung der Transformation aller Großverbraucher im sozialen Bereich im Gemeindegebiet von entscheidender Bedeutung ist und deshalb priorisiert behandelt werden sollte.

Hierzu wurde ein Steckbrief für das Fokusgebiet erarbeitet, der einige erste Maßnahmen zusammenfasst. Diese sind auf den nachfolgenden Seiten zu finden.

FOKUSGEBIET: TRANSFORMATION GROßVERBRAUCHER

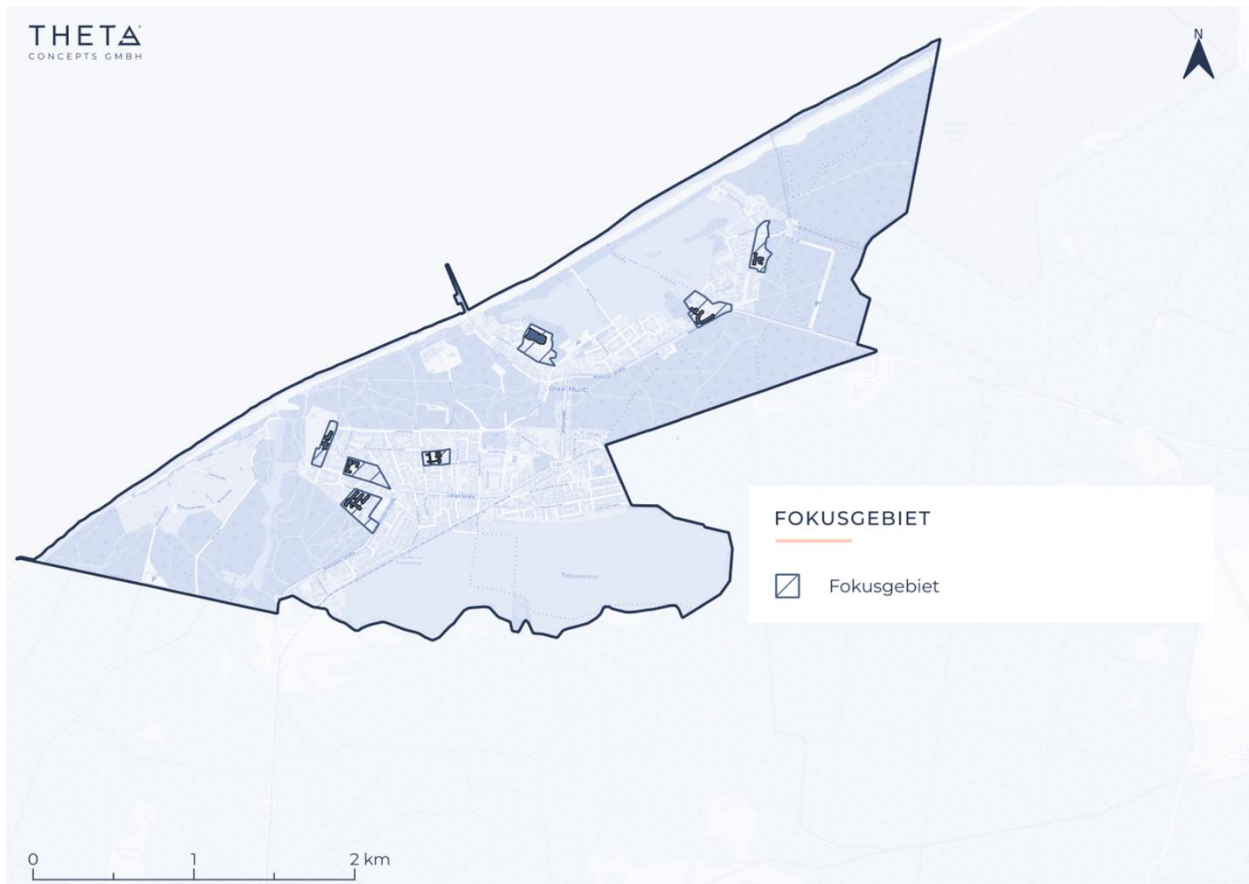


Abbildung 42: Fokusgebiet Großverbraucher (Quelle: Theta Concepts)

WARUM IST DIESES GEBIET FOKUSGEBIET?

