

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE



Verbandsgemeinde Kandel
aktiv fürs Klima

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kommunale Wärmeplanung Verbandsgemeinde Kandel

Abschlussbericht

Erstellt von: ecb - energie.concept.bayern. GmbH & Co.KG
Traunsteiner Str. 11
83093 Bad Endorf

Version: 1.0

Erstellt: 26.06.2025

energie. concept. bayern.

ecb

Inhalt

1.	AUFTRAGSRAHMEN	10
1.1	INHALT UND AUFBAU	10
2.	VERBANDSGEMEINDEBESCHREIBUNG	12
3.	BESTANDSANALYSE	14
3.1	ENERGIEINFRASTRUKTUR	14
3.1.1	<i>Stromversorgung</i>	14
3.1.2	<i>Biomasseanlagen</i>	17
3.1.3	<i>Wasserkraftanlagen</i>	17
3.1.4	<i>Tiefengeothermie</i>	17
3.1.5	<i>BHKW-Anlagen</i>	17
3.1.6	<i>Solarthermische Anlagen</i>	17
3.1.7	<i>Wärmepumpen auf Basis oberflächennaher Geothermie und Luft</i>	18
3.1.8	<i>Gasnetze</i>	19
3.1.9	<i>Wärmenetze</i>	20
3.2	WÄRMEVERBRAUCH	21
3.2.1	<i>Gebäudescharfes Wärmekataster</i>	22
3.2.2	<i>Energiebilanz Wärme in Betrachtungsgebiet</i>	24
3.2.2.1	Private Haushalte	34
3.2.2.2	Öffentliche Gebäude	34
3.2.2.3	Wirtschaft	37
3.3	ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ	37
4.	POTENZIALANALYSE ENERGIEEINSPARUNG	39
4.1	PRIVATE HAUSHALTE	39
4.2	ÖFFENTLICHE GEBÄUDE	41
4.3	WIRTSCHAFT	42
4.4	ZUSAMMENFASSUNG DER ENERGIEEINSPARUNGSPOTENZIALE	44
5.	POTENZIALANALYSE ENERGIEERZEUGUNG	46
5.1	ABWÄRME	46
5.2	SOLARTHERMIE	47
5.2.1	<i>PV-Anlagen</i>	51
5.3	UMWELTWÄRME	51
5.3.1	<i>Oberflächennahe Geothermie</i>	51
5.3.1.1	Erdwärmesonden	51
5.3.1.2	Erdwärmekollektoren	53
5.3.1.3	Grundwasserwärmepumpen	56

5.3.2	<i>Flusswasser</i>	59
5.3.3	<i>Seewasser</i>	60
5.3.4	<i>Luft</i>	60
5.3.5	<i>Abwasser</i>	61
5.4	TIEFE GEOTHERMIE	68
5.4.1	<i>Hydrothermale Geothermie</i>	68
5.4.2	<i>Tiefe Erdwärmesonden</i>	71
5.5	BIOMASSE	72
5.6	THERMISCHE ABFALLBEHANDLUNGSANLAGEN.....	75
5.7	KWK-ANLAGEN.....	75
5.8	WASSERSTOFF.....	76
5.9	(GROß)WÄRMESPEICHER	77
5.9.1	<i>Pufferspeicher</i>	77
5.9.2	<i>Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher</i>	77
5.9.2.1	Behälter	77
5.9.2.2	Erdbecken	78
5.9.2.3	Erdsonden	79
5.9.2.4	Aquifer	80
5.9.2.5	Thermochemische Wärme- und Kältespeicher	81
5.9.2.6	Latentwärmespeicher	81
5.9.2.7	Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel)	82
5.9.3	<i>Potenzialflächen Wärmespeicher</i>	82
5.10	ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE	84
6.	ZIELSZENARIEN	88
6.1	ZIELSZENARIO KANDEL	90
6.2	ZIELSZENARIO MINFELD.....	92
6.3	ZIELSZENARIO FRECKENFELD.....	94
6.4	ZIELSZENARIO VOLLMERSWEILER	96
6.5	ZIELSZENARIO WINDEN	98
6.6	ZIELSZENARIO STEINWEILER.....	100
6.7	ZIELSZENARIO ERLNBACH BEI KANDEL	102
6.8	ZIELSZENARIO DER VERBANDSGEMEINDE.....	104
6.9	ALTERNATIVE SZENARIEN	106
6.9.1	<i>Sanierungs- & Ausbauszenarien</i>	106
6.9.2	<i>Szenario Tiefengeothermie</i>	108
7.	WÄRMEWENDESTRATEGIE MIT MAßNAHMENKATALOG	110
7.1	MAßNAHME 1.....	112
7.2	MAßNAHME 2.....	115

7.3	MAßNAHME 3.....	118
7.4	MAßNAHME 4.....	119
7.5	MAßNAHME 5.....	122
7.6	MAßNAHME 6.....	124
7.7	MAßNAHME 7.....	126
7.8	MAßNAHME 8.....	128
7.9	MAßNAHME 9.....	130
7.10	MAßNAHME 10.....	132
7.11	MAßNAHME 11.....	135
7.12	MAßNAHME 12.....	138
7.13	MAßNAHME 13.....	141
7.14	MAßNAHME 14.....	143
8.	ANLAGEN.....	144

Abkürzungsverzeichnis

AP	Fernwärme Arbeitspreis (EUR/kWh)
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BP	Fernwärme Bereitstellungspreis (EUR/kW)
BVK	Bayrische-Versorgungskammer
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2,E}	Kohlenstoffdioxid Äquivalent
ecb	energie.concept.bayern GmbH & Co. KG
DE	Deutschland
EE	Erneuerbare Energien
EH	Effizienzhaus
EUR	Euro
FFPV	PV-Freiflächenanlagen
FFST	Freiflächen Solarthermie
FW	Fernwärme
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GWh	Gigawattstunden
g	Gramm
JAZ	Jahresarbeitszahl
JDL	Jahresdauerlinie
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme Kopplung
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
Mio.	Millionen

MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
NH	Niedrigenergiehaus
PV	Photovoltaikanlage
t	Tonnen
T	Temperatur
THG	Treibhausgase
WP	Wärmepumpe

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte des Projektgebietes. Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	12
Abbildung 2: Übersicht der erneuerbaren Energieerzeuger in der Verbandsgemeinde Kandel in kW. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz	14
Abbildung 3: Stromverbräuche nach Verbrauchergruppen (in Tsd. kWh) in der Verbandsgemeinde Kandel. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz	15
Abbildung 4: Stromeinspeisung erneuerbarer Anlagen (in Tsd. kWh) in der Verbandsgemeinde Kandel. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz	15
Abbildung 5: Räumliche Verteilung der EEG-geförderten Anlagen in der Verbandsgemeinde Kandel. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz	16
Abbildung 6: Solarthermieflächen in der Verbandsgemeinde Kandel in m ² im zeitlichen Verlauf. Quelle: Solaratlas.de	18
Abbildung 7: Installierte Wärmepumpen in der Verbandsgemeinde Kandel nach Technologie im zeitlichen Verlauf. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz	19
Abbildung 8: Gasverteilnetz im Gebiet der Verwaltungsgemeinde Kandel, Datengrundlage Thüga Energienetze GmbH	20
Abbildung 9: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Erlenbach nach Energieträgern ..	25
Abbildung 10: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Kandel nach Energieträgern	26
Abbildung 11: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Freckenfeld nach Energieträgern	27
Abbildung 12: Verteilung der Zentralheizungen in Minderslachen nach Energieträgern	28
Abbildung 13: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Minfeld nach Energieträgern	29
Abbildung 14: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Vollmersweiler nach Energieträgern	30
Abbildung 15: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Winden nach Energieträgern ...	31

Abbildung 16: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Steinweiler nach Energieträgern	32
Abbildung 17: Verteilung der Heizungsarten in Prozentwerte in der VG Kandel	33
Abbildung 18: Wärmeverbrauch je Sektor in der VG Kandel	37
Abbildung 19: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.	39
Abbildung 20: Darstellung der Unterschiede zwischen den Sanierungsszenarien der VG Kandel...45	
Abbildung 21: Übersicht der möglichen Gebiete für Solarthermische Großanlagen (FFST) in der Verbandsgemeinde Kandel.	48
Abbildung 22: Übersicht der Potenzialflächen für FFST in der VG Kandel auf einem DGM. Kartenhintergrund: DGM 1 m, Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen.....	49
Abbildung 23: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren.....	50
Abbildung 24: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdsonden in der VG Kandel. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz.....	52
Abbildung 25: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdwärmekollektoren in der VG Kandel. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz	53
Abbildung 26: Übersicht der Wärmeleitfähigkeiten für Erdkollektoren in der VG Kandel. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	54
Abbildung 27: Übersicht der klimatologischen Bedingungen, die Einfluss haben auf die Leistung von Erdwärmekollektoren in der VG Kandel. Datenquelle: www.thermomap.eu	55
Abbildung 28: Übersicht der möglichen Gebiete für Grundwasserwärmepumpen in der VG Kandel. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz	56
Abbildung 29: Investitionskosten für Grundwasserwärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)	57
Abbildung 30: Investitionskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden) gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung).....	58
Abbildung 31: Beispiel eines kalten Nahwärmenetzes. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH	59
Abbildung 32: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)	61
Abbildung 33: Darstellung der Abwassernetze und der Kläranlagen in der VG Kandel. Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	62
Abbildung 35: Mindestabflussmengen alle 2 Stunden der Kläranlage Kandel im Jahr 2024.....	63
Abbildung 34: Mindesttemperaturen alle 2 Stunden des Abflusses der Kläranlage Kandel im Jahr 2024.....	63
Abbildung 36: Trockenwetterablaufdaten der Kläranlage Winden in 2023 und 2024.....	64
Abbildung 37: Zuflussdaten der Kläranlage in Schaidt	65
Abbildung 38: Spezifische Höhen der Gesamtinvestition von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der genutzten Wärmequelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)	66

Abbildung 39: Aufteilung der Gesamtinvestition auf Einzelposten. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)	67
Abbildung 40: 100 °C Isotherme in m unter GOK im Projektgebiet. Datenquelle: (Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.), 2021)...	68
Abbildung 41: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine Tiefengeothermieanlage. Datenquelle: AFGW Praxisleitfaden Tiefengeothermie	70
Abbildung 42: Vorhandene Bohrungen vom GeORG Projekt in der VG Kandel. Datenquelle: (Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.), 2021)...	71
Abbildung 43: Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen. Quelle: Bremer Energie Institut	75
Abbildung 44: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung.	83
Abbildung 45: Kosten von verschiedenen Saisonalspeichervarianten pro m ³ . Quelle: Saisonalspeicher.de	84
Abbildung 46: Theoretische energetische Potenziale pro Gemeinde	85
Abbildung 47: Wärmegestehungskosten in einem mittleren Preisszenario nach Gebäudetypen in Deutschland gemäß Studie des Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln	86
Abbildung 48: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte gemäß KWW Handlungsleitfaden Wärmeplanung	88
Abbildung 49: Kartographische Darstellung des Zielszenarios der VG Kandel	89
Abbildung 50: Zielszenario der Gemeinde Kandel	90
Abbildung 51: Zielszenario der Gemeinde Minfeld	92
Abbildung 52: Zielszenario der Gemeinde Freckenfeld	94
Abbildung 53: Zielszenario der Gemeinde Vollmersweiler	96
Abbildung 54: Zielszenario der Gemeinde Winden	98
Abbildung 55: Zielszenario der Gemeinde Steinweiler	100
Abbildung 56: Zielszenario der Gemeinde Erlenbach bei Kandel	102
Abbildung 57: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde Kandel in den Zieljahren des Zielszenarios	105
Abbildung 58: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde Kandel in den Zieljahren des Zielszenarios	106
Abbildung 59: Vergleich der CO ₂ -Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien	107
Abbildung 60: Kumulierte CO ₂ -Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien	108
Abbildung 61: Zeitstrahl der Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung für die VG Kandel ..	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flächenanteile und Flächennutzungsarten der VG Kandel. Quelle: VG Kandel	13
Tabelle 2: Verteilung der Flächen und Einwohner in den 4 Gemeinden der VG Kandel	13
Tabelle 3: Gasverbräuche in der Verbandsgemeinde Kandel in den Jahren 2020 - 2023	19
Tabelle 4: Baualtersklassen des privaten Sektors mit zugehörigem Wärmebedarf	22

Tabelle 5: Kalkulation der Stockwerksanzahl	23
Tabelle 6: Wärmebedarf und -träger der einzelnen kommunalen Liegenschaften	35
Tabelle 7: CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung in der VG Kandel	38
Tabelle 8: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der VG Kandel	40
Tabelle 9: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der VG Kandel	41
Tabelle 10: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in der VG Kandel	42
Tabelle 11: Hohes Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in der VG Kandel	42
Tabelle 12: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor GHD in der VG Kandel.....	43
Tabelle 13: Hohes Sanierungsszenario im Sektor GHD in der VG Kandel.....	43
Tabelle 14: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im niedrigen Sanierungsszenario der Sektoren in der VG Kandel	44
Tabelle 15: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im hohen Sanierungsszenario der Sektoren der VG Kandel	44
Tabelle 16: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieanlagen gemäß VDI 2067	50
Tabelle 17: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067	58
Tabelle 18: Grobe Leistungs- und Wärmemengenermittlung einer potenziellen Abwasserwärmepumpe in der Kläranlage Winden.....	64
Tabelle 19: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067	67
Tabelle 20: Übersicht der Gemeindewälder in der VG Kandel.....	72
Tabelle 21: Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger gemäß Umweltbundesamt (2024).....	74
Tabelle 22: Nutzungsdauer und Kosten von Biomassekessel gemäß VDI 2067	74
Tabelle 23: Übersicht der Eigenschaften der gängigsten Saisonalspeicheranlagen. Datenquelle: Saisonalspeicher.de	81
Tabelle 24: Vor- und Nachteile der jeweiligen Energieträger	87
Tabelle 25: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Kandel.....	91
Tabelle 26: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Minfeld	93
Tabelle 27: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Freckenfeld	95
Tabelle 28: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Vollmersweiler	97
Tabelle 29: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Winden	99
Tabelle 30: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Steinweiler	101
Tabelle 31: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Vollmersweiler	103
Tabelle 32: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Verbandsgemeinde Kandel.....	104

1. Auftragsrahmen

Die Energiewende hat sich in den vergangenen Jahren zu einem zentralen Diskussionsgegenstand in Politik, Gesellschaft und Wirtschaft entwickelt. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Ressourcen und zur Eingrenzung des prognostizierten Klimawandels muss die Umstellung auf klimaschonende, regenerative Energieträger sowie die Energieeinsparung und Steigerung der Effizienz vorangetrieben werden. Diese Herausforderungen liegen nicht zuletzt bei den Bürgerinnen und Bürgern, Verbandsgemeinden, Städten und Landkreisen.

Die Verbandsgemeinde Kandel im Landkreis Germersheim (Rheinland-Pfalz) hat sich dieser Thematik angenommen und Mitte 2024 die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung (KWP) in Auftrag gegeben. Die Erstellung der KWP wird über die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) gefördert und von der Firma ecb - energie.concept.bayern. GmbH & Co. KG aus Bad Endorf umgesetzt. Die Verbandsgemeinde Kandel hat sich dabei zum Ziel gesetzt, die Wärmewende auf kommunaler Ebene umzusetzen. Der hierbei bereits seit einigen Jahren erfolgreich eingeschlagene Weg soll nun fortgesetzt werden. Der KWP soll dabei als mittel- bis langfristiger Leitfaden dienen und helfen, den Anforderungen der sich wandelnden Energieinfrastruktur gerecht zu werden. Zu diesen zentralen Anforderungen zählen die Energieeinsparung, die Steigerung der Energieeffizienz sowie der Auf- und Ausbau der regionalen erneuerbaren Energien.

1.1 Inhalt und Aufbau

Im ersten Teil der Ausarbeitung wird die Verbandsgemeinde Kandel kurz beschrieben. Es folgt eine umfassende Datenerhebung und Analyse des thermischen Energieverbrauchs. Der Wärmebedarf wird dabei in die Verbrauchergruppen private Haushalte, kommunale Objekte und Wirtschaft unterteilt. Zudem werden die jeweiligen Energieverbräuche den entsprechenden Primärenergieträgern zugeordnet.

Im Anschluss an die Datenerhebung erfolgt die Analyse der lokalen Energieeffizienz-, Einspar- und Erzeugungspotenziale. Im Feld der erneuerbaren Energien wird dabei neben Sonnenenergie auch auf Potenziale der Biomasse, oberflächennahe und tiefe Geothermie sowie Umwelt- und Abwärme eingegangen.

Die Informationen aus den Ist- und Potentialanalysen werden genutzt, um zu untersuchen, ob der Auf- bzw. Ausbau von Wärmenetzen technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist. Für die Gemeinden in der VG Kandel werden Zielszenarien angefertigt, die die Entwicklung der kommenden Jahre so realistisch wie möglich darstellen. Darauffolgend werden in einem umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalog konkrete Handlungsempfehlungen aufgezeigt, um diese Ziele erreichen zu können. In dem Maßnahmenkatalog werden u. a. die sinnvollsten Maßnahmen, der erforderliche Zeitraum, Fördermöglichkeiten sowie die erforderlichen Handlungsschritte ausgeleuchtet. Der Maßnahmenkatalog wurde ausführlich mit den Akteuren vor Ort abgestimmt.

Mittels der erarbeiteten Konzepte ist es der VG Kandel möglich, eine nachhaltige Struktur zu entwickeln, welche den bereits erfolgreich eingeschlagenen Weg durch die kommunale Energiewende erleichtern und fokussieren kann.

Ergänzt wird das Konzept durch umfangreiches Kartenmaterial im Anhang, welches der Gemeinde auch in Form von Geodaten zur Verfügung gestellt wird.

2. Verbandsgemeindebeschreibung

Die Verbandsgemeinde Kandel, Teil des Landkreises Germersheim, befindet sich westlich von Karlsruhe und der Stadt Wörth am Rhein, wenige Kilometer vom westlichen Rheinufer entfernt. Die Verbandsgemeinde besteht aus sieben einzelnen Gemeinden: Erlenbach bei Kandel, Freckenfeld, Kandel, Minfeld, Steinweiler, Vollmersweiler und Winden. Die Verbandsgemeinde weist eine Fläche von ca. 69 km² sowie eine Einwohneranzahl von 16.838 (Stand 31.01.2025) auf. Langfristig wird gemäß dem statistischen Landesamt ein geringes Bevölkerungswachstum erwartet. Die Landnutzung wird von Land- und Forstwirtschaft (jeweils ca. 45,8 km² und 14,4 km²) dominiert (vgl. Tabelle 1).

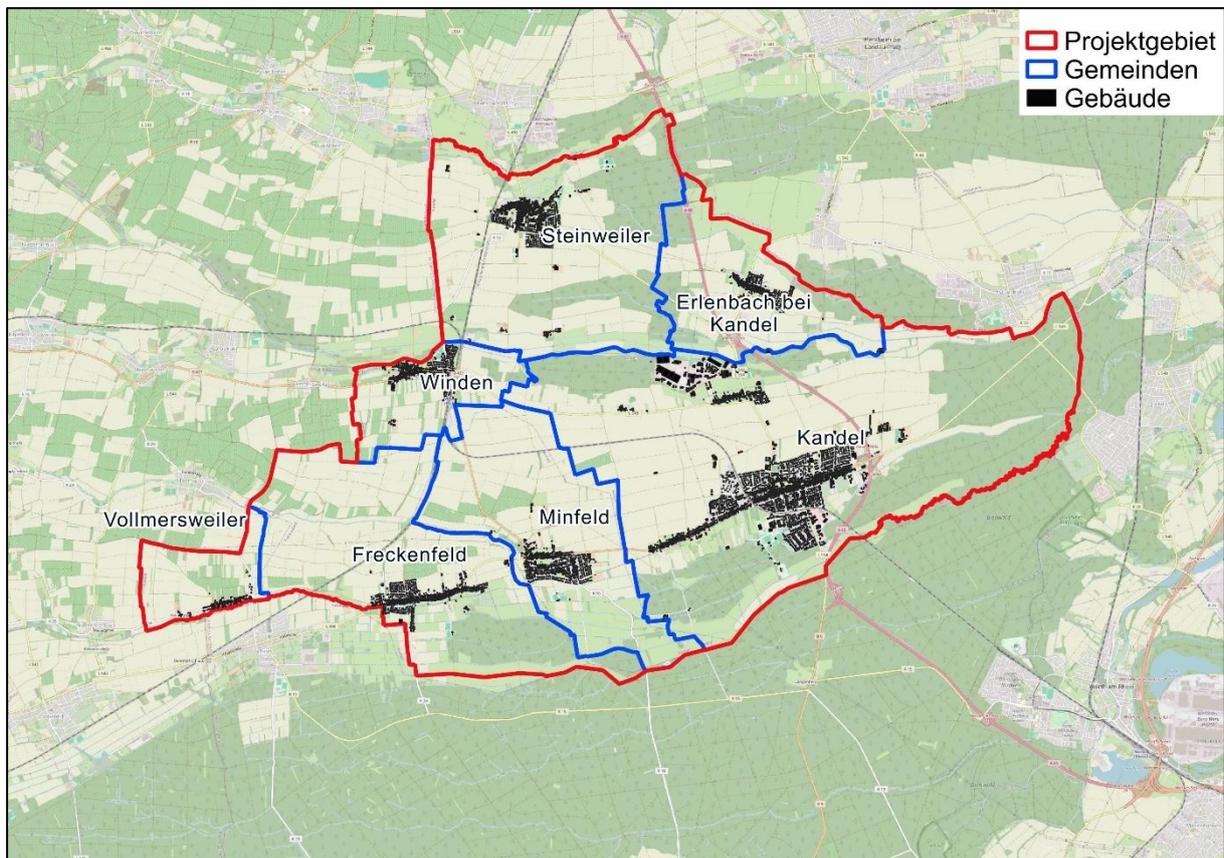


Abbildung 1: Übersichtskarte des Projektgebietes. Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Tabelle 1: Flächenanteile und Flächennutzungsarten der VG Kandel. Quelle: VG Kandel

Nutzungsart (m ²)	Erlenbach bei Kandel	Freckenfeld	Kandel	Minfeld	Steinweiler	Vollmersweiler	Winden	Verbandsgemeinde
Siedlung	2.638	4.813	27.468	5.255	4.808	1.312	4.011	50.305
Verkehr	2.690	1.167	5.214	1.667	1.901	1.539	1.566	15.744
Grünflächen	228	422	4.398	523	324	13	287	6.195
Forst- und Landwirtschaft	48.128	102.828	221.710	75.293	109.960	18.785	25.484	603.403
Gewässer	1.037	1.296	3.584	769	1.126	182	311	8.305
Sonstige	0	813	5.184	623	587	12	390	7.609
Gesamtfläche (m²)	54.721	111.339	268.773	84.130	118.706	21.843	32.049	691.561

Die Verbandsgemeinde verfügt über etwa 5.111 Wohngebäude, wovon 90,8 % aus Ein- und Zweifamilienhäusern bestehen. Pro Einwohner ergibt sich eine Wohnbaufläche von 178,9 m² ¹. Die Flächen- und Bevölkerungsverteilung wird in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Verteilung der Flächen und Einwohner in den 4 Gemeinden der VG Kandel

Gemeinde	Erlenbach	Freckenfeld	Kandel	Minfeld	Steinweiler	Vollmersweiler	Winden
Fläche km²	5,47	11,14	26,88	8,41	11,88	2,18	3,20
Einwohner	736	1.560	9.531	1.757	1.958	212	1.084

Die VG Kandel ist seit einigen Jahren erfolgreich auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität. Es liegt bereits ein integriertes Klimaschutzkonzept der VG Kandel vom 30.11.2021 vor.

¹ Kommunaldatenprofil Landkreis GERMERSHEIM. 22.05.2023, Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

3. Bestandsanalyse

Im folgenden Kapitel erfolgt eine Beschreibung des aktuellen Stands der Wärmeinfrastruktur und des Wärmeverbrauchs der Verbandsgemeinde Kandel. Die bestehenden Energienetze und Anlagen zur Energieerzeugung werden dargestellt.

3.1 Energieinfrastruktur

3.1.1 Stromversorgung

Der Energiesteckbrief der Verbandsgemeinde Kandel der Energieatlas Rheinland-Pfalz liefert einen Überblick über den Stand der erneuerbaren Energieversorgung. Im Bereich Strom befinden sich Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 27,8 MW, sowie PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 18,1 MW in der Verbandsgemeinde. Der Ausbau der PV-Anlagen hat über die letzten Jahren zugenommen (Abbildung 2).



Abbildung 2: Übersicht der erneuerbaren Energieerzeuger in der Verbandsgemeinde Kandel in kW. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

Die Stromverbräuche in der Gemeinde bis zum Jahr 2022 werden in Abbildung 3 dargestellt. Insgesamt wurden im Jahr 2022 ca. 42.532 MWh Strom verbraucht.

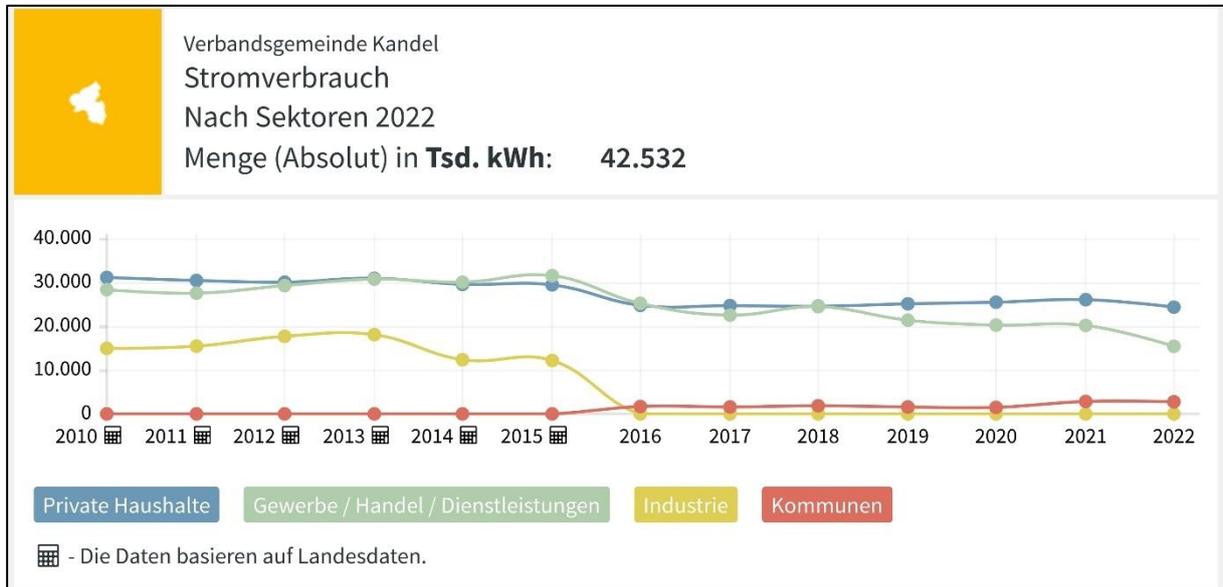


Abbildung 3: Stromverbräuche nach Verbraucherguppen (in Tsd. kWh) in der Verbandsgemeinde Kandel. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

Die erzeugten erneuerbaren Strommengen betragen mehr als das doppelte vom Stromverbrauch und werden in der Abbildung 4 dargestellt.

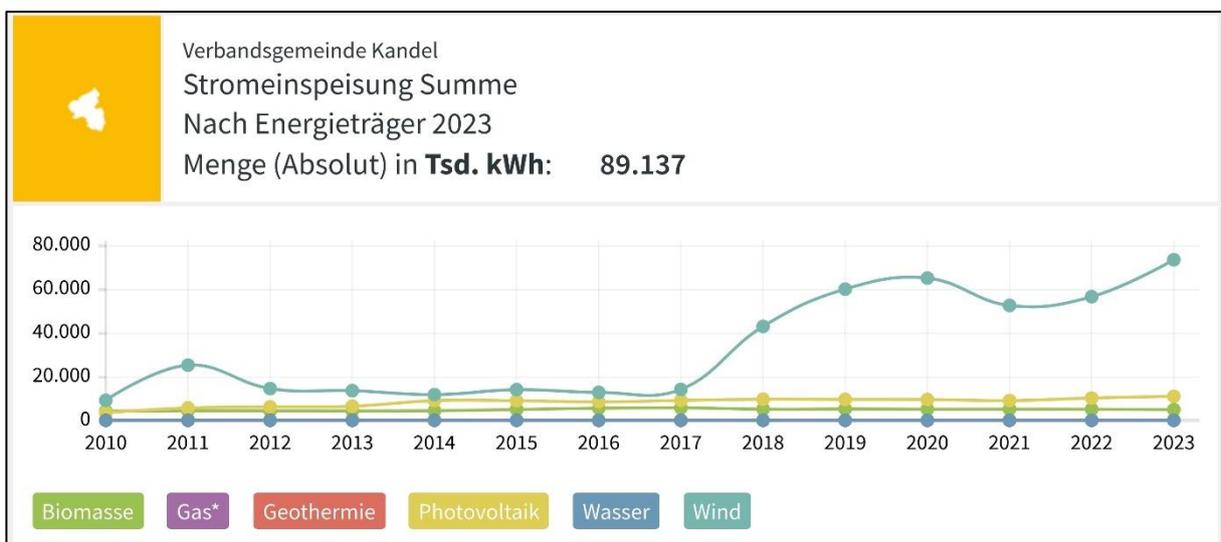


Abbildung 4: Stromeinspeisung erneuerbarer Anlagen (in Tsd. kWh) in der Verbandsgemeinde Kandel. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

Die räumliche Verteilung der EEG-geförderten Stromerzeugungsanlagen wird in Abbildung 5 dargestellt.

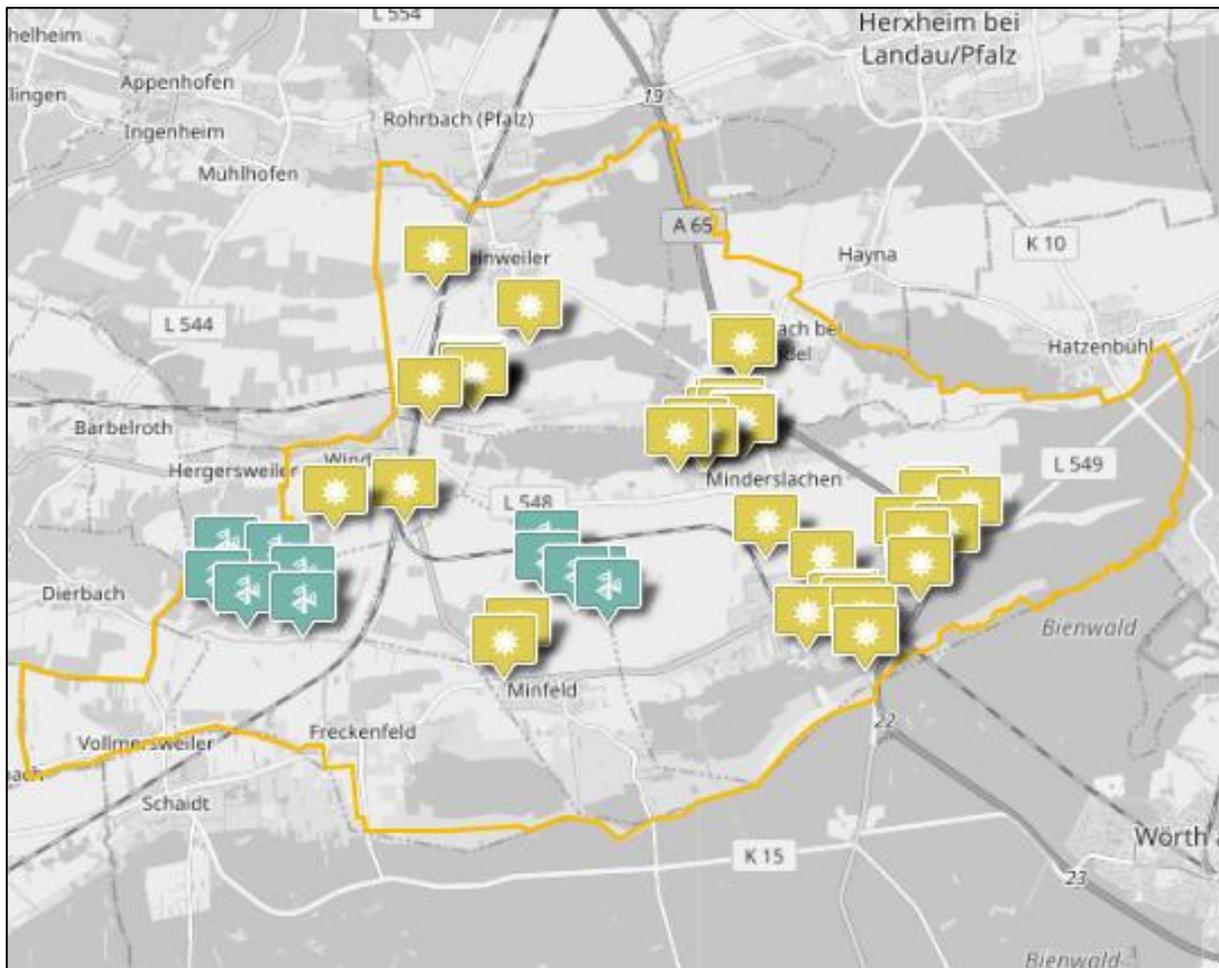


Abbildung 5: Räumliche Verteilung der EEG-geförderten Anlagen in der Verbandsgemeinde Kandel. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

Aus dem Marktstammdatenregister können ebenfalls die Leistungen der Anlagen erhoben werden. Insgesamt befinden sich in der Verbandsgemeinde etwa 1.550 PV-Anlagen mit einer gesamten Nettonennleistung von 19,7 MW. Im Jahr 2017 wurden gemäß dem Klimaschutzkonzept der VG Kandel bereits ca. 59 % des Stromverbrauches durch erneuerbare Energien gedeckt². Aktuell wird etwa doppelt so viel erneuerbarer Strom erzeugt wie in der VG Kandel verbraucht wird.

Der größte Stromnetzbetreiber in der VG Kandel ist die Pfalzwerke Netz AG. Lediglich in Winden wird dies durch die Stadtwerke Bad Bergzabern GmbH übernommen.

² Integriertes Klimaschutzkonzept der Verbandsgemeinde Kandel. Oktober 2019, Verbandsgemeinde Kandel, IfaS Institut für angewandtes Stoffmanagement Hochschule Trier

3.1.2 Biomasseanlagen

Laut Energieatlas Rheinland-Pfalz waren im Jahr 2020 in der Verbandsgemeinde Kandel 81 Biomasseanlagen installiert, die zusammen ca. 2,8 MWh Wärme erzeugt haben. Daten der Schornsteinfeger sind in der Verbandsgemeinde 160 Anlagen (7 Holzhackschnitzel, 153 Pellets) mit einer Gesamtleistung von 4.740 kW vorhanden. Bei ca. 1.300 Volllaststunden entspricht dies einer Wärmeerzeugung von ca. 6.162 MWh/a.

3.1.3 Wasserkraftanlagen

Laut Marktstammdatenregister sind aktuell zwei Wasserkraftanlagen in der Verbandsgemeinde Kandel installiert, die summierte Leistung beträgt 27 kW.

3.1.4 Tiefengeothermie

Die Region der Verbandsgemeinde Kandel bietet durch den Oberrheingraben ein großes Potenzial für Tiefengeothermie. Derzeit sind noch keine Tiefengeothermieanlagen in der Verbandsgemeinde Kandel vorhanden.

3.1.5 BHKW-Anlagen

In der Verbandsgemeinde Kandel befinden sich gemäß Marktstammdatenregister 16 Blockheizkraftwerke, 12 davon werden mit Erdgas betrieben, die restlichen vier nutzen Biogas als Brennstoff. Die BHKWs wurden zwischen Jahr 2005 und 2021 errichtet und verfügen über eine Leistung zwischen 1,5 kW und 530 kW. Die gesamte Nettonennleistung beträgt 1.744 kW.

3.1.6 Solarthermische Anlagen

Die Daten zu solarthermischen Anlagen wurden vom Solaratlas bezogen. Wie Abbildung 6 zeigt, steigt der Ausbau solarthermischer Anlagen in der Verbandsgemeinde weiter an. Die Daten von Solaratlas Deutschland wurden zwischen 2001 und 2021 erhoben. Insgesamt ist eine Gesamtkollektorfläche von ca. 4.300 m² in der Verbandsgemeinde Kandel vorhanden. Bei einer Ertragsschätzung von 400 bis 500 kWh/m² werden etwa 1,7 bis 2,2 GWh/a an solarer Wärme erzeugt. Zu erkennen ist jedoch auch ein deutlicher Rückgang der jährlichen Zubauzahlen ab dem Jahr 2010, der durch sinkende Preise bei der Photovoltaik und eine entsprechende Verlagerung auf diese Technologie bedingt ist.

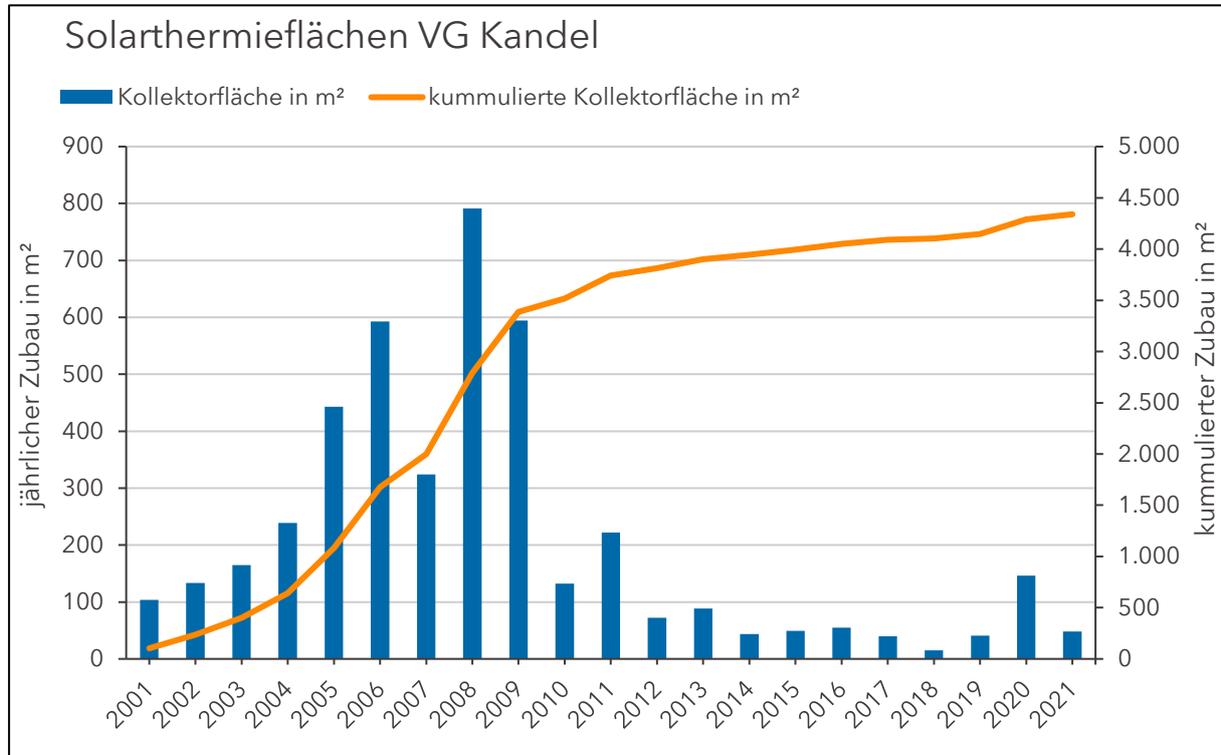


Abbildung 6: Solarthermieflächen in der Verbandsgemeinde Kandel in m² im zeitlichen Verlauf.
 Quelle: Solaratlas.de

3.1.7 Wärmepumpen auf Basis oberflächennaher Geothermie und Luft

In der Verbandsgemeinde Kandel befanden sich im Jahr 2020 laut Energieatlas Rheinland-Pfalz lediglich 43 Wärmepumpen, davon 24 Luft-Wasser Wärmepumpen, 17 Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden oder Erdkollektoren) und 1 Wasser-Wasser Wärmepumpe (Abbildung 7). Eine Anfrage beim Stromnetzbetreiber Pflzwerke über Sondertarife ergab keine weiteren Informationen. Da ohne detaillierte Umfragen keine weiteren Daten vorliegen, wurden Zensusdaten (2022) genommen. Laut den Zensusdaten bestehen etwa 8,3 % der Heizungen aus Wärmepumpen und / oder solarthermischen Anlagen.



Abbildung 7: Installierte Wärmepumpen in der Verbandsgemeinde Kandel nach Technologie im zeitlichen Verlauf. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

3.1.8 Gasnetze

Das Gasnetz der Verbandsgemeinde Kandel wird durch die Thüga Energienetze GmbH betrieben. Das Gasnetz ist in den meisten Gemeinden sehr weit verzweigt. Das Netz ist insgesamt ca. 112,5 km lang.

Tabelle 3: Gasverbräuche in der Verbandsgemeinde Kandel in den Jahren 2020 - 2023

Gemeinde	Gasverbrauch 2020 in kWh	Gasverbrauch 2021 in kWh	Gasverbrauch 2022 in kWh	Gasverbrauch 2023 in kWh
Erlenbach	682.693	830.507	769.309	744.327
Freckenfeld	5.397.686	6.238.996	4.797.205	4.462.126
Kandel	42.534.357	48.160.070	42.989.528	37.201.823
Minfeld	6.080.389	7.454.701	5.505.266	5.108.161
Steinweiler	9.497.027	10.322.877	7.878.405	7.741.774
Vollmersweiler	1.113.900	1.232.528	1.004.611	853.124
Winden	4.064.140	4.721.128	3.630.101	3.604.884
Summe	69.370.191	78.960.808	66.574.425	59.716.219

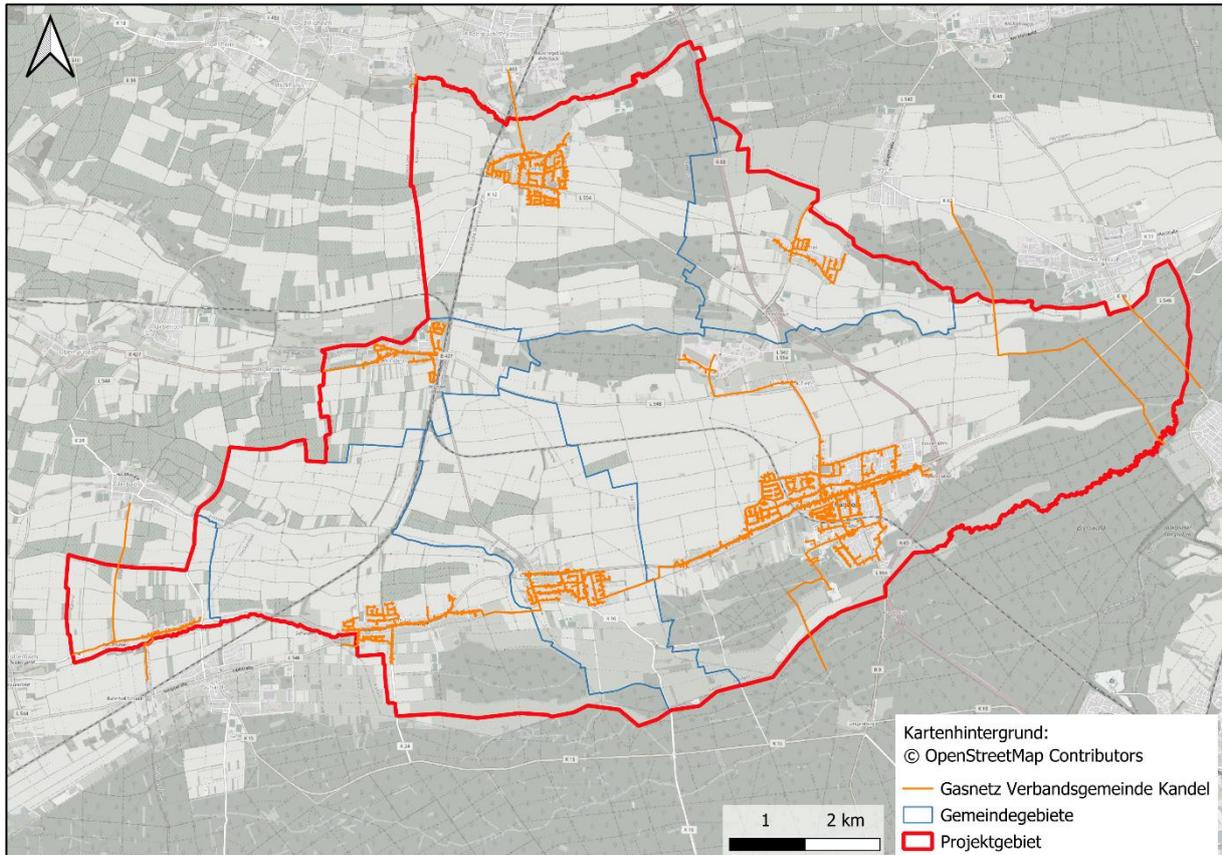


Abbildung 8: Gasverteilnetz im Gebiet der Verwaltungsgemeinde Kandel, Datengrundlage Thüga Energienetze GmbH

3.1.9 Wärmenetze

In der Verbandsgemeinde Kandel befinden sich derzeit noch keine Fernwärmenetze.

3.2 Wärmeverbrauch

Der Wärmebedarf setzt sich gemäß Energie-Atlas RLP folgendermaßen zusammen:

Ortsgemeinde	Wärmebedarf Wohngebäude in MWh/a	Wärmebedarf Nichtwohngebäude in MWh/a
Kandel	46.481	16.902
Steinweiler	9.841	3.011
Minfeld	8.836	1.575
Freckenfeld	8.624	773
Winden	5.636	815
Erlenbach b. Kandel	3.499	543
Vollmersweiler	1.268	138
Verbandsgemeinde	84.158	23.757

Gemäß dem Energie-Atlas ergibt sich ein summierter Wärmebedarf von insgesamt **107.915 MWh/a**. Dieser Wärmebedarf erweist sich als äußerst gering. Den Schornsteinfegerdaten zufolge sind in der VG insgesamt 118.824 kW an zentralen Verbrennerheizungen vorhanden. In dieser Zahl sind Wärmepumpen, Solarthermieanlagen und Direktstromheizungen nicht enthalten. Bereits mit dieser Leistung lässt sich zeigen, dass der Gesamtwärmebedarf gemäß Energie-Atlas RLP sehr niedrig ist, da hierfür lediglich 908 Volllaststunden erforderlich wären. Typische Volllaststundenzahlen für den Wohnbau liegen jedoch bei ca. 1.200 bis 1.800.

3.2.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

Das Wärmekataster wurde gemäß dem Leitfaden für Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW) erstellt (BMWK, BMWSB, & dena, 2024). Alle relevanten Werte für das Wärmekataster können dabei dem Technikkatalog entnommen werden, welcher im Juni 2024 vom KWW veröffentlicht wurde. Die Baujahre wurden mit Hilfe der Zensus-Daten von 2011 ermittelt.

Tabelle 4: Baualtersklassen des privaten Sektors mit zugehörigem Wärmebedarf

Baualtersklassen	Nutzenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser [kWh/(m ² *a)]
Bis 1918	113
1919 - 1948	103
1949 - 1978	93
1979 - 1994	87
1995 - 2011	62
2012 - 2020	48
2021 - 2035	39
Ohne Baujahr	90 (gewichtetes Mittel)

Tabelle 4 beschreibt die Verbräuche nach Baualtersklasse der privaten Wohngebäude. Zu diversen kommunalen Liegenschaften konnten gebäudescharfe Verbrauchsdaten geliefert werden, diese wurden als Realdaten ins Wärmekataster integriert.

Aus den öffentlichen LOD2-Daten konnten Informationen wie Gebäudeart, Gebäudehöhe und zum Teil die Anzahl der Stockwerke entnommen werden. Diese ist maßgebend für die Größe der Heizfläche. Bei Gebäuden, bei welchen die Anzahl der Stockwerke per LOD2-Daten gegeben waren, wurden diese übernommen. Gebäude mit einer Höhe < 1,5 m wurden als nicht beheizt angenommen und im Vorfeld gelöscht. Für Bauwerke mit undefinierter Etagenanzahl wurde folgende Annahme getroffen:

Tabelle 5: Kalkulation der Stockwerksanzahl

Gemessene Höhe [m]	Anzahl der Stockwerke
1,5 - 6	1
6 - 9	2
9 - 12	3
12 - 15	4
15 - 18	5
18 - 21	6
21 - 24	7
24 - 27	8
27 - 30	9
30 - 33	10

Von jedem Gebäude konnte mittels GIS-Tools die Grundfläche ermittelt werden. Um die irrelevanten bzw. nahezu unbeheizten Gebäude wie Garagen und Gartenhäuser so weit wie möglich zu reduzieren, wurde nur Gebäude mit einer Grundfläche von mindestens 40 m² in Betracht genommen. Zudem wurden die Gebäude nach Funktion (ALKIS) sortiert.

In den ALKIS-Daten wurden viele Garagen und Gartenhäuser als Wirtschaftsgebäude eingestuft. Diese konnten mit einer Mindestfläche dieser Gebäude von 70 m² effektiv gefiltert werden, ohne eine relevante Reduzierung der tatsächlich beheizten Gebäude. Das Wärmekataster wurde mit einigen Realdaten der VG ergänzt und intensiv mit der VG abgestimmt.

Insgesamt werden gemäß Wärmekataster in der Verbandsgemeinde Kandel jährlich ca. **218.991 MWh Wärme** pro Jahr verbraucht. Werden die jeweiligen Leistungen der Heizungen der Schornsteinfegerdaten (in Summe 118.824 kW) mit 1.500 Volllaststunden (gemäß dem Leitfaden Wärmeplanung des KWW³) multipliziert, ergibt sich einen Wärmeverbrauch von ca. 178.236 MWh/a. Laut den Zensus Daten bestehen die aktuellen Heizungen in der VG Kandel zu 88 % aus Brennstoffheizungen. Wird davon ausgegangen, dass 12 % nicht durch Schornsteinfegerdaten erfasst werden (z. B. Wärmepumpen, Direktstromheizungen), ergibt sich mit dieser Einschätzungsmethode ein Gesamtwärmeverbrauch von 202.541 MWh/a. Das entspricht grob dem Gesamtwärmeverbrauch gemäß dem Wärmekataster.

