



# Kommunale Wärmeplanung

Gemeinde Cappeln

Auftraggeber: Gemeinde Cappeln  
Am Markt 3  
49692 Cappeln



Auftragnehmer: MaxSolar GmbH  
Bahnhofplatz 2a  
83278 Traunstein

**maxsolar**  
energy concepts

Autoren: Daniela Rutz  
Alexander Steber  
Florian Heindl  
Fynn Hoffmann

Stand: 11.2025

Version: 1.0

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Hinweis zur Sprache: Zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird im Bericht die Sprachform des generischen Maskulinums verwendet. Diese Sprachform ist geschlechtsneutral zu verstehen und schließt alle Geschlechter gleichermaßen ein.

## Inhalt

1	Einleitung .....	1
2	Datenerhebung.....	2
2.1	Datenschutz .....	2
2.2	Datengrundlage und Methodik.....	2
3	Bestandsanalyse .....	3
3.1	Beschreibung der Gemeindestruktur .....	3
3.2	Gebäude- und Siedlungsstruktur .....	4
3.2.1	Hauptnutzungsarten.....	4
3.2.2	Baualtersklassen der Gebäude .....	5
3.2.3	Baualtersklassen nach Sektoren .....	6
3.3	Analyse der Energieinfrastruktur .....	8
3.3.1	Leitungsgebundene Infrastruktur .....	8
3.3.2	Energieerzeugungsanlagen .....	14
3.3.3	Sonstige Energieinfrastruktur .....	17
3.4	Energie- und Treibhausgasbilanz .....	17
3.4.1	Versorgungsart.....	18
3.4.2	Wärmebedarf.....	19
3.4.3	Wärmeverbrauchsichte.....	20
3.4.4	Energie- und Treibhausgas Gesamtbilanz.....	21
3.4.5	Treibhausgasemissionen durch Wärmeversorgung .....	22
3.5	Eignungsprüfung Fernwärmeverversorgung .....	23
4	Potenzialanalyse .....	26
4.1	Wärmeenergieeinsparung .....	26
4.2	Potenzial zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien.....	29
4.2.1	Photovoltaikanlagen auf Freiflächen .....	29
4.2.2	Photovoltaikanlagen auf Dachflächen .....	31
4.2.3	Windenergieanlagen .....	32
4.3	Potenzial zur Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien .....	34
4.3.1	Tiefe Geothermie .....	34
4.3.2	Oberflächennahe Geothermie .....	36
4.3.3	Solarthermie auf Dachflächen .....	38
4.3.4	Feste Biomasse .....	39

4.3.5	Abwasserwärme .....	42
4.3.6	Umweltwärme – Oberflächengewässer .....	43
4.4	Nutzung unvermeidbarer Abwärme .....	43
4.5	Potenzial zur zentralen Wärmespeicherung .....	44
4.6	Wasserstoff, Biomethan und synthetische Gase .....	44
5	Zielszenario .....	45
5.1	Vollkostenvergleich .....	45
5.2	Einteilung in Eignungsgebiete .....	48
5.2.1	Eignungsbeurteilung Wärmenetz .....	50
5.2.2	Eignungsbeurteilung Dezentrale Versorgung .....	50
5.3	Maßgebliches Szenario .....	51
5.3.1	Energie- und Treibhausgasbilanz .....	52
5.3.2	Emissionseinsparung .....	56
5.4	Kurzprüfung der Fernwärme Potenzialgebiete .....	57
5.4.1	Potenzialgebiet Cappeln .....	58
5.4.2	Potenzialgebiet Elsten .....	59
5.4.3	Potenzialgebiet Sevelten .....	60
6	Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog .....	61
6.1	Maßnahmen Wärmenetz .....	62
6.1.1	Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 .....	62
6.1.2	Interessensabfrage Fernwärmeanschluss .....	63
6.2	Maßnahmen dezentrale Versorgung .....	64
6.2.1	Informationsveranstaltung zur Energieberatung .....	64
6.2.2	Bildung von Facharbeitsgruppen oder eines Klimaschutz-Netzwerks .....	66
6.3	Maßnahme Wasserstoffversorgung .....	67
6.4	Maßnahmen zur Potenzialnutzung .....	69
6.4.1	Machbarkeitsprüfung Photovoltaikanlagen auf Freiflächen (FFPV) .....	69
6.4.2	Machbarkeitsprüfung Windenergieanlagen .....	70
6.4.3	Machbarkeitsprüfung Abwasserpotenzial .....	71
6.5	Maßnahme Öffentlichkeitsarbeit .....	72
6.6	Umsetzungsstrategie .....	73
6.6.1	Umsetzung von Wärmenetzen .....	73
7	Prozessübergreifende Elemente der Kommunalen Wärmeplanung .....	75

7.1	Kommunikationsstrategie .....	75
7.2	Verstetigungsstrategie .....	77
7.3	Controlling-Konzept.....	79
7.3.1	„Top Down“: Erhebung übergeordneter Daten.....	79
7.3.2	„Bottom up“: Evaluierung von Einzelmaßnahmen .....	81
8	Fazit .....	82
9	Ausblick – Fortschreibung Wärmeplan .....	83
10	Quellenverzeichnis .....	XII
11	Anhang .....	XIV
11.1	Anhang 1: Übersichtstabelle Energie- und Treibhausgasbilanz – Bestandsszenario 2024 .....	XIV
11.2	Anhang 2: Übersichtstabelle Energie- und Treibhausgasbilanz – Zielszenario 2040.....	XVI

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: Geografische Lage Cappeln [Q:2] .....</i>	3
<i>Abbildung 2: Hauptnutzungsarten nach Sektoren [Q:1] .....</i>	4
<i>Abbildung 3: Sektoren im Betrachtungsgebiet Cappeln [Q:1] .....</i>	5
<i>Abbildung 4: Baualtersklassen Cappeln [Q:1].....</i>	6
<i>Abbildung 5: Baualtersklassen nach Sektoren [Q:1] .....</i>	6
<i>Abbildung 6: Erdgasnetz Cappeln [Q:1] [Q:50] .....</i>	9
<i>Abbildung 7: Verteil- und Übertragungsnetz, Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsebene [Q:2] .....</i>	10
<i>Abbildung 8: Übertragungsnetzausbau Niedersachsen [Q:2].....</i>	11
<i>Abbildung 9: Übertragungsnetzausbau mit Redispatch-Maßnahmen in Cappeln [Q:2].....</i>	12
<i>Abbildung 10: Netzausbauplan Verteilnetz [Q:2].....</i>	13
<i>Abbildung 11: Vorhandene Dachflächen-Photovoltaikanlagen [Q:2] [Q:18] .....</i>	15
<i>Abbildung 12: Vorhandene Freiflächen-Photovoltaikanlagen [Q:1] [Q:18] .....</i>	15
<i>Abbildung 13: Vorhandene Biomasse-BHKWs [Q:2] .....</i>	16
<i>Abbildung 14: Vorhandene Windenergieanlagen [Q:2].....</i>	16
<i>Abbildung 15: Vorhandene Stromspeicheranlagen [Q:2] .....</i>	17
<i>Abbildung 16: Wärmeversorgungsart [Q:1] [Q:8].....</i>	18
<i>Abbildung 17: Wärmebedarf auf Baublockebene [Q:1] .....</i>	19
<i>Abbildung 18: Wärmebedarf pro Hektar [Q:1] .....</i>	19
<i>Abbildung 19: Wärmeverbrauchsdichte auf Baublockebene [Q:1] .....</i>	20
<i>Abbildung 20: Endenergieverbrauch [Tsd. MWh] und Emissionen [Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>] je Sektor [Q:1].....</i>	21
<i>Abbildung 21: Gebäude nach Energieträger und Wärmeerzeuger [Anzahl] [Q:1] .....</i>	21
<i>Abbildung 22 - Endenergieverbrauch nach Energieträger und Wärmeerzeuger [GWh] [Q:1].....</i>	22
<i>Abbildung 23: Treibhausgasemissionen pro Hektar [Q:1].....</i>	22
<i>Abbildung 24: Wärmeliniendichte auf Straßenzugebene [Q:1] .....</i>	23
<i>Abbildung 25: Wärmeliniendichte auf Baublockebene im Überblick [Q:1] .....</i>	24
<i>Abbildung 26: Geringe Fernwärmenetzeignung [Q:1] .....</i>	24
<i>Abbildung 27: Mittlere Fernwärmenetzeignung [Q:1] .....</i>	25
<i>Abbildung 28: Hohe Fernwärmenetzeignung [Q:1] .....</i>	25
<i>Abbildung 29: Reduktion des Wärmeenergiebedarfs durch Bestandssanierung [Q:1] .....</i>	27

Abbildung 30: Gesamtsanierungspotenzial [Q:1] .....	28
Abbildung 31: FFPV-Potenzial unter Berücksichtigung aller Schutzgebiete und Abstandsbereiche [Q:3] .....	29
Abbildung 32: Privilegierte FFPV-Flächen entlang der A1 [Q:3] .....	30
Abbildung 33: EEG-förderfähige Flächen für FFPV [Q:3] .....	31
Abbildung 34: Ausschnitt aus der Potenzialanalyse zum Dachflächen-PV-Potenzial [Q:1] [Q:2] .....	31
Abbildung 35: Kartographische Darstellung der geplanten Windvorranggebiete in der Umgebung von Cappeln [Q:57]	33
Abbildung 36: Hydrothermale und petrothermale Ressourcen [Q:13] .....	35
Abbildung 37: Geothermisches Potenzialgebiet zur Wärmegewinnung [Q:13] .....	35
Abbildung 38: Erdwärmesonden Nutzungsbestimmungen [Q:12] .....	37
Abbildung 39: Erdwärmekollektoren Nutzungsbestimmungen [Q:12] .....	37
Abbildung 40: Erdwärmekollektoren Standorteignung [Q:12] .....	38
Abbildung 41: Ausschnitt aus der Potenzialanalyse zum Solarthermie-Potenzial [Q:1] [Q:2] .....	39
Abbildung 42: Übersicht zur Datenlage der Baumart aus der Bundeswaldinventur [Q:1] .....	40
Abbildung 43: Biomasseanteil aus Laubbäumen [Q:1] .....	41
Abbildung 44: Biomasseanteil aus Nadelbäumen [Q:1] .....	42
Abbildung 45: Methodik zur Einteilung in Eignungsgebiete [Q:3] .....	49
Abbildung 46: Eignungsbeurteilung Wärmenetz [Q:1] .....	50
Abbildung 47: Zielszenario Dezentrale Versorgung [Q:1] .....	50
Abbildung 48: Maßgebliches Zielszenario [Q:1] .....	51
Abbildung 49: Voraussichtliches Szenario mit Großaufnahme der Siedlungsbereiche [Q:1] .....	52
Abbildung 50: Zielszenario Gebäudeversorgung [Q:1] .....	53
Abbildung 51: Zielszenario Endenergieverbrauch [Q:1] .....	53
Abbildung 52: Anzahl der Gebäude nach Heiztechnologie [Anzahl] [Q:1] .....	54
Abbildung 53: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heiztechnologie [MWh] [Q:1] .....	54
Abbildung 54: Emissionsentwicklung nach Heiztechnologie [ $t_{CO_2}$ ] [Q:1] .....	55
Abbildung 55: Emissionseinsparung im BKG-Raster [Q:1] .....	56
Abbildung 56: Fernwärmepotenzialgebiet Cappeln [Q:1] [Q:3] .....	58
Abbildung 57: Fernwärmepotenzialgebiet Elsten [Q:1] [Q:3] .....	59
Abbildung 58: Fernwärmepotenzialgebiet Sevelten [Q:1] [Q:3] .....	60
Abbildung 59: Umsetzungsstrategie für die Wärmewende in Cappeln [Q:3] .....	73
Abbildung 60: Ablaufplan Maßnahme Wärmenetz [Q:3] .....	73

*Abbildung 61: Ablaufplan mit Maßnahmen zur Potenzialnutzung [Q:3].....* 74

*Abbildung 62: Beteiligungsstufen Akteure [Q:3].....* 76

*Abbildung 63: Darstellung eines PDCA-Zyklus (d.h. Demingkreis oder Shewhart-Zyklus) [Q:3].....* 79

## TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Baualtersklassen nach Sektoren [Q:1] .....</i>	7
<i>Tabelle 2: Übersicht zum Gasnetz [Q:1] [Q:50] .....</i>	8
<i>Tabelle 3: Übersicht Stromnetzbetreiber [Q:2] .....</i>	10
<i>Tabelle 4: Netzentwicklungsplan Übertragungsnetz [Q:51].....</i>	12
<i>Tabelle 5: Übersicht Energieerzeugungsanlagen [Q:2] [Q:18] .....</i>	14
<i>Tabelle 6: Fernwärmemetzeignung in Abhängigkeit der Wärmeliniendichte [Q:9] .....</i>	23
<i>Tabelle 7: Zielsanierungstiefe für Bestandssanierungen [Q:9] .....</i>	27
<i>Tabelle 8: Veränderung energetischer Kennzahlen durch Bestandssanierung mit einer Sanierungsquote von 0,7 %/a [Q:1] .....</i>	27
<i>Tabelle 9: Energieeinsparpotenzial Sanierungen [Q:1] .....</i>	28
<i>Tabelle 10: Potenzialflächen auf Basis des Standortkonzeptes [Q:3] .....</i>	30
<i>Tabelle 11: Potenzialermittlung durch Photovoltaikanlagen auf Dachflächen [Q:1] .....</i>	32
<i>Tabelle 12: Voraussichtliche Abstandsflächen aus der Restriktionstabelle Windpotenzialgebiete [Q:57] .....</i>	33
<i>Tabelle 13: Technologieübersicht Tiefe Geothermie [Q:19] .....</i>	34
<i>Tabelle 14: Technologieübersicht oberflächennahe Geothermie [Q:3] .....</i>	36
<i>Tabelle 15: Potenzial Solarthermie [Q:1].....</i>	39
<i>Tabelle 16: Biomassepotenzial bei Basisbewirtschaftung [Q:1].....</i>	41
<i>Tabelle 17: Theoretisches Potenzial der Abwassermenge [Q:3] [Q:16].....</i>	43
<i>Tabelle 18: Gebäudedaten Beispielgebäude [Q:3] .....</i>	45
<i>Tabelle 19: Auszug aus der Parameterliste je Heiztechnologie [Q:3] .....</i>	46
<i>Tabelle 20: Vollkostenvergleich (netto) am Beispielgebäude [Q:1] [Q:3] [Q:9] .....</i>	48
<i>Tabelle 21: Endenergieverbrauch [GWh/a] und Emissionen [Tsd. tCO<sub>2</sub>] nach Technologien [Q:1] .....</i>	52
<i>Tabelle 22: Anzahl der Gebäude nach Heiztechnologie [Anzahl] [Q:1] .....</i>	54
<i>Tabelle 23: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heiztechnologie [MWh] [Q:1].....</i>	55
<i>Tabelle 24: Emissionsentwicklung nach Heiztechnologie [tCO<sub>2</sub>] [Q:1] .....</i>	55
<i>Tabelle 25: Relevante Energiekennzahlen Bestands- und Zielszenario [Q:1].....</i>	56
<i>Tabelle 26: Kurzprüfung des Fernwärmepotenzials Cappeln [Q:1] [Q:3] .....</i>	58
<i>Tabelle 27: Kurzprüfung des Fernwärmepotenzials Elsten [Q:1] [Q:3].....</i>	59
<i>Tabelle 28: Kurzprüfung des Fernwärmepotenzials Sevelten [Q:1] [Q:3] .....</i>	60

*Tabelle 29: Indikatoren für das Controlling der KWP .....* ..... 80

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BESS	Batteriespeichersysteme
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlagen
BHKW	Blockheizkraftwerk
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BWK	Brennwertkessel
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DFPVA	Dachflächen-Photovoltaikanlage
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
ENB	Energienetze Bayern
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EWK	Erdwärmekollektoren
EWS	Erdwärmesonden
FAQ	Frequently Asked Questions
FFH	Fauna Flora-Habitat
FFPVA	Freiflächen-Photovoltaikanlage
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GWWP	Grundwasserwärmepumpen
IBN	Inbetriebnahme
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
LOD2	Level of Detail 2

LSG	Landschaftsschutzgebiet
NEP	Netzentwicklungsplan (Strom)
NSG	Naturschutzgebiet
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PV	Photovoltaik
RROP	Regionales Raumordnungsprogramm
THG	Treibhausgaspotenzial
UBA	Umweltbundesamt
vbzv	Verbraucherzentrale Bundesverband e. V.
WEA	Windenergieanlage
WKA	Wasserkraftanlagen
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz

## 1 Einleitung

Die Wärmewende ist ein zentrales Handlungsfeld der deutschen Energie- und Klimapolitik. Mit dem Ziel, die Wärmeversorgung bis spätestens 2045 – in Niedersachsen bereits bis 2040 – treibhausgasneutral zu gestalten, stehen Kommunen vor der Aufgabe, tragfähige Strategien für eine nachhaltige und zukunftssichere Wärmeversorgung zu entwickeln. Die Kommunale Wärmeplanung (KWP) ist dabei ein wesentliches Instrument: Sie unterstützt Städte und Gemeinden dabei, ihren Gebäudebestand systematisch zu analysieren, erneuerbare Potenziale zu identifizieren und lokal angepasste Transformationspfade hin zur Klimaneutralität zu entwickeln.

Vor diesem Hintergrund wurde die MaxSolar GmbH von der Gemeinde Cappeln mit der Erstellung einer Kommunalen Wärmeplanung beauftragt. Ziel ist es, eine belastbare Entscheidungsgrundlage für kommunale Akteure, Eigentümerinnen und Eigentümer sowie Energieversorger zu schaffen, um die Wärmewende vor Ort gezielt voranzubringen. Grundlage der Planung ist das Wärmeplanungsgesetz (WPG), das Städten und Gemeinden konkrete zeitliche Vorgaben macht: Während Großstädte mit über 100.000 Einwohnern ihre Wärmepläne bis 2026 vorlegen müssen, haben kleinere Kommunen – wie Cappeln – Zeit bis spätestens 2028.

Die Kommunale Wärmeplanung ist als strategisches, nicht rechtsverbindliches Instrument zu verstehen, das technische, räumliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt. Sie basiert auf einer detaillierten Bestandsaufnahme der Gebäude- und Energieinfrastruktur, einer systematischen Potenzialanalyse erneuerbarer Wärmequellen und einer daraus abgeleiteten Zielvision für das Jahr 2040. Auf dieser Grundlage werden konkrete Maßnahmenvorschläge entwickelt, mit denen die Wärmewende vor Ort schrittweise umgesetzt werden kann.

Die vorliegende Planung legt besonderen Wert auf die Integration lokaler Akteure, auf Transparenz sowie auf eine realistische Einschätzung der Umsetzbarkeit. Damit schafft sie die Voraussetzungen für eine koordinierte, sozialverträgliche und technologieoffene Transformation der Wärmeversorgung in Cappeln. Die Wärmeplanung versteht sich dabei nicht als einmaliges Projekt, sondern als dynamischer Prozess, der alle fünf Jahre fortgeschrieben wird – mit dem Ziel, neue technologische Entwicklungen, gesetzliche Rahmenbedingungen und lokale Erkenntnisse laufend zu berücksichtigen und einzubinden.

## 2 Datenerhebung

### 2.1 Datenschutz

Zu Beginn der Kommunalen Wärmeplanung erfolgte zwischen dem Auftraggeber (Kommune) und dem Auftragnehmer (MaxSolar GmbH) einer Vertraulichkeitsvereinbarung. Basis sind die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO), das WPG und die kommunalen Regelungen im Umgang mit Daten und vertraulichen Informationen.

Die Datenerhebung und -verarbeitung erfolgt auf Grundlage des WPGs. Selbst wenn keine Informationen wie Namen oder Eigentumsverhältnisse übermittelt und verarbeitet werden, sind die zur Wärmeplanung notwendigen, gebäudescharfen Informationen, also Informationen, die sich nur auf ein einzelnes Gebäude beziehen, den personenbezogenen Daten zuzuordnen. Bei der Datenverarbeitung durch die planungsverantwortliche Stelle müssen die Vorgaben zum Schutz personenbezogener Daten berücksichtigt werden (§ 12 Absatz 1 WPG). Aus der veröffentlichten Darstellung dürfen keine Rückschlüsse auf Energieverbrauch und Energieversorgung einzelner Bürgerinnen und Bürger möglich sein. Daher werden im Wärmeplan mindestens fünf Gebäude zu einem Block zusammengefasst. Für diese Gebäudegruppen werden die Daten gemittelt dargestellt.

Wenn gebäudescharfe Daten oder persönliche Daten vorliegen, müssen diese nach Abschluss der Wärmeplanung gelöscht werden.

### 2.2 Datengrundlage und Methodik

Die Erhebung der Daten stellt einen wesentlichen Teil der Bestandsanalyse dar. Zuerst wurden alle vorliegenden Daten der Gemeinde gesammelt. Fehlende Daten konnten beispielsweise bei den Energieversorgungsunternehmen oder dem örtlichen Schornsteinfeger angefragt werden. Die Datenanfrage und -übermittlung erfolgte stets über die Ansprechperson der Gemeindeverwaltung, welche die Informationen dem Auftragnehmer geschützt zur Verfügung stellte.

Für Informationen zum IST-Zustand wurde auf öffentlich verfügbare Quellen, wie den „Level of Detail 2“ (LOD2) Daten und den Angaben aus dem Zensus22 zurückgegriffen.

Das dreidimensionale Gebäudemodell resultiert aus den LOD2-Daten. Es werden alle oberirdischen Gebäude und Bauwerke einschließlich standardisierter Dachformen entsprechend der tatsächlichen Firstverläufe repräsentiert. Dabei handelt es sich um ein Folgeprodukt aus den ALKIS-Gebäudegrundrissen.

Vom Statistischen Bundesamt sowie den Landesämtern für Statistik wurde zuletzt im Jahr 2022 in Deutschland eine Volkszählung durchgeführt, der Zensus22. Die statistische Erhebung umfasst Bevölkerungs-, Gebäude- und Wohnungszahl, sowie erstmals Nettokaltmiete, Gründe und Dauer von Wohnungsleerstand plus Energieträger der Heizung.

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung werden sämtliche verfügbaren Datenquellen systematisch in die Simulation eingebunden, um eine möglichst umfassende und belastbare Analyse zu gewährleisten. Dazu zählen unter anderem Kehrbuchdaten (z. B. zur Heizungsart), Verbrauchsdaten der Energieversorger, Daten aus dem Marktstammdatenregister, Gebäude- und Liegenschaftsinformationen (z. B. aus ALKIS), sowie energetische Sanierungsstände und Informationen zur bestehenden Energieinfrastruktur. Die Vielzahl an Datenquellen ermöglicht eine fundierte Bewertung des Wärmebedarfs sowie der Potenziale für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

Die datenschutzkonforme Darstellung der analysierten Daten bedingt, dass die zu bewertende Eigenschaft im jeweiligen Baublock mehrheitlich vorliegen muss, um entsprechend dargestellt werden zu können. Bei „Unbekannt“ dargestellten Gebieten kann keine vorhandene Eigenschaft die Mehrheit erreichen.

Nach Eingang der Daten wurde zunächst eine Vollständigkeitsprüfung durchgeführt. Identifizierte Datenlücken erforderten eine Ergänzung der Datenquellen sowie eine anschließende Überprüfung auf Plausibilität. Fehlerhafte Datensätze wurden, sofern möglich, korrigiert oder aus dem Datenbestand entfernt.

Für die Datenverarbeitung kam das Software-Tool INFRA-Wärme der LBD-Beratungsgesellschaft mbH zum Einsatz. Mittels Geodaten und intelligenter Algorithmen wurden die Bestandteile der Wärmeplanung in einem digitalen Zwilling modelliert.

Die Ergebnisse des Tools werden der Gemeinde nach Abschluss zur Verfügung gestellt.

### 3 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse stellt den ersten und grundlegenden Schritt der Kommunalen Wärmeplanung dar und dient als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. In dieser Phase wird der aktuelle Zustand der Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene vollständig erfasst und bewertet. Ziel ist es, ein möglichst detailliertes Bild der bestehenden Infrastrukturen, der verwendeten Energiequellen sowie der Gebäude zu erhalten.

Dabei werden sowohl die aktuellen Wärmeversorgungsnetze als auch individuelle Heizsysteme in privaten, öffentlichen oder gewerblichen Gebäuden berücksichtigt. Darüber hinaus erfolgt die Erhebung von Daten zu den Treibhausgasemissionen, die mit der derzeitigen Wärmeversorgung verbunden sind. Die Bestandsanalyse liefert somit eine erforderliche Grundlage für die nachfolgenden Schritte der Wärmeplanung, wie die Potenzialanalyse und die Entwicklung eines Zielszenarios, und ermöglicht es, zielgerichtete Maßnahmen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und zur Optimierung der Wärmeversorgung zu formulieren.

#### 3.1 Beschreibung der Gemeindestruktur

Cappeln ist eine Gemeinde im niedersächsischen Landkreis Oldenburg. Sie hat rund 7.000 Einwohner und eine Fläche von etwa 76 Quadratkilometern. Die Gemeinde bietet familienfreundliches Wohnen mit guter Infrastruktur. Durch das Oldenburger Münsterland ist die Region ein beliebter Naherholungsraum. [Q:3] [Q:59]

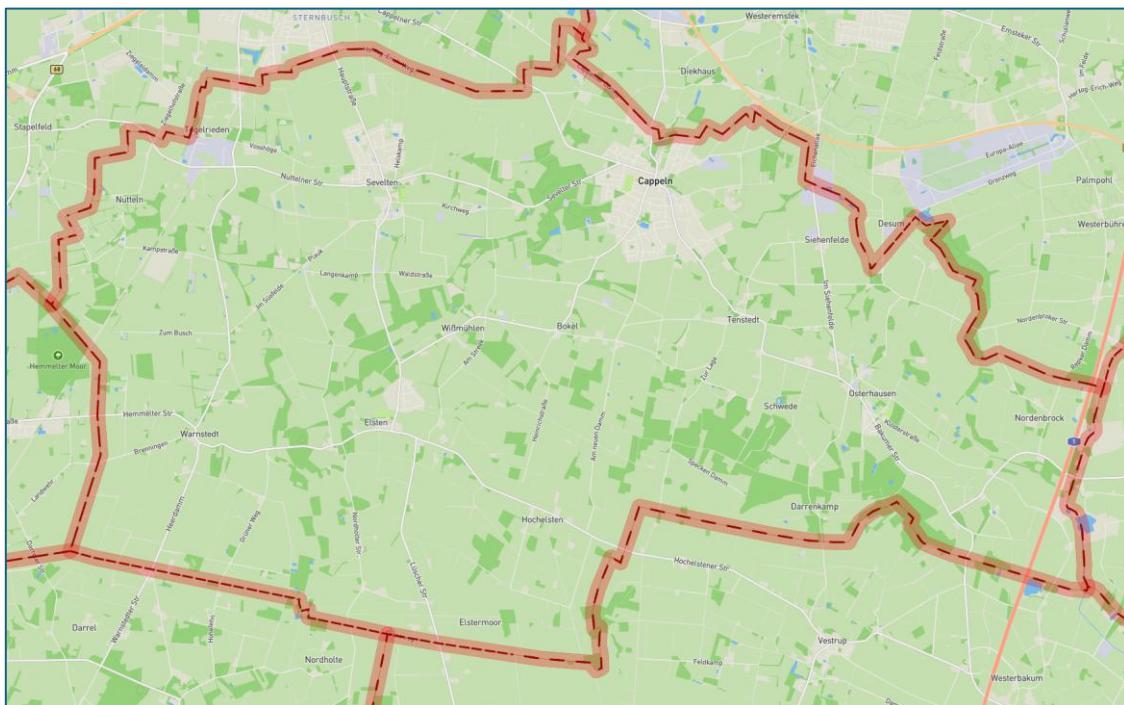


Abbildung 1: Geografische Lage Cappeln [Q:2]

## 3.2 Gebäude- und Siedlungsstruktur

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung bildet die Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur eine zentrale Grundlage für die Bestandsaufnahme des aktuellen Wärmebedarfs und die Ableitung potenzieller Wärmeversorgungsstrategien. Dabei werden unter anderem Gebäudetypen, Baualtersklassen, Nutzungsarten, Geschossflächen sowie die Siedlungsdichte systematisch erfasst und ausgewertet. Diese Informationen ermöglichen Rückschlüsse auf die energetische Qualität der Bausubstanz sowie auf das Einspar- und Dekarbonisierungspotenzial im Gebäudebestand.

Die Analyse der Gebäude- und Siedlungsstruktur umfasst eine Ermittlung der vorherrschenden Nutzungsarten sowie der Baualtersklassen der Gebäude. Beide Aspekte lassen sich baublockbezogen darstellen, um eine detaillierte Übersicht der baulichen Gegebenheiten zu bieten.

In Cappeln wurden 3.402 beheizte und unbeheizte Gebäude bzw. Gebäudeteile identifiziert.

### 3.2.1 Hauptnutzungsarten

Zuerst erfolgte eine Analyse der Siedlungstypologien, bei der die Hauptnutzungsart in die Sektoren Private Haushalte, Öffentliche Gebäude, Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Sonstiges unterschieden wurden. Beim Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen sind beispielweise auch landwirtschaftliche oder ehemalig landwirtschaftliche Gebäude inkludiert.

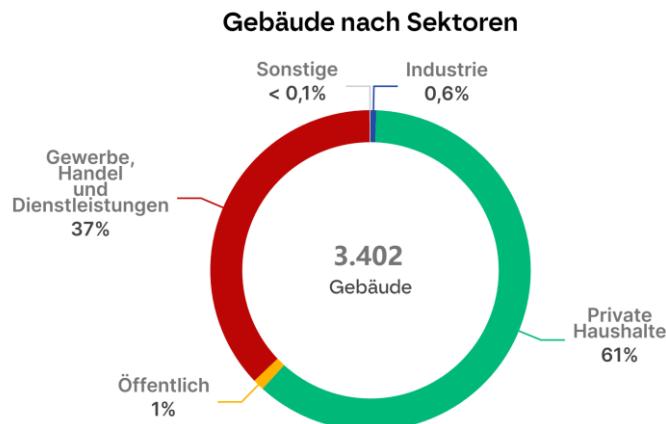


Abbildung 2: Hauptnutzungsarten nach Sektoren [Q:1]

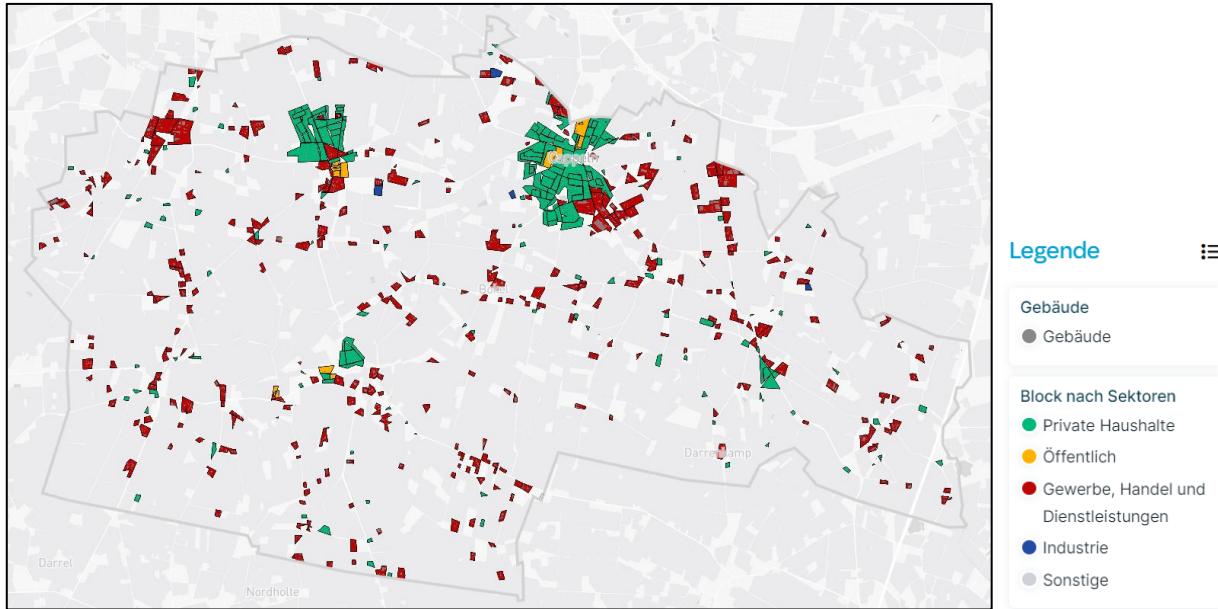
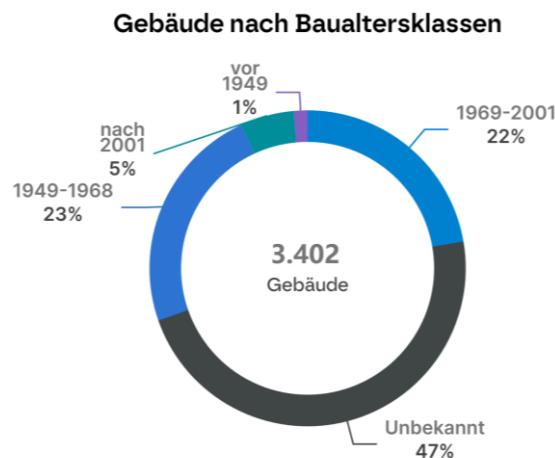


Abbildung 3: Sektoren im Betrachtungsgebiet Cappeln [Q:1]

### 3.2.2 Baualtersklassen der Gebäude

Im folgenden Kapitel wurden die Gebäude anhand ihres Baualters differenziert, die im Rahmen der Zensusabfrage ermittelt wurden. Da es sich beim Zensus um eine Volkszählung handelt, werden lediglich Gebäude mit Wohnraum in der Datenbank erfasst. Zu allen weiteren Gebäudetypen liegen durch den Zensus keine Informationen zum Baujahr vor.

In den Jahren nach 2001 kamen nur noch wenige Neubauten dazu. Der Großteil der Gebäude wurde zwischen 1969 und 2001 errichtet. Ein grafischer Überblick zu den Baualtersklassen ist in dieser Grafik sichtbar:



Unbekannte Gebiete ergeben sich weitgehend aus der datenschutzkonformen Darstellung auf Baublockebene. Die Gebäude im Baublock weisen mehrheitlich keine gemeinsame Baualtersklasse auf. Für unbekannte Baualtersklassen wurden Durchschnittswerte für nachfolgende Berechnungen verwendet.

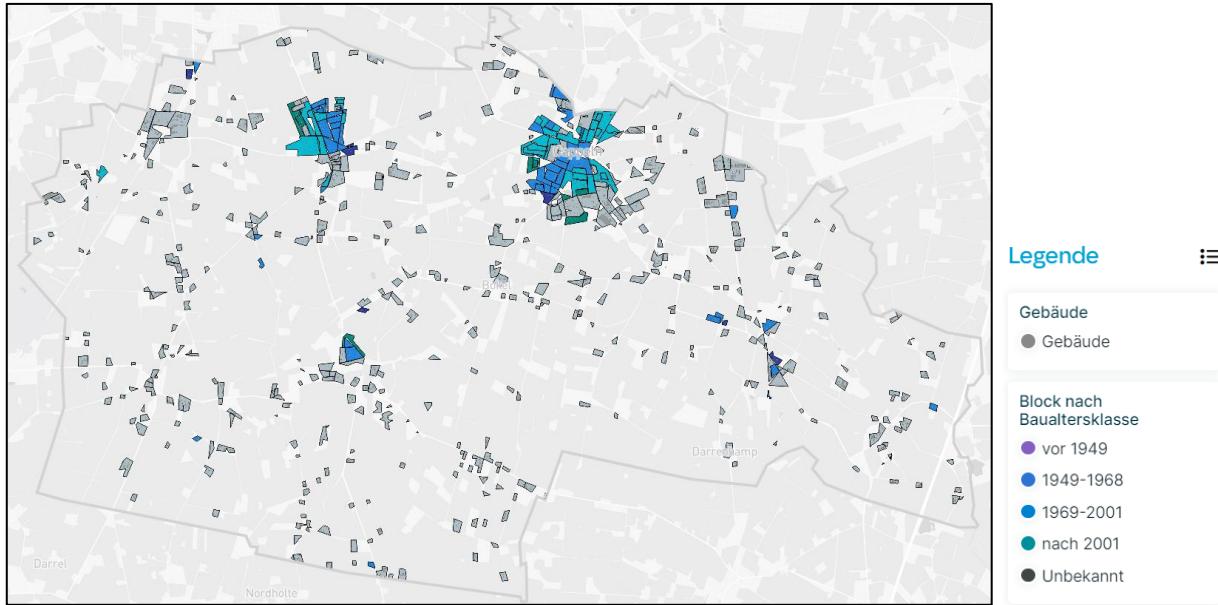


Abbildung 4: Baualtersklassen Cappeln [Q:1]

### 3.2.3 Baualtersklassen nach Sektoren

Eine gute Übersicht bietet die Grafik über die Einteilung der neu gebauten Gebäude nach Baujahr und Sektor.

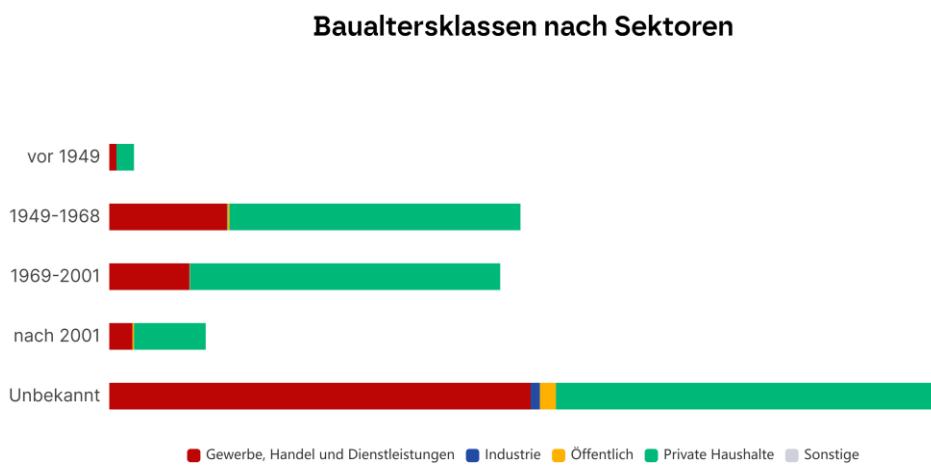


Abbildung 5: Baualtersklassen nach Sektoren [Q:1]

Wie oben erwähnt sind im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen auch (ehemalige) landwirtschaftliche Gebäude enthalten und enthalten keine Baualtersklassen. Dadurch sind diese alle unter „Unbekannt“ zu finden.

Die abgebildete Grafik vermittelt einen ersten Überblick über die energetische Qualität der Bestandsgebäude in Cappeln. Ein großer Teil der Gebäude wurde noch vor 1977 errichtet – also zu einer Zeit, als die erste deutsche Wärmeschutzverordnung noch nicht in Kraft war. Diese „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden“ trat 1977 in Kraft und bildete den ersten rechtlichen Rahmen für den energiesparenden Wärmeschutz auf Basis des damals eingeführten Energieeinsparungsgesetzes. Bis zu diesem Zeitpunkt existierten in Deutschland keine verbindlichen öffentlich-rechtlichen Vorschriften für den Wärmeschutz von Gebäuden. [Q:17]

Gebäude aus der Zeit vor Einführung der ersten Verordnung weisen erfahrungsgemäß deutlich schlechtere Dämmwerte auf und sind daher mit einem überdurchschnittlich hohen spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche verbunden [Q:11]. Für die Kommunale Wärmeplanung bedeutet das, dass in diesen Quartieren ein besonders hohes Potenzial für energetische Sanierungen und Effizienzmaßnahmen besteht. Zusätzlich ist mit einer hohen benötigten Vorlauftemperatur zu rechnen.

	Private Haushalte	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	Industrie	Öffentlich	Sonstige
<b>Vor 1949</b>	34	14	0	0	0
<b>1949- 1968</b>	564	228	1	4	1
<b>1969- 2001</b>	601	155	1	1	0
<b>Nach 2001</b>	139	45	0	3	0
<b>Unbekannt</b>	743	817	18	31	2

Tabelle 1: Baualtersklassen nach Sektoren [Q:1]

### 3.3 Analyse der Energieinfrastruktur

Die Analyse der bestehenden Energieinfrastruktur ist ein wichtiger Teil dieses Kapitels im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung. Sie dient dazu, die derzeitige Versorgungssituation zu erfassen, technische und wirtschaftliche Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu identifizieren und Hemmnisse frühzeitig zu erkennen.

Im Fokus stehen dabei insbesondere bestehende Wärmenetze, Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen, Gas- und Stromverteilnetze auf den verschiedenen Spannungsebenen sowie relevante Netzknotenpunkte und Einspeisestellen. Auch die Verfügbarkeit und Erschließbarkeit von erneuerbaren Energien, Abwärmequellen und saisonalen Speichern werden im Zusammenhang mit der Infrastruktur analysiert.

Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für die Ausarbeitung tragfähiger Transformationspfade und ermöglichen die gezielte Identifikation von Gebieten mit hohem Potenzial für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen.

Darüber hinaus erlaubt die Infrastrukturanalyse eine fundierte Bewertung der Versorgungssicherheit, der Netzauslastung sowie des zukünftigen Investitionsbedarfs. Durch die frühzeitige Einbindung der Netzbetreiber (z. B. Gas- oder Stromnetze) können potenzielle Synergien bei der Transformation der Energieversorgung identifiziert und genutzt werden.