Da sowohl der Ausbau der Fernwärme in Graal als unsicher gilt und die Versorgung des Gasnetzes mit Biomethan aktuell noch nicht verortet werden kann, wird es als sinnvoll erachtet, dass sich die Gemeinde auf die Transformation der in Abbildung 42 markierten Großverbraucher im sozialen Bereich fokussiert. Die nachfolgend genannten sieben Einrichtungen sind in der obigen Karte markiert und bilden damit ein funktionales Fokusgebiet:

- MEDIAN Klinik,
- Küstenresidenz Pflegebetrieb,
- ASB Pflegeheim Lindenhof/ Mutter-Kind-Kurklinik Heidesanatorium,
- Sonderpädagogisches Förderzentrum,
- MEDIAN Kinderklinik,
- ASB Mutter-Kind-Therapiezentrum,
- AQUADROM (ehemals).

ERGEBNIS DER EIGNUNGSPRÜFUNG

- Einrichtungen:
 - Überwiegend sehr wahrscheinlich geeignet für eine dezentrale Versorgung
 - Überwiegend wahrscheinlich geeignet für die Versorgung mittels Wärmenetz
 - Hohe bis sehr hohe Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten

- Umliegende Gebäude:
 - Flächendeckend sehr wahrscheinlich geeignet für eine dezentrale Versorgung
 - Überwiegend wahrscheinlich geeignet für die Versorgung mittels Wärmenetz
 - geringe bis moderate Wärmebedarfs- und Wärmeliniendichten

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Initiierung einer Arbeitsgruppe, die sich regelmäßig zum Austausch (Workshops) trifft,
- Gemeinsame Beauftragung eines Energie-Effizienz-Experten, der bei der Identifikation von Sanierungsschwerpunkten in den Einrichtungen und der Erstellung von Sanierungskonzepten unterstützt,
- Planung von Wärmeversorgungslösungen, die eine gemeinsame Versorgung sowie die Nutzung von Überkapazitäten unter den Einrichtungen mitdenkt

MACHBARKEIT

Die Maßnahme ist umsetzbar, wenn seitens der Gemeinde ausreichend personelle Kapazitäten bereitstehen, um die Arbeitsgruppen sowie die Workshops zu begleiten und die Einrichtungen ihrerseits die Vorteile erkennen und teilnehmen.

LOKALE WERTSCHÖPFUNG

Eine hohe lokale Wertschöpfung kann indirekt durch das umsetzende Handwerk erzielt werden. Zudem wird der Abfluss finanzieller Mittel aus der Kommune heraus für fossile Energieträger gemindert, sodass ein weiterer Beitrag zur lokalen Wertschöpfung geleistet wird.

9 Verstetigung

Im Ergebnis dieses Wärmeplans wurden Mechanismen und Transformationspfade skizziert, deren Umsetzung erheblich zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen beitragen. Unter der Voraussetzung einer konsequenten Umsetzung der aufgeführten Maßnahmen kann die Transformation der vorhandenen Wärmeversorgungsstrukturen zu Erneuerbaren und unvermeidbarer Abwärme bis zum Zieljahr 2045 gelingen. Allerdings fordert die zum Zieljahr verbleibende Zeit konsequentes Handeln aller Akteure. Dieser Abschnitt benennt daher klare Instrumente für eine Verstetigung der Wärmeplanung.

Lenkungsgruppe / Wärmebeirat

Die Umsetzung der Wärmewende kann nur unter konsensuellem Zusammenwirken aller relevanten Akteure funktionieren. Hier sind insbesondere das Bauamt, die Bürgermeisterin, die SWR AG als Fernwärme- sowie Gasnetzbetreiber, die E.DIS Netz GmbH als Stromnetzbetreiber sowie die Wohnungsunternehmen zu nennen. Auch die großen sozialen Einrichtungen (siehe 8.2) sowie große Hotelkomplexe, wie z. B. das IFA Hotel sind in diesen Kontext zu setzen.

