



GEMEINDE FELDKIRCHEN-WESTERHAM
LANDKREIS ROSENHEIM

Kommunale Wärmeplanung Feldkirchen-Westerham

Abschlussbericht

Erstellt von: ecb - energie.concept.bayern. GmbH & Co.KG

Traunsteiner Str. 11
83093 Bad Endorf

Version: 1.0

Erstellt: 20.02.2025

energie. concept. bayern.

ecb



Inhalt

1.	AUFTRAGSRAHMEN	11
1.1	INHALT UND AUFBAU	11
2.	GEMEINDEBESCHREIBUNG	13
3.	BESTANDSANALYSE	14
3.1	ENERGIEINFRASTRUKTUR	14
3.1.1	Windkraftanlagen	14
3.1.2	Photovoltaik-Anlagen.....	14
3.1.1	Biomasseanlagen (Heizkraftwerke).....	16
3.1.2	Biogasanlagen.....	17
3.1.3	Wasserkraftanlagen (EEG und nicht EEG gefördert).....	18
3.1.4	Tiefengeothermie	20
3.1.5	BHKW-Anlagen (EEG und KWK-Gesetz gefördert).....	20
3.1.6	Solarthermische Anlagen	21
3.1.7	Wärmepumpen auf Basis oberflächennaher Geothermie.....	22
3.1.8	Gasnetze.....	23
3.1.9	Stromnetze der Mittelspannungs- und Hochspannungsebene	24
3.1.10	Wärmenetze	27
3.2	WÄRMEVERBRAUCH	28
3.2.1	Gebäudescharfes Wärmekataster.....	28
3.2.2	Energiebilanz Wärme in Betrachtungsgebiet.....	29
3.2.2.1	Private Haushalte	29
3.2.2.2	Öffentliche Gebäude	32
3.2.2.3	Wirtschaft.....	34
3.3	ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ.....	35
4.	POTENZIALANALYSE ENERGIEEINSPARUNG.....	36
5.	POTENZIALANALYSE ENERGIEERZEUGUNG.....	38
5.1	ABWÄRME	38
5.2	SOLARTHERMIE	39
5.3	PV-FREIFLÄCHE	41
5.4	UMWELTWÄRME	46
5.4.1	Oberflächennahe Geothermie	46
5.4.2	Flusswasser	55
5.4.3	Seewasser.....	56
5.4.4	Luft	56
5.4.5	Abwasser.....	58



5.5	TIEFE GEOTHERMIE	60
5.5.1	Hydrothermale Geothermie	60
5.5.2	Tiefe Erdwärmesonden.....	63
5.6	BIOMASSE	64
5.7	THERMISCHE ABFALLBEHANDLUNGSANLAGEN.....	66
5.8	KWK-ANLAGEN.....	66
5.9	WASSERSTOFF.....	67
5.10	(GROB-)WÄRMESPEICHER	68
5.10.1	Pufferspeicher.....	68
5.10.2	Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher	68
5.10.2.1	Behälter.....	68
5.10.2.2	Erdbecken	69
5.10.2.3	Erdsonden	70
5.10.2.4	Aquifer	71
5.10.2.5	Thermochemische Wärme- und Kältespeicher	72
5.10.2.6	Latentwärmespeicher	72
5.10.2.7	Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel)	73
5.10.3	Potenzialflächen Wärmespeicher.....	73
5.11	STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN VERBINDUNG MIT DEM WÄRMENETZ	75
5.11.1	Windenergie.....	75
5.11.2	Wasserkraft.....	79
5.12	ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALANALYSE	80
6.	ZIELSZENARIO UND WÄRMEWENDESTRATEGIE	82
6.1	ZIELSZENARIO & STRATEGIE GROBHÖHENRAIN.....	85
6.2	ZIELSZENARIO & STRATEGIE FELDKIRCHEN.....	87
6.3	ZIELSZENARIO & STRATEGIE WESTERHAM.....	89
6.1	ZIELSZENARIO FELDOLLING	92
6.2	ZIELSZENARIO & STRATEGIE VAGEN	93
6.3	ZIELSZENARIO PERIPHERER RAUM.....	95
6.4	ZIELSZENARIO & STRATEGIE DER GEMEINDE	96
6.5	ALTERNATIVE SZENARIEN	98
7.	MAßNAHMENKATALOG & WÄRMEWENDESTRATEGIE	101
7.1	MAßNAHME 1.....	102
7.2	MAßNAHME 2.....	105
7.3	MAßNAHME 3.....	107
7.4	MAßNAHME 4.....	109
7.5	MAßNAHME 5.....	111
7.6	MAßNAHME 6.....	114



7.7	MABNAHME 7.....	116
7.8	MABNAHME 8.....	118
7.9	MABNAHME 9.....	120
7.10	MABNAHME 10.....	122
8.	HAUPTQUELLEN.....	123
9.	ANLAGEN.....	125



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte des Projektgebietes. Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	13
Abbildung 2: Überblick der Anmeldungen von PV-Anlagen pro Jahr. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de , Marktstammdatenregister	14
Abbildung 3: Übersicht der nicht-privaten PV-Anlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de . Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	15
Abbildung 4: Übersicht der Biomasseheizkraftwerke in der Gemeinde Feldkirchen Westerham mit Angaben der Nennwärmeleistung Biomasse in MW. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de . Kartenhintergrund: OpenStreetMaps.....	16
Abbildung 5: Übersicht der Biogasanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham mit Angaben der elektrischen Leistung in kW. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de . Kartenhintergrund: OpenStreetMaps.....	18
Abbildung 6: Übersicht der Wasserkraftanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de . Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	19
Abbildung 7: Entwicklung von solarthermischen Anlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Solaratlas	21
Abbildung 8: Übersicht der Erdwärmesonden in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de . Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	22
Abbildung 9: Übersicht des Netzbereichs der Energienetze Bayern. Datenquelle: Energienetze Bayern. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	23
Abbildung 10: Übersicht des Netzbereichs der EWG-Vagen. Datenquelle: EWG-Vagen. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	24
Abbildung 11: Deckung des Stromverbrauchs nach Erzeugung	26
Abbildung 12: Übersicht der Wärmenetze in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps	27
Abbildung 13: Heizungsarten der privaten Haushalte gemäß Zensus (2022)	30
Abbildung 14: Heizungsarten der privaten Haushalte in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. ...	30
Abbildung 15: Baujahrsverteilung der Wohngebäude in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham gemäß Zensus (2022)	31
Abbildung 16: Verteilung des Wärmeverbrauchs nach Sektor in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.....	34
Abbildung 17: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.	36
Abbildung 18: Prozentsatz der Dachflächen, die bereits von PV-Anlagen versehen wurden, und der Dachflächen auf die noch PV-Anlagen ausgebaut werden können.	40



Abbildung 19: Übersicht der Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps.....	42
Abbildung 20: Übersicht der Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen und die besonders geeignete FF-Solarthermie Fläche in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham auf einem dreifach überhöhtem DGM. Kartenhintergrund: DGM 1 m, Bayerische Vermessungsverwaltung - www.geodaten.bayern.de.....	44
Abbildung 21: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren.....	45
Abbildung 22: Überblick über Oberflächennahe Geothermie. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz.....	46
Abbildung 23: Übersicht der möglichen Gebiete für oberflächennahe Geothermie in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	47
Abbildung 24: Übersicht der klimatologischen Bedingungen, die Einfluss haben auf die Leistung von Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: www.thermomap.eu	50
Abbildung 25: Übersicht des Potenzials für Erdwärmekollektoren mit Darstellung der Hanglagen sowie Wärmeleitfähigkeit der Böden. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	51
Abbildung 26: Investitionskosten für Grundwasserwärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)	53
Abbildung 27: Investitionskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden) gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung).....	54
Abbildung 28: Beispiel eines kalten Nahwärmenetzes. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH	55
Abbildung 29: Mittlere und Mindestwassertemperatur des Mangfalls seit 2011. Datenquelle: GKD Bayern.....	56
Abbildung 30: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)	57
Abbildung 31: Spezifische Höhen der Gesamtinvestition von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der genutzten Wärmequelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)	58
Abbildung 32: Aufteilung der Gesamtinvestition auf Einzelposten. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)	59
Abbildung 33: Übersicht der möglichen Gebiete für Tiefengeothermie in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	60
Abbildung 34: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine Tiefengeothermieanlage. Datenquelle: AFGW Praxisleitfaden Tiefengeothermie	62
Abbildung 35: Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen. Quelle: Bremer Energie Institut	66
Abbildung 36: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung.	73



Abbildung 37: Kosten von verschiedenen Saisonspeichervarianten pro m ³ . Quelle: Saisonspeicher.de	74
Abbildung 38: Formel für aus dem Wind gewinnbare Energie	75
Abbildung 39: Übersicht der möglichen Gebiete für Kleinwindenergieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	76
Abbildung 40: Übersicht der möglichen Gebiete für Großwindenergieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	77
Abbildung 41: Übersicht der geeigneten Gebiete für Großwindenergieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	78
Abbildung 42: Wärmenetzsignung in Abhängigkeit der Wärmelinienichte gemäß KWW	
Handlungsleitfaden Wärmeplanung	82
Abbildung 43: Bewertung der Versorgungsgebiete und -optionen	83
Abbildung 44: Differenzierung der potenziellen Wärmenetzbaugebiete	84
Abbildung 45: Mögliches Wärmenetzgebiet im Ortsteil Großhöhenrain	86
Abbildung 46: Mögliche Wärmenetzgebiete im Ortsteil Feldkirchen	88
Abbildung 47: Erste Skizzen eines Wärmenetzes in Westerham - Weidach	90
Abbildung 48: Mögliche Wärmenetzgebiete im Ortsteil Westerham	91
Abbildung 49: Mögliche Wärmenetzgebiete im Ortsteil Westerham	94
Abbildung 50: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham in den Zieljahren des Zielszenarios	97
Abbildung 51: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham in den Zieljahren des Zielszenarios	97
Abbildung 52: Vergleich der CO ₂ -Ausstoße in den 3 unterschiedlichen Szenarien	98
Abbildung 53: Vergleich der CO ₂ -Ausstoße in den 3 unterschiedlichen Szenarien in Linienform	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestand an Wohngebäude und Haushalte in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham (Stand: 2020). Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik.	13
Tabelle 2: Übersicht der Biomasseheizkraftwerke in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	16
Tabelle 3: Übersicht der Biogasanlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.	17
Tabelle 4: Übersicht der Wasserkraftanlagen in Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Marktstammdatenregister	19
Tabelle 5: Übersicht der Blockheizkraftwerke in Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Marktstammdatenregister	20
Tabelle 6: Übersicht der Gasverbräuche in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham in der Abrechnungsperiode 2021 - 2022	23