Bei 16.838 Einwohner ergibt dies einen Wärmebedarf von 13.006 kWh pro Einwohner.

³ Leitfaden Wärmeplanung. 06.2024, ifeu et al.

Diese Berechnungsmethode des Wärmekatasters vom KWW zeigt jedoch auch deutliche Nachteile. Die Bedarfswerte für Wohnbau haben sich in verschiedenen anderen Projekten als gut erwiesen. Die Bedarfswerte für den Sektor GHD liegen jedoch in den Einschätzungen des KWW allgemein recht hoch. Es wurde versucht, dies teilweise durch Umfragen zu beheben, die jedoch nur relativ wenig Rückmeldungen ergaben. Zudem basieren die Bedarfswerte auf „normalen“ Jahren. Somit ergibt sich eine Diskrepanz zwischen den Gasverbrauchsdaten der letzten zwei warmen Jahre und den Daten des Wärmekatasters. Nicht zuletzt können leerstehende oder nicht beheizte Gebäude nur teilweise berücksichtigt werden. Es ist somit zu erwarten, dass der reale aktuelle Wärmebedarf der VG Kandel etwas unterhalb des aktuell ermittelten Bedarfes liegt.

3.2.2 Energiebilanz Wärme in Betrachtungsgebiet

Heizungsarten

In den nachfolgenden Diagrammen (Abbildung 9 bis Abbildung 16) werden die unterschiedlichen Heizungsarten je Gemeinde gemäß den Daten der örtlichen Kaminkehrer aufgeteilt nach Energieträgern dargestellt. Die Anteile ergeben sich aus den Nennwärmeleistungen je Segment bezogen auf die Gesamtnennleistung.

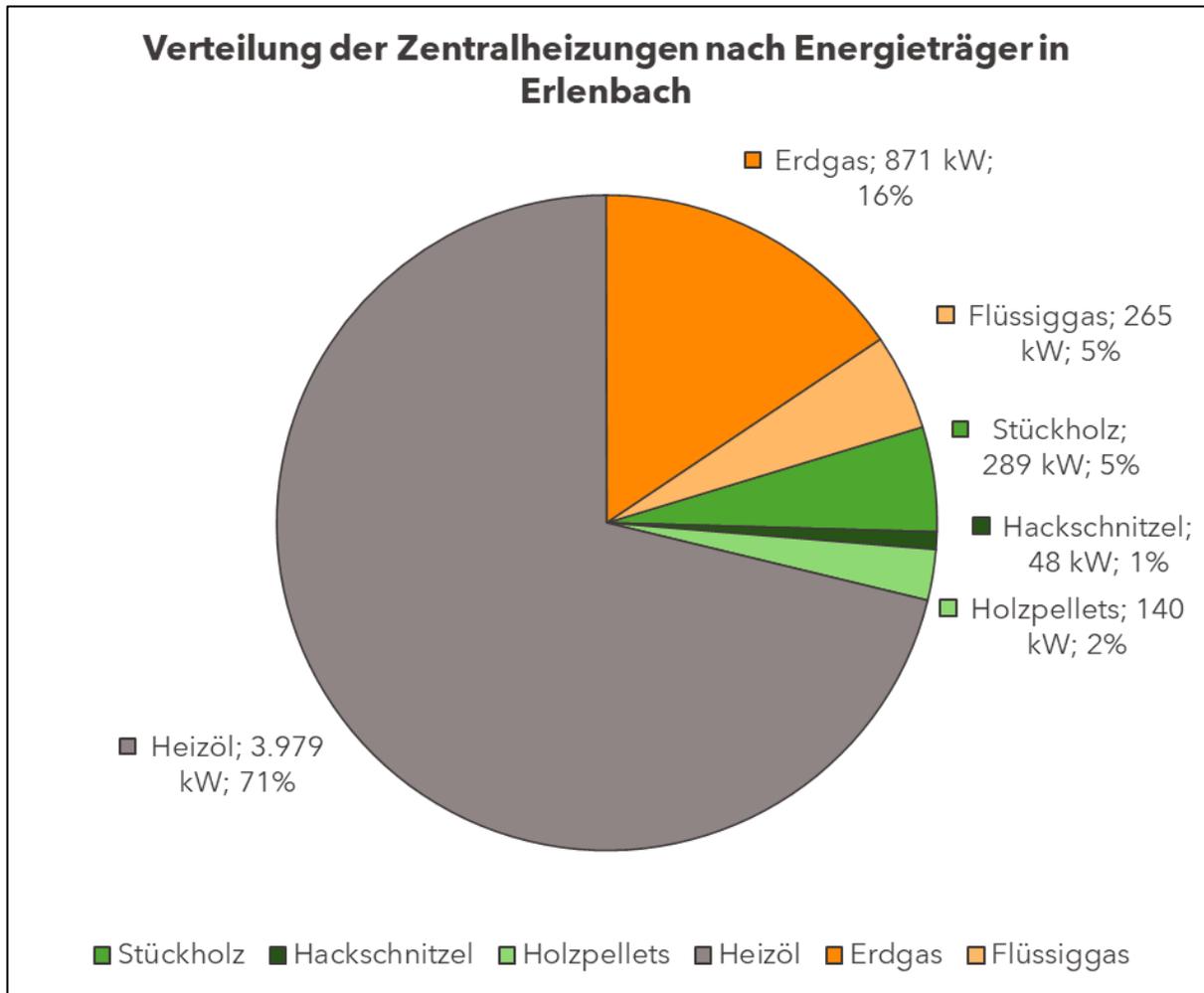


Abbildung 9: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Erlenbach nach Energieträgern

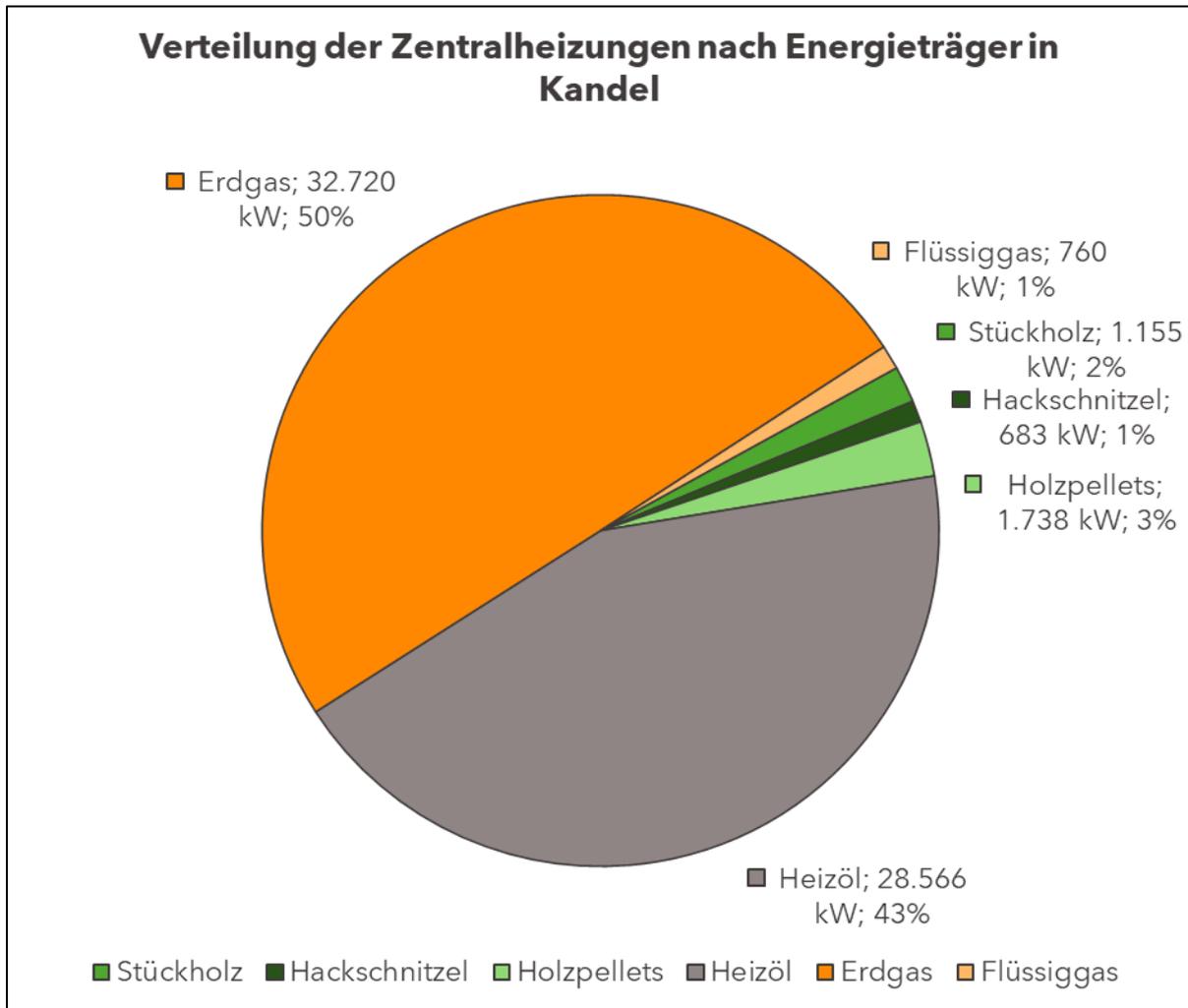


Abbildung 10: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Kandel nach Energieträgern

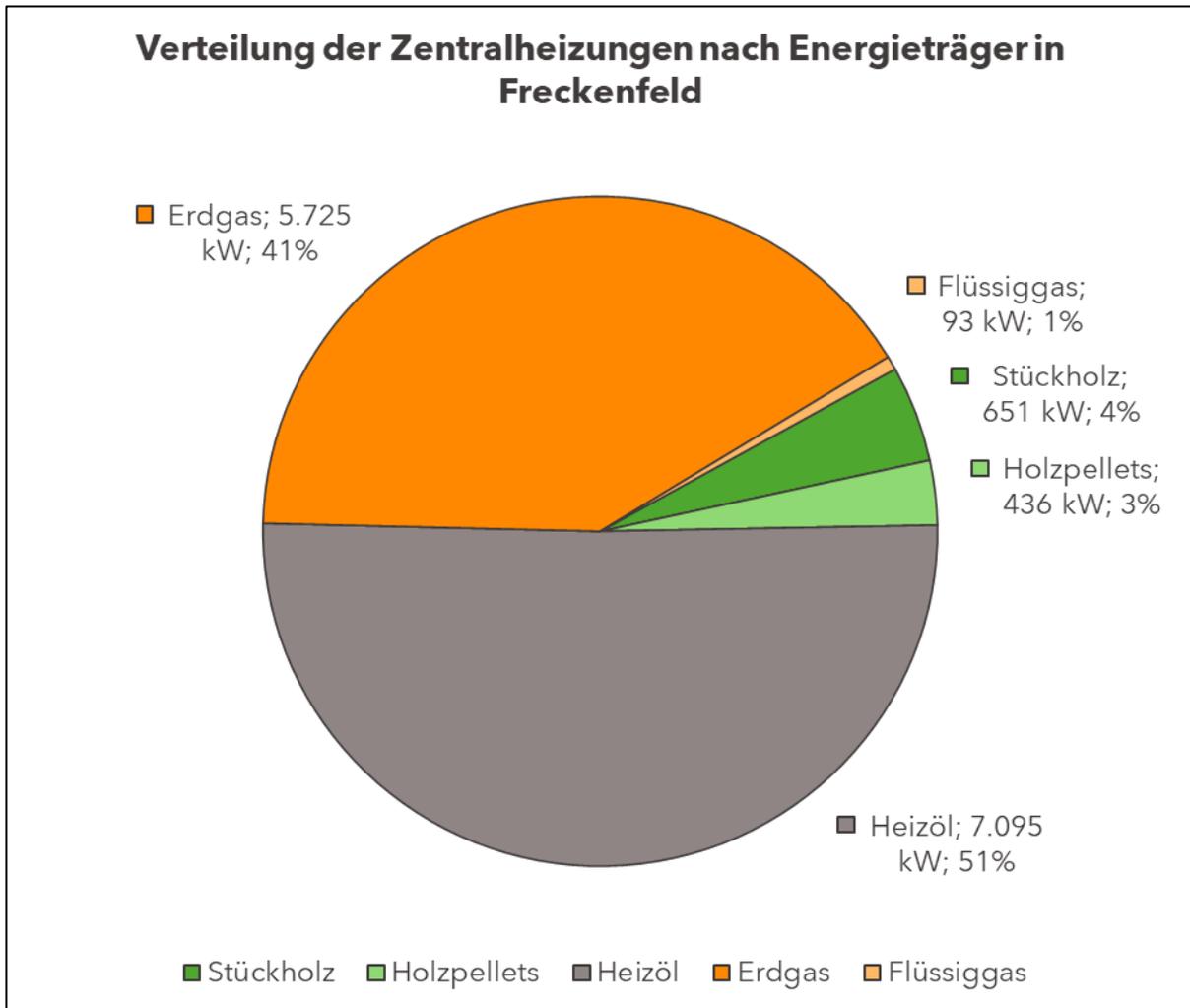


Abbildung 11: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Freckenfeld nach Energieträgern

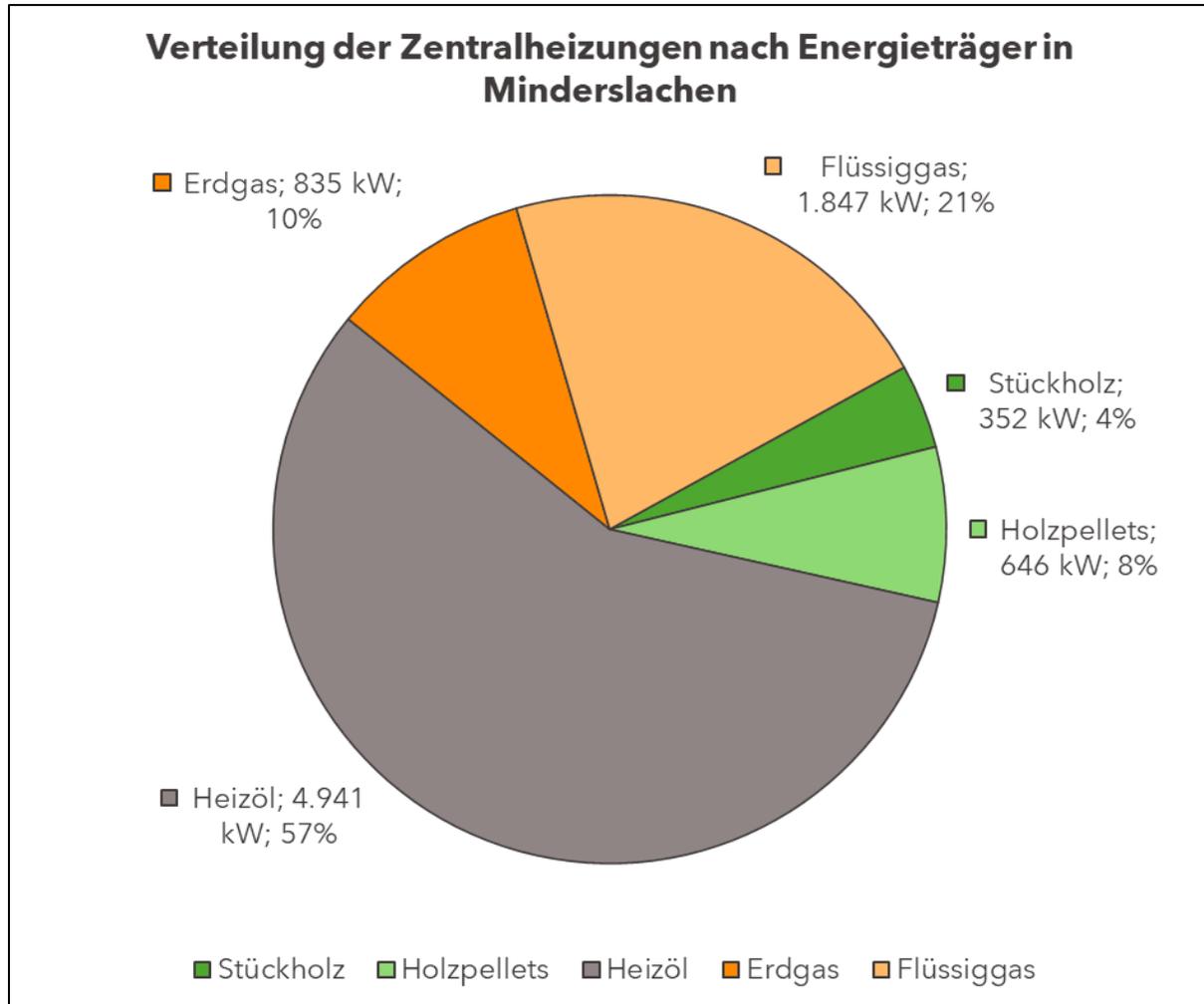


Abbildung 12: Verteilung der Zentralheizungen in Minderslachen nach Energieträgern

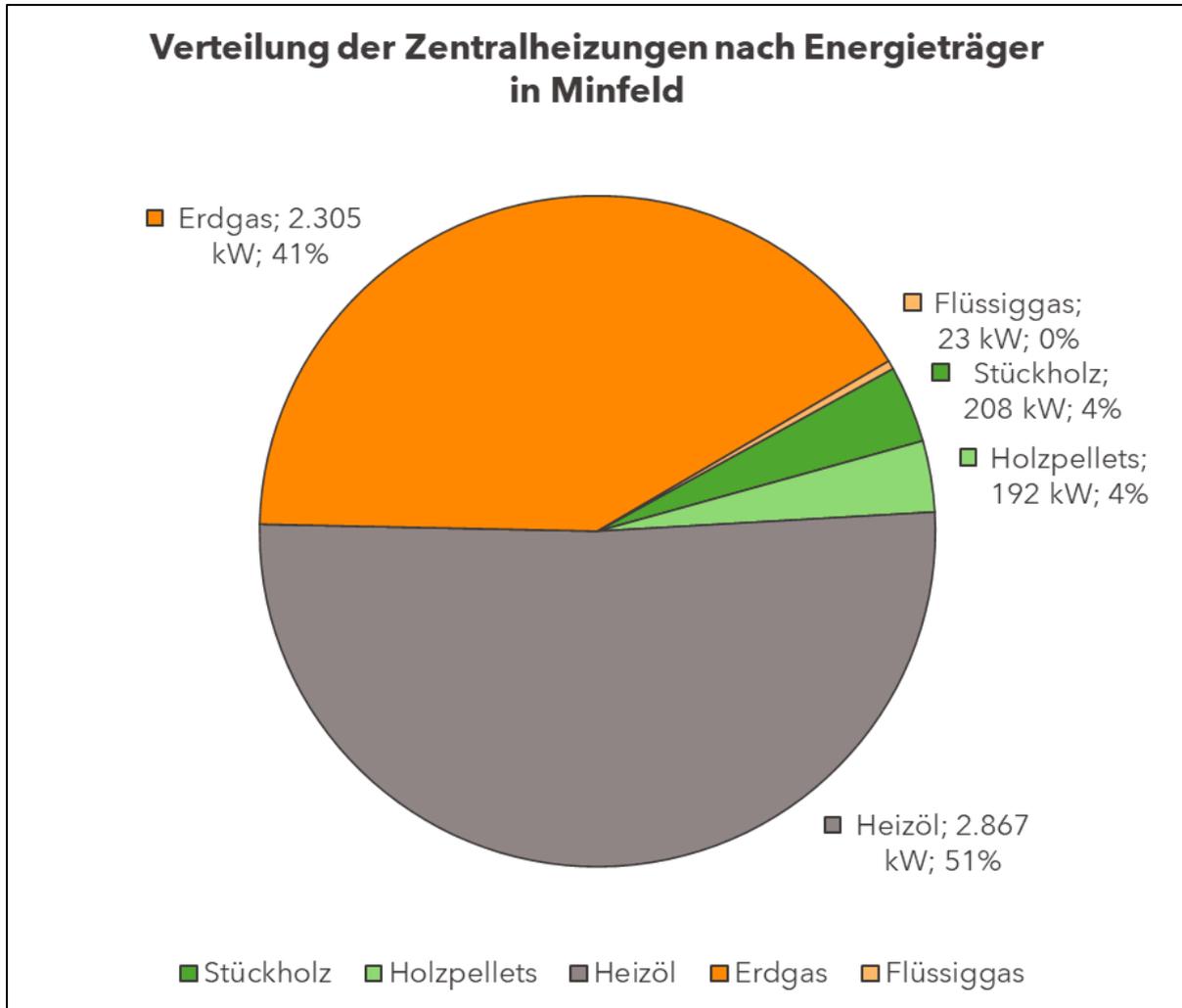


Abbildung 13: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Minfeld nach Energieträgern

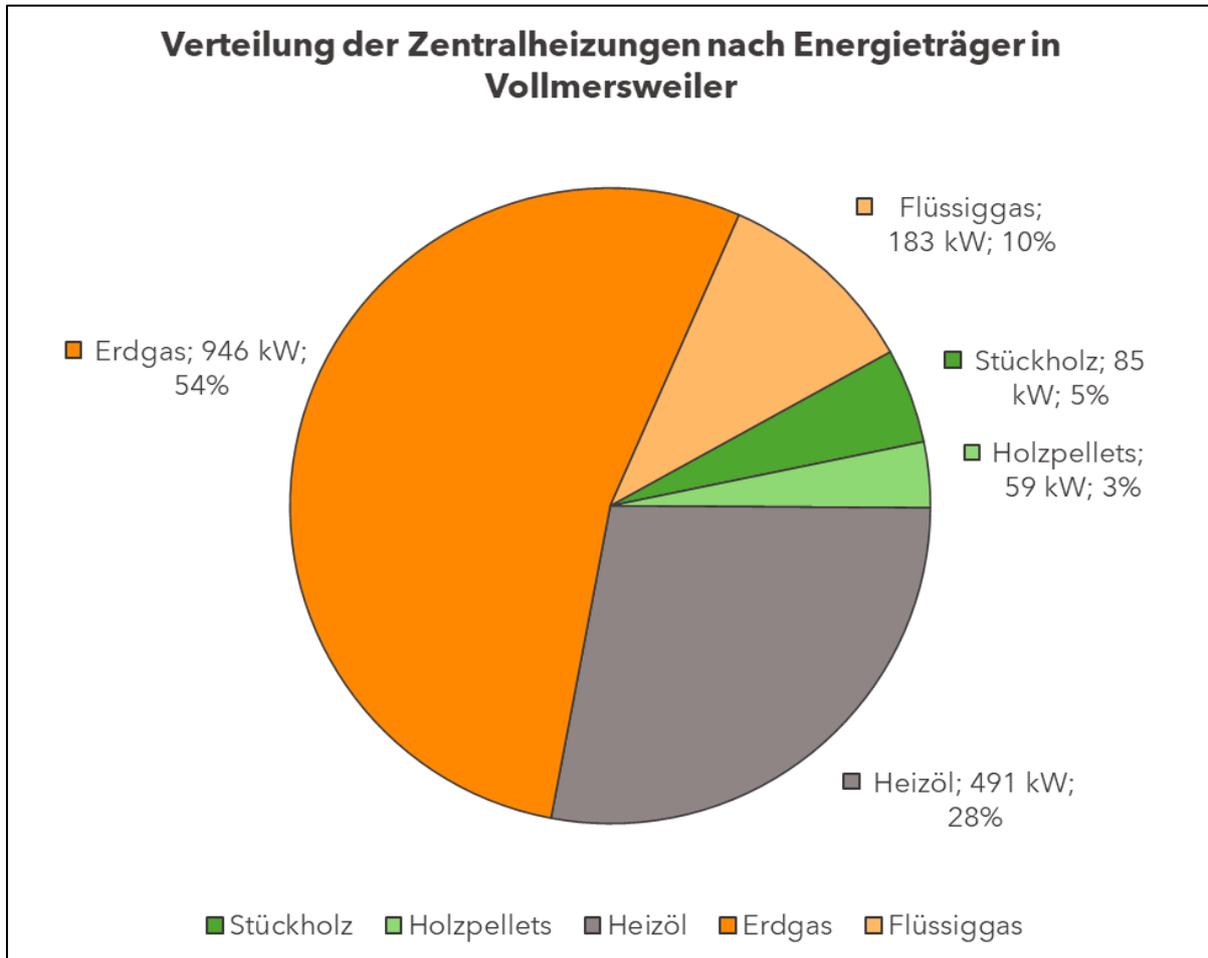


Abbildung 14: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Vollmersweiler nach Energieträgern

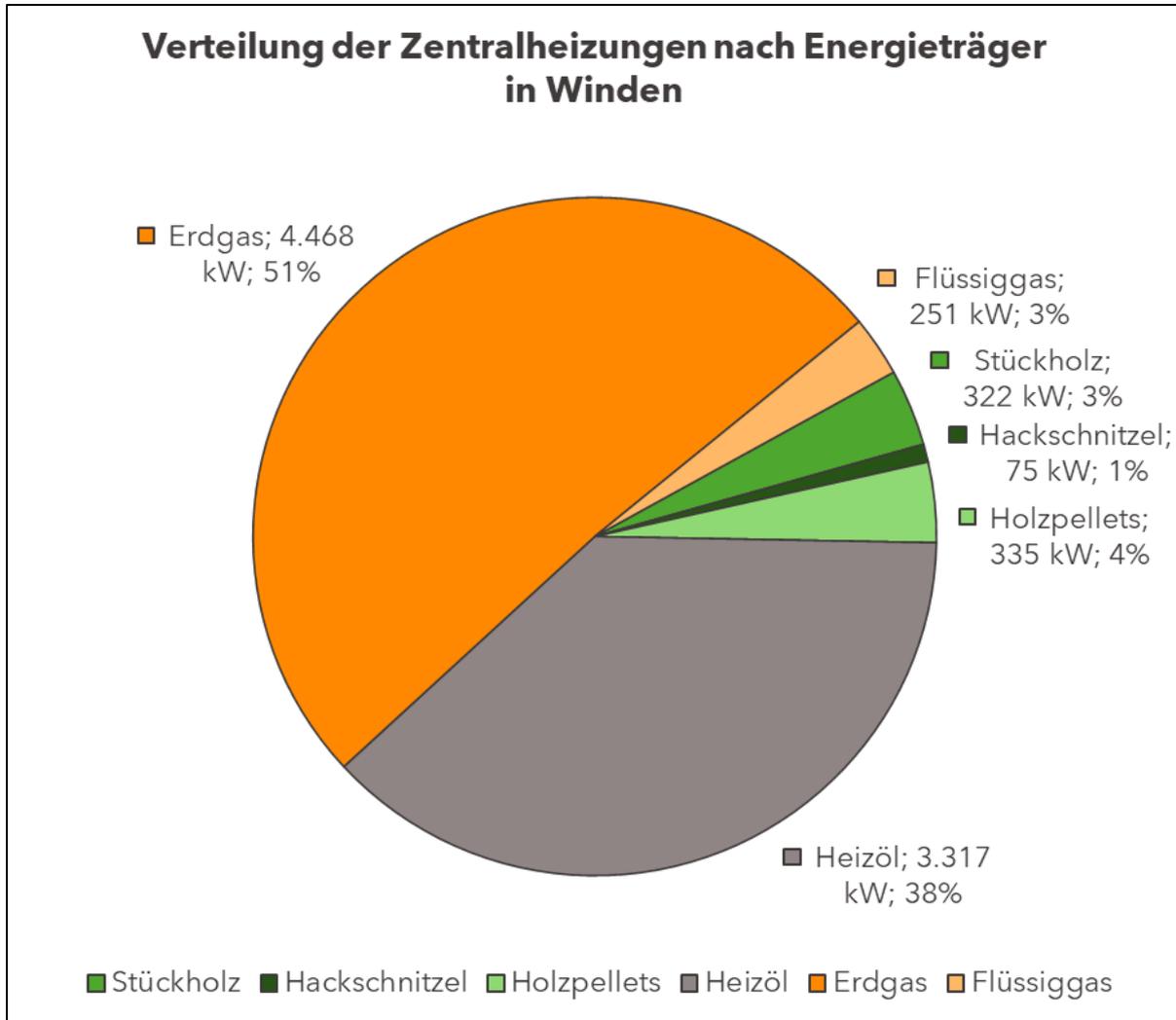


Abbildung 15: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Winden nach Energieträgern

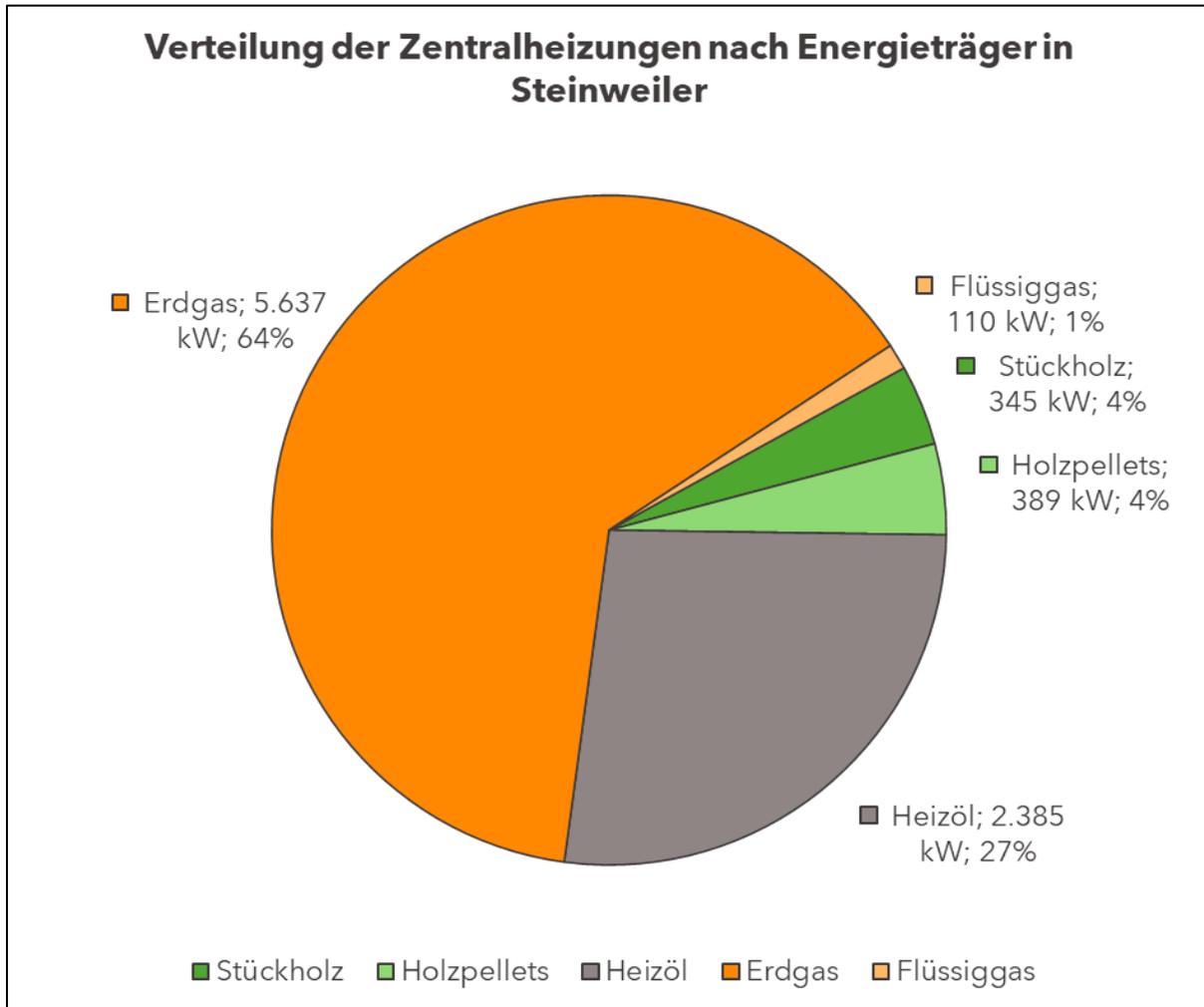


Abbildung 16: Verteilung der Zentralheizungen in der Gemeinde Steinweiler nach Energieträgern

Die obenstehenden Diagramme der Kaminkehrerdaten sind, vor allem für die Gemeinde Kandel, nicht sehr repräsentativ für die tatsächliche Verteilung der Heizungsarten, da die Daten von Wärmepumpen und Solarthermieanlagen nicht durch die Kaminkehrer erhoben werden. Die Wärmepumpen und auch Direktstromheizungen sorgen jedoch für eine Verschiebung der Prozentwerte in der gesamten VG (Abbildung 17).

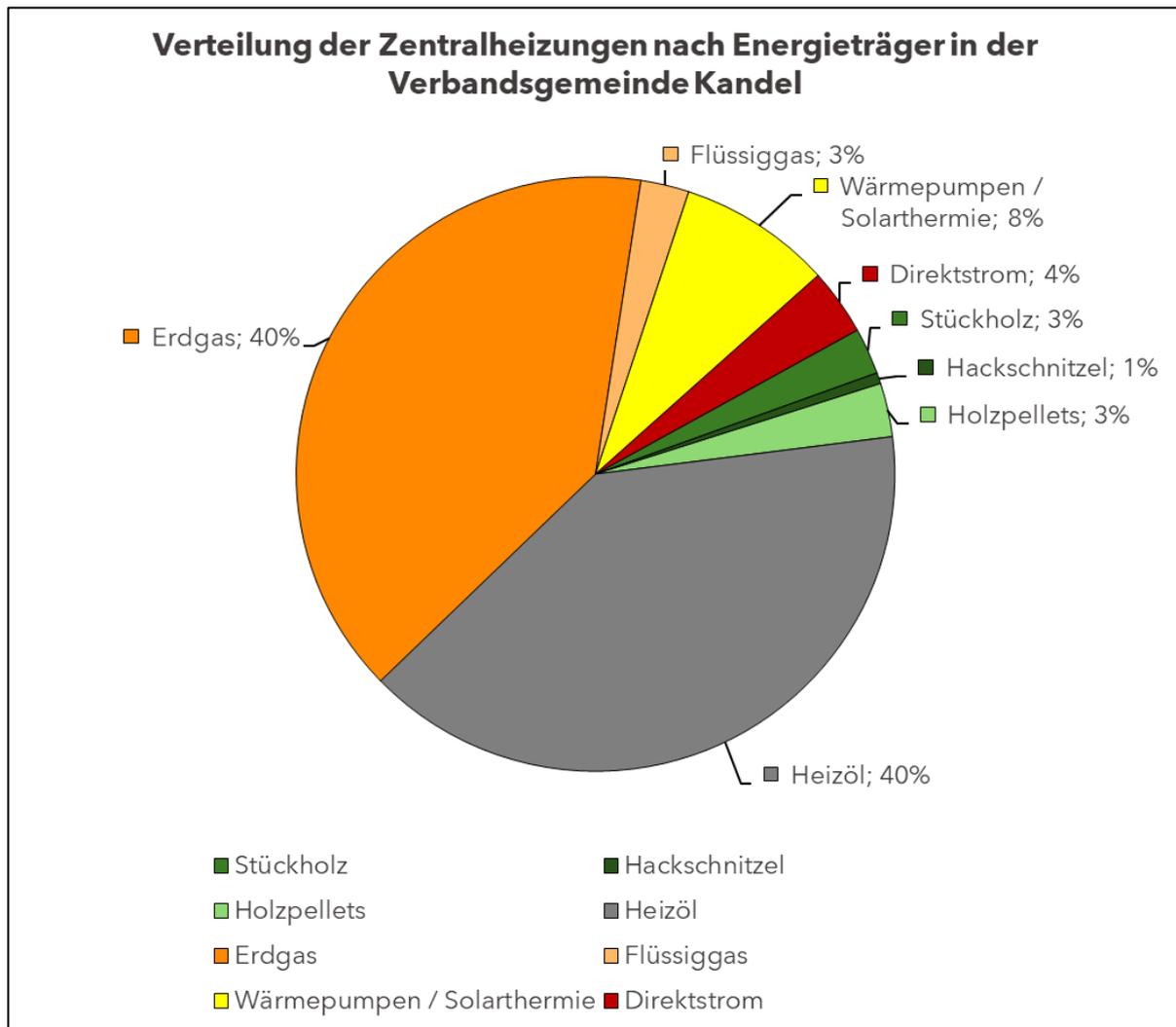


Abbildung 17: Verteilung der Heizungsarten in Prozentwerte in der VG Kandel

Die fossilen Heizungsarten Öl und Gas sind zusammen für einen Großteil der Heizungsanlagen verantwortlich (etwa 83 %). Nachhaltige Heizungsarten wie Wärmepumpen, Holz und Pellets sind bei ca. 15 % der Privathaushalte vorhanden. Die vorhandenen Heizungen stammen zu ca. 34 % aus dem 20. Jahrhundert. Im Schnitt sind die vorhandene Heizungen 20 Jahre alt.

3.2.2.1 Private Haushalte

In der Verbandsgemeinde befinden sich gemäß der Statistik RLP⁴ 8.119 Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Unter den Wohngebäuden besteht der überwiegende Anteil von 90,8 % (4.641) aus Einfamilien- oder Doppelhäusern und 470 Mehrfamilienhäusern. Aus dem Wärmekataster ergibt sich für den Bereich private Haushalte ein Wärmeverbrauch von ca. 155.205 MWh.

Private Haushalte in der VG Kandel verbrauchen pro Haushalt im Schnitt 19,1 MWh pro Jahr an Wärme. Der Sektor private Haushalte ist für ca. 71 % des Gesamtwärmeverbrauchs in der VG Kandel verantwortlich.

3.2.2.2 Öffentliche Gebäude

Die Daten des kommunalen Wärmebedarfs wurden vom Klimaschutzmanagement der VG Kandel bereitgestellt. Insgesamt gibt es in der VG Kandel 48 kommunale Gebäude, wovon der Wärmeverbrauch bekannt ist. Der Sektor kommunale Liegenschaften ist mit 5 % die kleinste Wärmeverbrauchsgruppe.

⁴ KOMMUNALDATENPROFIL Landkreis Germersheim. 22.05.2023, Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Tabelle 6: Wärmebedarf und -träger der einzelnen kommunalen Liegenschaften

Gebäude	Eigentümergeinde	Energieträger	Mittl. Wärmeverbrauch in kWh/a	Anteil in %
Feuerwehr Kandel	Verbandsgemeinde	Gas und Öl	448.244	12,40
Grundschule und Turnhalle Minfeld	Verbandsgemeinde	Gas	318.353	8,81
Verwaltungsgebäude	Verbandsgemeinde	Gas und Öl	200.335	5,54
Grundschule und Turnhalle Freckenfeld	Verbandsgemeinde	Gas	193.292	5,35
Grundschule und Sporthalle	Steinweiler	Pellets	177.955	4,92
Gemeinde- und Bürgerhaus	Steinweiler	Gas	169.231	4,68
Bienwaldhalle	Kandel	Gas + Wärmepumpenstrom	165.433	4,58
Rathaus	Kandel	Gas	144.058	3,99
Kulturzentrum	Kandel	Gas	140.969	3,90
Grundschule Kandel	Verbandsgemeinde	Gas + Wärmepumpenstrom	138.143	3,82
Kita Bärenland	Freckenfeld	Gas	107.417	2,97
Kath. Kindergarten	Kandel	Öl	103.828	2,87
Bauhof	Kandel	Gas	97.815	2,71
Bürgerhaus	Kandel	Gas	95.871	2,65
Kita Wasserturm	Kandel	Gas	94.239	2,61
Kindergarten und Bürgerhaus	Erlenbach	Öl	89.286	2,47
Bienwaldstadion	Kandel	Gas	86.272	2,39
Bahnhofsgebäude	Kandel	Gas	72.377	2,00
Kita Bienennest	Kandel	Gas	63.658	1,76
Bürgerhaus	Winden	Gas	59.891	1,66
Dampfnudeltorpassage	Freckenfeld	Gas	58.500	1,62
Wohngebäude	Kandel	Gas	50.451	1,40
Wohnung 17	Winden	Gas	43.132	1,19
Bürgerhaus und Feuerwehr	Vollmersweiler	Öl	42.500	1,18
Bürgerhaus	Freckenfeld	Gas	40.663	1,13
Gräfenberghalle	Freckenfeld	Öl	40.000	1,11
Kindergraten	Winden	Gas	35.969	1,00
Kita Pestalozzistraße	Kandel	Gas	32.737	0,91



Museum + VR Bank	Winden	Gas	30.054	0,83
Kita Am Hubhof	Kandel	Wärmepumpenstrom	29.840	0,83
Wohnung 37	Winden	Gas	28.376	0,79
Gleis 3	Kandel	Gas	27.453	0,76
Rathaus	Winden	Gas	23.692	0,66
Jugendzentrum	Kandel	Gas	23.179	0,64
Am Plätzel	Kandel	Gas	23.145	0,64
Rathaus	Minfeld	Gas	21.362	0,59
Volkshochschule	Kandel	Gas	20.971	0,58
Kulturscheune	Minfeld	Gas	18.406	0,51
Multifunktionsgebäude	Kandel	Wärmepumpenstrom	15.013	0,42
Feuerwehr Erlenbach	Verbandsgemeinde	Strom	11.852	0,33
Lagerhaus Bauhof	Steinweiler	Gas	6.921	0,19
Kindergarten	Minfeld	Öl	6.268	0,17
Friedhofshalle	Erlenbach		4.046	0,11
Leichenhalle	Kandel	Strom	3.486	0,10
Feuerwehr Minfeld	Verbandsgemeinde	Strom	3.119	0,09
Feuerwehr Freckenfeld	Verbandsgemeinde	Strom	3.116	0,09
Leichenhalle	Minfeld	Strom	2.673	0,07
Leichenhalle	Freckenfeld	Strom	376	0,01
Summe			3.613.590	100

Die Feuerwehr Kandel, Schulen, Verwaltungsgebäude und die Bienwaldhalle stellen die größten Wärmeverbraucher dar. Maßnahmen hinsichtlich Dämmung und Effizienzsteigerung sollten in allen Liegenschaften ergriffen werden.

Die gebäudescharfen Daten der kommunalen Liegenschaften wurden in das Wärmekataster integriert. In den ALKIS-Daten wurden noch 47 weitere Gebäude dem kommunalen Sektor zugeteilt. Das Wärmekataster ergibt einen Gesamtwärmeverbrauch aller kommunalen Gebäude von 10.524 MWh/a. Insgesamt ist der Sektor kommunale Gebäude somit für 5 % des Wärmeverbrauchs verantwortlich.

3.2.2.3 Wirtschaft

In der VG Kandel befinden sich keine großen gewerblichen Verbraucher bzw. Industrie.

Insgesamt wird durch die Wirtschaft in der Verbandsgemeinde Kandel gemäß ALKIS-Daten und dem Wärmekataster ca. 52.090 MWh Wärme pro Jahr verbraucht, was ca. 24 % des Gesamtwärmebedarfs der VG Kandel beträgt.

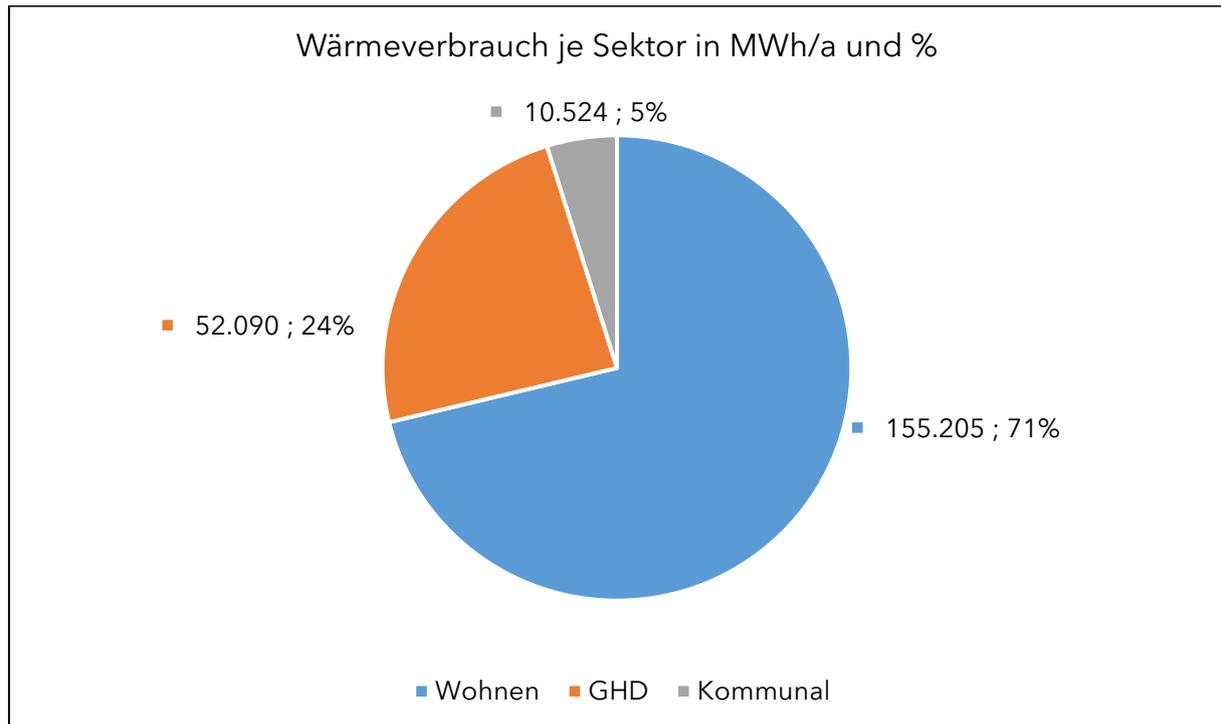


Abbildung 18: Wärmeverbrauch je Sektor in der VG Kandel

3.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

Insgesamt werden in der VG Kandel laut aktueller kommunaler Wärmeplanung ca. 218.991 MWh Wärme verbraucht. In der nachfolgenden Tabelle wird der CO₂-Ausstoß für den Wärmeverbrauch pro Energieträger berechnet. Hierfür wurden die CO₂-Faktoren gemäß dem Technikkatalog Wärmeplanung benutzt ⁵. Für die Wärmepumpen wurde der CO₂-Faktor anhand einer Jahresarbeitszahl von 3,0 berechnet. Der hohe Anteil erneuerbarer Stromerzeuger wurde hier nicht berücksichtigt, daher kann der CO₂-Faktor unter Umständen geringer ausfallen.

⁵ Technikkatalog Wärmeplanung. 06.2024, Prognos AG; ifeu; IER

Tabelle 7: CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung in der VG Kandel

Energieträger	Anteil	MWh pro Energieträger	CO₂-Faktor	CO₂-Ausstoß (t)
Erdgas	39,67 %	86.878	0,24	20.851
Heizöl	39,77 %	87.094	0,31	26.999
Wärmepumpe	8,30 %	18.176	0,17	3.023
Holzpellets	2,92 %	6.388	0,02	128
Flüssiggas	2,62 %	5.733	0,24	1.376
Holz	3,12 %	6.840	0,02	137
Direktstrom	3,60 %	7.884	0,499	3.934
Summe	100 %	218.991		56.447

Die prozentuale Verteilung der Energieträger führt hier jedoch zu Ungenauigkeiten. Dies ist vor allem bemerkbar im Erdgasverbrauch, welcher in der prozentualen Verteilung in der Tabelle 7 um ca. 10 – 20 GWh höher liegt als der tatsächliche Verbrauch der letzten Jahre. Dies liegt vermutlich zumindest teilweise an der Berechnungsgrundlage des Technikkataloges des KWW (vgl. Kapitel 3.2.1)⁶, sowie die vergangenen klimatologisch warmen Jahre. Der genaue Wärmebedarf und der damit verbundene CO₂-Ausstoßes ist somit schwierig zu bestimmen.

Wenn man davon ausgeht, dass die Prozentwerte der Heizungsartverteilung stimmen, die mit dem Wärmekataster gemäß KWW ermittelten Wärmeverbräuche jedoch nicht, so ergibt sich anhand der Erdgasverbrauchsdaten ein Gesamtwärmebedarf von 173.059 MWh/a im Durchschnitt der letzten vier Jahre. Mit dieser Berechnungsmethode werden ebenfalls 44.608 t CO₂ weniger ausgestoßen. Wo genau die Realität liegt, lässt sich mit den Methoden der kommunalen Wärmeplanung (gemäß KWW) jedoch nicht herausfinden. Für weitere Berechnungen und Betrachtungen in dieser kommunalen Wärmeplanung werden jedoch die konservativen Zahlen aus dem Wärmekataster verwendet.

⁶ Technikkatalog Wärmeplanung. 06.2024, Prognos AG; ifeu; IER

4. Potenzialanalyse Energieeinsparung

4.1 Private Haushalte

An erster Stelle hat das Nutzerverhalten einen hohen Einfluss auf den Wärmeverbrauch. Neben der Optimierung des Nutzerverhaltens kann vor allem durch Sanierung der Gebäude Energie eingespart werden. Besonders in älteren Gebäuden steckt erhebliches Einsparpotenzial durch energetische Gebäudesanierung. Dazu werden in dieser kommunalen Wärmeplanung die Ursachen und Folgen einer schlechten Gebäudedämmung im Folgenden erläutert und mögliche Sanierungsansätze aufgezeigt. Grundsätzlich ist dabei zu berücksichtigen, dass diese Angaben immer exemplarisch gelten und lediglich Mittelwerte und Spannbreiten darstellen. Im Neubaubereich konnte der Heizenergiebedarf in den vergangenen Jahren mit Hilfe von neuen und verbesserten Baumaterialien sowie einer verbesserten Bautechnik deutlich gesenkt werden. Zahlreiche Möglichkeiten aus dem Neubaubereich lassen sich mittlerweile auch bei Sanierungsmaßnahmen umsetzen.

Für den Heizenergiebedarf eines Gebäudes ist die Qualität der Gebäudehülle ausschlaggebend. Abbildung 19 veranschaulicht die ungefähren Energieeinsparungspotenziale durch eine Sanierung einzelner Bauteile.