Diese Akteure sollten sich regelmäßig zusammenfinden und die Wärmewende als eine Art „Beirat“ steuern und kontrollieren. Diese Lenkungsgruppe soll Maßnahmen abstimmen, Planung und Umsetzung bündeln und trägt die Verantwortung dafür, Entscheidungen transparent an weitere Akteursgruppen und die Öffentlichkeit zu kommunizieren. Hierfür ist folgendes Vorgehen angedacht:

- Turnusmäßige Treffen der Lenkungsgruppe zur Abstimmung und Entscheidung
- Regelmäßige Verfassung eines Sachstandberichtes zur Selbstkontrolle und zur Information der Öffentlichkeit

Steigerung der Energieeffizienz

Von wesentlicher Bedeutung für die Wärmewende ist die Senkung der Wärmebedarfe. Im Planungsgebiet resultieren die höchsten Bedarfe aus dem Gebäudesektor im Bereich der privaten Haushalte und GHD. Daher ist es besonders wichtig, den Bedarf an Warmwasser und Raumwärme zu reduzieren. Hier ist insbesondere die Wohnungswirtschaft in Verantwortung. Sie verfügt über einen großen Wohnungsbestand und muss zur Erreichung der Sanierungsziele eine Vorreiterrolle einnehmen. Die durchgeführten Analysen unterliegen der Voraussetzung einer jährlichen Sanierungsquote von 1,0 % mit Fokus auf energetische Sanierung.

Vor dem Hintergrund der Hürden innerhalb des THG-Minderungspfades (vgl. Kapitel 7.4) sollten die GHV sowie die Wohnungsgenossenschaft Schiffahrt-Hafen Rostock dieses Maß mindestens anstreben und im Rahmen der Lenkungsgruppe regelmäßig evaluieren.

Ebenso sind die innerhalb des Planungsgebiets angesiedelten Kliniken und Pflegeeinrichtungen sowie Hotels angehalten Effizienzmaßnahmen und eine Umrüstung der Wärmeversorgung auf Erneuerbare zu vereinen. Sie tragen wesentlich zu den THG-Emissionen des Planungsgebiets bei. Ansätze für die Transformation auf Basis erneuerbarer Energie, sind konsequent zu verfolgen und innerhalb der Lenkungsgruppe zu evaluieren.

Transformation der Fernwärme und des Erdgasnetzes

Mit der Transformation des Fernwärmenetzes in Graal, wird die Wärmewende schneller zu schaffen sein. Daher ist eine zeitnahe Umstellung von Erdgas auf erneuerbare Energie essenziell. Die SWR AG plant aktuell die Umstellung entsprechend der Vorgaben aus dem WPG vorzunehmen: Anteil erneuerbare Energie ab 2030: 30 %, ab 2040: 80 %.

Gleiches gilt auch für die Umstellung des Erdgasnetzes. Auch hier plant die SWR AG eine Umstellung von Erdgas auf Biomethan.

Ausbau des Wärmenetz-Prüfgebietes

Sollte sich der Ausbau des aktuell als Prüfgebiet deklarierten Wärmenetzes in Graal realisieren lassen, so hätte auch dies einen sehr positiven Einfluss auf die Umsetzung der Wärmewende der Gemeinde Graal-Müritz. Für den Ausbau bis zum Zieljahr 2045 wären in Graal etwa 5,8 km Fernwärmeleitungen exkl. Hausanschluss zu verlegen. Dies entspricht im Schnitt etwa 0,3 km jährlich. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die anstehende Planungsphase diesem Wert anfänglich entgegensteht, weshalb in den Anfangsjahren eine geringere Rate erwartet wird. Durch den Ausbau des Wärmenetzes wären die im Prüfgebiet ansässigen Gebäudeeigentümer von der Pflicht zur Umrüstung der eigenen Heizungsanlage befreit.

Umgestaltung dezentraler Versorgung

Um die Wärmewende zu schaffen, muss die Versorgung sich auch im dezentralen Bereich wandeln - weg von Erdgas, Flüssiggas und Heizöl hin zu Erneuerbaren. Da gemäß aktueller Gesetzgebung grundsätzlich eine Versorgung mit Erdgas bis zum Jahr 2045 denkbar ist, müssen Anreize geschaffen bzw. kommuniziert werden, um die Bevölkerung zum Heizungstausch zu motivieren. Dies gilt im vorwiegenden Maße für alte Heizungen.