#### 3.3.1 Leitungsgebundene Infrastruktur

##### 3.3.1.1 Erdgasnetz

Im Gemeindegebiet Cappeln besteht ein Erdgasnetz, das von der EWE Netz GmbH betrieben wird. Anhand der Gasversorgungs- und Gasnetzdaten konnten folgende Kennzahlen ermittelt werden:

<b>Verteilnetzbetreiber Gasnetz</b>	EWE Netz GmbH
<b>Energieträger</b>	Erdgas
<b>Leitungslänge Verteilnetz</b>	ca. 206 km
<b>Versorgte Gebäude</b>	ca. 2.700 Anschlüsse
<b>Gedeckter Endenergieverbrauch</b>	ca. 59 GWh

Tabelle 2: Übersicht zum Gasnetz [Q:1] [Q:50]

Die Versorgung mit Gas ist kartografisch wie folgt darstellbar. Dabei werden nur Hauptleitungen ohne Hausanschlüsse abgebildet.

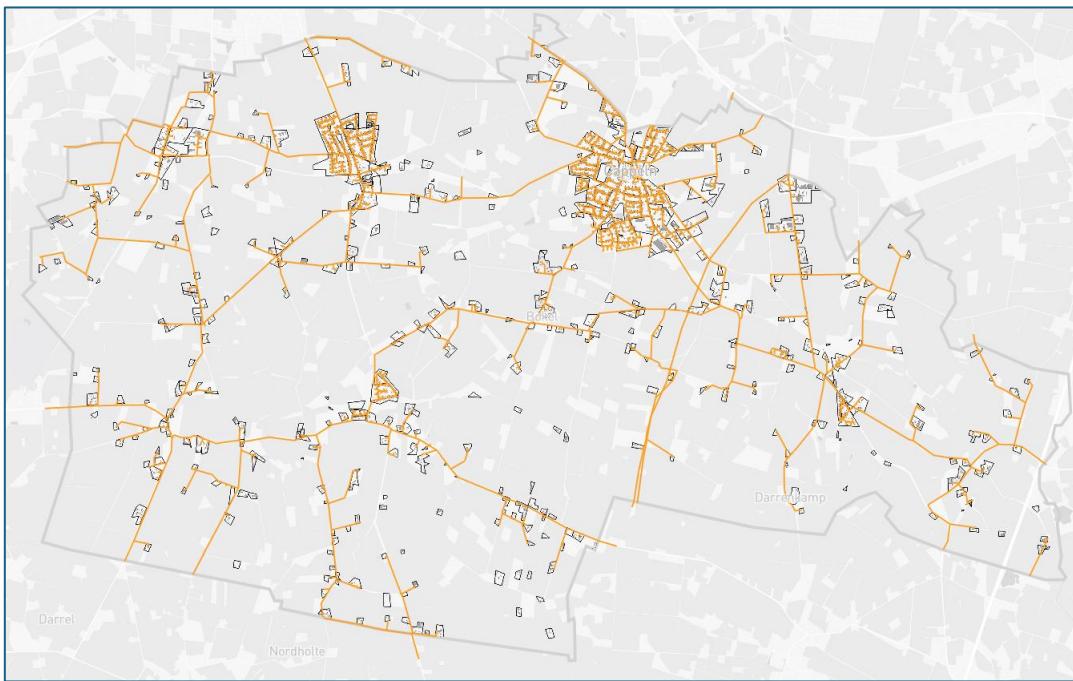


Abbildung 6: Erdgasnetz Cappeln [Q:1] [Q:50]

Die EWE Netz GmbH plant aktuell keine ganzheitliche Transformation des Erdgasnetzes zum Wasserstoffnetz. Einige Netzgebiete zur Erschließung von Industrikunden könnten dennoch umgestellt werden. Energiekosten für grünen Wasserstoff bleiben weiterhin unklar.

### 3.3.1.2 Bestehende und geplante Wärmenetze

Eine weitere wesentliche Komponente der Kommunalen Wärmeplanung, ist die Untersuchung bestehender sowie geplanter Wärmenetze.

In Cappeln existiert zum aktuellen Zeitpunkt kein flächendeckendes Wärmenetz. Außerdem liegen keine Informationen über die Planung eines solchen vor.

### 3.3.1.3 Stromnetz

Ebenfalls ein zentrales Element der lokalen Energieinfrastruktur sind die bestehenden Stromnetze. Das vorhandene Verteil- und Übertragungsnetz auf Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsebene ist in nachfolgender Grafik dargestellt. Hierbei ist die Beschreibung der genauen Lage, sowie die Ermittlung freier Netzkapazitäten kein Inhalt der Kommunalen Wärmeplanung. Die Verteilnetzbetreiber sind nach §14 EnWG (Energiewirtschaftsgesetz) verpflichtet, für einen sicheren, zuverlässigen und leistungsfähigen Netzbetrieb in der Nieder-, Mittel- und Hochspannungsebene zu sorgen. Die Hauptaufgabe der Übertragungsnetzbetreiber besteht darin, die überregionale Übertragung elektrischer Energie im Hoch- und Höchstspannungsnetz sicherzustellen.

Im untersuchten Gebiet sind folgende Netzbetreiber für die jeweiligen Spannungsebenen zuständig:

Stromnetzbetreiber	
Netzbetreiber Nieder- bzw. Mittelspannung	EWE Netz GmbH
Netzbetreiber Hochspannung	Avacon Netz GmbH
Netzbetreiber Höchstspannung	TenneT TSO GmbH

Tabelle 3: Übersicht Stromnetzbetreiber [Q:2]

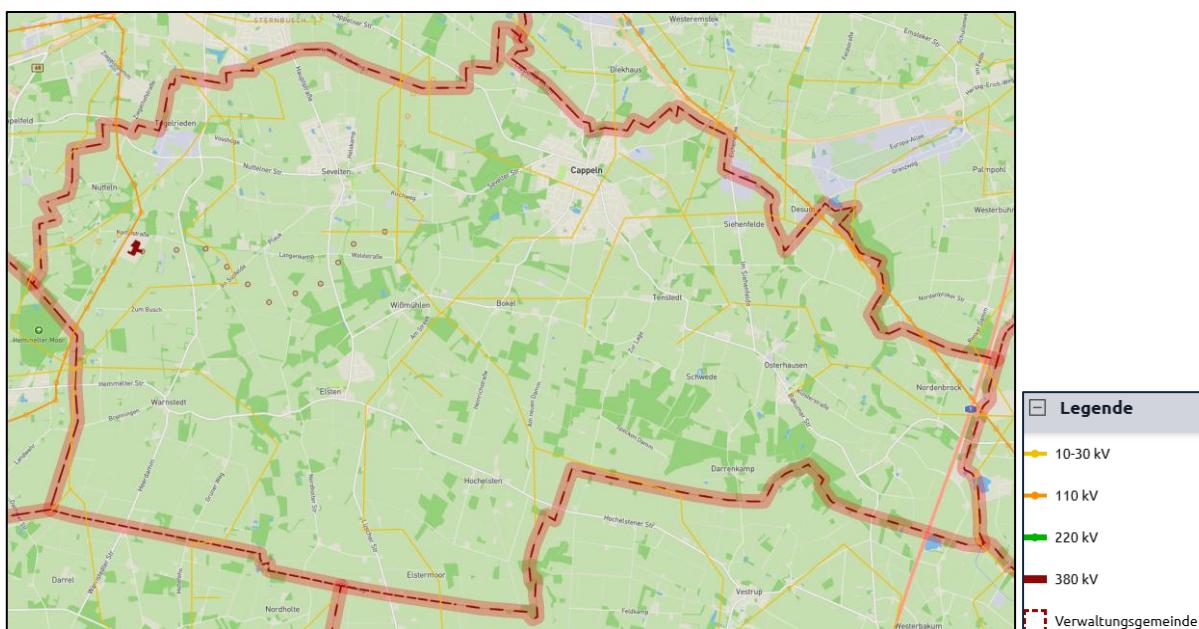


Abbildung 7: Verteil- und Übertragungsnetz, Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsebene [Q:2]

Wie in der Abbildung ersichtlich, verläuft durch das westliche Ende von Cappeln eine Übertragungsleitung auf Höchstspannungsebene (110 kV). Ebenfalls sind Netze auf Mittelspannungsebene durch das gesamte Gemeindegebiet dargestellt. Die Verteilnetze im Niederspannungsbereich werden nicht betrachtet.

Sollten große Stromerzeugungsanlagen wie z. B. Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FFPV-Anlagen) oder Windenergieanlagen (WEA) zur Erschließung erneuerbarer Energiequellen im Gemeindegebiet Cappeln errichtet werden, könnte im Falle von limitierten Netzkapazitäten auf Mittelspannungsebene ein Einspeisepunkt direkt in der Hochspannungsebene bzw. an einem Umspannwerk zugewiesen werden. Die Wahl des Einspeisepunktes obliegt dabei dem Netzbetreiber.

Der Ausbau des deutschen Stromnetzes wird im Rahmen des Netzentwicklungsplans strukturiert. Der Netzentwicklungsplan Strom (NEP) ist das zentrale Planungsinstrument für den Ausbau und die Modernisierung des Übertragungsnetzes in Deutschland. Er wird regelmäßig von den vier Übertragungsnetzbetreibern erstellt und von der Bundesnetzagentur geprüft und genehmigt. Der Netzentwicklungsplan legt fest, welche Leitungen, Konverter und Netzverstärkungen auf Basis verschiedener Verbrauchs- bzw. Stromerzeugungsszenarien notwendig sind, um den Strom zuverlässig zu transportieren und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Nachfolgend eine grafische Übersicht zum geplanten Übertragungsnetzausbau für Niedersachsen. Es ist zu erkennen, dass auch für Cappeln Ausbaumaßnahmen vorgesehen sind.

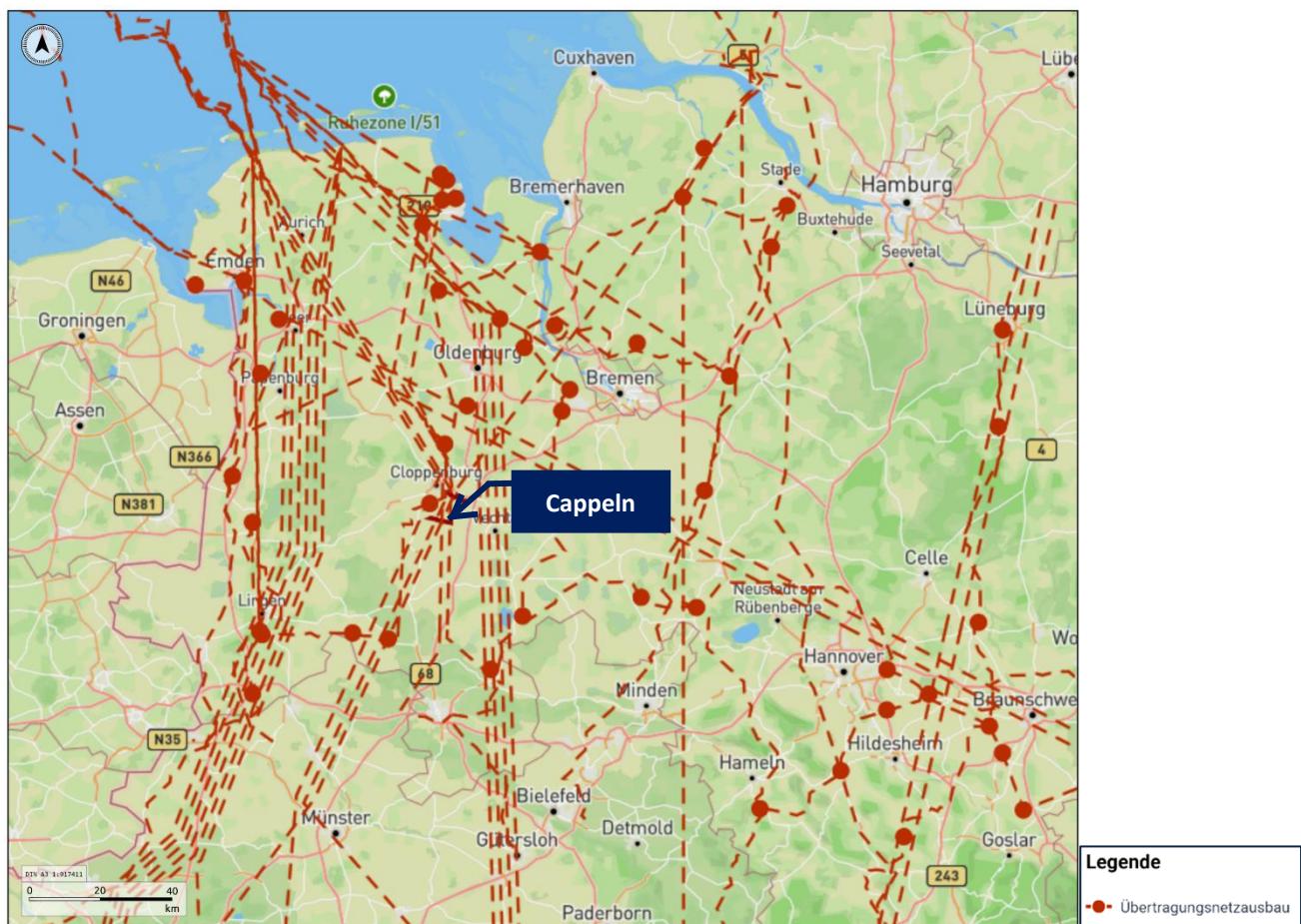


Abbildung 8: Übertragungsnetzausbau Niedersachsen [Q:2]

Ein weiterer Analyseaspekt betrifft die durch Redispatch-Maßnahmen betroffenen Gebiete und Energieinfrastrukturen. Unter Redispatch wird verstanden, dass der Netzbetreiber bei vorhersehbaren Netzengpässen eingreift und den Betrieb stromerzeugender Anlagen neu regelt. Dabei wird die Einspeiseleistung einzelner Erzeugungsanlagen gezielt reduziert, um Netzüberlastungen zu vermeiden und die Systemsicherheit zu gewährleisten. Im Rahmen von Redispatch 2.0 können grundsätzlich alle stromerzeugenden Anlagen mit einer installierten Leistung ab 100 kW betroffen sein.

Für das Gemeindegebiet Cappeln sowie angrenzende Bereiche zeigt die Analyse, dass insbesondere stromerzeugende Anlagen im nordöstlich gelegenen Bereich zuletzt von Redispatch-Maßnahmen betroffen waren. Diese Anlagen sind an die dort verlaufende Hochspannungsleitung angebunden. Die nachfolgende Grafik visualisiert die betroffenen Erzeugungsstrukturen.

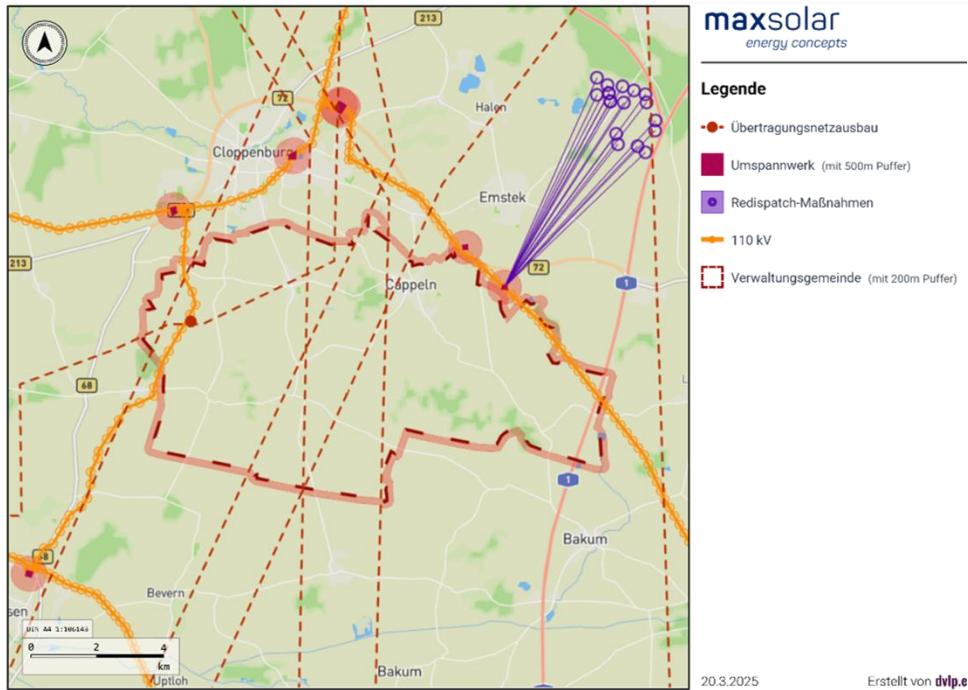


Abbildung 9: Übertragungsnetzausbau mit Redispatch-Maßnahmen in Cappeln [Q:2]

Um eine mögliche Überlastung des Stromnetzes zu vermeiden, gibt es für das Gebiet konkrete Pläne zur Netzverstärkung. Nachfolgend eine Übersicht dazu:

<b>Offshore-Netzanbindungssystem (ONAS) NOR-9-1</b>	
Baubeginn/Inbetriebnahme:	2025/2030
Zusätzliche Netzkapazität:	2 GW
<b>Offshore-Netzanbindungssystem (ONAS) NOR-10-1</b>	
Baubeginn/Inbetriebnahme:	2025/2030
Zusätzliche Netzkapazität:	2 GW
<b>Offshore-Netzanbindungssystem (ONAS) NOR-x-11</b>	
Baubeginn/Inbetriebnahme:	2036/2039
Zusätzliche Netzkapazität:	2 GW
<b>Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) DC25</b>	
Baubeginn/Inbetriebnahme:	Erfolgt/2032
Zusätzliche Netzkapazität:	2 GW
<b>Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) DC21b</b>	
Baubeginn/Inbetriebnahme:	Erfolgt/2032
Zusätzliche Netzkapazität:	2 GW

Tabelle 4: Netzentwicklungsplan Übertragungsnetz [Q:51]

Für die Verknüpfung zwischen Übertragungs- und Verteilnetzebene wurde im rot umkreisten Bereich ein Umspannwerk errichtet (Cappeln West). Dieses soll im Jahr 2026 in Betrieb gehen und wird von TenneT betrieben. [Q:2]

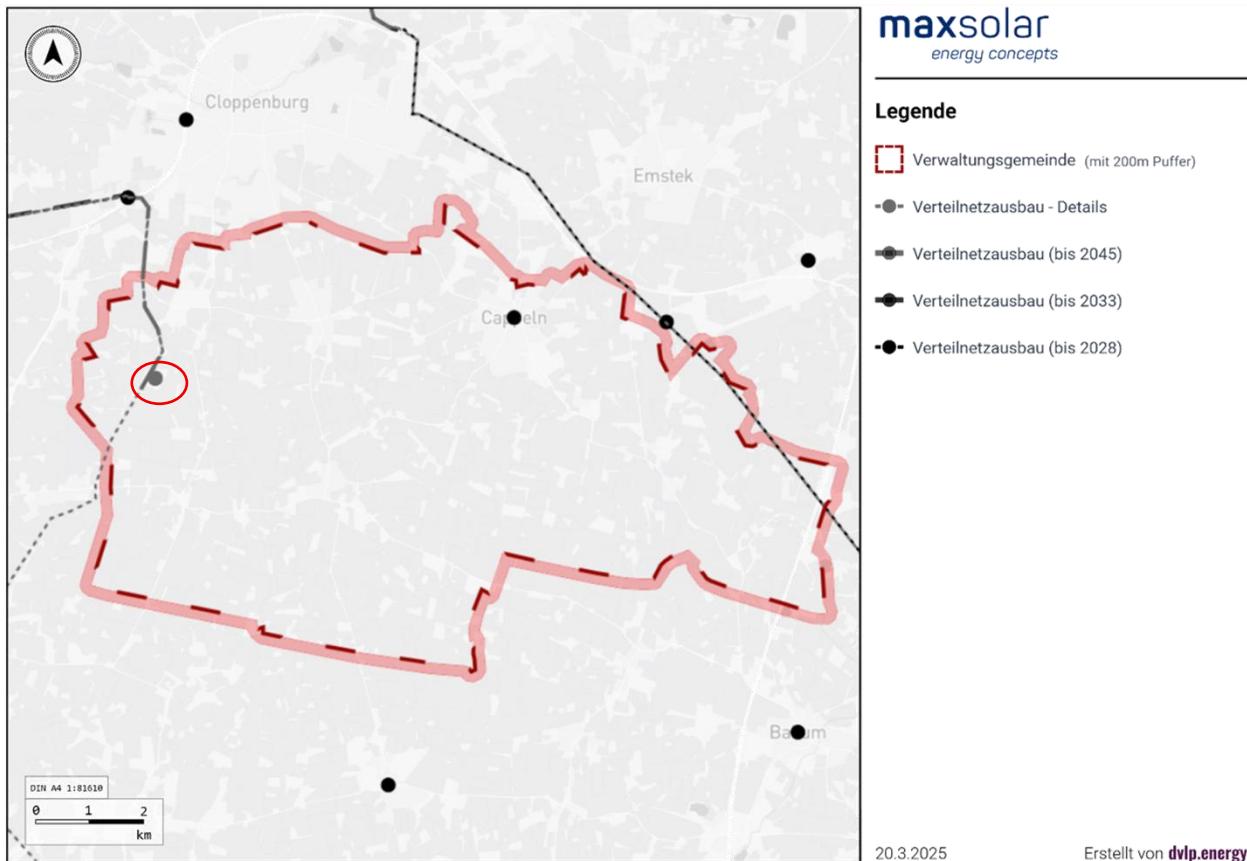


Abbildung 10: Netzausbauplan Verteilnetz [Q:2]

### 3.3.2 Energieerzeugungsanlagen

Ergänzend zur leitungsgebundenen Infrastruktur wird eine detaillierte Analyse der bestehenden Energieerzeugungsanlagen in der Kommune durchgeführt. Diese umfassende Betrachtung der infrastrukturellen Gegebenheiten unterstützt eine zielgerichtete Planung und Optimierung der möglichen zukünftigen Energieversorgung und gewährleistet, dass alle relevanten Systeme sowie deren Entwicklungspotenziale berücksichtigt werden. Die Analyse der Bestandsanlagen erfolgt auf Basis des Marktstammdatenregisters (MaStR). Das Marktstammdatenregister ist ein umfassendes amtliches Register alle Anlagen zur Stromerzeugung. Betreiber von Anlagen zur Stromerzeugung sind zur Meldung der Anlage im Marktstammdatenregister verpflichtet.

In Cappeln sind bereits einige Energiesysteme im Marktstammdatenregister hinterlegt. Eine Übersicht befindet sich in nachfolgender Tabelle, sowie anschließend kartografisch. Besonders hervorzuheben sind die zahlreichen Dachflächen-Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen. Im Gemeindegebiet sind bisher keine Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Betrieb. Aktuell befinden sich nur Erzeugungsanlagen aus Erneuerbaren Energien in Cappeln.

Unter das Energiesystem Biomasse-BHKWs fallen Blockheizkraftwerke von Biogasanlagen, die durch die Verbrennung von Biogas, Strom und Wärme produzieren. BHKWs, die an der leitungsgebundenen Erdgasinfrastruktur angeschlossen sind und bilanziell mit Biomethan betrieben werden, zählen im Marktstammdatenregister zu den fossil betriebenen Anlagen.

Energiesystem		Installierte Leistung
BGA	Biogasanlagen	0 MW <sub>el</sub>
BHKW	Biomasse-Blockheizkraftwerk	2,4 MW <sub>p</sub>
WKA	(Klein-) Wasserkraftanlagen	0 MW <sub>el</sub>
DF-PVA	Dachflächen-Photovoltaikanlagen	22,8 MW <sub>pel</sub>
FF-PVA	Freiflächen-Photovoltaikanlagen	0 MW <sub>pel</sub>
WEA	Windenergieanlagen	13,9 MW <sub>pel</sub>
BESS	Batteriespeichersysteme	0,80 MWh <sub>el</sub>

Tabelle 5: Übersicht Energieerzeugungsanlagen [Q:2] [Q:18]

Die zahlreichen installierten Dachflächen Photovoltaikanlagen sind visuell wie folgt in der Region verteilt. Dabei werden nur die Anlagen über 30 kW<sub>p</sub> angezeigt.

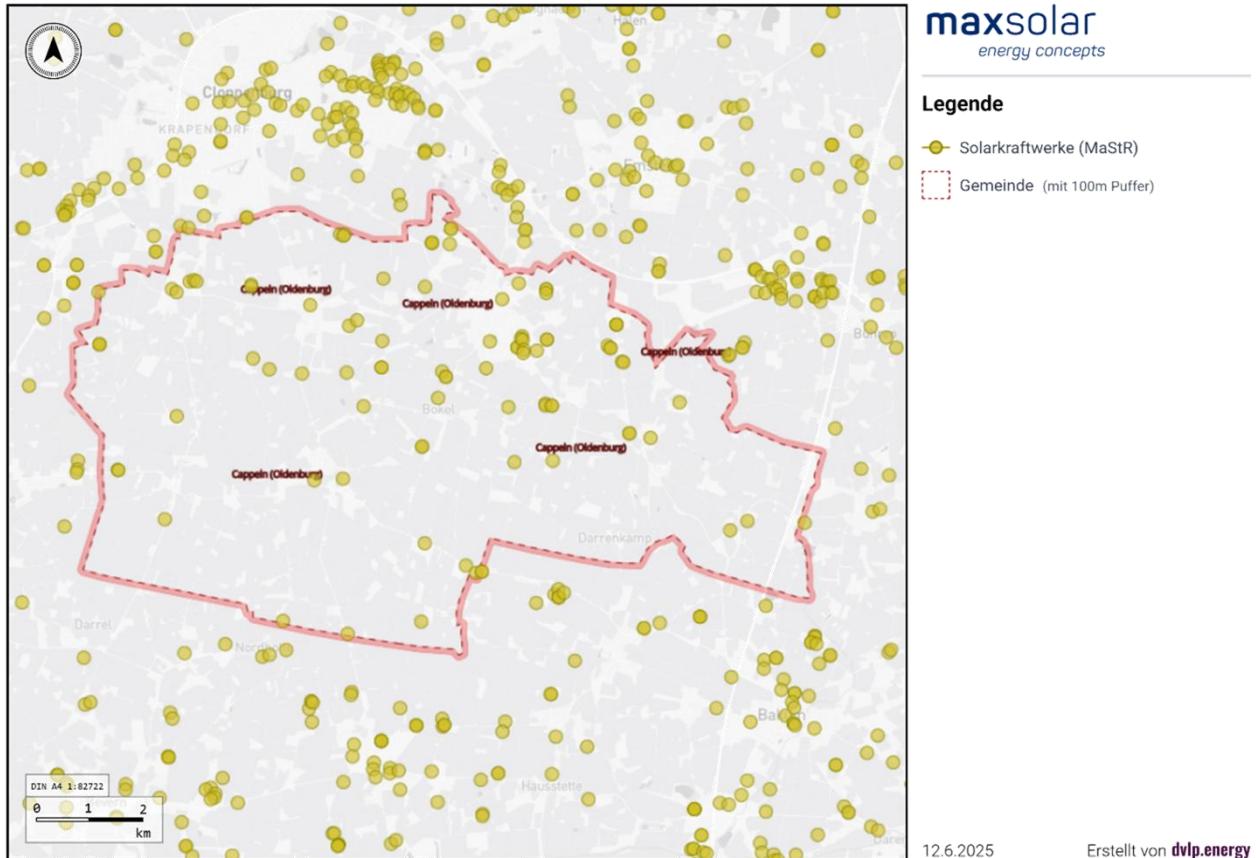


Abbildung 11: Vorhandene Dachflächen-Photovoltaikanlagen [Q:2] [Q:18]

Zum aktuellen Zeitpunkt sind keine Freiflächen-Photovoltaikanlagen vorhanden.

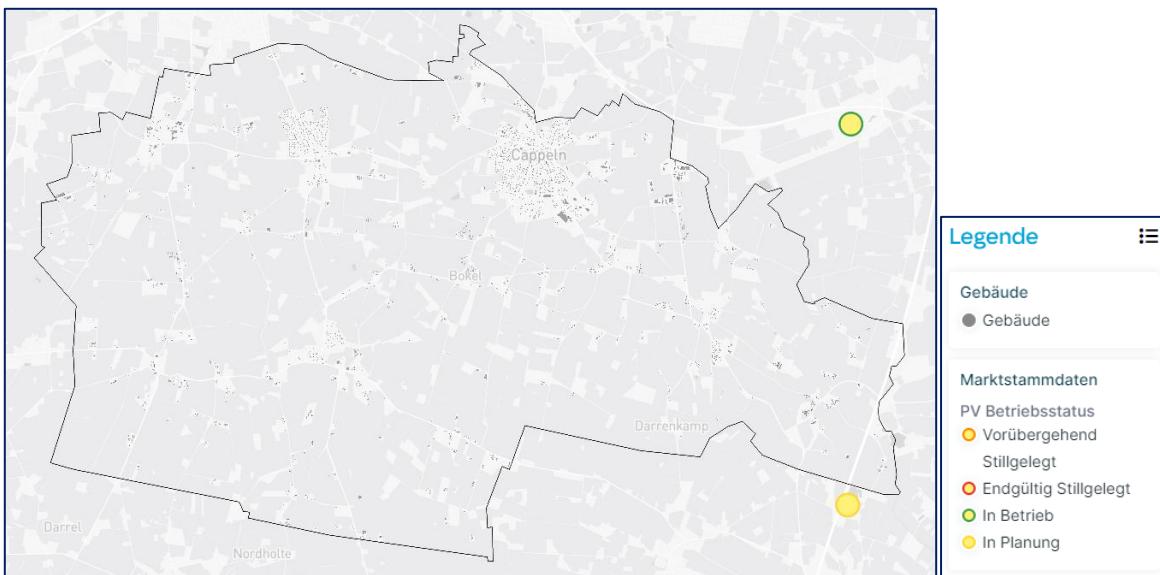


Abbildung 12: Vorhandene Freiflächen-Photovoltaikanlagen [Q:1] [Q:18]

Im Gemeindegebiet befinden sich derzeit acht Blockheizkraftwerke (BHKW) in Betrieb. Die installierte Gesamtleistung beträgt 2,4 MW<sub>p</sub>, wovon rund 87 % der Anlagen den erzeugten Strom vollständig in das öffentliche Stromnetz einspeisen. Die Inbetriebnahmen erfolgten in den Jahren 2005, 2007, zweimal 2009, zweimal 2010 sowie 2020 und 2023. Informationen zur Nutzung der anfallenden Abwärme liegen derzeit nicht vor.

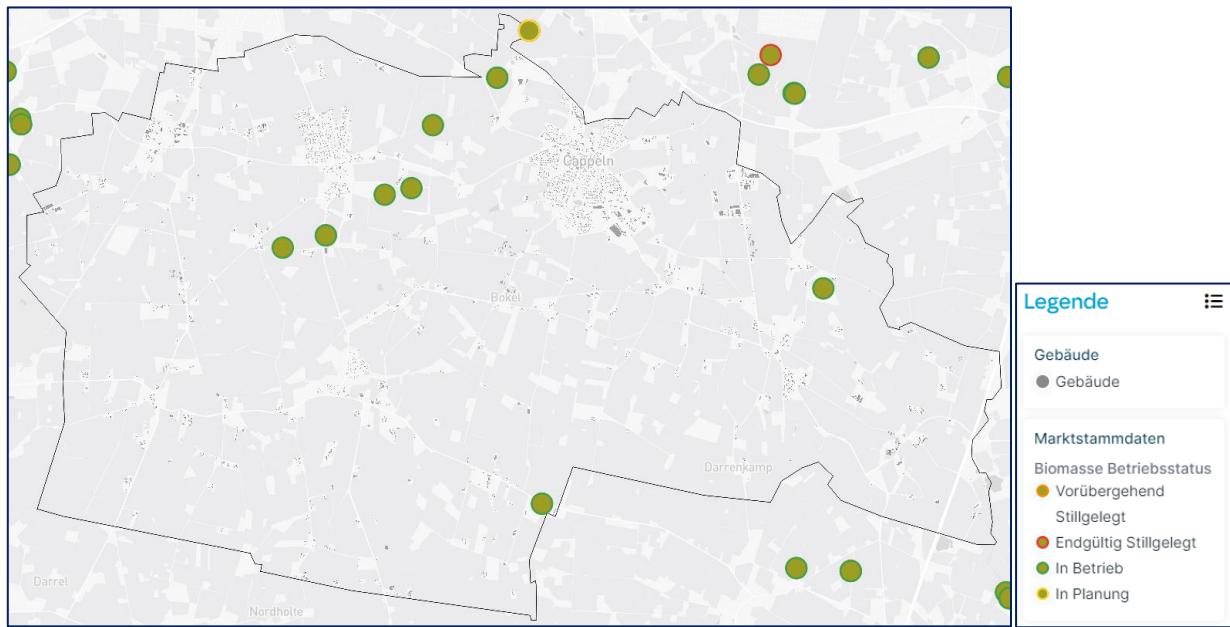


Abbildung 13: Vorhandene Biomasse-BHKWs [Q:2]

Im Gemeindegebiet Cappeln wird mit sieben Windenergieanlagen und einer Gesamtleistung von 13,9 MW<sub>p</sub> Strom erzeugt. Vier davon wurden mit je 1 MW<sub>p</sub> im Jahr 2000 installiert, der Rest mit je 3,3 MW<sub>p</sub> im Jahr 2018.

In unmittelbarer Nähe, das heißt weniger als einem Kilometer von der Gemeindegrenze entfernt, befinden sich zwei weitere Anlagen (2 x 4,2 MW<sub>p</sub>, Inbetriebnahme 03/2025) in Planung, sowie sechs Anlagen (17,25 MW<sub>p</sub>, Inbetriebnahme 2011/2012) in Betrieb.

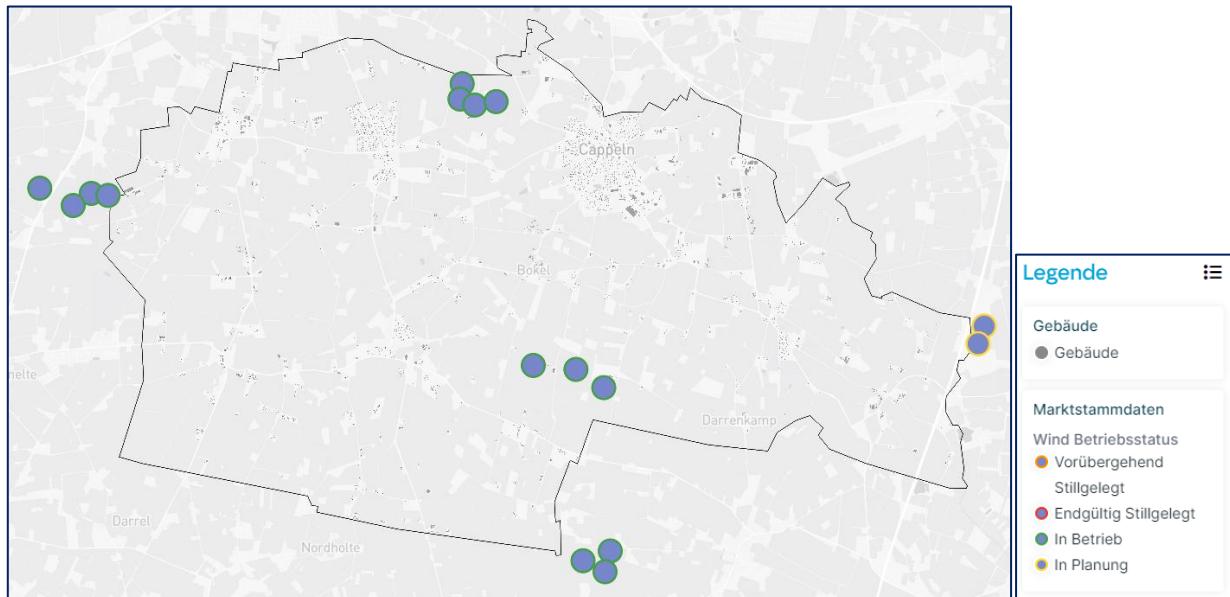


Abbildung 14: Vorhandene Windenergieanlagen [Q:2]

Zudem verfügt die Gemeinde über eine Stromspeicheranlage. Dabei handelt es sich um einen Gewerbe- bzw. Industriespeicher mit einer Speicherkapazität von 800 kWh. Der gespeicherte Strom wird teilweise in das Netz eingespeist und dient zugleich der Deckung des Eigenverbrauchs.

In unmittelbarer Umgebung gibt es weitere Privat- und Gewerbestromspeicher mit einer Kapazität von mindestens 200 kWh, wie in der folgenden Grafik dargestellt. Besonders hervorzuheben ist die Großspeicheranlage des Solarparks „Bakum - P23-151“, die im Volleinspeisungsbetrieb läuft und über eine Speicherkapazität von 4 MWh verfügt.

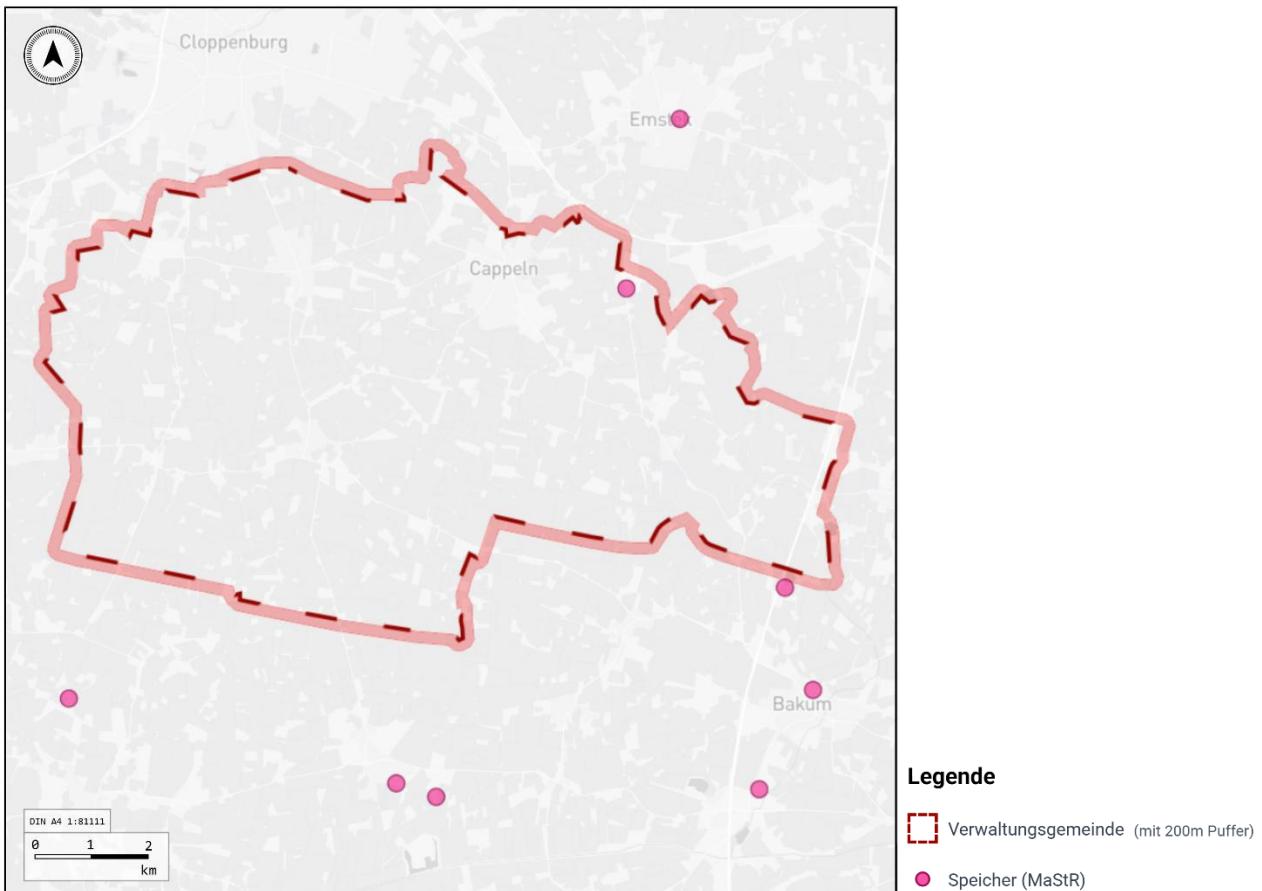


Abbildung 15: Vorhandene Stromspeicheranlagen [Q:2]

### 3.3.3 Sonstige Energieinfrastruktur

Es ist nichts über die Existenz weiterer Infrastrukturen zur Unterstützung der Wärmewende in den Betrachtungsgebieten bekannt.

## 3.4 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanz bildet einen wesentlichen Bestandteil der Ist-Analyse in der Kommunalen Wärmeplanung. Sie dient dazu, den aktuellen Energieverbrauch und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen der bestehenden WärmeverSORGUNG zu erfassen und zu bewerten. Diese Bilanz ermöglicht eine präzise Bestimmung des Ist-Zustandes und liefert wichtige Ansatzpunkte für die Entwicklung von Klimaschutzstrategien. Im Rahmen der Bestandsanalyse wird so ein fundiertes Verständnis darüber geschaffen, wie sich die aktuelle WärmeverSORGUNG auf den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen auswirkt, und welche Handlungsfelder für eine nachhaltige Optimierung bestehen.

Die Bilanzierung erfolgt in drei Schritten: Erfassung der Versorgungsarten, Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis der Gebäudestruktur und Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte zur räumlichen Darstellung des Bedarfs.