Tabelle 7: Abgerechnete Anlagen und Absatzmengen im Bayernwerk Stromnetz im Jahr 2021. Quelle: Bayernwerk Netz GmbH	25
Tabelle 8: Einspeiser im Bayernwerk Netz im Jahr 2022. Quelle: Bayernwerk Netz GmbH	25
Tabelle 9: Deckung des Stromverbrauchs nach Erzeugung	26
Tabelle 10: Übersicht der Bestandwärmenetze in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.	27
Tabelle 11: Wärmebedarf der einzelnen kommunalen Liegenschaften	32
Tabelle 12: Strom- und Wärmeverbrauche von 4 große Industriefirmen in Feldkirchen-Westerham.	34
Tabelle 13: Aufteilung des Wärmeverbrauches nach Energieträger und CO ₂ -Bilanz.....	35
Tabelle 14: Sanierungspotenzial in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.....	37
Tabelle 15: Abwärmepotenzial in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de	38
Tabelle 16: Ausbaupotenziale von Solarthermie und PV-Dachanlagen in der Gemeinde Feldkirchen/Westerham	41
Tabelle 17: Übersicht der PV-Erzeugungspotenziale in der Gemeinde	43
Tabelle 18: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieanlagen gemäß VDI 2067	45
Tabelle 19: Dominierende Hydrogeologische Einheiten in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham und deren Eigenschaften. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de	52
Tabelle 20: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067	54
Tabelle 21: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067	59
Tabelle 22: Biomassepotenzial in Feldkirchen-Westerham. Quelle: Energie-Atlas Bayern.....	64
Tabelle 23: Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger gemäß Umweltbundesamt (2024).....	65
Tabelle 24: Nutzungsdauer und Kosten von Biomassekessel gemäß VDI 2067	65
Tabelle 25: Übersicht der Eigenschaften der gängigsten Saisonspeicheranlagen. Datenquelle: Saisonspeicher.de	72
Tabelle 26: Vorhandene Energiepotenziale pro Ortsteil in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham	80
Tabelle 27: Vor- und Nachteile der jeweiligen Energieträger	81
Tabelle 28: Zielszenario Großhöhenrain	85
Tabelle 29: Zielszenario Ortsteil Feldkirchen.....	87
Tabelle 30: Zielszenario Ortsteil Westerham	89
Tabelle 31: Zielszenario Ortsteil Feldolling	92
Tabelle 32: Zielszenario Ortsteil Vagen	93
Tabelle 33: Zielszenario peripherer Raum.....	95
Tabelle 34: Zielszenario der gesamten Gemeinde Feldkirchen-Westerham	96
Tabelle 35: Szenario Sanierungstau für das gesamte Gemeindegebiet Feldkirchen-Westerham...	99
Tabelle 36: Szenario Sanierungs- und Netzstau für das gesamte Gemeindegebiet Feldkirchen- Westerham	100



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
ENP	Energienutzungsplan
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



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 Bürgern, Gemeinden, Städten und Landkreisen.

Die Gemeinde Feldkirchen-Westerham im Landkreis Rosenheim (Oberbayern) hat sich dieser Thematik angenommen und 2024 die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung (KWP) in Auftrag gegeben. Die Erstellung der KWP wird von der Firma ecb - energie.concept.bayern. GmbH & Co. KG aus Bad Endorf umgesetzt. Die Gemeinde hat sich dabei zum Ziel gesetzt, die Wärmewende auf kommunaler Ebene umzusetzen. Auch über die Gemeindegrenzen hinaus möchte die Gemeinde durch eine interkommunale Zusammenarbeit die Energiewende vorantreiben. 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 Ausbau der erneuerbaren Energien.

1.1 Inhalt und Aufbau

Diese kommunale Wärmeplanung stellt eine Erweiterung des im Jahr 2024 von der Firma ecb GmbH & Co. KG fertiggestellten Energienutzungsplans (ENP) dar. Für die Bestands- und Potenzialanalyse werden größtenteils Daten aus diesem Konzept benutzt.

Im ersten Teil der Ausarbeitung wird kurz auf die Gemeinde eingegangen. Es folgt eine umfassende Datenerhebung und Analyse des thermischen Energieverbrauchs. Der Wärmebedarf wird in die Verbrauchergruppen private Haushalte, kommunale Objekte und Wirtschaft unterteilt und außerdem 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 Windkraft, Biomasse, Wasserkraft, oberflächennahe und tiefe Geothermie, Umwelt- und Abwärme sowie Kraft-Wärme-Kopplung eingegangen.

Die Informationen aus den Ist- und den Potentialanalysen werden darauffolgend in einem umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkatalog, der konkrete Handlungsempfehlungen aufzeigt, integriert. 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.

Letztendlich wird in diesem Konzept untersucht, ob der Aufbau bzw. Ausbau von Wärmenetzen technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Mittels der erarbeiteten Konzepte ist es der Gemeinde Feldkirchen-Westerham 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. Gemeindebeschreibung

Die Gemeinde Feldkirchen-Westerham, Teil des Landkreises Rosenheim, befindet sich im Südosten Bayerns am Rande der Nördlichen Kalkalpen. Die Gemeinde befindet sich zwischen München und Rosenheim und weist eine Fläche von ca. 53 km², sowie eine Einwohneranzahl von 11.334 (Stand 02.01.2023) auf. Die Landnutzung wird von Land- und Forstwirtschaft (jeweils ca. 25 km² und 19 km²) dominiert.



Abbildung 1: Übersichtskarte des Projektgebietes. Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Im direkten Zusammenhang mit der Bevölkerungszahl steht der Gebäudebestand (vgl. Tabelle 1), der den Wärmebedarf und dessen räumliche Verteilung wesentlich beeinflusst. Die Anzahl der Haushalte ergibt sich dabei über die Anzahl der Wohnungen in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden.

Tabelle 1: Bestand an Wohngebäude und Haushalte in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham (Stand: 2020). Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik.

Wohngebäude	Haushalte	EW/Haushalt
2.920	4.838	2,3



3. Bestandsanalyse

Im folgenden Kapitel erfolgt eine Beschreibung des aktuellen Stands der Energieinfrastruktur der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Die bestehenden Energienetze und Anlagen zur Energieerzeugung werden ausführlich behandelt. In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham wurde im Jahr 2022 ca. 85.753 MWh Strom verbraucht.

3.1 Energieinfrastruktur

3.1.1 Windkraftanlagen

Es wird zur Zeit des Konzeptes eine Windkraftanlage in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham errichtet. Weitere Windkraftanlagen sind nicht vorhanden.

3.1.2 Photovoltaik-Anlagen

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befinden sich gemäß Energie-Atlas Bayern (www.energieatlas.bayern.de) Anfang 2023 ca. 958 PV-Anlagen. Die Gesamtstromproduktion dieser Anlagen umfasste im Jahr 2022 etwa 13.829 MWh.

In den Jahren 2008 bis 2012 wurden viele neuen PV-Anlagen in Betrieb genommen, wonach es über den darauffolgenden Jahren wieder abschwächte. Seit 2020 und mit Inkrafttreten der kommunalen Förderrichtlinie im Jahre 2022 gibt es wieder eine Zunahme an neuen PV-Anlagen. Insgesamt ergibt

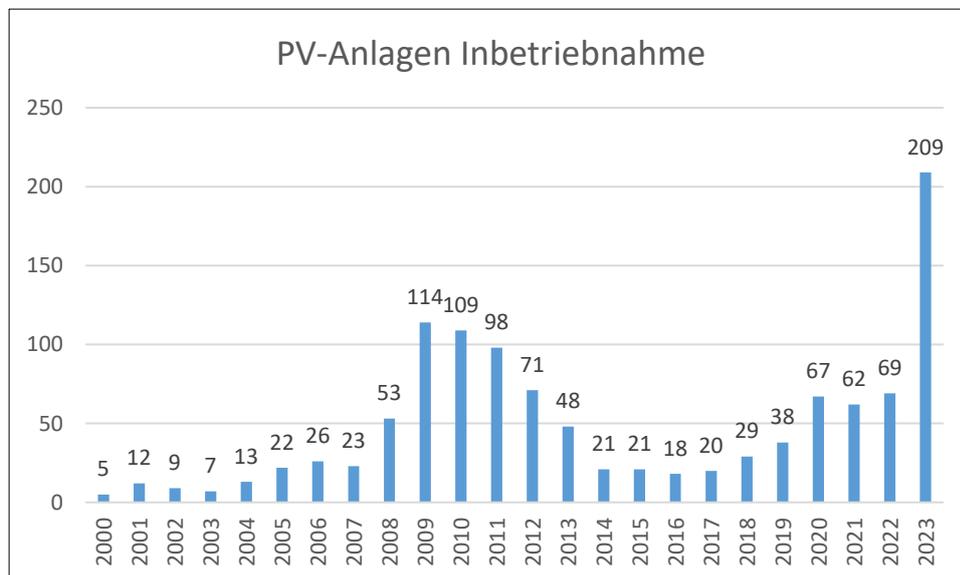


Abbildung 2: Überblick der Anmeldungen von PV-Anlagen pro Jahr.
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de,
Marktstammdatenregister

sich aus den PV-Anlagen eine Gesamtleistung von 16.726 kWp.