Obwohl neue und klimafreundliche Heizungen über die technische Nutzungsdauer mittlerweile sehr wirtschaftlich sind, sind es die Investitionskosten, die die Bevölkerung vor enorme Herausforderungen stellen. Hier schafft die aktuelle Förderkulisse umfassende Anreize durch bspw. zinsgünstige Darlehen (je nach Einkommen ab 0,01%) mit Tilgungszuschuss oder Förderungen zum Heizungswechsel (bis zu 70 %).

Begleitend hierzu muss umfassende und regelmäßige Unterstützungs- und Beratungsarbeit geleistet werden. Dies ist entscheidend, um die Wärmewende zu schaffen.

10 Controllingkonzept

Damit die Umsetzung der Wärmeplanung entsprechend der Wärmewendestrategie und des Maßnahmenkatalogs erfolgt, sind die Projektfortschritte in festgelegten zeitlichen Abständen zu überprüfen. Hierzu wird folgendes Controlling-Konzept vorgeschlagen.

Entsprechend des klassischen Plan-Do-Check-Act-Managementzyklus sind dabei die folgenden drei Elemente im Rahmen eines Controlling-Prozesses kontinuierlich zu prüfen (siehe Abbildung 43):

- Zielerreichung (Plan) → Darstellung der Potenzialumsetzung
- Umsetzung/Prozess (Do) → Strukturen, Maßnahmenbewertung
- Ergebnisse (Check) → Wärmenutzungsplan

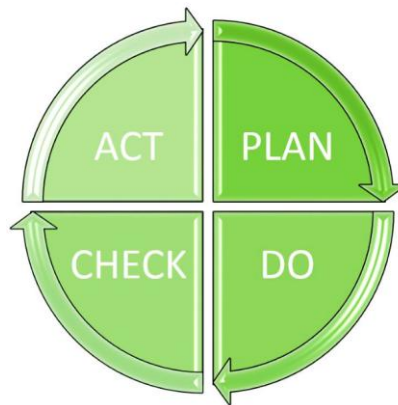


Abbildung 43: Plan-Do-Check-Act-Managementzyklus

Sofern die Ergebnisse im Check-Element durch die Maßnahmen nicht erreicht wurde, muss entsprechend reagiert (Act) werden.

Damit die Zielsetzungen möglichst konkret prüfbar sind, sollte das Amt in Abstimmung mit den Gemeinden Indikatoren und eindeutige Bewertungsmöglichkeiten festlegen, auch um die Akzeptanz des Controlling-Konzepts zu erreichen. Entsprechend sollten während der gesamten Umsetzung des Wärmeplans Projektsitzungen mit der Lenkungsgruppe stattfinden und eine fortlaufende Evaluierung der Indikatoren vorgenommen werden.

Zur konkreten Prüfung der Zielerreichung ist die Sammlung, Aufbereitung und/oder Darstellung von Daten und Informationen notwendig, die die Umsetzung der Wärmeplanung dokumentieren.

Einzelelemente eines solchen Monitorings sind beispielsweise die Energie- und Treibhausgasbilanzen (Top-Down) oder Daten bzw. Informationen zur Umsetzung einzelner Maßnahmen (Bottom-Up). Zudem werden quantitative und qualitative Indikatoren zur Kontrolle festgelegt, wie z. B.:

- für den Ausbau erneuerbarer Energien für den Wärmebereich,
- der Erfüllungsgrad zur Erreichung der lokalen Potenziale,
- der Ausbau bzw. die Effizienzsteigerung der Wärmenetze,
- die Sanierungsquote kommunaler Liegenschaften,
- der Anschluss von Quartieren/Ein- und Mehrfamilienhäusern ans Fernwärmenetz,
- der Nutzungsgrad von nicht-vermeidbarer Abwärme etc.,
- Reduzierung der Treibhausgase.

Nachfolgende Abbildung 44 zeigt die Möglichkeiten für ein umfassendes Controlling zum Klimaschutz in Kommunen. Diese kann entsprechend auch für die Umsetzung der Wärmeplanung herangezogen werden.