### 3.4.1 Versorgungsart

Auf Grundlage der sog. Kehrbuchdaten konnte die Art der derzeitigen Wärmeversorgung ermittelt werden. Die Kehrbuchdaten werden vom zuständigen Schornsteinfeger aufgenommen und für die Zwecke der Kommunalen Wärmeplanung datenschutzkonform bereitgestellt. Schornsteinfeger übernehmen gesetzlich vorgeschriebene Aufgaben zum Brand- schutz, zur Betriebssicherheit und zur Emissionsüberwachung von Feuerungsanlagen, darunter die Reinigung von Abgas- anlagen, Abgaswegüberprüfungen, Emissionsmessungen sowie die Durchführung der Feuerstättenschau. Für Wärme- pumpen- und Elektroheizungen besteht keine Zuständigkeit des Schornsteinfegers, da sie ohne Verbrennung arbeiten und keine Abgase verursachen. In diesem Fall sind die regelmäßigen Prüfungen nach der Kehr- und Überprüfungsordnung sowie der 1. BlmSchV deshalb nicht erforderlich.

Bei den nachfolgenden Grafiken als „Unbekannt“ dargestellten Baublöcke kann die Anzahl der versorgten Gebäude nicht die Mehrheit der definierten Versorgungsarten erreichen. Da durch die Kehrbuchdaten keine gesicherten Informationen zum aktuellen Vorkommen von Wärmepumpen vorliegen, könnte ein im Vergleich zu anderen Baublöcken höherer Anteil an Wärmepumpen- oder Elektroheizungen in den unbekannten Gebieten vorliegen. Zuverlässige Informationen hierzu standen allerdings nicht zur Verfügung.

Kleinere lokale Nahwärmenetze können, falls vorhanden, in den Darstellungen nicht abgebildet werden. Aufgrund der datenschutzkonformen Clusterung (mindestens fünf Gebäude pro Gebiet) der ursprünglich gebäudescharfen Daten sind nach der Aggregation keine Aussagen zu einzelnen Gebäuden mehr möglich.

Wie in der folgenden Auswertung zu erkennen ist, wird die überwiegende Anzahl an Gebäuden durch fossile Brennstoffe versorgt.

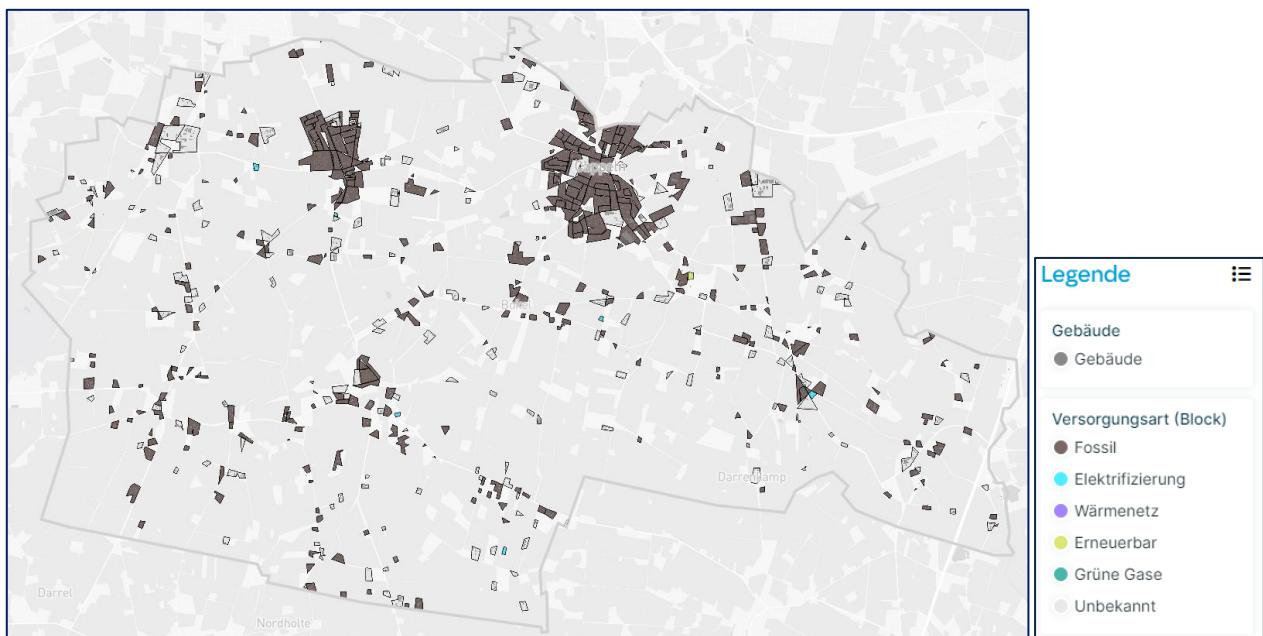


Abbildung 16: Wärmeversorgungsart [Q:1] [Q:8]

### 3.4.2 Wärmebedarf

Die Ermittlung des räumlich differenzierten Wärmebedarfs beinhaltet eine präzise Analyse des Heiz- und Warmwasserbedarfs für unterschiedliche Bereiche. Dabei wird der gesamte Wärmebedarf einer Kommune nach Gebäudetypen – Wohngebäude, Nichtwohngebäude sowie öffentliche Gebäude – zusammengefasst. Die Ergebnisse dieser Analyse werden flächenbezogen visualisiert, um eine anschauliche Darstellung der Wärmebedarfsverteilung auf lokaler Ebene zu ermöglichen.

In den folgenden Grafiken ist der Wärmebedarf der einzelnen Betrachtungsgebiete farblich differenziert dargestellt. Je intensiver die Orangefärbung, desto höher ist der Wärmebedarf. Um eine geografische Vergleichbarkeit der Gebiete zu gewährleisten, erfolgt ebenfalls die Aggregation auf Basis des BKG-Rasters mit einer Zellengröße von 100 x 100 Metern.

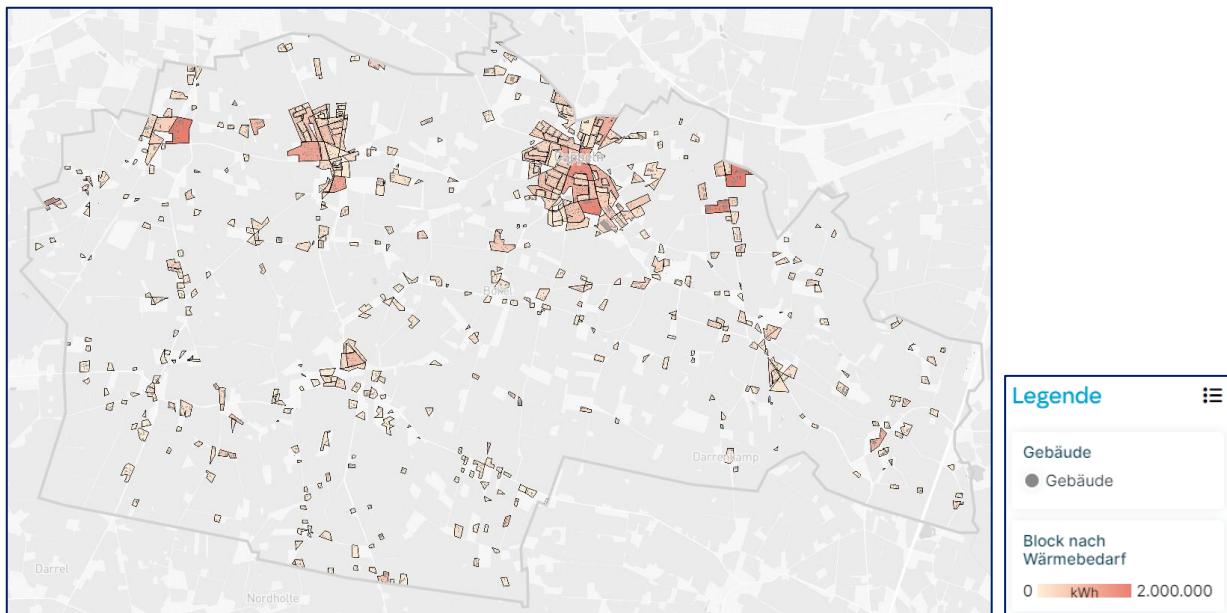


Abbildung 17: Wärmebedarf auf Baublockebene [Q:1]

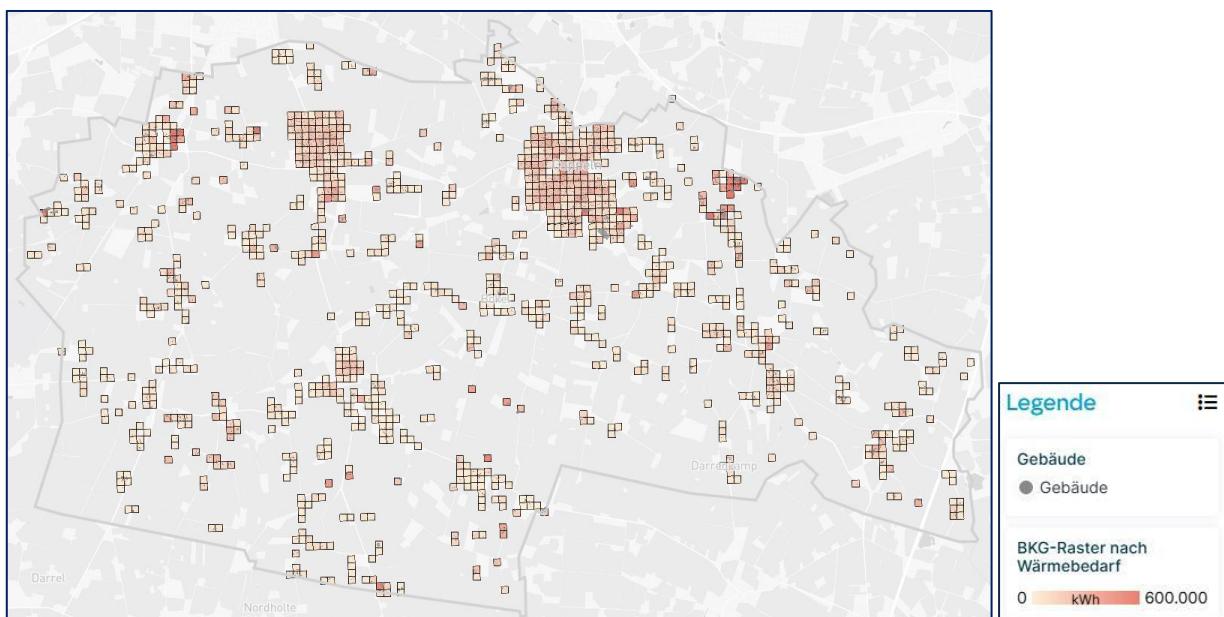


Abbildung 18: Wärmebedarf pro Hektar [Q:1]

### 3.4.3 Wärmeverbrauchsdichte

Auf Grundlage der vorangegangen Datenerhebung kann die räumlich aufgelöste Wärmeverbrauchsdichte ermittelt werden. Der Wärmeverbrauch beschreibt dabei im Gegensatz zum theoretischen Wärmebedarf, die tatsächlich verbrauchte Wärmeenergie. Zur Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte wird der Wärmeverbrauch aller Gebäude eines Baublocks summiert und durch die Baublockfläche geteilt. Es resultiert die Wärmeverbrauchsdichte in Megawattstunden pro Hektar Blockfläche. Mithilfe dieser Größe können mögliche Potenzialgebiete für Fernwärme oder Großverbraucher identifiziert werden.

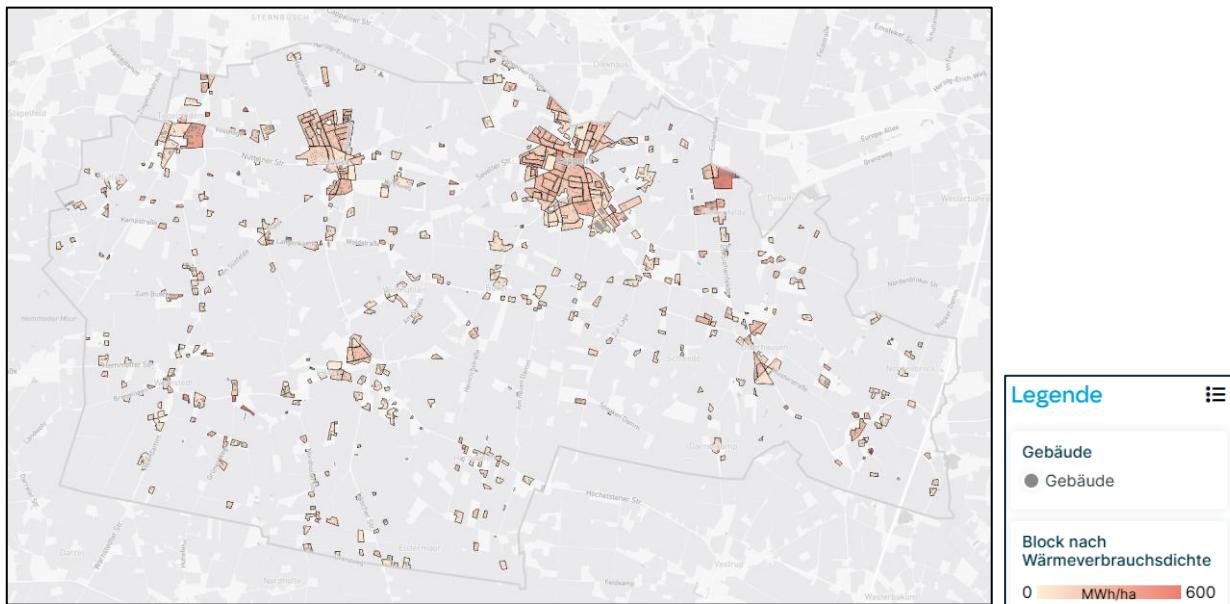


Abbildung 19: Wärmeverbrauchsdichte auf Baublockebene [Q:1]

### 3.4.4 Energie- und Treibhausgas Gesamtbilanz

Die Gesamtbilanz fasst den Energieeinsatz und die Treibhausgasemissionen der Gemeinde im Wärmebereich sektorübergreifend zusammen und bietet damit einen umfassenden Überblick zur aktuellen Situation. Sie stellt den Endenergieverbrauch und die resultierenden Emissionen nach den relevanten Sektoren dar und ermöglicht so eine differenzierte Beobachtung der wesentlichen Emissionstreiber.

Im Fokus stehen dabei insbesondere der Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung im Gebäudebereich, der durch eingesetzte fossile Energieträger (z. B. Erdgas, Heizöl, Kohle) gedeckt wird. Die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen werden gemäß den geltenden Emissionsfaktoren bilanziert.

Der gesamte Endenergiebedarf zur Wärmeversorgung in Cappeln beträgt **86 GWh**. Rund 69 % des endenergetischen Verbrauchs nach Wärmeerzeugern entfallen auf den Energieträger Erdgas. Der Anteil erneuerbarer Energien ist demgegenüber derzeit verschwindend gering. Nach den unterschiedlichen Sektoren gegliedert, verbrauchen mit **56 GWh** die privaten Haushalte den größten Anteil am Endenergieverbrauch, gefolgt von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.

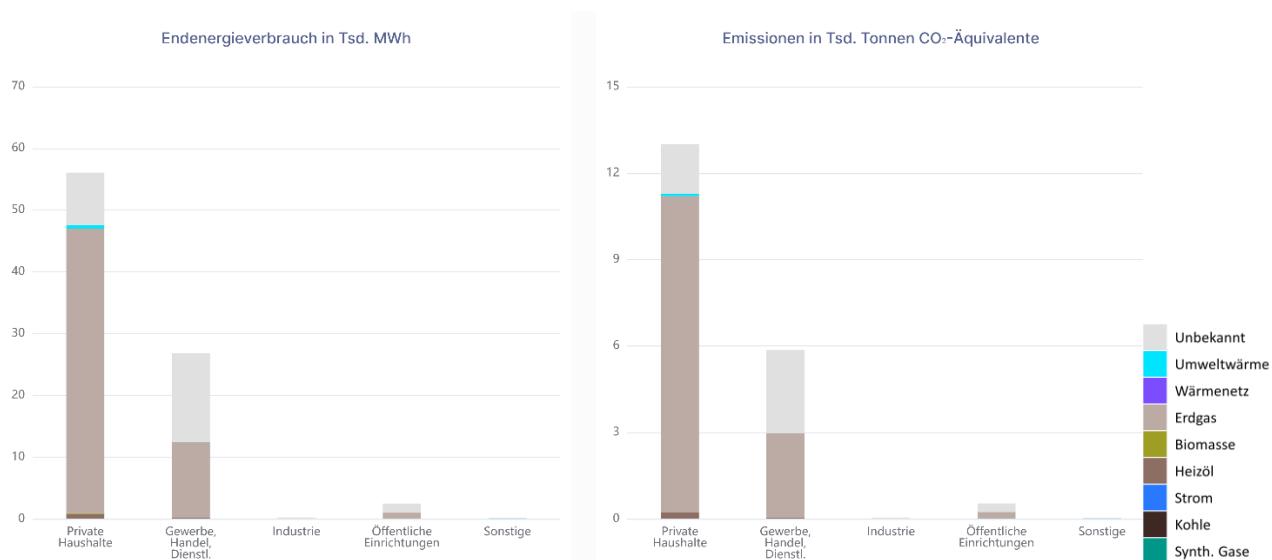


Abbildung 20: Endenergieverbrauch [Tsd. MWh] und Emissionen [Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>] je Sektor [Q:1]

Die Verteilung der versorgten Gebäude nach Energieträger und Wärmeerzeuger stellen sich wie folgt dar.

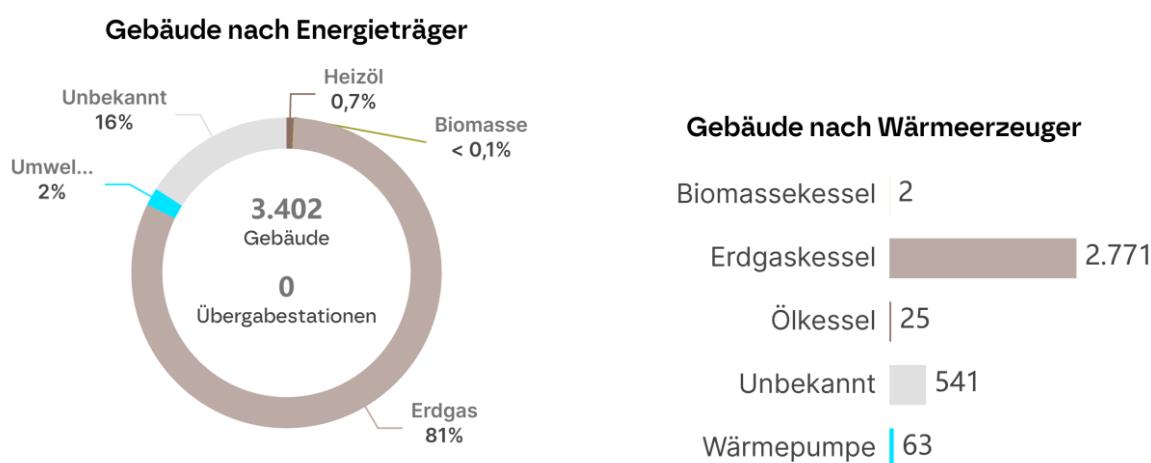


Abbildung 21: Gebäude nach Energieträger und Wärmeerzeuger [Anzahl] [Q:1]

Zusätzlich können die Anteile am Endenergieverbrauch für verschiedene Energiequellen berechnet und sowohl in absoluten als auch in relativen Zahlen dargestellt werden.

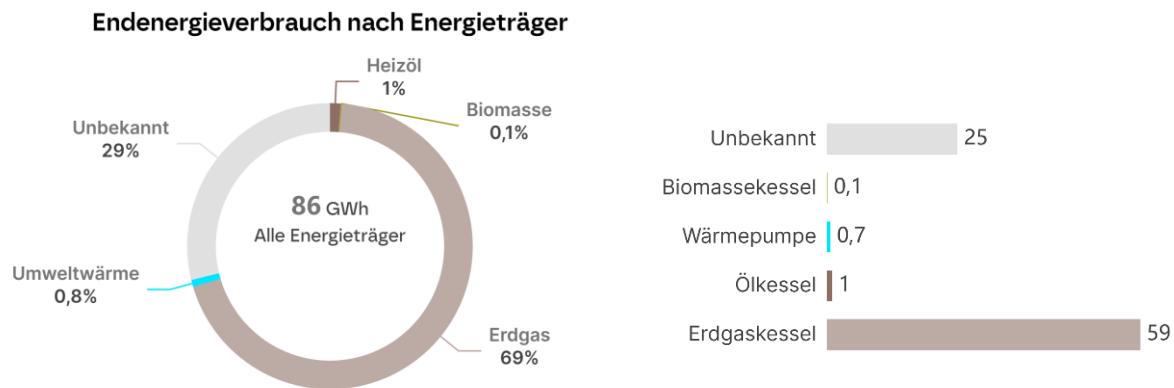


Abbildung 22 - Endenergieverbrauch nach Energieträger und Wärmeerzeuger [GWh] [Q:1]

Diese Gesamtbilanz dient als Grundlage für die Priorisierung von Handlungsfeldern und die Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduktion der Treibhausgasemissionen.

### 3.4.5 Treibhausgasemissionen durch Wärmeversorgung

Die Ermittlung der Treibhausgasemissionen ist, im Hinblick auf die Zielerreichung, ein essenzieller Teil der Wärmeplanung. Dabei wurden die aus dem Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung resultierenden Treibhausgasemissionen in Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalent ( $t\text{CO}_2\text{e}$ ) ermittelt.

Insgesamt werden durch die Bereitstellung von Wärme für Cappeln aktuell **19.520 t CO<sub>2</sub>e** produziert. Der größte Anteil davon wird mit **81 %** durch den fossilen Energieträger Erdgas emittiert.

Um eine kartografische Übersicht der Emissionen vor Ort zu erhalten, erfolgt die Visualisierung im BKG-Raster. Pro Fläche werden die absoluten Emissionen pro Jahr errechnet und mittels Farbabstufung dargestellt. Je dunkler die Grünfärbung, desto höher die Treibhausgasemissionen.

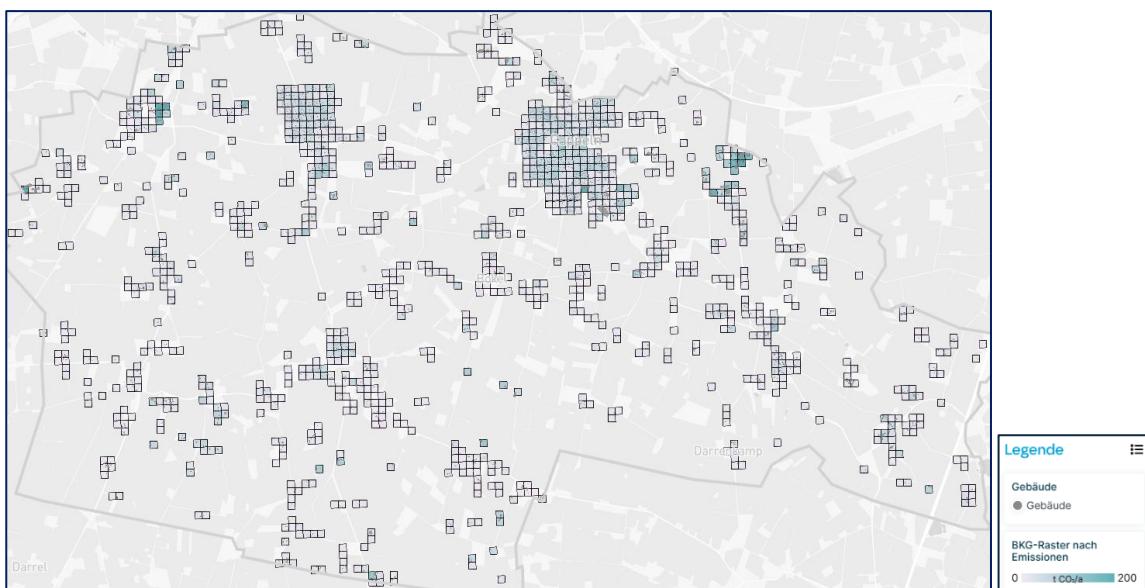


Abbildung 23: Treibhausgasemissionen pro Hektar [Q:1]

### 3.5 Eignungsprüfung FernwärmeverSORGUNG

In der Eignungsprüfung zur FernwärmeverSORGUNG werden die Baublöcke grundsätzlich auf eine theoretische Eignung zur FernwärmeverSORGUNG anhand der Wärmeliniendichte beurteilt.

Diese Kennzahl zeigt, wie effektiv die Wärmeverteilung auf einem bestimmten Rohrleitungsabschnitt ist, genauer, wie viel Wärme pro Meter pro Jahr in der Rohrleitung transportiert wird, um den gesamten Rohrleitungsabschnitt mit Wärme zu versorgen. Im Rahmen der Eignungsprüfung zur FernwärmeverSORGUNG wird keine Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzgebiets oder die wirtschaftliche Betrachtung aus Gebäudeeigentümerperspektive getroffen. Es handelt sich um eine rein technische Abschätzung.

Im Rahmen der Leitlinien zur Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung wurden Grenzwerte definiert, ab wann eine zentrale Wärmeversorgung möglicherweise in Frage kommt [Q:9]. Die Einteilung zur Wärmenetzeignung vom Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW) lautet wie folgt:

Wärmeliniendichte	Fernwärmeneignung
< 700 kWh/m*a	geringe Eignung
700 – 1.700 kWh/m*a	mittlere Eignung
> 1.700 kWh/m*a	hohe Eignung

Tabelle 6: Fernwärmeneignung in Abhängigkeit der Wärmeliniendichte [Q:9]



Abbildung 24: Wärmeliniendichte auf Straßenzugebene [Q:1]

Eine kartografische Darstellung der Wärmeliniendichten in Kilowattstunden pro Meter pro Jahr, die auf der Ebene einzelner Straßenabschnitte basieren, wird zur besseren Lesbarkeit nachfolgend auf Baublockebene dargestellt.

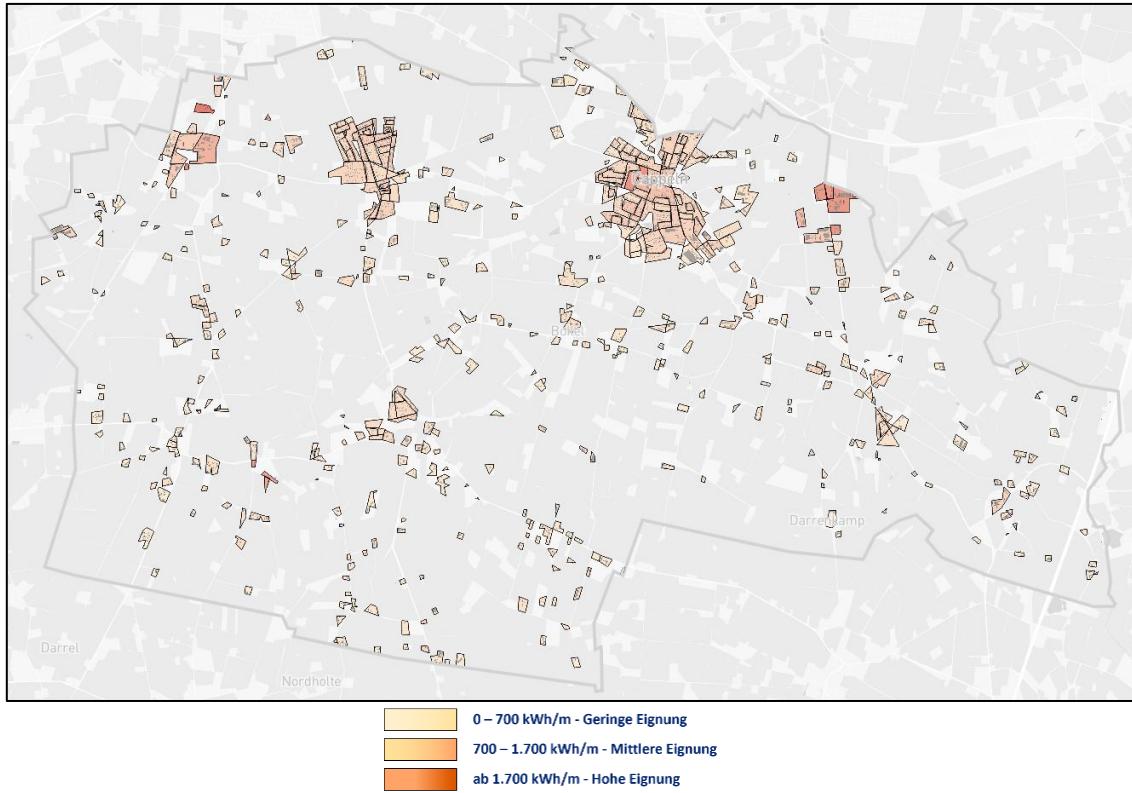


Abbildung 25: Wärmeliniedichte auf Baublockebene im Überblick [Q:1]

Im Folgenden wird die Fernwärmenetzeignung der einzelnen Betrachtungsgebiete dargestellt. Für jedes Gebiet erfolgt eine separate Darstellung in den Kategorien gering, mittel und hoch.

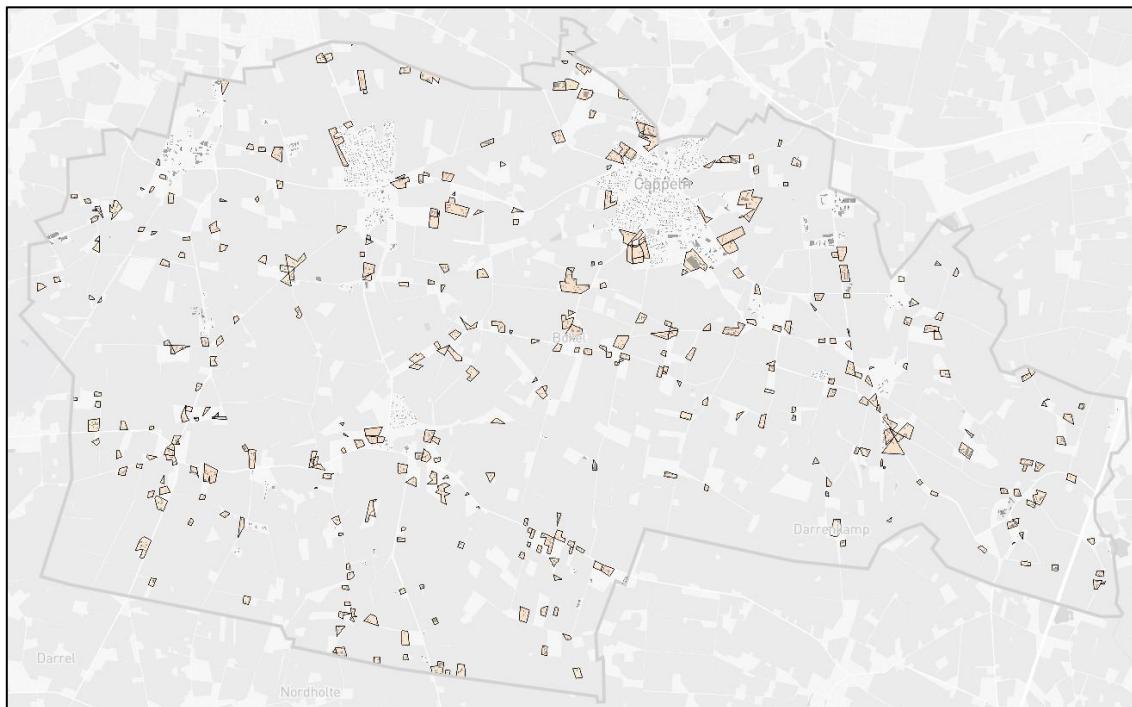


Abbildung 26: Geringe Fernwärmenetzeignung [Q:1]

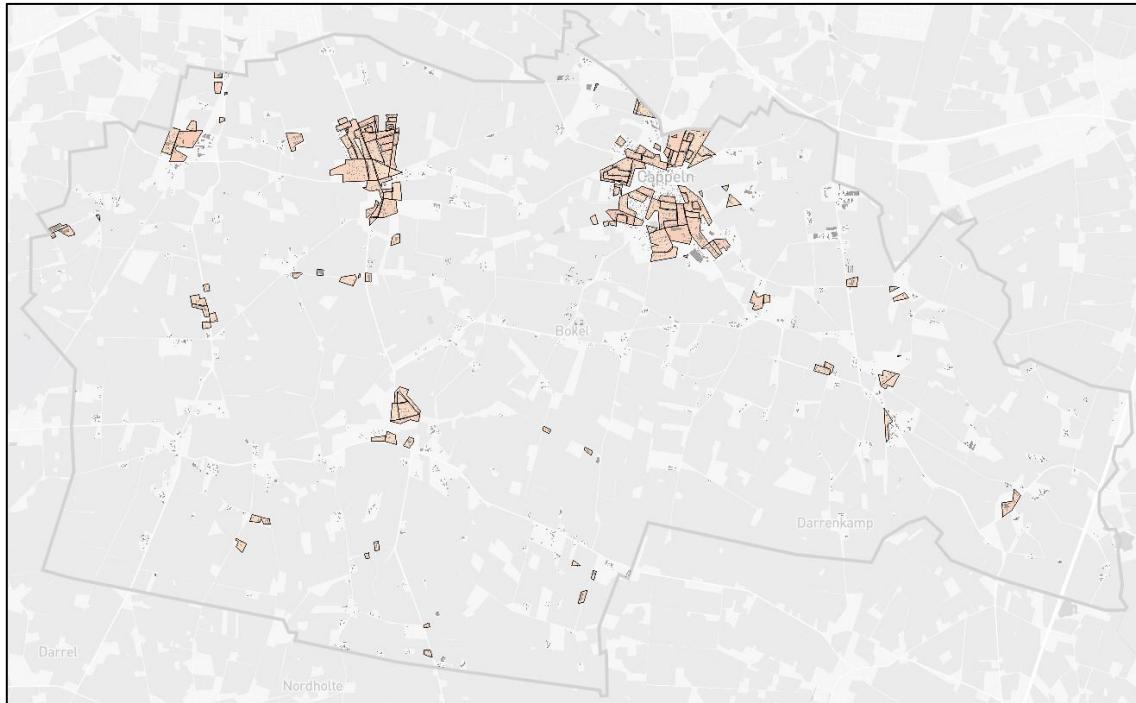


Abbildung 27: Mittlere Fernwärmenetzzeichnung [Q:1]

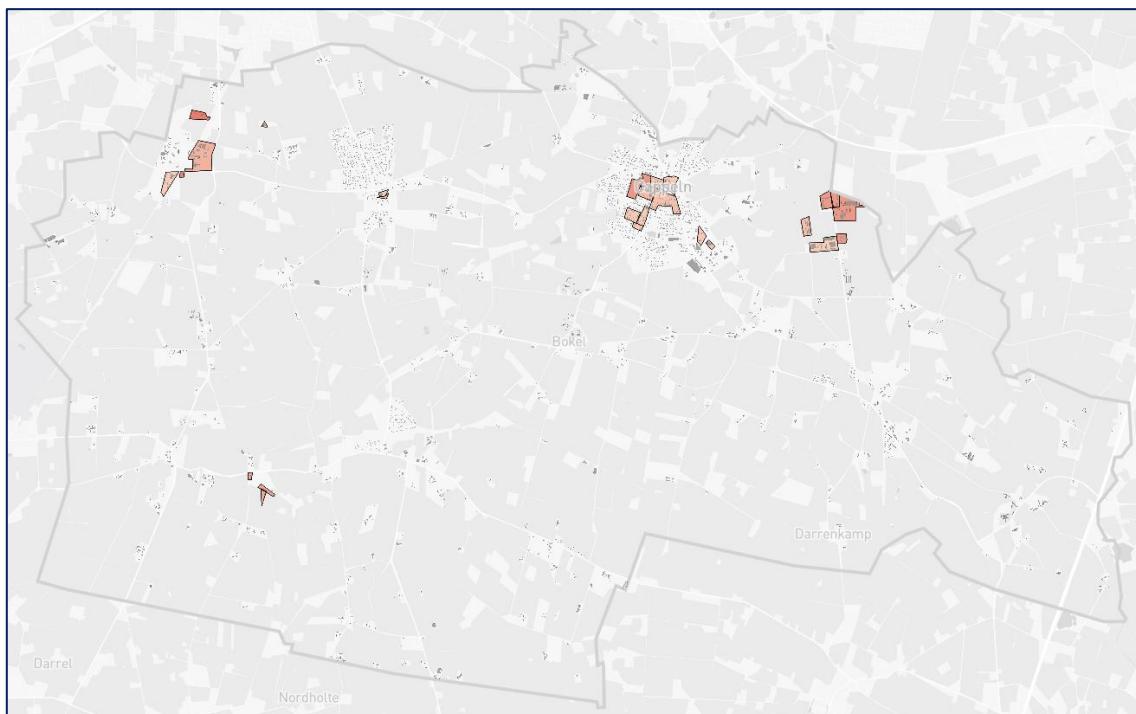


Abbildung 28: Hohe Fernwärmenetzzeichnung [Q:1]

## 4 Potenzialanalyse

Aufbauend auf der Bestandsanalyse werden in der Potenzialanalyse die lokal verfügbaren Potenziale zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung systematisch erfasst und bewertet. Ziel ist es, auf Basis der vorhandenen Strukturen und Ressourcen konkrete Handlungsmöglichkeiten für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu identifizieren. Nicht-lokale Ressourcen – etwa Biomasse- oder Wasserstoffimporte, Fernwärme aus überregionaler Erzeugung oder überregionale Stromnetze für Wärmepumpen – gelten gemäß dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) und den Förderrichtlinien der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) als ergänzende Optionen, die behutsam und nur bei fehlender lokaler Alternativen eingesetzt werden sollen.

Im Fokus der lokalen Ressourcen stehen dabei insbesondere Potenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien (z. B. Solarthermie, Umweltwärme, Biomasse, Geothermie), die Nutzung von unvermeidbarer Abwärme (z. B. aus Industrie, Gewerbe oder Abwasser) sowie die Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung im Gebäudebestand. Ergänzend werden auch Potenziale zur Verdichtung, Erweiterung oder Neuerschließung von Wärmenetzen betrachtet, falls Wärmenetze bereits vorhanden sind. Die Analyse erfolgt unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher, rechtlicher und räumlicher Rahmenbedingungen.

Die Potenzialanalyse stellt eine wichtige Grundlage für die anschließende Entwicklung von Zielszenarien und Transformationspfaden dar. Sie ermöglicht eine Priorisierung von Maßnahmen und unterstützt Kommunen dabei, strategisch fundierte Entscheidungen über zukünftige Versorgungsoptionen zu treffen.

### 4.1 Wärmeenergieeinsparung

Die Wärmeenergieeinsparung durch energetische Gebäudesanierungen stellt einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmewende dar. Da rund zwei Drittel des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor auf Raumwärme und Warmwasser entfallen, besteht hier ein besonders großes Minderungspotenzial für den Energieverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Insbesondere im Gebäudebestand – häufig geprägt durch unzureichende Dämmstandards oder veraltete Anlagentechnik – lassen sich durch gezielte Sanierungsmaßnahmen erhebliche Effizienzgewinne erzielen. Jede Kilowattstunde, die nicht verbraucht wird, muss folglich auch nicht bereitgestellt werden.

Die energetische Sanierung senkt nicht nur den Energiebedarf einzelner Gebäude, sondern beeinflusst auch maßgeblich die Wirtschaftlichkeit und Auslegung zukünftiger Wärmeversorgungssysteme – etwa durch die Reduzierung der notwendigen Netzkapazitäten oder die Ermöglichung niedrig temperierter Wärmenetze. Damit trägt die Gebäudesanierung entscheidend dazu bei, den Umbau der Wärmeversorgung in Richtung Klimaneutralität technisch, wirtschaftlich und sozial-verträglich zu gestalten.

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung werden sowohl das theoretische als auch das realistische Einsparpotenzial auf Grundlage typisierter Gebäudegruppen ermittelt. Diese Bewertung bildet eine wesentliche Grundlage für die spätere Maßnahmenplanung, die Ausrichtung von Förderstrategien sowie für Priorisierungsentscheidungen.

Das Energieeinsparpotenzial durch die Reduktion des Wärmebedarfs in Gebäuden für Raumwärme und Warmwasser wird als Sanierungspotenzial bezeichnet. Es ergibt sich aus der jährlichen Sanierungsrate sowie der jeweiligen Sanierungstiefe der Gebäudeklassen. Gebäude mit einem hohen Wärmeverbrauch pro Nutzfläche werden dabei vorrangig für Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt.

Der bundesweite Durchschnitt der Sanierungen betrug im Jahr 2024 circa 0,7 %. Um die Klimaziele 2030 zu erreichen, müsste die Quote mindestens 2 % jährlich betragen [Q:10].

Unter der Sanierungstiefe wird der angestrebte spezifische Wärmebedarf eines sanierten Gebäudes verstanden. Dieser Zielwert variiert abhängig von Gebäudetyp und Baualtersklasse. Die für die Bewertung herangezogenen Zielsanierungstiefen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Für das Klimaschutzszenario wurde eine jährliche Sanierungsquote von 0,7 % zugrunde gelegt. Dies entspricht bis zum Jahr 2040 einer energetischen Sanierung von rund 372 Gebäuden im Ort Cappeln.

Baualtersklasse	Einfamilienhaus [kWh/m²]	Mehrfamilienhaus [kWh/m²]	Öffentlich [kWh/m²]	Industrie [kWh/m²]	Sonstige [kWh/m²]
Unbekannt	59	57	87	35	60
Vor 1949	65	61	112	47	71
1949 – 1968	65	64	112	47	72
1969 – 2001	56	54	74	30	54
Nach 2001	50	48	48	18	41

Tabelle 7: Zielsanierungstiefe für Bestandssanierungen [Q:9]

Der gesamte Wärmeverbrauch in Cappeln beträgt laut Bestandsanalyse **85,8 GWh pro Jahr**. Bei einer jährlichen Sanierungsrate von 0,7 % könnte der Wärmebedarf um **15,2 GWh/a beziehungsweise 17,7 %** reduziert werden. Der verbleibende Wärmeenergieverbrauch läge damit im Jahr 2040 bei rund **70,6 GWh/a**.