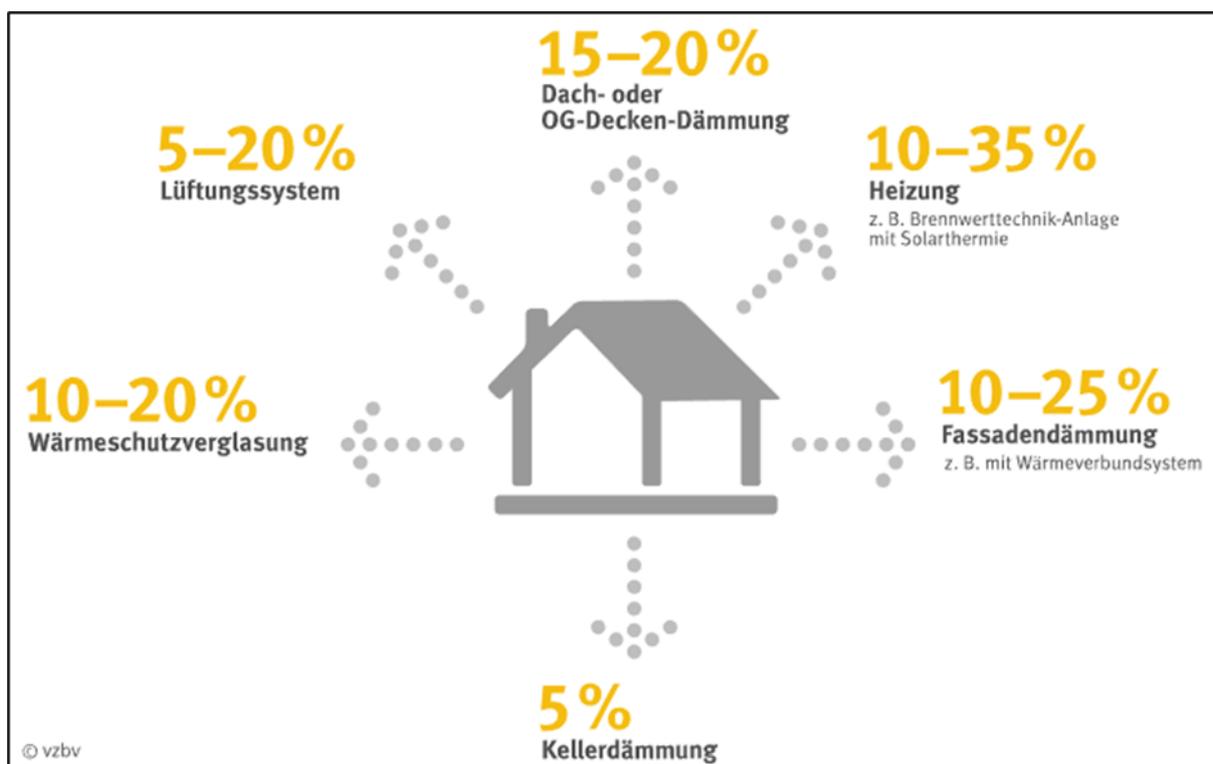


Abbildung 19: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.

Es können verschiedene Maßnahmen zur Gebäudesanierung durchgeführt werden, um die Effizienz eines Hauses zu steigern. Hierzu zählen: Fassadendämmung, Dachdämmung, Dämmung der Geschossdecke und Bodenfläche, Fenster- und Türenaustausch, Optimierung der Lüftung (Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) und Modernisieren der Heizungsanlage. Fast alle Maßnahmen zur Effizienzerhöhung von Gebäuden werden zurzeit über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahmen können die Wärmebedarfe erheblich reduziert werden.

Für die Berechnung des Sanierungspotenzials wurde folgende Daten benutzt:

- Baujahre gemäß Zensusdaten
- Sektor-Verteilung gemäß ALKIS-Daten
- Wärmeverbräuche gemäß Wärmekataster
- Sanierungsquoten gemäß Technikkatalog Wärmeplanung

Es wurden pro Sektor jeweils zwei Szenarien (hohe und niedrige Sanierungsquoten) berechnet.

Tabelle 8: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a				
Unbekannt	21.242	19.909	18.660	17.489	16.391
bis 1918	1.336	1.254	1.178	1.106	1.038
1919 - 1948	853	771	696	628	567
1949 - 1978	57.980	54.332	50.914	47.710	44.708
1979 - 1994	49.987	45.428	41.285	37.520	34.098
1995 - 2011	20.815	20.408	20.008	19.616	19.231
2012 - 2020	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
2021 - 2025	997	997	997	997	997
Summe	155.205	145.093	135.731	127.060	119.026
%	100 %	93 %	87 %	82 %	77 %

Tabelle 9: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a				
Unbekannt	21.242	19.409	17.735	16.205	14.806
bis 1918	1.336	1.209	1.095	991	897
1919 - 1948	853	759	675	601	534
1949 - 1978	57.980	52.607	47.732	43.308	39.295
1979 - 1994	49.987	45.450	41.326	37.576	34.166
1995 - 2011	20.815	19.166	17.648	16.250	14.963
2012 - 2020	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
2021 - 2025	997	997	997	997	997
Summe	155.205	141.593	129.202	117.922	107.653
%	100 %	91 %	83 %	76 %	69 %

Das technische Potenzial wäre erheblich höher, es ist jedoch unrealistisch, dass alle Gebäude in Passivgebäude umgewandelt werden. Aufgrund von fehlenden Daten zur aktuellen Sanierungslage kann das genaue Potenzial nicht ermittelt werden.

4.2 Öffentliche Gebäude

Die öffentlichen Gebäude lassen sich grob mit den privaten Haushalten vergleichen. Auch hier ist die Optimierung des Nutzungsverhaltens sowie die Veranlassung von Gebäudesanierungen von höchster Relevanz. Durch die Umsetzung eines Teils der beschriebenen Sanierungsmaßnahmen sowie durch besseres Nutzungsverhalten kann auch hier eine große Menge an Energie eingespart werden.

Tabelle 10: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a				
Unbekannt	4.148	4.025	3.906	3.790	3.678
bis 1978	5.579	5.386	5.200	5.021	4.847
1979 - 2009	797	773	750	728	706
2010 - 2025	-	-	-	-	-
Summe	10.524	10.185	9.857	9.539	9.232
%	100 %	97 %	94 %	91 %	88 %

Tabelle 11: Hohes Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a				
Unbekannt	4.148	3.858	3.587	3.336	3.102
bis 1978	5.579	5.199	4.845	4.515	4.208
1979 - 2009	797	735	678	626	577
2010 - 2025	-	-	-	-	-
Summe	10.524	9.792	9.110	8.477	7.887
%	100 %	93 %	87 %	81 %	75 %

Nur wenige der Heizungsanlagen in den öffentlichen Gebäuden wurden auf erneuerbare Energien umgestellt. Auch bei den öffentlichen Gebäuden liegt das technische Potenzial deutlich höher.

4.3 Wirtschaft

Die Wirtschaftsbranche ist sehr vielfältig und lässt sich aufgrund der vielen verschiedenen Gewerbe nur schwer pauschalisieren. Generell wird hier zwischen GHD und Industrie unterschieden. Wegen der sehr geringen vorhandenen Industrie in der VG Kandel wird diese hier zusammengefasst. Die

GHD-Branche lässt sich annähernd mit den privaten Haushalten vergleichen. Auch hier sind Änderungen des Nutzungsverhaltens sowie Gebäudesanierungen von höchster Relevanz.

Tabelle 12: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor GHD in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a				
Unbekannt	354	344	333	324	314
bis 1978	24.265	23.428	22.619	21.838	21.085
1979 - 2009	26.274	25.495	24.740	24.006	23.295
2010 - 2025	1.196	1.184	1.173	1.161	1.149
Summe	52.090	50.451	48.865	47.329	45.843
%	100 %	97 %	94 %	91 %	88 %

Tabelle 13: Hohes Sanierungsszenario im Sektor GHD in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Baujahr	Wärmebedarf in MWh/a				
Unbekannt	354	329	306	285	265
bis 1978	24.265	22.613	21.074	19.640	18.303
1979 - 2009	26.274	24.238	22.360	20.628	19.030
2010 - 2025	1.196	1.121	1.050	983	921
Summe	52.090	48.302	44.790	41.536	38.518
%	100 %	93 %	86 %	80 %	74 %

4.4 Zusammenfassung der Energieeinsparungspotenziale

Nachfolgend werden die Einsparungspotenziale zusammengefasst.

Tabelle 14: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im niedrigen Sanierungsszenario der Sektoren in der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Sektor	Wärmebedarf in MWh/a				
Wohnen	155.205	145.093	135.731	127.060	119.026
GHD	52.090	50.451	48.865	47.329	45.843
Kommunal	10.524	10.185	9.857	9.539	9.232
Summe	217.819	205.729	194.452	183.928	174.101
%	100 %	94 %	89 %	84 %	80 %

Tabelle 15: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im hohen Sanierungsszenario der Sektoren der VG Kandel

Jahr	2025	2030	2035	2040	2045
Sektor	Wärmebedarf in MWh/a				
Wohnen	155.205	141.593	129.202	117.922	107.653
GHD	52.090	48.302	44.790	41.536	38.518
Kommunal	10.524	9.792	9.110	8.477	7.887
Summe	217.819	199.687	183.103	167.934	154.059
%	100 %	92 %	84 %	77 %	71 %

Insgesamt wird deutlich, dass sich sowohl durch eine Sanierung der Gebäude als auch durch angepasstes Nutzerverhalten deutliche Einsparpotenziale im Bereich Wärme realisieren lassen. Diesen Einsparungen stehen jedoch in erster Linie finanzielle Aufwendungen entgegen, welche für die Sanierungsmaßnahmen zu investieren sind. Durch die hohe Bedeutung der Wärme am Gesamtenergieverbrauch sollte sich in Zukunft mehr auf die Einsparpotenziale fokussiert werden. Dies ist in erster Linie durch verstärkte Informationspolitik, Öffentlichkeitsarbeit, finanzielle Förderungen und klare Vorgaben der Zielsetzungen erreichbar.

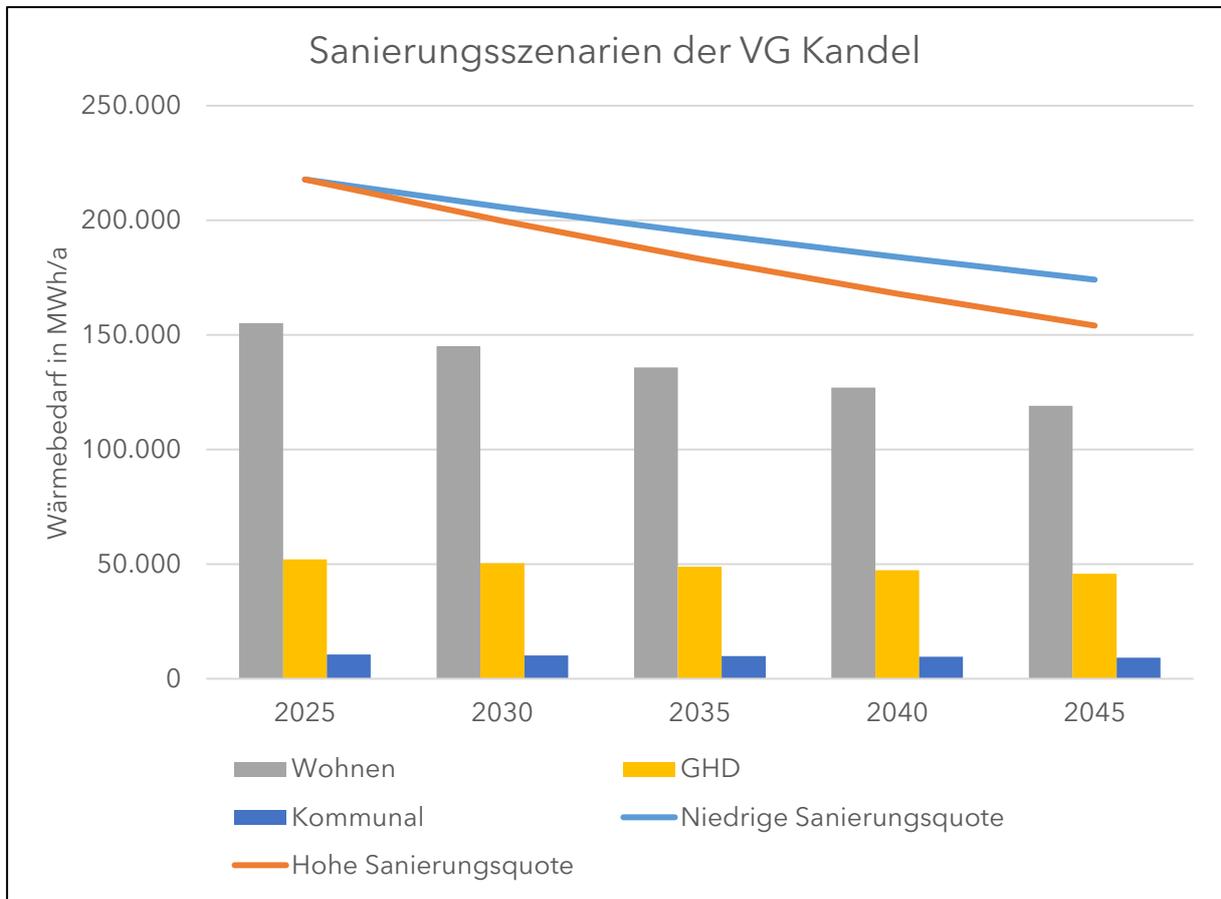


Abbildung 20: Darstellung der Unterschiede zwischen den Sanierungsszenarien der VG Kandel

Eine potenzielle Lösung für die Verbesserung des schwer beeinflussbaren Nutzerverhaltens liegt in der Benutzung von Smart Thermostaten und künstlicher Intelligenz. Es gibt bereits eine Vielzahl von Herstellern digitaler Optimierungsplattformen für Heizungsanlagen.

5. Potenzialanalyse Energieerzeugung

In diesem Kapitel werden theoretische Potenziale ermittelt. In der Realität senken jedoch Einflussfaktoren, politische Themen oder der Erwerb von Grundstücken das tatsächliche Potenzial im Vergleich zum theoretischen Potenzial spürbar. In diesem Konzept können solche Faktoren nur teilweise berücksichtigt werden.

5.1 Abwärme

Auf der Plattform für Abwärme des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle werden seit 2025 Abwärmepotenziale von energieintensiven Unternehmen aus ganz Deutschland mit einem Gesamtendenergieverbrauch von über 2,5 GWh/a verzeichnet. In der Verbandsgemeinde Kandel sind gemäß dieser Plattform keine Abwärmepotenziale vorhanden.

Um das Abwärmepotenzial von kleineren Gewerben (< 2,5 GWh/a) in der VG Kandel zu ermitteln, wurden weitere Betriebe angefragt, was jedoch keine positiven Rückmeldungen ergab.

Der Biohof Kugelmann in Kandel hat angegeben, 200 kW Heizleistung einer Wasser-Wasser Wärmepumpe übrig zu haben. Zudem befindet sich auf dem Hof ein 150 kW Pelletkessel, der aktuell nicht in Betrieb ist. Der Biohof kann sich vorstellen, diese Wärme zur Versorgung der umliegenden Region zu nutzen.

5.2 Solarthermie

Die Sonnenenergie ist eine im menschlichen Maße unerschöpfliche Energiequelle. Pro Jahr treffen auf das Gemeindegebiet von Kandel ca. 1.050 – 1.100 kWh/m² bzw. 72.430.552 MWh an solarer Strahlung⁷. Das entspricht etwa dem 331-fachen des gesamten Wärmebedarfs der VG Kandel. Der Großteil dieser Energie ist jedoch nicht nutzbar, da die Strahlung auch auf z. B. Waldflächen, Straßen oder Wasseroberflächen trifft. Zudem ist die Umwandlung von Strahlungsenergie in Wärme oder elektrische Energie immer mit Verlusten verbunden. Eine handelsübliche Photovoltaikanlage erreicht derzeit, je nach Modultyp, einen Systemwirkungsgrad von etwa 16 – 18 %⁸. Thermische Solarkollektoren hingegen wandeln heutzutage etwa die Hälfte der Strahlungsenergie in Wärme um (ca. 500 kWh/m²). Zusätzlich fallen weitere Systemverluste in geringem Ausmaß an. Außerdem hängt das Potenzial von den verfügbaren und brauchbaren Flächen zur Installation von PV- oder solarthermischen Kollektoren ab.

Das geläufige Problem bei Solarthermieanlagen, dass Solarenergie nicht zwingend dann anfällt, wenn der Energiebedarf gerade vorhanden ist, kann mittlerweile durch Langzeitwärmespeicher etwas ausgeglichen werden. Im Folgenden werden nun die Potenziale für Solarthermie analysiert. Kleine Dachflächen (z. B. von Wohnbebauung) wurden in diesem Konzept nicht berücksichtigt, da es für diesen Zwecke bereits ein Solarkataster gibt: solarkataster.rlp.de. Aus diesen Dachflächen ergibt sich ein Gesamtpotenzial von 222.389 MWh/a auf 1.420.930 m² Dachfläche.

Solarthermische Freiflächenanlagen (FFST) können ein Fernwärmenetz speisen, wenn die Vorlauftemperaturen nicht zu hoch sein müssen. Hochtemperatur-Flachkollektoren sowie Vakuumröhrenkollektoren stehen im Temperaturbereich bis 110 °C zur Verfügung.

FFST unterliegen einer Vielzahl an Regelungen und Einschränkungen, die den Ausbau zusätzlich erschweren. FFPV und FFST dürfen nicht auf Flächen von geschützten Biotopen, Wasserschutzgebieten, Überschwemmungsgebieten oder sonstige Naturschutzgebiete gebaut werden. Gemäß dem Handlungsleitfaden für Kommunale Wärmeplanung⁹ wird eine minimale Fläche von 2.000 m² festgelegt. Es ergeben sich die Potenzialflächen in Abbildung 21 mit einer Gesamtfläche von 27.029.740 m². Jährlich treffen auf diesen Flächen ca. 28.381 GWh Solarstrahlung. Es ist kein Potenzial für Floating-PV und Floating-ST vorhanden.

⁷ solarkataster.rlp.de

⁸ *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. 17.05.2023. Fraunhofer ISE, Dr. Harry Wirth

⁹ *Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden*. 12.2020. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

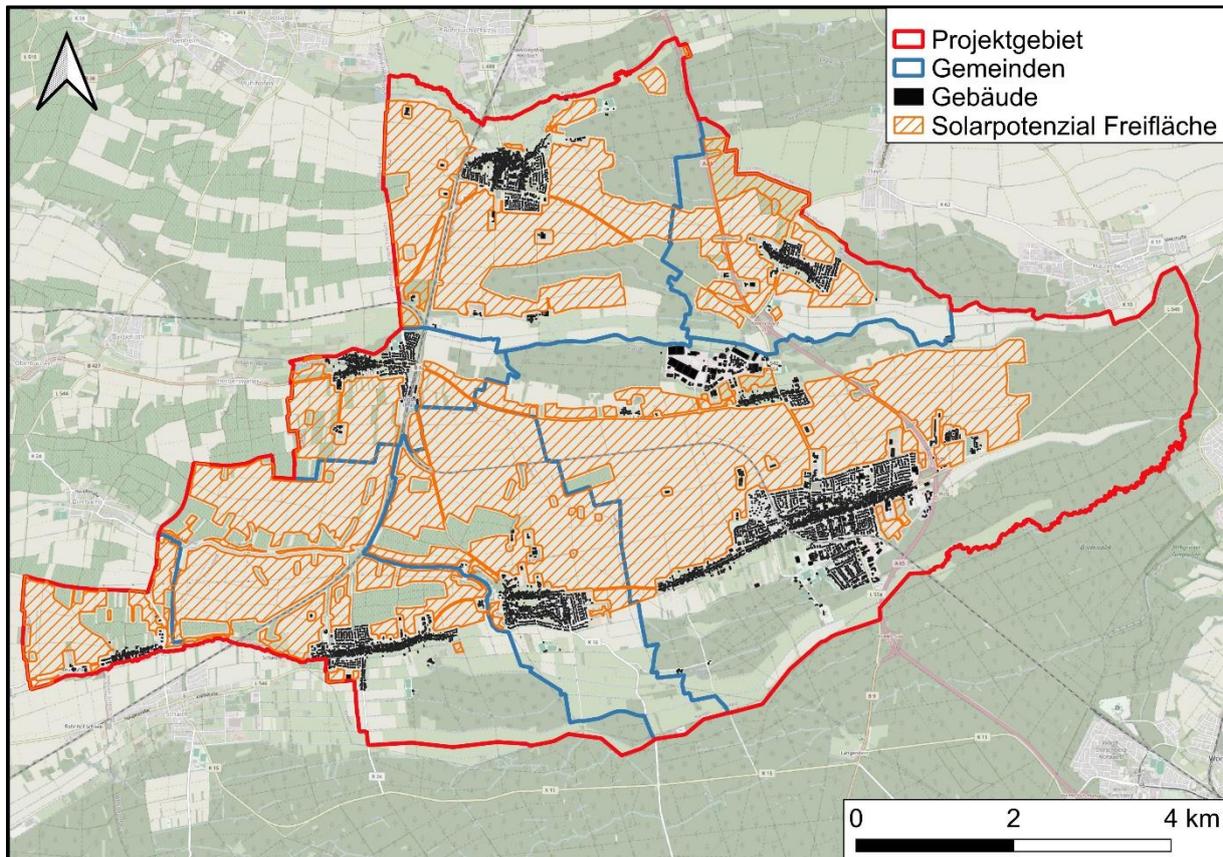


Abbildung 21: Übersicht der möglichen Gebiete für Solarthermische Großanlagen (FFST) in der Verbandsgemeinde Kandel.

Die maximale sinnvolle Entfernung zwischen Kollektorfleichen und Punkt der Wärmenetzeinspeisung wird in der *Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung* auf 1.000 m gesetzt¹⁰. Hierdurch reduzieren sich die Potenzialflächen auf 24.341.661 m².

Bei einem Verhältnis von Land- zu Kollektorfläche von 2 bis 2,5 gemäß dem Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen¹¹ ergibt sich ein Wärmeertrag von ca. 2.000 MWh pro Hektar bzw. 200 kWh pro m². Dieser Wert liegt nah am vorgeschlagenen Kollektorflächenertrag von 400 kWh/m² im Handlungsleitfaden für Kommunale Wärmeplanung¹². Bei einer Freiflächen-Potenzialfläche von 24.341.661 m² (Freiflächen) könnten somit ca. 4.868.332 MWh an Wärme pro Jahr erzeugt werden.

¹⁰ *Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung*. 08.2021 Beitrag zur Berichtspflicht EnEff-RL, Artikel 14, Anhang VIII. Umweltbundesamt. CLIMATE CHANGE 54/2021

¹¹ *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen*. 09.2019, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

¹² *Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden*. 12.2020. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

In der Realität liegen die Kollektorflächenerträge mittlerweile vor allem in den südlichen Landesflächen Deutschlands bei 480 - 520 kWh/m².

Das Gemeindegebiet wurde anhand eines digitalen Geländemodells (DGM) auf Verschattungseffekte untersucht. Wie Abbildung 22 demonstriert, befinden sich in den ermittelten Flächen keine Verschattungseffekte.

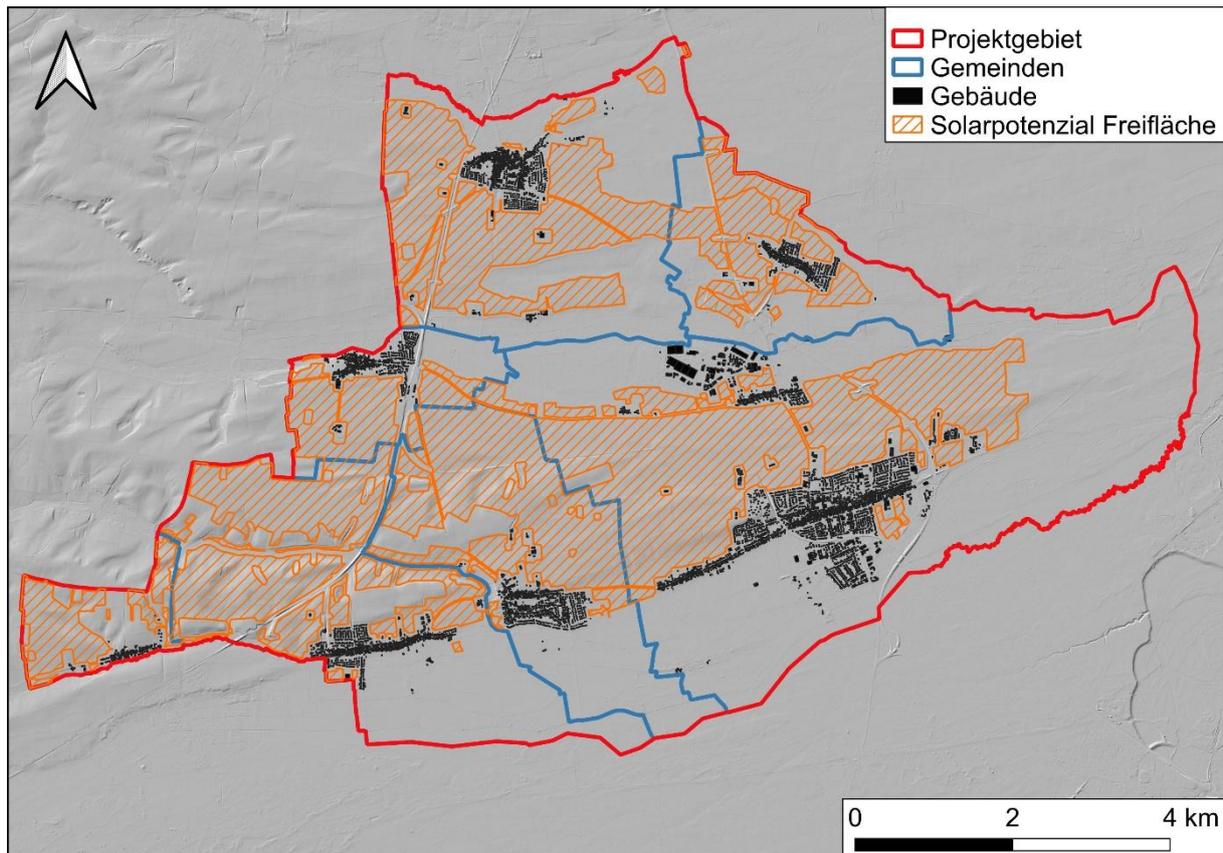


Abbildung 22: Übersicht der Potenzialflächen für FFST in der VG Kandel auf einem DGM.
Kartenhintergrund: DGM 1 m, Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen

Solarthermie kann in einem Wärmenetz oft nicht als einzige Wärmequelle fungieren. Solare Wärme kann zur Vorwärmung des Rücklaufes oder in Verbindung mit Kurzzeit-Wärmespeichern bzw. saisonalen Wärmespeichern benutzt werden. Diese Varianten stellen einen aufsteigenden Anteil an Solarthermie im Wärmenetz dar¹³.

Grundsätzlich ist eine Aufteilung der Kollektorfläche für ein Wärmenetz möglich, jedoch steigen dadurch die Investitionskosten. Vor allem bei Dachanlagen, die grundsätzlich teurer ausfallen als Freiflächenanlagen, ist eine Aufteilung meistens unvermeidbar.

¹³ Solarthermie und Holzenergie im Wärmenetz. 30.09.2020. C.A.R.M.E.N. e.V.

Die Kosten von Solarthermieanlagen sind sowohl von der Anlagengröße als auch vom Kollektortyp und der Anlagenfläche abhängig. Abbildung 23 stellt die Kostenfunktion für FFST mit Vakuumröhren graphisch dar.

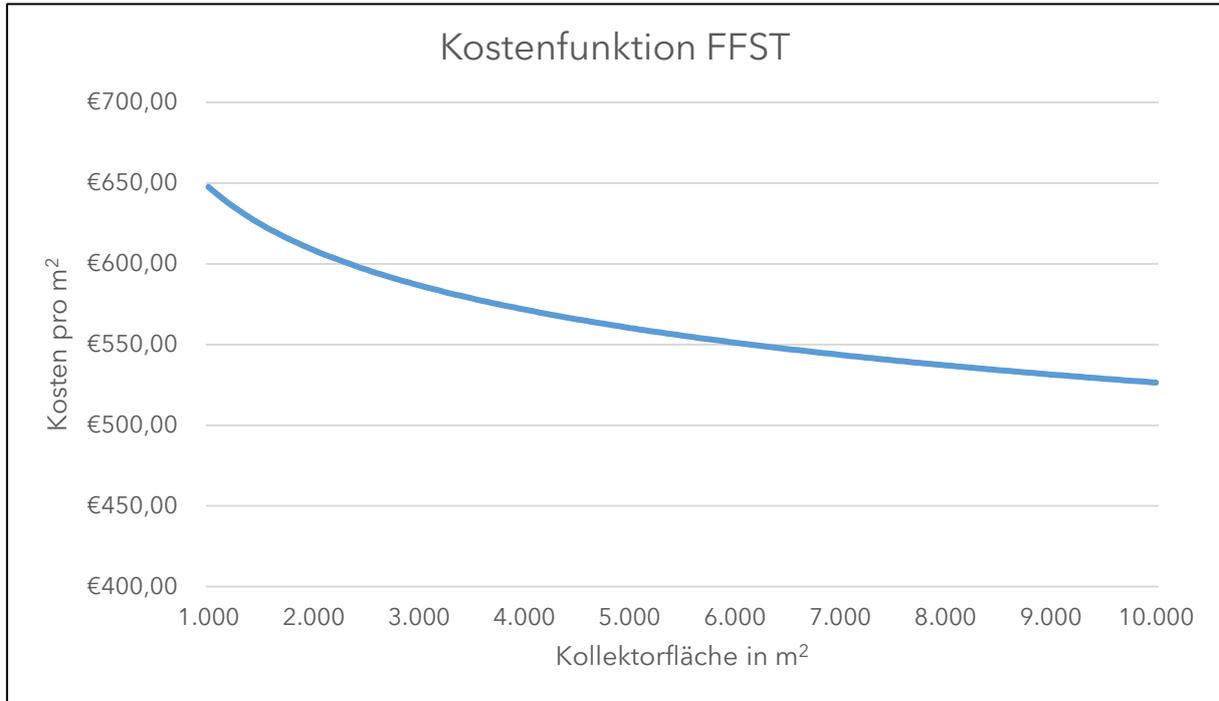


Abbildung 23: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren

Die Lebensdauer sowie die Wartungs- und Instandsetzungskosten von Solarthermieanlagen werden in Tabelle 16 aufgelistet.

Tabelle 16: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieanlagen gemäß VDI 2067

Kollektortyp	Wartung- und Instandsetzungskosten	Nutzungs-dauer nach VDI 2067
Absorber	1,5 %	18,00
Flachkollektor	1,5 %	20,00
Vakuum-Röhren	1,5 %	18,00

5.2.1 PV-Anlagen

Die Potenzialflächen für PV-Anlagen entsprechen den Potenzialflächen für ST-Anlagen, die Flächen sind hingegen für PV-Anlagen nicht von der Distanz zum potenziellen Wärmenetz abhängig. Für Dachanlagen kann das Solarkataster RLP herangezogen werden: solarkataster.rlp.de. Hier ergibt sich ein Potenzial von 211.267 MWh/a auf Dachflächen in der VG.

Es werden in diesem kommunalen Wärmeplan nur Flächen für größere PV-Anlagen (FFPV) betrachtet. Insgesamt stehen in der Gemeinde 27.029.740 m² Freifläche zur Verfügung.

Unter der Annahme, dass pro kWp etwa 10 m² Fläche benötigt werden¹⁴, ergibt sich bei 1.000 Volllaststunden¹⁵ ein Gesamtpotenzial von 2.702.974 kWp bzw. 2.702.974 MWh pro Jahr.

5.3 Umweltwärme

5.3.1 Oberflächennahe Geothermie

Prinzipiell wird bei der Geothermie zwischen oberflächennaher Geothermie und Tiefengeothermie unterschieden. Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Wärme der obersten Erdschicht auf niedrigem Temperaturniveau, die über Sonden oder Erdwärmekollektoren auf ein Arbeitsmedium übertragen und mittels Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gehoben wird. Vor der Installation von Erdwärmepumpen soll immer überprüft werden, ob im Grundwasser ein ausreichend hohes Temperaturniveau bzw. eine ausreichende Leitfähigkeit des Bodens vorhanden ist, um einen entsprechend hohen Coefficient of Performance (COP) zu erreichen.

Nicht jedes Grundstück ist für oberflächennahe Geothermie geeignet. Aus gewässerschutzrechtlichen Gründen ist Wärmeförderung mittels Erdwärmesonden häufig sogar verboten. In den meisten Fällen ist eine Einzelfallprüfung durch die Fachbehörde erforderlich. Oberflächennahe Geothermie wird oft für die Versorgung einzelner Gebäude genutzt, größere Anlagen zur Speisung eines Wärmenetzes sind jedoch auch möglich. Aufgrund der Nähe zum Rhein sind ebenfalls hohe Grundwasserstände möglich. Hier bietet sich die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zu Grundwasser- und Erdwärme an, um bei positiven Ergebnissen Erkundungsbrunnen zu errichten und Leistungspumpversuche durchzuführen.

5.3.1.1 Erdwärmesonden

Die folgende Karte (Abbildung 24) zeigt die Gegebenheiten in Kandel hinsichtlich des Potenzials für Erdwärmesonden.

¹⁴ Leitfaden Freiflächen-Photovoltaikanlagen. C.A.R.M.E.N. e.V. Stand: März 2023

¹⁵ Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. 17.05.2023, Fraunhofer ISE

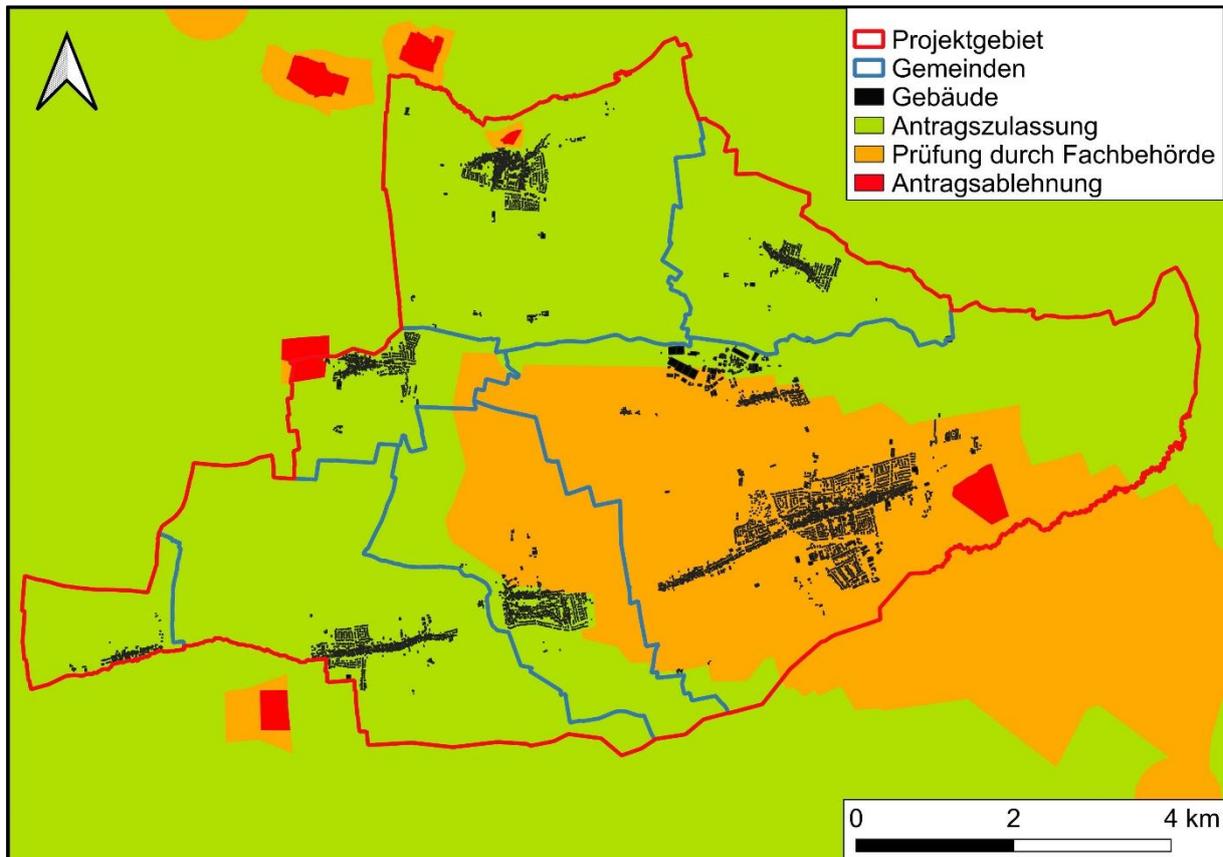


Abbildung 24: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdsonden in der VG Kandel. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Erdwärmesonden werden in Bohrungen von 20 - 100 m, manchmal sogar bis 400 m Tiefe eingebracht, wonach die Bohrlöcher mit einem Material mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit aufgefüllt werden. Für Erdwärmesonden ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens relevant. Die Wärmeleitfähigkeit ist unter anderem abhängig von der Wassersättigung des Untergrundes. Die Grundwasserflurabstände in der Gemeinde liegen gemäß den Daten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz in der gesamten VG oberhalb von 15 m unter GOK. Somit kann für die Wärmeleitfähigkeit eine Wassersättigung des Untergrundes angenommen werden. In der Gemeinde liegt diese bei 20 m bis 100 m Tiefe zwischen 2,0 und 2,4 W/(m*K). Eine Kombination von einem Erdsondenfeld und einer Überbauung mit Solarthermie- oder PVT-Anlagen ist oft möglich. Solche Kombinationen ergeben sehr hohe Flächennutzungsraten. Zudem kann die überflüssige Wärme der Solaranlagen (die meistens im Sommer anfällt, wenn die Heizlast niedrig ist) über die Erdsonden in den Boden geführt werden. Mit diesem Prinzip wird das Erdsondenfeld regeneriert und erhöht die Lebensdauer des Systems. Wenn mehr Wärme zugeführt als entnommen wird, so funktioniert das Erdsondenfeld als saisonaler Wärmespeicher. Mehr Informationen zu Wärmespeicher finden sich in Kapitel 5.9. Sedimentgesteine (Tonschiefer, Mergel, Ton, Sandstein etc.), magmatische Gesteine (Granit, Gabbro etc.) und auch einige metamorphe Gesteine wie Gneis eignen sich gut für Erdwärmesonden.

Erdsondenfelder müssen oft jährlich regeneriert werden, um eine Auskühlung zu verhindern. Um ein Erdsondenfeld langfristig zu betreiben, muss in etwa die gleiche Wärmemenge, die aus dem Boden entzogen wird (Kälteleistung), wieder zurückgeführt werden. Ein Erdsondenfeld kann deswegen oft nicht das ganze Jahr als Wärmequelle genutzt werden. Wird im Sommer Überwärme oder sonstige Wärme in das Erdsondenfeld eingespeist, so kann diese im Winter als Wärmequelle genutzt werden. Erdsondenfelder eignen sich aufgrund der niedrigen Temperaturen vor allem gut für Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Bei höheren Vorlauftemperaturen können nur geringe COP-Zahlen der Wärmepumpen erreicht werden. Bei der Einspeisung der Wärme im Sommer muss zudem beachtet werden, dass die Bodentemperatur gemäß VDI 4640 nicht über 20 °C ansteigt. Höhere Temperaturen unterliegen strengeren Regeln und detaillierten Prüfungen. Derzeit werden Erdsondenfelder lediglich in Wärmenetzen mit niedrigeren Temperaturen sowie in der Wohn- und Gewerbebau eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über 75 °C ansteigen.

5.3.1.2 Erdwärmekollektoren

Für die Erdwärmekollektoren wird die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Böden in 1,5 m Tiefe analysiert. Die Genehmigungsfähigkeit von Erdwärmekollektoren wird in Abbildung 25 dargestellt.

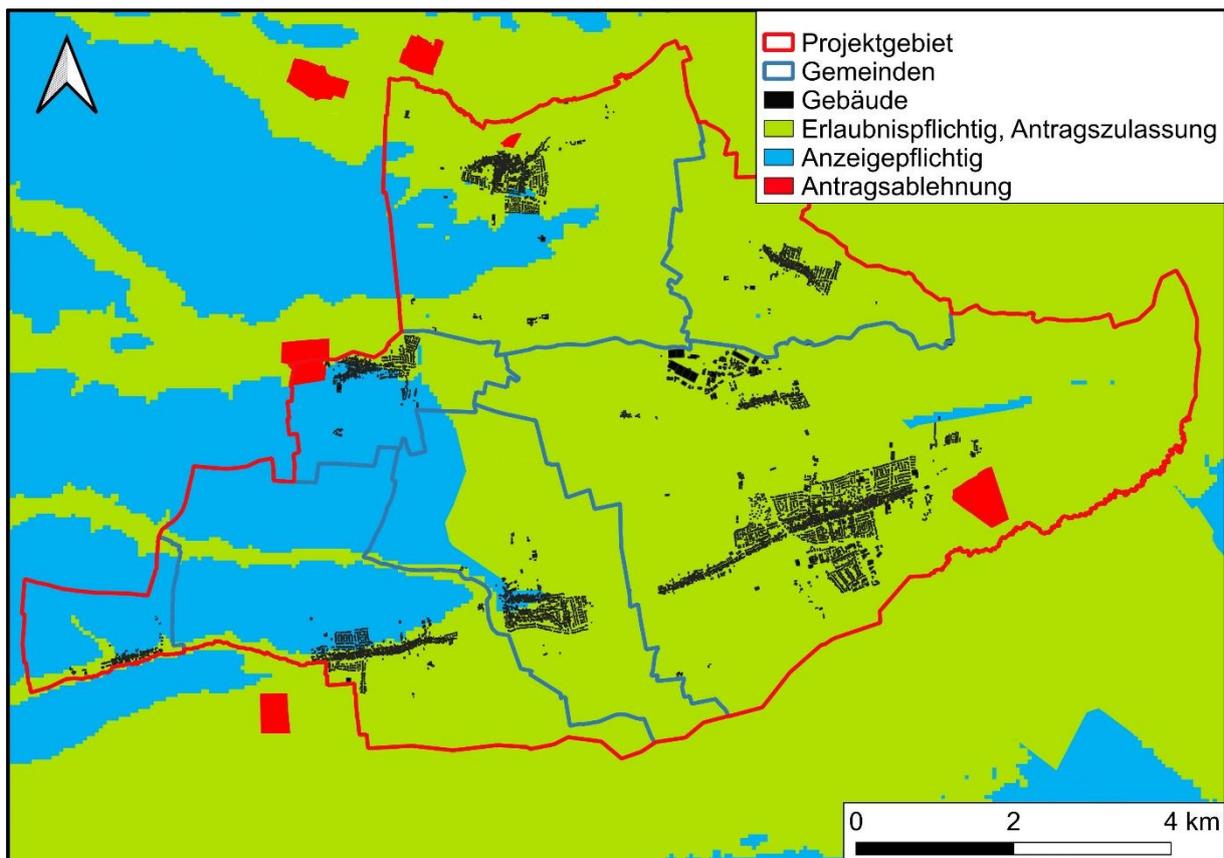


Abbildung 25: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdwärmekollektoren in der VG Kandel.
Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

In der Gemeinde Kandel liegen die Werte der Wärmeleitfähigkeit in 1,5 m Tiefe zwischen 1,0 und 1,6 W/m*K. Diese Werte sind als mäßig gut einzustufen. Das Potenzial für Erdwärmekollektoren in der Gemeinde ist durch die breite Verfügbarkeit und mäßige Wärmeleitfähigkeit mäßig bis gut. Vor allem im Südosten der VG (in der Gemeinde Kandel) befinden sich Böden mit höheren Wärmeleitfähigkeiten.

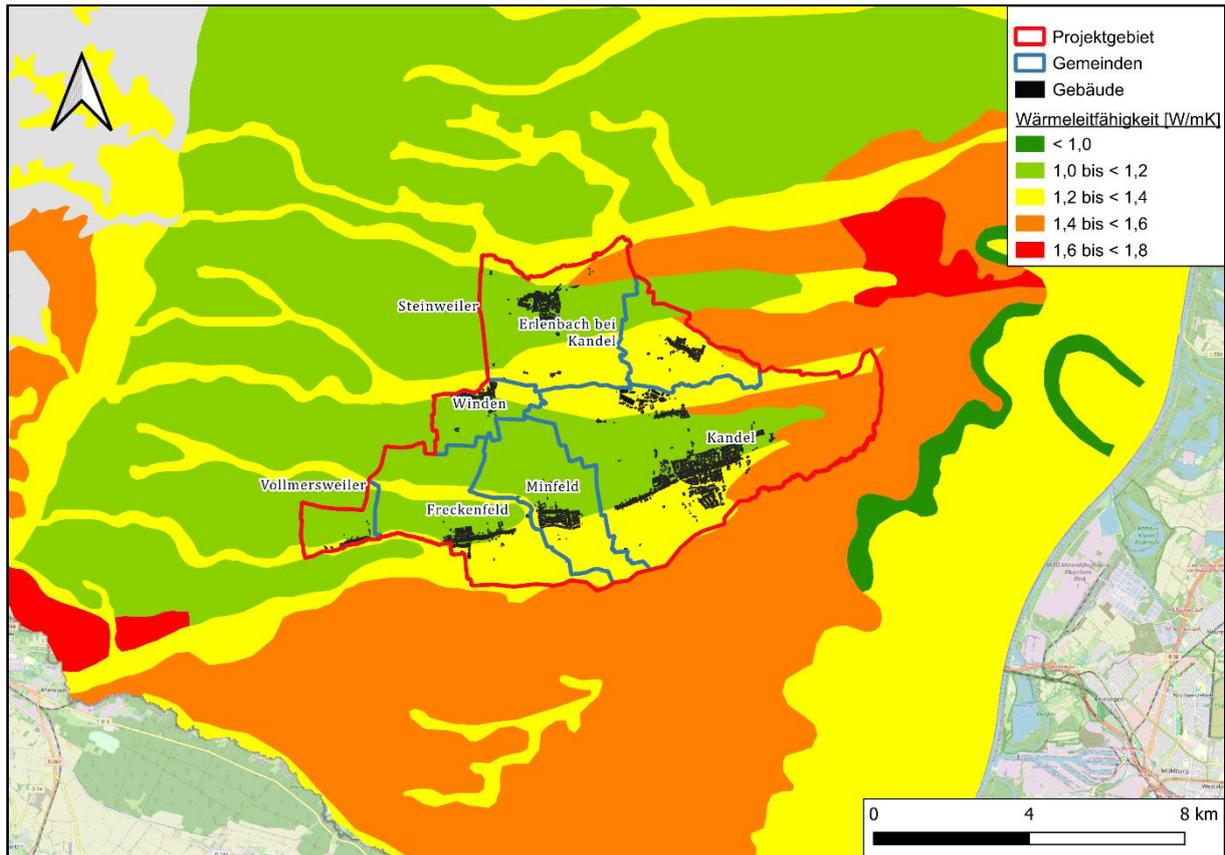


Abbildung 26: Übersicht der Wärmeleitfähigkeiten für Erdkollektoren in der VG Kandel. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Zudem ist die Leistung der Erdwärmekollektoren stark von den klimatologischen Bedingungen abhängig. Gemäß den Daten vom ThermoMap herrschen in der VG folgende klimatologischen Bedingungen (Abbildung 27).

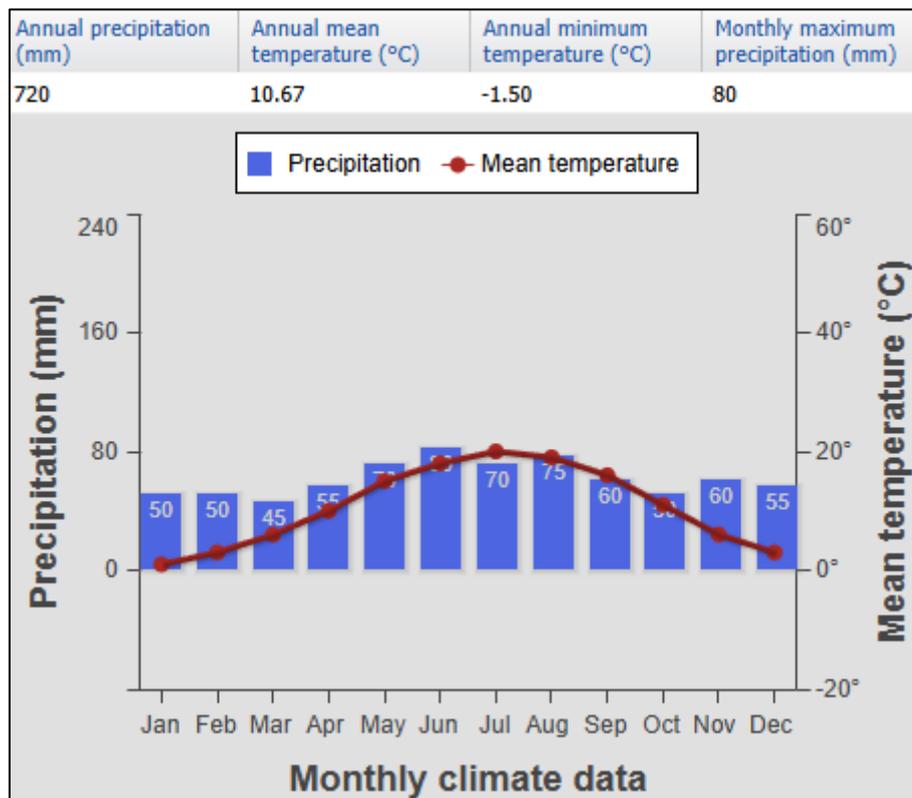


Abbildung 27: Übersicht der klimatologischen Bedingungen, die Einfluss haben auf die Leistung von Erdwärmekollektoren in der VG Kandel. Datenquelle: www.thermomap.eu

Nicht zuletzt brauchen Erdwärmekollektoren für größeren Wärmenetze sehr große Flächen. Eine Kombination von Erdwärmekollektorenfeldern und z. B. Solarthermieanlagen lässt sich nur teilweise verknüpfen, was sich zum einen auf den hohen Flächenbedarf der Erdwärmekollektoren und zum anderen auf die Platzanforderungen der Fundamente der Solarthermieanlagen zurückführen lässt. Erdkollektoren lassen sich auch mit oberflächlich bewirtschafteten Agrarflächen kombinieren. Diese Methode ist bekannt als Agrothermie.