Abbildung 3 zeigt die geografische Verteilung der nicht-privaten PV-Anlagen. Die privaten PV-Anlagen dürfen aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht dargestellt werden.

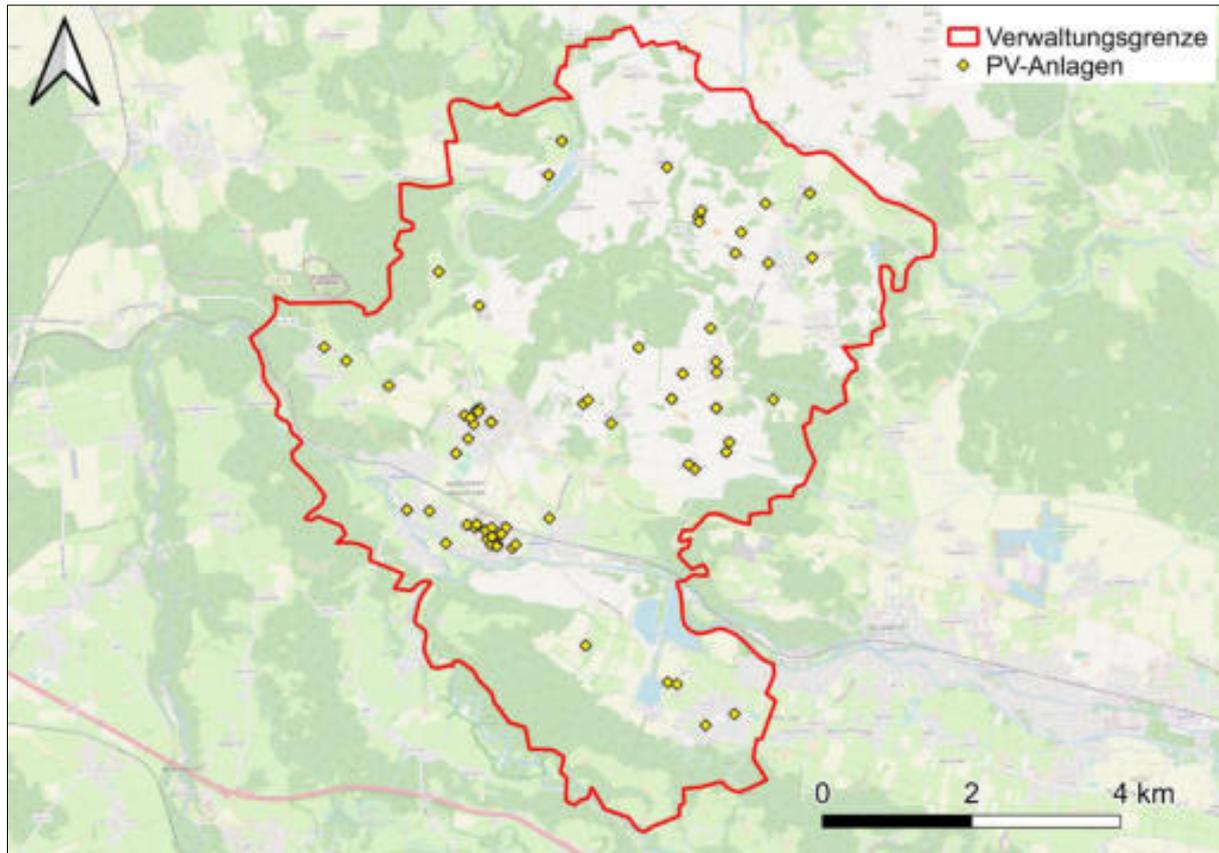


Abbildung 3: Übersicht der nicht-privaten PV-Anlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Pro Einwohner wurden im Jahr 2022 ca. 1.220 kWh Strom mit PV-Anlagen produziert. Die PV-Anlagen deckten insgesamt ca. 16,1% des gesamten Stromverbrauchs ab. Private Letztverbraucher verbrauchten im Jahr 2022 etwa 14.764 MWh Strom. Der derzeitige PV-Bestand könnte somit fast 94% des privaten Verbrauchs abdecken.

3.1.1 Biomasseanlagen (Heizkraftwerke)

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befinden sich 7 Biomasseheizkraftwerke, die feste Brennstoffe benutzen. Die Kraftwerke stammen unter anderem aus den Jahren 2003 (2 Stück), 2007 und 2013. Außer dem Kraftwerk von 2013, welches Holzpellets als Brennstoff benutzt, werden alle Biomasseheizkraftwerke mit Holz hackschnitzel betrieben.

Tabelle 2: Übersicht der Biomasseheizkraftwerke in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

#	Inbetriebnahme	Brennstoff	Nennwärmeleistung Biomasse	Nennwärmeleistung Gesamt	Versorgte Objekte
1	2003	Holz hackschnitzel	0,15 MW	0,15 MW	2 Wohnhäuser, Büro und Geschäft
2	2003	Holz hackschnitzel	0,22 MW	0,44 MW	Arbeiterwohlfahrt, Schwesternwohnheim, Altenwohnheim
3	2007	Holz hackschnitzel	0,3 MW	0,68 MW	Grund- und Hauptschule, Turnhalle, Mehrzweckhalle
4	2013	Holz pellets	0,85 MW	2,6 MW	Höhenrainer Delikatessen GmbH
5	?	Holz hackschnitzel	?	?	2 Private Gebäude, Feuerwehr Unterlaus
6	?	Holz hackschnitzel	0,22 MW	0,412 MW	5 Private Gebäude, KiWest
7	?	Holz hackschnitzel	0,35 MW	?	11 Private Gebäude, Rathaus

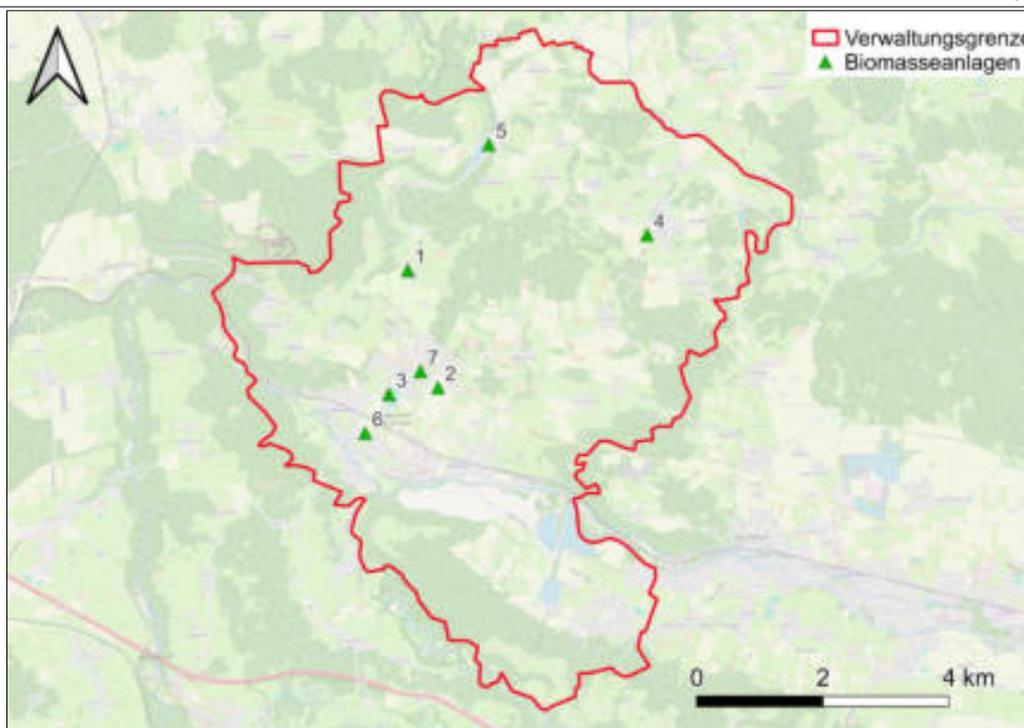


Abbildung 4: Übersicht der Biomasseheizkraftwerke in der Gemeinde Feldkirchen Westerham mit Angaben der Nennwärmeleistung Biomasse in MW. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps



3.1.2 Biogasanlagen

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befinden sich 8 Biogasanlagen, die alle über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Strom und Wärme produzieren.

Tabelle 3: Übersicht der Biogasanlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

#	Inbetriebnahme	Elektrische Leistung	Stromproduktion (2021 / 2022)	Wärmeproduktion (2022)
1	2004	150 kW	1.000 MWh	1.200 MWh
2	2005	250 kW	1.552 MWh	k.A.
3	2005	4.523 kW	21.000 MWh	17.000 MWh
4	2006	150 kW	1.200 MWh	480 MWh
5	2006	272 kW	1.734 MWh	k.A.
6	2006	780 kW	4.248 MWh	k.A.
7	2008	1.631 kW	4.303 MWh	k.A.
8	2010	1.694 kW	3.909 MWh	k.A.

Insgesamt wurden im Jahr 2022 31.373 MWh Strom durch die Biogasanlagen produziert, etwa 2.768 kWh pro Einwohner. Dies deckte ca. 36,6 % des Stromverbrauchs im Jahr 2021 ab. Die Wärmeerzeugungsmengen sind nicht von jeder Anlage bekannt. Das Biogas wird aus NAWARO (Grassilage, Maissilage), Mist und Gülle hergestellt. Einer der Biogasanlagen (Objektnummer 1371645) gibt an, nur 62,5% der erzeugten Wärme zu benutzen, die übrige Wärme (450 MWh) muss über Notkühler entsorgt werden. Auch die Bio Energie Moser GmbH & Co. KG gibt an, nur etwa 50% der erzeugten 17 GWh Wärme wirklich zu brauchen. Die übrigen 50% geht in die Eigenversorgung und speist ein Nahwärmenetz.