Wärmeenergiebedarf Bestandsszenario 2024	85,8 GWh/a
Wärmeenergieeinsparung durch Bestandssanierung	- 15,2 GWh/a <b>-17,7 %</b>
<b>Wärmeenergiebedarf Klimaschutzzszenario 2040</b>	<b>70,6 GWh/a</b>

Abbildung 29: Reduktion des Wärmeenergiebedarfs durch Bestandssanierung [Q:1]

Nachfolgende Tabelle zeigt die Verbesserung einiger Kennzahlen bis zum Zieljahr durch Gebäudesanierungen.

	2024	2040
Wärmebedarf pro Nutzfläche	69 kWh/m²	60 kWh/m²
Wärmebedarf pro Wohnfläche	229 kWh/m²	200 kWh/m²
Wärmebedarf pro Einwohner <i>Incl. Gewerbe-/Industrieverbrauch</i>	12,4 MWh/EW	10,8 MWh/EW
Wärmeverbrauchsichte	14 MWh/ha	12 MWh/ha
Wärmeliniendichte	572 kWh/m	498 kWh/m

Tabelle 8: Veränderung energetischer Kennzahlen durch Bestandssanierung mit einer Sanierungsquote von 0,7 %/a [Q:1]

Würden alle Gebäude auf die entsprechende Zielsanierungstiefe energetisch saniert werden, könnten **33,1 GWh/a** Wärmeenergie insgesamt eingespart werden. Die größten Einsparpotenziale sind in nachfolgender baublockbezogener Darstellung kartografisch abgebildet.

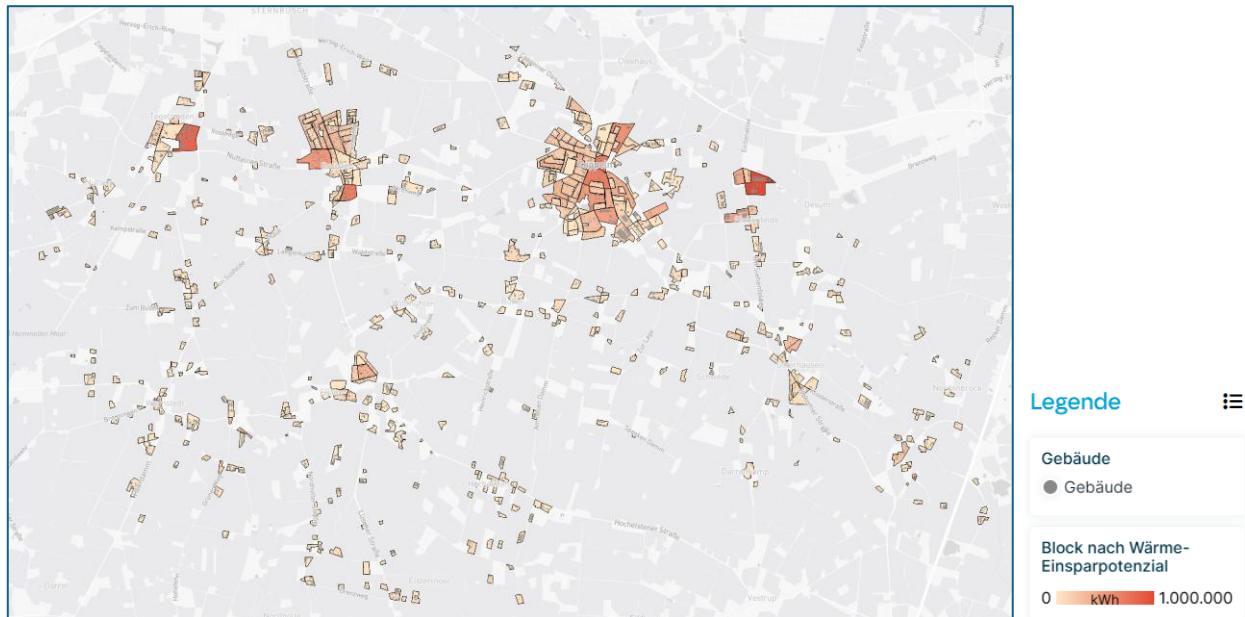


Abbildung 30: Gesamtsanierungspotenzial [Q:1]

Zwischen den Einsparungen im Klimaschutzszenario und dem theoretisch verfügbaren Gesamtsanierungspotenzial aller Gebäude besteht ein erhebliches Potenzial. Dieses Potenzial kann jedoch nur als theoretisch bewertet werden.

Energieeinsparung durch die Sanierung der energieintensivsten Gebäude im Klimaschutzszenario (0,7 %)	15,2 GWh/a
Theoretisches Energieeinsparpotenzial gesamt	33,1 GWh/a
Potenzialausnutzung	46 %

Tabelle 9: Energieeinsparpotenzial Sanierungen [Q:1]

Die Auswirkungen energetischer Sanierungen sind als besonders relevant einzuschätzen. Bereits durch die Sanierung der 500 energieintensivsten Gebäude – das entspricht 11,2 % aller Gebäude – bei einer jährlichen Sanierungsquote von 0,7 % können rund 46 % des gesamten Energieeinsparpotenzials realisiert werden. Diese Betrachtung unterstreicht die zentrale Bedeutung der energetischen Sanierung.

## 4.2 Potenzial zur Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Die Analyse des Potenzials zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist ein wertvoller Teil der Wärmeplanung für die Kommune, insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Elektrifizierung im Bereich der Wärmeversorgung. Technologien wie Wärmepumpen, Power-to-Heat-Anwendungen oder elektrisch betriebene Wärmenetze führen zu einem steigenden Bedarf an klimaneutral erzeugtem Strom. Die Nutzung lokal verfügbarer erneuerbarer Stromquellen – insbesondere Photovoltaik und Windkraft – kann daher wesentlich zur Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung beitragen.

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden unter anderem geeignete Dach- und Freiflächen für Photovoltaikanlagen und Windstandorte betrachtet. Auch rechtliche, technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen fließen in die Bewertung ein, um eine möglichst realistische Einschätzung zu erhalten. Ziel ist es, die lokale Eigenstromerzeugung zu maximieren, Versorgungssicherheit zu stärken, gleichzeitig die Netzinfrastruktur effizient zu nutzen und die überregionale Belastung zu minimieren.

Die Ergebnisse dienen als Grundlage für kommunale Strategien zur sektorenübergreifenden Kopplung von Strom und Wärme sowie zur Förderung lokaler Wertschöpfung. Darüber hinaus unterstützen sie die Identifikation von Synergien zwischen der Wärmewende und der Stromwende.

### 4.2.1 Photovoltaikanlagen auf Freiflächen

Zur Ermittlung des Potenzials für Freiflächen-Photovoltaikanlagen wurde eine Weißflächenkartierung des gesamten Gemeindegebiets durchgeführt. Eine Weißflächenkartierung dient dazu, innerhalb eines definierten Gebiets geeignete Standorte für bestimmte Vorhaben, wie etwa die Errichtung von Solar- oder Windenergieanlagen, zu identifizieren. Ungeeignete Flächen, zum Beispiel naturschutzrechtlich geschützte Gebiete oder Abstandsf lächen, werden dabei ausgeschlossen. Die Ergebnisse werden anschließend visuell aufbereitet dargestellt.

Für Cappeln konnten in der Weißflächenkartierung auf Basis eines gemeindeeigenen Standortkonzepts zur Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen insgesamt **99 ha** Potenzialflächen ermittelt werden.

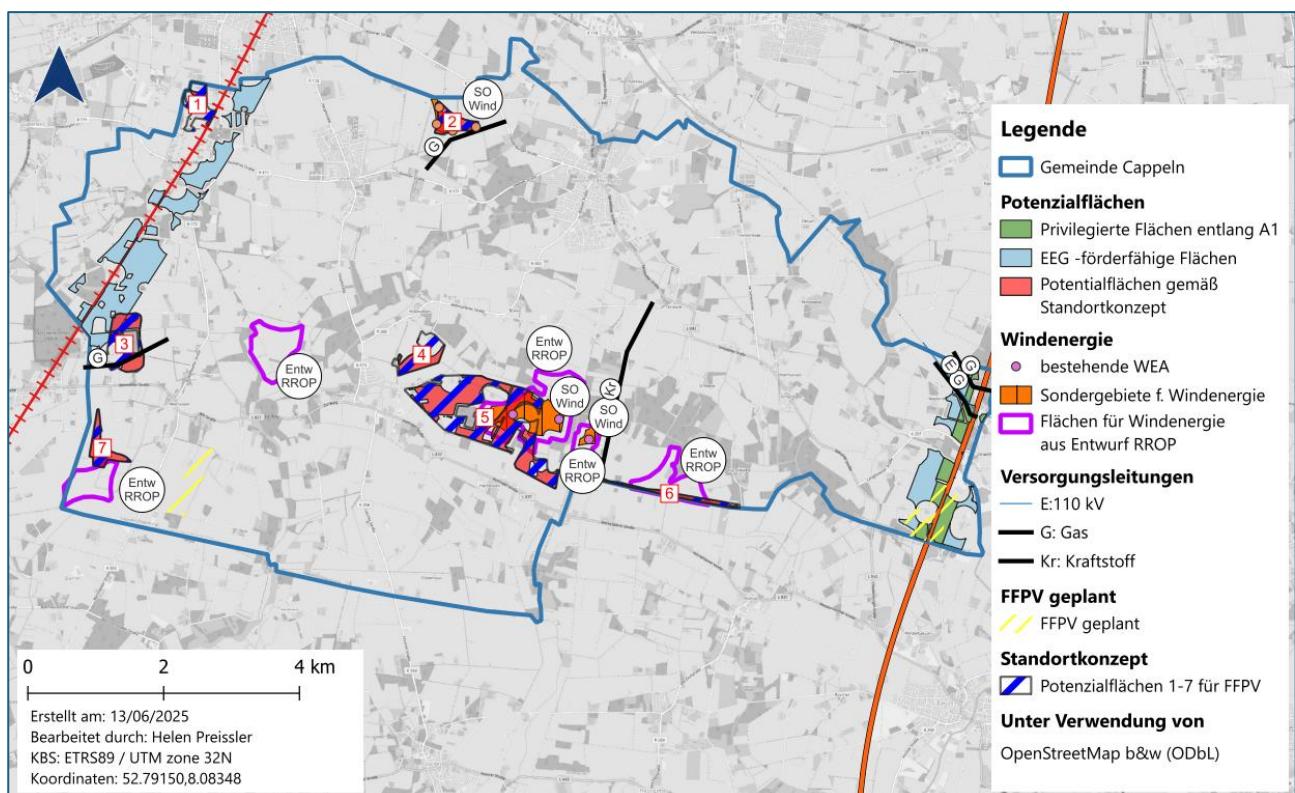


Abbildung 31: FFPV-Potenzial unter Berücksichtigung aller Schutzgebiete und Abstandsbereiche [Q:3]

Die in der Grafik dargestellten, möglichen Flächen für FFPV sind in nachfolgender Tabelle mit der genauen zur Verfügung stehenden Größe übersichtlich aufgeführt.

Nr. 1	7 ha
Nr. 2	-
Nr. 3	13 ha
Nr. 4	12 ha
Nr. 5	45 ha
Nr. 6	-
Nr. 7	13 ha
Privilegiert A1	9 ha
<b>Gesamt:</b>	<b>99 ha</b>

Tabelle 10: Potenzialflächen auf Basis des Standortkonzeptes [Q:3]

Im Rahmen der Weißflächenkartierung bzw. Potenzialflächenermittlung wurden Potenzialflächen zur theoretischen Doppelnutzung zwischen Wind und Photovoltaikanlagen den Windvorranggebieten zugeordnet, da hier die Flächennutzung zur Errichtung von Windenergieanlagen bevorzugt behandelt wird.

Im Folgenden werden die privilegierten Flächen sowie die nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) zur Förderung teilnahmeberechtigten Bereiche entlang der A1 im Detail dargestellt. Im Bereich von 200 m entlang der Autobahn, wird die Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen baulich privilegiert behandelt. Innerhalb eines 500 m Korridors entlang der Autobahn, sind Photovoltaikanlagen nach erfolgreichem Ausschreibungsverfahren gemäß dem EEG förderfähig.



Abbildung 32: Privilegierte FFPV-Flächen entlang der A1 [Q:3]



Abbildung 33: EEG-förderfähige Flächen für FFPV [Q:3]

#### 4.2.2 Photovoltaikanlagen auf Dachflächen

Photovoltaikanlagen auf Dachflächen können neben ihrem primären Ziel – der dezentralen, regenerativen Stromerzeugung – auch sekundär zur Unterstützung der Wärmewende beitragen, indem sie den Strombedarf dezentraler Wärmeversorgungen von Wärmepumpen decken. Zudem kann durch die teilweise Eigenstromdeckung mit dezentralen Erzeugungsanlagen eine Entlastung von Übertragungs- und Verteilnetzkapazitäten erreicht werden.

In der Simulation wurden alle Dachflächen bewertet. Auf Basis der Dachausrichtung und den standortbezogenen Kennzahlen wie Globalstrahlung bzw. Vollaststunden, kann das Potenzial zur Anlagenleistung bzw. Stromerzeugung aus Dachflächen-Photovoltaikanlagen berechnet werden.



Abbildung 34: Ausschnitt aus der Potenzialanalyse zum Dachflächen-PV-Potenzial [Q:1] [Q:2]

Hochgerechnet auf alle Dachflächen im Gemeindegebiet Cappeln wäre eine maximale installierte Anlagenleistung von rund 127 MW<sub>p</sub> möglich. Aufgrund bereits bestehender Anlagen reduziert sich das noch verfügbare Leistungspotenzial auf etwa **113 MW<sub>p</sub>**. Damit könnte jährlich eine Strommenge von circa **93 GWh** erzeugt werden, die anschließend zur Wärmebereitstellung genutzt werden könnte.

<b>Globalstrahlung</b>	1.016 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Nutzbare Dachfläche</b>	845.374 m <sup>2</sup>
<b>Vollaststunden</b>	824 h/a
<b>Anlagenleistung Gesamtfläche</b>	126,6 MW <sub>p</sub>
<b>Anlagenleistung Bestandsanlagen</b>	13,9 MW <sub>p</sub>
<b>Anlagenleistung freies Potenzial hochgerechnet</b>	<b>112,7 MW<sub>p</sub></b>

<b>Stromerzeugung Gesamtfläche hochgerechnet</b>	104,3 GWh/a
<b>Stromerzeugung Bestandsanlagen</b>	11,5 GWh/a
<b>Stromerzeugung freies Potenzial hochgerechnet</b>	<b>92,8 GWh/a</b>

Tabelle 11: Potenzialermittlung durch Photovoltaikanlagen auf Dachflächen [Q:1]

Mit dem NKlimaG wurde auch die Solarpflicht in der Bauordnung verankert und ausgeweitet. Somit müssen bei Neu-, Umbau- und Sanierungsmaßnahmen auf geeigneten Dachflächen und über Parkplätzen Solarenergieanlagen zur Stromerzeugung installiert werden. [Q:56]

Auf Dächern mit einer Dachfläche von mehr als 50 m<sup>2</sup> müssen mindestens 50 % der Dachfläche mit PV belegt sein. Diese Pflicht gilt für Neubauten sowie bei Aufstockung, Anbau oder Erneuerung der Dachhaut bis zur wasserführenden Schicht. Für Gewerbegebäude besteht die Pflicht bereits seit Beginn des Jahres 2023, für Wohngebäude ab 2025 und für alle weiteren Gebäude ab 2024. Entscheidend ist der Zeitpunkt des Bauantrags. [Q:56]

Auf neuen Parkplätzen ab 25 Plätzen muss die Parkplatzfläche mit PV überdacht werden. Die Pflicht gilt auch bei einer Erneuerung von mindestens 50% der Parkplatzfläche. Ausgenommen sind Parkplätze, die sich unmittelbar entlang öffentlicher Straßen befinden. [Q:56]

#### 4.2.3 Windenergieanlagen

Um die Klimaneutralität bis 2040 in Niedersachsen zu erreichen, ist ein systematischer Ausbau der Windenergie in allen Bezirken erforderlich. Der Bund hat für das Land einen Ausbau des Flächenbeitragswerts auf 1,7 % bis Ende des Jahres 2027 und auf 2,2 % bis 2032 beschlossen. Der Flächenbeitragswert ist der prozentuale Anteil der Landesfläche, der für die Windenergie an Land in sog. Windvorranggebieten auszuweisen ist. [Q:53]

In Cappeln konnten in der Bestandsanalyse sieben Windenergieanlagen mit 13,9 MW<sub>pel</sub> identifiziert werden.

Windvorranggebiete sind spezielle Flächen, die in der Raumordnung und Planung als besonders geeignet für die Errichtung von Windkraftanlagen festgelegt werden. Die Gebiete zeichnen sich durch günstige Windverhältnisse und eine minimale Belastung durch Nutzungskonflikte aus. Sie werden gezielt ausgewählt, um die Windenergiegewinnung zu fördern und die Flächenverfügbarkeit für Windkraftprojekte zu maximieren. In Windvorranggebieten sind in der Regel keine anderen umweltschädlichen Nutzungen vorgesehen, sodass die Windenergieproduktion effizient und im Einklang mit den Umweltvorgaben erfolgen kann. Die Festlegung dieser Gebiete erfolgt häufig auf kommunaler oder regionaler Ebene und wird in Planungskonzepten wie Raumordnungsplänen und Regionalplänen verankert. Dabei wird auch auf Aspekte wie

den Schutz von Natur- und Landschaftsschutzgebieten, den Abstand zu Wohngebieten und die Auswirkungen auf die lokale Tierwelt geachtet. Ziel ist es, die Windenergie als Teil einer nachhaltigen und umweltfreundlichen Energieversorgung auszubauen, ohne die Lebensqualität und die Umwelt übermäßig zu belasten. [Q:14] [Q:20] [Q:54]

Auszug aus der Restriktionstabelle Windpotenzialgebiete	
Berücksichtigte Abstände	
Wohngebiete	800 m
Wohngebiete im Außenbereich	575 m
Industrie- / Gewerbegebiete	200 m
Naturschutzgebiete / FFH-Gebiete	200 m

Tabelle 12: Voraussichtliche Abstandsflächen aus der Restriktionstabelle Windpotenzialgebiete [Q:57]

Für das Gemeindegebiet Cappeln sind gemäß dem 1. Entwurf des Regionalen Raumordnungsprogramms (RROP) **ca. 287 ha** neue Windvorranggebiete vorgesehen. Bei den roten Punkten in nachfolgender Grafik handelt es sich um Anlagen, die bereits in Betrieb oder aktuell in Planung sind. Nach den neuen 1. Entwurf des RROP kommen einige Flächen (blaue Einfärbung) zu den bestehenden Vorranggebieten im südlichen Gemeindegebiet hinzu. [Q:57]

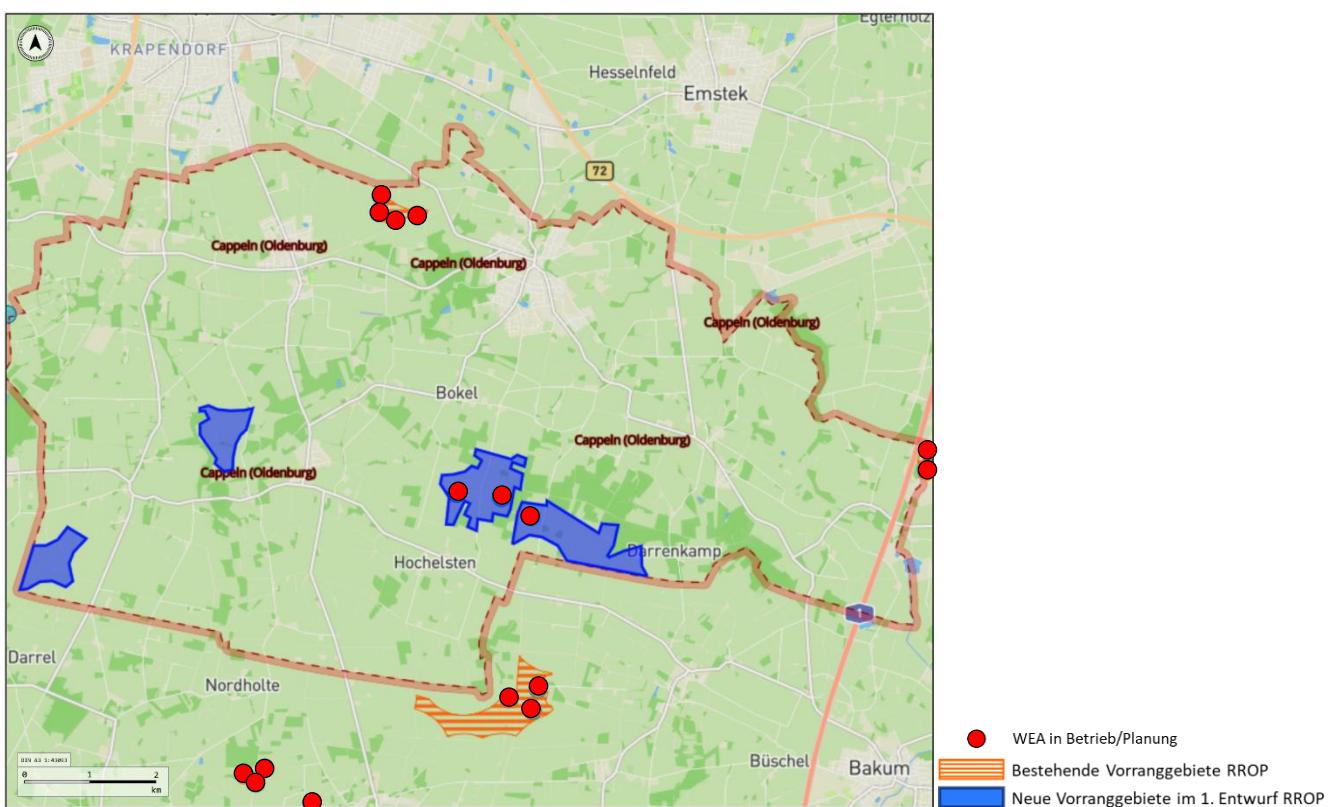


Abbildung 35: Kartographische Darstellung der geplanten Windvorranggebiete in der Umgebung von Cappeln [Q:57]

## 4.3 Potenzial zur Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Die Erschließung lokal verfügbarer erneuerbarer Wärmequellen spielt eine entscheidende Rolle bei der Dekarbonisierung der kommunalen Wärmeversorgung. Im Rahmen der KWP erfolgt daher eine systematische Potenzialanalyse zur Nutzung erneuerbarer Energien speziell für die Wärmeerzeugung.

### 4.3.1 Tiefe Geothermie

Die tiefe Geothermie stellt eine vielversprechende Option für die klimaneutrale, grundlastfähige und langfristig preisstabile Wärmeerzeugung im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung dar. Besonders in Regionen mit günstigen geologischen Voraussetzungen bietet sie die Möglichkeit, große Wärmemengen unabhängig von Wetterbedingungen und saisonalen Schwankungen bereitzustellen. Aufgrund ihrer hohen Effizienz, Versorgungssicherheit und CO<sub>2</sub>-Freiheit im Betrieb, spielt sie eine zentrale Rolle in der Wärmewende.

Tiefe Geothermie nutzt die Wärme des Erdinneren in Tiefen von mehreren hundert bis mehreren tausend Metern. In hydrothermalen Systemen wird dabei heißes Tiefenwasser über Förderbohrungen erschlossen, über Wärmetauscher in Wärmenetze eingespeist und anschließend über Injektionsbohrungen wieder zurückgeführt. Die Technologie eignet sich insbesondere für mittlere bis große Wärmenetze mit konstantem Wärmebedarf, zum Beispiel in urbanen Quartieren oder für kommunale Liegenschaften.

Bei der tiefen Geothermie lassen sich grundsätzlich zwei Arten von Potenzialen unterscheiden.

Art	Hydrothermale Geothermie	Petrothermale Geothermie
Definition	Vorhandenes, heißes Wasserreservoir (Thermalwasser)	Heißes, trockenes Festgestein ohne ausreichende Wasserzirkulation
Temperatur	60 – 180 °C	> 150 °C
Durchlässigkeit des Gesteins	Natürlich gegeben	Muss künstlich erzeugt werden
Technologischer Aufwand	Geringer	Höher

Tabelle 13: Technologieübersicht Tiefe Geothermie [Q:19]

Um eine Einschätzung über das örtlich vorhandene Potenzial für Tiefengeothermie zu erhalten, stellt folgende grafische, deutschlandweite Übersicht die vorhandenen Temperaturniveaus für hydrothermale und petrothermale Geothermie dar.

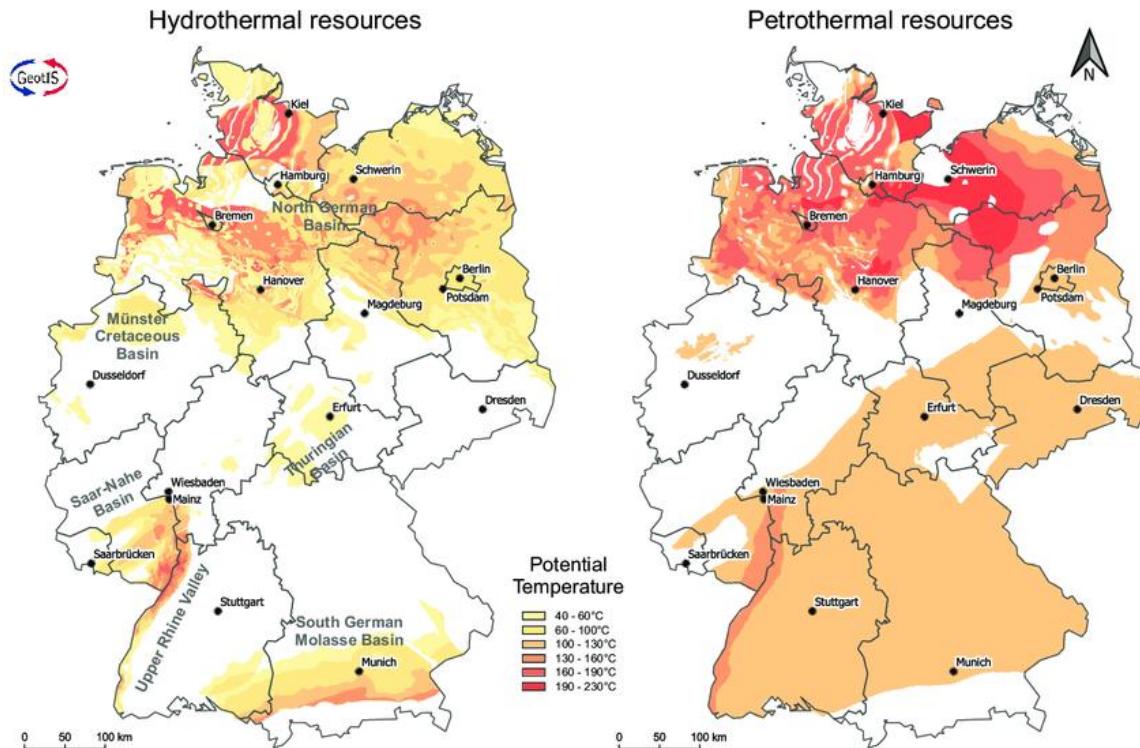


Abbildung 36: Hydrothermale und petrothermale Ressourcen [Q:13]

Für die Region Cappeln könnte ein petrothermisches Potenzial vorhanden sein. Eine Einschätzung dazu lässt sich nur durch Detailuntersuchungen der Gesteinsschichten treffen. Auf Basis der folgenden Abbildung kann hier aber eine mögliche Eignung vermutet werden.

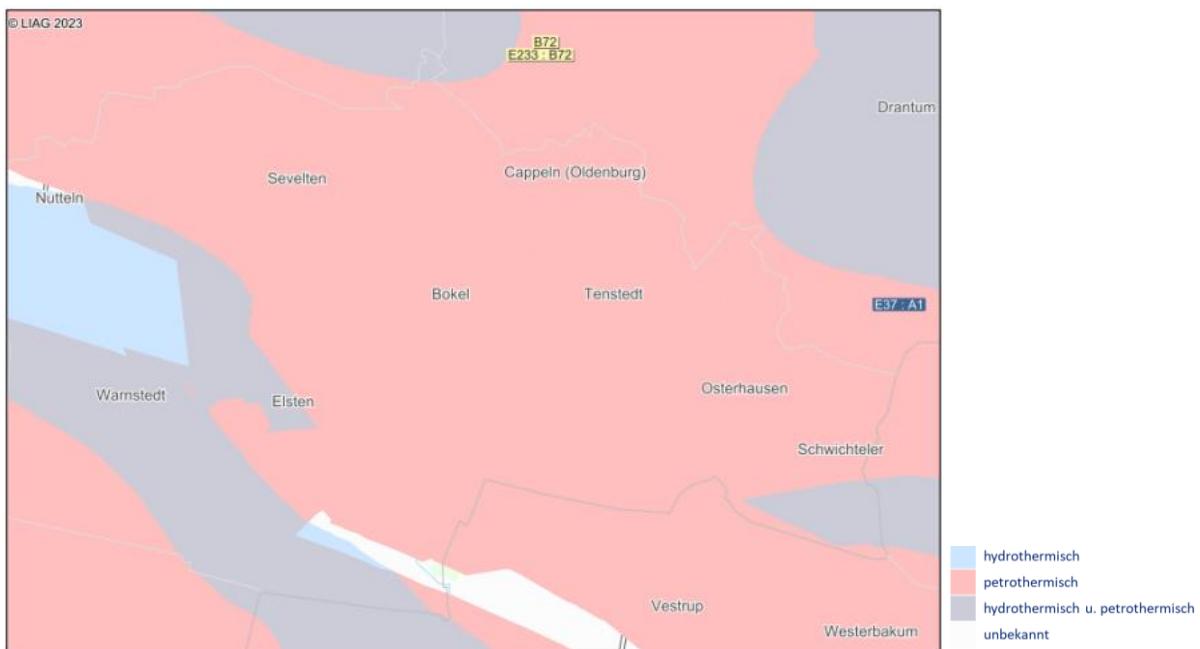


Abbildung 37: Geothermisches Potenzialgebiet zur Wärmegewinnung [Q:13]

Eine abschließende oder bestätigte Bewertung kann selbstverständlich erst nach Durchführung eines Gutachtens oder entsprechender geologischer Untersuchungen erfolgen.

### 4.3.2 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie ist ein wesentlicher Baustein für die klimaneutrale Wärmeversorgung. Sie nutzt die im Boden gespeicherte Wärme bis in etwa 400 m Tiefe, um über Wärmepumpensysteme Gebäude und Quartiere effizient zu heizen oder zu kühlen. Die Technologie eignet sich hervorragend für Neubauten mit Niedertemperatursystemen (z. B. Fußbodenheizungen), wird aber zunehmend auch im Bestand und in hybriden Wärmelösungen (z. B. in Kombination mit Solarthermie oder Nahwärmennetzen) eingesetzt. Ihre langfristige Wirtschaftlichkeit ergibt sich aus niedrigen Betriebskosten und geringen Wartungsanforderungen.

Trotz ihrer Vorteile gibt es auch Herausforderungen. Die Initialkosten sind höher als bei luftbasierten Systemen, Bohrungen sind genehmigungspflichtig und abhängig von der geologischen Eignung des Untergrunds. Dennoch fördern Bund und Länder über Programme wie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gezielt die Erschließung dieser Technologie.

In folgender Tabelle wird ein Überblick über die bekanntesten Formen der oberflächennahen Geothermie gegeben.

Technologie	Erdwärmesonden (EWS)	Erdwärmekollektoren (EWK)	Grundwasserwärmepumpen (GWWP)
<b>Funktionsweise:</b>	Geschlossene Rohrsysteme werden vertikal (typischerweise 50 – 150 m tief) in den Boden eingebbracht. Eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert darin und nimmt die Erdwärme auf	In 1,2- 1,5 m Tiefe werden Rohrschläifen horizontal verlegt, durch die ein Wärmeträgermedium fließt.	Über zwei Brunnen wird Grundwasser entnommen, energetisch genutzt und wieder eingeleitet.
<b>Einsatz:</b>	Ein- und Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, kleinere Quartiere	Vor allem Neubauten mit Gartenfläche	Gebäude mit hohem Wärmebedarf und stabilem Grundwasservorkommen
<b>Vorteile:</b>	Platzsparend, ganzjährig nutzbar, auch für Kühlung geeignet	Geringe Baukosten, wartungsarm	Hohe Effizienz (COP > 5), konstante Temperaturen
<b>Nachteile:</b>	Hohe Bohrkosten	Großer Flächenbedarf (oft das 1,5 – 2-fache der zu beheizenden Fläche)	Genehmigungspflichtig, nicht überall möglich

Tabelle 14: Technologieübersicht oberflächennahe Geothermie [Q:3]

Über das Niedersächsische Bodeninformationssystem stehen Informationen zu Nutzungsbedingungen der oberflächennahen Geothermie in Cappeln zur Verfügung. Folgende Abbildung zeigt eine eingeschränkte Nutzung für Erdwärmesonden in sehr wenigen Gebieten. Der Großteil der Gemeindefläche ist für die Installation dieser Wärmequelle geeignet.

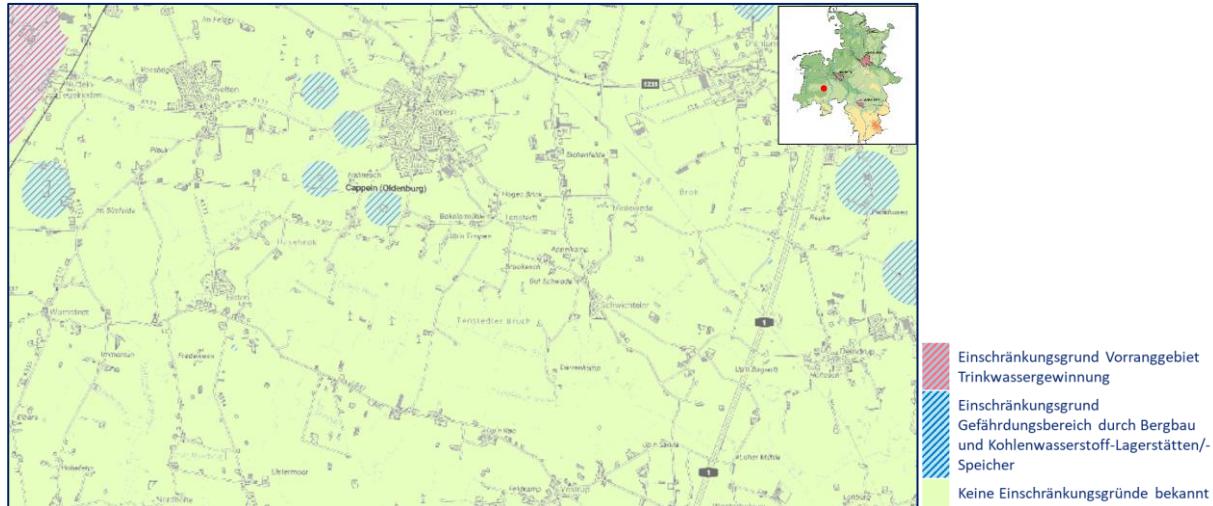


Abbildung 38: Erdwärmesonden Nutzungsbestimmungen [Q:12]

Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist in weiten Teilen des Gemeindegebiets aufgrund geringer Grundwasserflurabstände eingeschränkt. Vorranggebiete zur Trinkwassergewinnung bestehen nicht.

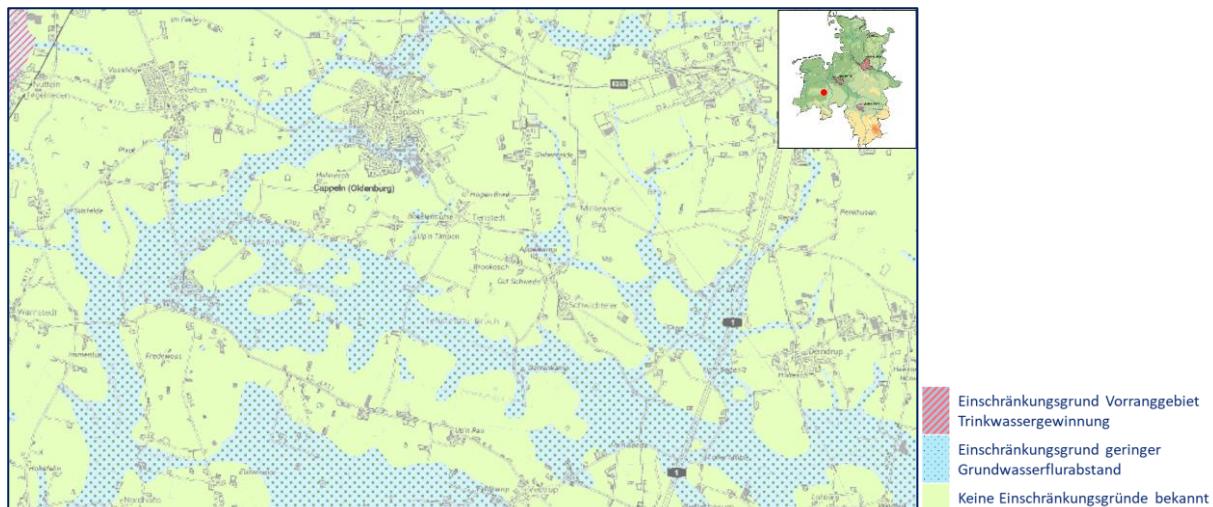


Abbildung 39: Erdwärmekollektoren Nutzungsbestimmungen [Q:12]

Zusätzlich zu möglichen Einschränkungen kann die Standorteignung für Erdwärmekollektoren betrachtet werden. Dabei zeigte sich, dass nahezu das gesamte Gemeindegebiet grundsätzlich geeignet ist. In der nachfolgenden Grafik sind nur wenige Flächen ausgewiesen, die eine geringe Entzugsleistung von unter 20 W/m<sup>2</sup> aufweisen und somit für den Einsatz von Erdwärmekollektoren nicht ausreichend sind.

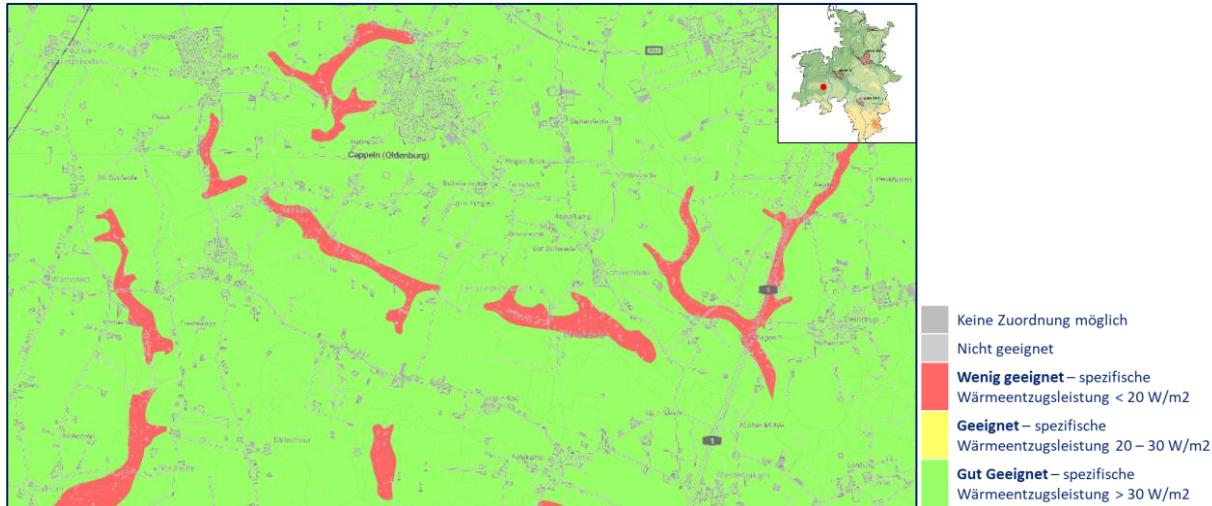


Abbildung 40: Erdwärmekollektoren Standorteignung [Q:12]

Zur Beurteilung der individuell nutzbaren Potenzialflächen ist die Berücksichtigung von Abstandsfächern zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen essenziell. Individuelle Einzelmaßnahmen müssen von den Grundstückseigentümern eigenverantwortlich übernommen werden.

Über die Eignung von Grundwasserwärmepumpen im betrachteten Gemeindegebiet ist nichts bekannt.

#### 4.3.3 Solarthermie auf Dachflächen

Solarthermie auf Dachflächen stellt eine technisch ausgereifte, umweltfreundliche und zunehmend attraktive Lösung zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dar. Sie nutzt die solare Strahlung direkt zur Erzeugung von Wärme – ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen und mit nur geringen Betriebskosten. Besonders Gebäude mit günstiger solarer Ausrichtung (z.B. Südausrichtung und geringer Verschattung) können durch Solarthermie einen bedeutenden Anteil ihres jährlichen Wärmebedarfs decken, insbesondere bei der Warmwasservorbereitung und Heizungsunterstützung.

In der privaten Gebäudewärmeversorgung kann Solarthermie in Kombination mit einem Wärmespeicher und einem bivalenten Heizsystem die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen deutlich verringern. Gerade in Zeiten hoher Energiepreise und politischer Unsicherheit hinsichtlich der Gasversorgung gewinnt diese Unabhängigkeit zunehmend an Bedeutung für Immobilieneigentümer.