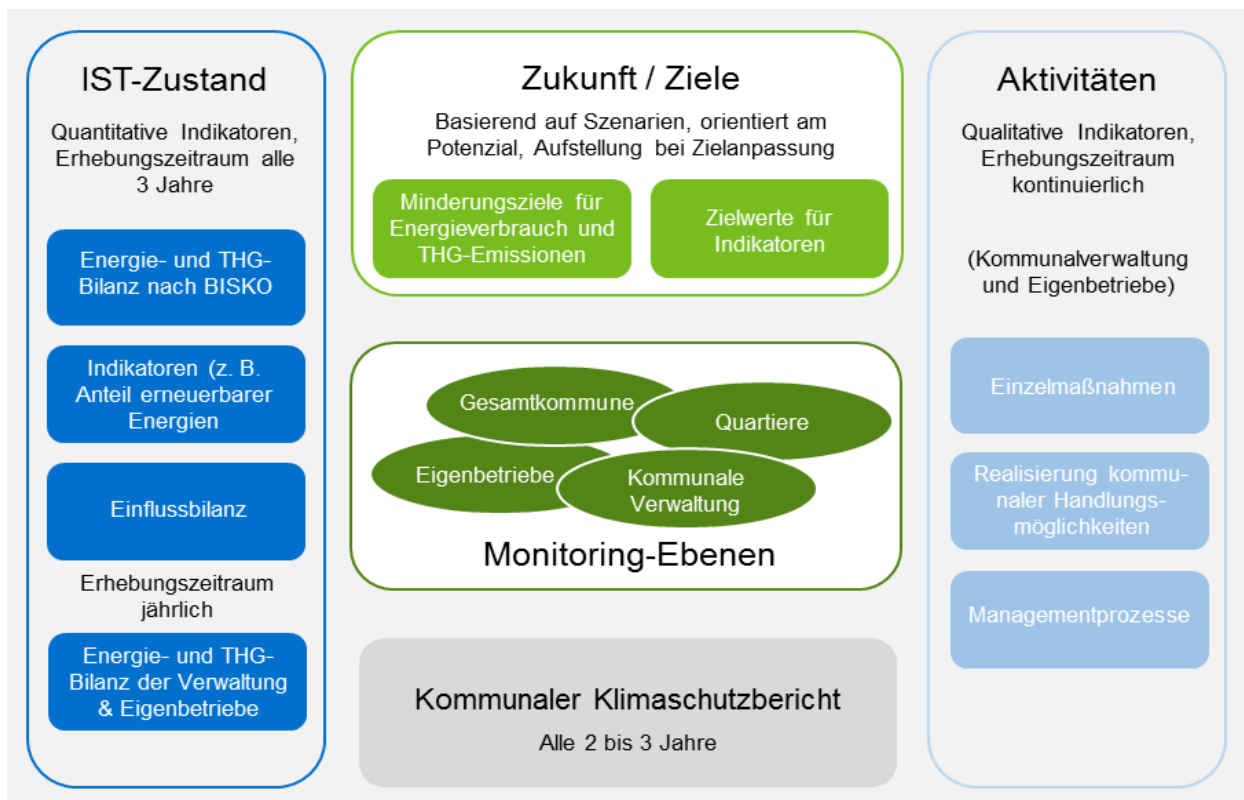


Abbildung 44: Umfassendes Klimaschutz-Controlling in Kommunen (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Umweltbundesamt 2022)

Nicht zuletzt wird durch die vorgeschriebene Fortschreibung der Wärmeplanung nach § 25 WPG im 5-Jahres-Rhythmus das Controlling der Maßnahmen sichergestellt.

11 Fazit & Ausblick

Der vorliegende Wärmeplan legt Transformationspfade dar, wie es der Gemeinde Graal-Müritz bis zum Zieljahr 2045 gelingen kann, flächendeckend eine klimaneutrale, bezahlbare Wärmeversorgung zu etablieren. Der Wärmeplan fügt sich als strategisches Planungsinstrument in verschiedene regionale Entwicklungen, insbesondere zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Verbesserung der Wertschöpfung innerhalb der Region.

Derzeit basiert die Wärmeversorgung im Planungsgebiet vor allem auf Erdgas. Wesentlich ist dabei die Versorgung über das vorhandene Gasnetz der SWR AG. Zudem leistet das Fernwärmenetz der SWR AG im Ortsteil Graal einen zentralen Beitrag zur heutigen Wärmeversorgung der privaten Haushalte, GHD/sonstige und der kommunalen Gebäude. Die Versorgung erfolgt ebenfalls über Erdgas.