Erdwärmekollektoren eignen sich aufgrund der niedrigen Temperaturen vor allem gut für Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Bei höheren Vorlauftemperaturen können nur sehr geringe COP-Zahlen der Wärmepumpen erreicht werden. Aktuell werden Erdwärmekollektoren vor allem im Wohn- und Gewerbebau eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über 75 °C steigen.

Die Potenziale für Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren für die VG Kandel sind somit gut.

5.3.1.3 Grundwasserwärmepumpen

Für Grundwasserwärmepumpen sind passende Grundwasserflurabstände wichtig. Bei größeren Projekten werden für die Potenzialermittlung potenzielle Standorte identifiziert, an denen Probebohrungen gesetzt und Pumpversuche durchgeführt werden. Anschließend wird an dem Standort mit dem vielversprechendsten Grundwasservorkommen ein großes Brunnenpaar (Entnahmebrunnen und Schluckbrunnen) gebohrt und nochmals ein Pumpversuch durchgeführt. Die Genehmigungsfähigkeit von Grundwasserwärmepumpen in der VG Kandel wird in Abbildung 28 dargestellt.

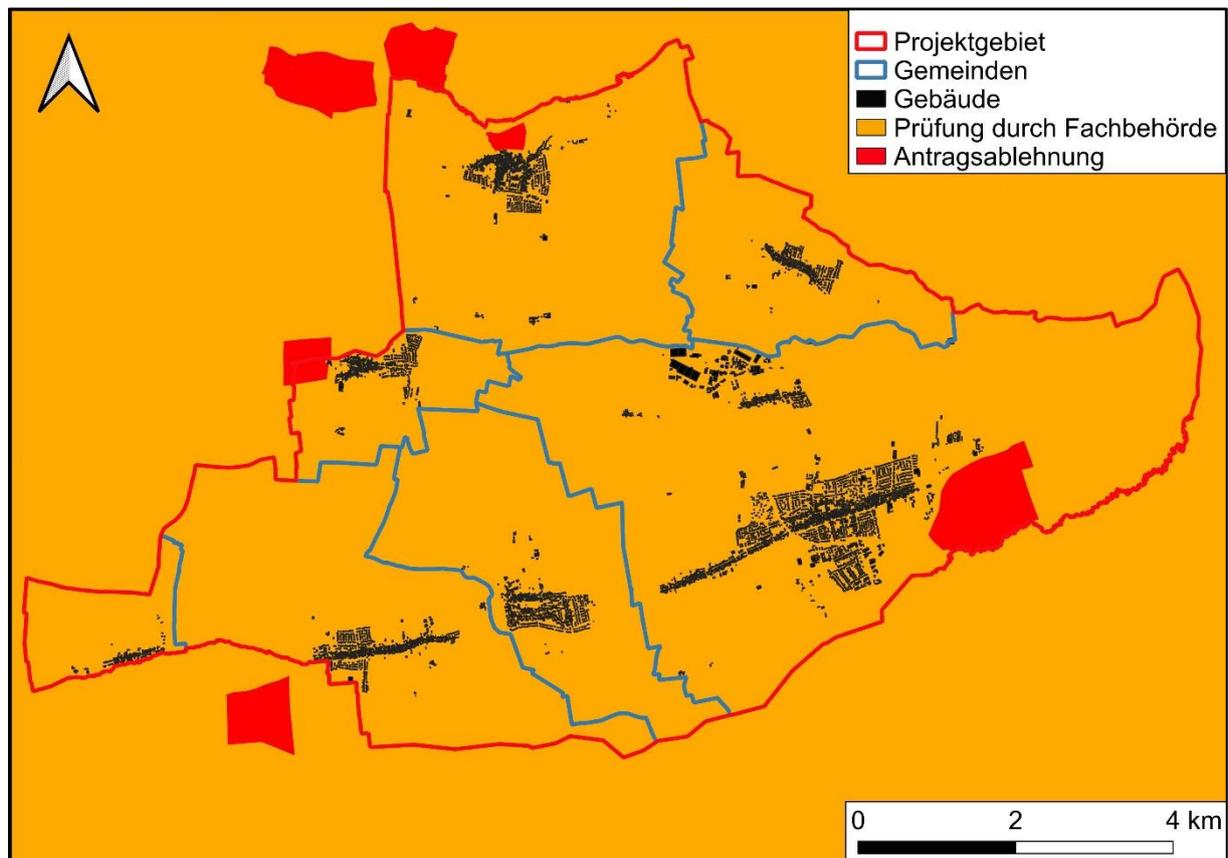


Abbildung 28: Übersicht der möglichen Gebiete für Grundwasserwärmepumpen in der VG Kandel.
Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Für die Grundwassernutzung ist die lokale Hydrogeologie relevant. Die Grundwasserergiebigkeiten im Projektgebiet sind gemäß den Daten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz mittel bis hoch.

Die Grundwasserflurabstände in der Gemeinde liegen gemäß den Daten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz in der gesamten VG oberhalb von 15 m unter GOK. Diese können aufgrund vieler natürlicher Veränderungen wie Niederschlag, Verdunstung und oberirdischem Abfluss zeitlich variieren. Die Daten zeigen somit ein gutes Potenzial für Grundwasserwärmepumpen im gesamten Projektgebiet. Die genauen Mengen an Grundwasser, die

zur Verfügung stehen, können in diesem Fall nur über Probebohrungen und Pumpversuche ermittelt werden. Sind hohe Mengen und Fließraten vorhanden, kann sich das Potenzial als sehr gut ergeben.

Ggf. vorhandene Verunreinigungen wie Eisen und Mangan (im Projektgebiet teilweise vorhanden) können zu Schäden an den Anlagen führen. Dies soll bei der Planung der Anlagen beachtet werden.

Es ist zudem möglich, beliebig viele Förder- und Schluckbrunnen (ausreichend Abstand zwischen den Anlagen vorausgesetzt) zu installieren, um die Gesamtleistung zu erhöhen. Auch bei Grundwasserwärmepumpen führen große Temperaturspreizungen zu niedrigen COP-Werten.

Finanziell befinden sich die drei oben genannten Technologien in einem ähnlichen Rahmen. Je nach Erkundungsarbeit können bei den Bohrungen sehr unterschiedliche Kosten entstehen. Auch bei den Wärmepumpen fallen je nach Kältemittel, Quelltemperatur und Temperaturhub sehr unterschiedliche Preise an, die sich bei größeren Wärmepumpen (> 1MW) z.B. zwischen 250 €/kW und 950 €/kW befinden. Bei kleineren Wärmepumpen betragen die Kosten oft mehr als 1.000 €/kW. Meistens fallen die Sole/Wasser Wärmepumpen etwas teurer aus.

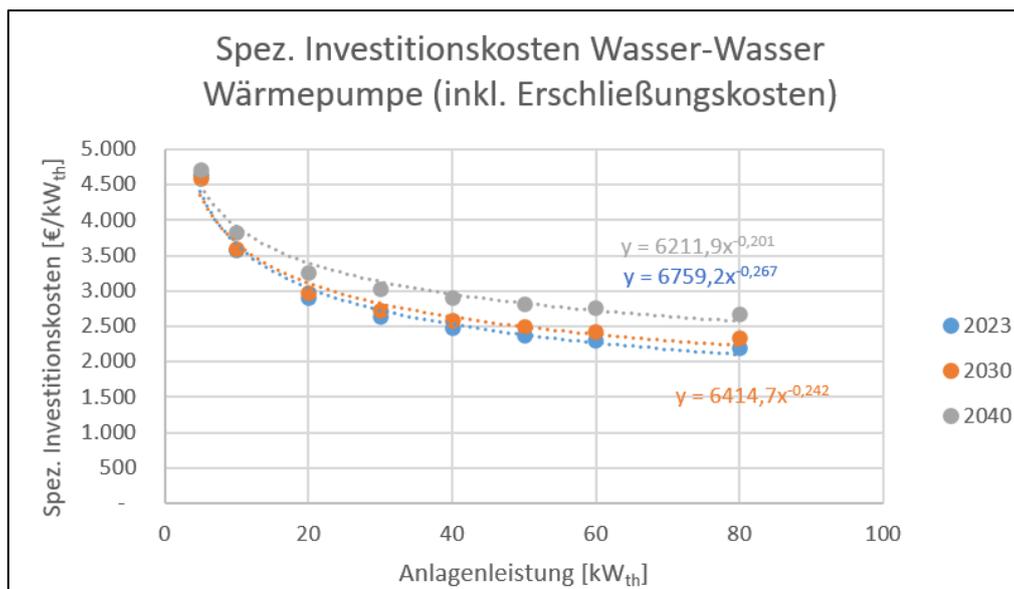


Abbildung 29: Investitionskosten für Grundwasserwärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

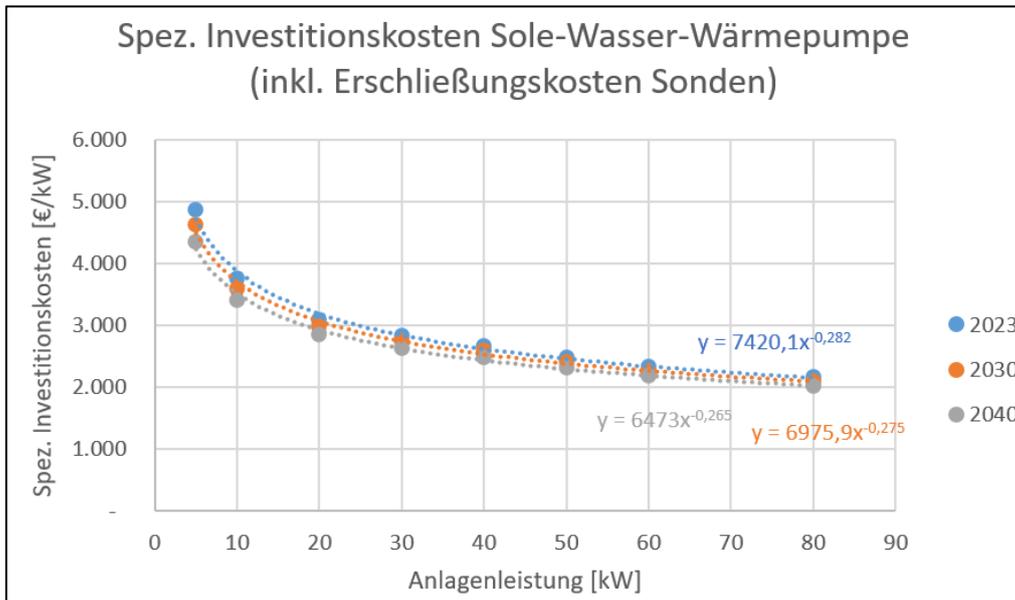


Abbildung 30: Investitionskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden) gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

Tabelle 17: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067

Wärmepumpe	Wartung- und Instandsetzungskosten	Nutzungsdauer nach VDI 2067 (Jahre)
Luft/Wasser	2,5 %	18,00
Sole/Wasser	2,5 %	20,00
Wasser/Wasser	2,5 %	20,00

Oberflächennahe Geothermie wird oft in kalten Nahwärmenetzen eingesetzt. Bei kalten Nahwärmenetzen werden angeschlossene Gebäude mit eigenen dezentralen Wärmepumpen ausgestattet, die das Wasser im Netz als Wärmequelle nutzen. Es können mehrere dezentrale Wärmequellen (z. B. mehrere Erdsonden im Netz verteilt) oder eine zentrale Wärmequelle (z. B. ein einzelnes Erdsondenfeld) genutzt werden. Aufgrund der niedrigen Netztemperaturen entstehen fast keine Netzverluste. Kalte Nahwärmenetze können in Neubaugebieten, und unter bestimmten Bedingungen auch in Bestandsgebieten, lohnenswert sein. Die Wirtschaftlichkeit eines kalten Nahwärmenetzes hängt stark von den Baukosten des Netzes ab. Wird ein kaltes Nahwärmenetz von Anfang an in einem Neubaugebiet mitgeplant, können erhebliche Baukosten gespart werden. In

einem Bestandsgebiet, wo für die Leitungsverlegung Straßen aufgerissen werden müssen, lohnt sich die Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes oft nicht.

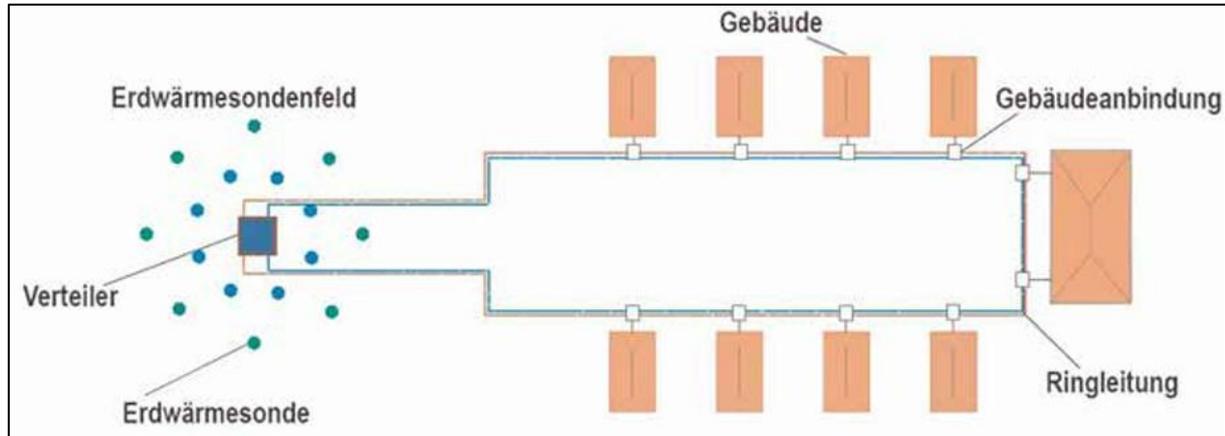


Abbildung 31: Beispiel eines kalten Nahwärmenetzes. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

5.3.2 Flusswasser

Die VG Kandel befindet sich westlich des Rheins. Dieser Fluss eignet sich zwar grundsätzlich für Flusswasserwärmepumpen, allerdings ist die Entfernung für einen wirtschaftlichen Betrieb zu groß.

Potenzial weist der Klingbach auf, der in östlicher Richtung nördlich von Steinweiler fließt. Gemäß den Daten des Pegelmesstandes in Hördt (Messstellen-Nr. 2375050000) verfügt der Klingbach über einen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) von 366 l/s im Winterhalbjahr und 310 l/s im Sommerhalbjahr. Ein niedrigerer Wert, 284 l/s, wird für das Abflussjahr genannt. Eine Entnahme von 50 % des MNQ (Abflussjahr) sowie eine Abkühlung um 1,5 K wird erfahrungsgemäß als Maximalannahme festgelegt. Diese Annahmen ergeben eine Kälteleistung von 889 kW. Je nach Wärmepumpe und erforderlichen Vorlauftemperaturen können Heizleistungen von über 1 MW erreicht werden.

Der Erlenbach verfügt über einen Pegelmesstand in Rheinzabern, wovon der Fluss durch die Gemeinden Erlenbach und Kandel fließt. Für den Erlenbach (Messstellen-Nr. 2375020400) ist ein MNQ von 190 l/s im Abflussjahr bekannt. Dies ergibt mit den oben genannten Annahmen eine Kälteleistung von 595 kW. Je nach Wärmepumpe und erforderlichen Vorlauftemperaturen können Heizleistungen von über 750 kW erreicht werden.

Der Dierbach fließt durch Minfeld und kurz danach in den Otterbach. Für den Erlenbach (Messstellen-Nr. 2375010200) ist ein MNQ von 22 l/s im Abflussjahr bekannt. Diese Abflusswerte sind zu klein für eine Flusswärmepumpe.

Der Otterbach südlich von Kandel (Messstellen-Nr. 2375000000) verfügt über einen MNQ von 121 l/s im Abflussjahr. Diese Abflusswerte sind grenzwertig für eine Flusswärmepumpe. Dies ergibt

mit den oben genannten Annahmen eine Kälteleistung von 379 kW. Je nach Wärmepumpe und erforderlichen Vorlauftemperaturen können Heizleistungen von ca. 500 kW erreicht werden.

5.3.3 Seewasser

Es sind in der VG Kandel keine ausreichend großen / tiefen Seen vorhanden, die den Einsatz einer Seewasserwärmepumpe erlauben.

5.3.4 Luft

Die Umgebungsluft ist generell überall nutzbar. Luft-Luft-Wärmepumpen eignen sich nicht für den Einsatz in einem Wärmenetz. Luft-Wasser-Wärmepumpen sind zum Zwecke des Lärmschutzes gemäß den Vorgaben des Bundes-Immissionsschutzgesetz (§ 22 Abs. 1 BImSchG) zu errichten und betreiben. Die oben beschriebenen Umweltwärmequellen erreichen höhere Effizienzzahlen als Luft-Wasser-Wärmepumpen und sind oft als vorrangige Option zu sehen, sind jedoch nicht überall eine realisierbare Alternative. Luft-Wasser-Wärmepumpen kommen vor allem in denjenigen Gebieten in Frage, wo entweder keine andere Umweltwärme mittels Wärmepumpen erschlossen werden kann oder bei zu großer Entfernung zu den Siedlungsflächen¹⁶. Luft-Wasser-Wärmepumpen gibt es mittlerweile auch in höheren Leistungsbereichen bis zu mehreren hundert kW. Werden synthetische Kältemittel eingesetzt, so liegen die Leistungsgrenzen gemäß der Chemikalien-Reduktions-Verordnung (ChemRRV) bei ca. 600 kW Kälteleistung¹⁷. Moderne Luft-Wasser-Wärmepumpen schaffen auch bei sehr niedrigen Temperaturen noch hohe Vorlauftemperaturen (z. B. von -12 °C auf 85 °C) mit oft akzeptablen COP-Werten. Die maximal erreichten Vorlauftemperaturen können für Low-Ex Wärmenetze und teilweise für normale Wärmenetze ausreichend sein.

Aufgrund des Lärm- und Sichtschutzes eignen sich vor allem landwirtschaftlichen Flächen sowie Gewerbeflächen (inkl. Dachflächen, je nach statischer Eignung) für den Betrieb großer Luftwärmepumpen.

¹⁶ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (12 2021). Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung.

¹⁷ Müller, C. (25. 05 2023). Gross-Wärmepumpen sind fast keine Grenzen gesetzt. 7. Internationaler Grosswärmepumpen Kongress. Zürich.

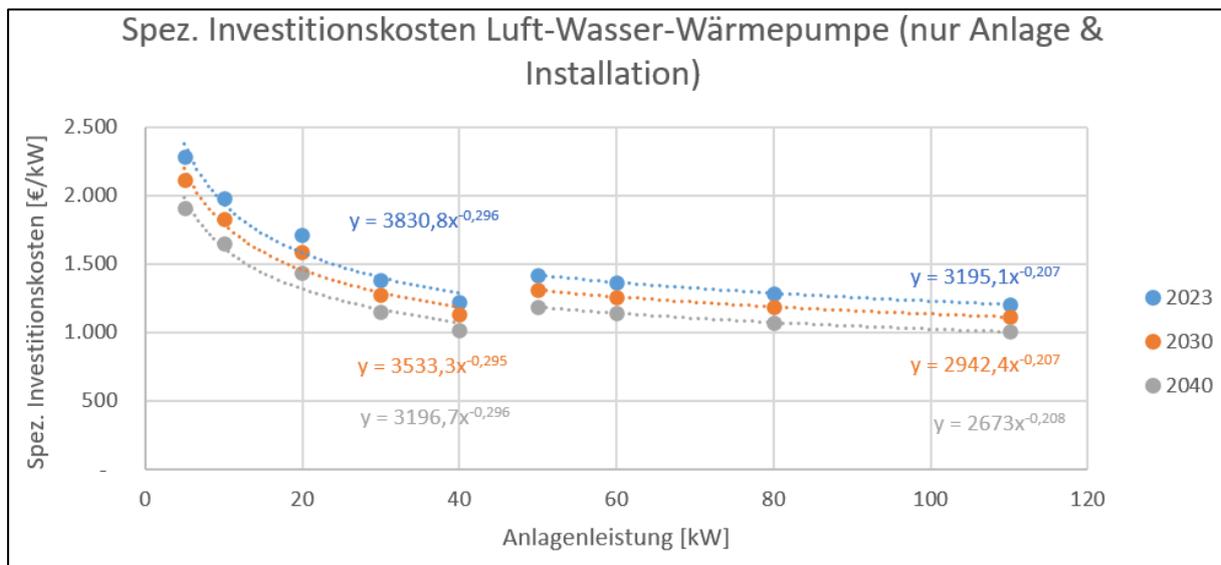


Abbildung 32: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

5.3.5 Abwasser

Abwasser steht das ganze Jahr zur Verfügung und unterliegt geringen Temperaturschwankungen. Das Abwasser kann mittels Wärmepumpen um wenige Kelvin abgekühlt werden, um Wärme zu produzieren. Die Wärmerückgewinnung vom Abwasser kann sowohl in der Kläranlage als auch in der Kanalisation stattfinden, jedoch ist die Abwärme aus dem Kläranlagen-Auslauf oft besser für Großwärmepumpen geeignet¹⁸. Ein Mindestdurchfluss von 15 l/s (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) sowie Kanalquerschnitte von mindestens 400 mm sind Voraussetzung¹⁹. Oft werden sogar Mindestdimensionen von DN700 oder DN800 gefordert. Beim Kläranlagen-Auslauf können dem Wasser oft mehrere Kelvin entzogen werden, da die Wassertemperatursenkung keine Prozesse mehr beeinflusst. Beim Zulauf darf das Wasser gemäß den Angaben der Betreiber der Kläranlage auf maximal 12 °C abgekühlt werden, da sonst die biologischen Prozesse negativ beeinflusst werden. Der stellvertretende Werksleiter lehnt aus diesem Grund die Nutzung der Kanäle für eine Wärmeabgewinnung ab. Es besteht somit nur Potenzial im Ablauf der Kläranlagen.

¹⁸ Ratgeber Energie aus Abwasser. 09.2019, Bundesverband Wärmepumpe e.V.

¹⁹ Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung. 12.2021, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

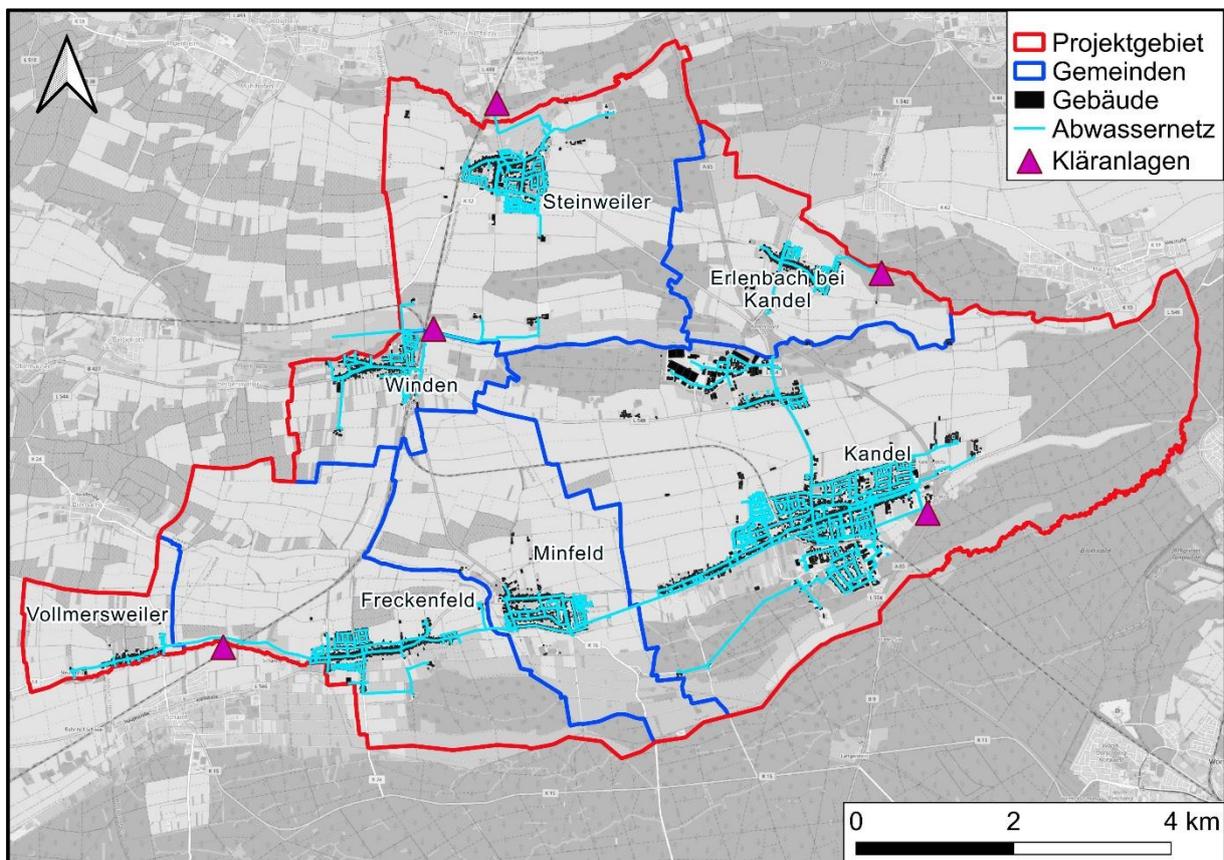


Abbildung 33: Darstellung der Abwassernetze und der Kläranlagen in der VG Kandel. Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Die Ablauf-Daten der Kläranlage Steinweiler zeigen regelmäßige Abflüsse von < 5 l/s. Diese geringen Wassermengen eignen sich meistens nicht für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Abwasserwärmepumpe. Die Betreiber der Kläranlage zeigen jedoch grundsätzlich Interesse an solchen Vorhaben.

Die Ablauf-Daten der Kläranlage Kandel werden in Abbildung 35 und Abbildung 34 dargestellt. Der mittlere Trockenwetterabfluss liegt bei ca. 29 l/s bei einer mittleren Temperatur von 15,7 °C. Wird das Wasser z. B. um 6 °C abgekühlt, so wird dem Klärwasser ca. 0,20 kWh/s entzogen, was einer Kälteleistung von ca. 727 kW entspricht. Je nach Art und Benutzung der Wärmepumpe kann mit dieser Kälteleistung eine Heizleistung von ca. 1 MW erzeugt werden. Bei ca. 8.000 Volllaststunden ergibt dies eine Wärmemenge von ca. 8 GWh. Eine Abwasserwärmepumpe könnte z. B. als Erzeuger für ein potenzielles Wärmenetz dienen.

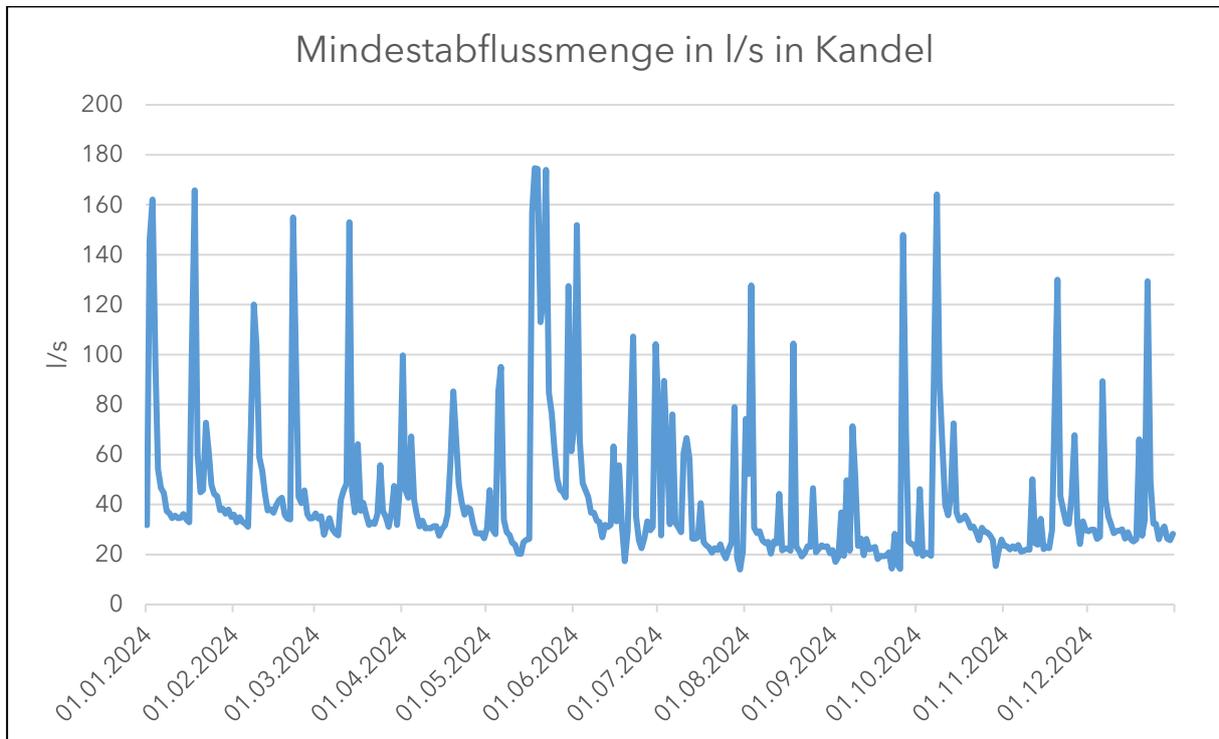


Abbildung 35: Mindestabflussmengen alle 2 Stunden der Kläranlage Kandel im Jahr 2024

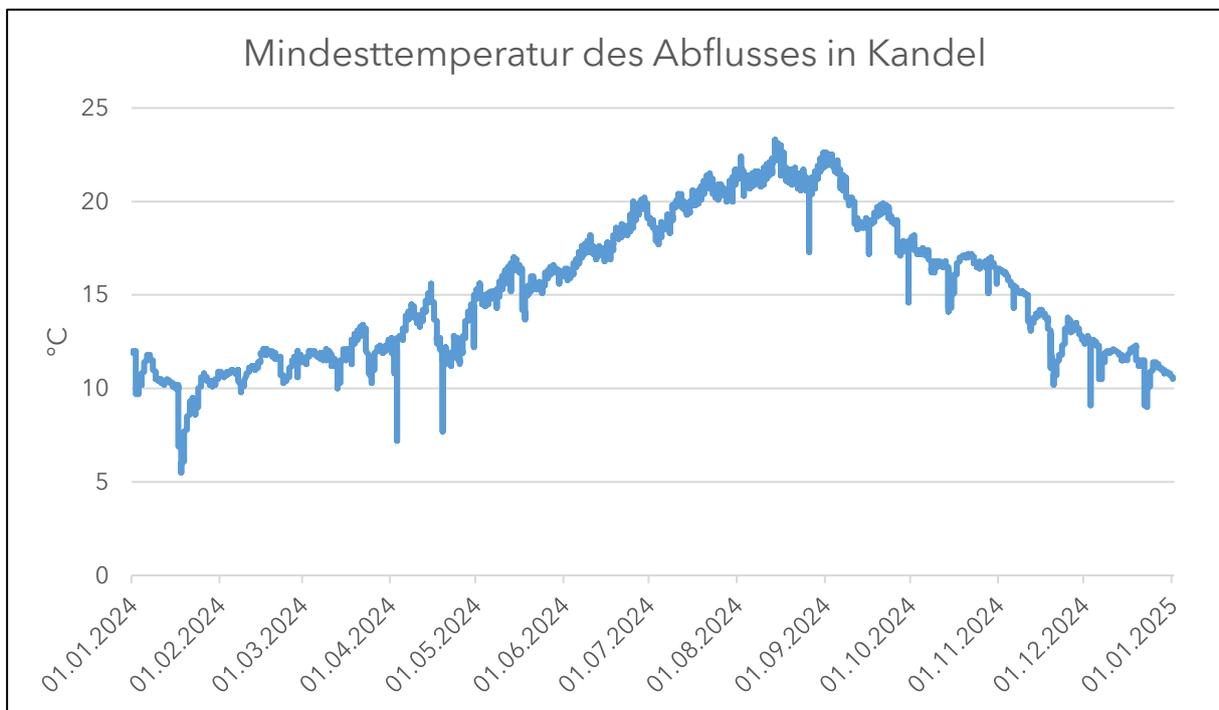


Abbildung 34: Mindesttemperaturen alle 2 Stunden des Abflusses der Kläranlage Kandel im Jahr 2024

Die Ablauf-Daten der Kläranlage Winden werden in Abbildung 36 dargestellt. Der mittlere Trockenwetterabfluss liegt bei ca. 58,8 l/s, die Wassertemperaturen zwischen 10 und 20 °C. Wird das Wasser z. B. um 6 °C abgekühlt, ergeben sich die Kälte- und grobe Wärmeleistungen der Tabelle 18. Eine Abwasserwärmepumpe könnte z. B. als Erzeuger für ein potenzielles Wärmenetz in Winden oder sogar Steinweiler dienen.

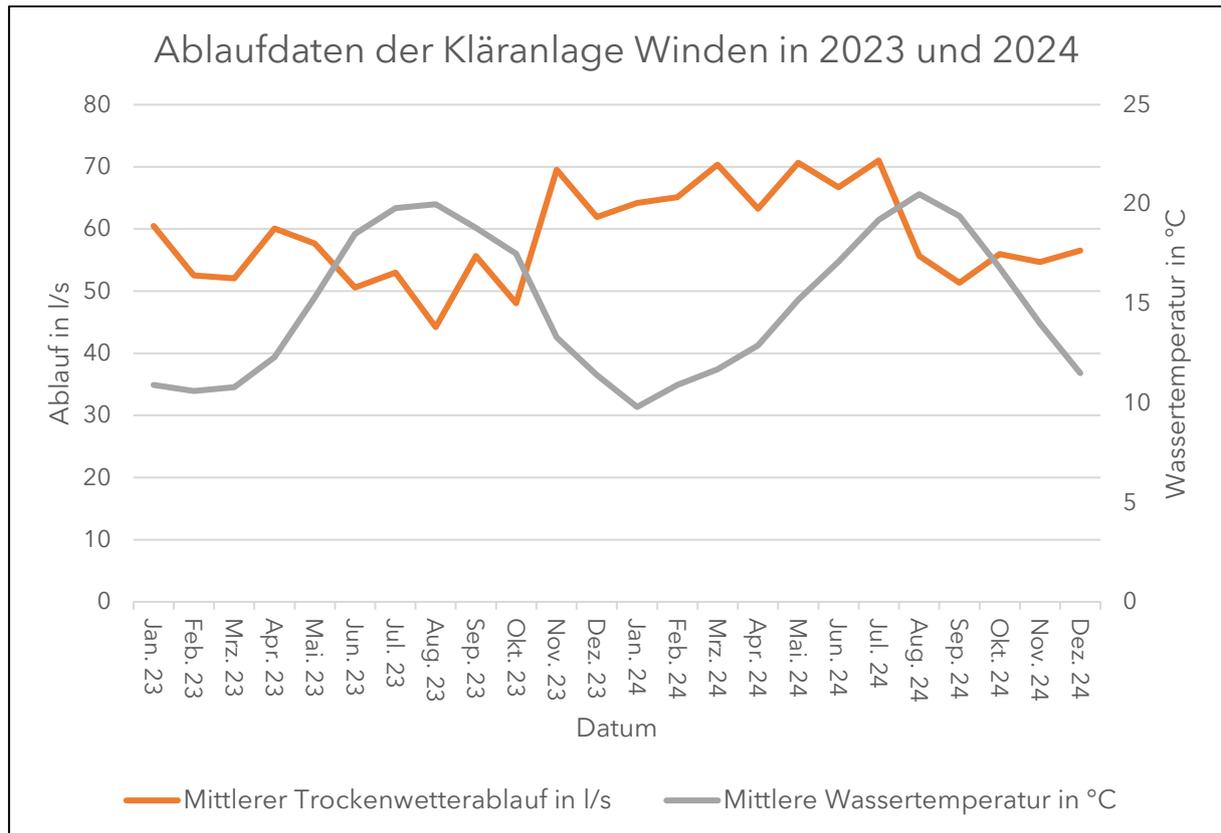


Abbildung 36: Trockenwetterablaufdaten der Kläranlage Winden in 2023 und 2024

Tabelle 18: Grobe Leistungs- und Wärmemengenermittlung einer potenziellen Abwasserwärmepumpe in der Kläranlage Winden

Kälteleistung (kW)	Grobe Heizleistung (kW)	Wärmemenge in MWh/a bei 8.000 VLS
1.473	2.063	16.500

Ein letztes Potenzial liegt in der Kläranlage Schaidt, von der im Rahmen der Bearbeitung der kommunale Wärmeplanung der Stadt Wörth am Rhein Daten bezogen werden konnten. Die Daten der Kläranlage bei Schaidt zeigen die Werte des Zulaufes, die Unterschiede zwischen Zu- und Ablauf sind jedoch meistens gering. In großen Teilen des Jahres liegt der mittlere Trockenwetterdurchfluss bei ca. 20 l/s. Die Temperaturen schwanken zwischen 10 °C und 20 °C. Wird das Wasser z. B. um 6 °C abgekühlt, so wird dem Klärwasser ca. 0,14 kWh/s entzogen, was einer Kälteleistung von ca. 501 kW entspricht. Je nach Art und Benutzung der Wärmepumpe kann mit dieser Kälteleistung eine Heizleistung von ca. 700 kW erzeugt werden. Bei ca. 8.000 Volllaststunden ergibt dies eine Wärmemenge von ca. 5,6 GWh. Eine Abwasserwärmepumpe bei der Kläranlage in Schaidt könnte z. B. als Erzeuger für ein potenzielles Wärmenetz in Vollmersweiler dienen.

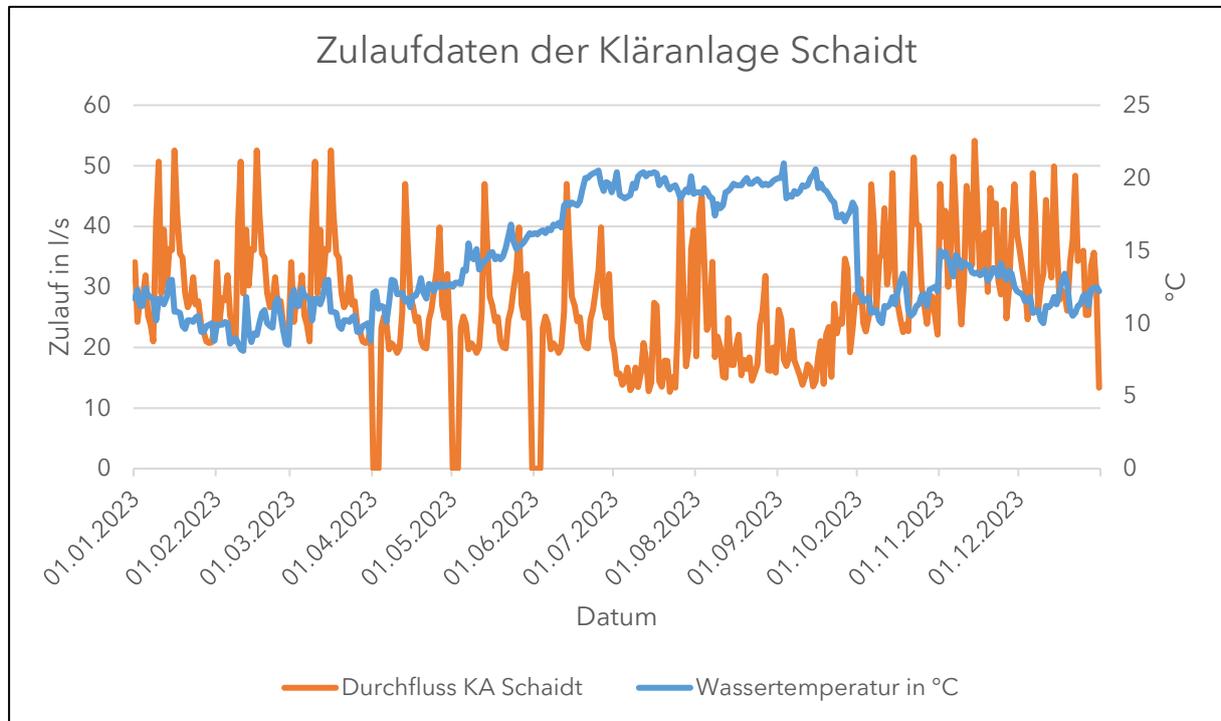


Abbildung 37: Zuflussdaten der Kläranlage in Schaidt

Die Kosten der Benutzung der Umweltwärme sind hauptsächlich abhängig von den Kosten der Wärmepumpen sowie von ggf. anfallenden Erkundungs- oder Naturschutzarbeiten. Je nach Erkundungsarbeit können bei den Bohrungen unterschiedliche Kosten entstehen. Auch bei den Wärmepumpen entstehen je nach Kältemittel, Quelltemperatur und Temperaturhub Preise mit hoher Schwankung, die sich bei größeren Wärmepumpen (> 1MW) z.B. zwischen 250 €/kW und 1.000 €/kW befinden. Bei kleineren Wärmepumpen beträgt diese Zahl oft mehr als 1.000 €/kW. Die nachfolgende Tabelle entstammt dem AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)²⁰

Spez. Investition (gesamt) in Mio. €/MW _{th}	Rauchgas	Abwasser	Abwärme	Grundwasser	Luft
0,5 – 1 MW _{th}	0,53 – 0,63	1,23 – 1,91	0,97 – 1,3	1,18 – 1,72	0,9 – 1,12
1 – 4 MW _{th}	0,46 – 0,53	0,72 – 1,23	0,72 – 0,97	0,77 – 1,18	0,73 – 0,9
4 – 10 MW _{th}	0,44 – 0,46	0,62 – 0,72	0,67 – 0,72	0,69 – 0,77	0,7 – 0,73

Abbildung 38: Spezifische Höhen der Gesamtinvestition von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der genutzten Wärmequelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

Zudem ist anzumerken, dass die Investitionskosten der Wärmepumpe nur ca. 50 % der Gesamtkosten ausmachen (Abbildung 39).

Die Nutzungsdauer und Kosten der drei verschiedenen Wärmepumpentechnologien gemäß VDI 2067 wird in Tabelle 19 dargestellt.

²⁰ Praxisleitfaden Großwärmepumpen. 07.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V

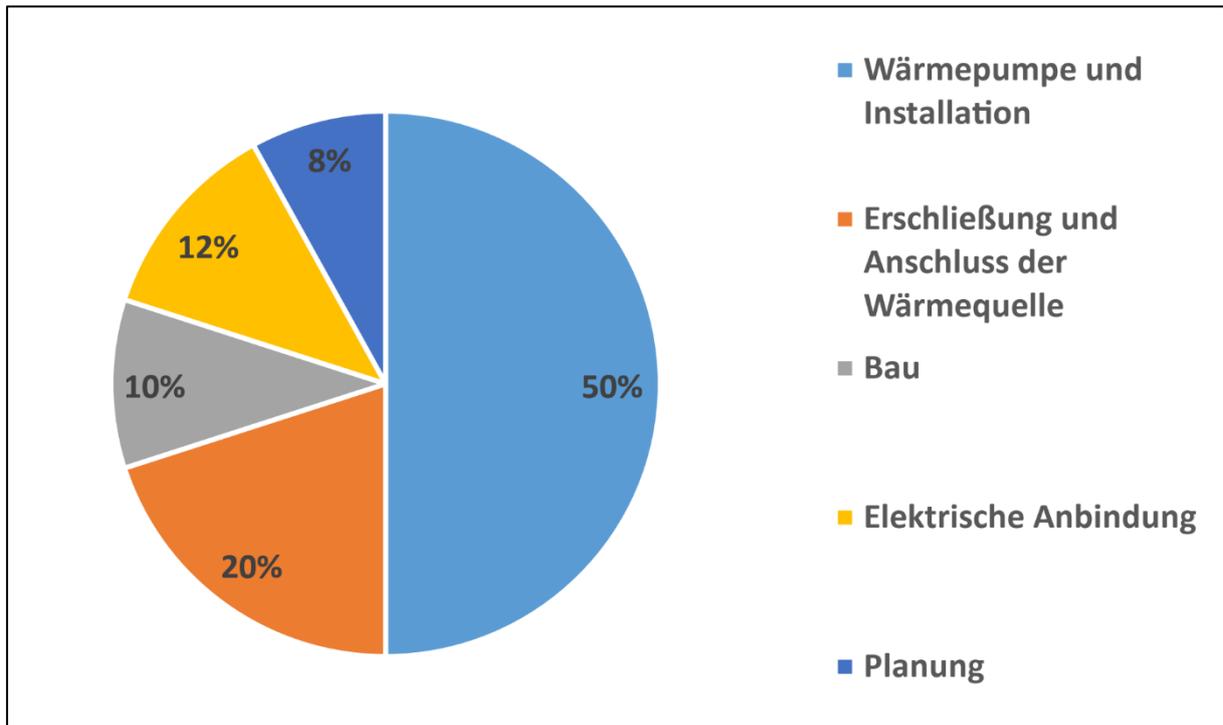


Abbildung 39: Aufteilung der Gesamtinvestition auf Einzelposten. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

Tabelle 19: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067

Wärmepumpe	Wartung- und Instandsetzungskosten	Nutzungsdauer nach VDI 2067
Luft/Wasser	2,5 %	18,00
Sole/Wasser	2,5 %	20,00
Wasser/Wasser	2,5 %	20,00

5.4 Tiefe Geothermie

5.4.1 Hydrothermale Geothermie

Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie nutzt die Tiefengeothermie die hydrothermalen Aquifere in mehreren Tausend Metern Tiefe. Durch mindestens eine Förder- und eine Reinjektionsbohrung wird heißes Wasser aus der Tiefe nach oben gefördert, die Wärme über Wärmetauscher abgegeben und anschließend wieder ins Erdreich zurückgepresst. Die gewonnene Wärme wird dann in ein Nah- oder Fernwärmenetz eingespeist. Ist das Temperaturniveau des Wassers ausreichend hoch (ca. 120 °C), kann damit auch Strom erzeugt werden. Die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie hat gegenüber vielen anderen erneuerbaren Stromerzeugungsarten den Vorteil, dass sie grundlastfähig ist.

Die wärmeführenden Schichten (Heißwasser-Aquifere) mit Temperaturen über 100 °C liegen – sofern vorhanden – in dieser Region gemäß GeotIS (www.geotis.de) in bohrtechnisch sehr gut erschließbaren Tiefen. Das Projektgebiet befindet sich im Oberrheingraben (ORG), einer der vielversprechendsten hydrothermalen Regionen Deutschlands. Die geologischen Formationen des Buntsandsteins und des oberen Muschelkalks bieten maximale Potenziale für die hydrothermale Wärmeengewinnung. Auf dem GeORG-Kartenviewer sind zu den genauen Lagen, Schichten und Temperaturen detaillierte Daten verfügbar.

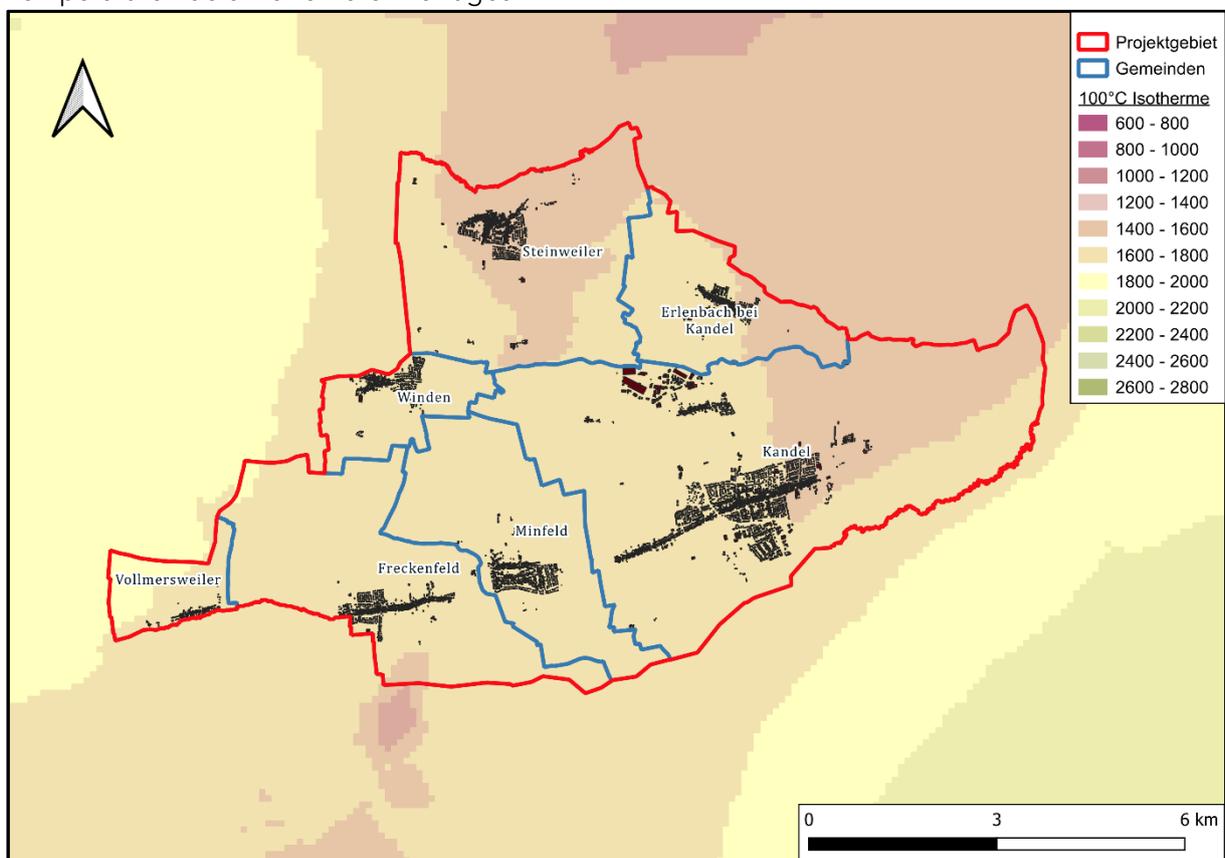


Abbildung 40: 100 °C Isothermie in in unter GOK im Projektgebiet. Datenquelle: (Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.), 2021)

Die nahe gelegene pfälzische Stadt Landau verfügt bereits seit 2006 über eine tiefe Geothermie-Dublette mit einer Endteufe von ca. 3.300 m. Bei dieser Anlage wird eine Förderfließrate von ca. 70 l/s und Temperaturen von ca. 155 °C erreicht. Eine 3,6 Megawatt ORC-Anlage (Organic Rankine-Cycle) setzt das rund 155 °C heiße Tiefenwasser in Elektrizität um²¹.