Solarthermie sollte dabei nicht isoliert betrachtet werden, sondern als Bestandteil eines integrierten Gesamtsystems. Sie ist ein wichtiger Baustein in hybriden Versorgungskonzepten, in denen auch Wärmepumpen, Biomasse, Abwärme und Power-to-Heat-Technologien eine Rolle spielen. Die intelligente Systemsteuerung, geeignete Speicherlösungen sowie zielgerichtete Fördermechanismen bestimmen maßgeblich die Wirtschaftlichkeit und die Klimawirkung solcher Gesamtsysteme.

Das Solarthermiepotenzial auf Dachflächen wurde analog zur Potenzialermittlung der Photovoltaikanlagen auf Dachflächen bestimmt. Solarthermische Kollektoren lassen sich grundsätzlich in nicht-konzentrierende und konzentrierende Technologien unterscheiden. Während nicht-konzentrierende neben der direkten Sonneneinstrahlung auch diffuse Strahlung zur Wärmegewinnung nutzen können, sind konzentrierende Technologien ausschließlich auf direkte Sonneneinstrahlung angewiesen.

Für Solarthermieanlagen auf Dachflächen kommen nahezu ausschließlich nicht-konzentrierende Technologien zum Einsatz, bei denen ein hoher Anteil direkter Sonneneinstrahlung besonders vorteilhaft ist. Da private Solarthermieanlagen in der Regel zur Eigenversorgung mit Wärme dienen und keine Einspeisung erfolgt, wird in der Methodik der Analyse die nutzbare Dachfläche im Vergleich zu Photovoltaikanlagen auf 25 % reduziert. Dadurch wird sichergestellt, dass kein überschüssiges Warmwasser produziert wird. Ein wesentlicher Vorteil solarthermischer Systeme liegt in der direkten Erzeugung und Nutzung von Wärme, wodurch Umwandlungsverluste weitgehend vermieden werden.



Abbildung 41: Ausschnitt aus der Potenzialanalyse zum Solarthermie-Potenzial [Q:1] [Q:2]

Kollektorfläche	211.343 m <sup>2</sup>
Volllaststunden	824 h/a
Wärmeleistung gesamt	105,7 MWp
Wärmepotenzial gesamt	87,1 GWh/a

Tabelle 15: Potenzial Solarthermie [Q:1]

Da im Marktstammdatenregister lediglich Anlagen zur Stromerzeugung gelistet werden, liegen hier leider keine Informationen zu vorhandenen Solarthermieanlagen vor.

#### 4.3.4 Feste Biomasse

Feste Biomasse – dazu zählen insbesondere Holz in Form von Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets – spielt eine wichtige Rolle in der Wärmewende, vor allem in ländlichen Regionen und in Bereichen mit hohem Wärmebedarf. Als erneuerbarer, CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger (unter nachhaltiger Forstwirtschaft) kann Biomasse fossile Brennstoffe in Einzelgebäuden, Nahwärmennetzen und industriellen Anwendungen ersetzen [Q:14]. Die Nutzung der Biomasse kann dabei in konventionellen Hackschnitzelkesseln, Holzvergaseranlagen oder sog. Pyrolyseanlagen erfolgen.

Laut dem Umweltbundesamt (UBA) deckte feste Biomasse im Jahr 2024 rund 61 % der erneuerbaren Wärmebereitstellung in Deutschland ab [Q:14].

Allerdings sind die Potenziale begrenzt: Die nachhaltig nutzbaren Holzressourcen in Deutschland sind endlich und stehen in Konkurrenz zur stofflichen Nutzung (z. B. im Bauwesen) sowie zur Industrie. Ein unkontrollierter Ausbau der Biomassenutzung könnte ökologische Risiken mit sich bringen, insbesondere bei übermäßiger Entnahme oder ineffizienter Nutzung. Hinzu kommen luftreinhaltetechnische Herausforderungen, insbesondere bei älteren Einzelöfen oder schlecht gewarteten Anlagen, die durch strengere Emissionsanforderungen und moderne Technologien (wie Partikelabscheider und elektronische Regelungen) gelöst werden müssen [Q:14].

Für die thermische Nutzung von Biomasse in Wärmennetzen ist die Wahl geeigneter Holzarten von zentraler Bedeutung. Maßgebliche Kriterien sind die regionale Verfügbarkeit, die Wuchsleistung, die Holzdichte sowie der resultierende Heizwert. Darüber hinaus ist eine Betrachtung unter Nachhaltigkeits- und Versorgungsgesichtspunkten erforderlich.

Grundsätzlich wird zwischen Laub- und Nadelholz unterschieden. Laubhölzer, insbesondere die in Bayern weit verbreitete Buche, zeichnen sich durch eine hohe Holzdichte (ca. 720 kg/m<sup>3</sup>) und einen entsprechend hohen Heizwert (ca. 4,0 kWh/kg) aus. Damit stellen sie einen besonders effizienten Brennstoff für Hackschnitzelanlagen dar. Auch andere Laubhölzer wie Eiche oder Ahorn weisen günstige Verbrennungseigenschaften auf, sind jedoch aufgrund geringerer Verfügbarkeit weniger bedeutsam. Insgesamt gilt Laubholz als die bevorzugte Option für eine hochwertige, gleichmäßig brennende Hackschnitzelbereitstellung [Q:29].

Nadelhölzer wie Fichte und Kiefer verfügen demgegenüber über eine geringere Holzdichte (Fichte ca. 450 kg/m<sup>3</sup>, Kiefer ca. 520 kg/m<sup>3</sup>) und damit über einen niedrigeren Heizwert pro Volumen. Sie sind jedoch in Bayern flächenmäßig stark vertreten und fallen in großen Mengen als Nebenprodukt der Forstwirtschaft und Holzindustrie an. Dadurch können sie zu vergleichsweise geringen Bereitstellungskosten gewonnen werden. Nadelholz ist daher ein wichtiger Bestandteil des Brennstoffmixes und trägt wesentlich zur Versorgungssicherheit und Preisstabilität bei [Q:52].

Für die kommunale Wärmeplanung ergibt sich daraus die Empfehlung, Laubholz als bevorzugte Grundlage für die Hackschnitzelversorgung einzusetzen und Nadelholz als ergänzenden Rohstoff zu berücksichtigen. Ein ausgewogener Mix bei der Holzarten ermöglicht sowohl eine energetisch hochwertige als auch eine wirtschaftlich und ökologisch tragfähige Wärmebereitstellung.

Der Holzbestand wurde über die Datenbank der Bundeswaldinventur ermittelt. Für die grün markierten Gebiete in der Abbildung 42 liegen Informationen zur verfügbaren Baumart vor. Für die rot markierten Gebiete stehen durch die Bundeswaldinventur keine Daten zur Verfügung, dabei muss auf Standardwerte zurückgegriffen werden.

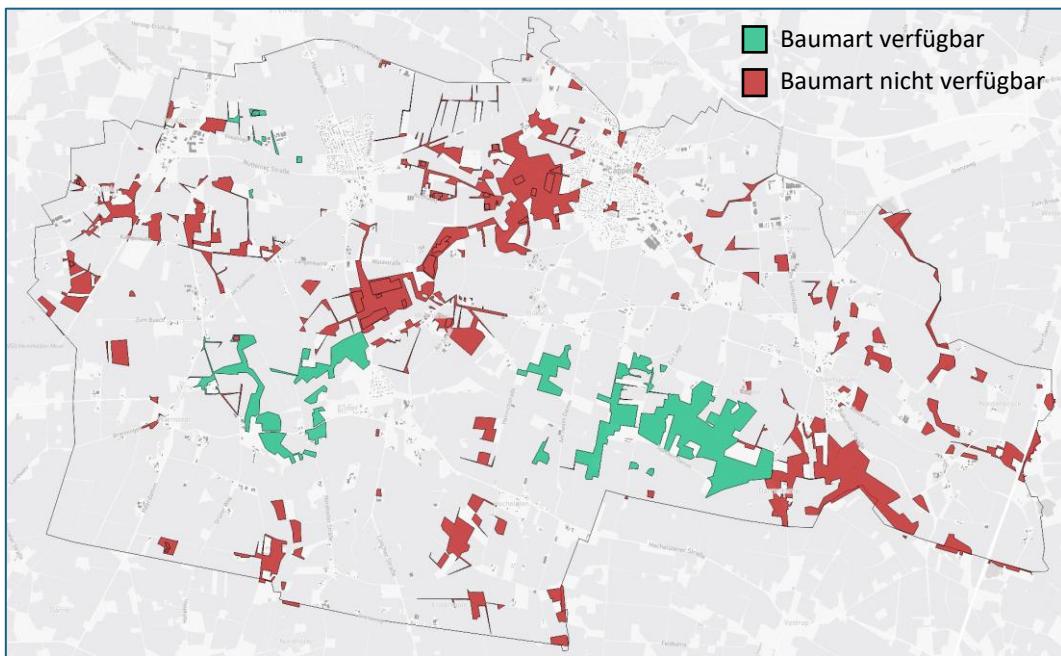


Abbildung 42: Übersicht zur Datenlage der Baumart aus der Bundeswaldinventur [Q:1]

Bei der Potenzialermittlung zur Wärmeerzeugung aus fester Biomasse wird der vorhandene Biomasse-Ressourcenbestand im Gemeindegebiet betrachtet. Es wird von einer Basisbewirtschaftung ausgegangen, das heißt die energetische Nutzung der Biomasse beschränkt sich auf Abfall- und Reststoffe.

Die Basisdaten, wie der Holzeinschlag wurden von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, dem Herausgeber der Bundeswaldinventur ermittelt und auf Basis dessen mit INFRA Wärme dargestellt und hochgerechnet.

<b>Holzeinschlag (Durchschnitt)</b>	3,7 m <sup>3</sup> /ha
<b>Energieholzanteil (Durchschnitt)</b>	23,5 %
<b>Energieholzanteil (Hochgerechnet)</b>	0,8 m <sup>3</sup> /ha
<b>Heizwert (Hochgerechnet)</b>	2.143 kWh/m <sup>3</sup>
<b>Spezifischer Biomasseertrag (Hochgerechnet)</b>	1.653 kWh/ha
<b>Biomassepotenzial (Hochgerechnet)</b>	1.415 MWh/a

Tabelle 16: Biomassepotenzial bei Basisbewirtschaftung [Q:1]

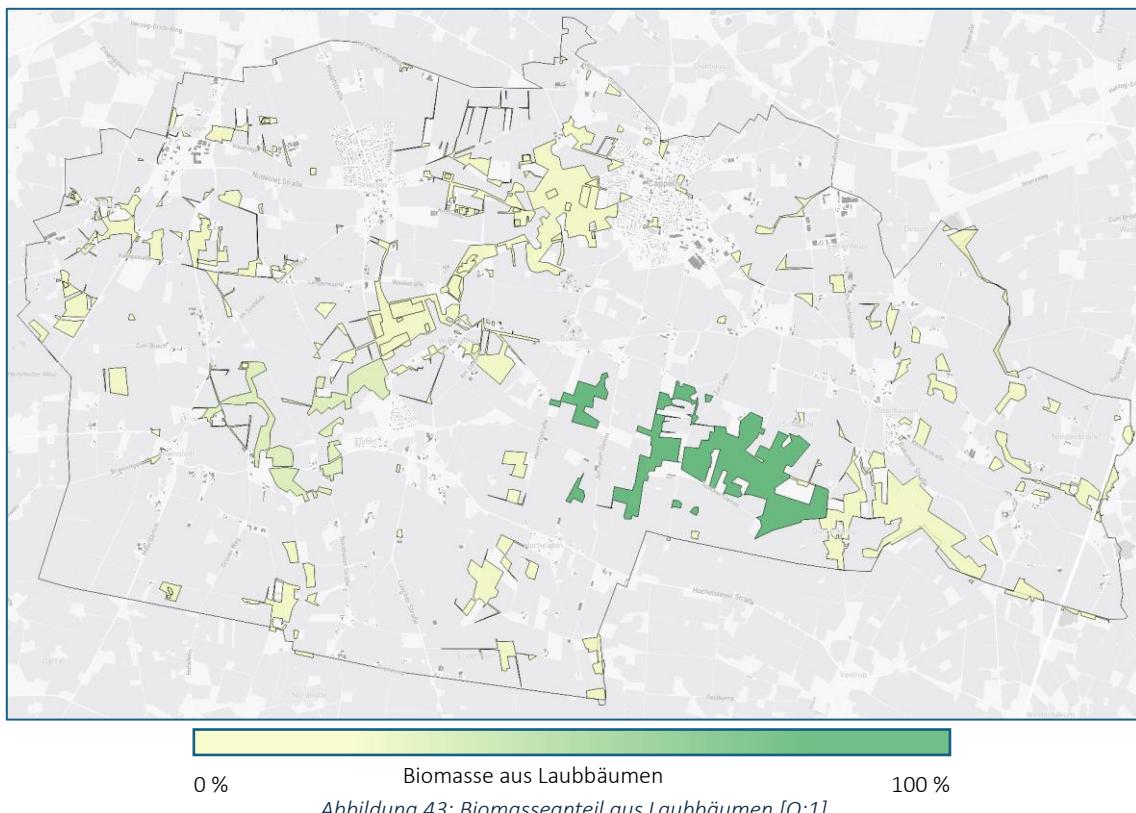
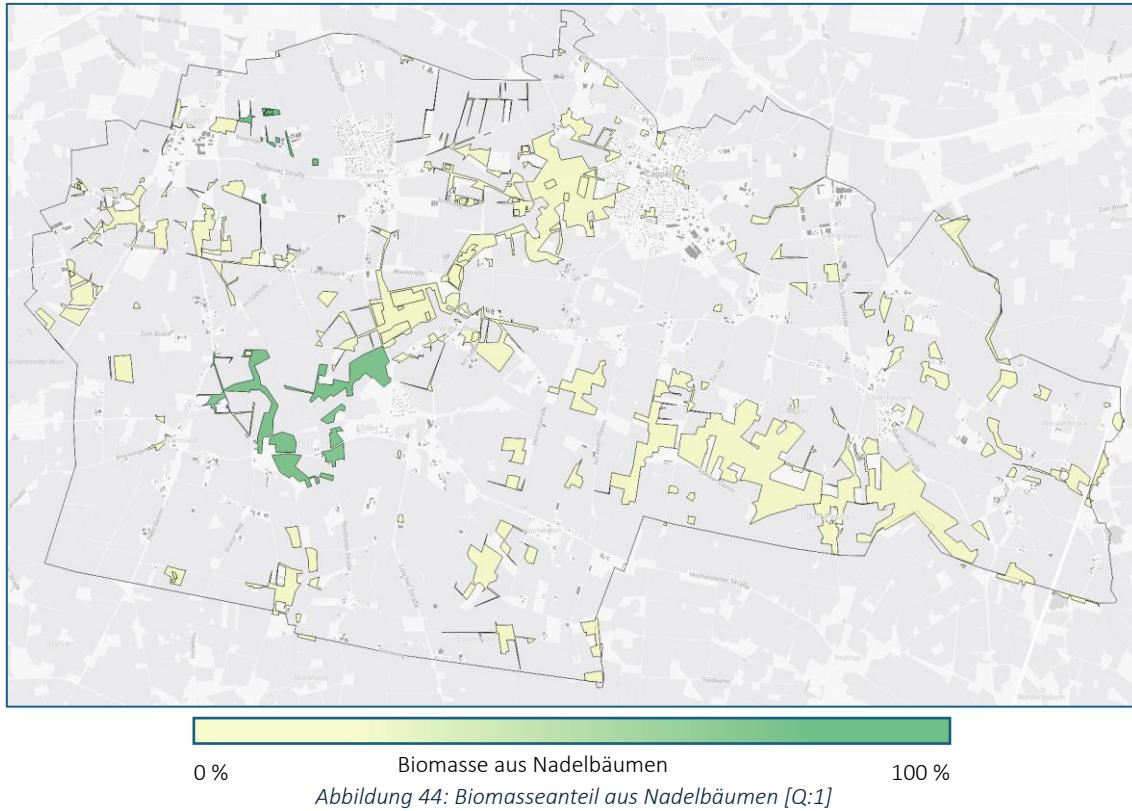


Abbildung 43: Biomasseanteil aus Laubbäumen [Q:1]



### 4.3.5 Abwasserwärme

Die Nutzung von Wärme aus Abwasser stellt eine innovative und zunehmend relevante Technologie im Rahmen der Wärmeversorgung dar. In urbanen Räumen schlummert im täglich anfallenden Abwasser ein erhebliches, bislang weitgehend ungenutztes thermisches Potenzial. Diese Wärme lässt sich – mit Hilfe moderner Wärmetauscher- und Wärmepumpentechnik – für die Beheizung von Gebäuden, Quartieren und sogar in Wärmenetzen nutzen.

Abwasser ist ganzjährig verfügbar und weist meist stabile, aber saisonal schwankende Temperaturen zwischen 10 °C und 20 °C auf – deutlich höher als z. B. die Umgebungsluft im Winter. Damit stellt das Abwasser eine ideale Wärmequelle für Wärmepumpensysteme dar. Nach Angaben der Deutschen Energie-Agentur liegt das technisch nutzbare Potenzial der Abwasserwärme in Deutschland bei bis zu 14 TWh pro Jahr, was etwa dem jährlichen Wärmebedarf von rund 1,3 Millionen Haushalten entspricht [Q:11].

Das Potenzial auf regionaler Ebene kann anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht werden. Bei einem Durchfluss von 25 l/s und einer Temperaturspreizung von einem Kelvin, kann eine theoretische, maximale Wärmetauscherleistung von 100 kW erreicht werden [Q:15]. Die Leistung ist mehr vom Durchfluss und weniger vom Durchmesser der Kanalleitung abhängig, zusätzlich ist die Trennung von Schmutz- und Regenwasser relevant für den Durchfluss. Für eine ganzjährige Abwärmenutzung ist ein annehmbar konstanter Trockenwetterabfluss notwendig.

Die Gemeinde Cappeln gehört zum Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband (OOVV). Eine Kläranlage befindet sich etwa 200 Meter vom Ortsrand entfernt. Die Nutzung der Abwasserwärme wäre sowohl über einen Wärmetauscher in bzw. an der Kanalleitung als auch direkt in der Kläranlage möglich. Detaillierte Informationen zu Rohrdimensionen liegen nicht vor, und der **Betreiber (OOVV) erhebt derzeit keine Daten zum Abwärmepotenzial des Abwassers**. Für eine mögliche Umsetzung des Potenzials wäre daher zwingend eine Einzelfalluntersuchung erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Temperatur und des Trockenwetterabflusses.

Für das gesamte Abwasservolumen der Gemeinde Cappeln ergibt sich das folgende theoretische Potenzial:

<b>Einwohnerzahl (Zensus 2022)</b>	8.546 EW
<b>Abwassermenge pro EW (Durchschnitt)</b>	99,43 l/d
<b>Abwärmepotenzial pro m³ Abwasser [Q:16]</b>	6,42 kWh/m³
<b>Jährliche Abwassermenge (Hochgerechnet)</b>	ca. 310.000 m³/a
<b>Jahresdurchschnittstemperatur (Schätzung)</b>	ca. 15 °C
<b>Maximale Spreizung (Annahme)</b>	1 Kelvin
<b>Theoretisches Wärmepotenzial des jährlichen Abwasservolumens Hochgerechnet</b>	ca. 1.990 MWh/a

Tabelle 17: Theoretisches Potenzial der Abwassermenge [Q:3] [Q:16]

#### 4.3.6 Umweltwärme – Oberflächengewässer

Umweltwärme gilt als umweltschonende, lokal verfügbare und regenerative Wärmequelle und kann somit maßgeblich zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen beitragen. Anlagen zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern sind in Deutschland noch nicht weit verbreitet, rücken aber aufgrund mehrerer Studien mit signifikant eingestuftem Potenzial immer mehr in den Fokus klimaneutraler Energiekonzepte [Q:21]. Wasser bietet gegenüber Luft eine höhere Wärmekapazität und stabile Temperaturniveaus, wodurch Wärmepumpen besonders effizient betrieben werden können [Q:21].

Bei der thermischen Nutzung von Oberflächengewässern, kann zwischen see- und flussthermischen Anlagen differenziert werden. Die Wärme wird dem Fluss- oder Seewasser dabei über geschlossene Wärmetauschersysteme entzogen.

Die Nutzung von Fließgewässern als Wärmequelle für Großwärmepumpen stellt eine technisch ausgereifte und bereits erprobte Möglichkeit zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dar [Q:21]. Eine Studie von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) zeigt, dass die bayerischen Fließgewässer ein erhebliches theoretisches Potenzial zur Wärmebereitstellung besitzen, welches einen relevanten Beitrag zur Deckung des kommunalen Wärmebedarfs leisten kann [Q:21]. Eine moderate Abkühlung der Gewässer wird ökologisch überwiegend positiv bewertet, da sie den Effekten der Klimaerwärmung entgegenwirkt [Q:21].

Für die Umsetzung sind jedoch standortspezifische Rahmenbedingungen wie Genehmigungsauflagen, minimale Rücklauftemperaturen sowie die Integration in bestehende Wärmenetze entscheidend [Q:21]. Besonders geeignet sind Standorte mit bestehender Infrastruktur, z. B. an Wasserkraftwerken oder Kraftwerksstandorten mit Fernwärmeanbindung [Q:21]. Beispiele aus Rosenheim und Mannheim zeigen, dass solche Systeme sowohl im großstädtischen als auch im regionalen Kontext erfolgreich realisiert werden können [Q:21]. Damit stellen Flusswasser-Wärmepumpen ein zukunftsweisendes Element kommunaler Wärmeplanungen dar, das sowohl zur Versorgungssicherheit als auch zur Erreichung der Klimaziele beiträgt.

Für die Ermittlung des theoretischen Potenzials zur Wärmeversorgung aus Flusswasser wurden in der Studie der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) ausschließlich Gewässer I. und II. Ordnung betrachtet. In Cappeln ist kein Fluss bekannt, der sich zur Nutzung für die Erzeugung von Wärmeenergie eignet.

#### 4.4 Nutzung unvermeidbarer Abwärme

Unvermeidbare Abwärme bietet ein großes Potenzial für die Kommunale Wärmeplanung und gilt als nachhaltige sowie energie- und kosteneffiziente Wärmequelle. Durch den Einsatz von Wärmetauschern und Wärmepumpen kann Abwärme nutzbar gemacht werden. Unvermeidbare Abwärme ist besonders für die Einspeisung in Wärmenetze geeignet. Um die Energieeffizienz in Deutschland zu erhöhen, wurde durch die BAFA gemäß § 17 Abs. 2 Energieeffizienzgesetz eine zentrale Plattform für unvermeidbare Abwärmepotenziale geschaffen. Unternehmen in Deutschland mit einem Gesamtenergieverbrauch > 2,5 GWh/a sind dabei zur Meldung entsprechender Potenziale verpflichtet. Die in der Plattform gesammelten Daten werden regelmäßig aktualisiert und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht [Q:26].

Für das Gemeindegebiet Cappeln ist kein nutzbares industrielles oder gewerbliches Abwärme-Potenzial bekannt. Auch nach individueller Datenanfrage bei energetischen Großverbrauchern im Gemeindegebiet, lagen keine Informationen zu unvermeidbaren Abwärmequellen vor.

## 4.5 Potenzial zur zentralen Wärmespeicherung

Ein zentrales Element zur Steigerung der Effizienz und Flexibilität in der kommunalen Wärmeversorgung ist der Einsatz zentraler Wärmespeicher. Sie ermöglichen es, zeitliche Differenzen zwischen Wärmeerzeugung und -verbrauch auszugleichen und damit insbesondere die Integration erneuerbarer Energiequellen in Wärmenetze zu optimieren. Grundsätzlich lassen sich zentrale Wärmespeicher in drei Hauptkategorien unterteilen: sensible, latente und thermochemische Speicher.

Bei sensiblen Wärmespeichern – wie großvolumige Wasser- oder Erdbeckenspeicher – erfolgt die Speicherung durch Zu- oder Abfuhr von Wärme, die als molekulare Bewegungsenergie im Speichermedium aufgenommen wird, was zu einer Temperaturänderung des Mediums (meist Wasser) führt. Sie sind technisch erprobt, vergleichsweise kostengünstig und eignen sich sowohl für die tägliche als auch für saisonale Speicherung. Große Heißwasserspeicher mit mehreren zehntausend Kubikmetern Volumen werden bereits erfolgreich in städtischen Wärmenetzen eingesetzt.

Latente Wärmespeicher nutzen den Phasenwechsel von Materialien, z. B. von fest zu flüssig, um Wärme bei nahezu konstanter Temperatur zu speichern. Durch die höhere Energiedichte eignen sie sich besonders für Anwendungen mit begrenztem Platzangebot oder zur Abdeckung definierter Temperaturbereiche.

Thermochemische Speicher speichern Wärme durch reversible chemische Reaktionen. Sie bieten sehr hohe Energiedichten und geringe Wärmeverluste über längere Zeiträume, befinden sich jedoch noch weitgehend im Entwicklungs- oder Pilotstadium.

Da im Gemeindegebiet Cappeln kein Wärmenetz vorhanden ist, gibt es aktuell kein Potenzial zur zentralen Wärmespeicherung. Im Zuge einer Wärmenetzentwicklung muss das Potenzial zur zentralen Wärmespeicherung standortgenau für die entsprechende Versorgungsstruktur untersucht werden.

## 4.6 Wasserstoff, Biomethan und synthetische Gase

Da eine Wärmeversorgung mit fossilem Erdgas nicht zu den klimaneutralen Versorgungsarten gezählt werden kann, könnten in Deutschland langfristig Erdgasbestandsnetze zur Versorgung mit 100 % Wasserstoff, Biomethan oder synthetischen Gasen transformiert werden.

Es besteht ein breiter wissenschaftlicher und politischer Konsens darüber, dass Wasserstoff auf absehbare Zeit ein knappes und damit kostspieliges Gut bleiben wird [Q:22] [Q:23]. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit und der hohen Erzeugungskosten – insbesondere für sogenannten grünen Wasserstoff, der ausschließlich mit erneuerbaren Energien erzeugt werden muss – wird sein Einsatz voraussichtlich zunächst auf ausgewählte Anwendungsbereiche beschränkt bleiben [Q:22]. Prioritär ist hierbei die Nutzung in der energieintensiven Industrie, in der es nur wenige klimafreundliche Alternativen zu fossilen Energieträgern gibt, etwa in der Stahl- oder Chemiebranche.

Die Importstrategie Wasserstoff, die die Bundesregierung im Jahr 2024 beschlossen hat, verfolgt das Ziel, die nationale Wasserstoffnachfrage durch internationale Partnerschaften zu decken und so zur Erreichung der Klimaziele beizutragen. Dabei betont die Bundesregierung ausdrücklich, dass der Schwerpunkt zunächst auf der Versorgung industrieller Großverbraucher liegt, da hier der größte Hebel für die Emissionsminderung besteht [Q:5].

Auch der Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. (vzbv) äußert sich kritisch zum Einsatz von Wasserstoff im Gebäudessektor. In einer Stellungnahme weist der Verband darauf hin, dass der Einsatz von Wasserstoff zum Heizen ineffizient und volkswirtschaftlich nicht sinnvoll sei. Neben der zentralen Versorgung über Wärmenetze sei der direkte Einsatz von Strom in Wärmepumpen in nahezu allen Fällen günstiger, energieeffizienter und schneller verfügbar [Q:6]. Zudem prognostizieren verschiedene Studien einen extremen Anstieg der Netznutzungsentgelte für die kommenden Jahrzehnte, die den Verbraucher zusätzlich zu den Energiekosten belasten werden [Q:25].

Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass Wasserstoff im Gebäudessektor – insbesondere zur RaumwärmeverSORGUNG – kurz- und mittelfristig keine nennenswerte Rolle spielen wird. Stattdessen sollten die verfügbaren Mengen gezielt dort eingesetzt werden, wo sie technisch notwendig und ökologisch sowie ökonomisch sinnvoll sind.

Der im Gemeindegebiet zuständige Gasnetzbetreiber, die EWE Netz GmbH, plant derzeit keine vollständige Transformation des Gasnetzes zu einem Wasserstoffnetz. Nach Angaben des Akteurs könnten jedoch einzelne Netzbereiche zur Versorgung von Industriekunden punktuell umgestellt werden. Das Netzgebiet Cappeln, soll nach aktuellem Stand nicht zeitnah transformiert werden. Die EWE geht von einem starken Wachstum von Wärmenetzen zur zentralen Wärmeversorgung aus [Q:50].

## 5 Zielszenario

Das Zielszenario beschreibt den angestrebten zukünftigen Zustand der Wärmeversorgung in der Kommune unter Berücksichtigung der energie- und klimapolitischen Zielsetzungen auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene. Es dient als strategischer Orientierungsrahmen, an dem sich die Entwicklung der lokalen Wärmestrukturen langfristig ausrichten soll. Im Mittelpunkt steht der Übergang zu einer weitgehend treibhausgasneutralen Wärmeversorgung, die auf erneuerbaren Energien, hocheffizienten Wärmenetzen und einer konsequenten Steigerung der Energieeffizienz basiert.

Das Zielszenario zeigt auf, wie der zukünftige Wärmebedarf durch eine Kombination aus Maßnahmen zur Verbrauchsreduktion, dem Ausbau erneuerbarer Energieträger und der Nutzung unvermeidbarer Abwärme gedeckt werden kann. Dabei werden technische, wirtschaftliche und räumliche Potenziale in Einklang gebracht, um eine nachhaltige, resiliente und sozialverträgliche Wärmeversorgung zu gewährleisten.

Zugleich bildet das Zielszenario die Grundlage für die Ableitung konkreter Maßnahmen, Projekte und Investitionspfade, die schrittweise zur Zielerreichung führen. Es ist somit ein zentrales Element der kommunalen Wärmeplanung und stellt die Vision einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Wärmeversorgung dar, an der sich Verwaltung, Energieversorger, Unternehmen und Bürgerinnen und Bürger gleichermaßen orientieren können.

Die Zielsetzung für eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung in Niedersachsen zielt auf das Jahr 2040 ab. Als Zwischenschritte dienen die Stützjahre 2030 und 2035.

Welche Wärmeversorgung sich für Teilgebiete besonders eignet, basiert auf einem Vollkostenvergleich, dem Realisierungsrisiko, der Versorgungssicherheit und den kumulierten Treibhausgasemissionen bis zum Zieljahr. Im Vollkostenvergleich werden sowohl verbrauchs-, betriebs- und kapitalgebundene Kosten berücksichtigt. Anhand dieser Faktoren erfolgt die Beurteilung der Eignung mittels Wasserstoffnetz-, Wärmenetz- und dezentralen Versorgung. Ein Gebiet wird als für eine Technologie geeignet eingestuft, je mehr Gebäude einer gemeinsamen Heiztechnologie im Vollkostenvergleich zugeordnet werden können.

Im Kontext der Eignung für Wärmenetzgebiete wird zusätzlich die Perspektive des Wärmenetzbetreibers, in Form einer Deckungsbeitragsrechnung wirtschaftlich bewertet. Alle als Wärmenetzgebiet ausgewiesene Gebiete sind zusätzlich zur Eignung für die Gebäudeeigentümer für einen Wärmenetzbetreiber wirtschaftlich umsetzbar.

### 5.1 Vollkostenvergleich

Die gebäudeindividuelle Auswahl der Heiztechnologie für das Klimaschutzszenario basiert auf einer Vollkostenrechnung, das heißt es werden alle anfallenden Kosten berücksichtigt, die mit der Anschaffung, dem Betrieb, der Wartung und der Entsorgung der Heizsysteme verbunden sind, berücksichtigt. Die individuellen Parameter jedes einzelnen Gebäudes werden betrachtet und auf Basis der prognostizierten Vollkosten eine klimaneutrale und langfristig kostengünstigste Versorgungstechnologie ausgewählt.

Der Vollkostenvergleich eines durchschnittlichen Einfamilienhauses wird im Folgenden exemplarisch dargestellt. Die technischen Gebäudedaten sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Gebäudefunktion	Wohngebäude
IWU Typ	Einfamilienhaus E
Sektor	Private Haushalte
Dachtyp	Satteldach
Wohnfläche	116 m <sup>2</sup>
Baualtersklasse	1984 - 1994
Wärmebedarf	20,5 MWh/a
Wärmeleistung	10 kW
Energieeffizienzklasse (nach GEG)	F

Tabelle 18: Gebäudedaten Beispielgebäude [Q:3]

Der Vollkostenvergleich umfasst kapitalgebundene, verbrauchsgebundene und betriebsgebundene Kosten. Berücksichtigt werden unter anderem Investitionssummen, Energiekosten, Instandhaltungskosten, Kosten für Hilfsenergie sowie sonstige Betriebskosten. Zusätzlich fließen Netznutzungsentgelte und Preissteigerungsraten in die Berechnung ein.

Die folgende Tabelle stellt einen Auszug der wichtigsten Parameter für die unterschiedlichen Heiztechnologien dar.

Auszug aus der Parameterliste je Heiztechnologie		
Wärmenetzanschluss	Arbeitspreis [netto]	9,0 Cent/kWh <sub>th</sub>
	Grundpreis [netto]	650 €/Jahr
	Investitionskosten [netto] (inkl. einmalige Umbaumaßnahmen)	ca. 31.000 €
	Emissionsfaktor (Annahme MaxSolar Standardwärmekonzept)	18 gCO <sub>2</sub> /kWh
	Lebensdauer	50 Jahre
Wärmepumpe	Jahresarbeitszahl (realistisch)	2,6 kWh <sub>th</sub> /kWh <sub>el</sub>
	Investitionskosten [netto] (inkl. einmalige Umbaumaßnahmen)	ca. 33.000 €
	Lebensdauer	18 Jahre
	Strompreis (Heizstromtarif - Mittelwert)	20,56 Cent/ kWh <sub>el</sub>
	Emissionsfaktor Strom (Deutscher Strommix)	2024: 350 gCO <sub>2</sub> /kWh 2040: 167 gCO <sub>2</sub> /kWh
Pelletkessel	Wirkungsgrad (realistisch)	90 %
	Investitionskosten [netto] (inkl. einmalige Umbaumaßnahmen)	ca. 33.000 €
	Lebensdauer	20 Jahre
	Pelletpreis incl. Lieferung (Mittelwert)	7,2 Cent/kWh <sub>th</sub>
	Emissionsfaktor Pellets	36 gCO <sub>2</sub> /kWh
Gas BWK	Wirkungsgrad Brennwert H <sub>s</sub>	94 %
	Investitionskosten [netto] (inkl. einmalige Umbaumaßnahmen)	9.500 €
	Lebensdauer	19 Jahre
	Gaspreis incl. Netzentgelte	9,5 Cent/kWh <sub>Erdgas</sub>
	Emissionsfaktor Erdgas	201 gCO <sub>2</sub> /kWh
Wasserstoff BWK	Wirkungsgrad Brennwert H <sub>s</sub>	94 %
	Investitionskosten [netto] (inkl. einmalige Umbaumaßnahmen)	11.800 €
	Lebensdauer	19 Jahre
	Gaspreis incl. Netzentgelte (Mittelwert)	9,5 Cent/kWh <sub>Wasserstoff</sub>
	Emissionsfaktor Wasserstoff (Verteilnetz)	2024: 385 gCO <sub>2</sub> /kWh 2040: 142 gCO <sub>2</sub> /kWh

Tabelle 19: Auszug aus der Parameterliste je Heiztechnologie [Q:3]

Die für den Vollkostenvergleich herangezogenen Parameter des Wärmenetzanschlusses stellen keine Richt- oder Durchschnittswerte dar, sondern basieren konkret auf einem Anschluss gemäß dem MaxSolar-Konzept. Die angesetzten Kosten wurden 1:1 aus bereits realisierten Wärmenetzprojekten von MaxSolar übernommen. Dabei wurde durch die MaxSolar GmbH ein standortunabhängiges Wärmenetzkonzept mit 100 % erneuerbarer Wärmeversorgung erstellt. Die Wärmeenergie für das Wärmenetz wird im Rahmen des Konzepts an einer Heizzentrale durch ein gekoppeltes Erzeugungssystem

bestehend aus Großwärmepumpe und Biomassekessel bereitgestellt. Dabei soll der Anteil der Wärmeerzeugung durch die Großwärmepumpe mindestens 50 % betragen, um geringe Wärmegestehungskosten in Kombination mit anderen Erzeugern zu gewährleisten. Im Rahmen des entwickelten Standardkonzeptes kann ein Leistungsbereich zwischen 500 kW und 10 MW pro Heizzentrale abgedeckt werden. Die ausgewählte Wärmepumpenbaureihe kann dabei mit oder ohne externe Wärmequelle wie Abwärme aus Gewerbe, Industrie, oberflächennahe Geothermie, Abwasser oder Gewässer zwischen 300 kW und 3 MW Heizleistung pro Einzelanlage und zusätzlicher Kältebereitstellung abdecken. Durch die Biomasseanlage soll eine Feuerungswärmeleistung pro Heizzentrale von 1 MW nicht überschritten werden, um erhöhte Auflagen durch die 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (44. BlmSchV) zu vermeiden. Als Redundanz- und/oder Spitzenlasterzeiger kann eine sog. Power-to-Heat-Anlage (PtH) vorgesehen werden. Durch ein stromgeführtes Wärmeerzeugungskonzept kann das Stromnetz auf Nieder- und Mittelspannungsebene netzdienlich entlastet werden. Des Weiteren können vorhandene Erzeugungsanlagen wie Biogasanlagen in das Erzeugungskonzept integriert werden. Die zentral erzeugte Wärme wird über ein neu gebautes Wärmenetz an die Hausanschlüsse verteilt. Die Gebietserschließung durch ein Fernwärmennetz bringt ein großes Investitionsvolumen und aufwendige Baumaßnahmen mit sich. Dabei stellt die Errichtung eines Fernwärmennetzes eine langfristige Investition in eine klimaneutrale Zukunft der Wärmeversorgung dar. Dafür wurde in der Erstellung des Szenarios der Investitionsaufwand für ein langlebiges Wärmenetz aus sog. Kunststoffmantelrohren (Stahlrohr mit Kunststoffmantel) berücksichtigt. Dies bringt zwar einen erhöhten Erstinvestitionsbedarf, aber dafür auch eine deutlich höhere Lebensdauer bei gleichzeitig höherer Vorlauftemperatur mit sich. Um vor allem Altbauten und Großverbraucher über das Fernwärmennetz versorgen zu können, wird eine Vorlauftemperatur von ca. 80 °C und eine Rücklauftemperatur zwischen 40 °C und 45 °C angesetzt. Hausanschlüsse wurden leistungsbezogen im Parameterkatalog einkalkuliert. Der Netzanschluss erfolgt auf Basis eines Anschluss- und Versorgungsvertrages, der einen verbrauchsabhängigen Arbeitspreis sowie eine jährliche Grundgebühr vorsieht. Notwendige Umbauarbeiten im Gebäude im Zuge des Netzanschlusses werden durch einmalige Investitionssummen abgedeckt. Da die Betriebs- und Wartungskosten im Rahmen des MaxSolar-Konzeptes durch den Wärmenetzbetreiber übernommen werden, fallen für den Endkunden im Laufe der Zeit keine zusätzlichen Kosten an, wodurch von einer langen Lebensdauer ausgegangen werden kann. Im Vollkostenvergleich wurden alle spezifischen betriebs-, kapital- und verbrauchsgebundene Kosten zur Umsetzung eines Fernwärmemittelstoffs berücksichtigt. Summierte Investitionskosten zur Errichtung eines entsprechenden Fernwärmennetzes werden im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung nicht errechnet. Die tatsächliche Umsetzbarkeit eines Wärmenetzanschlusses, ist nach Abschluss der Kommunalen Wärmeplanung im Rahmen einer individuellen Machbarkeitsstudie für jedes potenzielle Wärmenetzgebiet zu prüfen.

Die für die Wärmepumpe angesetzten Parameter basieren auf Kennzahlen aus dem KWW-Technikkatalog sowie auf praxisorientierten Erfahrungswerten. Im vergleichsweisen niedrigen Strompreis wurde berücksichtigt, dass der Betrieb der Wärmepumpe sowohl mit als auch ohne Eigenstromerzeugung – beispielsweise durch eine Photovoltaikanlage auf dem Gebäudedach – erfolgen kann. Der Betrieb einer Wärmepumpe im Ein- und Mehrfamilienhausbereich, kann entweder mit oder ohne externe Wärmequelle erfolgen. Aufgrund der hohen Investitionskosten bei der Erschließung externer Wärmequellen, wird im privaten Wohnbau jedoch meist auf eine Luftwärmepumpe (also ohne externe Wärmequelle) gesetzt. Die Aufteilung zwischen den Technologien wird über den KWW-Technikkatalog abgebildet.

Für den Einsatz von Biomasse in einem Pelletkessel wurden ebenfalls Kennzahlen aus dem KWW-Technikkatalog mit praxisbasierten Erfahrungswerten kombiniert. Da im privaten Wohnbau – aufgrund der einfacheren Handhabung – meist auf Pellets gegenüber Hackschnitzel gesetzt werden, wurde im Parameterkatalog konkret eine Pelletanlage angesetzt.

Die Energiekosten für grünen Wasserstoff im Rahmen einer leitungsgebundenen Versorgung über das bestehende Erdgasnetz wurden – mangels belastbarer Datengrundlagen und aufgrund erheblicher Unsicherheiten hinsichtlich künftiger Preisentwicklungen – konservativ dem Erdgaspreis gleichgesetzt. Auf dieser Basis konnte der verbrauchsbezogene Mischpreis berechnet werden. Hintergrund dieser Annahme sind die derzeit noch unklare Regulierungslage, offene Fragen zur Infrastrukturkompatibilität sowie stark divergierende Prognosen zu den Herstellungs- und Importkosten von grünem Wasserstoff. Dabei weist das FfE mit 9,80 €/kg (ca. 24,5 Cent/kWh) mehr als doppelt so hohe realistische Gestehungskosten für eine grüne Wasserstoffproduktion in Deutschland als die bisher angenommenen idealisierten Gestehungskosten von 4,10 €/kg (ca. 10,25 Cent/kWh) aus [Q:27]. Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI geht unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren für 2045 von einem Großhandelspreis zwischen 90 – 130 €/MWh Wasserstoff aus und bewertet daher eine großangelegte Förderung des Wasserstoffeinsatzes in Bereichen wie der Gebäudewärme, des landgebundenen Verkehrs oder der energetischen Nutzung in der Industrie als wenig sinnvoll [Q:28].