Der Ortsteil Graal weist die höchsten Wärmebedarfe im Planungsgebiet auf. Hier findet sich ein nicht unwesentliches Potenzial für Energieeinsparungen im Bereich von Raumwärme und Warmwasser, das im Rahmen der Wärmewende adressiert werden sollte. Daher müssen bis zum Zieljahr 2045 kontinuierlich Maßnahmen ergriffen werden, um die Wärmebedarfe zu reduzieren. Als Zielparameter gilt eine Sanierungsquote von mindestens 1 % der Gebäude pro Jahr. Um die Wärmewende in der Gemeinde voranzubringen, sollte die Fernwärme in Graal signifikant ausgebaut werden. Als Leittechnologie rückt hierbei die Umweltwärme sowie Abwärme aus Abwasser in den Fokus. Eine Vollkostenberechnung zeigt, dass Ausbau und Umgestaltung der Fernwärme auf Basis von Großluftwärmepumpe und Abwärmenutzung wirtschaftlich und sozialverträglich darstellbar sind.

Im Gegensatz zum Ortskern sind in den Außenbereichen von Graal sowie in Müritz kein zusätzlicher Ausbau von Fern- oder Nahwärme zu erwarten. Dies liegt an den Bebauungsstrukturen, zu geringen Wärmedichten und der damit verbundenen Unwirtschaftlichkeit einer neuen netzgebundenen Versorgung.

Die baulichen Strukturen im Planungsgebiet erlauben großflächig den Einsatz dezentraler Versorgungslösungen, wie Luft- und Erdwärmepumpen. Außerhalb des Ortskerns von Graal wird die Wärmewende deshalb durch den individuellen Ausbau neuer Heizungslösungen vorangetrieben. Insbesondere Wärmepumpentechnologien haben sich im Vollkostenvergleich als vielfach günstigste Versorgungsvariante dargestellt. Deshalb wird zukünftig ein hoher Anteil an Wärmepumpentechnologien in dezentralen Versorgungsstrukturen erwartet.

Daraus ergibt sich eine weitreichende Elektrifizierung der Wärmeversorgung, die durch eine mögliche Entlastung der Stromnetze und Nutzung des Überangebotes erneuerbarer Energien neue Synergien zwischen den Sektoren schaffen kann.

Insgesamt besitzt die Gemeinde ausreichend Potenziale, um die Wärmewende zu schaffen. Eine Umsetzung bis zum Zieljahr 2045 erfordert jedoch konsequente Planung und Umsetzung. Dieser Wärmeplan zeigt die hierfür notwendigen Potenziale und Strategien auf und ist als strategisches Werkzeug für die Bündelung aller Aktivitäten zu sehen. Der Wärmeplan markiert jedoch nur den Startschuss der nun anstehenden Transformation. In den Folgejahren wird der Wärmeplan sukzessive aktualisiert und den Entwicklungen entsprechend angepasst.

Literaturverzeichnis

Aalborg CSP (2024) , „1, 2 MW Wärmepumpenanlage für Saltum Fjernvarme (DK)“, [Online]. Available: <https://www.aalborgcsp.de/projekte/fernwaerme/12-mw-waermepumpenanlage-fuer-saltum-fjernvarme-dk>. [Zugriff am 23. Oktober 2024].

Bauer, M.; Freeden, W.; Jacobi, H.; Neu, T. (2014) - Handbuch Tiefe Geothermie_ Prospektion, Exploration, Realisierung, Nutzung, Springer Spektrum

BDEW (2023), „Wie heizt Deutschland? - Langfassung -“, [Online]. Available: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Heizungsmarkt_2023_Langfassung_final_28.1.2023_korrigiert.pdf. [Zugriff am 10. Juli 2024].

BMBL (2021), „Waldbericht der Bundesregierung 2021“, [Online]. Available: <https://www.bmlh.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldbericht2021.html>. [Zugriff am 17. Juni 2025].

BMUKN (2024), „Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)“, [Online]. Available: https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm. [Zugriff am 23. Oktober 2024].

BMWi (2014), „Sanierungsbedarf im Gebäudebestand - Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude“, [Online]. Available: https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Kommunaler_Klimaschutz/Wissensportal/Bauen_und_Sanieren/BMWi_sanierungsbedarf-im-gebaeudebestand.pdf. [Zugriff am 23. Oktober 2024].