Es liegen in dieser Umgebung bereits mehrere kostenintensive Probebohrungen und seismische Untersuchungen (2D und 3D-Seismik) vor. Diese können ggf. von der ausführenden Firma gekauft werden.

Insgesamt ist das nötige Investment für Tiefengeothermie sehr hoch und mit großem Risiko negativer Bohrungsergebnisse verbunden. Außerdem sollte ein Mindestwärmebedarf bei vergleichsweise hoher Wärmebedarfsdichte vorhanden sein, um über den Wärmeverkauf die hohen Kosten der Exploration und Installation zu decken. Dies ist in der VG Kandel potenziell der Fall, sofern ausreichend hohe Anschlussquoten vor allem von Großverbrauchern erreicht werden und eine oder mehrere Gemeinden verbunden werden. Das Fündigkeitsrisiko (das Risiko, ein geothermisches Reservoir mit einer (oder mehreren) Bohrung(en) in nicht ausreichender Quantität oder Qualität zu erschließen) ist in der VG Kandel aufgrund der großen Mengen an bereits erfolgten Untersuchungen in der Umgebung gering. Die Deutsche ErdWärme GmbH & Co. KG geht in der nahliegenden Gemeinde Rülzheim von einem Potenzial von 30 MW bei 8.300 Betriebsstunden aus. Auch die östlich angrenzende Stadt Wörth am Rhein führt zurzeit detaillierte Untersuchungen zum tiefengeothermischen Potenzial aus.

Tiefengeothermie ist in dieser Umgebung wegen seismischer Ereignisse in der Vergangenheit negativ behaftet. Die Anlage in Landau wurde aufgrund diverser Zwischenfälle mehrere Jahre stillgelegt. Durch nahegelegene Anlagen, etwa Insheim bei Landau, ist der Ruf von Tiefengeothermie in den letzten Jahren jedoch wieder deutlich gestiegen.

Als Fazit kann für die Tiefengeothermie in der VG Kandel ein sehr hohes Potenzial bestätigt werden. Wird entschieden, dieses Potenzial weiter zu verfolgen, ist eine umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit notwendig.

²¹ www.tiefengeothermie.de/projekte/landau-der-pfalz

Die Kosten einer tiefen Geothermieanlage sind vor allem abhängig von den Bohrkosten. Eine Verteilung der Bohrkosten gemäß AGFW Praxisleitfaden 2023²² wird in Abbildung 41 dargestellt.

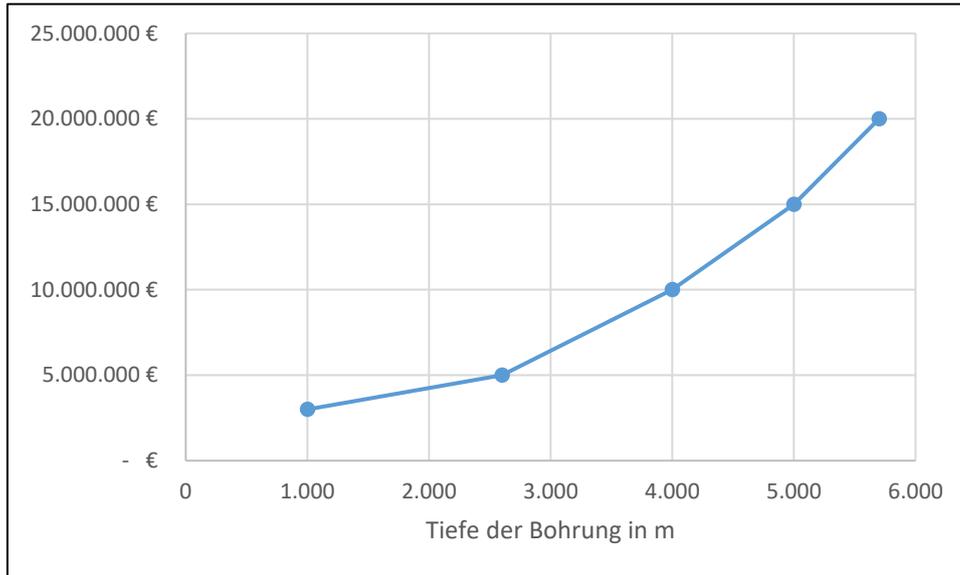


Abbildung 41: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine Tiefengeothermieanlage. Datenquelle: AFGW Praxisleitfaden Tiefengeothermie

Die technische Nutzungsdauer einer Geothermieanlage variiert in der Literatur und in der Praxis zwischen ca. 20 und 30 (manchmal sogar bis zu 50) Jahren. Für die Wartung und Instandhaltung können jährlich ca. 26.000 €/MW gerechnet werden. Zusätzlich kommen etwa 100.000 €/a an Öffentlichkeitsarbeit dazu²³.

²² Praxisleitfaden Tiefengeothermie. 06.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

²³ Ebd.

5.4.2 Tiefe Erdwärmesonden

Eine weitere Option zur Nutzung der Tiefengeothermie ist die Einbringung von tiefen Erdwärmesonden. Dabei werden diese Sonden mehr als 400 m tief in das Erdreich eingebracht und fördern Wärme an die Oberfläche, welche mit Hilfe von hocheffizienten Wärmepumpen auf die nötige Vorlauftemperatur für Heizanlagen gebracht wird. Der Vorteil dieser Technik liegt darin, dass keine Heißwasser-Aquifere benötigt werden und damit das Fündigkeitsrisiko bei null liegt. Allerdings ist die erschließbare Leistung auf wenige Hundert kW begrenzt, so dass sich diese Technik eher für einzelne Großverbraucher oder als Wärmequelle in kleinen Nahwärmenetzen eignet²⁴. In der Regel werden, aufgrund der geringen Leistungen, nur bereits vorhandene Tiefenbohrungen genutzt, um die Kosten gering zu halten und die tiefe Erdwärmesonde wirtschaftlicher zu machen²⁵. Bereits errichtete Bohrungen (viele davon für das GeORG Projekt) werden in der Abbildung 42 dargestellt. Eine Möglichkeit zur Nutzung dieser sehr alten Bohrungen ist jedoch unrealistisch. Die Bohrkosten einer neuen Anlage hängen von den Bohrkosten der Tiefengeothermie, je nach Tiefe, ab. Die Kosten für eine Wärmepumpe richten sich nach den Kosten in Kapitel 5.3.

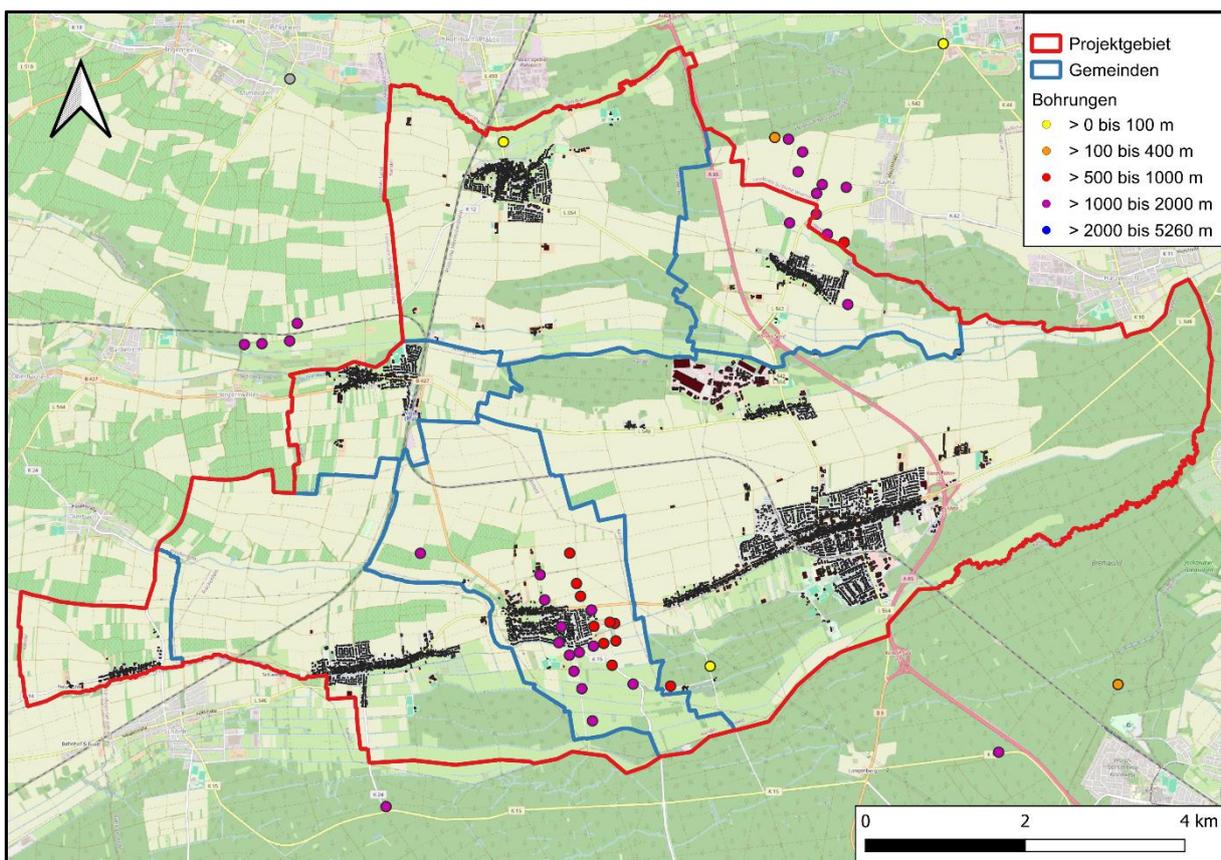


Abbildung 42: Vorhandene Bohrungen vom GeORG Projekt in der VG Kandel. Datenquelle: (Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.), 2021)

²⁴ Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand: April 2016

²⁵ Praxisleitfaden Tiefengeothermie. 06.2023, AGFW, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

5.5 Biomasse

Biomasse wird sowohl in kleinen Kesseln bis hin zu großen Anlagen verwertet. Das bekannteste Biomasseprodukt ist Holz. Es wurde Rücksprache mit dem Forstamt Bienwald zur verfügbaren Menge an Holzhackschnitzel gehalten. Es liegen beim Forstamt Untersuchungen zum Biomassepotenzial aus dem Jahr 2018 vor, die nachfolgend zusammengefasst werden²⁶. Es sind laut der Untersuchung des Forstamtes folgende Gemeindewälder in der VG Kandel vorhanden:

Tabelle 20: Übersicht der Gemeindewälder in der VG Kandel

Erlenbach	183 ha
Kandel	708 ha
Freckenfeld	158 ha
Steinweiler	366 ha
Winden	9 ha
Minfeld	4 ha
Summe	1.428 ha

Die durchschnittliche jährliche Nutzung vom Waldbestand beträgt ca. $6 \text{ m}^3/(\text{ha}\cdot\text{a})$, die Holzzuwachsrates ca. $7 \text{ m}^3/(\text{ha}\cdot\text{a})$. Dies gestaltet sich aktuell somit nachhaltig. Auf 1.428 ha ergibt sich somit ca. 8.500 m^3 Potenzial aus Holz. Werden die vollen $7 \text{ m}^3/\text{a}$ verwendet, erhöht sich dies auf ca. 10.000 m^3 . Etwa 15 - 25 % dieses Holzes wird als Energieholz in Holzöfen, -heizungen und -heizzentralen gebraucht. Dies entspricht ca. $2.000 \text{ m}^3/\text{a}$. Bei einem gemischten Wert von ca. 2.500 kWh pro Festmeter ergibt sich somit aus der VG Kandel ein **nachhaltiges Holzpotenzial** von **5.000 MWh/a**. Die Bundeswaldinventur 4 der Landesforsten RLP gibt sogar eine Holzzuwachsrates von $8,6 \text{ m}^3/(\text{ha}\cdot\text{a})$ an²⁷. Mit diesen Zahlen ergäbe sich ein Potenzial von 6.140 MWh/a .

Das südlich an der VG Kandel angrenzende Bienwald (ca. 12.000 ha) liefert mit den oben genannten Kennzahlen ein Potenzial zwischen ca. 36 und $51,6 \text{ GWh/a}$.

Ein zusätzliches Biomassepotenzial befindet sich in den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungsvarianten, die sogenannte Energiepflanzen als Reststoffe erzeugen. In der VG Kandel befindet sich bereits eine Biogasanlage mit einer Leistung von $1.460 \text{ kW}_{\text{el}}$ und $1.569 \text{ kW}_{\text{th}}$. In einem Telefongespräch mit dem Betreiber wurde mitgeteilt, dass aktuell fast die gesamte erzeugte Wärme über Kühlsysteme abgeführt wird. Die Anlage wird zurzeit strommarktgeführt betrieben. Im Jahr

²⁶ Bedeutung und Möglichkeiten von Wald und nachhaltiger Waldwirtschaft für den Klimaschutz in der Verbandsgemeinde Kandel. 18.10.2018 Forstamt Bienwald

²⁷ Bundeswaldinventur 4 RLP. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität

2024 wurden ca. 5 GWh/a Strom und ca. 6 GWh/a Wärme erzeugt. Fast die gesamte Wärmemenge steht als Potenzial zur Verfügung.

Gemäß dem Fahrplan Energiewende Rheinland-Pfalz²⁸ wird das Potenzial von Energiepflanzen bereits ausgeschöpft. Ein zusätzlicher Anbau von Energiepflanzen entspricht nicht dem Ziel einer Selbstversorgung des Landes mit Lebens- und Futtermitteln im Rahmen der ökologischen Landwirtschaft. Die Ackerlandschaft in der VG Kandel hat gemäß dem Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz ein hohes bis sehr hohes Ertragspotenzial, weshalb es vorrangig für die Nahrungsmittelproduktion verwendet werden soll.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass Biomasse nur unter spezifischen Bedingungen als klimaneutral gilt. Nur wenn die Biomasse wieder nachwächst, kann fast die gleiche Menge an CO₂ wieder fixiert werden. Da immer mehr Biomasseheizungen eingesetzt werden und das nachhaltige Potenzial in Deutschland und in den umliegenden Ländern begrenzt ist, ist teilweise schon nicht mehr die Rede von nachhaltiger Biomasse. Das Umweltbundesamt publizierte im Herbst 2024 eine neue Beurteilung von CO₂-Faktoren verschiedener Energieträger²⁹. Holz- und Pelletheizungen liegen hier zwischen 0,343 und 0,404 g/kWh und somit höher als Erdgas und Heizöl. Eine Publikation der Landesgesellschaft für Energie und Klimaschutz NRW.Energy4Climate GmbH fasst Daten von verschiedenen Publikationen zusammen³⁰. Aus diesen Publikationen leitet die NRW.Energy4Climate GmbH ab, dass mindestens ca. 75 % des nachhaltigen Potenzials in Deutschland bereits genutzt werden. Wird keine nachhaltige Biomasse benutzt, so gestalten sich die CO₂-Emissionen wie in Tabelle 21 dargestellt.

²⁸ *Fahrplan Energiewende Rheinland-Pfalz*. 2010, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) Landesverband Rheinland-Pfalz e. V.

²⁹ *UBA-CO₂-Rechner: Neue Berechnungsgrundlage bei Holzenergie*. 07.11.2024, Umweltbundesamt. Verfügbar auf: <https://www.umweltbundesamt.de/uba-co2-rechner-neue-berechnungsgrundlage-bei#33wo-finde-ich-uba-publikationen-und-weitere-informationen-zu-dem-thema>

³⁰ *Nachhaltiger Einsatz von Biomasse*. 01.2023, NRW.Energy4Climate GmbH

Tabelle 21: Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger gemäß Umweltbundesamt (2024)

Heizung	Emissionsfaktor
Erdgas	0,257
Heizöl	0,313
Holz-Pellets	0,374
Flüssiggas	0,269
Holz-Hackschnitzel	0,343
Solarthermie	0,023
Wärmepumpe (Grünstrom)	0,009
Wärmepumpe (Graustrom)	0,136

Die Kosten von Biomassekessel variieren je nach Leistung. Wo kleinere Kessel (10 - 100 kW) sich zwischen 250 und 2.000 €/kW bewegen, sind größere Kessel bereits ab ca. 150 €/kW verfügbar. Die jährlichen Kosten und Nutzungsdauer von Biomasseanlagen werden in Tabelle 22 dargestellt. Die Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen³¹ wird in Abbildung 43 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass die Anschaffungskosten der Kessel nur ca. ein Drittel der Investition ausmachen.

Tabelle 22: Nutzungsdauer und Kosten von Biomassekessel gemäß VDI 2067

Biomasse	Wartung- und Instandsetzungskosten	Nutzungsdauer nach VDI 2067
Hackschnitzel	6,0 %	15,00
Pellets	6,0 %	15,00

³¹ Bericht: Biomasseheizungen für Wohngebäude mit mehr als 1.000 m² Gesamtnutzfläche. 2007, Bremer Energie Institut

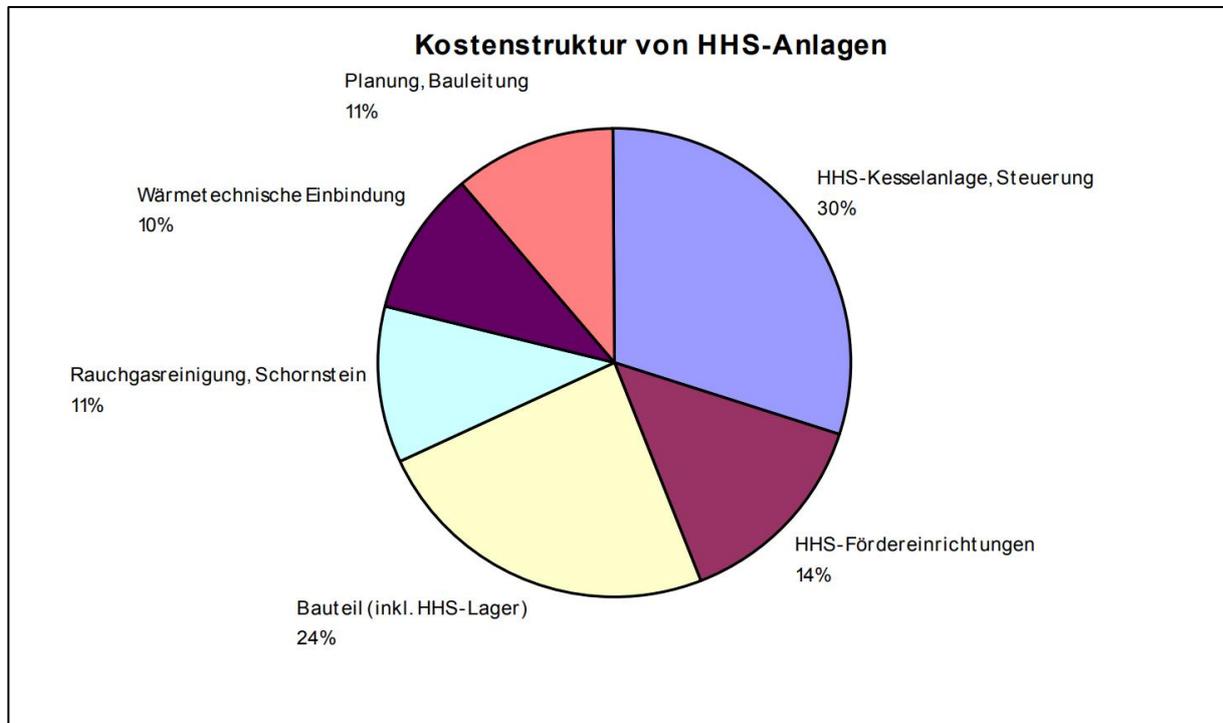


Abbildung 43: Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen. Quelle: Bremer Energie Institut

5.6 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Die Abfälle der VG Kandel werden nach Pirmasens gebracht und dort verbrannt. Die Errichtung einer eigenen Anlage für Kandel ist somit nicht sinnvoll.

Eine Klärschlammverbrennungsanlage gibt es in Kandel nicht. Die VG Kandel verfügt über wenig Einwohner und somit geringe Mengen an Klärschlamm. Der Bau einer Monoverbrennungsanlage ist generell erst ab großen Mengen Klärschlamm wirtschaftlich und effizient³². Für die VG Kandel kommt diese Option somit zurzeit nicht in Frage.

5.7 KWK-Anlagen

Das Klärgas der Kläranlage wird bereits benutzt, um den Faulurm zu heizen.

Das Potenzial für Biogas wurde bereits im Kapitel 5.5 Biomasse behandelt und beläuft sich auf die bestehende Biogasanlage mit einer Leistung von 1.460 kW_{el} und 1.569 kW_{th}. In einem Telefongespräch mit dem Betreiber wurde mitgeteilt, dass aktuell fast die gesamte erzeugte Wärme

³² FAQ zum Bau und Betrieb einer geplanten Klärschlammverbrennungsanlage in Köln-Merkenich. Stand: 01.12.2021, StEB Köln

über Kühlsysteme abgeführt wird. Die Anlage wird zurzeit strommarktgeführt betrieben. Im Jahr 2024 wurden ca. 5 GWh/a Strom und ca. 6 GWh/a Wärme erzeugt. Fast die gesamte Wärmemenge steht als Potenzial zur Verfügung.

Holzvergaser stellen ebenfalls eine KWK-Möglichkeit dar. Das nachhaltige Holzpotenzial in der VG Kandel ist jedoch begrenzt auf ca. 5 GWh/a und somit gering.

Potenzielle Standorte für erdgasbetriebene KWK-Anlagen werden aufgrund der fossilen Energieträgerart hier nicht weiter betrachtet. Wasserstoffbetriebene KWK-Anlagen könnten zukünftig in der Gemeinde möglich sein, allerdings ist die Wasserstoffversorgung vorerst nicht für die private Wärmeversorgung vorgesehen. Im nachfolgenden Kapitel sind mehr Informationen zum Thema Wasserstoff in der VG Kandel zu finden.

5.8 Wasserstoff

Wasserstoff ist in der Wärmeversorgung ein umstrittenes Thema. Am 22. Oktober 2024 genehmigte die Bundesnetzagentur (BNetzA) gemäß § 28q EnWG den Antrag der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) zur Errichtung des Wasserstoffkernnetzes in Deutschland. Das Kernnetz soll große Verbrauchs- und Erzeugungsstandorte von Wasserstoff in Deutschland verbinden und als langfristige Planungsgrundlage für die industriellen Großabnehmer dienen. Nach derzeitigem Planungsstand wird das Kernnetz zu 56 % aus umgewidmeten Erdgasleitungen bestehen.³³ Eine große Unsicherheit liegt im Moment in der Höhe der zukünftig aufgerufenen Preise. Die Prognosen, die aktuell in der Presse zu finden sind, sind oftmals Bereitstellungskosten. Diese lassen allerdings außer Acht, dass der Wasserstoff in einem Markt gehandelt wird und sich dementsprechend ein Preis einstellen wird, in dem die Renditeerwartungen der Investoren und Anlagenbetreiber einkalkuliert sind. Zudem ist es wahrscheinlich, dass Anlagenbetreiber bzw. Exportländer mit günstigen Bereitstellungskosten ihre Marge erhöhen werden und auch zum globalen Wasserstoffpreis anbieten, anstatt die günstigen Standortvorteile an die Kunden weiterzugeben. Die Ergebnisse des „HYPAT“-Projektes von u. a. dena und Fraunhofer (ISE, ISI und IEG) prognostizieren für 2045 Großhandelspreise für Wasserstoff von 132 €/MWh in Deutschland, ohne dabei die Verteilnetzkosten zu berücksichtigen. Ein Einsatz von Wasserstoff in Gebäudewärme wird daher als unwahrscheinlich gesehen.³⁴

Im Jahr 2017 wurden in der VG Kandel bereits ca. 59 % des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt³⁵. Laut dem EnergieAtlas RLP wurde im Jahr 2023 in der VG Kandel bereits etwa doppelt so viel erneuerbarer Strom eingespeist als Strom verbraucht wurde. Im Optimalfall wird die Wasserstoffelektrolyse mit überschüssigem grünem Strom durchgeführt. Die selbstständige

³³ <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html> aufgerufen 10.02.2025

³⁴ <https://hypat.de/hypat/> aufgerufen 10.02.2025

³⁵ *Verbandsgemeinde Kandel „Integriertes Klimaschutzkonzept“*. 10.2019, Verbandsgemeinde Kandel, Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Produktion von Wasserstoff ist somit in der Gemeinde Kandel theoretisch klimaneutral durchführbar. Durch den Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen wird deutschlandweit immer mehr grüner Strom produziert. Das Wasserstoffnetz wird erweitert und wenige Kilometer östlich von Kandel soll die Erdgasleitung gemäß Angaben der FNB Gas e.V. (Wasserstoff-Kernnetz 2032, gem. Antrag vom 22.07.2024) umgestellt werden. Der Gasnetzbetreiber Thüga Energienetze GmbH hat sich als Ziel gesetzt auch in der VG Kandel die Erdgasnetze auf Wasserstoff umzustellen. Wie und wann dies genau gemacht wird, ist jedoch noch unklar.

Eine Meta-Analyse von 54 unabhängige Studien³⁶ liefert jedoch sehr kritische Ergebnisse. Keine der 54 Studien liefert Vorteile durch die Benutzung von Wasserstoff in privaten Heizungen. Einzelne Studien erkennen jedoch potenzielle synergetischen Effekte bei der Benutzung in der Fernwärme. Für private Endkunden lagen der Median der simulierten Kosten vom Heizen mit Wasserstoff in den Studien bei +86 % im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern. Somit entsteht für die VG Kandel eine klare Strategie, wenn es um Wasserstoff geht. Die VG Kandel hat sehr viele gute und nachhaltige Erzeugungspotenziale, die zuerst zu benutzen sind. Wasserstoff soll, wenn überhaupt, zukünftig zuerst nur in Wärmenetzen als Redundanz- und Spitzenlastanlagen eingesetzt werden.

5.9 (Groß)Wärmespeicher

Wärmespeicher gibt es heutzutage in zahlreichen Varianten. In diesem Kapitel wird daher kurz auf die verschiedenen Varianten und Möglichkeiten eingegangen.

5.9.1 Pufferspeicher

Pufferspeicher speichern Wärme (oder Kälte) über kurze Zeiträume. Im Normalfall sind dabei einige Stunden bis maximal Tage gemeint. Pufferspeicher bestehen aus einem wassergefüllten Stahlbehälter, der an der Außenwand mit einer Wärmedämmung isoliert ist. Pufferspeicher werden oberirdisch gebaut. In Fernwärmenetzen können Pufferspeicher zur kurzfristigen Spitzenlastabdeckung genutzt werden. Pufferspeicher werden von sehr klein (< 1 m³ für Einfamilienhäuser) bis sehr groß (8.000 m³) hergestellt. In Wärmenetzen werden normalerweise Pufferspeicher zwischen ca. 50 und 500 m³ eingesetzt. Zudem werden, z. B. aus Platzgründen, oft mehrere kleinere Pufferspeicher gebaut.

5.9.2 Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher

5.9.2.1 Behälter

Behälter-Wärmespeicher (TTES) werden zum Großteil im Boden integriert und aus Ortbeton gegossen. Die Innenseite des Behälters ist mit Edelstahl- oder Schwarzstahlblech ausgekleidet. Neuere Behälter gibt es mittlerweile auch ohne Beton, z. B. Stahlblech in GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff)- oder Stahlkonstruktion. Der Boden, das Dach und die Wände eines Behälters sind mit

³⁶ Rosenow, J. (2023). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. Cell Reports Sustainability.

Schaumglasschotter (Boden) oder Blähglasgranulat (Wand und Dach) gedämmt. Behälter-Wärmespeicher verfügen über Schichtbeladeeinrichtungen, um eine Abkühlung aufgrund von Durchmischung der Temperaturschichten zu vermeiden.

Das Medium vom Behälter-Wärmespeicher ist Wasser. Behälter-Wärmespeicher können für drucklose Konditionen oder für Innendruckbedingungen angefertigt werden. Drucklose Behälter können Temperaturen bis zu 95 °C standhalten. Zusätzlich befestigte Behälter können über 100 °C aushalten.

Behälter-Wärmespeicher werden erst ab einer Größe von 1.000 m³ energetisch effizient. Bestehende Anlagen reichen bis zu ca. 12.000 m³, wobei GFK-Konstruktionen nur für ca. 6.000 m³ ausgelegt sind. Die Anlagen können mit adäquater Vegetation (z. B. Gras) bepflanzt werden, um sie in die Landschaft besser zu integrieren. Der aus dem Boden herausragende Teil wird so nur als Grashügel wahrgenommen und ist für Personen begehbar. Der Boden soll eine hohe Belastbarkeit und einen tiefen Grundwasserstand (am besten unterhalb der Baugrubensohle) aufweisen. Behälter-Wärmespeicher mit dem Medium Wasser weisen eine geringe Trägheit auf. Sie eignen sich somit gut zur schnellen Abdeckung von Spitzenlasten. Die Wärmespeicherkapazität von Behälter-Wärmespeicher liegt zwischen 60 und 80 kWh/m³ ³⁷.

5.9.2.2 Erdbecken

Erdbecken (PTES) sind im Vergleich zu Behälter-Wärmespeichern flacher mit einer größeren Oberfläche. Erdbecken werden, wie der Namen schon sagt, ebenfalls in den Boden eingebaut. Werden die Seitenwände von einem Verbau (z. B. Spundwand, Berliner Verbau, Bohrpfahlwand) versehen, so kann der Boden ggf. flach sein. Lässt die oberflächennahe Geologie es zu, sind geböschte Varianten billiger in der Errichtung. Der Boden und die Wände des Erdbeckens werden entweder durch Blähglasgranulat oder durch Membranschalung gedämmt. Erdbecken der Übergrößen können sogar ohne Dämmung installiert werden. Das Dach des Erdbeckens wird entweder durch einen gedämmten schwimmenden oder durch einen gedämmten aufliegenden Deckel abgeschlossen.

Das Medium im Erdbecken besteht entweder aus reinem Wasser, aus einer Mischung von Wasser und Kies oder Wasser und Erdreich. Zwar ist die Wärmespeicherfähigkeit von reinem Wasser höher als von den gemischten Varianten, jedoch ist die Tragfähigkeit von Wasser geringer (wichtig für das Dach und deren Nutzbarkeit) und die entstehende Temperaturschichtung höher. Je höher der Mischanteil ist, desto niedrigere Temperaturen werden erreicht und desto mehr Trägheit bekommt das Medium (somit weniger geeignet für eine schnelle Spitzenlastabdeckung). Für eine vergleichbare Wärmekapazität ist ein Erdbecken mit einem gemischten Medium größer auszulegen,

³⁷ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

die Baukosten sind jedoch dafür geringer³⁸. In Erdbecken können Temperaturen von 80 - 95 °C erreicht werden^{39 40}.

Erdbecken können indirekt (Wasserkreislauf kommt nicht in direkte Berührung mit dem Medium) oder direkt beladen werden. Bei der direkten Beladung und Entnahme sind, je nach Mischanteil, Filter einzusetzen. Wird nur reines Wasser benutzt, können auch bei Erdbecken Schichtbeladeeinrichtungen eingesetzt werden.

Auch für Erdbecken gilt eine Mindestgröße von 1.000 m³. Bestehende Erdbecken reichen bis zu 230.000 m³. Der Boden soll wie bei den Behälter-Wärmespeicher eine hohe Belastbarkeit und einen tiefen Grundwasserstand (unterhalb der Baugrubensole) aufweisen.

Die Wärmespeicherleistung von Erdbecken ist abhängig von der Mischung des Mediums. Erdbecken mit einer Wasser-Kies-Mischung erreichen Wärmespeicherkapazitäten von 30 - 50 kWh/m³ (1,3 - 2 Wasseräquivalent)⁴¹.

5.9.2.3 Erdsonden

Erdsonden fungieren sowohl als direkte Wärmequelle als auch als Wärmespeicher. Voraussetzungen für Erdsonden sind unter anderem ein geeigneter geologischer Bodenaufbau. Geeignete Flächen für Erdwärmesonden werden im Kapitel 5.3.1.1 erläutert. Die Wärmespeicherkapazität der Erdwärmesonden ist abhängig von den geologischen und hydrogeologischen Bedingungen. Grundwasserbewegungen können hohe Wärmeverluste verursachen. Je nach den Bedingungen kann der Untergrund auf ca. 80 - 90 °C erwärmt werden⁴². In Deutschland gibt es hierfür eine scharfe Gesetzeslage (gemäß VDI 4640). Bei Speichertemperaturen über 20 °C sind Einflüsse auf konkurrierende Grundwassernutzungen bei der Anlagenplanung auszuschließen.

Erdwärmespeicher (BTES) werden normalerweise durch Solarthermieanlagen o.Ä. in den Sommermonaten mit Wärme befüllt. Die Wärme wird über das Medium Wasser durch die Erdsonden geführt, an das Verfüllmaterial abgegeben und nachfolgend in den Untergrund geleitet. Für die Wärmeentnahme wird die Strömungsrichtung umgekehrt. Erdsondenfelder können von der Oberseite mit einer Deckschicht versehen werden, die die Infiltration von Oberflächenwasser

³⁸ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

³⁹ Addous, M. A. *Berechnen der Größe von Wasserspeichern zum saisonalen Speichern von Wärme bei der ausschließlichen Wärmeversorgung von Häusern mit Solarkollektoren* (Doctoral dissertation, Freiberg (Sachsen), Techn. Univ., Diss., 2006).

⁴⁰ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

⁴¹ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

⁴² *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

verhindert. Eine Wärmedämmung kann nur in Richtung Oberfläche angebracht werden, jedoch nicht in andere Richtungen.

Erdsondenfelder sind ab einem Speichervolumen von ca. 20.000 m³ sinnvoll und erreichen Wärmedichten von ca. 15 - 30 kWh/m³ (3 - 6 Wasseräquivalente)⁴³.

Der Untergrund weist eine hohe Trägheit auf, wodurch Erdsondenwärmespeicher nicht geeignet sind zur Spitzenlastabdeckung. Die Vorteile von Erdsondenfelder liegen vor allem in den geringeren Baukosten und den Erweiterungsmöglichkeiten.

5.9.2.4 Aquifer

Ein Aquifer-Wärmespeicher (ATES) ist abhängig von einem bereits bestehenden Aquifer im Untergrund, welcher mit Brunnenbohrungen erschlossen wird. Das Grundwasser, welches geologisch eingeschlossen sein muss, dient als Speichermaterial. Nicht jeder Aquifer ist aufgrund eines Mindestvolumens und eine Mindestschichtstärke als saisonaler Wärmespeicher geeignet. Für Aquifer-Wärmespeicher werden „kalte“ und „warme“ Brunnen eingesetzt. Für die Beladung des Aquifers wird das kalte Wasser entnommen, durch z. B. Solarthermieanlagen aufgeheizt und in die warmen Brunnen eingeleitet. Es können sich im Untergrund horizontale und vertikale Temperaturschichten bilden⁴⁴. Der Großteil der geeigneten Aquifere liegt in Tiefen von mehr als 100 m, daher ist eine Wärmedämmung nicht möglich. Aufgrund der hohen Wärmeverluste sind Aquifer-Wärmespeicher oft erst ab größeren Volumina wirtschaftlich nutzbar.

Die Dimensionierung des Wärmespeichers richtet sich nach der Größe des Aquifers. An der Oberfläche sind nur die Brunnen sichtbar. Die übrige Fläche ist wie davor nutzbar. Die maximalen Speichertemperaturen sind von den lokalen Bedingungen (Wasserchemie) abhängig. Bei schlechten Bedingungen können Belagsbildung, Verstopfung, Korrosion und Lösungserscheinungen resultieren. Zudem sind die geochemischen und ökologischen Einflüsse von höheren Speichertemperaturen (70 - 120 °C) noch Teil der Forschung⁴⁵. In Bestandsprojekten wird bereits mit Temperaturen von bis zu 90 °C gearbeitet (Gouda)⁴⁶.

⁴³ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

⁴⁴ Ebd.

⁴⁵ Fleuchaus, P., Schüppler, S., Stemmler, R., Menberg, K., & Blum, P. (2021). Aquiferspeicher in Deutschland. *Grundwasser*, 26(2), 123-134.

⁴⁶ Addous, M. A. Berechnen der Größe von Wasserspeichern zum saisonalen Speichern von Wärme bei der ausschließlichen Wärmeversorgung von Häusern mit Solarkollektoren (Doctoral dissertation, Freiberg (Sachsen), Techn. Univ., Diss., 2006).

Tabelle 23: Übersicht der Eigenschaften der gängigsten Saisonspeicheranlagen. Datenquelle: Saisonspeicher.de

Speichertyp	Medium	Max. Temperatur	Mindestvolumen	Trägheit	Wärmespeicherkapazität
Behälter	Wasser	>100 °C	1.000 m ³	-	60 - 80 kWh/m ³
Erdbecken	Wasser / Wasser-Kies	95 °C	1.000 m ³	Wasser: - Wasser-Kies: +	Wasser: 60 - 80 kWh/m ³ Wasser-Kies: 30 - 50 kWh/m ³
Erdsonden	Untergrund	90 °C	20.000 m ³	++	15 - 30 kWh/m ³
Aquifer	Grundwasser	90 °C	Lokal zu bestimmen, meist sehr groß	+	30 - 40 kWh/m ³

5.9.2.5 Thermochemische Wärme- und Kältespeicher

Thermochemische Wärmespeicher basieren auf chemisch reversiblen Reaktionen sowie Ab- und Adsorptionsprozessen, wobei sehr hohe spezifische Wärmekapazitäten erreicht werden können. Bei der Speicherbeladung werden chemische und / oder physikalische Reaktionen durch zugeführte Wärme bewirkt. Die Entladung basiert auf der Umkehrbarkeit dieser Reaktionen. Je nach Medium können Temperaturen zwischen 50 und 500 °C oder manchmal bis zu 1450 °C erreicht werden. Diese Speichermethode ist daher gut geeignet für den Einsatz in Fernwärmenetzen.

Thermochemische Wärmespeicher können die Wärme über einen langen Zeitraum mit nur sehr wenigen Verlusten speichern. Es gibt jedoch kaum thermochemische Wärmespeicher in Betrieb, da sie noch Bestandteil der aktuellen Forschung sind⁴⁷.

5.9.2.6 Latentwärmespeicher

Zu den Latentwärmespeichern gehören Eisspeicher und Phasenwechselmaterialien-Speicher (PCM-Speicher). Aufgrund von sehr geringen Betriebstemperaturen⁴⁸ eignen sich große Eisspeicher generell nur für den Einsatz in kalten Nahwärmenetzen.

PCM-Speicher werden aktuell noch nicht in größeren Dimensionen eingesetzt und sind für Wärmenetze Teil der aktuellen Forschung. PCM-Speicher basieren auf der Speicherung und Freigabe von Wärme bei Phasenwechsel des Speichermediums. Je nach Medium werden sehr hohe spezifische Wärmespeicherkapazitäten erreicht. Es können Temperaturspannen zwischen -50 und 600 °C abgedeckt werden. Bei den etwas bekannteren Latentwärmespeichern mit Salzhydraten und Paraffinen können Temperaturen von 0 - 100 °C erreicht werden. Zu dieser Art der

⁴⁷ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

⁴⁸ *Ebd.*

Wärmespeicherung gibt es derzeit noch keine ausreichend entwickelte Technologie, die in einem potenziellen Fernwärmenetz Kandels eingesetzt werden könnte⁴⁹.

5.9.2.7 Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel)

Das Prinzip Power-to-Heat (PtH) basiert auf einer Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme. Dies kann zum Beispiel mit Widerstands-Heißwasserkesseln oder mit Elektroden-Heißwasserkesseln geschehen. Eine Kombination von Wasserspeicher und PtH-Anlagen kann unter Umständen die Wirtschaftlichkeit erhöhen und wirkt sich positiv auf die Abdeckung von Spitzenlasten aus. Die Methode ist jedoch stark abhängig von (erneuerbarem) Strom und in welchen Mengen dieser kurzfristig vorhanden ist. Die Elektrodenheizkessel sind für Anschlüsse zwischen 5 und 20 kV ausgelegt. Aktuelle Projekte zeigen Leistungsklassen zwischen 550 kW_{th} und 100 MW_{th}. Sie eignen sich bei Wärmenetzen mit Vorlauftemperaturen zwischen 80 und 130 °C⁵⁰.

5.9.3 Potenzialflächen Wärmespeicher

Die Dimensionierung eines Wärmespeichers wird unter anderem durch den Wärmeerzeuger, die zu speichernde Gesamtwärmemenge und die Wärmeabnahme bestimmt. Die Sinnhaftigkeit eines Wärmespeichers ist abhängig von den aktuellen bzw. zukünftigen Erzeugern und Verbraucherprofilen. Die Auslegung wird erst in späteren Planungsschritten im Detail betrachtet und ist nicht Bestandteil der Potenzialanalyse.

Die Platzanforderungen der jeweiligen Wärmespeichermethoden können sehr unterschiedlich ausfallen. Wichtig ist jedoch, dass die Wärmespeicher nah am Wärmenetz und optimalerweise nah am Betriebsstandort lokalisiert sind.

Erdsondenwärmespeicher können lediglich in den in Kapitel 5.3.1 erwähnten Flächen errichtet werden. Da Erdsondenfelder gut in grüne Infrastruktur integriert werden können, eignen sich hier auch auf Park- und Sportflächen (ohne Baumbewuchs) als Potenzialflächen. Der Platzbedarf ist abhängig von der Dimensionierung des Wärmespeichers.

⁴⁹ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

⁵⁰ *Ebd.*

Die Installation von Puffer- und kleineren Behälterwärmespeicher ist geeignet auf Betriebsflächen, solange ausreichend Platz zur Verfügung steht. Werden größere Behälterwasserspeicher oder Erdbeckenspeicher errichtet, so sind baumfreie Freiflächen notwendig. Je nach Ausführung können diese Anlagen ebenfalls gut in die grüne Infrastruktur integriert werden, wie es zum Beispiel in Augsburg oder Eggenstein gemacht wurde.



Abbildung 44: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung.

Die Kosten für Wärmespeicher richten sich nach der Komplexität der Herstellung sowie der Größe des Speichers. In Abbildung 45 werden die Kosten für verschiedene Saisonspeicher pro m³ anhand von Projekten dargestellt. In der Regel sind Saisonspeicher für eine Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren ausgelegt⁵¹.

⁵¹ *Saisonspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

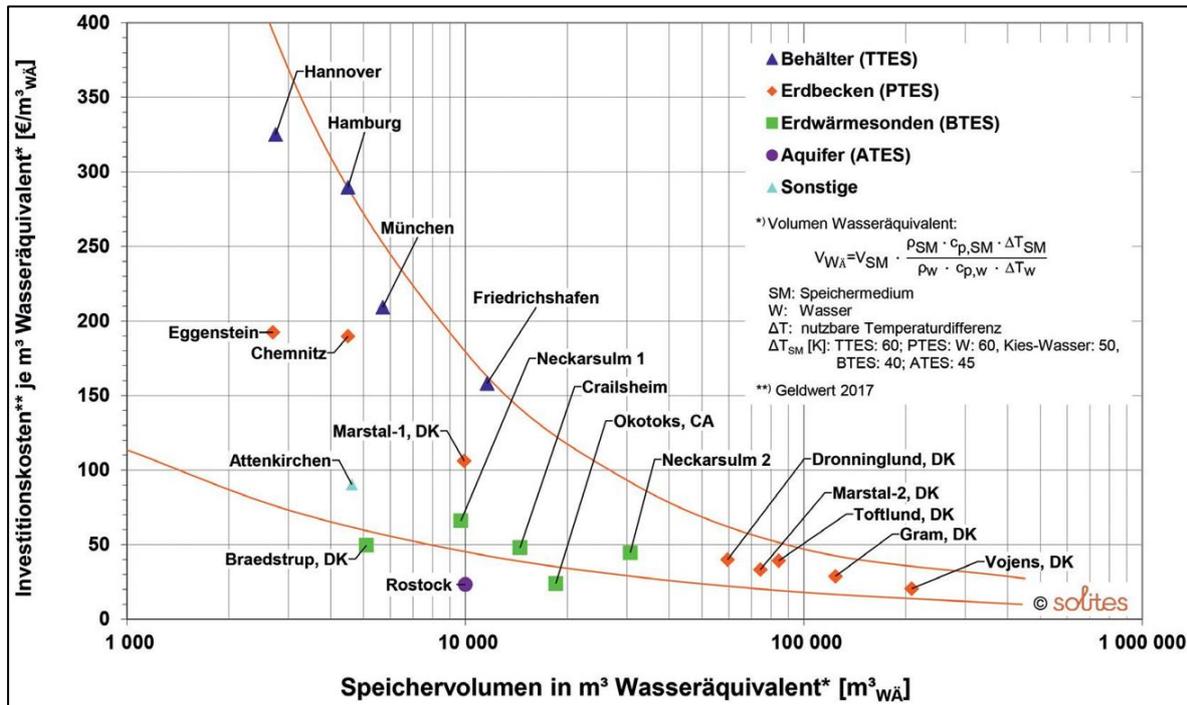


Abbildung 45: Kosten von verschiedenen Saisonal Speichervarianten pro m³. Quelle: Saisonalpeicher.de

5.10 Zusammenfassung der Potenziale

Die vorhandenen Potenziale pro Gemeinde in der VG Kandel werden in Abbildung 46 zusammengefasst. Zudem werden in Abbildung 47 die Wärmegestehungskosten für typische dezentrale Versorgungsfälle gemäß einer Studie des Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln dargestellt⁵².

⁵² Wärmegestehungskosten für verbrauchsnahe Wärmeerzeugung in Wohngebäuden. 2023, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln



Ortsteil	Energieträger	PV/ ST	Bio- masse	Biogas	Luft- wärme- pumpe	Erd- sonde	Erd- kollektor	Grund- wasser- wärme	Fluss- wasser	Ab- wasser	Wasser- stoff	Tiefen- geo- thermie
Kandel		✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
<u>Minfeld</u>		✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
<u>Freckendorf</u>		✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
<u>Vollmersweiler</u>		✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓
Winden		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
Steinweiler		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
Erlenbach bei Kandel		✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓

Abbildung 46: Theoretische energetische Potenziale pro Gemeinde

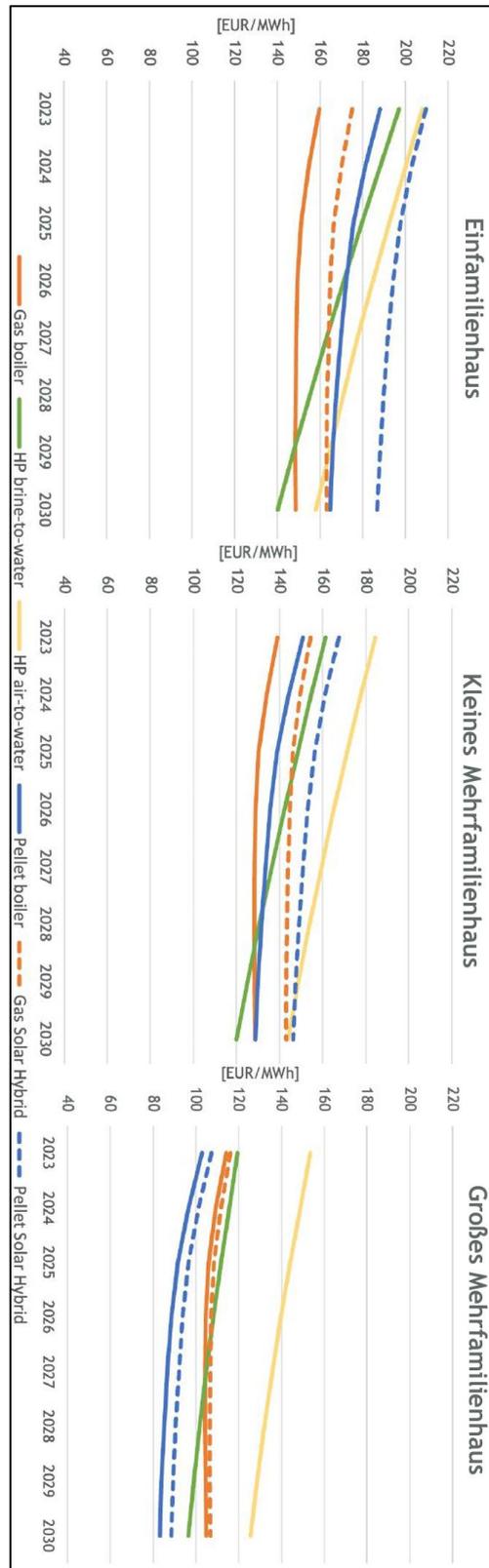


Abbildung 47: Wärmegestehungskosten in einem mittleren Preisszenario nach Gebäudetypen in Deutschland gemäß Studie des Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile pro Energieträger beleuchtet.