Das Klärwerk Feldkirchen Westerhams erzeugte im Jahr 2022 161.470 m³ Klärgas. Das Klärgas wurde in einer Mikrogasturbine in 146 MWh Strom und 321 MWh Wärme umgesetzt. Diese Energie wird direkt in der Kläranlage benutzt, wodurch ca. 30% Strom eingespart werden. Die fehlende benötigte Restwärme wird derzeit mit einer Ölheizung (ca. 12.000 - 15.000 l Heizöl/a) nacherzeugt.

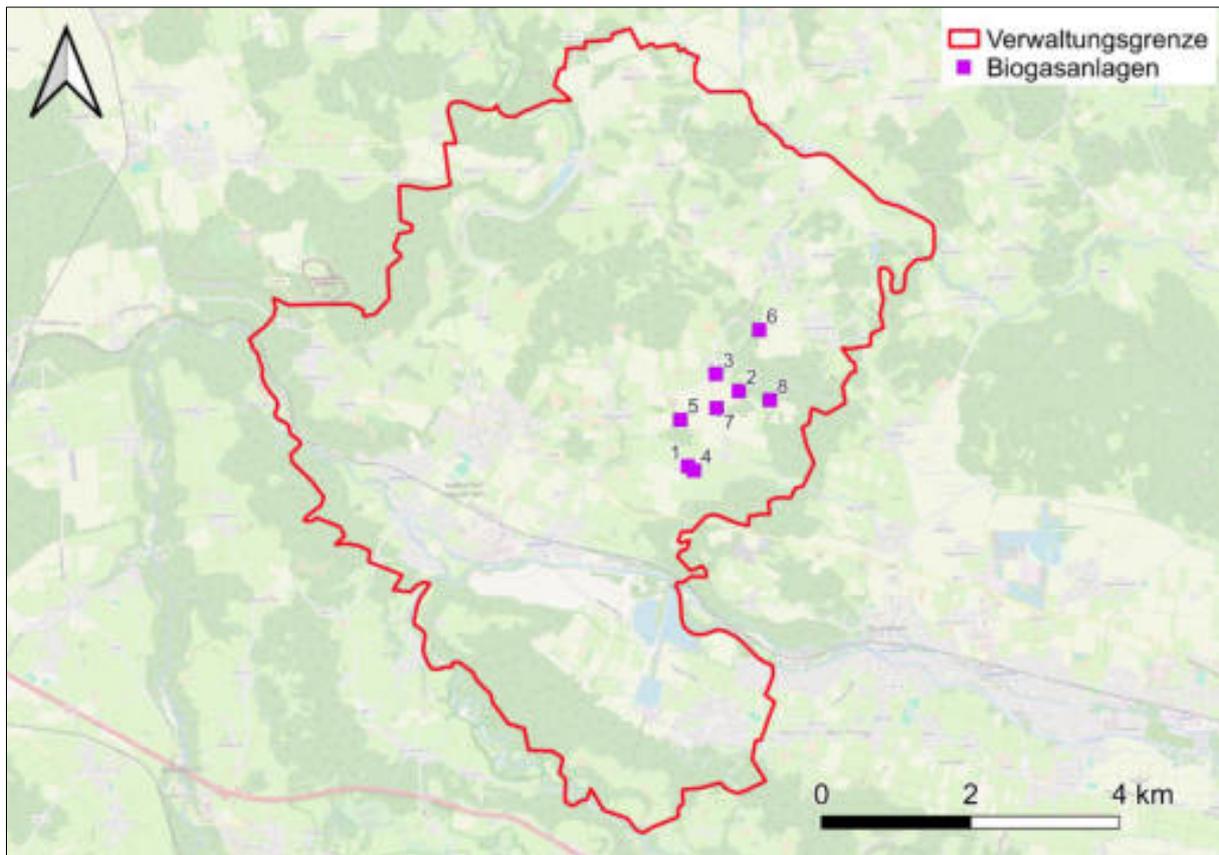


Abbildung 5: Übersicht der Biogasanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham mit Angaben der elektrischen Leistung in kW. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

3.1.3 Wasserkraftanlagen (EEG und nicht EEG gefördert)

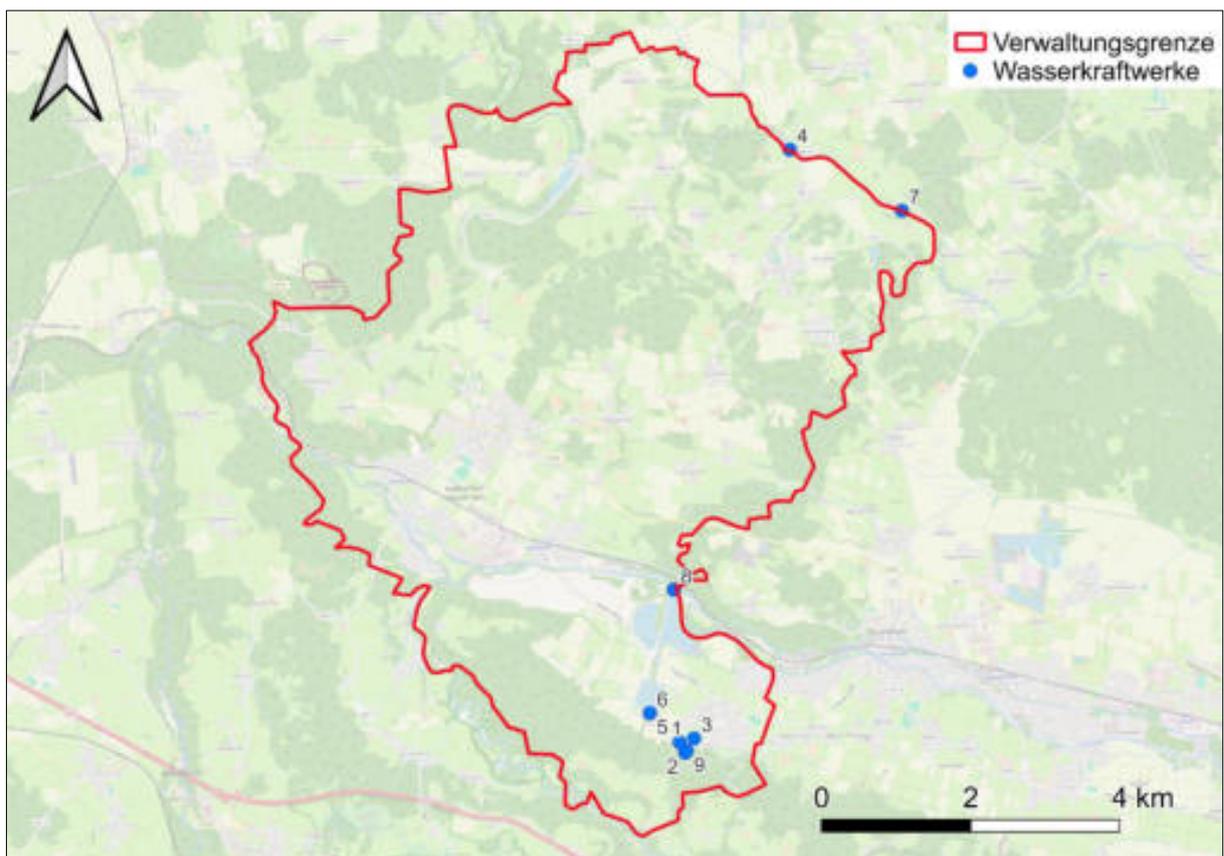
In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befinden sich 9 Wasserkraftanlagen. Es handelt sich bei mindestens 7 der Anlagen um Laufwasserkraftwerke, wovon eine schwellfähig ist. Das schwellfähige Laufkraftwerk befindet sich in der Leistungsklasse 501 – 999 kW. Die anderen 6 Laufkraftwerke liegen alle in der Leistungsklasse 0 – 500 kW. Gemäß Aussagen der Energieversorger wurden im Jahr 2022 durch die Wasserkraftwerke insgesamt ca. 473 MWh Strom eingespeist. Insgesamt wurde damit ca. 0,6% des Stromverbrauchs im Jahr 2022 durch Wasserkraftanlagen gedeckt. Dies ergibt eine Stromproduktion von ca. 42 kWh pro Einwohner im Jahr. Es muss hier jedoch angemerkt werden, dass von einer der Anlagen in Vagen die Erzeugungswerte fehlen.

Die Leitzachwerke 1 und 2 befinden sich ebenfalls in der Gemeinde und verfügen über eine mittlere jährliche Erzeugung von ca. 142.000 MWh pro Jahr. Sie gehören jedoch den Stadtwerken München an und fallen somit nicht in die Bilanz der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.



Tabelle 4: Übersicht der Wasserkraftanlagen in Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Marktstammdatenregister

#	Name der Einheit	Inbetriebnahmedatum	Bruttoleistung (kW)	Nettonennleistung (kW)
1	Voith Turbine Schloss Vagen	01.07.1906	10	6
2	Turbine EWG Vagen	02.01.1915	19	19
3	Generator Wiesboeck GbR	01.08.1919	7,5	4
4	ABR950824058070	10.12.1925	40	40
5	SWM Leitzach 3 M2	14.08.1964	355	355
6	SWM Leitzach 3 M1	15.08.1964	355	355
7	WKW Schnaitt	09.11.1965	79,1	79,1
8	SWM Leitzach Hausmaschine	08.04.1970	623	623
9	Wasserkraftwerk Konzept	31.01.1995	11	5

Abbildung 6: Übersicht der Wasserkraftanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps



3.1.4 Tiefengeothermie

Es sind zur Zeit des Konzeptes keine Tiefengeothermieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham vorhanden.