Trotz der aktuell überwiegend negativen Zukunftsprognosen bleibt Wasserstoff im Bewertungsprozess der Wärmeplanung berücksichtigt, um eine umfassende und technologieoffene Vergleichbarkeit der verfügbaren Heiztechnologien sicherzustellen.

Die Ergebnisse des Vollkostenvergleichs anhand des Beispielgebäudes sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Erdgaskessel	5.786 €/a
Synthetischer Brennstoffkessel	6.135 €/a
Biomassekessel	5.911 €/a
Wärmepumpe	5.280 €/a
Wärmenetzanschluss	4.868 €/a

Tabelle 20: Vollkostenvergleich (netto) am Beispielgebäude [Q:1] [Q:3] [Q:9]

Im Rahmen des Vollkostenvergleichs der untersuchten Heiztechnologien stellt die zukünftige Versorgung mit einem synthetischen Brennstoffkessel für das betrachtete Beispielgebäude die kostenintensivste Variante dar. Diese sowie die Versorgung mit Erdgas stellen allerdings keine Perspektive für die Zukunft dar.

Ein Wärmenetzanschluss wäre für das Beispielgebäude die günstigste Möglichkeit, allerdings ist dies auch nicht überall möglich.

Vor diesem Hintergrund erscheinen Biomassekessel und Wärmepumpen als wirtschaftlich tragfähige und perspektivisch geeignete Optionen für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung, welche überall verfügbar ist.

## 5.2 Einteilung in Eignungsgebiete

Der Vollkostenvergleich bildet die Grundlage für eine erste Bewertung der wirtschaftlich sinnvollsten Versorgungstechnologie. Für jedes Gebäude wird ermittelt, welche Technologie die geringsten Gesamtkosten verursacht. Die Ergebnisse werden anschließend auf Baublockebene aggregiert und in Eignungskategorien überführt.

Es werden vier Eignungsgebiete definiert:

- **Eignungsgebiet A** „Sehr wahrscheinlich geeignet“
- **Eignungsgebiet B** „Wahrscheinlich geeignet“
- **Eignungsgebiet C** „Wahrscheinlich ungeeignet“
- **Eignungsgebiet D** „Sehr wahrscheinlich ungeeignet“

Die Bewertung erfolgt in 25 %-Schritten, basierend auf dem Anteil geeigneter Gebäude innerhalb eines Baublocks für eine bestimmte Versorgungstechnologie. Liegt der Anteil unter 25 %, wird das Gebiet als *sehr wahrscheinlich ungeeignet* eingestuft. Bei einem Anteil von 25 – 49 % gilt das Gebiet als *wahrscheinlich ungeeignet*. Erreicht der Anteil 50 – 75 %, wird das Gebiet als *wahrscheinlich geeignet* bewertet. Überschreitet die Eignung 75 %, wird das Gebiet dem *Eignungsgebiet A – sehr wahrscheinlich geeignet* zugeordnet.

Im Rahmen der Beurteilung der Eignung für Wärmenetze lassen sich unterschiedliche Versorgungsstrategien ableiten. Ist der Anteil geeigneter Gebäude mit unter 25 % sehr gering, scheidet der Aus- oder Neubau eines Wärmenetzes in der Regel aus; stattdessen wird eine dezentrale Versorgung – etwa durch Wärmepumpen oder Biomassekessel – angestrebt. In Gebieten mit einer *wahrscheinlich ungeeigneten* Bewertung (25 – 49 %) können sowohl zentrale als auch dezentrale Versorgungsvarianten in Erwägung gezogen werden, abhängig von den örtlichen Rahmenbedingungen und weiteren planerischen Aspekten.

Nachfolgende Grafik soll die Einteilung grafisch verdeutlichen.

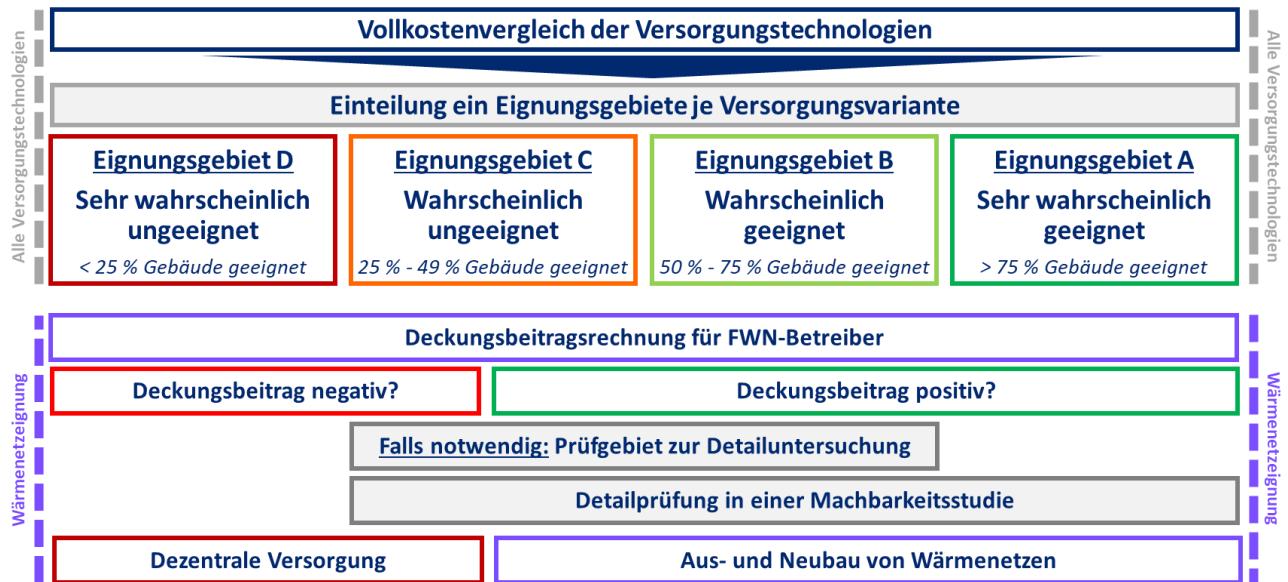


Abbildung 45: Methodik zur Einteilung in Eignungsgebiete [Q:3]

Die Einteilung der Wärmenetzeignung erfolgt anhand von vier Eignungskategorien. Ergänzend fließt in die Bewertung der Wärmenetzeignung auch der Aufwand für den Netzausbau mit ein. Mithilfe sogenannter Netzcluster werden Straßenabschnitte automatisiert hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit analysiert – basierend auf den zu erwartenden Netzbaukosten und potenziellen Wärmeerlösen. Die Eignungskategorien A bis C werden ausschließlich jenen Netzclustern zugewiesen, die einen positiven Deckungsbeitrag aufweisen.

Liegt der Anteil geeigneter Gebäude bzw. des gedeckten Wärmebedarfs zweier Versorgungsoptionen in einem Baublock jeweils im Bereich zwischen 49 % und 51 %, wird das Gebiet als *Prüfgebiet* ausgewiesen. Dies wird in den Grafiken in grauer Farbe dargestellt. In solchen Fällen ist eine vertiefte Einzelfallanalyse erforderlich.

Im Folgenden wird die Eignung für die Versorgungsarten Wasserstoffnetz, Wärmenetz und dezentrale Wärmeversorgung untersucht.

### 5.2.1 Eignungsbeurteilung Wärmenetz

Bei der Eignungsbeurteilung zur Wärmenetzauglichkeit kann der Vergleich zur Eignungsprüfung FernwärmeverSORGUNG aus der Bestandsanalyse hergestellt werden. Die Gebiete mit entsprechend hoher Eignungswahrscheinlichkeit aus der Vorprüfung, decken sich weitestgehend mit den geeigneten Gebieten nach Durchführung des Vollkostenvergleichs für den Eigentümer und der Deckungsbeitragsrechnung für den Wärmenetzbetreiber.

Große zusammenhängende Gebiete sind *sehr wahrscheinlich* für die Versorgung über ein Wärmenetz geeignet. Einzelne, stark zersiedelte Gebäude hingegen eignen sich nicht für eine Wärmenetzversorgung.

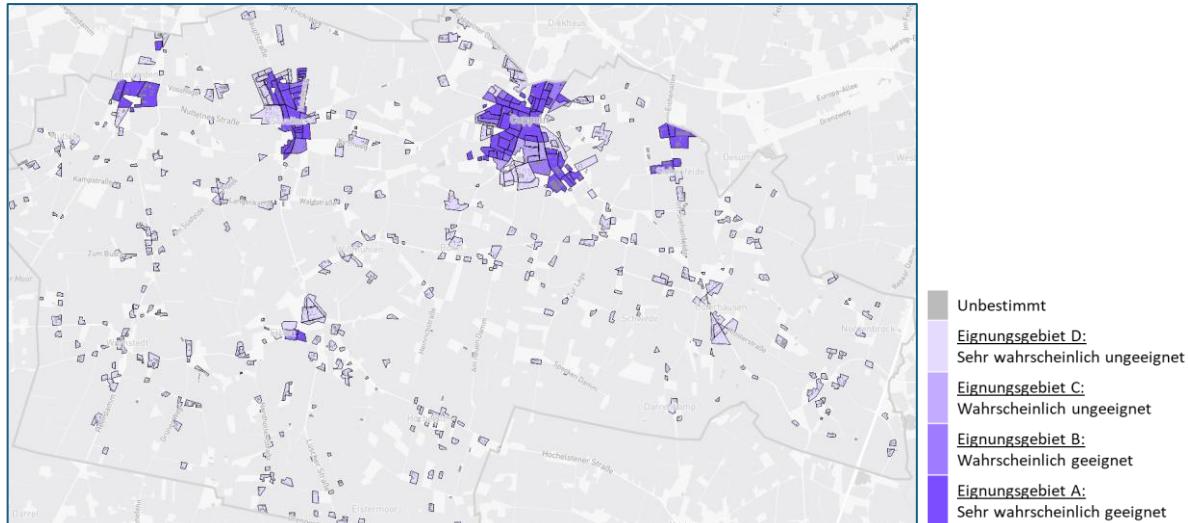


Abbildung 46: Eignungsbeurteilung Wärmenetz [Q:1]

### 5.2.2 Eignungsbeurteilung Dezentrale Versorgung

Wenn ein Wärmenetz in einem Gebiet als ungeeignet eingestuft wird, besteht die Möglichkeit einer dezentralen Wärmeversorgung. Dies trifft häufig auf abgelegene Bereiche zu, die sich für eine Netzversorgung nicht eignen. In der Grafik des Gemeindegebiets wird dies durch die dunkelrote Färbung dargestellt.

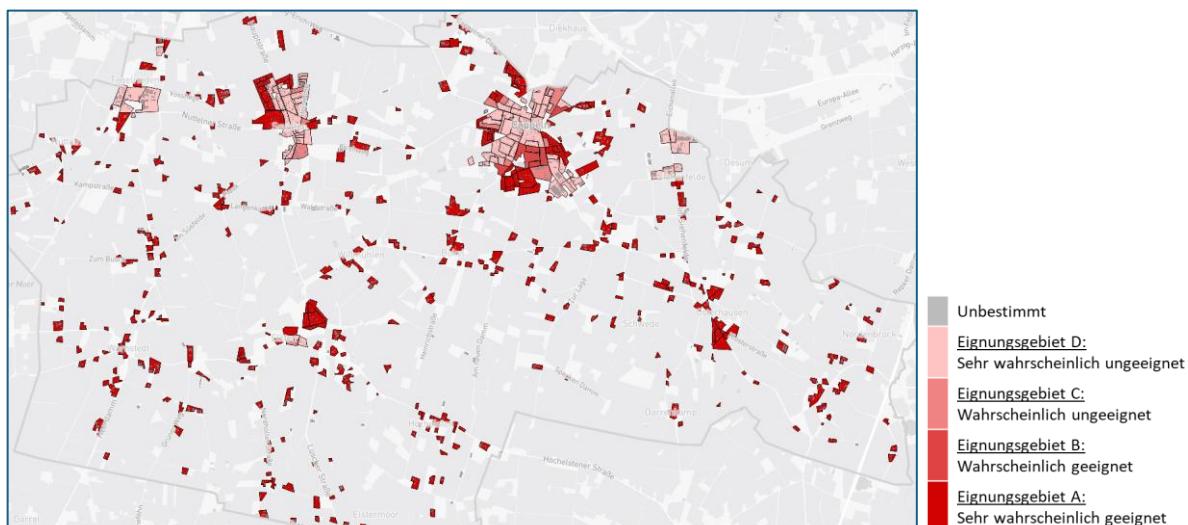


Abbildung 47: Zielzenario Dezentrale Versorgung [Q:1]

### 5.3 Maßgebliches Szenario

Das maßgebliche Szenario leitet sich aus den vorangegangenen Analysen sowie den spezifisch örtlichen Rahmenbedingungen ab. Die perspektivisch optimalen Wärmeversorgungstechnologien werden in den folgenden Auswertungen baublockweise aggregiert dargestellt.

Die zeitliche Zielgebietszuteilung erfolgt in Fünfjahresschritten. Maßgeblich ist dabei das Jahr, in dem der Anteil des deckbaren Wärmebedarfs im jeweiligen Baublock erstmals den festgelegten Schwellenwert von 49 % überschreitet. Die zeitliche Zuordnung zum jeweiligen Stützjahr zeigt, wann die Mehrheit, der im Baublock enthaltenen Gebäude auf Basis des gebäudescharfen Vollkostenvergleichs für die Zieltechnologie rechnerisch geeignet sind und erfolgt durch eine differenzierte Farbgebung der Baublöcke. Grundsätzlich sollte die Umstellung auf die jeweilige Zieltechnologie immer zum nächstmöglichen Zeitpunkt erfolgen.

Beim Vergleich zwischen unterschiedlichen Kommunalen Wärmeplanungen, wird die Bedeutung der Methodik zur Ermittlung des Zielszenarios herausgestellt. Je nach Software-Tool und Dienstleister wird die Zieltechnologie leider nicht immer auf Basis einer fundierten Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Vollkostenvergleich und Deckungsbeitragsrechnung erarbeitet. Oftmals basiert die Methodik lediglich auf einer Analyse der Wärmeliniendichte, wodurch die zukünftigen Heizungs-technologien im Ausschlussverfahren ermittelt werden. Auch die Anwendung unterschiedlicher Fernwärmekonzepte oder Kostensätze schränkt die Vergleichbarkeit zwischen den Wärmeplänen ein.

Für das Gemeindegebiet Cappeln wird künftig eine hybride Wärmeversorgung aus Wärmenetz und dezentraler Wärmeversorgung angestrebt. Die entlegeneren Gebäude sollten dezentral versorgt werden. Allerdings ist eine Umstellung der derzeit überwiegend fossilen Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger erforderlich. Der maßgebliche Teil sollte jedoch durch Wärmenetze versorgt werden.

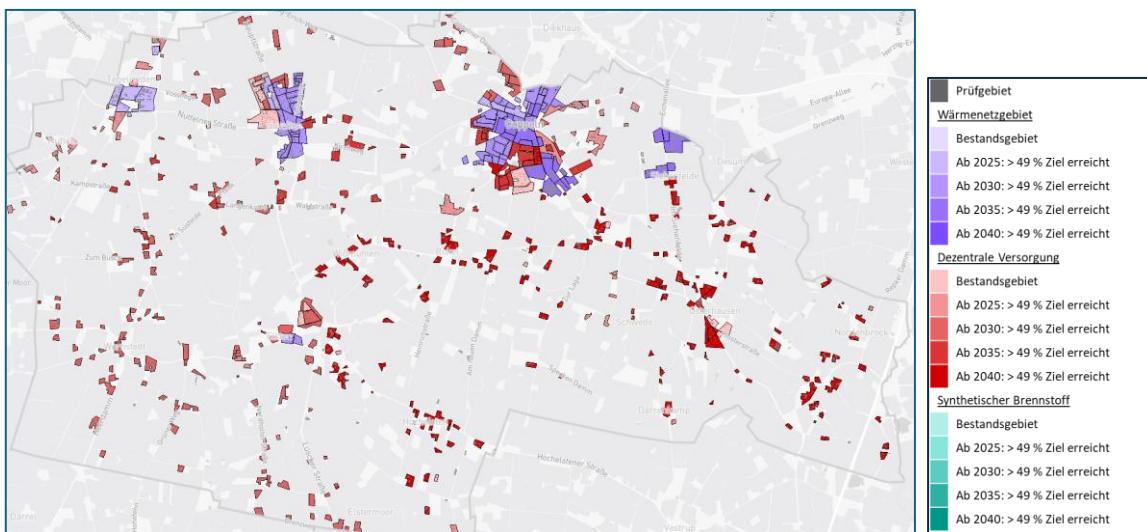


Abbildung 48: Maßgebliches Zielszenario [Q:1]

Im Zielszenario wird grundsätzlich zwischen zentraler Wärmeversorgung (Wärmenetzanschluss, ggf. Wasserstoffnetzanschluss) und dezentraler Versorgung (Biomassekessel, Wärmepumpen) unterschieden. Räumlich getrennte Gebiete, die als für eine Wärmenetzversorgung geeignet eingestuft wurden, könnten durch unterschiedliche Netzbetreiber mit variierenden Versorgungskonzepten erschlossen werden. Die konkrete Entwicklung von Wärmenetzen einschließlich der Erstellung eines detaillierten Versorgungskonzepts ist nicht Bestandteil der Kommunalen Wärmeplanung und wird im Kapitel zur Umsetzungsstrategie als empfohlene Maßnahme behandelt.

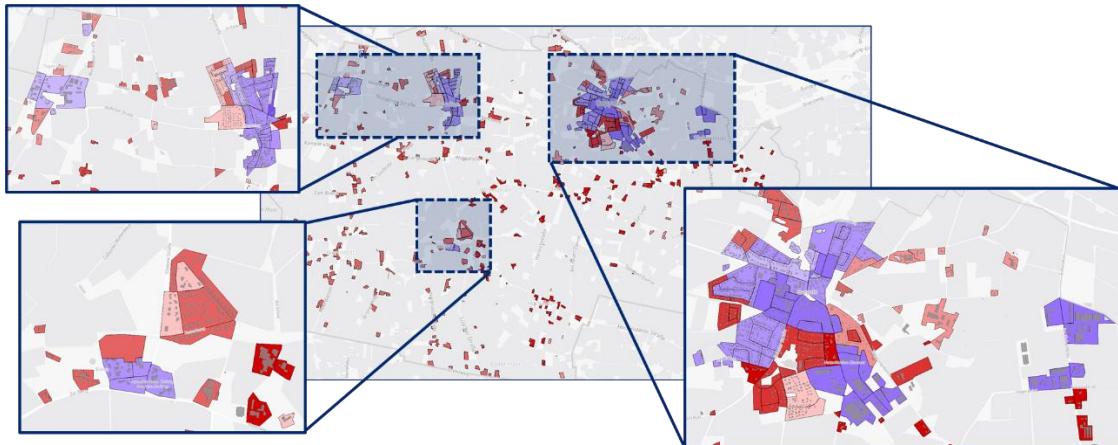


Abbildung 49: Voraussichtliches Szenario mit Großaufnahme der Siedlungsbereiche [Q:1]

### 5.3.1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasneutralität der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 stellt das zentrale Ziel der Kommunalen Wärmeplanung dar. Hierzu wurden in der Bestandsanalyse die aktuellen Emissionen eruiert. Durch die Umstellung auf das maßgebliche Zielszenario wird ein Pfad aufgezeigt, der eine zukünftig klimaneutrale Wärmeversorgung ermöglicht.

Im maßgeblichen Zielszenario wird der Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung im Zieljahr durch Wärmenetze, Umweltwärme und Biomasse gedeckt. Der Anteil der Umweltwärme ergibt sich aus dem Einsatz von Wärmepumpen. Den größten Energiebedarf verzeichnen dabei die privaten Haushalte, gefolgt von Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Öffentliche Einrichtungen können nahezu vollständig über Wärmenetze versorgt werden.

Die verbleibenden Treibhausgasemissionen im Zieljahr fallen gering aus und resultieren aus den Restemissionen der als erneuerbar bewerteten Energiequellen.

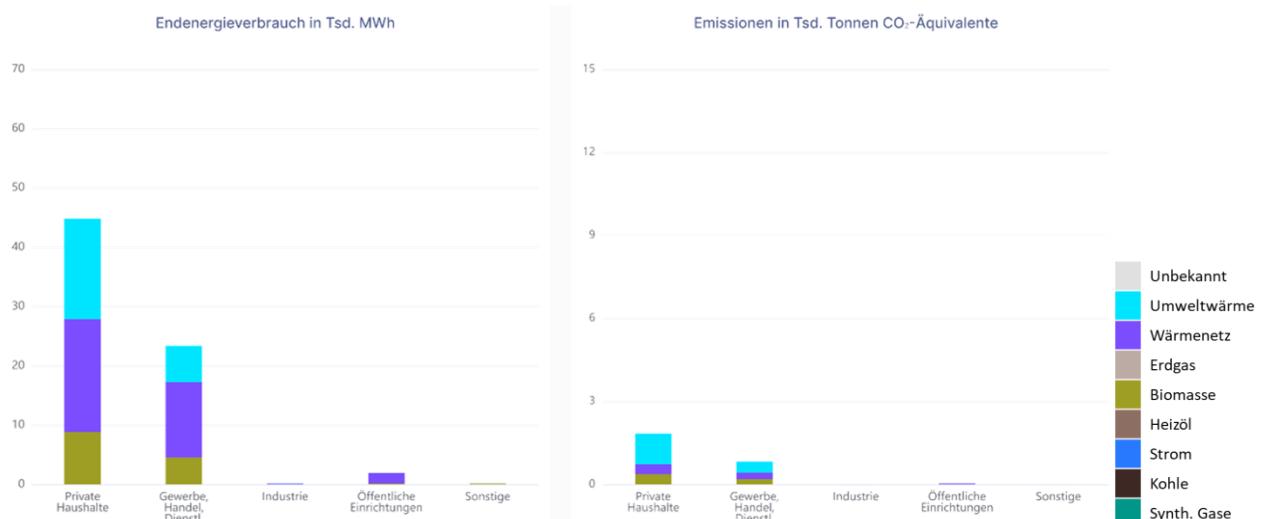


Tabelle 21: Endenergieverbrauch [GWh/a] und Emissionen [Tsd. tCO2] nach Technologien [Q:1]

1.288 Gebäude werden mittels Übergabestationen im Gebäude an einem Wärmenetz angeschlossen, die übrigen 2.114 sollen dezentral mit Wärmepumpen und Biomassekesseln versorgt werden.

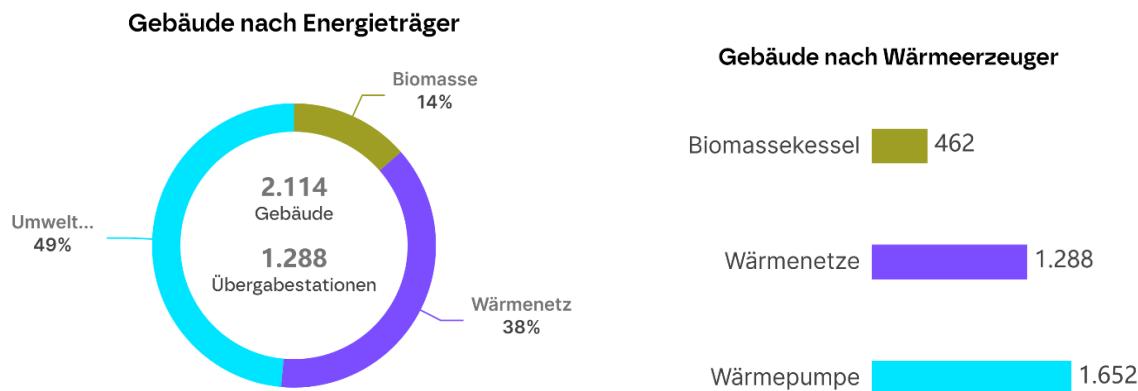


Abbildung 50: Zielszenario Gebäudeversorgung [Q:1]

Die im Zielszenario benötigte Endenergie von **ca. 71 GWh** wird etwa zur Hälfte durch die Wärmeversorgung aus den Wärmenetzen erzeugt. 33 % der Endenergie lässt sich auf den Betrieb durch Wärmepumpen zurückführen. Biomasse deckt einen Endenergieanteil im Zieljahr von ca. 19 %.

KWK-Anlagen (Blockheizkraftwerke mit gekoppelter, leitungsgebundener Wärmeversorgung werden über die Kategorie „Wärmenetze“ abgebildet. Als „Biomassekessel“ werden holzbasierte Zentralheizungen (Pellet- bzw. Hackschnitzelkessel) gewertet.

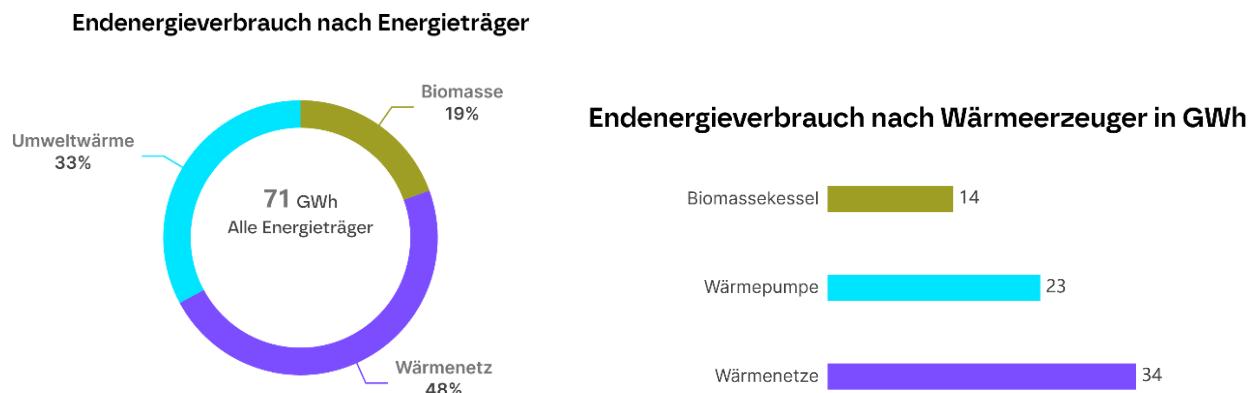


Abbildung 51: Zielszenario Endenergieverbrauch [Q:1]

Die Differenz des Wärmenetzanteils zwischen dem Verhältnis des Endenergieverbrauchs und der Anzahl an versorgten Gebäuden zeigt, dass Großverbraucher über Wärmenetze versorgt werden sollten.

Wie sich die Versorgung der Gebäude nach Heiztechnologie über die Jahre vom IST-Zustand zur Treibhausgasneutralität im Jahr 2040 entwickelt, kann folgendermaßen dargestellt werden. Es ist der sukzessive Umstieg von der überwiegend fossilen auf eine erneuerbare Wärmeenergieversorgung zu sehen.

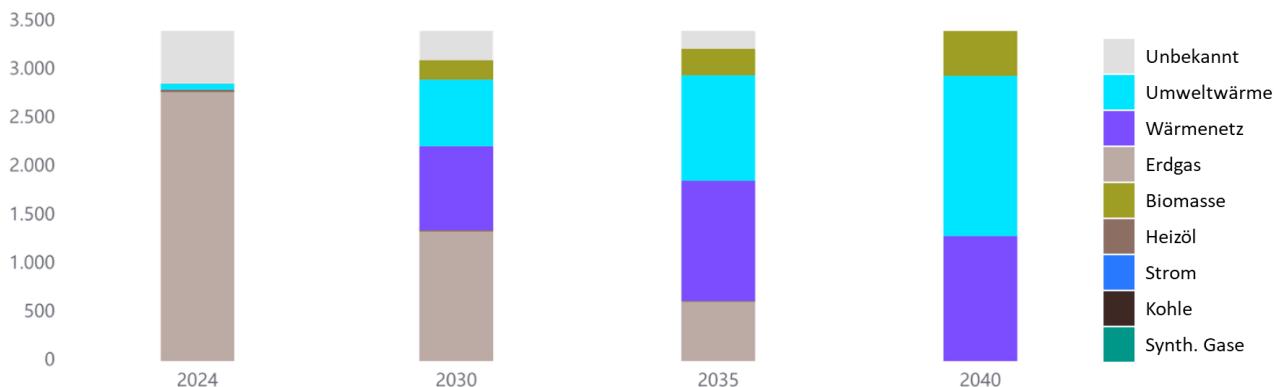


Abbildung 52: Anzahl der Gebäude nach Heiztechnologie [Anzahl] [Q:1]

	Stützjahr	2024	2030	2035	2040
Gebäude [Anzahl]	Wärmenetz	0	867	1.239	1.288
	Umweltwärme	63	686	1.087	1.652
	Biomasse	2	199	273	462
	Erdgas	2.771	1.336	610	0
	Kohle	0	0	0	0
	Heizöl	25	12	9	0
	Unbekannte	541	302	184	0

Tabelle 22: Anzahl der Gebäude nach Heiztechnologie [Anzahl] [Q:1]

Durch Energieeffizienzmaßnahmen reduziert sich in Zukunft der Endenergiebedarf. Für die Jahre 2030, 2035 und 2040 sieht die Verteilung der Endenergie nach Technologie demnach folgendermaßen aus.

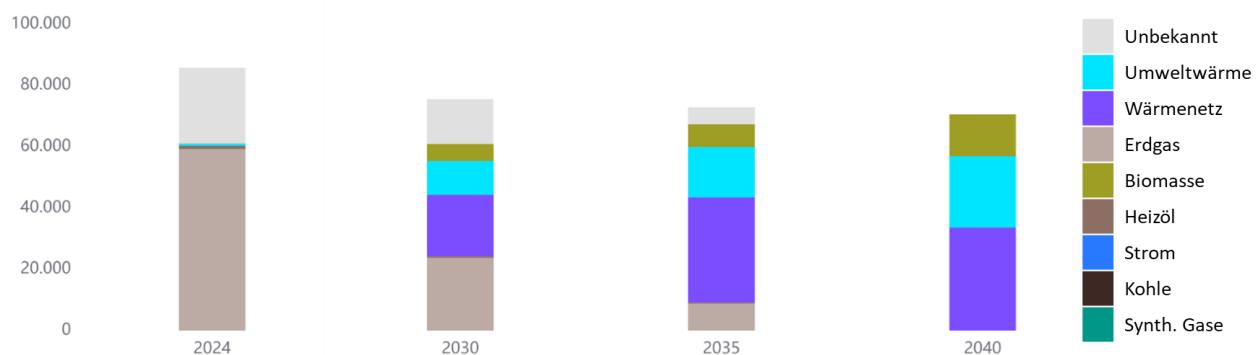


Abbildung 53: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heiztechnologie [MWh] [Q:1]

	Stützjahr	2024	2030	2035	2040
Endenergiebedarf [MWh]	Wärmenetz	0	20.035	34.309	33.675
	Umweltwärme	696	11.020	16.394	23.218
	Biomasse	118	5.547	7.438	13.715
	Erdgas	59.259	23.741	8.841	0
	Kohle	0	0	0	0
	Heizöl	1.023	571	400	0
	Unbekannt	24.703	14.679	5.560	0
	Summe	<b>85.798</b>	<b>75.593</b>	<b>72.942</b>	<b>70.608</b>

Tabelle 23: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heiztechnologie [MWh] [Q:1]

Der Pfad zur Treibhausgasneutralität ist einer der wichtigsten Teile der Wärmeplanung. Die Emissionen belaufen sich im Zieljahr nur noch auf einen sehr geringen, nicht zu vermeidenden Teil. Die durch die zunehmende Elektrifizierung geprägte Wärmewende kann das Ziel der Klimaneutralität nur erreichen, wenn der für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Somit steht die Wärmewende in direktem Zusammenhang zur sog. Stromwende.

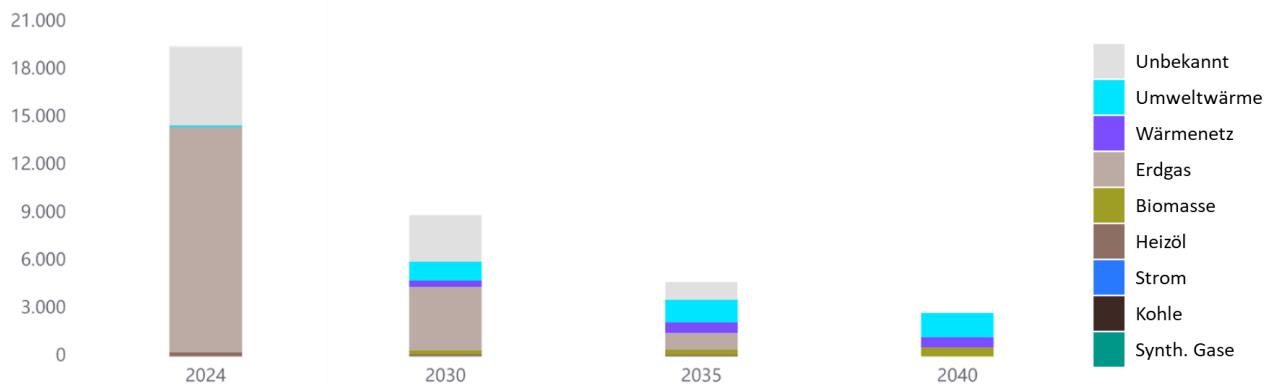


Abbildung 54: Emissionsentwicklung nach Heiztechnologie [tCO2] [Q:1]

	Stützjahr	2024	2030	2035	2040
Emissionen [tCO2]	Wärmenetz	0	394	664	640
	Umweltwärme	93	1.186	1.423	1.523
	Biomasse	5	240	317	576
	Erdgas	14.139	3.982	1.064	0
	Kohle	0	0	0	0
	Heizöl	272	152	106	0
	Unbekannt	4.965	2.950	1.118	0
	Summe	<b>19.475</b>	<b>8.905</b>	<b>4.692</b>	<b>2.739</b>

Tabelle 24: Emissionsentwicklung nach Heiztechnologie [tCO2] [Q:1]

Zusätzlich können folgende relevante Energiekennzahlen für das Bestands- sowie das Zielszenario für das Gemeindegebiet berechnet werden.

	Bestandsszenario 2024	Zielszenario 2040
Wärmebedarf pro Nutzfläche	56 kWh/m <sup>2</sup>	46 kWh/m <sup>2</sup>
Wärmebedarf pro Wohnfläche	185 kWh/m <sup>2</sup>	153 kWh/m <sup>2</sup>
Wärmebedarf pro Einwohner	10,0 MWh/EW	8,3 MWh/EW
Wärmeverbrauchsdichte	11 MWh/ha	9 MWh/ha
Wärmeliniedichte	483 kWh/m	397 kWh/m

Tabelle 25: Relevante Energiekennzahlen Bestands- und Zielszenario [Q:1]

### 5.3.2 Emissionseinsparung

Die Emissionseinsparung ergibt sich aus der Differenz zwischen Emissionsmenge der Bestandsanalyse und der Emissionsmenge des maßgeblichen Zielszenarios.

Angezeigt wird die Einsparung, wie bereits in der Bestandsanalyse, in Form des BKG-Rasters (100 m x 100 m).

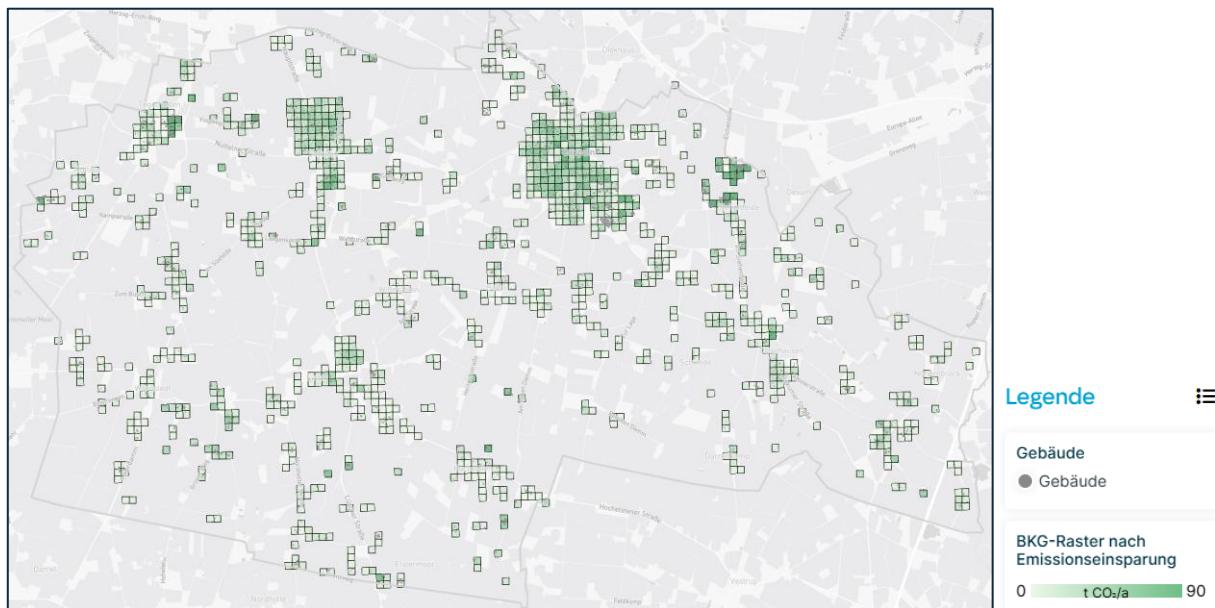


Abbildung 55: Emissionseinsparung im BKG-Raster [Q:1]

## 5.4 Kurzprüfung der Fernwärme Potenzialgebiete

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung werden die ermittelten Fernwärmepotenzialgebiete in einer ersten Untersuchung technisch individuell bewertet. Dabei wurde mithilfe der Software ein automatisierter Wärmenetzplan inklusive einer Netzdimensionierung für die ermittelten Potenzialgebiete erstellt. Die für die Kurzprüfung zugrunde gelegten Parameter basieren auf Berechnungswerten, die bei MaxSolar zur Ersteinschätzung der Umsetzbarkeit eingesetzt werden. Die Kurzprüfung ersetzt keine Machbarkeitsstudie, mit der die konkrete Wärmenetzentwicklung beginnt.

Im Rahmen der Kurzprüfung wird das Fernwärmennetz so ausgelegt, dass alle Liegenschaften im ausgewählten Gebiet vollständig versorgt werden können. Dabei wird ein minimal notwendiger Wärmeabsatz (bzw. eine minimal notwendige Anschlussquote für den Endausbau) ermittelt, der für einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes notwendig ist. Anhand dieser Kennzahl kann das Potenzialgebiet eingeschätzt werden. Je geringer der minimal notwendige Wärmeabsatz, desto einfacher kann ein Wärmenetz umgesetzt werden. Im Erstausbau liegt die erforderliche Anschlussquote meist zwischen 30 und 50 %. Im End- beziehungsweise Vollausbau erreichen Wärmenetze in der Praxis Anschlussquoten von 70 bis 90 %. Diese hohen Werte sind jedoch nur durch langjährige Nachverdichtungsmaßnahmen im Bestand realisierbar.