Tabelle 24: Vor- und Nachteile der jeweiligen Energieträger

Energieträger	Vorteile	Nachteile
Solarthermie/ Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> - Fast CO₂-frei - Langlebig - Hohe Vorlauftemperaturen möglich (110°C) 	<ul style="list-style-type: none"> - Teure Installation - Wärme oft dann verfügbar, wenn nicht benötigt - Funktioniert oft nicht als einziger Erzeuger
Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> - Großflächig verfügbar und installierbar - Hohe Temperatur - Relativ billig 	<ul style="list-style-type: none"> - Zunehmende Nachfrage - Sinkende Qualität - Nur CO₂-Neutral wenn nachhaltige Biomasse eingesetzt wird
Luftwärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> - Fast überall installierbar - Im Sommer hoher Coefficient of Performance (COP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Im Winter niedriger COP - Vorlauftemperatur < ca. 85 °C - Geräuschpegel
Erdsonden/ -kollektoren	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Konstante Quelltemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> - Auskühlung des Bohrlochs - Viele Restriktionen für Installation - Hohe Investitionskosten
Grundwasserwärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Konstante Quelltemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> - Viele Restriktionen für Installation - Hohe Investitionskosten
Flusswasserwärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Sehr hohe Leistungen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Viele Restriktionen für Installation - Kompliziertes Genehmigungsverfahren - Hohe Investitionskosten - Schwankende Temperaturen (Ausfallzeiten)
Abwasserwärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Temperaturen im Sommer sowie im Winter gut 	<ul style="list-style-type: none"> - Nur ab bestimmten Rohrdurchmesser und Abflussmengen installierbar - Evtl. hoher Reinigungsaufwand
Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> - Bestehendes Gasnetz ggf. teilweise weiter nutzbar - Sehr flexibel - Hohe Temperaturen erreichbar 	<ul style="list-style-type: none"> - Hohe Kosten - Derzeit noch nicht klimaneutral - Generell im Industriesektor mehr benötigt
Tiefengeothermie	<ul style="list-style-type: none"> - Evtl. hohe Temperaturen erreichbar - Im Betrieb sehr zuverlässig und kosteneffizient 	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr hohe Investitionskosten - Fündigkeitsrisiko

6. Zielszenarien

In Abstimmung mit der VG Kandel wurde für alle Gemeinden ein Zielszenario entwickelt. Die Bestands- und Potenzialanalyse bildet die Grundlage dieser Einteilung. Die Zielszenarien stellen in Fünf-Jahres-Schritten dar, wie sich die Wärmeversorgung der Gemeinden in den kommenden Jahren entwickeln kann. Die Wärmewendestrategie beschreibt, wie die Gemeinden diese Ziele erreichen wollen und können. Nachfolgend werden im Maßnahmenkatalog konkrete Maßnahmen zur Umsetzung der Zielszenarien vorgestellt.

Aus dem Wärmekataster der Bestandsanalyse wurden Wärmelinien-dichten (kWh/(m*a)) bei Anschlussquoten von 70 % erstellt. Die Wärmelinien-dichten (Wärmebedarf pro Meter) liefern erste Erkenntnisse über die Wirtschaftlichkeit und die technische Eignung von potenziellen Wärmenetzen (Abbildung 48).

Wärmelinien-dichte [MWh/m*a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0–0,7	Kein technisches Potenzial
0,7–1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5–2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

Abbildung 48: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte gemäß KWW Handlungsleitfaden Wärmeplanung

Die Umsetzbarkeit und die Priorität dieser Gebiete wurden nachfolgend unter verschiedenen Kriterien wie vorhandene Ankerkunden (z. B. Liegenschaften mit langfristig hohen Wärmebedarfen), erwartbarer Anschlussquote, Bestand von einem Wärme- oder Gasnetz, vorherrschende Potenziale erneuerbarer Energiequellen und generelle Risiken bewertet. Die Bewertung gemäß Leitfaden kommunale Wärmeplanung des KWW befindet sich in der Anlage 1. Abbildung 49 zeigt die Ergebnisse der Abstimmungen. Nachfolgend werden die Ortsteile mit Wärmenetzpotenzial detaillierter dargestellt.

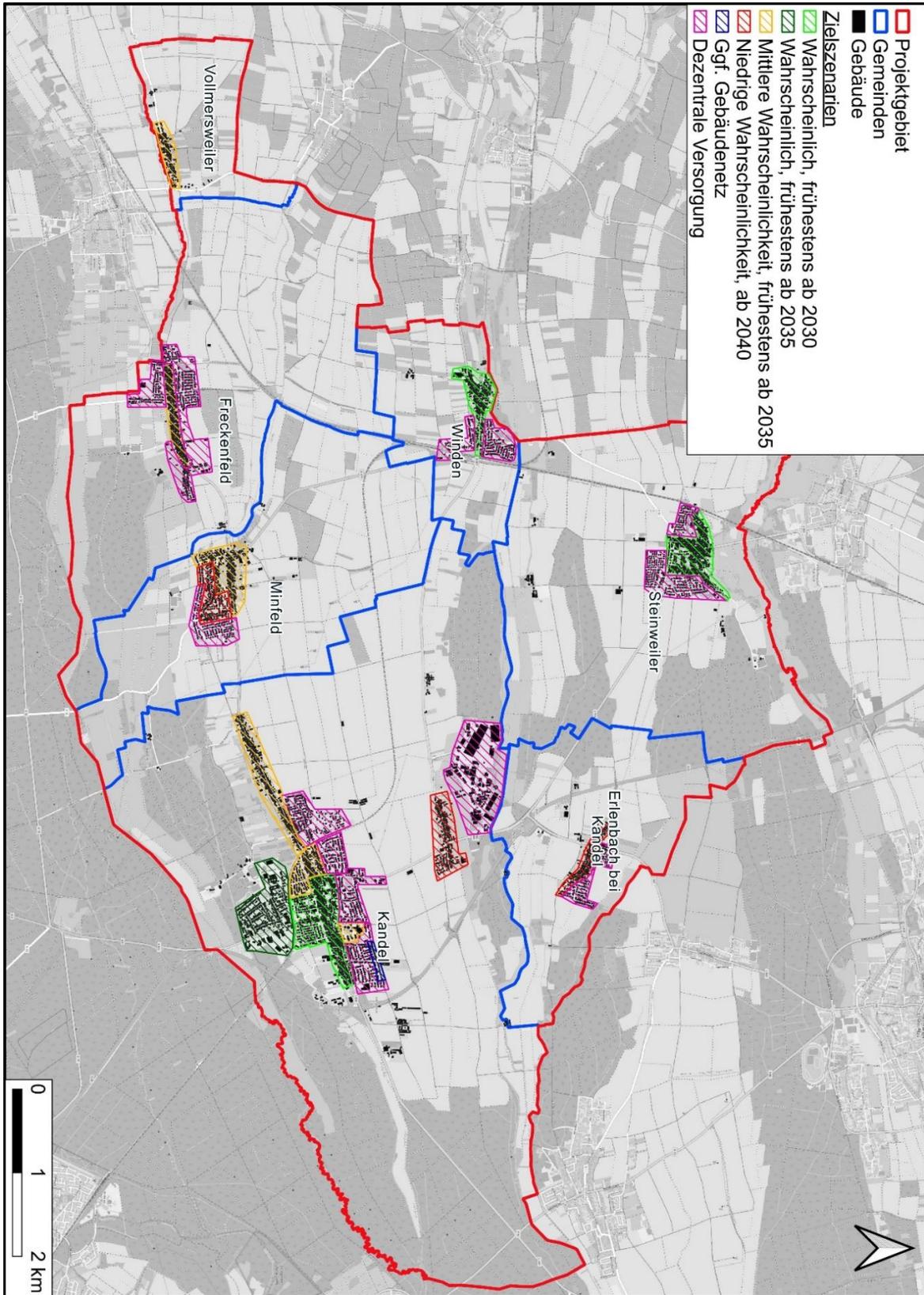


Abbildung 49: Kartographische Darstellung des Zielszenarios der VG Kandel

6.1 Zielszenario Kandel

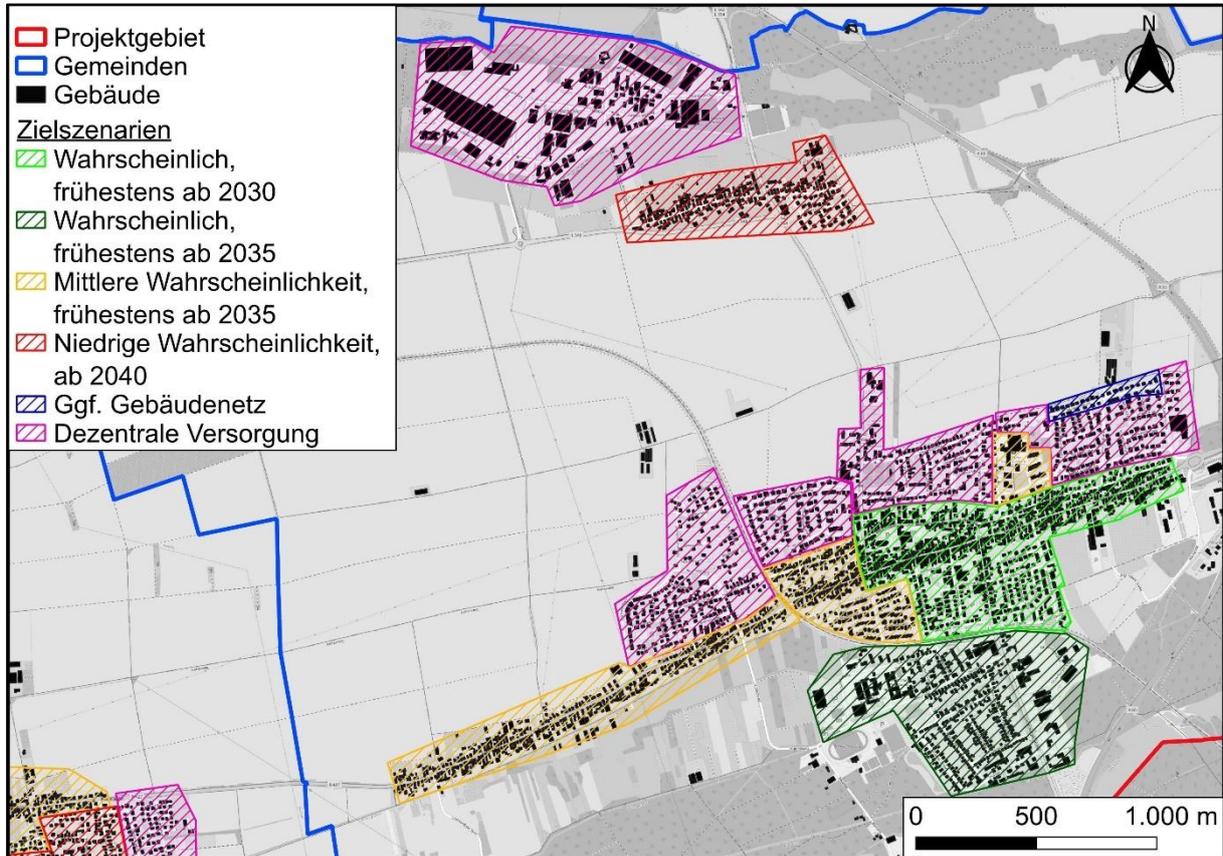


Abbildung 50: Zielszenario der Gemeinde Kandel

Das Zielszenario der Gemeinde Kandel sieht den Aufbau eines neuen Wärmenetzes in der Stadt Kandel vor. Aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials soll das Wärmenetz hauptsächlich mit Großwärmepumpen (z. B. Abwasser, Flusswasser, Grundwasser, Luft) betrieben werden. Wegen der geplanten Netzgröße ist eine Unterstützung durch z.B. ein Biomasseheizkraftwerk jedoch wahrscheinlich. Das Wärmenetz wird von Osten der Stadt ausgehend aufgebaut, wodurch aufgrund der Nähe zur Kläranlage im Ablauf eine Wärmepumpe eingesetzt werden kann. Nachfolgend ist der Ausbau in südlicher Richtung vorgesehen, damit die großen kommunalen Gebäude wie die Integrierte Gesamtschule sowie die GHD-Gebäude im Gewerbegebiet angeschlossen werden können. Ein Anschluss des Klinikums im Norden der Stadt wäre wünschenswert. Nachfolgend ergibt sich im Westen Kandels bis zum Ende der Saarstraße Ausbaupotenzial des Wärmenetzes. Wegen der Größe des vorgesehenen Netzes muss mit langen Bauzeiten gerechnet werden. Ein zusätzliches Netz in der Gemeinde, so wie es potenziell in Minderslachen vorgesehen ist, kann somit nicht vor ca. 2040 errichtet werden. Das nördliche Gewerbegebiet bei Minderslachen sowie die nördlichen Stadtteile werden als dezentrale Versorgungsgebiete eingestuft.

Tabelle 25: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Kandel

Kandel	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	122.465	100%	108.518	100%	100.620	100%	93.296	100%	86.506
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	122.465	96%	104.065	83%	83.767	74%	69.250	67%	58.177
davon Wärmepumpen	5%	6.164	20%	20.813	35%	29.318	50%	34.625	66%	38.397
davon Biomasse	5%	6.096	12%	12.488	20%	16.753	25%	17.312	32%	18.617
davon Fossil	86%	105.773	68%	70.244	44%	36.857	24%	16.274	0%	0
davon Direktstrom	4%	4.432	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	1%	520	1%	838	2%	1.039	2%	1.164
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	4%	4.453	17%	16.853	26%	24.046	33%	28.329
davon Wärmepumpen	0%	-	75%	3.340	75%	12.640	75%	18.035	75%	21.247
davon Biomasse	0%	-	25%	1.113	25%	4.213	25%	6.012	25%	7.082
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO₂-Ausstoß gesamt</u>	t	32.744	t	20.550	t	11.288	t	5.426	t	812

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 97,5 % reduziert werden.

6.2 Zielszenario Minfeld

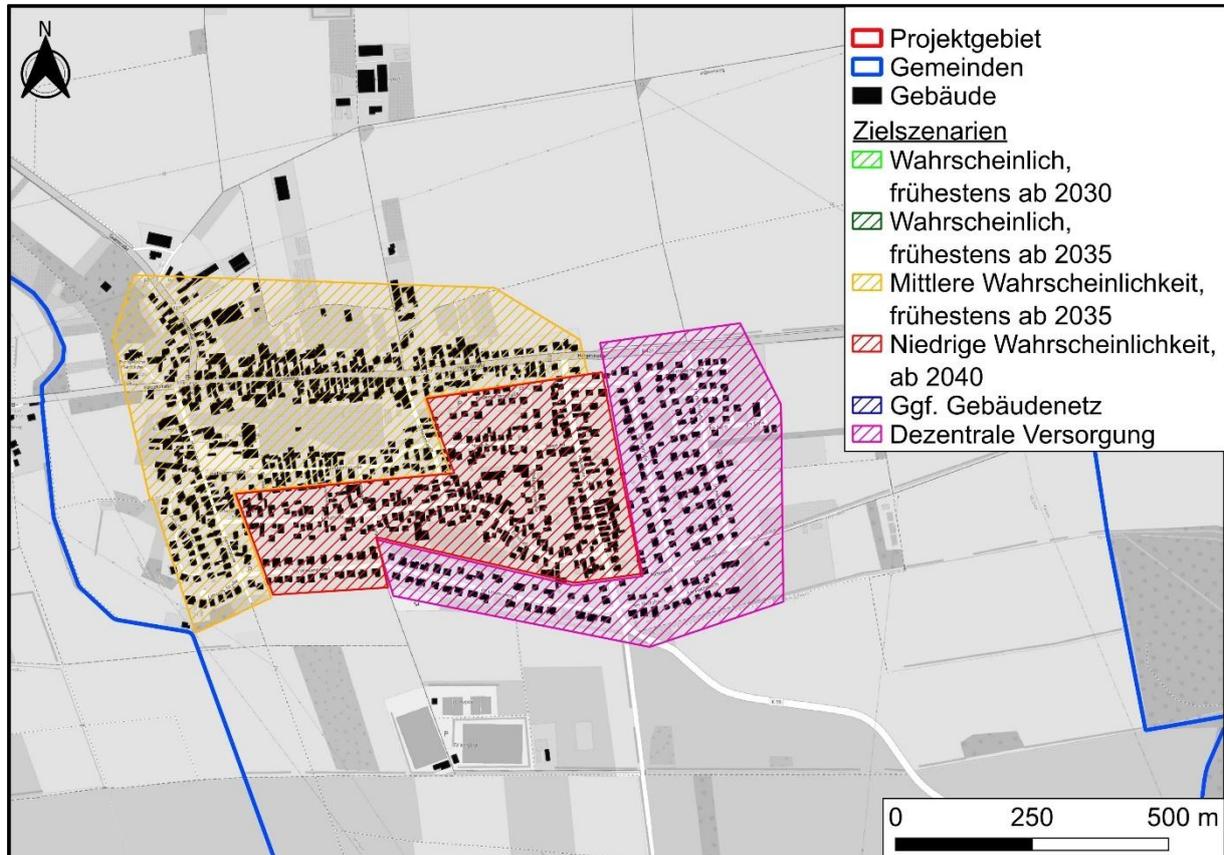


Abbildung 51: Zielszenario der Gemeinde Minfeld

Das Zielszenario der Gemeinde Minfeld sieht einen möglichen Aufbau eines Wärmenetzes im westlichen Bereich des Ortes vor. Wegen der etwas geringeren Wärmeliniedichte sowie der reduzierten Menge an energetischen Potenzialen, die sich für die zentrale Wärmeversorgung in Minfeld eignen, wird dieses Gebiet mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit der Realisierung versehen. Der mittlere, rot markierte Bereich kann sich unter Umständen ebenfalls für den weiteren Ausbau des Wärmenetzes eignen. Der Bau eines Wärmenetzes in diesem Bereich kann jedoch nach erster Einschätzung nicht mittelfristig umgesetzt werden. Für das potenzielle Wärmenetz in Minfeld bieten sich hauptsächlich die Energieträger Grundwasser und Luft für Großwärmepumpen sowie eine mögliche Unterstützung durch z. B. Solarthermie an.

In der dezentralen Versorgung besteht aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials eine große Herausforderung für die Gemeinde Minfeld, die Menge an Biomasse in den zukünftigen Heizungen zu begrenzen und den Ausbau von Wärmepumpen stark voranzutreiben.

Tabelle 26: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Minfeld

Minfeld	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	20.777	100%	18.411	100%	17.071	100%	15.829	100%	14.676
Dezentrale Wärme	100%	20.777	100%	18.411	91%	15.617	79%	12.458	69%	10.195
davon Wärmepumpen	10%	1.975	25%	4.603	40%	6.247	50%	6.229	70%	7.136
davon Biomasse	6%	1.303	12%	2.209	18%	2.811	22%	2.741	25%	2.549
davon Fossil	82%	16.935	61%	11.231	39%	6.091	24%	2.990	0%	0
davon Direktstrom	3%	564	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	2%	368	3%	469	4%	498	5%	510
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
Zentrale Wärmeversorgung	0%	-	0%	-	9%	1.454	21%	3.370	31%	4.482
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	100%	1.454	100%	3.370	100%	4.482
davon Biomasse	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
CO₂-Ausstoß gesamt	t	5.412	t	3.380	t	1.889	t	978	t	109

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98 % reduziert werden.

6.3 Zielszenario Freckenfeld

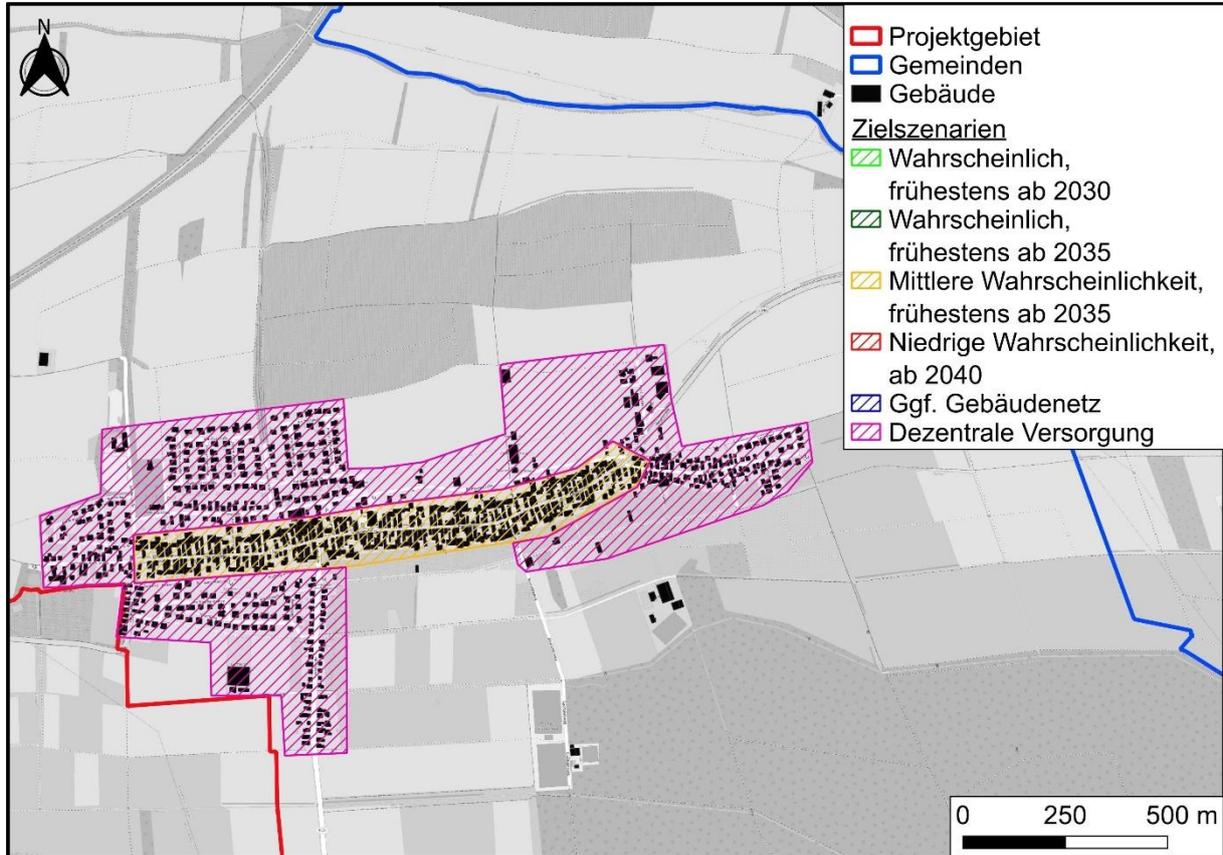


Abbildung 52: Zielszenario der Gemeinde Freckenfeld

Das Zielszenario der Gemeinde Freckenfeld sieht einen möglichen Aufbau eines Wärmenetzes im zentralen Bereich des Ortes vor. Wegen der etwas geringeren Wärmelinienendichte sowie der reduzierten Menge an energetischen Potenzialen, die sich für die zentrale Wärmeversorgung in Freckenfeld eignen, wird dieses Gebiet mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit der Realisierung versehen. Für das potenzielle Wärmenetz in Minfeld bieten sich hauptsächlich die Energieträger Grundwasser und Luft für Großwärmepumpen sowie eine mögliche Unterstützung durch z. B. Solarthermie an.

In der dezentralen Versorgung besteht aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials eine große Herausforderung für die Gemeinde Freckenfeld, die Menge an Biomasse in den zukünftigen Heizungen zu begrenzen und den Ausbau von Wärmepumpen stark voranzutreiben.

Tabelle 27: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Freckenfeld

Freckenfeld	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	21.076	100%	18.676	100%	17.316	100%	16.056	100%	14.887
Dezentrale Wärme	100%	21.076	100%	18.676	96%	16.651	81%	12.972	77%	11.456
davon Wärmepumpen	6%	1.265	21%	3.922	40%	6.660	55%	7.135	70%	8.019
davon Biomasse	7%	1.387	10%	1.868	15%	2.498	20%	2.594	25%	2.864
davon Fossil	87%	18.425	67%	12.513	42%	6.994	21%	2.724	0%	0
davon Direktstrom	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	2%	374	3%	500	4%	519	5%	573
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
Zentrale Wärmeversorgung	0%	-	0%	-	4%	665	19%	3.084	23%	3.432
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	100%	665	100%	3.084	100%	3.432
davon Biomasse	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
CO₂-Ausstoß gesamt	t	5.434	t	3.710	t	2.132	t	905	t	115

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 97,9 % reduziert werden.

6.4 Zielszenario Vollmersweiler

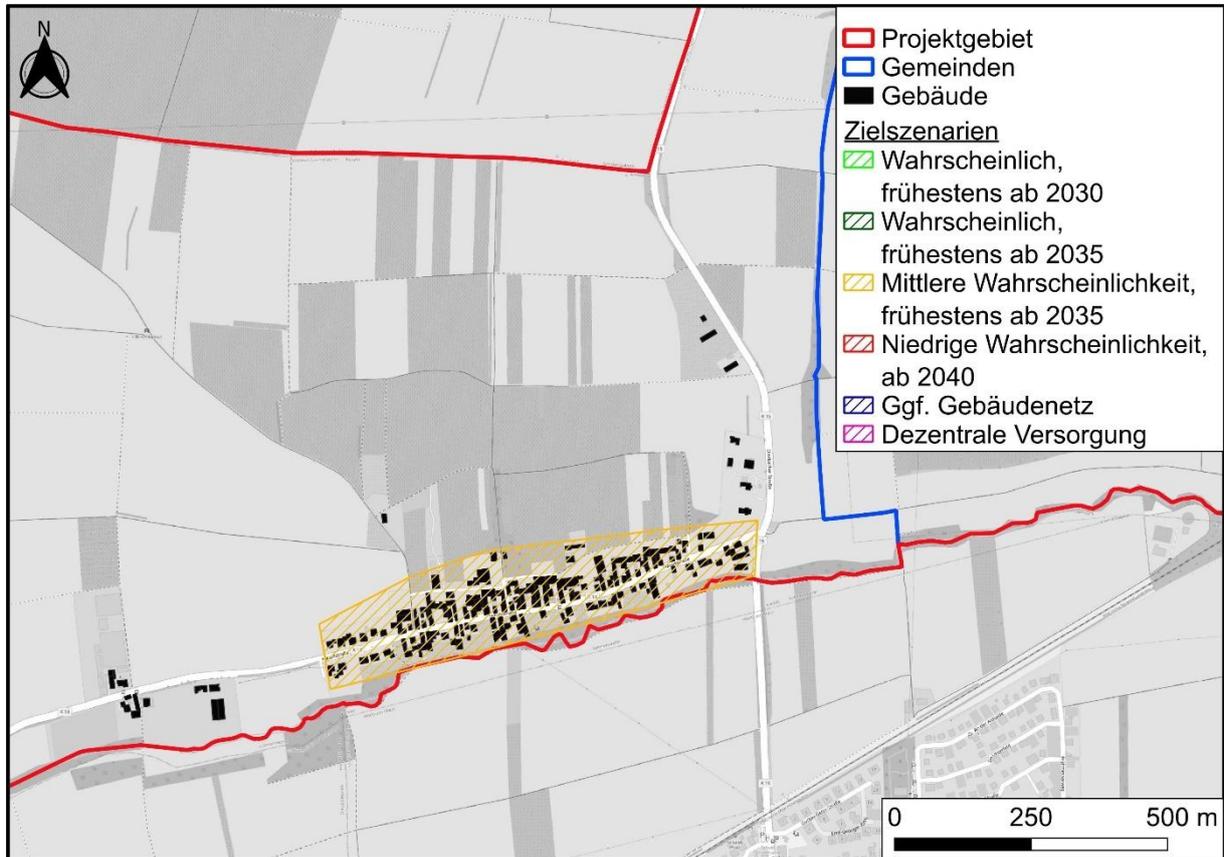


Abbildung 53: Zielszenario der Gemeinde Vollmersweiler

Das Zielszenario der Gemeinde Vollmersweiler sieht einen möglichen Aufbau eines Wärmenetzes im zentralen Bereich des Ortes vor. Aufgrund der etwas geringeren Wärmelinien-dichte wird dieses Gebiet mit einer mittleren Wahrscheinlichkeit der Realisierung versehen. Für das potenzielle Wärmenetz in Minfeld bieten sich hauptsächlich die Energieträger Abwasser der Kläranlage Schaidt, Grundwasser und Luft für Großwärmepumpen sowie eine mögliche Unterstützung durch z. B. Solarthermie an.

In der dezentralen Versorgung besteht aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials eine große Herausforderung für die Gemeinde Vollmersweiler, die Menge an Biomasse in den zukünftigen Heizungen zu begrenzen und den Ausbau von Wärmepumpen stark voranzutreiben.

Tabelle 28: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Vollmersweiler

Vollmersweiler	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	4.150	100%	3.677	100%	3.410	100%	3.162	100%	2.931
Dezentrale Wärme	100%	4.150	100%	3.677	90%	3.069	60%	1.897	40%	1.173
davon Wärmepumpen	5%	208	15%	552	40%	1.228	55%	1.043	62%	727
davon Biomasse	7%	302	13%	478	20%	614	25%	474	33%	387
davon Fossil	84%	3.474	70%	2.574	37%	1.135	16%	304	0%	-0
davon Direktstrom	4%	166	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	2%	74	3%	92	4%	76	5%	59
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
Zentrale Wärmeversorgung	0%	-	0%	-	10%	341	40%	1.265	60%	1.759
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	100%	341	100%	1.265	100%	1.759
davon Biomasse	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
CO₂-Ausstoß gesamt	t	972	t	756	t	356	t	114	t	20

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98 % reduziert werden.

6.5 Zielszenario Winden

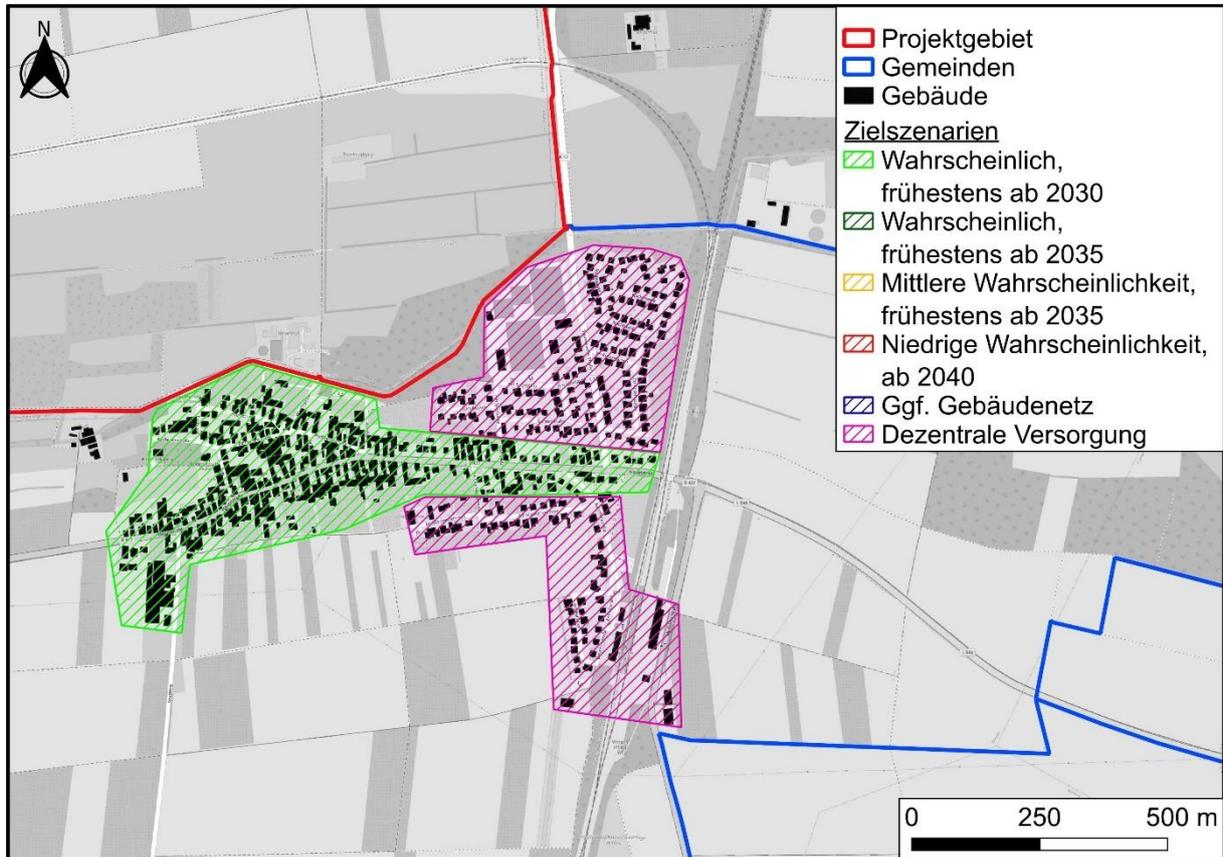


Abbildung 54: Zielszenario der Gemeinde Winden

Das Zielszenario der Gemeinde Winden sieht einen Aufbau eines Wärmenetzes im westlichen Bereich des Ortes vor. Wegen der vorhandenen energetischen Potenziale sowie der guten Wärmelinien-dichte wird dieses Gebiet mit einer höheren Wahrscheinlichkeit der Realisierung versehen. Für das potenzielle Wärmenetz in Winden bieten sich hauptsächlich die Energieträger Abwasser der Kläranlage Winden, Grundwasser und Luft für Großwärmepumpen sowie eine mögliche Unterstützung durch z. B. Solarthermie an. Die nord- und südöstlichen Gebiete eignen sich aufgrund der geringen Wärmedichte weniger für das potenzielle Wärmenetz und werden als dezentrale Gebiete eingestuft.

In der dezentralen Versorgung besteht aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials eine große Herausforderung für die Gemeinde Vollmersweiler, die Menge an Biomasse in den zukünftigen Heizungen zu begrenzen und den Ausbau von Wärmepumpen stark voranzutreiben.

Tabelle 29: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Winden

Winden	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	14.005	100%	12.410	100%	11.507	100%	10.669	100%	9.893
Dezentrale Wärme	100%	14.005	94%	11.725	78%	8.968	67%	7.138	64%	6.346
davon Wärmepumpen	5%	700	20%	2.345	35%	3.139	50%	3.569	70%	4.442
davon Biomasse	8%	1.120	13%	1.524	18%	1.614	22%	1.570	25%	1.586
davon Fossil	85%	11.904	65%	7.621	44%	3.946	24%	1.713	0%	0
davon Direktstrom	2%	280	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	2%	235	3%	269	4%	286	5%	317
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
Zentrale Wärmeversorgung	0%	-	6%	684	22%	2.539	33%	3.531	36%	3.547
davon Wärmepumpen	0%	-	100%	684	100%	2.539	100%	3.531	100%	3.547
davon Biomasse	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
CO₂-Ausstoß gesamt	t	3.636	t	2.291	t	1.230	t	574	t	72

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98 % reduziert werden.

6.6 Zielszenario Steinweiler

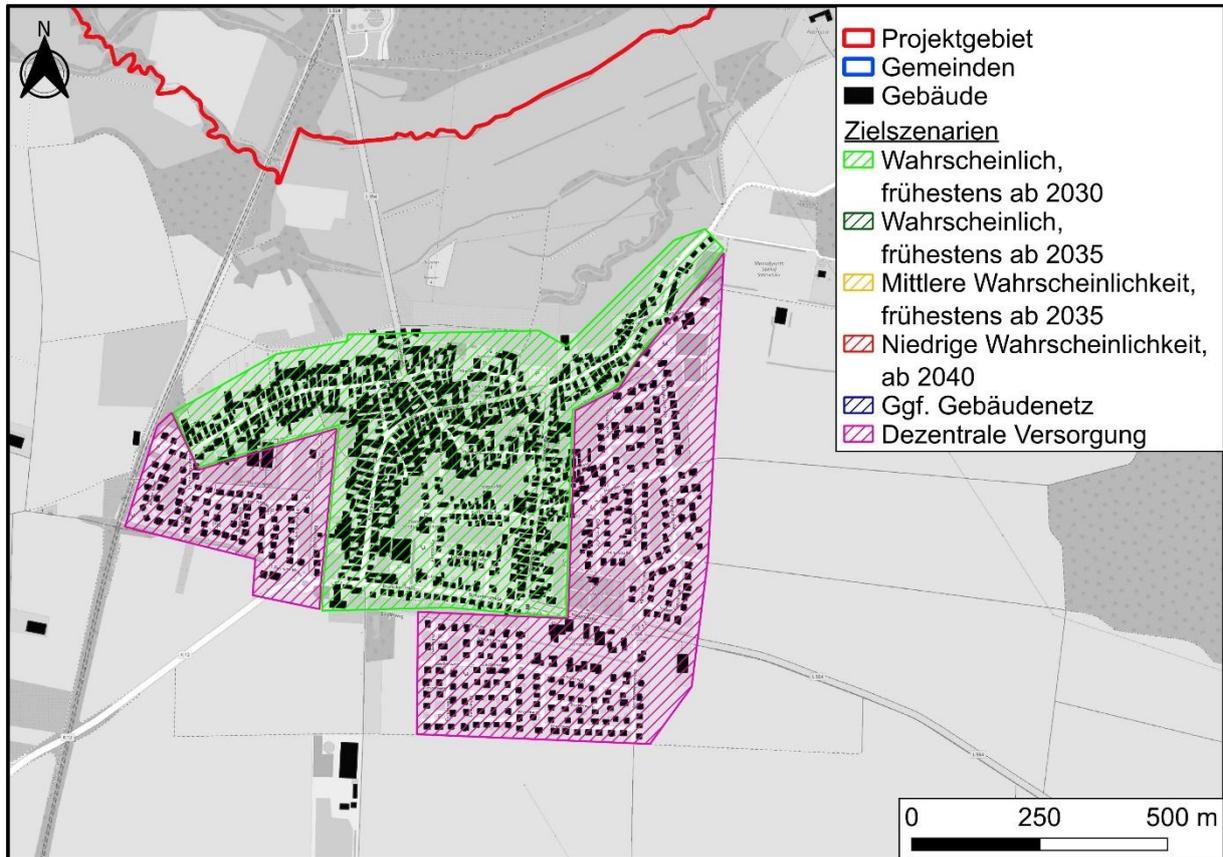


Abbildung 55: Zielszenario der Gemeinde Steinweiler

Das Zielszenario der Gemeinde Steinweiler sieht einen Aufbau eines Wärmenetzes im zentralen und nördlichen Bereich des Ortes vor. Wegen der vorhandenen energetischen Potenziale sowie der guten Wärmeliniendichte wird dieses Gebiet mit einer höheren Wahrscheinlichkeit der Realisierung versehen. Für das potenzielle Wärmenetz in Winden bieten sich hauptsächlich die Energieträger Biogas der Biogasanlage Wagner im südlichen Bereich der Gemeinde Steinweiler, Flusswasser des Klingbaches, Grundwasser und Luft für Großwärmepumpen sowie eine mögliche Unterstützung durch z. B. Solarthermie oder der Kläranlage Winden an. Die östlichen und westlichen Gebiete eignen sich aufgrund der geringen Wärmedichte weniger für das potenzielle Wärmenetz und werden als dezentrale Gebiete eingestuft.

In der dezentralen Versorgung besteht aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials für die Gemeinde Steinweiler eine große Herausforderung, die Menge an Biomasse in den zukünftigen Heizungen zu begrenzen und den Ausbau von Wärmepumpen stark voranzutreiben.

Tabelle 30: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Steinweiler

Steinweiler	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	25.684	100%	22.759	100%	21.103	100%	19.567	100%	18.143
Dezentrale Wärme	100%	25.684	94%	21.472	82%	17.243	70%	13.602	63%	11.506
davon Wärmepumpen	12%	2.974	23%	4.939	35%	6.035	50%	6.801	69%	7.939
davon Biomasse	7%	1.843	12%	2.577	18%	3.104	21%	2.856	26%	2.991
davon Fossil	80%	20.421	63%	13.528	44%	7.587	25%	3.400	0%	0
davon Direktstrom	2%	446	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	2%	429	3%	517	4%	544	5%	575
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
Zentrale Wärmeversorgung	0%	-	6%	1.287	18%	3.860	30%	5.965	37%	6.637
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	25%	965	40%	2.386	50%	3.318
davon Biomasse	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	75%	2.895	60%	3.579	50%	3.318
CO₂-Ausstoß gesamt	t	6.084	t	3.763	t	2.524	t	1.472	t	524

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung, Biogas und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 91,4 % reduziert werden.

6.7 Zielszenario Erlenbach bei Kandel

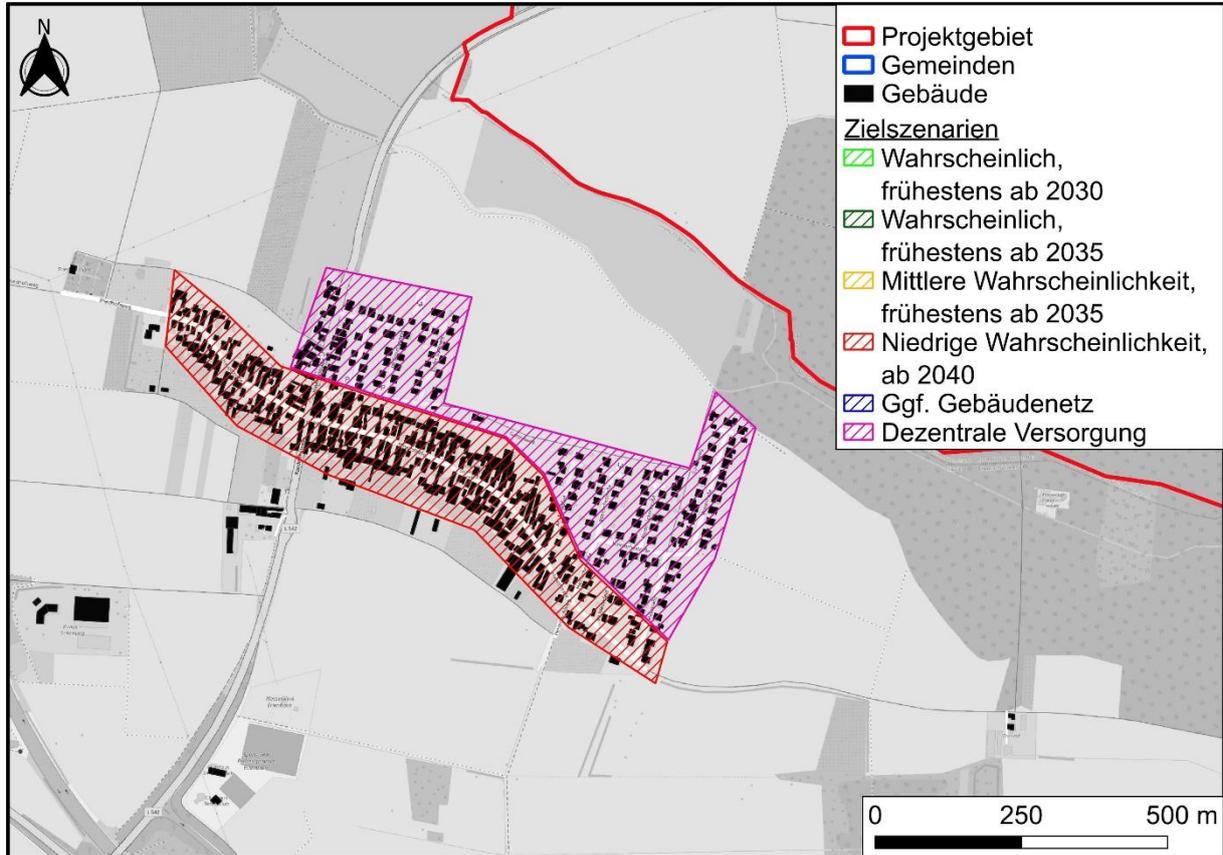


Abbildung 56: Zielszenario der Gemeinde Erlenbach bei Kandel

Das Zielszenario der Gemeinde Erlenbach bei Kandel sieht einen möglichen, jedoch unwahrscheinlichen, Aufbau eines Wärmenetzes im zentralen Bereich des Ortes vor. Wegen der etwas geringeren Wärmelinien-dichte sowie einer geringen Menge an energetischen Potenzialen wird dieses Gebiet mit einer niedrigen Wahrscheinlichkeit der Realisierung und niedriger Priorität versehen. Für das potenzielle Wärmenetz in Erlenbach bieten sich hauptsächlich die Energieträger Grundwasser und Luft für Großwärmepumpen sowie eine mögliche Unterstützung durch z. B. Solarthermie an. Mit einem Wärmenetz in Erlenbach ist mittelfristig nicht zu rechnen.

In der dezentralen Versorgung besteht aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials für die Gemeinde Erlenbach bei Kandel eine große Herausforderung, die Menge an Biomasse in den zukünftigen Heizungen zu begrenzen und den Ausbau von Wärmepumpen stark voranzutreiben.

Tabelle 31: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Gemeinde Vollmersweiler

Erlenbach Kandel	bei	2022		2030		2035		2040		2045	
		%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch		100%	10.834	100%	9.601	100%	8.902	100%	8.254	100%	7.653
Dezentrale Wärme		100%	10.834	100%	9.601	100%	8.902	89%	7.376	79%	6.025
davon Wärmepumpen		11%	1.147	28%	2.688	43%	3.828	58%	4.278	70%	4.218
davon Biomasse		7%	772	10%	960	14%	1.246	20%	1.475	25%	1.506
davon Fossil		76%	8.283	60%	5.760	40%	3.561	18%	1.328	0%	0
davon Direktstrom		6%	633	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie		0%	-	2%	192	3%	267	4%	295	5%	301
davon Biogas		0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
Zentrale Wärmeversorgung		0%	-	0%	-	0%	-	11%	878	21%	1.628
davon Wärmepumpen		0%	-	0%	-	0%	-	100%	878	100%	1.628
davon Biomasse		0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil		0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas		0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
CO₂-Ausstoß gesamt		t	2.916	t	1.782	t	1.111	t	456	t	59

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98 % reduziert werden.

6.8 Zielszenario der Verbandsgemeinde

Tabelle 32: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Verbandsgemeinde Kandel

VG Kandel	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	218.992	100%	194.052	100%	179.928	100%	166.832	100%	154.689
Dezentrale Wärme	100%	218.992	97%	187.627	86%	154.216	75%	124.693	68%	104.876
davon Wärmepumpen	7%	14.432	21%	39.861	37%	56.455	51%	63.680	68%	70.878
davon Biomasse	6%	12.824	12%	22.104	19%	28.640	23%	29.024	29%	30.500
davon Fossil	85%	185.215	66%	123.471	43%	66.170	23%	28.733	0%	-0
davon Direktstrom	3%	6.355	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Solarthermie	0%	-	1%	2.118	2%	3.200	4%	4.445	5%	5.199
davon Biogas	0%	-	0%	-	0%	341	1%	1.265	2%	1.759
Zentrale Wärmeversorgung	0%	-	3%	6.424	14%	25.711	25%	42.139	32%	49.813
davon Wärmepumpen	0%	-	63%	4.024	72%	18.603	77%	32.549	79%	39.412
davon Biomasse	0%	-	17%	1.113	16%	4.213	14%	6.012	14%	7.082
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biogas	0%	-	0%	-	11%	2.895	8%	3.579	7%	3.318
CO₂-Ausstoß gesamt	t	57.197	t	36.232	t	20.531	t	9.926	t	1.711

Das Zielszenario für die Verbandsgemeinde Kandel basiert hauptsächlich auf dem Aufbau von neuen Wärmenetzen sowie dem Einsatz von dezentralen Wärmepumpen. Die Nutzung der Erdgasnetze in der Verbandsgemeinde erfahren in den Zielszenarien einen deutlichen Rückgang. Eine Versorgung mit Wasserstoff für die von Wohnbau geprägte Verbandsgemeinde ist aktuell nicht vorgesehen. Mittel- bis langfristig soll die Wärmeversorgung über das Gasnetz nahezu verschwinden. Sowohl in der dezentralen als auch in der zentralen Versorgung basiert die Strategie der Verbandsgemeinde relativ stark auf Biomasse. Insgesamt soll gemäß den Zielszenarien im Jahr 2045 ca. 37.582 MWh/a Biomasse eingesetzt werden. Laut Kapitel 5.5 ergibt sich für die Gemeinde aktuell ein nachhaltiges Biomassepotenzial (gasförmig und fest) in Höhe von ca. 5.000 - 6.140 MWh/a. Die Verbandsgemeinde könnte somit den Energiebedarf aus Biomasse nicht vollständig selbst decken. Durch Öffentlichkeitsarbeit bzw. Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen kann der Anteil Biomasse weiter gesenkt werden, wodurch die Gemeinde weniger von anderen Gemeinden und Landkreisen abhängig ist und die Zukunft klimaneutraler gestaltet.

Der Anteil zentraler Wärmeversorgung soll in den kommenden Jahren und Jahrzehnten hauptsächlich durch den Auf- und Ausbau der Wärmenetze ansteigen. Der Anteil fossiler Energie soll optimalerweise bis 2040, spätestens jedoch bis 2045, auf 0 sinken.