3.1.5 BHKW-Anlagen (EEG und KWK-Gesetz gefördert)

In der Gemeinde sind insgesamt 9 EEG und KWK-Gesetz-geförderten BHKW-Anlagen vorhanden, wovon eine (Mineralöl- BHKW) stillgelegt wurde. Die vorhandenen BHKWs werden in Tabelle 5 dargestellt. Geodaten zu den BHKW-Anlagen liegen nicht vor.

Tabelle 5: Übersicht der Blockheizkraftwerke in Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Marktstammdatenregister

Name der Einheit	Inbetriebnahmedatum	Energieträger	Bruttoleistung (kW)	Nettonennleistung (kW)
BHKW Dachs	24.01.2002	Mineralölprodukte	5,3	5,3
BHKW	13.09.2005	Erdgas	5,5	5,5
Rapsöl BHKW	21.09.2007	Biomasse	5	5
Dachs BHKW	10.05.2012	Mineralölprodukte	5,3	5,3
Lechner BHKW	22.11.2013	Erdgas	22	22
SWM Leitzach BHKW1	22.12.2016	Erdgas	19	19
BHKW	01.01.2020	Erdgas	9	8,5
BHKW	12.02.2021	Erdgas	7,5	7,5
BHKW 134 kW	01.11.2021	Erdgas	134	134



3.1.6 Solarthermische Anlagen

Daten zu solarthermischen Anlagen wurden vom Portal Solaratlas zur Verfügung gestellt. Der Ausbau von solarthermischen Anlagen in der Gemeinde steigt gemäß Abbildung 7 weiter an. Im Januar 2022 befanden sich in der Gemeinde 432 solarthermische Anlagen mit einer Kollektorfläche von 4.511 m². Bei einer eher konservativen Schätzung von 400 kWh/m² werden somit etwa 1,8 GWh/a an solarer Wärme in der Gemeinde erzeugt. Aus dem Energiekonzept Feldkirchen-Westerham vom März 2014, erstellt durch die ecb GmbH, wird ersichtlich, dass im Jahr 2011 ca. 783 MWh/a Wärme durch solarthermische Anlagen erzeugt wurde. Im Jahr 2011 betrug der Anteil solar erzeugter Wärme 0,8% am Gesamtwärmebedarf (ohne Industrie) der Gemeinde. Im Jahr 2022 wurde ca. 1,1 % der Wärme (ohne Industrie) durch solarthermische Anlagen erzeugt.

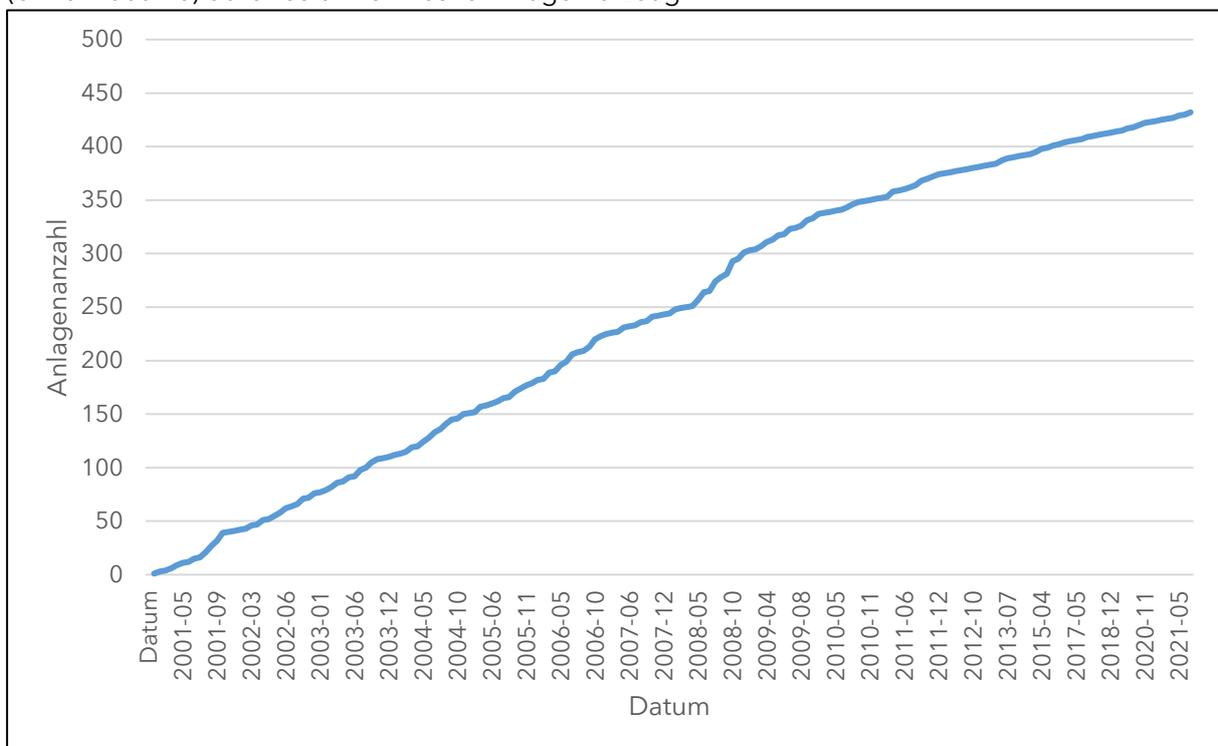


Abbildung 7: Entwicklung von solarthermischen Anlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Solaratlas

3.1.7 Wärmepumpen auf Basis oberflächennaher Geothermie

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befanden sich im Jahr 2023 33 Erdwärmesonden verteilt auf 7 Standorte (vgl. Abbildung 8). Die Erzeugungswerte dieser Anlagen ist nicht bekannt und kann ohne Umfrage nicht herausgefunden werden, was nicht Bestandteil der KWP ist. Die Endteufen der Bohrungen liegen zwischen 42 m und 74 m unter GOK. Im Jahr 2011 wurden gemäß Energiekonzept Feldkirchen-Westerham von ecb ca. 196 MWh/a durch Wärmepumpen erzeugt. Gemäß Wärmekataster und Zensus (2022) Daten wurde im Jahr 2022 ca. 10.522 MWh durch Wärmepumpen erzeugt.

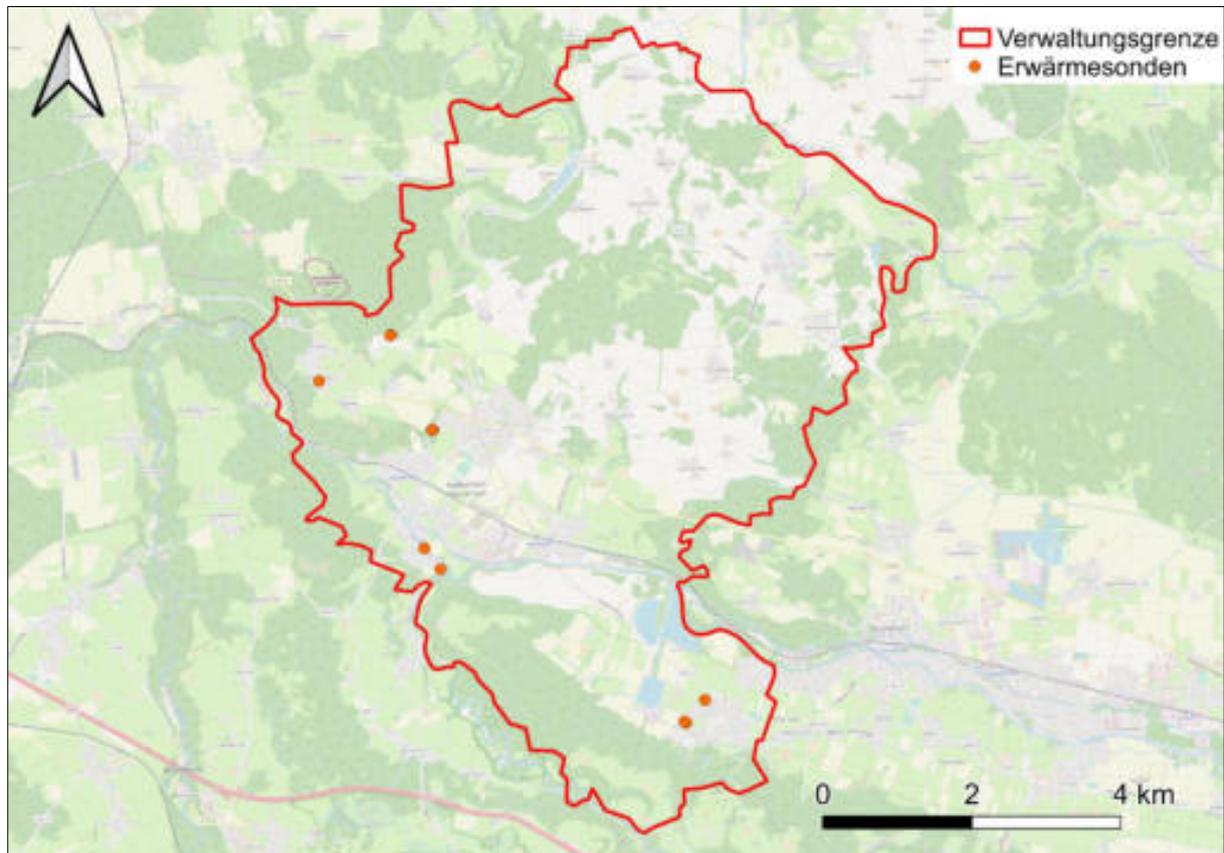


Abbildung 8: Übersicht der Erdwärmesonden in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

3.1.8 Gasnetze

Das Gasnetz der Gemeinde Feldkirchen-Westerham wird betrieben durch die Energienetze Bayern GmbH & Co. KG. Die Datenbasis beruht auf der Abrechnungsperiode 2021/2022, welche von Juli bis Juni des Folgejahres läuft.