### 5.4.1 Potenzialgebiet Cappeln

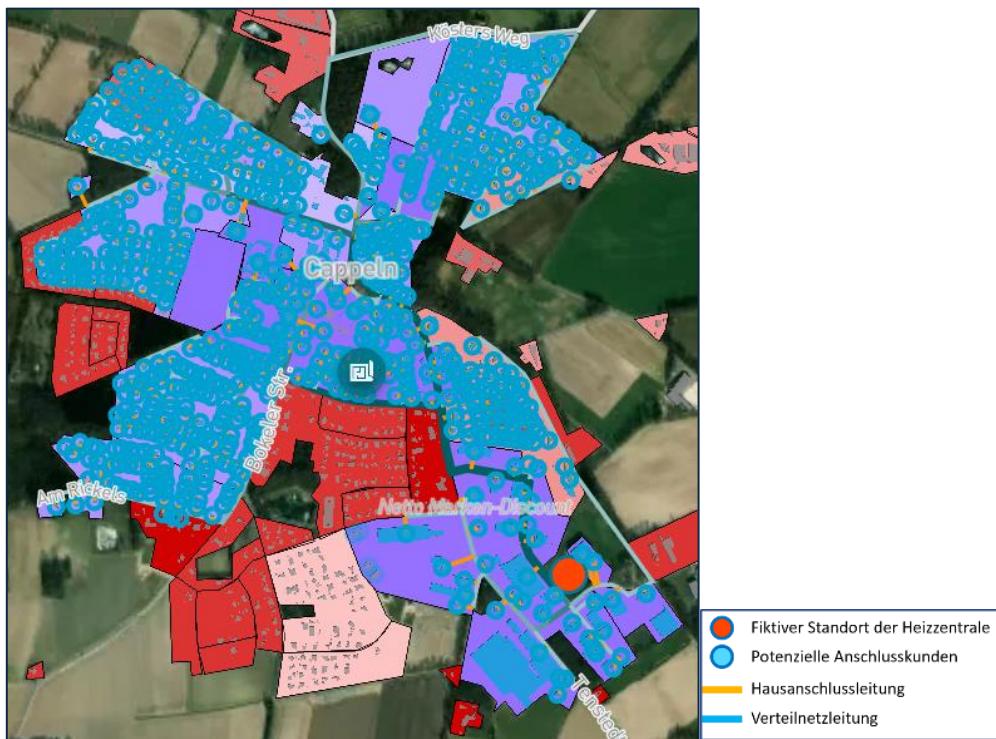


Abbildung 56: Fernwärmepotenzialgebiet Cappeln [Q:1] [Q:3]

Technische Daten zum Wärmenetz (Cappeln)		
	Minimale Ausbaustufe	Maximale Ausbaustufe
Anschlussquote	40%	100%
Anschlüsse	348	834
Verteilnetzlänge	16,86 km	16,86 km
Hausanschlusslänge	5,48 km	13,48 km
Wärmebedarf	10,14 GWh/a	22,74 GWh/a
Leistungsbedarf	2,42 MW	5,58 MW

Tabelle 26: Kurzprüfung des Fernwärmepotenzials Cappeln [Q:1] [Q:3]

### 5.4.2 Potenzialgebiet Elsten



Abbildung 57: Fernwärmepotenzialgebiet Elsten [Q:1] [Q:3]

Technische Daten zum Wärmenetz (Elsten)		
	Minimale Ausbaustufe	Maximale Ausbaustufe
Anschlussquote	30%	100%
Anschlüsse	13	27
Verteilnetzlänge	0,68 km	0,68 km
Hausanschlusslänge	0,12 km	0,43 km
Wärmebedarf	0,39 GWh/a	0,77 GWh/a
Leistungsbedarf	0,09 MW	0,19 MW

Tabelle 27: Kurzprüfung des Fernwärmepotenzials Elsten [Q:1] [Q:3]

### 5.4.3 Potenzialgebiet Sevelten



Technische Daten zum Wärmenetz (Sevelten)		
	Minimale Ausbaustufe	Maximale Ausbaustufe
Anschlussquote	50%	100%
Anschlüsse	195	371
Verteilnetzlänge	6,58 km	6,58 km
Hausanschlusslänge	2,85 km	5,60 km
Wärmebedarf	4,22 GWh/a	7,86 GWh/a
Leistungsbedarf	1,05 MW	1,96 MW

Tabelle 28: Kurzprüfung des Fernwärmepotenzials Sevelten [Q:1] [Q:3]

## 6 Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Die Umsetzungsstrategie bildet gemeinsam mit dem Maßnahmenkatalog ein zentrales Element der Kommunalen Wärmeplanung. Sie legt dar, wie die Kommune die Wärmeversorgung schrittweise transformieren kann – von einer derzeit überwiegend fossilen hin zu einer klimaneutralen, resilienten und langfristig tragfähigen Wärmeversorgungsstruktur. Ziel ist die vollständige Umstellung der Wärmebereitstellung auf erneuerbare Energien und unvermeidbarer Abwärme – unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und sozialer Verträglichkeit.

Auf Grundlage der vorangegangenen Bestands- und Potenzialanalysen beschreibt die Umsetzungsstrategie einen klaren Transformationspfad hin zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Sie übersetzt die übergeordneten Zielsetzungen in konkrete, aufeinander abgestimmte Handlungsschritte, die sowohl technische als auch organisatorische, rechtliche und finanzielle Aspekte einbeziehen. Dabei werden die lokalen Rahmenbedingungen, bestehende Infrastrukturen sowie mögliche Hemmnisse berücksichtigt und geeignete Lösungsansätze aufgezeigt, um eine realistische und umsetzbare Entwicklungsperspektive zu schaffen.

Das erarbeitete Zielszenario wird in einem nachvollziehbaren und transparenten Prozess in konkrete Handlungsempfehlungen und priorisierte Maßnahmen überführt. Der Maßnahmenkatalog dient dabei als praxisorientiertes Steuerungsinstrument, das sowohl strategische als auch operative Maßnahmen umfasst – etwa den Ausbau und die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze, die Integration erneuerbarer Wärmequellen, die Nutzung von Abwärme, die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand sowie begleitende Informations- und Beratungsangebote.

Zur besseren Einordnung werden die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Priorität, ihres zeitlichen Umsetzungshorizonts und ihres groben Kostenrahmens bewertet. Dadurch entsteht ein strukturiertes und handlungsorientiertes Instrument, das es der Kommune ermöglicht, die Wärmewende zielgerichtet, koordiniert und effizient umzusetzen. Die Umsetzungsstrategie bildet somit die verbindende Brücke zwischen planerischer Zieldefinition und konkreter Umsetzung auf dem Weg zu einer klimaneutralen kommunalen Wärmeversorgung.

## 6.1 Maßnahmen Wärmenetz

Zum Aus- und Neubau von Wärmenetzen können folgende Maßnahmen vorgeschlagen werden.

### 6.1.1 Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1

Nr.	#01	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung		
Bezeichnung:	Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 zur Errichtung eines Wärmenetzes.			
Maßnahmentyp:	Strategisch	Priorität:	Hoch	
Bereich:	Wärmenetz	Dauer:	6 – 12 Monate	
Verantwortliche Stakeholder:	Kommune, Potenzielle Betreibergesellschaften			
Betroffene Akteure:	Kommune, Bürger, Großverbraucher, Potenzielle Betreibergesellschaften			
Kostenrahmen: brutto	Individuell	Finanzierung/Kostenträger:	Kommune, BAFA-Förderprogramm	
Beschreibung:	<p>Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 zur Errichtung eines Wärmenetzes.</p> <p>Ziel dieser Studie ist es, die technische und wirtschaftliche Machbarkeit genauer zu prüfen.</p> <p>Dabei werden maximal die Leistungsphasen 1 bis 4 nach HOAI berücksichtigt. Die Kosten für eine Machbarkeitsstudie werden anteilig über die Gesamtsumme der anrechenbaren Kosten ermittelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- § 35 Abs. 1 – Gebäude/Innenräume</li> <li>- § 44 Abs. 1 – Ingenieurbauwerke</li> <li>- § 56 Abs. 1 – Technische Ausrüstung</li> </ul> <p>Als Basis für den Kostenrahmen wurde der Basishonorarsatz mit Honorarzone II gewählt.</p> <p>Im Zuge einer Machbarkeitsstudie, können mögliche Kooperationen mit Großverbrauchern, Wärmelieferanten oder anderen wesentlichen Akteuren, sowie verschiedene technische Varianten erarbeitet und geprüft werden.</p> <p>Die Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 ist eine Fördervoraussetzung für eine Investitionsförderung zur Umsetzung des Wärmenetzes nach BEW-Modul 2.</p>			
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschluss zur Durchführung der Machbarkeitsstudie</li> <li>- Ausschreibung bzw. Vergleichsangebotseinhaltung von Dienstleistern</li> <li>- Antragstellung zur Förderung nach BEW-Modul 1 &amp; Vergabe und Beauftragung eines Dienstleisters (vorbehaltlich Förderzusage)</li> <li>- Durchführung der Machbarkeitsstudie</li> </ul>			

### 6.1.2 Interessensabfrage Fernwärmeanschluss

Nr.	#02	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung				
Bezeichnung:	Durchführung einer Interessensabfrage für einen Fernwärmeanschluss in einem ausgewählten Versorgungsgebiet.					
Maßnahmentyp:	Strategisch	Priorität:	Hoch			
Bereich:	Wärmenetz	Dauer:	1 – 3 Monate			
Verantwortliche Stakeholder:	Kommune, Potenzielle Betreibergesellschaften					
Betroffene Akteure:	Kommune, Bürger, Großverbraucher, Potenzielle Betreibergesellschaften					
Kostenrahmen: brutto	2.000 €- 10.000 €	Finanzierung/Kostenträger:	Kommune, BAFA-Förderprogramm			
Beschreibung:	<p>Durchführung einer Interessensabfrage für einen Fernwärmeanschluss in einem ausgewählten Versorgungsgebiet. Mit dieser Interessensabfrage soll geprüft werden, wie viele Haushalte, Betriebe und Einrichtungen grundsätzlich an einem Anschluss an das zukünftige Fernwärmennetz interessiert sind.</p> <p>Die Interessensabfrage kann sowohl per Post als auch vollständig digital durchgeführt werden. Eine digitale Durchführung vereinfacht die Auswertung der Rückmeldungen, während eine postalische Abfrage die Bürgerinnen und Bürger persönlich anspricht.</p> <p>Die Interessensabfrage kann von der Gemeinde eigenständig, als auch durch einen beauftragten Dienstleister durchgeführt werden.</p> <p>Eine Interessensbekundung kann ggf. auch mit der Maßnahme #01 – Machbarkeitsstudie kombiniert werden.</p>					
Ablauf:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschluss zur Durchführung der Interessensabfrage</li> <li>- Evtl. Beauftragung eines Dienstleisters</li> <li>- Durchführung der Interessensbekundung</li> <li>- Auswertung der Rückmeldungen</li> </ul>					

## 6.2 Maßnahmen dezentrale Versorgung

Zur Umsetzung der dezentralen Versorgung in den vorab identifizierten Gebieten können folgende zwei Maßnahmen unterstützen.

### 6.2.1 Informationsveranstaltung zur Energieberatung

Nr.	#20	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung				
Bezeichnung:	Durchführung einer Informationsveranstaltung zur Energieberatung von Hauseigentümern zur dezentralen Versorgung					
Maßnahmentyp:	Informativ	Priorität:	Gering			
Bereich:	Dezentrale Versorgung	Dauer:	1 – 7 Tage			
Verantwortliche Stakeholder:	Kommune, Energieberater					
Betroffene Akteure:	Kommune, Bürger					
Kostenrahmen:	< 5.000 €	Finanzierung/Kostenträger:	Kommune, Landespezifische/Regionale Förderprogramme, Nationale Klimaschutzinitiative (NKI)			
Beschreibung:	Maßnahmen von Kommunen und Energieberatern zur Unterstützung von Bürger mit dezentraler Wärmeversorgung- Beratung, Koordination, Förderung, Umsetzung, etc....					
Maßnahmen:	<p><b>Kommune</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kommunale Wärmeplanung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhebung des Wärmebedarfs und-potenzials auf Gebäude- und Quartiersebene.</li> <li>• Zielgebiete festlegen für dezentrale Wärmeversorgung (z. B. Wärmepumpengebiete, Biomasseversorgung, Solarthermiequartiere).</li> <li>• Prioritäten setzen für Sanierung und Infrastrukturentwicklung.</li> </ul> </li> <li>2. Bereitstellung von Informationen &amp; Beratung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau einer kommunalen Beratungsstelle oder Kooperation mit der Verbraucherzentrale/Energieagentur.</li> <li>• Organisation von Infoveranstaltungen, Webinaren und Bürgerforen zu Wärmetechnologien und Förderprogrammen.</li> <li>• Erstellung von Energie-Guides oder Info-Broschüren.</li> </ul> </li> <li>3. Förderung &amp; Anreize <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunale Zuschüsse oder Boni ergänzend zu Bundesförderung (z. B. „Wärmepumpenbonus“, „Sanierungsprämie“).</li> <li>• Förderung von Machbarkeitsstudien oder ersten Energieberatungen.</li> <li>• Bereitstellung von kommunalen Grundstücken/Pilotflächen zur gemeinschaftlichen Wärmeerzeugung.</li> </ul> </li> <li>4. Unterstützung von Gemeinschaftslösungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung beim Aufbau von Bürgerenergiegenossenschaften.</li> <li>• Koordination bei der Quartiersentwicklung (z. B. für Nahwärmennetze oder zentrale Speicherlösungen).</li> <li>• Moderation von Nachbarschaftsinitiativen (z. B. Solargruppen, Pelletgemeinschaften, usw.).</li> </ul> </li> </ol>					

### Energieberater

#### 1. Gebäudespezifische Energieberatung

- Erstellung individueller Sanierungsfahrpläne (iSFP).
- Bewertung der Wärmeversorgungstechnologien für das jeweilige Gebäude (z. B. Wärmepumpe, Pelletheizung, Solarthermie).
- Wirtschaftlichkeitsanalysen, auch unter Einbezug von Fördermitteln.

#### 2. Fördermittelberatung

- Unterstützung bei Antragstellung für BEG-Förderung, KfW, BAFA etc.
- Optimierung der Kombination mehrerer Förderprogramme.

#### 3. Technologieneutrale Beratung

- Unabhängige Beratung ohne Herstellerinteresse.
- Aufzeigen von Systemkombinationen (z. B. Wärmepumpe + PV + Speicher).
- Abwägung von Zukunftssicherheit & Klimazielen.

#### 4. Begleitung von Umsetzung & Qualitätssicherung

- Unterstützung bei Ausschreibung & Handwerkerwahl.
- Baubegleitung bei Installation.
- Kontrolle von Energieeinsparzielen & Nachjustierung.

### Zusammenarbeit Kommune und Energieberater

Kommune:

- Identifiziert Zielgebiete
- Organisiert Infoveranstaltungen
- Koordiniert Förderprogramme
- Initiiert Projekte (z. B. Wärmenetz)
- Vermittelt Kontakte zu Handwerkern

Energieberater:

- Erstberatung der Bürger vor Ort
- Hält Fachvorträge & bietet Einzelfallberatung
- Unterstützt bei konkreter Antragstellung
- Berät zur Einbindung ins System
- Prüft Angebote & Umsetzung

Konkrete Maßnahmen:

- Wärmepumpen-Offensive- Kommune informiert & bezuschusst Erstberatung
- "Energielotse vor Ort": Regelmäßige Beratungstage im Rathaus
- "Sanierungsbonus für Altbauten": Kommune bietet zusätzlichen Zuschuss für Dämmung + Wärmepumpe
- "Energie-Check für Rentner": Energieberater prüfen Wärmeversorgung bei geringem Einkommen

### 6.2.2 Bildung von Facharbeitsgruppen oder eines Klimaschutz-Netzwerks

Nr.	#21	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung					
<b>Bezeichnung:</b>		Bildung von Facharbeitsgruppen oder eines Klimaschutz-Netzwerks zur Beratung der Bürger in dezentralen Versorgungsgebieten					
<b>Maßnahmentyp:</b>	Strategisch	<b>Priorität:</b>	Gering				
<b>Bereich:</b>	Dezentrale Versorgung	<b>Dauer:</b>	-				
<b>Verantwortliche Stakeholder:</b>	Kommune, Energieberater, Handwerk, Energiegenossenschaften						
<b>Betroffene Akteure:</b>	Kommune, Bürger						
<b>Kostenrahmen:</b>	Individuell	<b>Finanzierung/Kostenträger:</b>	Kommune, Nationale Klimaschutzinitiative (NKI)				
<b>Beschreibung:</b>							
<p>Diese Maßnahme zielt auf die Unterstützung und Aktivierung der Bürgerinnen und Bürger in dezentralen Versorgungsgebieten. Zur Förderung individueller, klimafreundlicher Heizlösungen sollen Facharbeitsgruppen eingerichtet werden, die als Anlaufstelle für Beratung und Austausch dienen.</p> <p>Die Facharbeitsgruppen bestehen idealerweise aus Vertreterinnen und Vertretern der Kommune, Energieberaterinnen und -beratern, lokalen Handwerksbetrieben sowie weiteren Fachleuten. Sie beraten zu möglichen Einzelmaßnahmen wie dem Einsatz von Wärmepumpen, Biomasseheizungen oder Solarthermieanlagen, begleiten bei der Auswahl geeigneter Technologien, unterstützen bei Förderanträgen und vermitteln Kontakte zu Fachfirmen.</p> <p>Durch gezielte Informationsveranstaltungen, Sprechstunden und praxisnahe Beispiele tragen die Gruppen dazu bei, die Akzeptanz und Umsetzungsbereitschaft bei den Bürgerinnen und Bürgern zu erhöhen und die Wärme wende auch außerhalb zentral versorger Gebiete aktiv voranzubringen.</p>							
<b>Ablauf:</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunaler Aufruf zur Beteiligung regionaler Energieberater, Handwerksbetrieben, Fachleuten</li> <li>- Bildung einer/mehrerer Facharbeitsgruppen</li> <li>- Gruppensteuerung und Organisation</li> </ul>							

## 6.3 Maßnahme Wasserstoffversorgung

Die Umstellung auf eine Wasserstoffversorgung im Rahmen des Transformationsplans lässt sich wie folgt darstellen.

Nr.	#10a	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung				
<b>Bezeichnung:</b>		Erstellung eines Transformationsplans zur Umstellung der Erdgasversorgung auf 100% Wasserstoffversorgung in der Bestandsinfrastruktur nach §71k GEG.				
<b>Maßnahmentyp:</b>	Strategisch	<b>Priorität:</b>	Gering			
<b>Bereich:</b>	Wasserstoffnetz	<b>Dauer:</b>	12 – 24 Monate			
<b>Verantwortliche Stakeholder:</b>	Kommune, Gasnetzbetreiber					
<b>Betroffene Akteure:</b>	Kommune, Bürger, Großverbraucher, Gasnetzbetreiber					
<b>Kostenrahmen:</b>	Individuell	<b>Finanzierung/Kostenträger:</b>	Kommune, Gasnetzbetreiber			
<b>Beschreibung:</b> Maßnahmen der Kommune und des Gasnetzbetreibers im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für eine zukünftige Wasserstoffversorgung:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bürger</li> <li>• Großverbraucher (z. B. Industrie, Wohnungswirtschaft)</li> <li>• Potenzielle Betreibergesellschaften (z. B. Stadtwerke, Energiegenossenschaften)</li> </ul>						
<b>Maßnahmen:</b> <p><b>Kommune</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strategische &amp; planerische Maßnahmen           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration von Wasserstoff als Option in die Wärmeplanung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Identifikation von Gebieten mit potenziell langer Erdgas-Nutzung (z. B. schlecht sanierbar).</li> <li>◦ Szenarien für Wasserstoffverfügbarkeit (Zeitachsen, Netzkonversion).</li> </ul> </li> <li>• Potenzialanalyse Wasserstoffbedarf:               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Einschätzung von Bedarf bei Bürgern, Industrie, Gewerbe.</li> <li>◦ Abgleich mit H<sub>2</sub>-Angebotsprognosen.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>2. Flächen- &amp; Infrastrukturplanung           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservierung von Flächen für Elektrolyseure, Speicher, H<sub>2</sub>-Anwendungen.</li> <li>• Vereinfachung von Genehmigungen für Infrastrukturprojekte (z. B. H<sub>2</sub>-Nahwärme, Speicher).</li> </ul> </li> <li>3. Öffentlichkeitsarbeit &amp; Moderation           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bürgerdialoge zum Thema H<sub>2</sub>-Sicherheit, Versorgung, Perspektiven.</li> <li>• Koordination von Großverbrauchern, Netzbetreibern und H<sub>2</sub>-Initiativen.</li> <li>• Initiierung von Arbeitsgruppen, H<sub>2</sub>-Foren, kommunalen Energieräten.</li> </ul> </li> <li>4. Förderung und Beteiligung           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunale Förderprogramme</li> <li>• Beteiligung an H<sub>2</sub>-Betreibergesellschaften</li> </ul> </li> </ol> <p><b>Gasnetzbetreiber</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infrastrukturmaßnahmen           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse und Offenlegung der Netz-H<sub>2</sub>-Tauglichkeit (Materialien, Druckstufen).</li> <li>• Planung &amp; Umsetzung von H<sub>2</sub>-ready-Umstellungen</li> <li>• Sektorübergreifende Netzintegration:               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anbindung an Wasserstoff-Backbone (d.h. Initiative europäischer Gasnetzbetreiber zum Aufbau eines europaweiten Wasserstoff-Transportnetzes)</li> <li>◦ Entwicklung regionaler Einspeisepunkte (z. B. Elektrolyse mit PV/Wind).</li> </ul> </li> </ul> </li> </ol>						

## 2. Kunden- und Marktintegration

- Beratung und Begleitung von Bürgern & Industrie zu H<sub>2</sub>-ready-Technologien.
- Information über Umrüstzyklen, Geräteeignung, Prüfpflichten.

## 3. Pilotprojekte &amp; Forschung

- Beteiligung an Feldversuchen und Demonstrationsprojekten (z. B. 100 % H<sub>2</sub>-Versorgung eines Quartiers).
- Aufbau von Technologiezentren oder H<sub>2</sub>-Laboren in Kooperation mit Kommune & Hochschule.

**Konkrete Maßnahmen nach Zielgruppen:****Bürger**

Maßnahme	Verantwortlich	Beschreibung
Aufklärungskampagnen	Kommune, Netzbetreiber	H <sub>2</sub> -Technologien, Sicherheit, Geräteumrüstung
Beratung zu H <sub>2</sub> -ready-Heizungen	Netzbetreiber, Kommune (z. B. Energieagentur)	Technische und finanzielle Beratung
Förderung & Zuschüsse	Kommune	Zuschüsse für H <sub>2</sub> -fähige Heiztechnik
Pilotquartiere auswählen	Kommune + Netzbetreiber	Erste Gebiete mit H <sub>2</sub> -Netzumstellung
Angebots-/Bedarfsabfrage	Kommune	Wer ist an H <sub>2</sub> interessiert? Frühzeitig einbeziehen

**Großverbraucher**

Maßnahme	Verantwortlich	Beschreibung
Bedarfs-Workshops & Stakeholder-Runden	Kommune	Koordination von Industrieinteressen
Umsetzungsfahrpläne für Netzzugänge	Netzbetreiber	Planung konkreter Netzanschlüsse oder Umrüstungen
Beratung zu H <sub>2</sub> -Prozessen	Netzbetreiber + technische Berater	Prozesswärme, BHKW, H <sub>2</sub> -Backup-Systeme
H <sub>2</sub> -Poolingmodelle	Kommune & Netzbetreiber	Gemeinsamer Einkauf/Nutzung von Wasserstoff
Förderprojekte initiieren	Kommune	BEW-/IPCEI-/H <sub>2</sub> Global-Förderanträge koordinieren

**Potenzielle Betreibergesellschaften**

Maßnahme	Verantwortlich	Beschreibung
Modellbetreiberstrukturen entwickeln	Kommune	z. B. Stadtwerke, Genossenschaften, Kooperationen
Betreiber-Workshops & Ausschreibungen	Kommune	Auswahl geeigneter Partner für Infrastruktur
Regelung der Zuständigkeiten	Kommune + Netzbetreiber	Betrieb, Wartung, Kundenservice etc.
Machbarkeitsstudien & Business Cases	Betreibergesellschaft	Wirtschaftlichkeit und Betriebskostenmodelle
Beteiligungsmodelle schaffen	Kommune	Beteiligung von Bürgern oder Wirtschaft am H <sub>2</sub> -Netz

## 6.4 Maßnahmen zur Potenzialnutzung

Um den Ausbau des vorhandenen Potenzials zu verstärken, könnten Machbarkeitsprüfungen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen, für Windenergieanlagen und zum Abwasserpotenzial erstellt werden.

### 6.4.1 Machbarkeitsprüfung Photovoltaikanlagen auf Freiflächen (FFPV)

Nr.	#30	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung		
<b>Bezeichnung:</b>		Durchführung einer Machbarkeitsprüfung zur technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit von Freiflächen-Photovoltaikanlagen zur direkten oder indirekten Unterstützung der kommunalen Wärmeversorgung		
<b>Maßnahmentyp:</b>		Strategisch	<b>Priorität:</b>	Mittel
<b>Bereich:</b>		Potentialnutzung	<b>Dauer:</b>	3 – 6 Monate
<b>Verantwortliche Stakeholder:</b>		Kommune		
<b>Betroffene Akteure:</b>		Kommune, Dienstleister/Ingenieurbüro, Umwelt- und Genehmigungsbehörden, Netzbetreiber, Flächeneigentümer, Projektentwickler, Energiegenossenschaften		
<b>Kostenrahmen: brutto</b>		Individuell	<b>Finanzierung/Kostenträger:</b>	Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) / Kommunalrichtlinie, Förderprogramme der Bundesländer, BEW-Modul I (spätere Kopplung mit Wärmenetzen), EU-Fördermittel, Eigenmittel der Kommune
<b>Beschreibung:</b> Die Maßnahme umfasst die systematische Untersuchung geeigneter Freiflächen innerhalb des Gemeindegebiets oder in direkter Umgebung.				
<u>Bestandteile der Machbarkeitsprüfung:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse potenzieller Flächen nach Lage, Größe, Exposition, Eigentumsverhältnissen und naturschutzrechtlichen Einschränkungen</li> <li>• Ermittlung des potenziellen Stromertrags (PV-Ertragsgutachten)</li> <li>• Bewertung der Anbindungsmöglichkeiten an Strom- und Wärmenetze</li> <li>• Prüfung möglicher Nutzungskonzepte:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Direkte Versorgung von Wärmepumpen</li> <li>- Einspeisung in Power-to-Heat oder Power-to-Gas-Anlagen (z. B. Elektrokessel oder Elektrolyseanlagen)</li> <li>- Kopplung mit Speichertechnologien (Strom- oder Wärmespeicher)</li> </ul> </li> <li>• Genehmigungsrechtliche Prüfung (z. B. BImSchG, Bauleitplanung)</li> <li>• Abschätzung von Kosten, Erlösen und Fördermöglichkeiten</li> </ul>				
<b>Ablauf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergabe und Beauftragung eines Dienstleisters</li> <li>- Durchführung der Machbarkeitsprüfung</li> <li>- Auswertung und Durchführung</li> </ul>				

### 6.4.2 Machbarkeitsprüfung Windenergieanlagen

Nr.	#31	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung		
<b>Bezeichnung:</b>		Durchführung einer Machbarkeitsprüfung zur technischen, wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Umsetzbarkeit von Windenergieanlagen zur direkten oder indirekten Unterstützung der kommunalen Wärmeversorgung		
<b>Maßnahmentyp:</b>		Strategisch	<b>Priorität:</b>	mittel
<b>Bereich:</b>		Potentialnutzung	<b>Dauer:</b>	3 – 6 Monate
<b>Verantwortliche Stakeholder:</b>		Kommune		
<b>Betroffene Akteure:</b>		Kommune, Dienstleister/Ingenieurbüro, Umwelt- und Genehmigungsbehörden, Netzbetreiber, Flächeneigentümer, Projektentwickler, Energiegenossenschaften		
<b>Kostenrahmen: brutto</b>		Individuell	<b>Finanzierung/Kostenträger:</b>	Förderprogramme der Länder für Windenergieplanung, Bundesförderung (z. B. Kommunalrichtlinie, BEW bei Wärmenetzkopplung), EU-Fördermittel (z. B. REPowerEU), Beteiligung privater Investoren oder Energiegenossenschaften
<p><b>Beschreibung:</b>  Die Maßnahme dient der Bewertung des lokalen Windenergiepotenzials und der möglichen Nutzung des erzeugten Stroms für Wärmeversorgungskonzepte.</p> <p><b>Schwerpunkte der Machbarkeitsprüfung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifikation geeigneter Flächen für Windenergieanlagen unter Berücksichtigung von Abstandsregelungen, Schutzgebieten und Flächennutzungsplanung</li> <li>Abschätzung des zu erwartenden Stromertrags</li> <li>Prüfung technischer Möglichkeiten zur Nutzung des Windstroms in Wärmeerzeugungsanlagen (z. B. Wärmepumpen, elektrische Heizkessel, Speicherlösungen)</li> <li>Netzintegration: Prüfung der Strom- und Wärmeinfrastruktur zur Einspeisung und Nutzung des Windstroms</li> <li>Genehmigungsrechtliche und umweltfachliche Bewertung</li> <li>Wirtschaftlichkeitsanalyse und Betrachtung von Fördermöglichkeiten</li> </ul> <p><b>Ablauf:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vergabe und Beauftragung eines Dienstleisters</li> <li>Durchführung der Machbarkeitsprüfung</li> <li>Auswertung und Durchführung</li> </ul>				

### 6.4.3 Machbarkeitsprüfung Abwasserpotenzial

Nr.	#36	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung				
<b>Bezeichnung:</b>		Durchführung einer Machbarkeitsprüfung zur technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit einer Nutzung von Abwasserwärmepotenzialen.				
<b>Maßnahmentyp:</b>	strategisch	<b>Priorität:</b>	Mittel			
<b>Bereich:</b>	Potentialnutzung	<b>Dauer:</b>	3 – 6 Monate			
<b>Verantwortliche Stakeholder:</b>	Kommune					
<b>Betroffene Akteure:</b>	Kommune, Infrastrukturbetreiber, Dienstleister/Ingenieurbüro, Genehmigungsbehörden, Betreiber Wärmenetz					
<b>Kostenrahmen: brutto</b>	Individuell	<b>Finanzierung/Kostenträger:</b>	Kommune, Landesspezifische/Regionale Förderprogramme			
<p><b>Beschreibung:</b></p> <p>Ziel dieser Maßnahme ist die systematische Prüfung der Möglichkeiten zur Nutzung von Abwasser als nachhaltige Wärmequelle im Gemeindegebiet. Abwasser enthält ganzjährig nutzbare thermische Energie, die über Wärmetauscher und Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden oder zur Einspeisung in ein Wärmenetz genutzt werden kann. In der Machbarkeitsprüfung werden geeignete Standorte (z. B. in der Nähe größerer Abwasserkanäle oder Kläranlagen), das vorhandene Temperaturniveau des Abwassers, technische Anschlussmöglichkeiten sowie mögliche Wärmesenken identifiziert und analysiert. Unter Umständen sind Temperatur und Durchflussmessungen über einen längeren Zeitraum notwendig. Die interkommunale Zusammenarbeit bei gemeinsam genutzter Infrastruktur spielt hier eine zentrale Rolle.</p> <p>Zusätzlich wird eine wirtschaftliche Bewertung vorgenommen, die Investitionskosten, Betriebskosten, Fördermöglichkeiten sowie Einsparpotenziale bei Treibhausgasemissionen berücksichtigt. Ziel ist es, eine fundierte Entscheidungsgrundlage für eine mögliche Umsetzung zu schaffen und erste Umsetzungsschritte vorzubereiten, etwa in Form einer Vorplanung oder Fördermittelbeantragung.</p> <p>Die Maßnahme unterstützt die langfristige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, insbesondere im Bestand, und trägt zur Erreichung der kommunalen Klimaziele bei.</p>						
<p><b>Ablauf:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergabe und Beauftragung eines Dienstleisters</li> <li>- Durchführung der Machbarkeitsprüfung</li> <li>- Auswertung und Durchführung</li> </ul>						

## 6.5 Maßnahme Öffentlichkeitsarbeit

Ein essenzieller Teil für die erfolgreiche Umsetzung der KWP ist die aktive Beteiligung der Öffentlichkeitsarbeit.

Nr.	#51	Maßnahmensteckbrief zur Kommunalen Wärmeplanung				
Bezeichnung:	Anschlusskommunikation und Vorbereitung weiterer Umsetzungsschritte durch Verwaltung, Politik und lokale Akteure					
Maßnahmentyp:	Strategisch	Priorität:	Hoch			
Bereich:	Kommunikation	Dauer:	fortlaufend			
Verantwortliche Stakeholder:	Kommune					
Betroffene Akteure:	Kommune, Bürger, Industrie/Handel/Dienstleistungen					
Kostenrahmen: <i>brutto</i>	individuell	Finanzierung/Kostenträger:	Kommune			
Nach der öffentlichen Präsentation der Wärmeplanungsergebnisse erfolgt eine gezielte Anschlusskommunikation und politische sowie verwaltungsinterne Vorbereitung der Umsetzung:						
<b>Kommunikative Maßnahmen:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veröffentlichung eines Maßnahmenfahrplans / Prioritätenkatalogs (kurz- und mittelfristige Maßnahmen)</li> <li>• Information der Fachgremien und Ausschüsse über notwendige Entscheidungen</li> <li>• Zielgerichtete Ansprache relevanter Akteursgruppen (z. B. Wohnungswirtschaft, Netzbetreiber, Gewerbe, Energiedienstleister)</li> <li>• Einrichtung eines Online-Dossiers / Projektstatusseite zur Fortschrittsverfolgung</li> </ul>						
<b>Politisch-administrative Schritte:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration der Wärmeplanung in die kommunale Entwicklungsstrategie (z. B. Stadtentwicklung, Bau- und Raumplanung, Klimaschutzkonzepte)</li> <li>• Vorbereitung der Umsetzung von Schlüsselmaßnahmen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Detailplanung von Wärmenetzen in Vorranggebieten</li> <li>○ Kooperationsvereinbarungen mit Versorgern</li> <li>○ Start von Quartierskonzepten / Machbarkeitsstudien</li> </ul> </li> <li>• Ressourcen- und Personalplanung zur Umsetzung koordinierender Aufgaben (z. B. Klimaschutzmanager / Wärmemanager)</li> <li>• Vorbereitung von Förderanträgen für investive Folgeprojekte (z. B. BEW, KfW, Landesprogramme)</li> <li>• Prüfung zur Einführung kommunaler Satzungen / Instrumente, z. B. Anschluss- und Benutzungszwang, Solarpflicht, energetische Vorgaben bei Neubau</li> </ul>						
<b>Verantwortliche Akteure:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeindeverwaltung (Klimaschutz, Stadtentwicklung, Bauamt)</li> <li>• Bürgermeister/in und politische Gremien</li> <li>• Netzbetreiber (Strom, Gas, Wärme)</li> <li>• Wohnungsbaugesellschaften / Eigentümergemeinschaften</li> <li>• Regionale Energieagenturen und Fördermittelberater</li> <li>• Externe Fachplaner / Projektentwickler</li> </ul>						
<b>Ablauf:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abschluss Kommunikation, Veröffentlichung Fahrplan</li> <li>- Vorbereitung politischer Beschlüsse, Förderanträge, erste Machbarkeitsstudien</li> <li>- ab 2026 ff: Start vorbereitender und investiver Umsetzungsprojekte</li> </ul>						

## 6.6 Umsetzungsstrategie

Die Umsetzungsstrategie beschreibt den geplanten Ablauf zur schrittweisen Realisierung der im Maßnahmenkatalog definierten Vorhaben und bildet damit den zentralen Handlungsrahmen für die praktische Umsetzung der Wärmeplanung. Sie zeigt auf, in welcher zeitlichen und organisatorischen Abfolge die Maßnahmen umgesetzt werden sollten. Dabei müssen nicht alle aufgelisteten Maßnahmen zwingend umgesetzt werden. Hier sollte nach Priorität und Anteil der Versorgungart am Endenergieverbrauch im Zielszenario entschieden werden.

Daher sollten Maßnahmen zur Entwicklung von Wärmenetzen in Cappeln priorität vorangetrieben werden. Die potenzielle Errichtung von Windenergieanlagen oder Freiflächen-Photovoltaikanlagen zur erneuerbaren Stromversorgung kann dabei auch der Umsetzung einer stromgeführten FernwärmeverSORGUNG dienen.

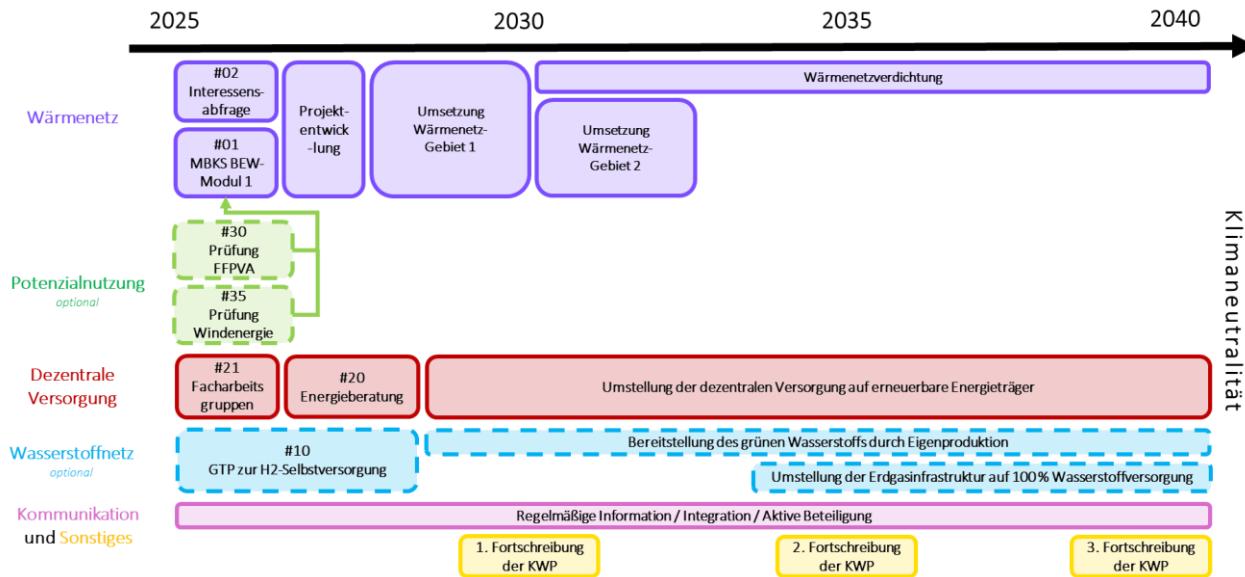


Abbildung 59: Umsetzungsstrategie für die Wärmewende in Cappeln [Q:3]

### 6.6.1 Umsetzung von Wärmenetzen

Der Weg zur erfolgreichen Entwicklung von Wärmenetzen in Bestands- und Neubaugebieten lässt sich wie folgt darstellen. Dabei sollten Synergieeffekte zwischen einer Interessensabfrage zum Wärmenetzanschluss und einer Machbarkeitsstudie gemäß BEW-Modul 1 genutzt werden, um eine möglichst realitätsnahe Prüfung der Machbarkeit zu gewährleisten.

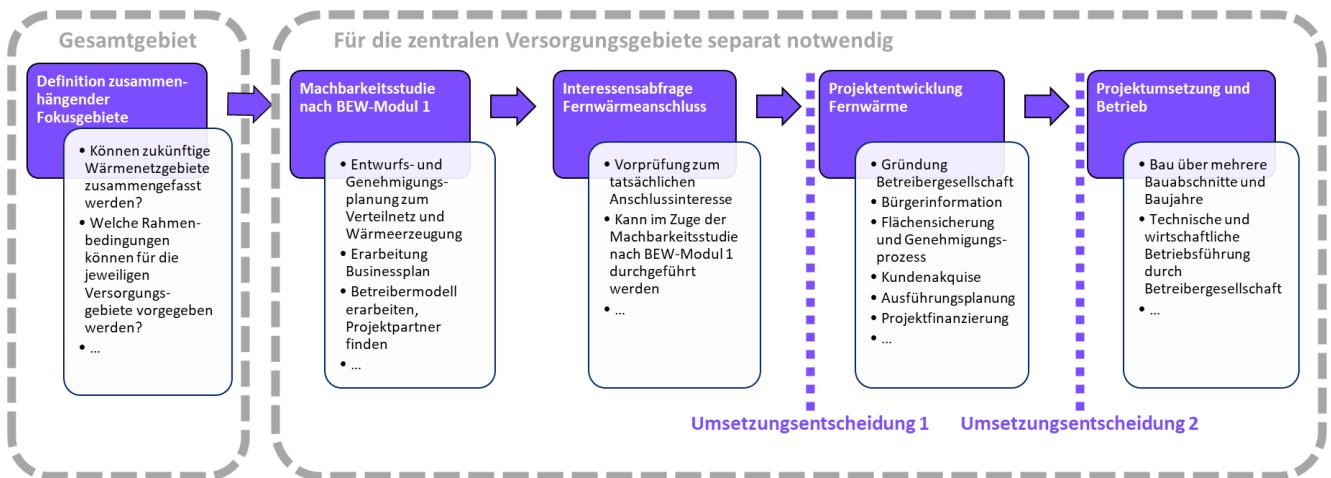


Abbildung 60: Ablaufplan Maßnahme Wärmenetz [Q:3]

Eine Machbarkeitsstudie zur Wärmenetzentwicklung kann durch detaillierte Prüfungen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen unterstützt werden. Ziel ist es, das in der Machbarkeitsstudie erarbeitete Erzeugungskonzept mit belastbaren Daten abzusichern und gleichzeitig die regionale Wertschöpfung zu stärken. Abhängig vom betrachteten Erzeugungskonzept können sowohl Maßnahmen zur direkten Wärmenutzung als auch Maßnahmen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms sinnvoll sein.

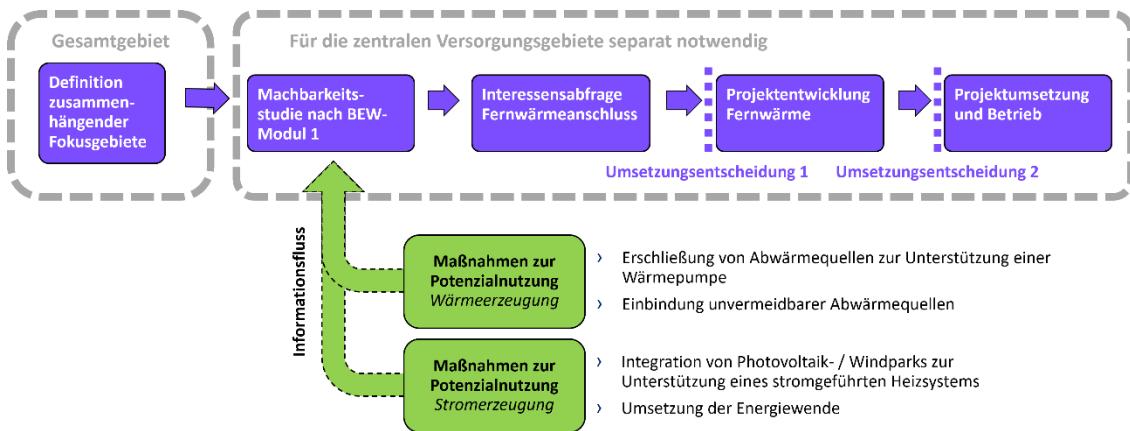


Abbildung 61: Ablaufplan mit Maßnahmen zur Potenzialnutzung [Q:3]

## 7 Prozessübergreifende Elemente der Kommunalen Wärmeplanung

### 7.1 Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie wurde bereits in einer frühen Projektphase entwickelt. Das Ziel ist, neben der Information der Bevölkerung und der Förderung von Akzeptanz, die Kommunikation der Ergebnisse von Bestands-, Potenzialanalyse und Zielszenario sowie die Veröffentlichung des Fachgutachtens. Die Kommunikation ist ein entscheidender Faktor zum Erfolg der Kommunalen Wärmeplanung (KWP).