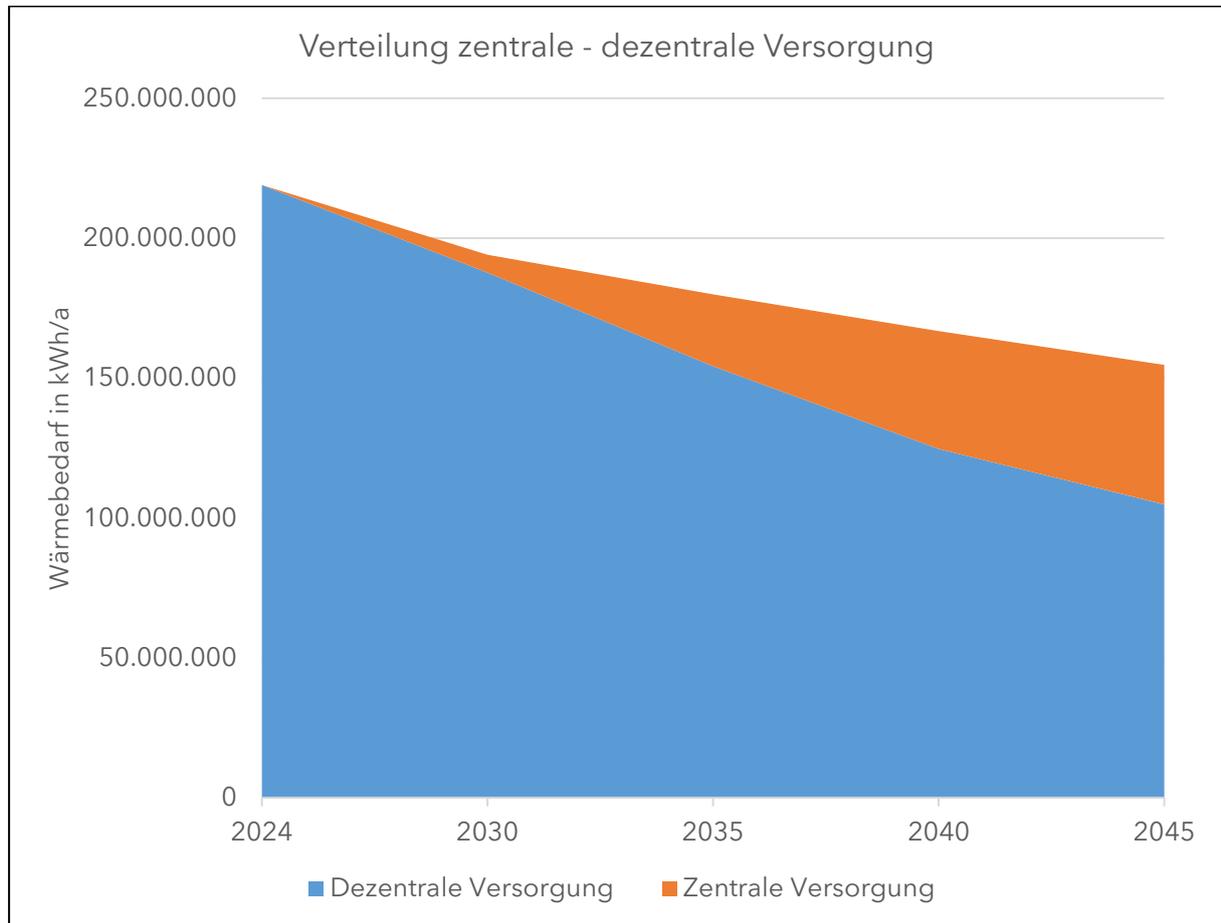


Abbildung 57: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde Kandel in den Zieljahren des Zielszenarios

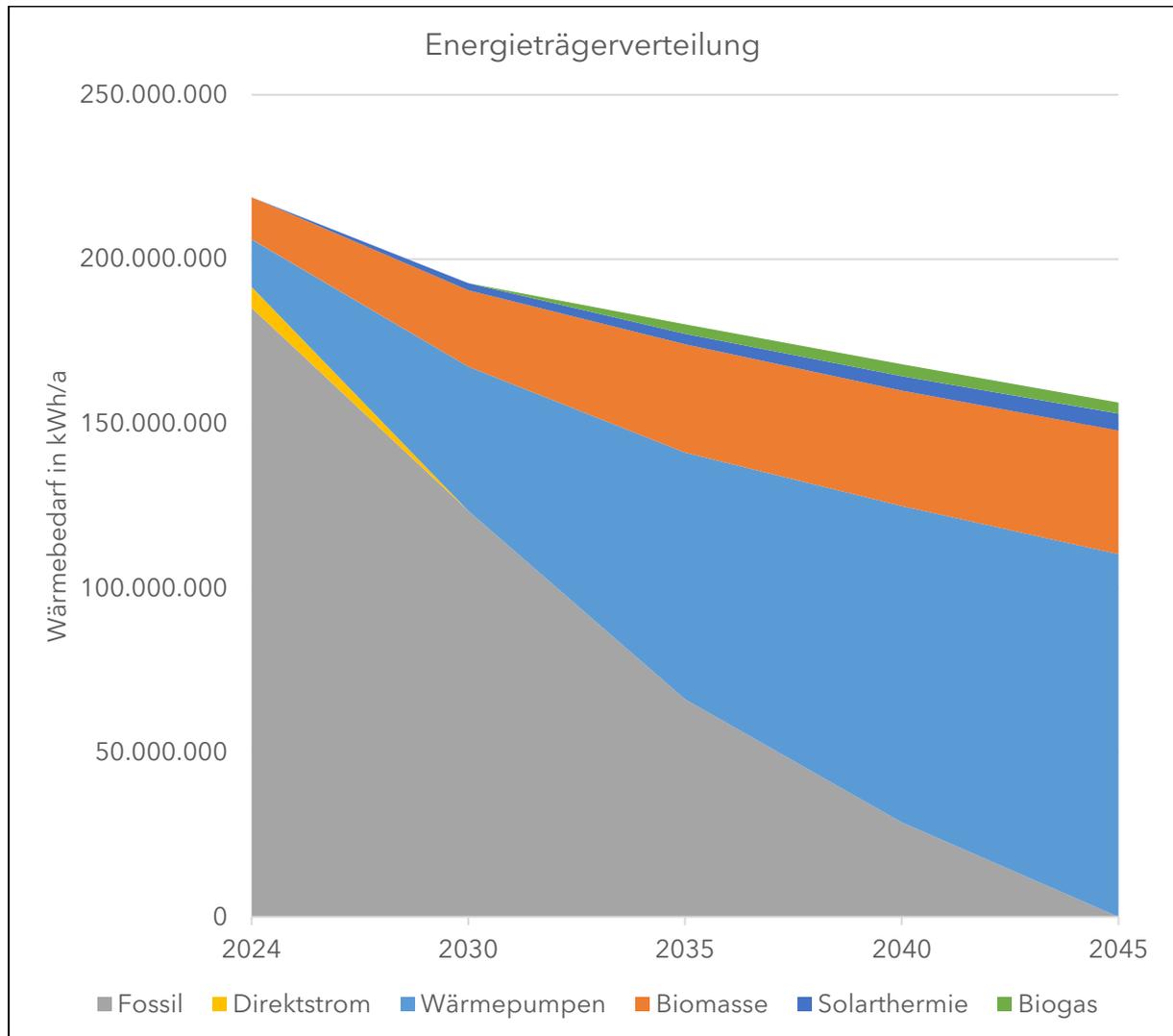


Abbildung 58: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde Kandel in den Zieljahren des Zielszenarios

6.9 Alternative Szenarien

6.9.1 Sanierungs- & Ausbauszenarien

Zum oben beschriebenen Zielszenario wurden noch drei weitere Szenarien ausgearbeitet:

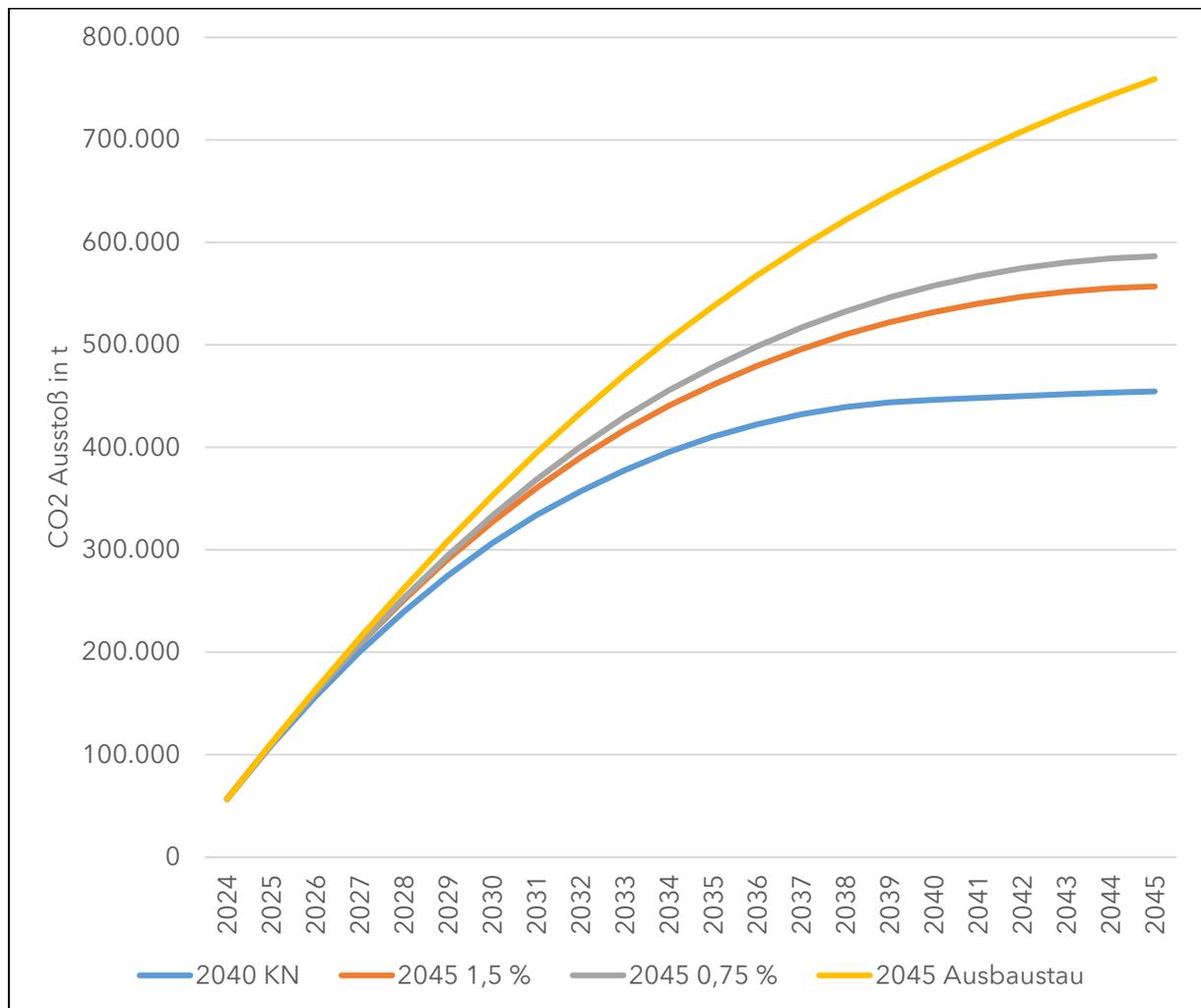
- 2040 KN: Die Klimaneutralität wird bereits im Jahr 2040 erreicht
- 2045 0,75 %: Es wird nur eine Sanierungsquote von 0,75 % pro Jahr erreicht, Klimaneutralität wird in 2045 erreicht
- 2045 Ausbaustau: Es wird nur eine Sanierungsquote von 0,75 % pro Jahr erreicht, der Bau von erneuerbaren Heizungen geht langsamer voran und Klimaneutralität wird in 2045 nicht erreicht

Es wird deutlich, dass sowohl erneuerbare Heizungen als auch das Vorantreiben von Sanierungen in der Gemeinde essenzielle Faktoren der CO₂-Reduzierung im Wärmesektor darstellen (Abbildung 59). Die vollständigen Zielszenarien können in den Anlagen 8 bis 11 eingesehen werden.



Abbildung 59: Vergleich der CO₂-Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien

Werden die CO₂-Ausstöße der verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2045 kumuliert, so entstehen große Unterschiede in den ausgestoßenen Mengen. So werden im Szenario 2045 Ausbaustau etwa 67 % mehr CO₂ ausgestoßen als im Szenario 2040 KN (Abbildung 60).

Abbildung 60: Kumulierte CO₂-Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien

6.9.2 Szenario Tiefengeothermie

Die Stadt Kandel hat mit ihrem hohen Wärmeverbrauch, große Menge Ankerkunden und hohe Wärmeliniendichte sehr gute Voraussetzungen für ein großes Wärmenetz. Das Potenzial der Tiefengeothermie ist im Oberrheingraben sehr groß, jedoch meistens erst bei größeren Wärmenetze wirtschaftlich einsetzbar. In einer Machbarkeitsstudie, optimalerweise im Rahmen einer BEW-Förderung, kann untersucht werden, ob sich die Errichtung einer Tiefengeothermieanlage in Kandel lohnt. Dies ist stark abhängig von der Ausbaustrategie des möglichen Wärmenetzes. In diesem Szenario kann fast die gesamte Stadt Kandel inkl. Minderslachen und das Gewerbegebiet an der Tiefengeothermie angeschlossen werden. Unter Umstände ist selbst dann noch Leistung verfügbar für eine Verbindungsleitung nach z.B. Minfeld oder Wörth am Rhein. Die Nachteile der Tiefengeothermie liegen vor allem in der Zeit und den Kosten, die für die Planung und Errichtung erforderlich sind. Von Anfang bis Inbetriebnahme können bis zu ca. 10 Jahre notwendig sein. Die Zeit ist jedoch für den Aufbau des Wärmenetzes zu verwenden, denn eine Tiefengeothermieanlage

kann nur sinnvoll in einem bereits bestehenden großen Netz eingesetzt werden. In diesem Alternativszenario ändert sich grundsätzlich wenig an der initialen Ausbaustrategie der Stadt Kandel, jedoch muss frühzeitig mit der Planung, Genehmigung und Erkundung angefangen werden. Die Leistung einer Tiefengeothermieanlage liegt oft zwischen 10 und 30 MW. Etwa ab dem Zieljahr 2035 kann eine solche Geothermiedoublette möglicherweise in Kandel in Betrieb gehen. Wird eine Tiefengeothermieanlage in einem ausreichend großen Wärmenetz eingesetzt, so sind die Wärmegestehungskosten meistens sehr gering.

7. Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

Die Wärmewendestrategie der VG Kandel stellt sich wie folgt dar:

- Vortreiben von Sanierungen in der gesamten Verbandsgemeinde
- Intensivierung der Installation von Wärmepumpen und geringfügig von nachhaltigen Biomasseheizungen in der dezentralen Versorgung der Gemeinde
- Öffentlichkeitsarbeit und Energieberatung zu den Vorteilen der Wärmepumpen in der dezentralen Versorgung
- Aufbau eines Wärmenetzes auf Basis von Abwasserwärme in Winden
- Aufbau eines Wärmenetzes auf Basis von Biogas und Flusswärme in Steinweiler
- Aufbau eines Wärmenetzes in Kandel
- Ggf. Aufbau von Wärmenetzen in Minfeld, Freckenfeld, Minderslachen und Erlenbach

Nachfolgend werden auf Basis der Kapitel Bestands- und Potenzialanalyse und der Zielszenarien sinnvolle Maßnahmen für die Umsetzung der Wärmewendestrategie in der VG Kandel konzipiert. Die nachfolgenden 14 Maßnahmen wurden in Abstimmung mit der VG festgelegt. Die Maßnahmen sind im Steckbriefformat dargestellt. Hierbei werden je nach Maßnahme die Zielsetzungen, die Inhalte der Maßnahmen, die Kosten und Fördermöglichkeiten, die spezifischen Herausforderungen sowie die möglichen Abläufe beschrieben. Ziel des Maßnahmenkataloges ist es, eine Übersicht sinnvoller Maßnahmen für die Verbandsgemeinde zu erstellen und den Weg der Umsetzung zu erklären, damit die Realisierung problemlos ablaufen kann. Folgende Maßnahmen sind für die VG von Relevanz:

1. Übergreifende energetische Gebäudesanierung und Öffentlichkeitsarbeit
2. Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften
3. Einbau von smarten Thermostaten ggf. mit künstlicher Intelligenz
4. Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o.Ä. vortreiben und informationell unterstützen
5. Ausbau von PV-Anlagen auf Liegenschaften der Verbandsgemeinde
6. Regelmäßige Prüfung des Wasserstoffpotenzials in der VG Kandel
7. Förderantragstellung und Erstellung von Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen für Wärmenetzgebiete in Winden, Steinweiler und Kandel
8. Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen
9. Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze
10. Prüfung des Tiefengeothermiespotenzials, politischen und genehmigungstechnischen Weg für die Tiefengeothermie ebnen
11. Bereitstellung aktueller Energieberatung und Fördermittelberatung
12. Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen
13. Bauleitplanung erneuerbare Energien
14. Fortschreibung KWP

Bei jeder Maßnahme wird eine Zeitachse angegeben, die ein Ziel der zeitlichen Umsetzung dieser Maßnahme grob definiert. Manche Maßnahmen, wie ein Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften, können kurzfristig innerhalb von wenigen Monaten oder Jahre erledigt werden,

andere, wie der Ausbau von Wärmepumpen oder das Vorantreiben von Sanierungen, stellen langfristige Ziele dar.

Maßnahme	2025	2030	2035	2040	2045
Übergreifende energetische Gebäudesanierungen und Öffentlichkeitsarbeit	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften	Light Blue				
Einbau von smarten Thermostaten mit künstlicher Intelligenz	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o.Ä. vorantreiben und informativ unterstützen	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink
Ausbau von PV-Anlagen auf Liegenschaften der Verbandsgemeinde	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Regelmäßige Prüfung des Wasserstoffpotenzials in der VG Kandel	Green	Green	Green	Green	Green
Förderantragstellung und Erstellung von Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen für Wärmenetzgebiete in Winden, Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen	Teal	Teal	Teal	Teal	Teal
Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze	Olive	Olive	Olive	Olive	Olive
Prüfung des Tiefengeothermiepotenzials, politischen und genehmigungstechnischen Weg für die Tiefengeothermie	Light Green				
Bereitstellung aktueller Energieberatung und Fördermittelberatung	Black	Black	Black	Black	Black
Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink
Baulleitplanung erneuerbare Energien	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown

Abbildung 61: Zeitstrahl der Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung für die VG Kandel

7.1 Maßnahme 1

Übergreifende energetische Gebäudesanierungen und Öffentlichkeitsarbeit	VG Kandel	 Effizienz
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien sowie der Steigerung der Energieeffizienz – CO₂-Einsparung – Reduzierung von Wärmeverlusten durch Gebäudesanierung 		
Zeitachse		
<ul style="list-style-type: none"> – 2025 - 2045 		
Beschreibung:		
<p>Das hohe Potenzial im Bereich der Energieeinsparung und -effizienz (siehe Potenzialanalyse) kann einen erheblichen Anteil zur Energiewende beitragen, was mit einer aktuellen Sanierungsrate in Deutschland von ca. 1 % des Gebäudebestandes pro Jahr nicht möglich sein wird. Gründe dafür sind mangelnde Markttransparenz und fehlende Informationen sowie Finanzierungsmöglichkeiten, fehlende Anreize („Pull-Faktoren“) und Notwendigkeiten („Push-Faktoren“) und vieles mehr. Das gibt Anlass, verstärkt Maßnahmen zur Beschleunigung der Sanierung einzuleiten. Vor allem im Bereich der Mehrfamilienhäuser lässt sich ein deutlicher „Sanierungsstau“ erkennen.</p> <p>Eine mögliche Gegenmaßnahme bietet die Vernetzung von Sanierungstätigkeiten in homogenen Gebieten. Beispielsweise können über Geoinformationssysteme (GIS) Wohngebiete mit ähnlichen Gebäudeeigenschaften (Alter, Typ, Energieverbrauch) ausfindig gemacht werden (vgl. vorliegendes Wärmekataster). Mit diesem Tool kann der Gemeinderat und die Gemeindeverwaltung ein übergreifendes Sanierungskonzept anstoßen. Dabei ist es wichtig, sowohl die Gebäude- oder Wohnungseigentümer als auch die Mieter einzubinden und zu informieren. Eine gezielte siedlungs- oder quartiersbezogene Öffentlichkeitsarbeit ist in diesem Rahmen sehr effektiv, da viele Kernthemen oft nur einen lokal begrenzten Ortsteil betreffen. Das Ziel solcher übergreifender Sanierungskonzepte und Öffentlichkeitsarbeit ist daher die Nutzung von Synergieeffekten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Empfehlung konkreter Sanierungsmaßnahmen wirkt Problemen wie mangelnder Markttransparenz und fehlenden Informationen der Gebäude- oder Wohnungseigentümer etc. entgegen 		

- Finanzielle Entlastung der Gebäude- oder Wohnungseigentümer durch kostensenkende Effekte über Sammelbestellungen
- Gezielte Informationen zu relevanten Förderprogrammen
- Die übergreifende Betrachtung ermöglicht die Durchführung effizienter Konzepte (z. B. Nahwärmekonzepte)

Grundsätzlich sollte bei der Durchführung solcher Konzepte vor allem im Bereich der Mehrfamilienhäuser die Sozialverträglichkeit von Sanierungsmaßnahmen beachtet werden. Des Weiteren darf bei der Gebäudesanierung die Nachhaltigkeit, d. h. eine gesamtenergetische Betrachtung des Gebäudelebenszyklus, nicht außer Acht gelassen werden.

Auch die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs soll bei Heizungsanlagen, die älter als 2 Jahre sind, durchgeführt werden, um die Effizienz der Gebäudeheizung deutlich zu steigern und somit die Verbräuche zu reduzieren. Der hydraulische Abgleich ist einer der durch den Bund für effiziente Gebäude geförderten Maßnahmen.

Die Gemeinde kann durch Sanierung der eigenen Liegenschaften mit gutem Beispiel für die Bürgerinnen und Bürger vorangehen (Leuchtturmprojekt) und einen enormen Beitrag zur Energiewende leisten.

Gemeinde & Akteure:

Verbandsgemeinde Kandel, eventuell Landkreis, Bauträger, Energieberater

Kosten & Förderung:

Kosten individuell je nach Umfang.

Beispiele gemäß Sanierungsleitfaden Baden-Württemberg:

- Dämmung der Fassade: 140 € / m²
- Dachdämmung (von innen): 100 € / m²
- Austausch der Fenster: 550 € / m²
- Dämmung der Kellerdecke: 50 € / m²

Förderprogramme:

- Bundesförderung für effiziente Gebäude (bis zu 20 %)
- Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude (50 %)
- Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (50 %)

Ablauf:

- 1) Analyse geeigneter Gebiete (z. B. über GIS): Gebiete im Wärmekataster, Auswertung der Baualtersklassen und Verbräuche
- 2) Entwicklung eines Sanierungskonzepts, z. B.:
 - a. Mustersanierung eines typischen Gebäudes durchrechnen lassen
 - b. Möglichkeiten des Austauschs alter Heizungen zusammenstellen
 - c. Optionen zur Optimierung der Heizanlage entwickeln

<p>d. Gemeinschaftliche Bestellungen von Umwälzpumpen, PV-Anlagen, Solarthermieanlagen etc.</p> <p>3) Handlungsempfehlungen an Gebäude- oder Wohnungseigentümer weitergeben</p> <p>4) Sammelbestellungen zusammen mit ortsansässigen Firmen organisieren</p> <p>5) Maßnahmen öffentlichkeitswirksam darstellen</p>
<p>Wirksamkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reduzierung von Energieverbrauch, Wärmeverlusten und Treibhausgasemissionen – Vorbildfunktion der Verbandsgemeinde – Sozialverträgliche Quartierssanierung durch Einbindung aller Akteure – Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen
<p>Herausforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Beteiligungswille der Gebäude- oder Wohnungseigentümer – Ressourcen der Gemeinde (Personal, Finanzen) – Verfügbarkeit von Baufirmen und Materialien

7.2 Maßnahme 2

<p style="text-align: center;">Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften</p>	<p>VG Kandel</p>	 <p>Effizienz</p>
<p>Zielsetzung:</p>		
<p>Monitoring der Erfolge durch umgesetzte Maßnahmen, Erkennen von Fehlentwicklungen zur frühzeitigen Optimierung</p>		
<p>Zeitachse:</p>		
<p style="text-align: center;">– 2025 - 2030</p>		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Um die Wirkung von energetischen Maßnahmen (z. B. Sanierungen, geändertes Nutzerverhalten, ...) und die Entwicklung des Energieverbrauchs überprüfen zu können, ist ein Energiecontrolling zwingend erforderlich. Unter Energiecontrolling werden das Messbarmachen und das Messen von Energieverbräuchen sowie das Bewerten der Ergebnisse und die nötigen Optimierungen verstanden.</p> <p>Oberste Priorität beim Energiecontrolling hat die Datensicherheit und Datenqualität. Aufgrund der gestellten Anforderungen an Datensicherheit und Aktualität sowie nicht zuletzt der großen Datenmengen, die über viele Jahre erfasst werden, stoßen die bisher meist verwendete Excel-Listen teilweise an ihre Grenzen. Die gestellten Anforderungen an die Datenerfassung lassen sich bestmöglich durch eine Energiecontrolling-Software in Verbindung mit einer webbasierten Datenbank realisieren. Auf eine webbasierte Datenbank kann mit den entsprechenden Zugangsdaten von jedem beliebigen Ort aus zugegriffen werden. So ist z. B. auch der Einsatz von Tablets und Smartphones ohne weiteres möglich und eine Installation und Wartung auf speziellen Rechnern nicht notwendig. Ein weiterer Vorteil ist, dass gleichzeitig mehrere Benutzer auf eine Datenbank zugreifen können und die Verwaltung von großen Datenmengen problemlos möglich ist.</p> <p>Grundlage eines Energiecontrollings stellt die Datenerhebung dar. Diese erfolgt durch das regelmäßige Ablesen bereits vorhandener Verbrauchszähler. Bei kommunalen Liegenschaften erfolgt die Datenerhebung gebäudescharf, bei privaten Haushalten ist dies aufgrund des hohen Aufwandes nicht zu realisieren, hier erfolgt die Datenerhebung über Hochrechnungen. Die Datenerhebung der kommunalen Gebäude erfolgt über die Gebäudeverantwortlichen durch monatliches oder jährliches Ablesen der Zähler für Strom und Wärme (evtl. Wasser). Anschließend</p>		

werden die Zählerstände direkt in die Datenbank eingetragen (Tablets, Smartphones) oder dem Verantwortlichen in der Verwaltung übermittelt.

Die Ernennung von zuständigen Personen ist entscheidend für eine erfolgreiche und qualitativ hochwertige Durchführung des Energiecontrollings. Die Gesamtverantwortung sollte bei einem Mitarbeiter in der Gemeindeverwaltung liegen sowie bei Gebäudeverantwortlichen für die kommunalen Liegenschaften. Zusätzlich stellt sich ggf. die Einbindung eines externen Experten zur Einführung und Umsetzung des Energiecontrollings als sinnvoll dar.

Um eine spätere Bewertung der erhobenen Daten zu ermöglichen, ist es erforderlich, Bezugsgrößen festzulegen. Die so ermittelten Kennwerte, z. B. Heizenergieverbrauch pro Quadratmeter und Jahr oder Stromverbrauch pro Einwohner und Jahr, müssen nach den jeweiligen Anforderungen ausgewählt werden. Das Bewerten der Ergebnisse erfolgt anhand der Entwicklung der gebildeten Kennwerte und wird durch den Gesamtverantwortlichen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren durchgeführt. Um diese Arbeit zu erleichtern, ist eine Software zu bevorzugen, die direkt Statistiken und Grafiken erzeugen kann. Außerdem lassen sich über eine derartige Software jedes Jahr automatisiert Berichte erzeugen, die über die umgesetzten Maßnahmen, die Entwicklung des Energieverbrauchs sowie die CO₂-Emissionen Aufschluss geben. Diese Berichte können zur Entwicklung von weiteren Maßnahmen dienen und sollten zur allgemeinen Information und zur Steigerung des Bewusstseins der Bürgerinnen und Bürger öffentlichkeitswirksam präsentiert werden.

In der Bestandsanalyse des kommunalen Wärmeplans wurden bereits verschiedene relevante Verbrauchsdaten erfasst, welche in die Energiecontrolling-Software eingetragen werden und somit als Basisdaten dienen. Zudem sind genaue Daten über Verbrauch, Anlagen und Sanierungszustand der kommunalen Gebäude notwendig. Über die ersten drei Jahre des Messzeitraums wird dann ein Mittelwert gebildet, welcher die Startbilanz und Referenzwert abbildet, mit dem die zukünftigen Entwicklungen verglichen werden.

Akteure:

Gemeindeverwaltung, Gebäudeverantwortliche

Kosten:

- Kosten für die Energiemanagementsoftware inklusive Datenbank und deren Wartung
- Zeitaufwand für die Verbandsgemeindeverwaltungen und die Anlagenverantwortlichen
- Ggf. müssen noch Verbrauchszähler für eine detaillierte Erfassung nachgerüstet werden

Ablauf:

1. Beschluss zu Energiecontrolling durch die (Verbands)Gemeinde
2. Festlegen einer Energiecontrolling-Software
3. Festlegen der Zuständigkeiten
4. Schaffen einer Datenbasis: Eintragung aller kommunalen Verbrauchsposten

5. Eintragen der Verbrauchsdaten entsprechend dem Ableseintervall
6. Bewertung und Optimierung der umgesetzten Maßnahmen
7. Jährliche Berichterstattung über die aktuelle Entwicklung
8. Entwicklung und Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen

Wirksamkeit:

- Ständig aktueller Stand über die Umsetzung der Energiewende in der Verbandsgemeinde
- Konsequente Erhebung und Prüfung der kommunalen Energieverbräuche an einer zentralen Stelle
- Kontrolle umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit
- Frühzeitige Erkennung von Fehlerfällen direkte mögliche Behebung dieser

Herausforderungen:

- Ablesung durch die Anlagenverantwortlichen
- Investitionskosten, da durch das Energiecontrolling keine direkten Einsparungen erzielt werden
- Zusätzlicher Zeitaufwand für die Verantwortlichen in der Verwaltung

7.3 Maßnahme 3

Einbau von smarten Thermostaten mit künstlicher Intelligenz	VG Kandel	 Effizienz
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> - Steigerung der Energieeffizienz - CO₂-Einsparung 		
Zeitachse:		
<ul style="list-style-type: none"> - 2025 - 2035 		
Beschreibung:		
<p>Die Beeinflussung von Nutzerverhalten zur Energieeinsparung gestaltet sich oftmals schwierig, kann jedoch einen erheblichen Unterschied des Wärmeverbrauches in Wohngebäuden bewirken. Anhand von smarten Thermostaten können Heizungen kontinuierlich überwacht werden und an das Verhalten der Nutzer angepasst werden. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (KI) ist eine automatische Regelung möglich. Der Einbau von smarten Thermostaten liefert im Vergleich zu anderen Maßnahmen pro Euro einer der höchsten Wirkungsgrade der Energieeinsparung für einzelne Gebäude. Die Kosten unterscheiden sich je Anbieter und Anzahl gekaufter Einheiten. Werden von der Gemeinde z. B. große Mengen smarter Thermostaten bestellt, reduzieren sich die Preise pro Einheit für die Einwohner.</p> <p>Eine Alternative für Besitzer von PV-Anlagen stellen Smartphone-Apps dar, die eine effizientere Nutzung des selbst erzeugten Stroms ermöglichen. Mit diesen Apps können z. B. Leistungen von Wärmepumpen, Ladegeräte von E-Autos usw. intelligent an den aktuellen Energiefluss der PV-Anlage angepasst werden, um den Verbrauch aus dem Stromnetz zu reduzieren.</p>		
Gemeinde & Akteure:		
Verbandsgemeinde Kandel, Hauseigentümer, Installateure		
Kosten & Förderung:		
<ul style="list-style-type: none"> - Kosten individuell je nach Heizungsanlage und Hersteller ca. 1.000 € pro Anlage. - Monatliche Kosten für Apps, KI etc. zwischen 3 - 30 € pro Monat 		
Wirksamkeit:		
<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung des Wärmeverbrauches um 8 - 28 % gemäß Herstellerangaben - Erhöhte Effizienz ohne Heizungsaustausch bei geringeren Kosten - Einfache Installation ohne größere Baumaßnahmen 		
Herausforderungen:		
<ul style="list-style-type: none"> - Beteiligungswille der Gebäude- oder Wohnungseigentümer 		

– Ressourcen der Gemeinde/Hauseigentümer (Personal, Finanzen)

7.4 Maßnahme 4

<p>Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o.Ä. vorantreiben und informatorisch unterstützen</p>	<p>VG Kandel</p>	 Erneuerbare
<p>Zielsetzung:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> – Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung – CO₂-Einsparung – Unabhängigkeit in der Wärmeversorgung 		
<p>Zeitachse:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> – 2025 - 2040 		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Im privaten Wohnungsbau sowie im Sektor GHD ist der spezifische Wärmebedarf in kWh/(m²·a) in den letzten Jahren drastisch reduziert worden. Warme Nahwärmenetze sind aufgrund der geringen Wärmebedarfsdichten in Neubausiedlungen kaum noch wirtschaftlich umsetzbar. Für solche Siedlungen eignen sich vor allem Wärmepumpen und Solarthermieanlagen. Beide Technologien sind sowohl klimaschonend als auch meist wirtschaftlich. Durch technologische Fortschritte sind Wärmepumpen auch in jungen und alten Bestandsbauten mittlerweile wirtschaftlich einsetzbar. Durch einen großzügigen Einsatz von Wärmepumpen können zudem andere begrenzt verfügbare Ressourcen, wie nachhaltige Biomasse und wertvoller Wasserstoff, eingespart und nachhaltig eingesetzt werden. Bei Wärmepumpen wird zwischen Luft-, Wasser- und Sole-Wärmepumpen unterschieden. Alle drei Typen verfügen über spezifische Vor- und Nachteile, die im Folgenden beschrieben werden.</p>		
<p>Luft-Wasser-Wärmepumpe</p>		
<p>Die Luftwärmepumpe ist in der Anschaffung deutlich günstiger als die beiden anderen Typen. Es ist lediglich eine Außen- und eine Inneneinheit zu installieren. Als Wärmeträgermedium wird Luft angesaugt. Da Luft zum einen starken Temperaturschwankungen unterliegt und zum anderen über eine geringe spezifische Wärmekapazität (1,005 kJ/(kg·K)) verfügt, ist der Wirkungsgrad (COP) deutlich schlechter als bei den anderen Wärmepumpensystemen. Dadurch liegen der Stromverbrauch und die variablen Kosten deutlich über dem der anderen Typen. Luftwärmepumpen sind dennoch, z. B. im Anwendungsgebiet Einfamilienhaus, den anderen Technologien wirtschaftlich überlegen, da der Vorteil der geringeren Investitionskosten</p>		

gegenüber dem Nachteil der höheren Betriebskosten meist überwiegt. Aus energetischer Sicht ist in jedem Fall ein hoher COP-Wert anzustreben.

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen die konstante Temperatur des Grundwassers als Wärmequelle. Alternativ können auch andere Gewässer wie Fluss- oder Seewasser genutzt werden, jedoch ist dies in der dezentralen Versorgung nicht üblich. Im Sommer liegt die Grundwassertemperatur meist unter der Außentemperatur der Luft. Im Winter hingegen liegt die Grundwassertemperatur deutlich über der der Luft. Zudem verfügt das Wasser über eine deutlich höhere spezifische Wärmekapazität von $4,182 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Der COP von Wasser-Wärmepumpen kann dadurch gegenüber der Luft-Wärmepumpe deutlich höher liegen. Größere Gebäude mit Flächenheizungen eignen sich somit hervorragend für den Einsatz von Wasser Wärmepumpen, da die höheren Investitionskosten durch die deutlich geringeren variablen Kosten schnell ausgeglichen werden.

Sole-Wasser-Wärmepumpe

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe (Erdwärmepumpe) nutzt die Wärmeenergie des Bodens. Entweder wird diese Wärme durch die Sonden aufgenommen, die 50 m bis 200 m tief in das Erdreich gebohrt werden, oder von Erdkollektoren, die auf einer größeren Fläche, dafür aber flach unter der Erde verteilt sind. Die Kollektoren liegen in etwa 1,2 m Tiefe im Erdboden unterhalb der Frostschutzgrenze. Im Boden herrschen je nach Tiefe und Jahreszeit Temperaturen von -5 °C bis 25 °C . Dabei sollte beachtet werden, dass für die Bohrungen der Erdsonden Mehrkosten entstehen.

Kühlen mit Erdwärme

Gebäudekühlung spielt im Zuge des Klimawandels eine immer größere Rolle. Mit geringem Mehraufwand bieten Sole-Wärmepumpen diese Möglichkeit. Hierfür wird das niedrige Temperaturniveau des Wassers in der Erdsonde nicht mit einer Wärmepumpe auf ein höheres Niveau gebracht, sondern über einen Wärmetauscher abgekühlt. Die gewonnene Wärme aus dem Heizkreislauf kann zur Regeneration der Erdsonde nutzbar gemacht werden. Diese Form der Raumklimatisierung funktioniert ausschließlich mit Flächenheizungssystemen. Wird eine höhere Kühlleistung benötigt, so kann dies über eine aktive Kühlung ermöglicht werden. Bei der aktiven Kühlung wird die Wärmepumpe als Kältemaschine verwendet, indem der Prozess der Wärmepumpe umgekehrt wird. Bei der aktiven Kühlung wird jedoch, wie beim Heizbetrieb mit der Wärmepumpe, Strom verbraucht. Aus diesem Grund ist diese Form der Kühlung generell nur bei Gebäuden mit hohem Kältebedarf rentabel.

<p>Die VG Kandel bietet, wie in der Potenzialanalyse dargestellt, teilweise sehr gute Bedingungen für die Nutzung von unterschiedlichen Wärmepumpentypen. Bei der Planung von mehreren Wasser- oder Solewärmepumpen sollte eine gegenseitige Beeinflussung geprüft werden.</p> <p>Vor allem in Verbindung mit PV-Anlagen können Wärmepumpen effizient, klimaneutraler und wirtschaftlich betrieben werden.</p> <p>Für Gebäude, für die eine Wärmepumpe aus verschiedenen Gründen nicht in Frage kommt, können Heizungen auf Basis nachhaltiger Biomasse (z. B. Hackschnitzel, Pellets) eingebaut werden. Da nachhaltige Biomasse nur in begrenzten Mengen zur Verfügung steht, kommen solche Heizsysteme nur für Gebäude in Frage, bei denen keine (sinnvollen) Alternativen eingesetzt werden können.</p>
<p>Akteure:</p>
<p>Gemeinde, Anwohner, Nachbargemeinden, Genehmigungsbehörden, Bohrfirmen</p>
<p>Kosten & Förderung:</p>
<p>Investitionskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Luft-Wärmepumpe: ab ca. 16.000 € je nach Leistung – Wasser-Wärmepumpe: ab ca. 27.000 € je nach Leistung – Sole-Wärmepumpe: ab ca. 28.000 € je nach Leistung <p>Mit der aktuellen Bundesförderung für effiziente Gebäude können Förderquoten von 30 % bis zu 70 % erreicht werden.</p>
<p>Ablauf:</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1) Öffentlichkeitsarbeit zu Wärmepumpen und Förderungen 2) Ermittlung der Gebietseignung und Wärmepumpenvarianten 3) Verschreiben von Heiztechnik in Bauleitplanung, Gewähren finanzieller Anreize 4) Einsatz von Energieberater in wichtigen Zielgebieten
<p>Wirksamkeit:</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Deutliche Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung – Verringerung der Heizkosten – Ggf. Möglichkeit der Gebäudekühlung – Hohe CO₂-Einsparungen – Autarkie in der Wärmeversorgung
<p>Herausforderungen:</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Pflichten für entsprechende Heizsysteme in Bauleitplanung integrieren – Maßnahme positiv vermarkten

7.5 Maßnahme 5

<p>Ausbau von PV-Anlagen auf Liegenschaften der Verbandsgemeinde</p>	<p>VG Kandel</p>	 Erneuerbare
<p>Zielsetzung:</p>		
<p>Erhöhung des Anteils erneuerbarer Stromerzeugung sowie Deckung eines Eigenbedarfsanteils</p>		
<p>Zeitachse:</p>		
<p>– 2025 - 2030</p>		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Die Liegenschaften der Gemeinden sollen mit PV-Anlagen versehen werden. Die Verbandsgemeinde kann sich hiermit sowohl an der Entwicklung einer zukunftsgerechten Verbandsgemeinde beteiligen und zusätzlich als Vorbild für Ihre Einwohner auftreten. Durch den Einbau von Stromspeichern kann ein höherer Autarkiegrad erreicht werden. Im ersten Schritt sollen die geeigneten Dachflächen identifiziert werden. Dies kann unter anderem mit Hilfe des landesweiten Solarkatasters gemacht werden. Im nächsten Schritt soll die statische Eignung der Dachflächen geprüft werden, um zu prüfen, ob die ausgewählte Dachflächen Solarmodulen tragen können.</p>		
<p>Akteure:</p>		
<p>Gemeinderat, Verwaltung, Installateure, Statiker</p>		
<p>Kosten:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Kollektoren: ~ 150 - 300 €/m² - Stromspeicher: ~ 600 - 800 €/kWh 		
<p>Ablauf:</p>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Statische Prüfung 2. Angebotsanfragen 3. Planung und Bau 		
<p>Wirksamkeit:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Voranbringen der Energiewende - Ausnutzung des Solarpotenzials - Keine THG-Emissionen des selbsterzeugten Stroms - Geringere Abhängigkeit von Strommarkt 		



- | |
|---|
| - Vorbildfunktion für andere Einwohner der Gemeinde |
|---|

Herausforderungen:

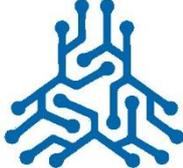
- | |
|----------------------------|
| - Statik und Denkmalschutz |
| - Kosten |

7.6 Maßnahme 6

<p>Regelmäßige Prüfung des Wasserstoffpotenzials in der VG Kandel</p>	<p>VG Kandel</p>	 Erneuerbar
<p>Zielsetzung:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Frühzeitige Erkennung von realistischen zukunftsfähigen und nachhaltigen Potenzialen - Frühzeitige Problemerkennung und Anpassungsmöglichkeiten 		
<p>Zeitachse:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - 2025 - 2035 		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Wasserstoff kann in der Zukunft der VG Kandel eine Rolle in der Wärmeversorgung spielen. Der Zeitrahmen „in Zukunft“ ist jedoch sehr unpräzise und variabel, was eine derzeit konkrete Aussage über den Ausbaugrad und Nutzbarkeit aktuell unmöglich macht. Die Liste an potenziellen Nachteilen von einer Wärmeversorgung mit Wasserstoff ist lang, und wird in Kapitel 5.8 beschrieben. Potenziellen Vorteile sind jedoch ebenfalls vorhanden. Da eine aktuelle Aussage zur Umsetzungsfähigkeit, zur Klimaneutralität und zum möglichen Preismodell nicht möglich ist, muss dieses Potenzial regelmäßig geprüft werden. Eine wissenschaftliche Herangehensweise ist empfehlenswert, aufgrund vom bekanntlich starken Lobbyismus in der Gasindustrie.</p> <p>Durch das Beiwohnen von z.B. Konferenzen, Infoveranstaltungen und regelmäßige Prüfung von wissenschaftlichen Publikationen zum Wasserstoffpotenzial in Deutschland, kann die VG sich auf dem aktuellen Stand halten. Nur so kann die Verbandsgemeinde eine richtige Entscheidung treffen, und sich ggf. frühzeitig auf andere Potenziale fokussieren.</p>		
<p>Akteure:</p>		
<p>Verwaltung, Klimaschutzmanager, Forschungsinstitute, Netzbetreiber</p>		
<p>Kosten:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Kosten für Webinare, Konferenzen, Veranstaltungen - Personalaufwand Verwaltung 		
<p>Ablauf:</p>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufgabenerteilung an (unabhängige) Verwaltungsmitarbeiter (z. B. Klimaschutzmanager) 2. Regelmäßige Besprechungen in der Verwaltung und in Lenkungsgruppen 3. Reagieren auf mögliche Entwicklungen 		
<p>Wirksamkeit:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Reaktionsfähigkeit auf mögliche positive oder negative Entwicklungen 		

Herausforderungen:
<ul style="list-style-type: none">- Große Mengen an komplexen Informationen- Große Mengen an Lobbyismus

7.7 Maßnahme 7

<p style="text-align: center;">Förderantragstellung und Erstellung von Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen für Wärmenetzgebiete in Winden, Steinweiler und Kandel</p>	<p>VG Kandel</p>	 <p>Netze</p>
<p>Zielsetzung:</p>		
<p>Antragstellung für Modul 1 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze mit nachfolgender Erstellung von Machbarkeitsstudien</p>		
<p>Zeitachse:</p>		
<p style="text-align: center;">– 2025 - 2030</p>		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Die kommunale Wärmeplanung hat einige potenzielle Wärmenetzgebiete in der VG Kandel entdeckt. Für folgende Gebiete sollen prioritär BEW-Anträge zur Konzeptionierung von Machbarkeitsstudien erstellt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Winden - Steinweiler - Kandel <p>Zusätzlich können Förderanträge für die anderen Potenzialgebiete (Vollmersweiler, Minfeld, Freckenfeld) gestellt werden.</p> <p>Mit den bereits bestehenden Daten der kommunalen Wärmeplanung können die Förderanträge zügig und mit geringem Aufwand erstellt werden. Sobald ein Bewilligungsbescheid vorliegt, können für die potenziellen Wärmenetzgebiete Machbarkeitsstudien erstellt werden. Diese Machbarkeitsstudien bauen auf der kommunalen Wärmeplanung auf und untersuchen detailliert, welche Energieträger in welcher Dimensionierung eingesetzt werden können. Des Weiteren erfolgt eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der (favorisierten) Varianten, welche zeigt, ob und mit welchen Wärmepreisen das Wärmenetz finanziell tragbar ist. Die Machbarkeitsstudie zeigt am Ende einen detaillierten Pfad zur Treibhausgasneutralität für das Projektgebiet auf.</p> <p>Nachdem die Machbarkeitsstudie abgeschlossen ist, können im Modul 1 der BEW-Förderung zusätzlich Planungsleistungen der HOAI-Phasen 2 - 4 gefördert werden. Nach dem Abschluss der Modul 1 Förderung können in der Modul 2 Förderung Planungskosten der HOAI-Phasen 5 - 8 sowie Investitionskosten gefördert werden. Nicht zuletzt können in Modul 3 Einzelmaßnahmen und in Modul 4 Betriebskosten gefördert werden.</p>		

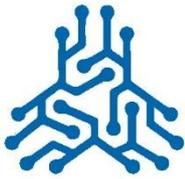
<p>Die BEW-Förderung stellt aktuell eine vielversprechende Möglichkeit zur Errichtung von zukunftsfähigen Wärmenetze und somit einer klimaneutralen Zukunft dar.</p> <p>Oft geht die Gemeinde für die Erstellung der Machbarkeitsstudie in Vorleistung, nachdem ein geeigneter Betreiber gesucht werden kann.</p>
<p>Akteure:</p>
<p>Gemeinde-/ Stadtrat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner</p>
<p>Kosten:</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Je nach Größe und Komplexität sowie aktuelle Datenlage des Projektes <p>Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Modul 1: 50 % - Modul 2: 40 % - Modul 3: 40 % - Modul 4: Je nach COP der Wärmepumpen, 0,01€/kWh solarthermische Wärme
<p>Ablauf:</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Zusammenstellen der erforderlichen Unterlagen für den Modul 1 Antrag 2. Modul 1 Antragstellung 3. Beauftragung eines Ingenieurbüros zur Erstellung der Machbarkeitsstudien 4. Beauftragung der Planungsleistungen bei positiven Ergebnissen der Machbarkeitsstudie 5. Betreibersuche 6. Modul 2 Antragstellung 7. Planung und Bau des Wärmenetzes
<p>Wirksamkeit:</p>
<ul style="list-style-type: none"> - CO₂-Einsparungen - Kosteneinsparungen - Stabile Preise für Einwohner der Gemeinde - Regionale Wertschöpfung
<p>Herausforderungen:</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Personeller Aufwand - Kosten - Bürgerbeteiligung - Baubedingte Herausforderungen

7.8 Maßnahme 8

<p>Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen</p>	<p>VG Kandel</p>	 <p>Netze</p>
<p>Zielsetzung:</p>		
<p>Erhöhung des Anteils der Solarthermie am Wärmebedarf aufgrund des hohen Potenzials dieser Energieform</p>		
<p>Zeitachse:</p>		
<p>– 2025 - 2045</p>		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>In großen Teilen der VG Kandel ist sehr gutes Solarpotenzial vorhanden. Nahwärmenetze lassen sich durch die Einbindung einer solarthermischen Großanlage ergänzen (Solare Nahwärmesysteme), aber auch Häuser mit niedrigen Verbräuchen (z.B. Passivhäuser) und älteren Bestandshäuser können mit ausreichenden Speicherlösungen eine hohe bis sehr hohe Deckung der Wärmeversorgung durch Solarthermie erreichen. Die Einbindung der Wärme aus den solarthermischen Kollektorfeldern dient der Heizungs- und Brauchwarmwasserunterstützung und kann durch einen thermischen Langzeitspeicher ergänzt werden. Dieser hilft, die Wärmeüberschüsse im Sommer bis in die Heizperiode zu konservieren. Dadurch können solare Deckungsanteile von über 50 % am Gesamtwärmebedarf erreicht werden, was in erster Linie den Verbrauch der Brennstoffe des Netzes oder Hauses (Hackschnitzel, Gas, Heizöl, ...) reduziert. Der Vorteil hierbei liegt nicht zuletzt im hohen Wirkungsgrad der solarthermischen Kollektoren, da bei Anlagen dieser Art in Verbindung mit Langzeitwärmespeichern mit einem Solarertrag von 500 kWh/(m²*a) und damit einem Wirkungsgrad von rund 50 % gerechnet werden kann.</p> <p>Ein Ansatz wäre die Einbindung der Solarthermie-Einzelanlagen in Nahwärmenetzen und Neubauhäuser, um damit vor allem die Überschüsse im Sommer aufgrund geringen Wärmebedarfs abzufangen. Diese Technik könnte zur effektiveren Nutzung der unterschiedlichen erneuerbaren Ressourcen beitragen.</p> <p>Generell kann dieser Ansatz auf bestehende Nahwärmenetze oder auf Neubaugebiete übertragen werden. Speziell bei Neubauten lässt sich in Kombination mit energiesparender solarer Bauweise der Anteil der Solarthermie am Wärme- und Brauchwasserbedarf deutlich erhöhen. Hier ist die Verbandsgemeinde gefordert, neue und vorhandene Bebauungspläne auch in Hinblick auf energetische Fragestellungen zu bewerten und energiesparende Bauweisen in Kombination mit erneuerbaren Energien zu fördern und zu fordern.</p>		

Eine möglichst klimaneutrale Wärmeversorgung (Solarthermie oder z.B. Wärmepumpen mit PV-Anlagen) soll in zukünftige Planungs- und Entwicklungskonzepten eingebunden werden.
Akteure:
(Verbands)Gemeinderat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner (siehe „Weitere Informationen“)
Kosten:
Kosten: <ul style="list-style-type: none"> - Kollektoren: ~ 300 - 750 €/m² - Speicher: ~ 25 - 500 €/m³, je nach Speicherart. Weitere Infos in der Potenzialanalyse Förderungen: <ul style="list-style-type: none"> - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
Ablauf:
<ol style="list-style-type: none"> 1) Klimaneutrale Wärmeversorgung in der Bauleitplanung verankern 2) Analyse geeigneter Netze bzw. geeigneter (Neubau-)Siedlungen 3) Abfrage potenzieller Dach- und Freiflächen für Kollektoren und Wärmespeicher 4) Information der Öffentlichkeit über Vorhaben 5) Machbarkeitsstudie (Fördermöglichkeit über BEW) 6) Weitere Planungen bei positivem Bescheid der Machbarkeitsstudie
Wirksamkeit:
<ul style="list-style-type: none"> - Substituiert und reduziert Transport und Verbrauch von Brennstoffen (Biomasse und Heizöl) - Ausnutzen des Solarpotenzial und des Wirkungsgrades - keine THG-Emissionen - Unabhängigkeit von steigenden Brennstoffkosten - Vorbildfunktion für andere Nahwärmenetze und Einzelgebäude
Herausforderungen:
<ul style="list-style-type: none"> - verfügbare Flächen für Kollektoren und ggf. Langzeitwärmespeicher - Große Flächen für Solarkollektoren benötigt - Kosten
Weitere Informationen:
<ul style="list-style-type: none"> - Bollin, E., Huber, K. & Mangold, D. (2013): Solare Wärme für große Gebäude und Wohnsiedlungen. Fraunhofer Irb Verlag

7.9 Maßnahme 9

Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze	VG Kandel	 Netze
Zielsetzung:		
Sicherstellung ausreichender Kapazitäten im Stromverteilnetz der Kommune für die in der KWP definierten Ziele zur Wärmewende.		
Zeitachse:		
- 2025 - 2030		
Beschreibung:		
In Gebieten ohne realistische Chance auf den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetz, sowie sonstige Haushalte, welche sich nicht an ein Wärmenetz anschließen wollen, wird in Zukunft in hohem Maß strombasierte Wärmeengewinnung stattfinden. Auch wenn ein Teil davon durch lokale PV-Anlagen erzeugt werden wird, ergeben sich aus der Summe der Anlagen Herausforderungen für das örtliche Strom-Verteilnetz. Der Ausbau und die vielerorts notwendige Ertüchtigung des Stromnetzes muss umfassend und langfristig geplant werden. Die sich aus der KWP ergebende langfristige Prognose für den Ausbau von strombasierter Wärmeengewinnung (hauptsächlich Wärmepumpen) muss in die Ausbau- und Sanierungspläne des örtlichen Stromverteilnetz integriert werden. Dies sollte frühzeitig und mit einem lange Planungshorizont erfolgen, um den Ausbau des Stromnetzes möglichst effizient und damit auch kostengünstig vorantreiben zu können.		
Akteure:		
Örtliche Strom-Verteilnetzbetreiber (VNB), Gemeindeverwaltung, ggf. Ingenieurbüros		
Kosten:		
- Keine direkten zusätzlichen Kosten, Personalaufwand für die Abstimmung mit dem VNB		
Ablauf:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Klärung inwiefern die Situation bereits in bestehenden Ausbaupfaden des VNB abgebildet ist 2. Abschätzung der Größenordnung und geographische Verteilung zusätzlicher elektrischer Lasten im Verteilnetz durch die Wärmewende-Strategie der KWP 		

3. Sicherstellung der Einarbeitung entsprechender Erkenntnisse in die Ausbaupläne des VNB
Wirksamkeit:
<ul style="list-style-type: none">- Ermöglichung privater Investitionen in Wärmepumpen, PV-Anlagen und Elektromobilität- Verringerung des Primärenergieeinsatz in der Wärmeerzeugung
Herausforderungen:
<ul style="list-style-type: none">- Personeller Aufwand und Fachexpertise

7.10 Maßnahme 10

<p>Prüfung des Tiefengeothermiepotenzials, politischen und genehmigungstechnischen Weg für die Tiefengeothermie ebnet</p>	<p>VG Kandel</p>	 <p>Öffentlichkeit</p>
<p>Zielsetzung:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Detaillierte Prüfung ob Tiefengeothermie eine gute Lösung für das potenzielle Fernwärmenetz der Stadt Kandel darstellt - Steigerung der Akzeptanz und Begeisterung für Tiefengeothermie in der Verbandsgemeinde und Umgebung durch umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit - Projekt- und Finanzierungspartner Tiefengeothermie werden / suchen - Machbarkeits- und Potentialstudien Tiefengeothermie, ggf. inkl. Umweltgutachten 		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Eine Tiefengeothermieanlage könnte für ein großes Wärmenetz in der Stadt Kandel einen sehr effizienten und wirtschaftlichen Energieträger darstellen. Dies ist unter anderem abhängig von der angepeilten Entwicklung des Netzes, da eine Tiefengeothermiedoublette meistens erst ab größeren Leistungen wirtschaftlich einsetzbar ist. In einer Prüfung des Geothermiepotenzials in Zusammenhang mit einer detaillierten Betrachtung des möglichen Netzgebietes im Rahmen der Machbarkeitsstudie gemäß BEW (siehe Maßnahme 7) soll herausgearbeitet werden, ob in der Stadt Kandel zukünftig eine Tiefengeothermieanlage eingesetzt werden kann und soll. Bei positiven Ergebnissen dieser Betrachtung sind unverzüglich Maßnahmen zu ergreifen, um dieses Potenzial auf dem richtigen Weg zu bringen und umzusetzen.</p> <p>Tiefengeothermie hat in dieser Umgebung wegen seismischer Ereignisse durch Bohrarbeiten und Anlagenbetrieb in der Vergangenheit einen negativen Ruf bekommen. Mittlerweile hat sich technologisch und sicherheitstechnisch viel verändert, damit solche Risiken minimiert werden. Die Verbandsgemeinde Kandel verfügt über sehr großes tiefengeothermisches Potenzial. Um dieses Potenzial wirtschaftlich nutzen zu können und die gewonnene Wärme zu verkaufen, muss diese Energiequelle die Befürwortung der Bevölkerung erhalten. Mit der Tiefengeothermie lässt sich heutzutage eine sehr zuverlässige, nachhaltige und grundlastfähige Wärmeversorgung darstellen, die nicht nur die Stadt Kandel selbst, sondern auch eine oder mehrere Nachbargemeinden für die nächsten Jahrzehnte versorgen kann. Oft wird für die Wärmeversorgung nur noch eine Redundanzanlage gebraucht. Die Politik stellt sich immer mehr hinter Tiefengeothermie. Derzeit wird über eine Absicherung der Fündigkeitsrisiken durch KfW, der nahtlos an die BAFA-Förderung anschließt, diskutiert.</p>		

Durch nahegelegene Anlagen, etwa ins Insheim bei Landau, hat sich das Ansehen der Tiefengeothermie in den letzten Jahren verbessert. Jedoch ist der Zuspruch in der Umgebung immer noch gering. Durch umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit, wie z. B. Infoveranstaltungen, Workshops, Fragerunden, Social Media, Flyers, lokale Medien usw. kann die Bevölkerung zu den Themen der Tiefengeothermie informiert und motiviert werden. Hier muss die Verbandsgemeinde aktiv vorgehen, um die bestehenden Zweifel aufzuklären und so dem Potenzial der Tiefengeothermie Ausdruck zu verleihen. Beispielsweise wurde am 15. Juni 2023 in Landau eine Veranstaltung (8. Trinationalen Klima- und Energiekongress) durchgeführt, bei den sozialen, technischen und rechtlichen Aspekten der Akzeptanzförderung für Tiefengeothermie thematisiert wurde. In der VG Kandel können zur Akzeptanzförderung ähnliche Veranstaltungen organisiert werden.