Tabelle 6: Übersicht der Gasverbräuche in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham in der Abrechnungsperiode 2021 - 2022

2021/2022	Großverbraucher	Kleingewerbe	Haushalte	Summe
Anzahl Entnahmestellen	7	69	720	796
Erdgasbezug	116.787 MWh	7.038 MWh	20.415 MWh	144.240 MWh
Prozentsatz	80,97%	4,88%	14,15%	100%
Verbrauch pro Entnahmestelle	16.684 MWh	102 MWh	28.355 kWh	

Obwohl es in der Gemeinde nur 7 Großverbraucher gibt (0,9 % der Abnahmestellen), sind diese verantwortlich für 81 % des Gasverbrauchs der Gemeinde. Das Gasnetz in Feldkirchen-Westerham ist ca. 56 km lang. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, wird nicht jeder Ortsteil versorgt. Etwa 10 km Hochdruckleitungstrasse sind vorhanden (Dimension 200 mm, Druck größer 5 Bar). Es sind ca. 46 km Versorgungsleitungen in der Gemeinde verzeichnet (Dimension 110 mm, Druck bis 1 Bar). Die Daten wurden von der Energienetze Bayern GmbH & Co. KG als PDF-Pläne bereitgestellt. Geodaten konnten nicht übergeben werden. Die PDF-Pläne wurden georeferenziert und das Netz händisch nachgezeichnet. Somit sind die mitgelieferten Geodaten nicht metergenau und nicht zur Leitungsortung geeignet. Zudem fehlten die Pläne für die Bereiche zwischen Feldolling und Vagen sowie nördlich von Aschbach. Hier wurden die Trassenverläufe gemäß des Leitungsverlaufes geschätzt und vervollständigt.

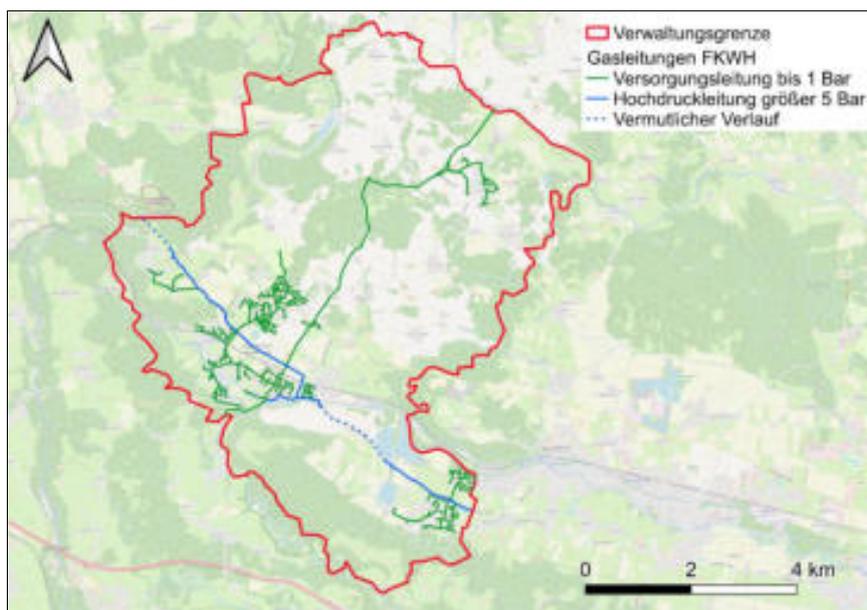


Abbildung 9: Übersicht des Netzbereichs der Energienetze Bayern. Datenquelle: Energienetze Bayern. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

3.1.9 Stromnetze der Mittelspannungs- und Hochspannungsebene

Im Südosten der Gemeinde befindet sich der Ortsteil Vagen, der über einen eigenen Elektrizitäts- und Wasserversorgungsgenossenschaft, die EWG Vagen, verfügt. Die EWG Vagen eG versorgt etwa 530 Haushalte mit Strom über ihr Niederspannungsnetz. Im Jahr 2022 wurden insgesamt 2.309 MWh Strom verbraucht. Das Netz hat eine Länge von ca. 12 km. Die eingespeisten Strommengen aus erneuerbaren Energieanlagen (110 PV-Anlagen, 5 Wasserkraftwerke) betragen im Jahr 2022 1.292 MWh. Im Ortsteil Vagen werden 27 Wärmepumpen betrieben, die, zusammen mit den anderen erwähnten EEG-Anlagen im Jahr 2022 154 MWh verbraucht haben, davon 104 MWh im HT und 50 MWh im NT.

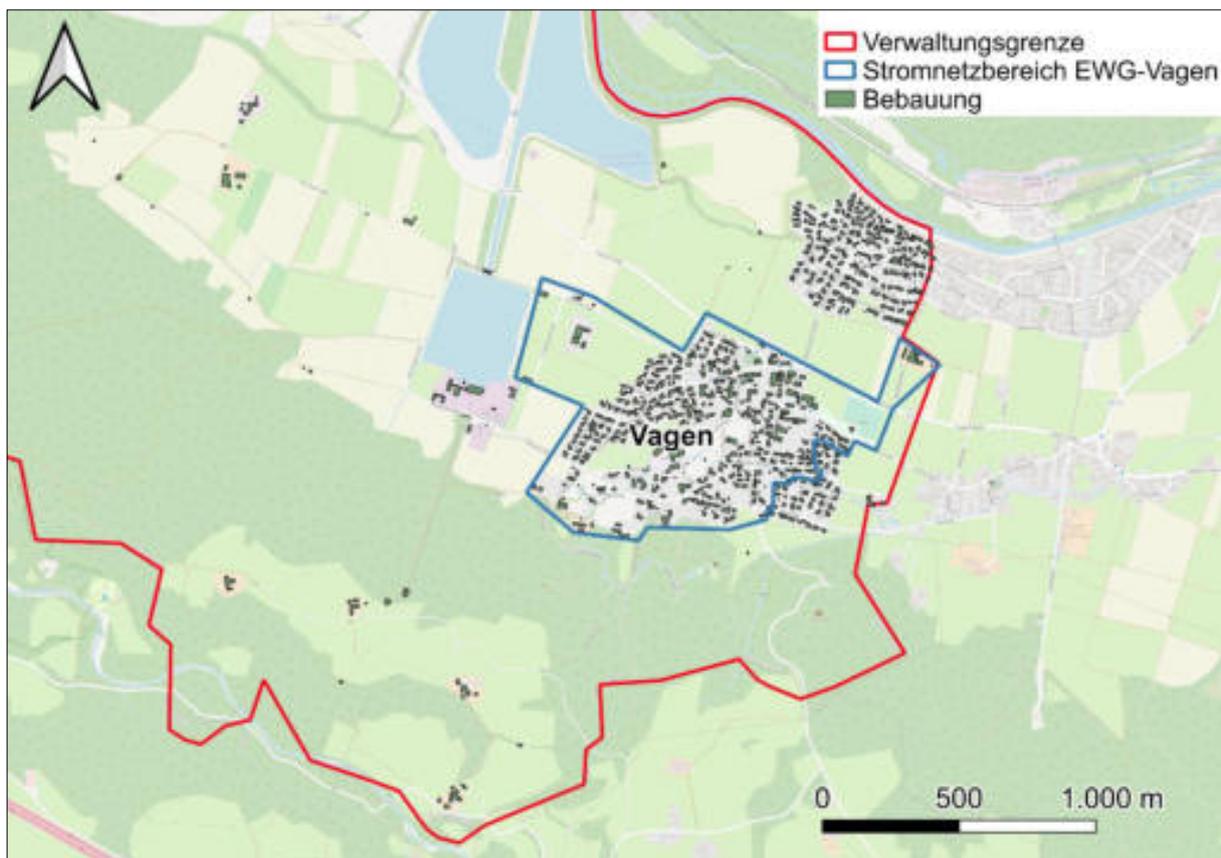


Abbildung 10: Übersicht des Netzbereichs der EWG-Vagen. Datenquelle: EWG-Vagen.
Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Die restlichen Flächen der Gemeinde Feldkirchen-Westerham werden von der Bayernwerk Netz GmbH mit Strom versorgt. Insgesamt wurden in diesem Bayernwerk Netz in der Gemeinde 83.443 MWh Strom verbraucht im Jahr 2021. Eingespeist wurden 44.384 MWh durch erneuerbare Energieanlagen im Jahr 2022. Das Bayernwerk Netz besteht aus etwa 84 km Mittelspannungs- und 111 km Niederspannungsnetz. Insgesamt gibt es etwa 79 km Hausanschlüsse und 58 km Kabel der Straßenbeleuchtung.



Tabelle 7: Abgerechnete Anlagen und Absatzmengen im Bayernwerk Stromnetz im Jahr 2021.
Quelle: Bayernwerk Netz GmbH

Kundengruppen nach aktuellem Lastprofil	Anlagen	Absatzmenge (MWh)
monatliche Letztverbraucher	39	61.493
Summe monatliche Letztverbraucher	39	61.493
Straßenbeleuchtung (Verteiler)	673 (7)	74
jährliche private Letztverbraucher	4.181	12.455
jährliche gewerbliche Letztverbraucher	809	5.175
Landwirtschaft	110	1.636
Speicherheizung	118	947
Wärmepumpen/ Direktheizung getrennte Messung	259	1.663
Summe jährliche Letztverbraucher	5.484	21.950
Gesamt	5.523	83.443

Tabelle 8: Einspeiser im Bayernwerk Netz im Jahr 2022. Quelle: Bayernwerk Netz GmbH

Energieträger	Anlagen	installierte Leistungen (kW)	Erzeugung (MWh)
KWK	7	53,90	198
Solar	816	13.652,75	12.711
Wasser	2	119,10	300
Biomasse	9	9.530,00	31.374
EEG Gesamt	827	23.301,85	44.384

Insgesamt wurden somit in den zwei Stromnetzen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham im Jahr 2021/2022 85.753 MWh Strom verbraucht. Abbildung 11 und Tabelle 9 zeigen den Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtstrombedarf in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.