Kommunikationsabschnitte	Öffentlichkeitsarbeit
<b>Kick-off</b>	Planungsverantwortlicher Stelle  Pressemitteilung
<b>Akteursanalyse</b>	Identifizierung und Klassifizierung aller Akteure  Einbindung wesentliche Akteure online
<b>Bestands- und Potenzialanalyse</b>	Vorstellung in öffentlicher Sitzung Planungs-, Umwelt- und Wegeausschuss Cappeln <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikation über Pressemitteilung und Offenlegung der Präsentation auf der Webseite der Kommune</li> <li>- Freischaltung des öffentlichen Beteiligungsportals für 30 Tage</li> <li>- Auswertung der Stellungnahmen und Berücksichtigung in der KWP</li> <li>- Veröffentlichung FAQ-Liste</li> </ul>
<b>Zielszenario und Maßnahmen</b>	Vorstellung Gemeinde <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikation über Pressemitteilung und Offenlegung der Präsentation auf der Webseite der Kommune</li> <li>- Freischaltung des öffentlichen Beteiligungsportals für 30 Tage</li> <li>- Auswertung der Stellungnahmen und Berücksichtigung in der KWP</li> <li>- Veröffentlichung FAQ-Liste</li> </ul>
<b>Bürgerinformationsveranstaltung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikation</li> <li>- Einladung</li> <li>- Pressemitteilung</li> </ul>
	Wichtige Akteure, Multiplikatoren, Heizungsbauer, Schornsteinfeger, Nachbarkommunen etc.
<b>Fachgutachten</b>	Vorstellung Fachgutachten – Ratsinformation Cappeln
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikation über Pressemitteilung und Offenlegung der Präsentation auf der Webseite der Kommune</li> <li>- Ratsbeschluss durch Kommune</li> <li>- Veröffentlichung/Auslegung</li> </ul>

Als Kommunikationskanal wurde sich in Zusammenarbeit mit der Gemeinde darauf geeinigt, dass die Kommunikation zur Kommunalen Wärmeplanung über die Pressestelle der Gemeinde Cappeln zu erfolgen hat. Die jeweiligen Medien wie die kommunale Website, Printmedien, usw. wurden von der Pressestelle bestimmt. Hier konnten alle Informationen zur KWP immer auf dem aktuellen Stand zur Verfügung gestellt werden. Zudem erschienen einige Veröffentlichungen in regionalen Zeitungen, damit war es jedem Bürger möglich alle Informationen zu erhalten.

Während des Kick-off-Meetings fand die Identifizierung der Akteure statt. Dabei erfolgte eine erste Erfassung der relevanten Akteure, die im weiteren Verlauf der Arbeitstermine sukzessive vervollständigt wurde. Dies diente als Basis einer

umfassenden Akteursanalyse. Es wurden alle Akteure, die bei dem KWP-Prozess beteiligt, direkt oder indirekt betroffen sind oder sich in diesem Bereich engagieren, aufgelistet und bewertet.

Folgende Hauptakteure sind in Cappeln vorhanden:

- Verwaltungseinheit: Bürgermeister, Bauamt
- Fachakteure: OptiGas GmbH (NEF Förderungs GmbH), EWE Netz GmbH, EWE Vertrieb GmbH
- Bürgerschaft

Im nächsten Schritt werden die bestehenden Akteure gemäß ihrer Rolle und ihrem Interesse eingeordnet. Die drei Stufen der Beteiligung sind hierbei „Informieren“, „Konsultieren“ und „Mitgestalten“.

- Informieren: Akteure über Planungsprozess, Ziele, Fortschritte und Ergebnisse aufklären. Die Kommunikation findet einseitig statt, es werden nur Informationen weitergegeben.
- Konsultieren: Rückmeldungen, Meinungen und Vorschläge seitens der Akteure einholen. Die Gemeinde sucht aktiv den Dialog und die Interaktion mit den Akteuren. Die Kommunikation verläuft beidseitig; Informationen teilen und Stellungnahmen einholen.
- Mitgestalten: aktive Mitgestaltung bei Strategien, Maßnahmen und Lösungen. Die Kommunikation ist multilateral und kooperativ.



Abbildung 62: Beteiligungsstufen Akteure [Q:3]

Um eine optimale Kommunikation zwischen den Akteuren zu gewährleisten, wurden mit den verschiedenen Akteuren Termine zur Einbindung und Information vereinbart.

Die Ergebnisse der Bestands-, der Potenzialanalyse und des Zielszenarios konnten 30 Tage lang öffentlich eingesehen werden. Für die Akteure bestand die Möglichkeit sich direkt zu beteiligen und über das Beteiligungsportal Stellung zu den einzelnen Inhalten zu beziehen. Es wurden zahlreiche Stellungnahmen abgegeben und ausgewertet. Viele Kommentare bezogen sich auf die Umstellung der einzelnen privaten Liegenschaften, wann und wie der Umschluss auf regenerative Energien für den privaten Haushalt verpflichtend ist, welche Möglichkeiten den Bürgern zur Verfügung stehen, welche Förderungen für den Privathaushalt möglich sind und ob es Möglichkeiten gibt sich stärker in der Kommune für die erneuerbaren Energien in Cappeln zu engagieren. Anschließend wurde den Bürgern ein darauf abgestimmter Fragen- und Antwortenkatalog (KWP-FAQs) zur Verfügung gestellt. Im Einzelfall konnten die Fragen der Bürger, mit der Unterstützung durch MaxSolar GmbH, von der Gemeinde Cappeln beantwortet werden.

Zudem kam es zu vielen konstruktiven Gesprächen mit dem Gasnetzbetreiber EWE Netz GmbH und der EWE Vertrieb GmbH. Zum Thema stand der Gasnetzbestand und die Gasnetzausbaupläne sowie der Wasserstoff- und der Wärmenetzausbau. Mit OptiGas GmbH wurde u.a. über die vorhandenen Produktionskapazitäten im Bereich Biogas gesprochen.

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wurde für die Gemeinde Cappeln ein strategischer Rahmen geschaffen, um eine zukunftsorientierte, auf regenerativen Energien basierende Wärmeversorgung zu gewährleisten. Die von der MaxSolar GmbH empfohlenen Maßnahmen sind zeitnah voranzubringen, um die Erreichung der Klimaziele bis zum Jahr 2040 sicherzustellen.

Nach Veröffentlichung der KWP beginnt die Umsetzungsphase der im vorherigen Kapitel definierten Maßnahmen aus der Wärmewendestrategie. Dabei sollte eine anhaltende Kommunikation mit den relevanten Akteuren fortgeführt werden.

Vor allem beim Bau von Wärmenetzen ist es ausschlaggebend eine hohe Anschlusszahl zu erreichen. Eine frühzeitige Einbindung der Anwohner, schafft Planungssicherheit, Vertrauen und Einflussnahme. Nur so kann ein wirtschaftlicher Bau gewährleistet sein.

Grundsätzlich wird empfohlen, sämtliche Akteure in Cappeln bei den Umsetzungsmaßnahmen einzubinden, Fortschritte zu kommunizieren und zur Mitgestaltung einzuladen. Somit erhalten die Bürger das Gefühl sich aktiv am Erfolg der Wärmewende zu beteiligen und mitentscheiden zu können.

## 7.2 Verstetigungsstrategie

Ziel der Verstetigungsstrategie ist es, die Wärmeplanung als festen Bestandteil der kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozesse in der Gemeinde Cappeln zu verankern. Nur durch eine solche institutionelle Einbindung kann gewährleistet werden, dass die erarbeiteten Planungsgrundlagen und Maßnahmen fortlaufend weiterentwickelt, präzisiert und in die Umsetzung überführt werden. Hierfür sind sowohl neue Organisationsstrukturen und Zuständigkeiten zu schaffen als auch bestehende Verantwortungsbereiche und Ressourcen entsprechend anzupassen und auszuweiten.

Organisatorisch ist die Verstetigungsstrategie im Bereich Klimaschutz der Gemeinde verortet, analog zur Verantwortlichkeit für die KWP. Da es sich bei der KWP um eine verpflichtende Daueraufgabe der Kommunen handelt, muss eine ausreichende Ressourcenausstattung für die Maßnahmenumsetzung, das Controlling, die Einbindung der Akteure und die Fortschreibung gewährleistet sein.

Nach Abschluss der Kommunalen Wärmeplanung (KWP) sollte zeitnah mit der Umsetzung der definierten Maßnahmen begonnen werden. Der Fortschritt ist in regelmäßigen Abständen (z. B. halbjährlich) oder anlassbezogen gemeinsam mit den relevanten Akteuren zu überprüfen und zu validieren. Die MaxSolar GmbH kann die Gemeinde Cappeln dabei fachlich und organisatorisch unterstützen.

Um eine dauerhafte Verankerung der Wärmeplanung in der kommunalen Struktur sicherzustellen, werden folgende Aufgaben und Ziele für die Verstetigungsstrategie vorgeschlagen:

- Weiterentwicklung der KWP-Themen in Cappeln unter Berücksichtigung neuer technischer, rechtlicher und förderpolitischer Rahmenbedingungen.
- Kontinuierliche Fortschreibung der Wärmeplanung, z. B. durch regelmäßige Aktualisierung von Datengrundlagen, Potenzialanalysen und Maßnahmenkatalogen.
- Aufbau eines interdisziplinären Arbeitskreises „Wärmeplanung“, bestehend aus Vertretungen der Verwaltung, Wohnungswirtschaft, Wirtschaft, Bürgern, uvm.
- Sicherung personeller und finanzieller Ressourcen für die langfristige Betreuung der Wärmeplanung in der Verwaltung.
- Integration der Wärmeplanung in bestehende Planungsinstrumente, wie Flächennutzungsplan, Bebauungspläne, Klimaschutz- oder Stadtentwicklungskonzepte.
- Monitoring und Evaluierung der Maßnahmenumsetzung, inklusive Berichterstattung z.B. an politische Gremien und Öffentlichkeit.
- Förderung von Kooperationen mit Nachbarkommunen zur Nutzung gemeinsamer Infrastrukturen und Synergiepotenziale.
- Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung von Bürgerinnen, Bürgern und Unternehmen für die Wärmewende.

- Aufbau eines digitalen Energie- und Wärme-Monitoringsystems, um Fortschritte messbar zu machen und Entscheidungen datenbasiert zu unterstützen.

Der beschriebene Verstetigungsprozess sollte in der Gemeinde Cappeln im Verlauf des 2. und 3. Quartals 2026 organisatorisch und strukturell etabliert werden.

Die vorhandenen verwaltungsinternen Strukturen zum Klimaschutz sollten aufrechterhalten werden, um etablierte Prozesse fortzuführen und den kontinuierlichen Fortgang der Arbeiten zu ermöglichen. Ferner sind die Belange der kommunalen Wärmeplanung auf Arbeitsebene in Regelprozesse der Verwaltung zu integrieren. Neben der Integration in die Bau- und Leitplanung ist die Beteiligung an formellen und informellen, räumlichen Planungsinstrumenten der Gemeinde oder die Beteiligung an Energiegesprächen vorzusehen.

Zudem beginnen die konkreten Planungen und Analysen der Vorranggebiete. Insbesondere die Initierung von Wärmenetzentwicklungen durch Machbarkeitsstudien, die mit Zuschüssen der BAFA gefördert werden, sind der nächste Schritt, um die identifizierten Eignungsgebiete für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung im Falle einer Wirtschaftlichkeit in die konkrete Projektrealisierung zu bringen.

Des Weiteren sollen durch den beschriebenen Beteiligungsprozess die örtlichen Akteure zu den Wärmethemen vernetzt werden, um anstehende Maßnahmen im Sinne der kommunalen Wärmeplanung abzustimmen. Konkrete Beispiele sind die Projektentwicklungen zur Errichtung der beschriebenen Wärmenetze. Insbesondere sollten aber auch die Möglichkeiten der industriellen und gewerblichen Abwärmenutzung kontinuierlich validiert werden. Auch bei der Entwicklung von Neubaugebieten soll die Wärmeplanung berücksichtigt werden.

Außerdem sind die Potenziale für die Wärmeerzeugung kontinuierlich zu prüfen, ob die zugrunde liegenden Ansätze angepasst werden müssen. Das betrifft neben den Abwärmepotenzialen, für die sich neue technologische oder regulatorische Rahmenbedingungen ergeben können, vor allem auch die Potenziale für die erneuerbare Wärmeerzeugung.

Die in Kapitel 6 dargestellten Maßnahmen sind durch eine eingerichtete Koordinierungsstelle kontinuierlich zu überprüfen und auf Basis neuer Erkenntnisse regelmäßig weiterzuentwickeln. Dabei sind die bestehenden Energie- und Klimaschutzstrukturen der Gemeinde Cappeln aktiv in den Prozess einzubinden. Darüber hinaus ist perspektivisch der Ausbau eines interdisziplinären Wärmeplanungsteams anzustreben.

In der Fortschreibung des Wärmeplans ist auch hier zu empfehlen, dies durch politische Beschlüsse zu untermauern, wie die Integration des Themas in Satzungen, Richtlinien oder auch in Bebauungspläne.

In den folgenden Schritten ist die Entwicklung von Monitoring-Instrumenten anzuraten um mit den bestimmten Kennzahlen die z.B. Sanierungsrate, Anteile der Erneuerbaren Energien usw. auswerten zu können.

Die finanziellen Mittel für die vorgesehenen Maßnahmen sollten frühzeitig in den politischen Gremien genehmigt werden, um eine langfristige Planbarkeit der Maßnahmen gewährleisten zu können. Die Nutzung von Förderprogrammen (z.B. BEW, KfW, Klimaschutzrichtlinien der Länder) sind in diesem Zusammenhang ein wichtiger Bestandteil. Partnerschaften mit Energieversorgern, Wohnungswirtschaft, Bürgerenergie, usw. können ebenfalls eine zielführende Maßnahme darstellen, um die die nötigen Ziele durchsetzen zu können.

Die Kommunikation und Beteiligung ist für den Erfolg der Maßnahmen ein wichtiger Bestandteil. Es sollte die Verstetigung durch Beteiligungsformate wie z.B. Fachdialoge, Bürgerinformationsveranstaltungen, usw. genutzt werden, um die Öffentlichkeit über den Fortschritt der Maßnahmen zu informieren. Die Fachakteure sollten immer auf den neuersten Informationsstand sein, dies ist durch kontinuierliche Schulungen / Weiterbildung zu erreichen.

Derzeit steht kein synthetisches (grünes) Gas zur Verfügung, demzufolge ist neben dem Bedarf die entsprechende mittel- und langfristige Verfügbarkeit kontinuierlich zu prüfen. Es wird empfohlen, die grundlegenden Annahmen fortlaufend zu verifizieren, spätestens alle fünf Jahre im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans.

Ebenfalls kontinuierlich zu prüfen ist die Entwicklung der Gasnetzinfrastruktur, insbesondere auch auf der übergeordneten Fernleitungsebene. Dabei ist auf die Entwicklung der Wasserstoffinfrastrukturen, die Entwicklung der Erdgasinfrastrukturen auf der Verteilnetzebene und daher die grundsätzliche Verfügbarkeit dieser Infrastrukturen zu berücksichtigen. Vor dem Hintergrund stark steigender Gasnetznutzungsentgelte ist von einem erheblichen Rückgang der Gasverbräuche auszugehen, die im Weiteren eine Steigerung der Netzentgelte impliziert. Inwieweit Gasnetze mit den geänderten Rahmenbedingungen dann wirtschaftlich zu betreiben sind, ist ebenfalls andauernd zu prüfen und liegt in der Verantwortlichkeit des Netzbetreibers.

## 7.3 Controlling-Konzept

Die Kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Cappeln stellt den Beginn eines langfristigen Umsetzungsprozesses dar. Die Erreichung der für die Umsetzung definierten Ziele und Umsetzungsstrategien bzw. Maßnahmen muss kontinuierlich durch die Gemeindeverwaltung Cappeln gesteuert werden. Von Beginn an sind die regelmäßige und kontinuierliche Beobachtung sowie die Interpretation und Anpassung ein wichtiger Bestandteil der kommunalen Tätigkeiten. Die Überwachung der Zielerreichung gewährleistet, dass Ressourcen – sowohl personell als auch finanziell – effizient eingesetzt werden und in der Folge ein frühzeitiges Eingreifen bei drohender Zielverfehlung garantiert ist. Diese Faktoren machen Controlling zu einem wesentlichen Bestandteil in der praktischen Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung.

In der nachfolgenden Abbildung wird der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) des Controllings im Rahmen der Umsetzung von Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung beispielhaft dargestellt:

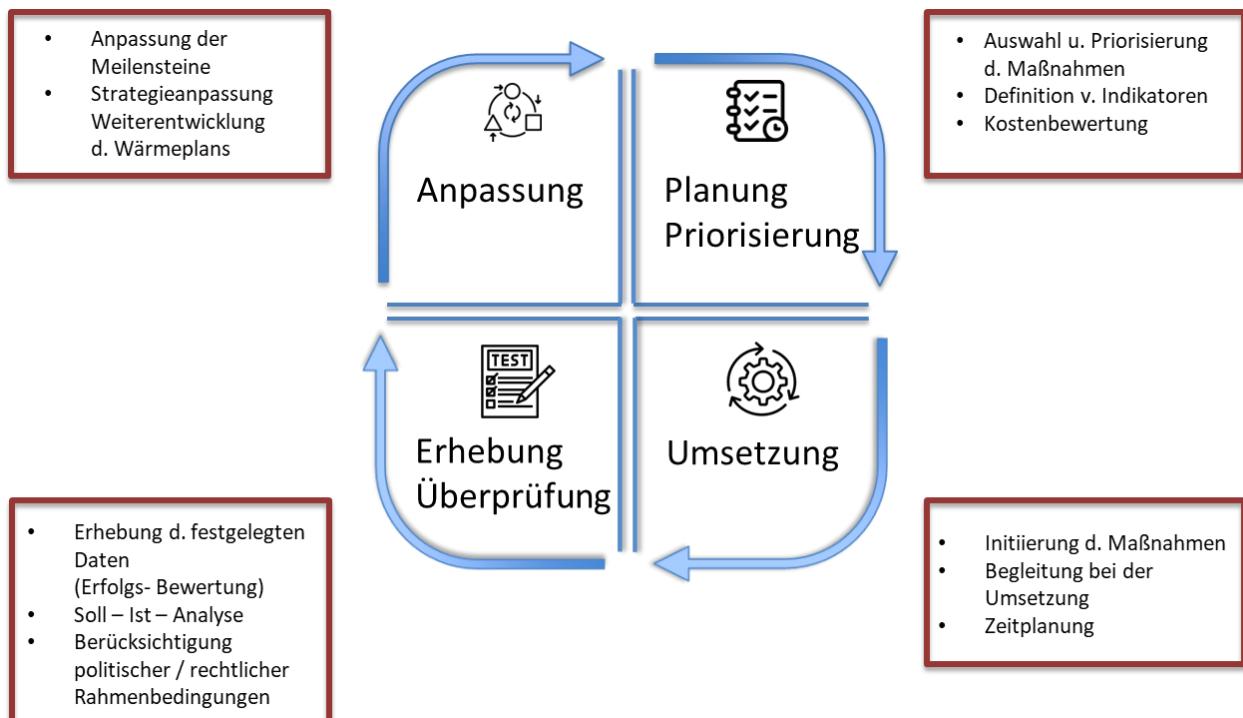


Abbildung 63: Darstellung eines PDCA-Zyklus (d.h. Demingkreis oder Shewhart-Zyklus) [Q:3]

Das Controlling zeichnet sich im Wesentlichen durch die zwei Ansätze „Top Down“ und „Bottom Up“ aus, welche jeweils unterschiedliche Ansatzrichtungen, Methoden und Instrumente aufweisen.

### 7.3.1 „Top Down“: Erhebung übergeordneter Daten

Das Top-Down-Prinzip zeichnet sich dadurch aus, dass es auf der Energie- und Treibhausgasbilanz aufbaut und stets das gesamte Gemeindegebiet betrachtet wird. Hierbei werden verschiedene Indikatoren für eine KWP herangezogen, die sich aus Bilanzierung – unter Berücksichtigung spezifischer Kennzahlen, die den Energieverbrauch, die Energieproduktion und die Energieeffizienz innerhalb der Gemeinde Cappeln quantifizieren, bewerten und ableiten lassen. Ziel ist es, den aktuellen Zustand der Wärmeversorgung zu bewerten, Bedarfe zu identifizieren und zukünftige Entwicklungen zu planen.

In der nachstehenden Auflistung werden die definierten Indikatoren konkret für ein Controlling bei der Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in der Gemeinde Cappeln aufgeführt. Die Verfügbarkeit von Datenquellen stellte bei der Auswahl der Indikatoren ein bedeutsames Kriterium dar. Dementsprechend werden auch nur Indikatoren abgebildet, für die aus heutiger Sicht eine Datenverfügbarkeit existiert.

Indikator	Einheit
<b>I. Verbrauchsstrukturen / Energieverbrauch für die Wärmeversorgung</b>	
Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung; aufgeschlüsselt nach Sektoren (Wohngebäude, Gewerbe, Industrie, öffentliche Liegenschaften)	MWh/a
Bestand Gas- und Ölheizungsanlagen	Anzahl
Installierte Wärmepumpen	Anzahl
Installierte Biomasseheizanlagen	Anzahl
<b>II. Spezifischer Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung</b>	
Endenergieverbrauch pro Einwohner	kWh/EW
Endenergieverbrauch pro Nutzfläche	kWh/m <sup>2</sup>
<b>III. Erneuerbare Energien</b>	
Anteil erneuerbarer Energien an lokalem Wärmeverbrauch/-versorgung	%
Installation zentraler EE-Wärmeerzeuger	kW <sub>th</sub>
Aufteilung installierter Wärmeerzeuger (z. B. Gas, Öl, Fernwärme, erneuerbare Energien, KWK-Anlagen)	%
<b>IV. Netze</b>	
Anteil an Erneuerbaren und Abwärme im Fernwärmemix	%
Länge der Transport- und Verteilleitungen in Gas- und Wärmenetzen	m
Hausanschlüsse in Gas- und Wärmenetzen	Anzahl
Neue Wärmenetzleitung pro Jahr	m
Nutzung von Abwärme (Industrie, Rechenzentren, Abwasser)	kWh/a
<b>V. Treibhausgas (THG)-Emissionen</b>	
Gesamte THG-Emissionen aus der Wärmeversorgung	Tonnen THG
<b>VI. Sonstige</b>	
Anteil der sanierten Gebäude an der Gesamtzahl der Gebäude (Sanierungsrate)	%
Austausch Gas- und Ölheizungen	Anzahl pro Jahr

Tabelle 29: Indikatoren für das Controlling der KWP

Die Indikatoren bieten eine detaillierte Grundlage für die Analyse der Wärmeversorgungssituation und helfen bei der Identifikation bzw. Priorisierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung. Einige Indikatoren sind nicht unmittelbar aus verfügbaren Daten abzubilden, sondern bedürfen einer weiteren Datenverarbeitung, wie sie bspw. im Rahmen einer Energie- und THG-Bilanz durchgeführt wird. Grundsätzlich ist eine regelmäßige Fortschreibung der gesamtheitlichen Energie- und Treibhausgasbilanz zu empfehlen, aus der dann die meisten Indikatoren abgeleitet werden können. Sinnvollerweise ist das Controlling der KWP gemeinsam mit dem Controlling des integrierten Klimaschutzkonzeptes durchzuführen, da vielfach auf die gleichen Datenquellen zurückgegriffen wird.

Bei der Datenerhebung sollte auf eine Vergleichbarkeit geachtet werden. Methodische Änderungen sind zu dokumentieren.

### 7.3.2 „Bottom up“: Evaluierung von Einzelmaßnahmen

Auch wenn die übergeordnete Erfassung von Daten einen guten Gesamtüberblick vermittelt, kann sie nicht die Evaluierung und Steuerung einzelner Maßnahmen ersetzen. Hier kommt der Bottom-up-Ansatz zum Tragen. Einzelne Maßnahmen werden betrachtet, mit Indikatoren und einer Zeitschiene zur Erfolgsmessung versehen, eine Vorgehensweise zur Datenerhebung erarbeitet und anschließend wird während der Umsetzung über die Fortschrittsdokumentation eine Bewertung vorgenommen. In den Maßnahmenblättern sind maßnahmenspezifische Indikatoren vorgeschlagen.

Grundsätzlich kann zwischen zwei Arten von Maßnahmen unterschieden werden:

- Quantitative Maßnahmen: Ihnen können konkrete und gut messbare Zielgrößen zugeordnet werden, wie etwa Einsparungen von Treibhausgasemissionen oder Ausbaugrade. Dazu zählen häufig technische Maßnahmen, aber auch sogenannte „weiche“ Maßnahmen wie Energieberatungen, deren Erfolg beispielsweise über die anschließende Umsetzung empfohlener Maßnahmen bewertet werden kann.
- Qualitative Maßnahmen: Ihre Zielerreichung lässt sich nicht oder nur mit großem Aufwand durch Kennzahlen wie THG-Einsparungen abbilden. Dennoch haben sie oftmals eine hohe Wirkungstiefe, da sie langfristig Verhaltens- und Einstellungsänderungen anstoßen oder die strategische Ausrichtung der Gemeinde beeinflussen können. Daher sollten für solche Maßnahmen – deren konkrete Ausgestaltung zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht feststeht – geeignete Indikatoren definiert werden, die für die Gemeinde Cappeln relevant und überprüfbar sind, z. B. die Anzahl der Teilnehmenden und deren Feedback bei Öffentlichkeitsformaten, die Inanspruchnahme von Fördermitteln oder die Nutzung von Energieberatungsangeboten. Eine qualitative Maßnahme in der aktuellen Fassung der KWP Cappeln ist die Öffentlichkeitsarbeit.

Durch die Erfolgsmessung der Maßnahmenumsetzung kann nach Abschluss ihre Effektivität im Verhältnis zu eingesetzten Mitteln (Investitionen, personelle Ressourcen usw.) bewertet und bei zukünftigen, vergleichbaren Maßnahmen können ggf. nötige Anpassungen vorgenommen werden. Die Summe aller Maßnahmen des Bottom-up-Verfahrens bildet in der Regel einen Teil des tatsächlich erreichten Minderungspotenzials aus dem Top-down-Verfahren. Somit wird durch Anwendung des Top-down-Verfahrens ein Gesamtüberblick geschaffen.

Ein weiteres bedeutendes Element des Controllings stellt die Kommunikation dar. Erfolge und Misserfolge sollten transparent kommuniziert und dokumentiert werden. Nur so kann ermittelt werden, was Erfolgsfaktoren sind und wie laufende oder zukünftige Maßnahmen angepasst werden sollten, um einen größtmöglichen Erfolg zu haben. Dementsprechend wird empfohlen, in einem regelmäßigen Turnus (z. B. jährlich) einen Statusbericht zu erstellen und zu veröffentlichen, der die wesentlichen Erkenntnisse und Erfolge kommuniziert, relevante Akteure benennt und den Prozess erklärt und bewertet. Weiterhin werden so etwaige Verzögerungen oder Unstimmigkeiten während der Maßnahmenumsetzung kommuniziert, wie bspw. Budgeteinschränkungen, technische Herausforderungen oder andere externe Einflüsse. Es wird empfohlen, dass für die koordinierende Umsetzung der Wärmeplanung eingesetzte Personal als Querschnittsstelle mit der Berichterstattung zu betrauen. Damit diese erfolgreich stattfinden kann, muss im Vorhinein eine allgemein anerkannte Struktur geschaffen werden, die einen Informationsfluss und-austausch ermöglicht (vgl. Abschnitt 7.2: Verstetigungsstrategie). Hier gilt es, bei der Planung der Maßnahme bereits Zuständigkeiten und Ziele bzgl. der Kommunikation festzulegen.

## 8 Fazit

Die Kommunale Wärmeplanung (KWP) für die Gemeinde Cappeln liefert eine fundierte Grundlage für die schrittweise Transformation der lokalen Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität bis spätestens 2040. Aufbauend auf umfangreichen Datenerhebungen, Analysen und Modellierungen wurde ein realistisch umsetzbarer Entwicklungspfad für die Dekarbonisierung des Wärmesektors aufgezeigt.

Die Bestandsanalyse zeigt deutlich, dass die Wärmeversorgung in Cappeln derzeit stark von fossilen Energieträgern – insbesondere Erdgas – dominiert ist. Von einem jährlichen Endenergiebedarf von rund 86 GWh entfallen min. 70 % auf fossile Quellen. Daraus resultieren jährlich ca. 19.520 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ein Großteil des Gebäudebestands stammt – abgesehen von den vielen Gebäuden mit unbekanntem Baujahr – zudem aus der Zeit vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977, was auf ein erhebliches energetisches Sanierungspotenzial hinweist. Wärmenetze bestehen bislang nicht.

In der darauf aufbauenden Potenzialanalyse wurden sowohl die Einsparmöglichkeiten durch energetische Sanierungen als auch die lokalen Potenziale zur Erzeugung erneuerbarer Wärme und Strom umfassend bewertet. Besonders hervorzuheben ist das hohe Potenzial zur Nutzung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit einem theoretischen Gesamtpotenzial von rund 99 Hektar. Weitere Potenziale bestehen in der Nutzung oberflächennaher Geothermie, Abwasserwärme, Biomasse und Windenergie. Die Sanierung des Gebäudebestands, bei einer angenommenen Sanierungsquote von 0,7 % jährlich, könnte den Wärmebedarf bis 2040 um rund 17,7 % senken. Eine zunehmende Sanierungsrate würde diesen Effekt verstärken.

Das entwickelte Zielszenario für das Jahr 2040 basiert auf einer Kombination aus dezentraler Wärmeerzeugung, dem Bau von Wärmenetzen sowie einem steigenden Anteil elektrisch betriebener Heizsysteme, insbesondere Wärmepumpen. Der verbleibende Energiebedarf soll vollständig durch lokal oder regional verfügbare erneuerbare Energien gedeckt werden. Die Wärmeplanung teilt das Gemeindegebiet dabei in Eignungsräume für zentrale und dezentrale Versorgungskonzepte ein und zeigt technische, räumliche und wirtschaftliche Voraussetzungen für die Umsetzung auf.

Für die Umsetzung wurden konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, darunter Machbarkeitsstudien und Interessensabfragen zur Errichtung von Wärmenetzen, eine systematische Untersuchung für die Installation von Freiflächen Photovoltaikanlagen, zur Windenergie- und Abwassernutzung, außerdem gezielte Informations- und Beratungsangebote für Gebäudeeigentümer, sowie Instrumente zur strategischen Steuerung und kontinuierlichen Fortschreibung der Wärmeplanung. Die Integration prozessübergreifender Elemente wie Verstetigungsstrategien, Öffentlichkeitsarbeit und Monitoringkonzepte stärkt dabei die Langfristigkeit und Wirksamkeit der geplanten Maßnahmen.

Zusammenfassend zeigt sich in der Kommunalen Wärmeplanung, dass die Gemeinde Cappeln ausgezeichnete Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wärmewende besitzt. Die größten Hebel liegen in der schrittweisen Sanierung des Gebäudebestands sowie im Neu- und Ausbau von erneuerbaren Wärmenetzen. Die Wärmeplanung schafft damit ein solides strategisches Fundament, auf dessen Basis konkrete Umsetzungsprojekte angestoßen und Fördermittel erschlossen werden können. Die verpflichtende Fortschreibung im Fünfjahresrhythmus gewährleistet zudem, dass neue Entwicklungen, Technologien und Rahmenbedingungen kontinuierlich berücksichtigt werden, um die Klimaziele dauerhaft und verlässlich zu erreichen.

## 9 Ausblick – Fortschreibung Wärmeplan

Das WPG schreibt eine regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung des Wärmeplans spätestens alle fünf Jahr vor.

Dabei müssen nicht nur die Maßnahmen und deren Umsetzung kritisch hinterfragt, sondern auch die Bestands- und Potenzialanalyse (unter Berücksichtigung der bisherigen Erkenntnisse) sowie die Betrachtung des Zielszenarios aktualisiert werden. Zudem ist die Eignungsprüfung nach §14 Abs. 2 und 3 WPG für ausgeschlossene Gebiete laut Abs. 5 WPG erneut durchzuführen.

Im Hinblick auf die identifizierten Maßnahmen liegt der Fokus auf einem Plan-Ist-Vergleich. Bei den anderen Phasen der KWP steht hingegen die Berücksichtigung geänderter Rahmenbedingungen im Vordergrund. Somit sind Teilgebiete, deren zugeordnete Wärmeversorgung nur "wahrscheinlich geeignet" ist und Prüfgebiete besonders zu betrachten, wo hingegen Gebiete mit gesicherter nachhaltiger Wärmeversorgung vernachlässigt werden können.

Weitere Teilziele bei der Fortschreibung sind das Schließen von Datenlücken sowie die Identifikation weiterer Potenziale, z. B. durch technische Weiterentwicklungen oder regulatorische Änderungen.

Auch wenn im Rahmen der Fortschreibung alle Phasen der KWP erneut durchlaufen werden müssen, ist, insbesondere aufgrund der dann vorhandenen Erfahrungen und der Fokussierung auf weniger Gebiete, ein deutlich geringerer Gesamtaufwand zu erwarten. Zur Unterstützung bei der Fortschreibung kann erneut ein Dienstleister beauftragt werden.

## 10 Quellenverzeichnis

[Q:1]	INFRA-Wärme, LBD-Beratungsgesellschaft mbH
[Q:2]	dvlp.energy GmbH
[Q:3]	MaxSolar GmbH
[Q:4]	Statistische Ämter des Bundes und der Länder, vertreten durch das Statistische Bundesamt <a href="http://www.destatis.de">www.destatis.de</a>
[Q:5]	BMWK, Importstrategie Wasserstoff, 2024
[Q:6]	vzbv, Stellungnahme zur Wärmeplanung, 2023
[Q:7]	QGIS Open Source
[Q:8]	Kehrbuchdaten
[Q:9]	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende Halle (KWW-Halle)
[Q:10]	Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle e. V. (BuVEG)
[Q:11]	dena - 2020/2023
[Q:12]	Niedersächsisches Geoinformationssystem NIBIS
[Q:13]	GeotIS (LIAG) Agemar et al., 2014a
[Q:14]	UBA, 2023
[Q:15]	Wärmenutzung aus Abwasser – Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutz, Bern/Zürich 2004
[Q:16]	Energieportal Brandenburg
[Q:17]	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
[Q:18]	Marktstammdatenregister MaStR
[Q:19]	Geothermisches Informationssystem Deutschland, <a href="https://www.geotis.de/homepage/GeotIS-Startpage">https://www.geotis.de/homepage/GeotIS-Startpage</a> (Zugriff: 25.09.25)
[Q:20]	Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) §2 Begriffsbestimmung
[Q:21]	Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE) – Wärmepumpen an Fließgewässern
[Q:22]	HYPAT – Globaler Wasserstoff-Potenzialatlas <a href="https://hypat.de/hypat-wAssets/docs/new/publikationen/HYPAT-Abschlussbericht.pdf">https://hypat.de/hypat-wAssets/docs/new/publikationen/HYPAT-Abschlussbericht.pdf</a> (Zugriff: 02.10.2025)

[Q:23]	Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. <a href="https://www.vzbv.de/sites/default/files/2024-04/Stn%20vzbv_Konsultation%20BnetzA_Wasserstofffahrl%C3%A4ne.pdf">https://www.vzbv.de/sites/default/files/2024-04/Stn%20vzbv_Konsultation%20BnetzA_Wasserstofffahrl%C3%A4ne.pdf</a> (Zugriff: 02.10.2025)
[Q:24]	Frick, M., Kranz, S., Norden, B., Bruhn, D., & Fuchs, S. (2022). Geothermal Resources and ATES Potential of Mesozoic Reservoirs in the North German Basin. <i>Energies</i> , 15(6), 1980. <a href="https://doi.org/10.3390/en15061980">https://doi.org/10.3390/en15061980</a>
[Q:25]	<a href="https://www.agora-energewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-06_DE_Gasverteilnetze/A-EW_291_Gasverteilnetze_WEB.pdf">https://www.agora-energewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-06_DE_Gasverteilnetze/A-EW_291_Gasverteilnetze_WEB.pdf</a> <a href="https://www.mvv.de/fileadmin/user_upload/Ueber_uns/de/MVV_Studie_Zukunft_der_Gasnetze.pdf">https://www.mvv.de/fileadmin/user_upload/Ueber_uns/de/MVV_Studie_Zukunft_der_Gasnetze.pdf</a>
[Q:26]	<a href="https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html">https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html</a>
[Q:27]	<a href="ffe.de/veroeffentlichungen/warum-ist-wasserstoff-in-der-praxis-teurer-als-bisher-in-oeffentlichen-berichten-haeufig-angenommen/">ffe.de/veroeffentlichungen/warum-ist-wasserstoff-in-der-praxis-teurer-als-bisher-in-oeffentlichen-berichten-haeufig-angenommen/</a>
[Q:28]	<a href="https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2023/presseinfo-02-nachfrage-preise-wasserstoff-2045.html">https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2023/presseinfo-02-nachfrage-preise-wasserstoff-2045.html</a>
[Q:29]	vgl. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft – LWF, 2022
[Q:50]	EWE Netz GmbH
[Q:51]	Amprion GmbH
[Q:52]	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) / Bundeswaldinventur
[Q:53]	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz <a href="https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/raumordnung/RMK/wind-an-land-gesetz.pdf?blob=publicationFile&amp;v=1">https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/raumordnung/RMK/wind-an-land-gesetz.pdf?blob=publicationFile&amp;v=1</a> (Zugriff: 29.10.2025)
[Q:54]	Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr <a href="https://www.planungshilfen.bayern.de/kapitel/fachliche-planungsvorgaben/energieversorgung-klimaschutz#pd-4magkSpmlNtfDH2G">https://www.planungshilfen.bayern.de/kapitel/fachliche-planungsvorgaben/energieversorgung-klimaschutz#pd-4magkSpmlNtfDH2G</a> (Zugriff: 23.09.2025)
[Q:56]	Niedersächsisches Klimaschutzgesetz <a href="https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/Gesetze/NKlimaG.php">https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/Gesetze/NKlimaG.php</a> (Zugriff: 11.11.25)
[Q:57]	Landkreis Cloppenburg Regionale Raumordnungsprogramme Niedersachsen (RROP)
[Q:59]	Gemeinde Cappeln <a href="http://www.cappeln.de">www.cappeln.de</a> (Zugriff: 28.10.2025)
[Q:60]	TenneT GmbH

## 11 Anhang

### 11.1 Anhang 1: Übersichtstabelle Energie- und Treibhausgasbilanz – Bestandsszenario 2024

	Sektor	Anteil an Gesamtenergiemenge [%]	Energiemenge Bestandsszenario [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [tCO <sub>2e</sub> /a]
Heizöl	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,23	200	50
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,95	820	220
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
Kohle	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
Bio-masse	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,14	117,52	5,19
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
Erd-gas	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	14,22	12.203,84	2.911,87
	Öffentlich	1,16	995,54	237,54
	Private Haushalte	53,63	46.014,07	10.979,08
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,05	45,46	10,85

	Sektor	Anteil an Gesamt-energiemenge [%]	Energiemenge Bestandsszenario [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [tCO <sub>2</sub> e/a]
<b>Unbekannt</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	16,73	14.354,97	2.885,35
	Öffentlich	1,74	1.495,94	300,68
	Private Haushalte	9,91	8.505,60	1.709,63
	Sonstige	0,17	147,37	29,62
	Industrie	0,23	198,75	39,95
<b>Umwelt-wärme</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,07	59,29	7,89
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,71	611,25	81,38
	Sonstige	0,03	25,00	3,33
	Industrie	0,00	0,00	0,00
<b>Strom</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
<b>Synthe-tische Gase</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
<b>Wärme-netz</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00

## 11.2 Anhang 2: Übersichtstabelle Energie- und Treibhausgasbilanz – Zielszenario 2040

	Sektor	Anteil an Gesamtenergiemenge [%]	Energiemenge Bestandsszenario [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [tCO <sub>2</sub> e/a]
<b>Heizöl</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
<b>Kohle</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
<b>Bio-masse</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	6,43	4.542,12	190,81
	Öffentlich	0,26	182,61	7,67
	Private Haushalte	12,52	8.837,71	371,26
	Sonstige	0,21	147,37	6,19
	Industrie	0,01	4,91	0,21
<b>Erd-gas</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00

	Sektor	Anteil an Gesamt-energiemenge [%]	Energiemenge Bestandsszenario [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [tCO <sub>2</sub> e/a]
Unbekannt	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
Umwelt-wärme	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	8,64	6.097,34	399,88
	Öffentlich	0,07	52,87	3,47
	Private Haushalte	24,03	16.964,62	1.112,60
	Sonstige	0,04	25,00	1,64
	Industrie	0,11	78,33	5,14
Strom	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
Synthe-tische Gase	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	0,00	0,00	0,00
	Öffentlich	0,00	0,00	0,00
	Private Haushalte	0,00	0,00	0,00
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,00	0,00	0,00
Wärme-netz	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	18,05	12.743,16	242,36
	Öffentlich	2,47	1.745,98	33,21
	Private Haushalte	26,99	19.057,71	362,45
	Sonstige	0,00	0,00	0,00
	Industrie	0,18	128,63	2,45