Neben der Öffentlichkeitsarbeit soll bei positiven Ergebnisse der Untersuchungen auch bereits mit der Erstellung von Machbarkeitsstudien und Umweltgutachten angefangen werden. Die Planung und Erstellung einer Tiefengeothermieanlage zieht sich über mehrere Jahre, weshalb ein frühzeitiger Beginn mit diesen Schritten wichtig ist. Unter anderem kostet z. B. das Einholen der bergrechtlichen Genehmigungen viel Zeit und Aufwand.

Nicht zuletzt müssen sich die Verbandsgemeinde mit einer möglichen Finanzierung und Betreuung des Projektes auseinandersetzen. Die Sicherung von Projekt- und Finanzierungspartner ist ein wichtiger Schritt für die erfolgreiche Umsetzung. Die Verbandsgemeinde soll hier aktiv auf weiteren Akteuren zugehen, um die Realisierungswahrscheinlichkeit des Projektes zu steigern.

Der *Leitfaden Geothermie am Oberrhein* von *Enerchange* stellt für die VG Kandel eine weitere Informationsquelle dar. Zudem können viele Informationen anhand von Best-Practice Beispielen gesammelt werden, sowohl im Oberrheingraben (z. B. Landau, Insheim, Bruchsal), als auch in anderen Teilen Deutschlands.

Akteure:

Stadtrat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Institute & Firmen, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Kosten:

- Kosten für Veranstaltungen, Raummiete, Einladungen
- Kosten für Vorträge und Beratung von Experten
- Kosten für z. B. Flyer/Website/Medien
- Kosten für die Erstellung von Machbarkeitsstudien und Umweltgutachten
- Personalkosten

Förderung:

- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), 40 - 50 %

Wirksamkeit:

- Akzeptanzsteigerung fördert die Umsetzungsfähigkeit und -geschwindigkeit einer Tiefengeothermieanlage
- Höhere Anschlussquoten für das Wärmenetz

Herausforderungen:

- Personeller Aufwand
- Kosten
- Bürgerbeteiligung
- Erklärung eines komplexen Themas für den Laien

7.11 Maßnahme 11

<p>Bereitstellung aktueller Energieberatung und Fördermittelberatung</p>	<p>VG Kandel</p>	 <p>Öffentlichkeit</p>
<p>Zielsetzung:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> – Eigentümer zum richtigen Zeitpunkt auf Maßnahmen und Fördermittel hinweisen – Anreiz zum Sparen von Strom und Wärme 		
<p>Zeitachse:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> – 2025 - 2030 		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Fördermittelberatung durch die Verbandsgemeinde</p> <p>Die Komplexität der verschiedenen Fördermittel stellt für viele Bürgerinnen und Bürger eine Herausforderung dar. Die Verbandsgemeinde kann der Bevölkerung durch zusätzliche Öffentlichkeitsarbeit ein Beratungsangebot der Verbraucherzentrale zu den zur Verfügung stehenden Förderprogramme anbieten, um die Energiewende schneller und kosteneffizienter voranzubringen. So können Einwohner nicht nur über ihre Pflichten, sondern auch über die finanzielle Unterstützung der verschiedenen Heizungsarten und Energieberatungen informiert werden.</p> <p>Energieberater für Eigentümer von Bestandsgebäuden</p> <p>Energieeinsparung durch verändertes Nutzerverhalten oder Steigerung der Effizienz durch sparsamere Geräte müssen stärker im Bewusstsein der Bevölkerung verankert werden. Nur auf diese Weise wird die Umstellung auf erneuerbare Energien und damit die Energiewende gelingen. Allerdings stellt speziell das Nutzerverhalten einen schwer zu beeinflussenden Parameter dar, da hier alltägliche Gewohnheiten mit angesprochen werden und die Angst vor Verzicht und Luxuseinbußen erheblich ist. Um diesem Problem zu begegnen, sind Energieberatungen in Privathaushalten hilfreich. Energieberater sind geschulte Fachleute, die Einsparmaßnahmen in Gebäuden analysieren und wichtige Tipps zur Effizienzsteigerung geben. Hier soll zum einen erklärt werden, durch welche Neuanschaffungen an Elektrogeräten und Wärmeerzeugern die Effizienz gesteigert werden kann. Zum anderen wird dabei gezielt das Nutzerverhalten optimiert und Vorschläge zum sparsameren Umgang mit der Energie im Haushalt gegeben, ohne dabei auf Komfort verzichten zu müssen. Zusätzlich kann auf mögliche Sanierungsmaßnahmen und deren Wirkung hingewiesen werden.</p>		

<p>Energieberater für Haus- und Grundstückskäufer</p> <p>Im Vorfeld eines Neubaus zeigen Energieberater Möglichkeiten der Bautechnik sowie Potenziale der Nutzung erneuerbarer Energien auf und geben Hilfestellungen zu Fördermöglichkeiten und zinsgünstigen Krediten. Die Integration von Energieberatern ist grundsätzlich immer sinnvoll; insbesondere bei einem Haus- oder Grundstückserwerb. In der Folge eines Immobilienkaufs stehen Planungen bzw. Umbaumaßnahmen an, die für den Energieverbrauch des Gebäudes in den nächsten 20 Jahren entscheidend sind. Dieser Zeitpunkt muss genutzt werden, um die richtigen Entscheidungen für die Zukunft zu treffen.</p>
<p>Akteure:</p> <p>Energieberater, BAFA, Gemeindeverwaltung, Verbraucherzentrale, Bürgerinnen und Bürger</p>
<p>Kosten und Förderungen:</p>
<p>Kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Werbungskosten (Zeitungsanzeigen, Plakate, Flyer, etc.) – Ggf. konkrete Förderkosten je nach Beratungspaket – Personalkosten Fördermittelberatung <p>Förderung: Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude</p> <ul style="list-style-type: none"> – Für Ein-/Zweifamilienhäuser: 50 % des förderfähigen Beratungshonorars bis 650 € – Ab mindestens drei Wohneinheiten: 50 % des förderfähigen Beratungshonorars bis 850 €
<p>Ablauf:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Anstellen bzw. Beauftragen eines Fördermittelberaters 2) Auswahl qualifizierter Energieberater 3) Fixpreis für Beratung vereinbaren 4) Ggf. Fördersumme und -volumen festlegen 5) Werbung für die Beratung und das Förderprogramm über Newsletter, Presse, Homepage, Berater etc. 6) Presseartikel nach erfolgreicher Umsetzung mit Best-Practice-Beispiel usw.
<p>Wirksamkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Unterstützung und Informieren der Einwohner über die komplexe Welt der Fördermittel – Durch die finanzielle Förderung steigt der Anreiz für Immobilienkäufer und -besitzer, eine Energieberatung bzw. Heizungstausch durchführen zu lassen – Bewusster Umgang mit Energie / Schärfung des Bewusstseins für das Thema Energiesparen sowie ökologische und ökonomische Wechselwirkungen – Energie- und CO₂-Einsparungen vor allem in den privaten Haushalten
<p>Herausforderungen:</p>

- Finanzmittel der Gemeindeverwaltung
- Betroffene könnten das Angebot zu wenig nutzen
- Kostenvorteil für die Beratung darstellen

7.12 Maßnahme 12

Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen	VG Kandel	 Öffentlichkeit
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Finanzierungslösung – Ausbau der erneuerbaren Energien – Regionale Wertschöpfung – Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen – Kapitalanlage 		
Zeitachse:		
<ul style="list-style-type: none"> – 2025 - 2045 		
Beschreibung:		
<p>Zum Ausbau der Anlagen erneuerbarer Energien können neben der Finanzierung über private Einzelinvestoren, Firmen oder Kommunen auch Gesellschaften gegründet werden, an denen sich die Bürger vor Ort finanziell beteiligen können. Dadurch werden zusätzliche Finanzmittel zum Ausbau der Erneuerbaren akquiriert sowie Kosten, Risiken und Gewinne verteilt. Entscheidend sind hierbei eine strukturierte Planung und die Wahl der passenden Rechtsform.</p> <p>Im Idealfall sollten hierbei die ggf. vorhandenen und gewachsenen Strukturen in der Verbandsgemeinde mit einbezogen werden. In erster Linie zählen dazu zum Beispiel Vereine wie die Initiative Südpfalz-Energie e.V., die Gemeindeverwaltung sowie die Gemeindewerke Südpfalz, welche sich als Teilhaber oder Genossen an den Bürgergesellschaften beteiligen können. Dies dient nicht nur der finanziellen Unterstützung, sondern auch der ideellen Förderung sowie des Austauschs von Erfahrungen und Know-how zwischen den beteiligten Akteuren der Gesellschaft. Eine erhöhte bürgerliche Beteiligung an den bestehenden Genossenschaften oder die Errichtung von neuen Genossenschaften bewirkt eine höhere Effektivität und Geschwindigkeit der Energiewende in der Kommune.</p>		
Akteure:		
Vereine, Bürger, Bürgerinitiativen, Planungsbüro, Banken, Gemeindeverwaltung, Gemeindewerke Südpfalz		
Kosten:		
Abhängig von der gewählten Rechtsform		

Ablauf:**Schritt 1:** Akteursanalyse

- Welche Akteure sind an einer Mitwirkung interessiert?
- Welche funktionale Rolle nehmen die jeweiligen Akteure ein? (Geldgeber, kaufmännische Verwaltung, Einbringung juristischen Know-hows etc.)
- Welche Unterstützung/Funktionen fehlen noch?
- Wer könnte dafür ins Boot geholt werden?
- Was sind Ziele und Motive der Akteure? (Energiewende, Rendite, Kundenbindung, langfristige Preisgarantie, regionale Identität, ...)

Schritt 2: Projektdimension: Einzelanlage, Anlagenpark, zukünftige Erweiterung**Schritt 3:** Ausgestaltung des Projekts:

- Investoren: Bürger der Region, finanzkräftige auswärtige Partner, ...
- Mitbestimmung: umfassendes Mitspracherecht für Anleger?
- Einlagehöhe: Festlegung einer Mindestbeteiligung (geringerer Verwaltungsaufwand) oder Kleinbeteiligungen (breite Beteiligung)

Schritt 4: Wahl der Rechtsform

- Anhand der in den vorgestellten Schritten festgestellten Sachverhalte kann nun die geeignete Rechtsform gewählt werden:
- eingetragene Genossenschaft (eG)
 - Haftung nur in Höhe der jeweiligen Einlage
 - Finanzierung verschiedener Projekte und Anlagen unter einem Dach
 - Risikoverteilung auf alle Anleger
 - Jeder Genosse hat gleiches Stimmrecht
- GmbH & Co.KG
 - begrenztes Haftungsrisiko für Kommanditisten
 - für jede neue Anlage wird unterhalb der GmbH eine neue Co.KG gegründet. Daraus resultiert eine direkte Identifikation der Anleger mit der Anlage und ein hohes Maß an Transparenz
 - Vorsicht: höhere Fixkosten (wegen hohem Verwaltungsaufwand) und kein Risikoausgleich mit anderen Anlagen möglich
- Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR)
 - hohes Haftungsrisiko, weil jeder Gesellschafter einer persönlichen Haftungspflicht unterliegt
 - Vorteil: geringe Gründungsanforderungen; ideal für kleine Projekte mit einem überschaubaren Risiko

- weitere Formen: AG, KG, Stiftung, Stille Beteiligung, ...

Schritt 5: Öffentlichkeitsarbeit zur Akquise von Beteiligungen

Wirksamkeit:

- Akzeptanz von erneuerbaren Energiemaßnahmen steigt
- Geld bleibt in der Region
- "Energie aus der Region - für die Region"
- Steuereinnahmen für die Kommunen werden generiert

Herausforderungen:

- hoher Anspruch an Fachwissen (wirtschaftlich, rechtlich, technisch, ...)
- Vorschriften der Finanzaufsicht
- Regelungen der Haftung / Prospekthaftung

7.13 Maßnahme 13

Bauleitplanung erneuerbare Energien	VG Kandel	 Aufgabe
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> - Einbindung von Wärmeversorgung und Klimaschutz in Planungs- und Entwicklungskonzepten - Frühzeitige Flächensicherung für erneuerbare Energie/Wärme 		
Zeitachse:		
<ul style="list-style-type: none"> - 2025 - 2030 		
Beschreibung:		
<p>Der Wärmebedarf von Wohngebäuden hat sich durch Verbesserung der Dämmungen und der Gebäudetechnik sowie vor allem durch die staatlichen Vorgaben in den letzten Jahren deutlich verringert. Um diesen Trend fortzusetzen und zu unterstützen, hat die Verbandsgemeinde die Möglichkeit, über energieeffiziente Bauleitplanung den Energieverbrauch der Neubausiedlungen und damit die CO₂-Emissionen weiter zu verringern. Die Orientierung der Gebäude und die Lage zueinander beeinflussen die aktive sowie die passive Nutzung der Sonnenenergie. Die Gebäudegeometrie und festgelegte Baumpflanzungen sind weitere Einflussgrößen auf den Energieverbrauch. Der Heizwärmebedarf kann sich dadurch ohne Erhöhung der Baukosten um bis zu 10 % reduzieren. Zusätzlich bietet sich für die VG Kandel die Möglichkeit, bei der Ausweisung von Baugebieten die Nutzung erneuerbarer Energien oder effizienter Nahwärmeversorgung zu fördern und anzuregen, wobei sich bei Neubauten häufig die Kombination von Wärmepumpe und Solarthermie sinnvoll erscheint, sofern die geologischen Bedingungen Erdwärmesonden/-kollektoren erlauben. Selbstverständlich sollten diese energetischen Vorgaben mit den architektonischen Elementen der Bauleitplanung abgestimmt werden, damit neue Siedlungen dem erwünschten Ortsbild entsprechen. Auch bei Gewerbeflächen sollte bei der Planung bedacht werden, ob beispielsweise eine zentrale Wärmeversorgung der Objekte sinnvoll und machbar ist. Damit können die Kosten für ein (kaltes) Nahwärmenetz gesenkt werden, wenn die Verlegung der Rohre direkt mit der Grundstückserschließung erfolgt.</p> <p>Mögliche Instrumente für die VG Kandel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bauleitplanung, Flächennutzungsplan, neue Bebauungspläne - Aufstellung von Ökokriterienkatalog für Baugenehmigungen 		

- Städtebauliche Verträge
- Festlegung energierelevanter Maßnahmen in Kaufverträgen
- Vergünstigungen beim Baugrundpreis / Förderungen energieeffizienter Bauweise
- spezielle Informationsmöglichkeiten zum Thema erneuerbare Energien, Wärmepumpen, Effizienz usw. für Bürgerinnen und Bürger, die einen Neubau oder Sanierungen im Bestand planen

Die einzelnen Gemeinden der Verbandsgemeinde könnten dabei gemeinsame Leitlinien verabschieden oder sich bei der rechtlichen Beratung hinsichtlich der Vorgaben, Fördermöglichkeiten oder Anschlusszwänge zusammenschließen, um Kosten hierfür zu sparen. Zusätzlich soll sich die Verbandsgemeinde bereits bei der Ausweisung von Neubaugebieten oder bei der Planung von (Nah)Wärmenetze mit der Flächensicherung für die Erzeugung von erneuerbaren Energien auseinandersetzen. Hierbei kann es sich z. B. um Flächen für Solarthermieanlagen, saisonale Wärmespeicher, Flächenkollektoren etc. handeln.

Akteure:

Verwaltung, Gemeinderäte, Landkreis

Kosten:

- Keine direkten Kosten außer ggf. Rechtsberatung
- Zeitlicher Aufwand für Beratungen
- Finanzielle Förderung der Bauherren oder Vergünstigungen bei Einhaltung vorgegebener Richtlinien möglich

Ablauf:

1. Bauliche Optimierung durch Verschattungssimulation des Baugebietes, Firstausrichtung, Dachneigung, ... bei Ausweisung von Neubaugebieten
2. Optimierung der Baukörper
3. Vergleich unterschiedlicher Gebäudestandards bis zum Passivhaus
4. Untersuchung bzw. Vorgabe von effizienten Wärmeversorgungssystemen
5. Berücksichtigung der klimatischen Situation bei der Auswahl von Baugebieten
6. Verbindliche Festlegung der Richtlinien in Bebauungsplan, städtebauliche Verträge usw.

Wirksamkeit:

- Energetische Verbesserung von Neubausiedlungen
- Solare Wärmegewinne durch optimierte Gebäudestandorte
- Verringerung der Wärmeverluste durch energetisch günstige Bauweisen
- Einsatz effizienter Energieversorgungssysteme

Herausforderungen:

- kommunale Vorgaben müssen rechtlich abgesichert sein
- Bereitschaft zur energetischen Bauweise, da diese auch ins Ortsbild passen sollte

7.14 Maßnahme 14

<p>Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung</p>	<p>VG Kandel</p>	 <p>Aufgabe</p>
		<p>Zielsetzung:</p>
<p>Fortschreibung der kommunale Wärmeplanung alle 5 Jahre als Monitoring-Maßnahme</p>		
<p>Zeitachse:</p>		
<p>– 2025 - 2045</p>		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Die regelmäßige (alle 5 Jahre) Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung wurde im Wärmeplanungsgesetz §25 festgelegt. Im Zuge der Fortschreibung soll für die Verbandsgemeinde die Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr aufgezeigt werden. In der kommunalen Wärmeplanung werden Ziele für die Stützjahre definiert. Bei der Fortschreibung muss kontrolliert werden, ob die Ziele erreicht wurden. Ein frühzeitiger Abschluss der Zielszenarien ist erstrebenswert. Wurden die Zielszenarien nicht erreicht, müssen etwaige Fehlentwicklungen in der Wärmeversorgung identifiziert werden, damit diese Hürden in den darauffolgenden Jahren behoben werden können. Auf diese Weise stellt die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung eine Controlling-Strategie dar.</p>		
<p>Akteure:</p>		
<p>Verbandsgemeinde Kandel, Klimaschutzmanager, ggf. Ingenieurbüros</p>		
<p>Kosten:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Personalkosten - Ggf. Kosten für Ingenieurbüros 		
<p>Wirksamkeit:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Kontrolle umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit - Möglichkeit zur Anpassung der Wärmewendestrategie für mehr Effizienz und Geschwindigkeit in der Wärmewende 		
<p>Herausforderungen:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Personeller Aufwand - Ggf. Kosten 		

8. Anlagen

Anlage 1 - Verteilung der Baujahre

Anlage 2 - Sanierungspotenzial

Anlage 3 - Energieträger der Heizungen

Anlage 4 - Heizungsartverteilung

Anlage 5 - Sektorverteilung der Gebäude

Anlage 6 - Wärmeliniendichte

Anlage 7 - Wärmedichte

- ENDE -

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

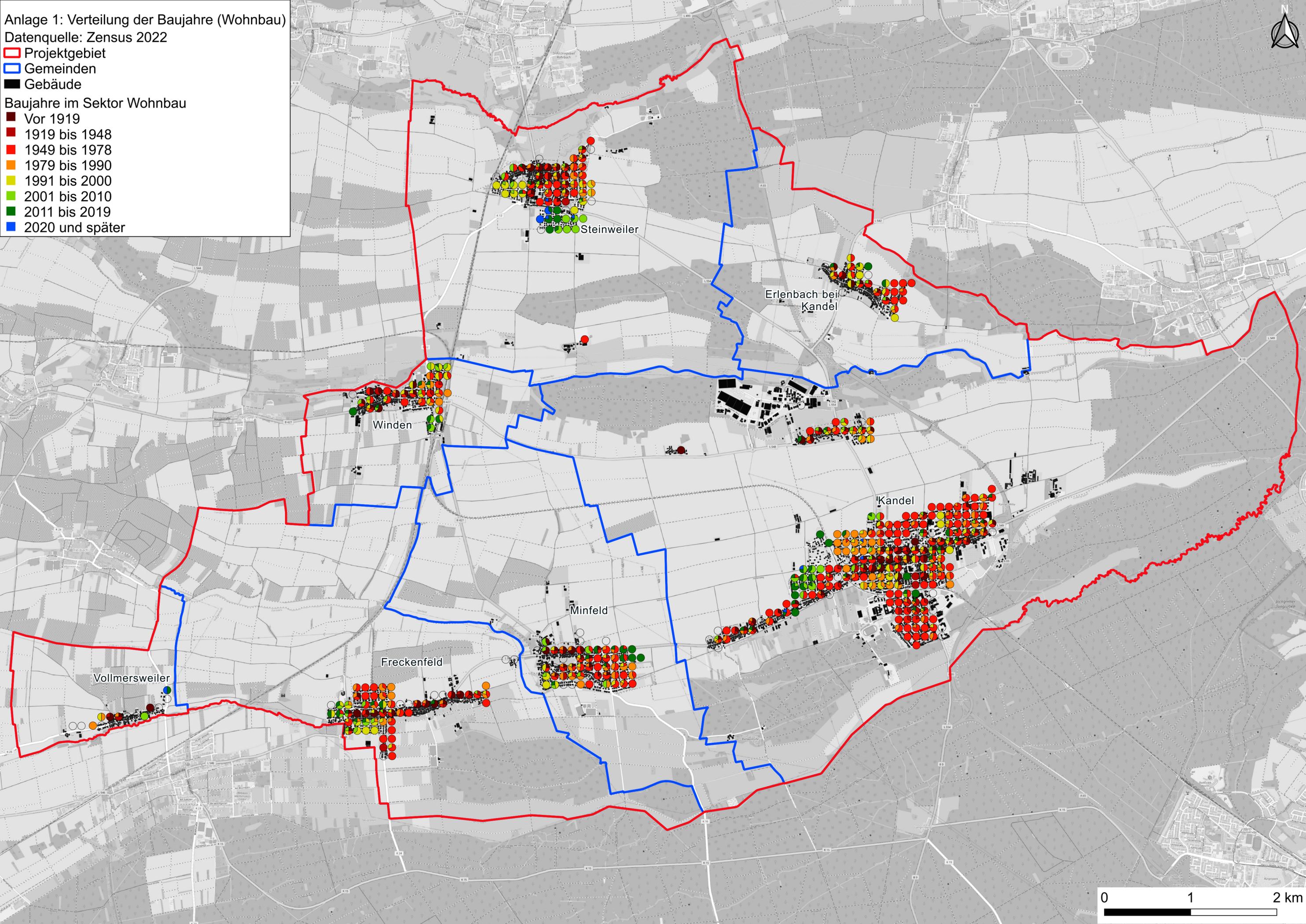
Anlage 1: Verteilung der Baujahre (Wohnbau)

Datenquelle: Zensus 2022

- Projektgebiet
- Gemeinden
- Gebäude

Baujahre im Sektor Wohnbau

- Vor 1919
- 1919 bis 1948
- 1949 bis 1978
- 1979 bis 1990
- 1991 bis 2000
- 2001 bis 2010
- 2011 bis 2019
- 2020 und später



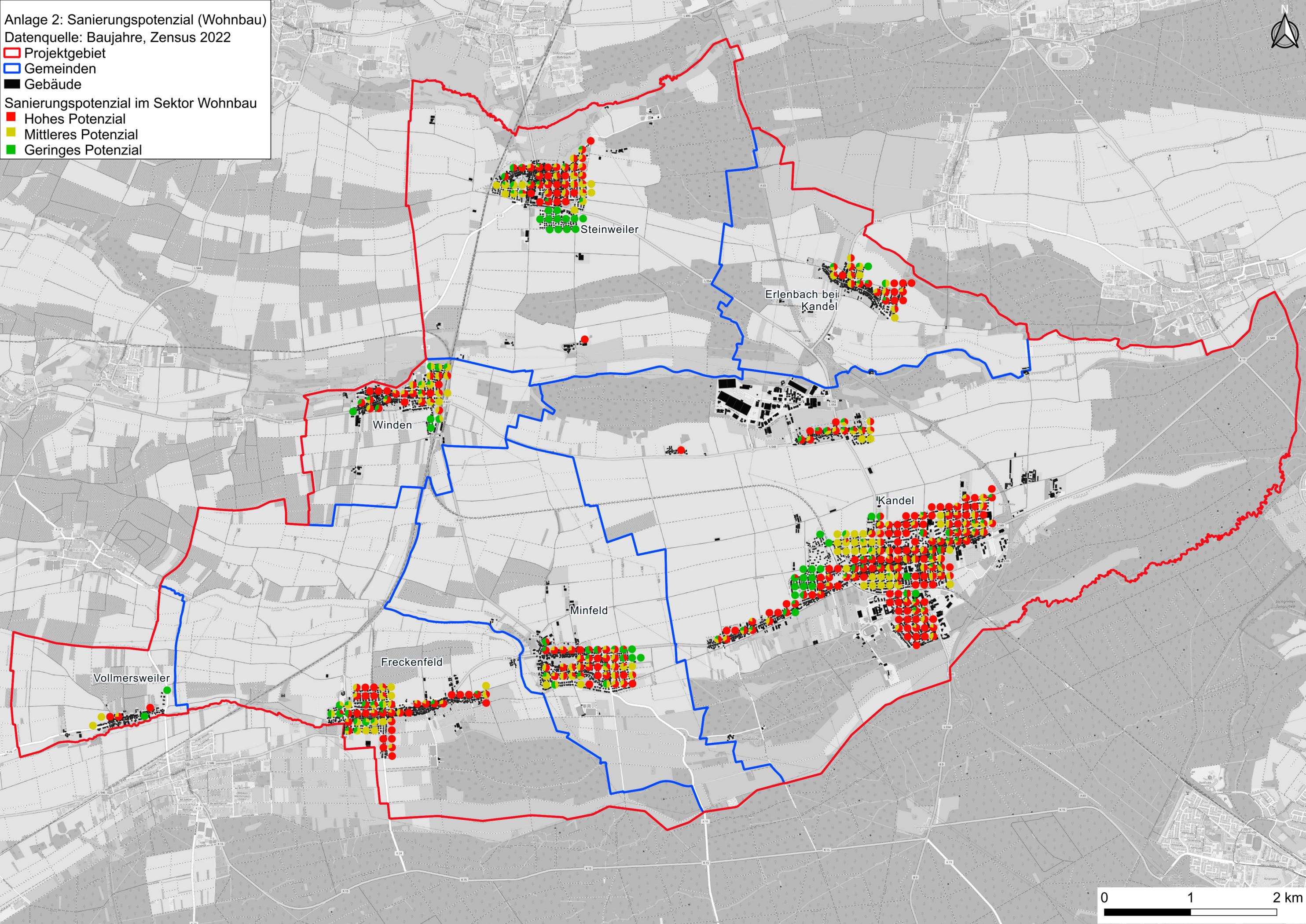
Anlage 2: Sanierungspotenzial (Wohnbau)

Datenquelle: Baujahre, Zensus 2022

- Projektgebiet
- Gemeinden
- Gebäude

Sanierungspotenzial im Sektor Wohnbau

- Hohes Potenzial
- Mittleres Potenzial
- Geringes Potenzial



Anlage 3: Energieträger der Heizungen (Wohnbau)

Datenquelle: Zensus 2022

Projektgebiet

Gemeinden

Gebäude

Energieträger der Heizungen (Wohnbau)

Gas

Heizöl

Holz & Holzpellets

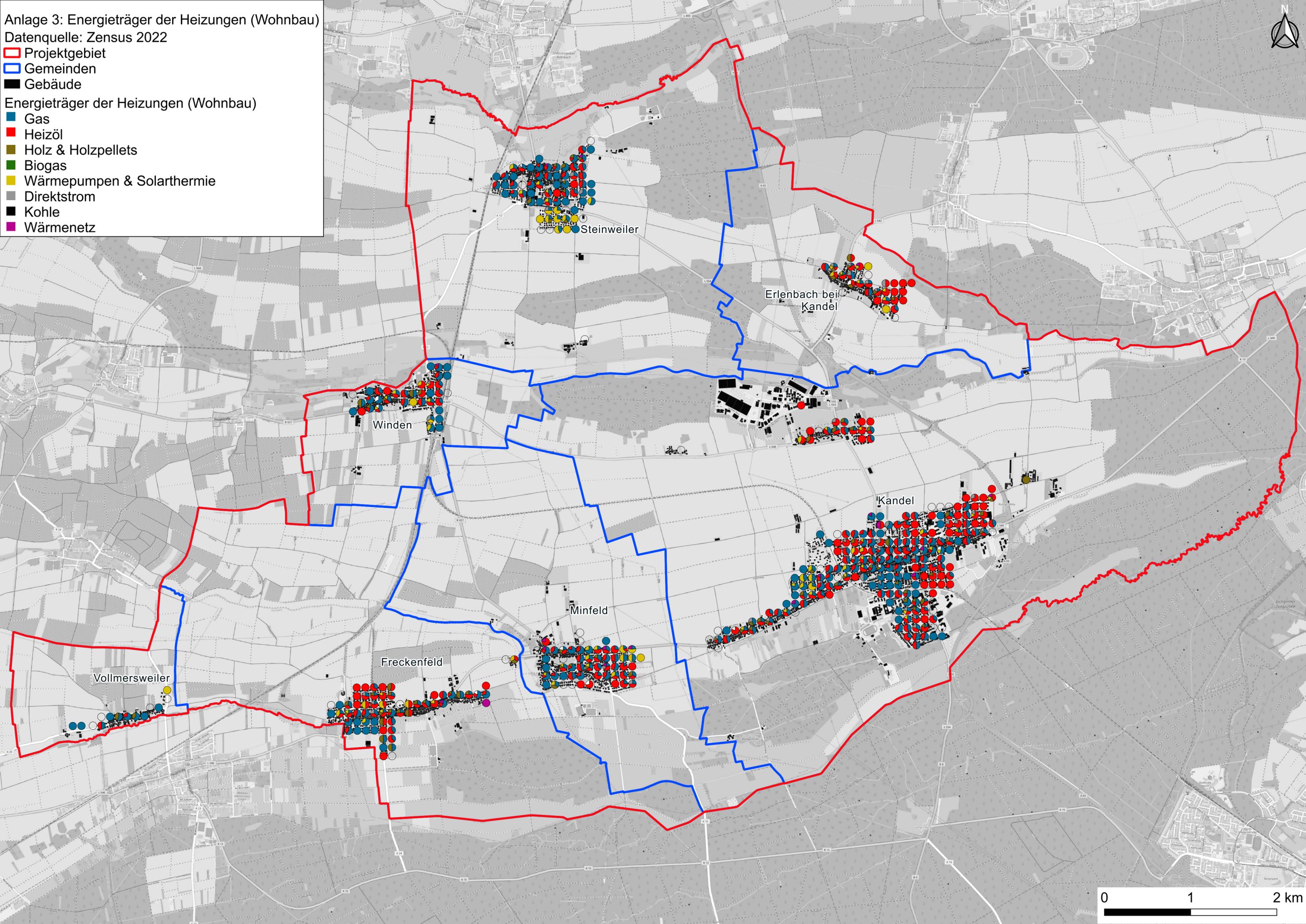
Biogas

Wärmepumpen & Solarthermie

Direktstrom

Kohle

Wärmenetz



Anlage 4: Heizungsart Verteilung (Wohnbau)

Datenquelle: Zensus 2022

Projektgebiet

Gemeinden

Gebäude

Heizungsart

Wärmenetz

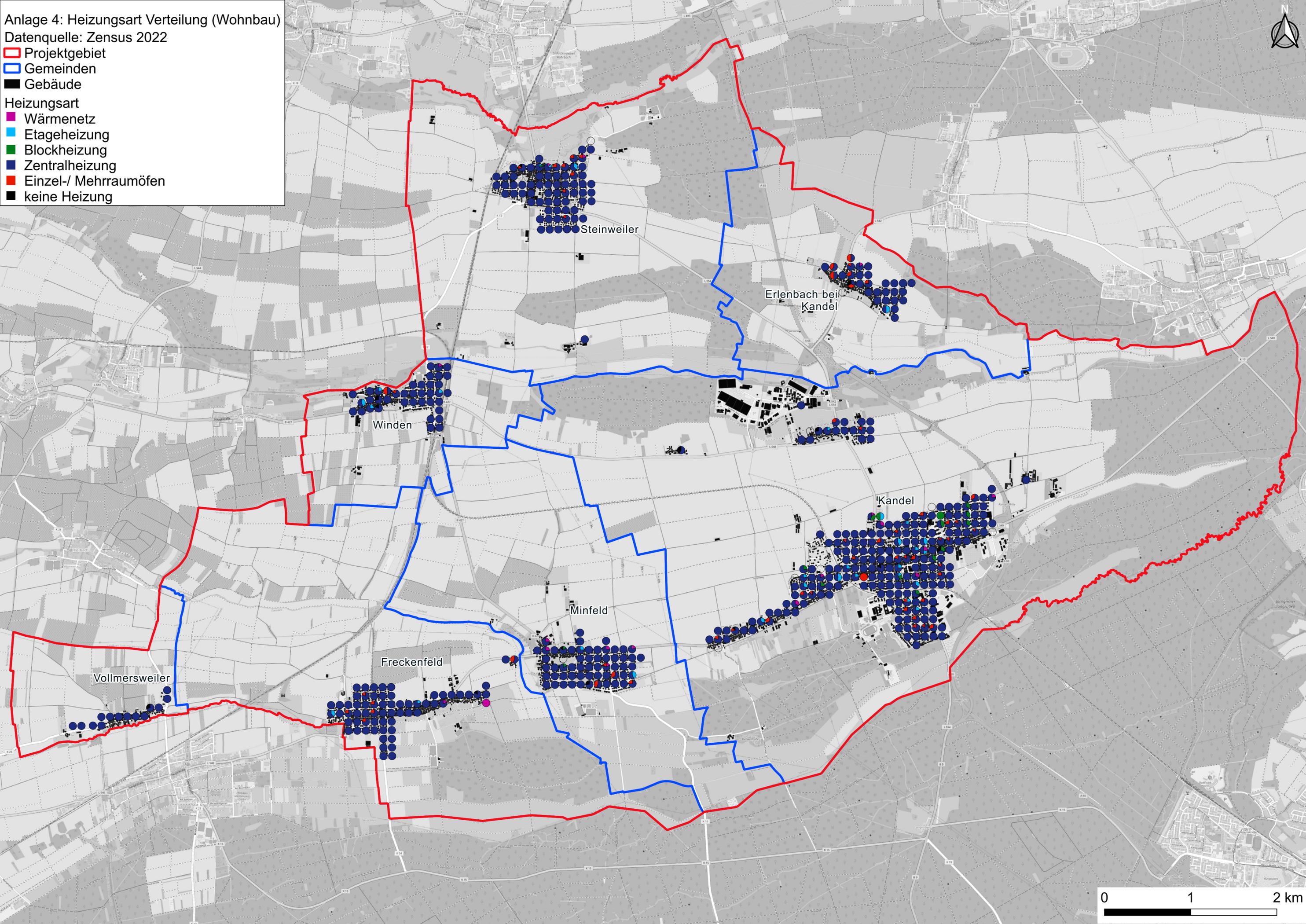
Etageheizung

Blockheizung

Zentralheizung

Einzel-/ Mehrraumöfen

keine Heizung



Anlage 5: Sektorverteilung der Gebäude

Datenquelle: ALKIS

Projektgebiet

Gemeinden

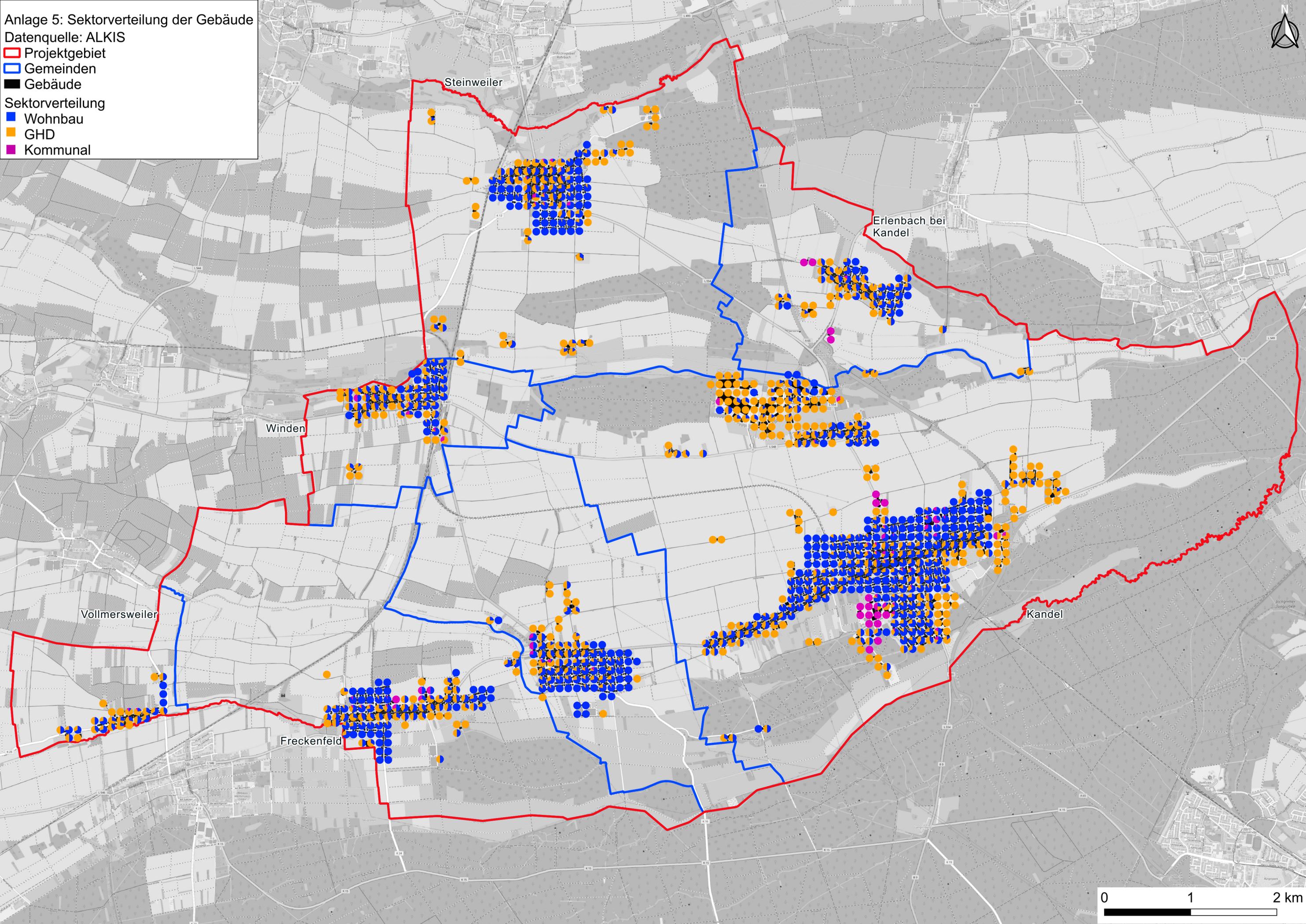
Gebäude

Sektorverteilung

Wohnbau

GHD

Kommunal

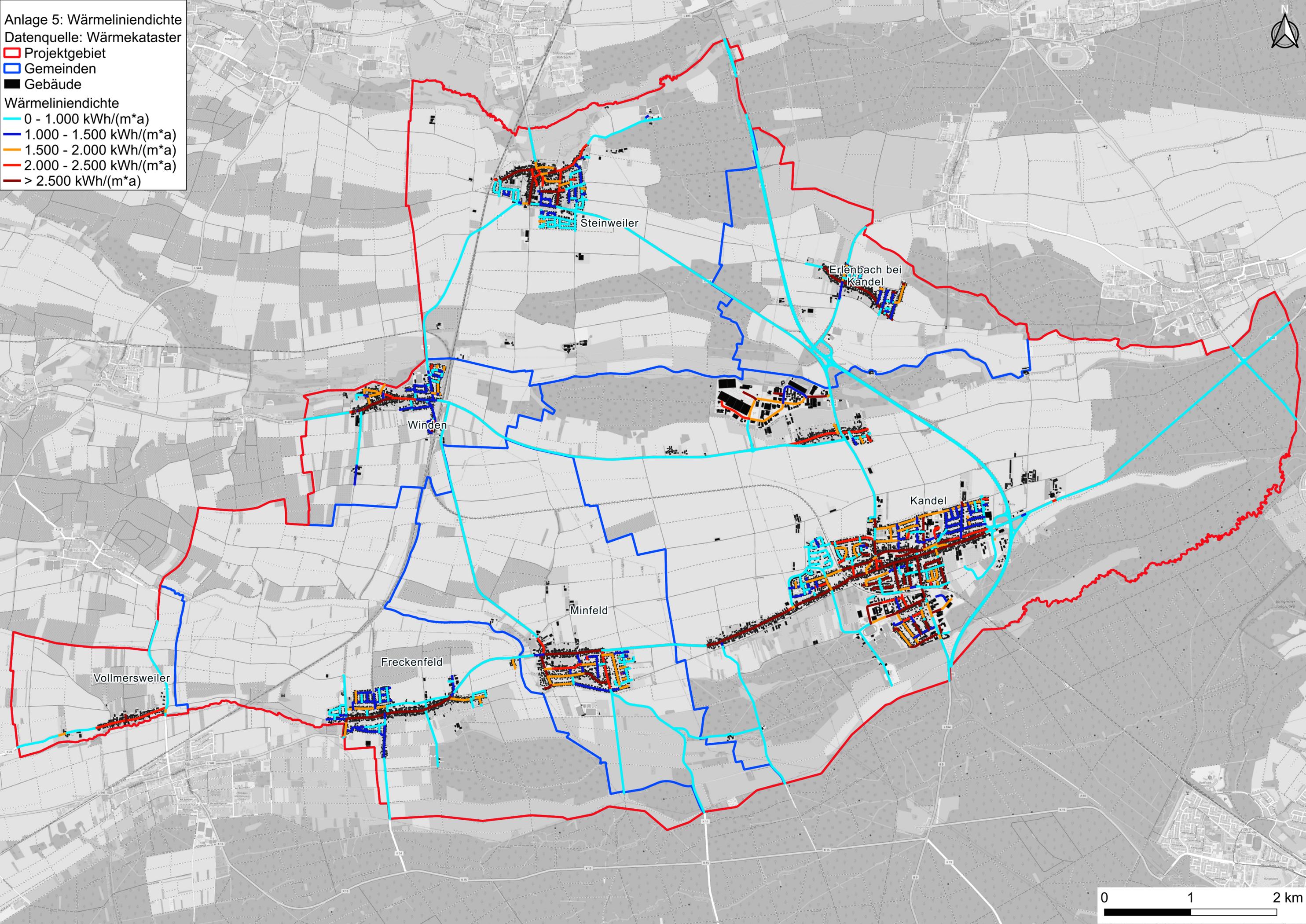


Anlage 5: Wärmelinienichte
Datenquelle: Wärmekataster

- Projektgebiet
- Gemeinden
- Gebäude

Wärmelinienichte

- 0 - 1.000 kWh/(m*a)
- 1.000 - 1.500 kWh/(m*a)
- 1.500 - 2.000 kWh/(m*a)
- 2.000 - 2.500 kWh/(m*a)
- > 2.500 kWh/(m*a)



Anlage 6: Wärmedichte
 Datenquelle: Wärmekataster

- ▬ Projektgebiet
- ▬ Gemeinden
- Gebäude

Wärmedichte

- 0 - 250 MWh/ha
- 250 - 500 MWh/ha
- 500 - 750 MWh/ha
- 750 - 1.000 MWh/ha
- 1.000 - 2.000 MWh/ha
- > 2.000 MWh/ha