Tabelle 9: Deckung des Stromverbrauchs nach Erzeugung

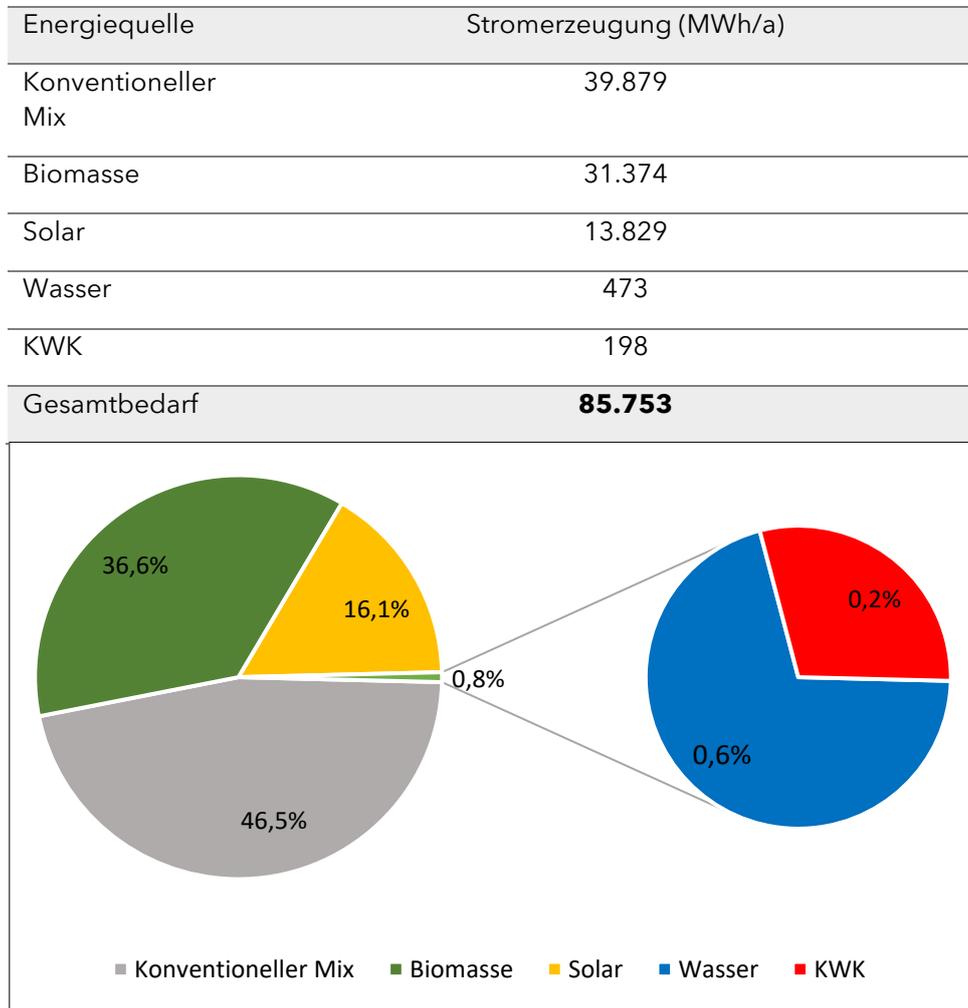


Abbildung 11: Deckung des Stromverbrauchs nach Erzeugung

3.1.10 Wärmenetze

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befindet sich kein Fernwärmenetz. Es werden einige kleine, private Nahwärmenetze betrieben, deren Daten in der Tabelle 10 zusammengefasst werden. Es wird davon ausgegangen, dass ca. 3 % des Wärmeverbrauchs privater Haushalte derzeit durch diese Netze gedeckt wird.

Tabelle 10: Übersicht der Bestandwärmenetze in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.

Adresse Heizzentrale	Netzeigentümer	Betreiber	Medium	Kesselleistung	Versorgte Gebäude
Ollinger Str. 15	Gemeinde	MW Biomasse	Hackschnitzel + Öl	220 kW	4
Salzstr. 11	Gemeinde + Klier	Gemeinde + Klier	Hackschnitzel + Gas	350 kW	12
Westerhamer Str. 9	Niedermayr	Niedermayr	?	?	2
Karl-Weigl-Platz 2	Gemeinde	MW Biomasse	Hackschnitzel + Gas	300 kW	7
Miesbacher Str. 17	Schulte	Schulte	Hackschnitzel, Gas, Solarthermie	220 kW, 150 kW, 42 kW	6
Unterlaus 9	Ostermaier	Ostermaier	Hackschnitzel + ?	?	3
Dorfstraße 38	Stacheter	Stacheter	?	?	8

Zudem laufen zurzeit Planungsarbeiten zu fünf weiteren Wärmenetzen in der Gemeinde. Das Fortschreiten der Planungen und potenzielle Umsetzungen werden in zukünftigen Aktualisierungen der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt.

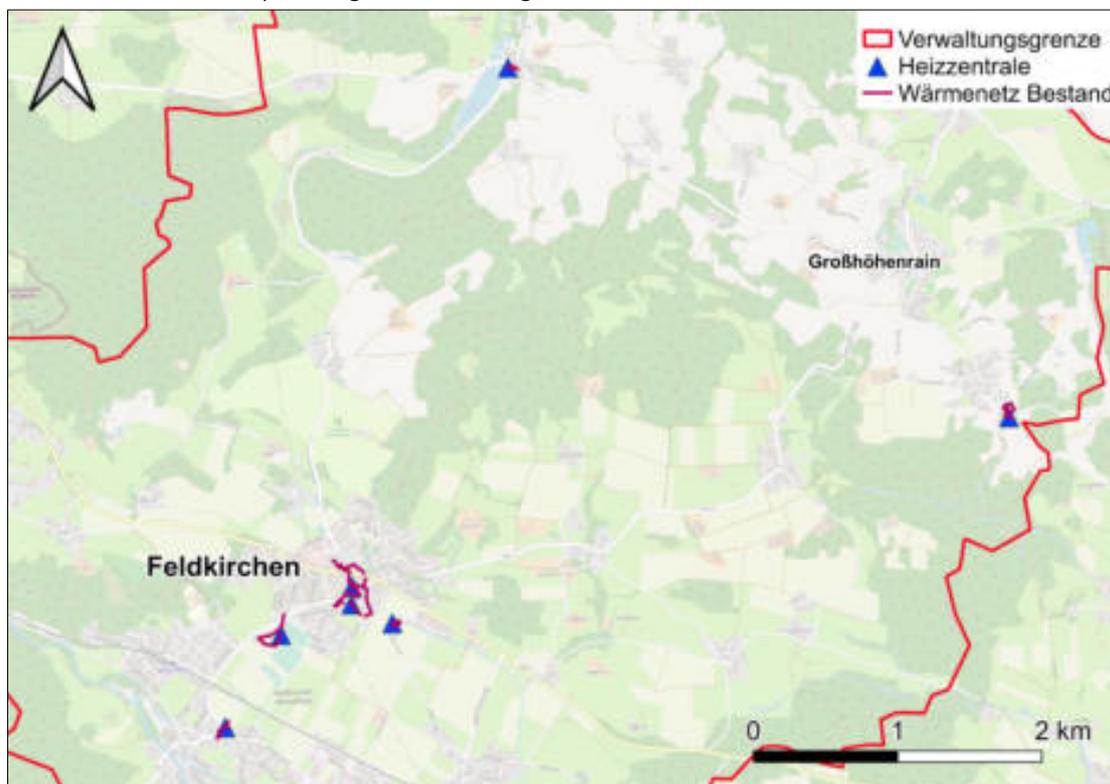


Abbildung 12: Übersicht der Wärmenetze in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps



3.2 Wärmeverbrauch

3.2.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

Das Wärmekataster wurde zuerst für den ENP gemäß Kap. 3.3.4 des Leitfadens KWP¹ mittels einer gebäudebezogener Wärmebedarfsermittlung erstellt. Für den Bereich Wohnbau wurden die Werte des dena-Gebäudereports 2016² benutzt, da diese erfahrungsgemäß für den Bereich Wohnbau realistischer sind. Im Juni 2024 wurde der neue Leitfaden Wärmeplanung, inklusive Technikkatalog, veröffentlicht³. Die neuen Werte des KWW sorgen für eine klare Reduzierung des berechneten Wärmebedarfs im Sektor Wohnbau, jedoch auch für einen erheblichen Anstieg beim Wärmebedarf in den Sektoren GHD und kommunalen Gebäuden. In einem Vergleich mit realen Daten des Wärmenetzes wurde ermittelt, dass die KWW-Werte im Bereich Wohnbau näher an der Realität waren als die von Dena 2016. Umgekehrt befinden sich die Werte der kommunalen und GHD-Gebäude in der Dena 2016 Studie näher an der Realität. Zudem lagen aus der Bearbeitung des ENPs bereits einige Realdaten aus diesen Sektoren vor. Das Wärmekataster aus dem ENP wurde somit nur im Bereich Wohnbau mit den Werten des KWW Technikkataloges aktualisiert. Die Baujahre wurden gemäß Zensus-Daten (2011) ermittelt.

Um die Mitbetrachtung von Gebäuden wie Garagen und Gartenhäuser so weit wie möglich zu reduzieren, wurden nur Gebäude mit einer Gebäudefläche von mindestens 40 m² berücksichtigt. Zudem wurden die Gebäude nach Funktion (ALKIS) sortiert.

Eine Ermittlung gebäudescharfer Daten war anhand der Datenlage in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham sowie im Rahmen des Auftrages gemäß WPG nicht möglich.