BMWK (2024), [Online]. Available: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/erneuerbare-energien-in-deutschvorlage.pdf?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 15. August 2024].

BMWK (2023), „Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie“, [Online]. Available: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1. [Zugriff am 29. Oktober 2024].

BMWK (2024), [Online]. Available: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/erneuerbare-energien-in-deutschvorlage.pdf?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 15. August 2024].

Europäische Kommission (2024), „Der europäische Grüne Deal“, [Online]. Available: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de. [Zugriff am 15. August 2024].

GEG (2024) [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/geg/___71.html. [Zugriff am 29. Oktober 2024].

GeotIS (2025), LIAG-Institut für Angewandte Geophysik, [Online] Available: <https://www.geotis.de/homepage/GeotIS-Startpage>. [Zugriff am 27. November 2025]

Glaß, P. (2025), Vorstellung des aktuellen Standes des Trinkwasserschutzzonenverfahrens Graal Müritz, Warnow-Wasser-Abwasserverband, Rostock.

KSG (2019), [Online]. Available: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>. [Zugriff am 15. August 2024].

Peters, Dr. M; Steidle, T. & Böhnisch, H. (2023), Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg/KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Stuttgart.

Peters, Dr. M.; Bartenstein, B.; Hebisch, H.; Kaiser C. & Anders, F. (2023) „Einführung in den Technikcatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg (Version 1.1)“, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Stuttgart.

Planungsverband Region Rostock (2021), Bevölkerungsprognose 2021 bis 2035, [Online]. Available: https://www.planungsverband-rostock.de/wp-content/uploads/2023/01/Anlage-3_Praesentation-WIMES.pdf. [Zugriff am 15. Juli 2025].

Rechtsanwälte Günther (2024), „Gutachterliche Stellungnahme zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung“, [Online]. Available: https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten_Wasserstoffnetzgebiete.pdf. [Zugriff am 29.10.2024].

Schmidt, J.; Roselt, K; Hesse, G; Böttger, S.; Felgentreff, B.; Hloulcal, M.-J.; Leßmann, D.; Mix, S.; Safarik, M.; Steffan, C.; Uhlmann, W. (2021): „Seethermie: Innovative Wärmeversorgung aus Tagebaurestseen,“ [Online]. Available: https://jena-geos.de/fachbeitraege/publikation_seethermie/. [Zugriff am 2. Januar 2025].

Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2022), „Statistische Berichte: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung in Mecklenburg-Vorpommern“, [Online]. Available: <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistik/Dateien/Publikationen/A%20V%20Gebiet/C%20193/C193%202022%2000.pdf>. [Zugriff am 12. August 2024].

UBA (2025), Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme 2025. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme#wrmeverbrauch-und-erzeugung-nach-sektoren> [Zugriff am 05. Januar 2025].

Anhang

Zentrale Daten / Informationen		Herkunft
Wärmebedarf (Statistische Daten)	3D-Gebäudemodelle	Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen
	Airborne Laserscanning (ALS)	
	Digitales Oberflächenmodell	
	Digitales Landschaftsmodell (DLM)	
	Digitales Geländemodell (DGM)	
	Gebäudedaten	INFAS 360
Gebäudedaten	Open Street Maps	
Wärmeverbrauch (Realverbrauchsdaten)	Erdgasnetz	SWR AG
	Fernwärmenetz Graal	SWR AG
Wärmeverbrauch, Energieträger, Abwärmepotenzial, Energieeffizienzmaßnahmen	Wohnungswirtschaft	GHV GmbH, Wohnungsgenossenschaft Schifffahrt-Hafen Rostock eG
Wärmeverbrauch, Energieträger, Abwärmepotenzial, Energieeffizienzmaßnahmen per Einzelinterviewbogen	Unternehmen	Diverse
Abwärme Abwassernetz: Trink- und Abwassermengen, -temperaturen	Zweckverbände	Warnow-Wasser- und Abwasserverband
		Wasser- und Bodenverband "Untere Warnow-Küste"
Abwärme Meerwasserleitungen	Unternehmen	Aquadrom, Kinderklinik Tannenhof