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befinden sich viele Landwirtschaftlichen Betriebe. Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs der Ställe wurden Werte aus der Broschüre „Energieeffizienzverbesserung in der Landwirtschaft“ des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V.⁴ hergezogen. Aus den Heizenergieverbrauchswerten pro Tier/a, sowie üblichen Verhältnissen von Tieren/m² wurde einen Mittelwert von 5 kWh/m² Stallfläche ermittelt. Pro Betriebszweig kann es hierbei jedoch zu erheblichen Unterschieden kommen.

¹ Leitfaden KWP Teil I: Bestands- und Potenzialanalyse. StMUG, StMWIVT, OBB. Stand 09.08.2010.

² Dena-Gebäudereport 2016 – Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. 2016, dena (Deutsche Energie-Agentur)

³ Technikkatalog Wärmeplanung. 06.2024, Prognos AG; ifeu; IER

⁴ Energieeffizienzverbesserung in der Landwirtschaft. Verband der Landwirtschaftskammern e. V., 2009



Insgesamt werden gemäß Wärmekataster in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham pro Jahr ca. 355.227 MWh Wärme verbraucht. Dies ergibt eine Minderung des ermittelten Verbrauches von 17.543 MWh im Vergleich zum ENP aus dem Jahre 2023.

3.2.2 Energiebilanz Wärme in Betrachtungsgebiet

3.2.2.1 Private Haushalte

Es konnten bei der Bearbeitung des ENP, trotz mehrmaliger Versuche bei sowohl den örtlichen Kaminkehrern als auch bei dem LfStat (Bayerisches Landesamt für Statistik), keine Kaminkehrerdaten bezogen werden. Eine gesetzliche Grundlage für die Herausgabe der Kaminkehrerdaten wurde erst während der Konzeptbearbeitung aufgesetzt, was dazu geführt hat, dass im Bearbeitungszeitraum keine der beiden Quellen die Daten herausgeben konnte. Für die Bearbeitung der KWP wurden aufgrund der bereits vorliegenden Datenlage keine Kaminkehrerdaten angefragt. Die Heizungsdaten basieren auf 3 durchgeführten Umfragen in den Ortsteilen Großhöhenrain, Kleinhöhenrain und Ölbergring. Private Haushalte in Feldkirchen-Westerham verbrauchen pro Haushalt im Schnitt ca. 34 MWh pro Jahr an Wärme. Dieser Wert ist überdurchschnittlich hoch, lässt sich jedoch teilweise durch die große Menge an großen Einfamilienhäusern erklären. Etwa die Hälfte aller Wohnungen verfügt noch über eine Ölheizung. Öl- und Gasheizanlagen sind zusammen für über 75% der Heizungsanlagen verantwortlich. Nachhaltige Heizungsarten wie Wärmepumpen, BHKWs und Pellets sind nur bei etwas mehr als 10% der Privathaushalten vorhanden. Die vorhandenen Kessel stammen zu ca. 25 % aus dem 20. Jahrhundert.

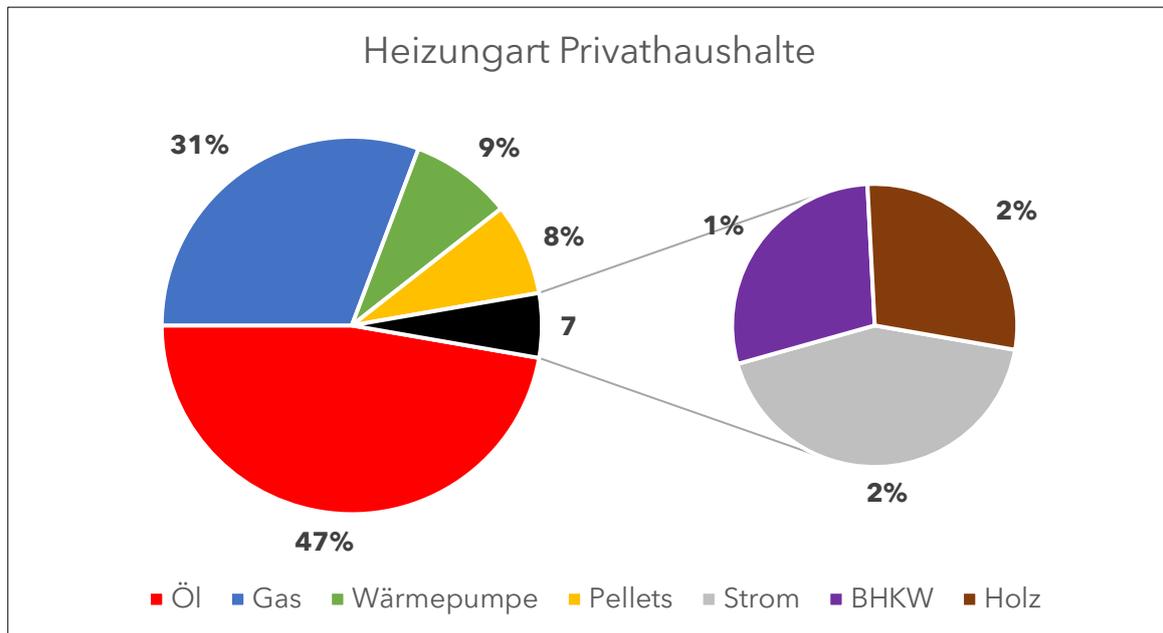


Abbildung 14: Heizungsarten der privaten Haushalte in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham.

Gemäß Zensus Daten (2022) ergibt sich folgende Heizungsartverteilung in der Gemeinde.

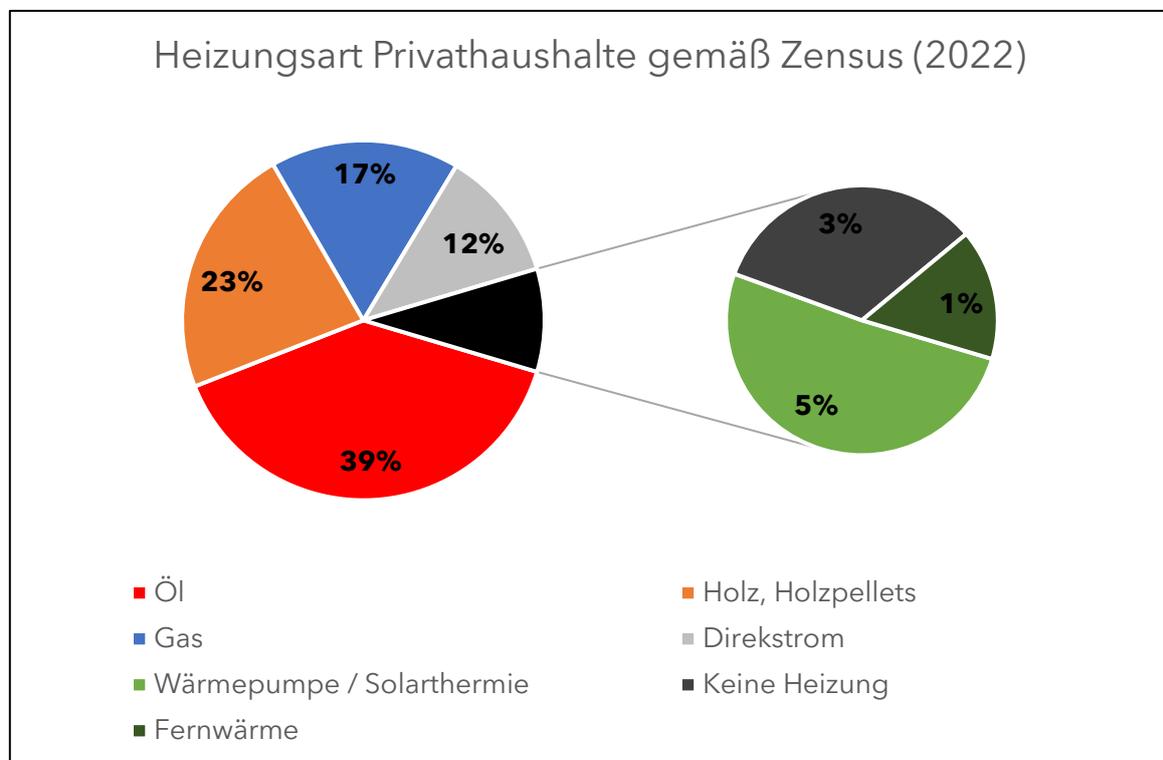


Abbildung 13: Heizungsarten der privaten Haushalte gemäß Zensus (2022)



Es zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Datensätze. Vor allem in den Energieträger Gas, Holz und Holzpellets sowie Direktstromheizungen. Fast ein Drittel der Privathaushalte heizt zusätzlich mit Holz, zum Beispiel mit Kachelöfen, wodurch sich der tatsächliche Verbrauch schlecht einschätzen lässt. In der Gemeinde befinden sich gemäß Statistik Kommunal 2.920 Wohngebäude, wovon 2.602 aus Einfamilien- oder Doppelhäusern bestehen. Die restliche 318 Wohnungen befinden sich in Mehrfamilienhäusern. Dies ergibt gemäß Berechnungsgrundlage des Leitfadens Energienutzungsplan⁵ ein Wärmebedarf von ca. 109.000 MWh pro Jahr. Gemäß dem erstellten Wärmekataster ergibt sich für private Haushalte ein Wärmebedarf von etwa 98.283 MWh (im Vergleich zu 116.956 MWh aus dem ENP) pro Jahr. Aufgrund des hohen Anteils Holzheizungen, wird der Verbrauch gemäß Wärmekataster als realistischer eingeschätzt.

Private Haushalte in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham verbrauchen pro Haushalt im Schnitt 20,3 MWh pro Jahr an Wärme. Der Sektor private Haushalte ist für ca. 28 % des Gesamtwärmeverbrauchs in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham verantwortlich.

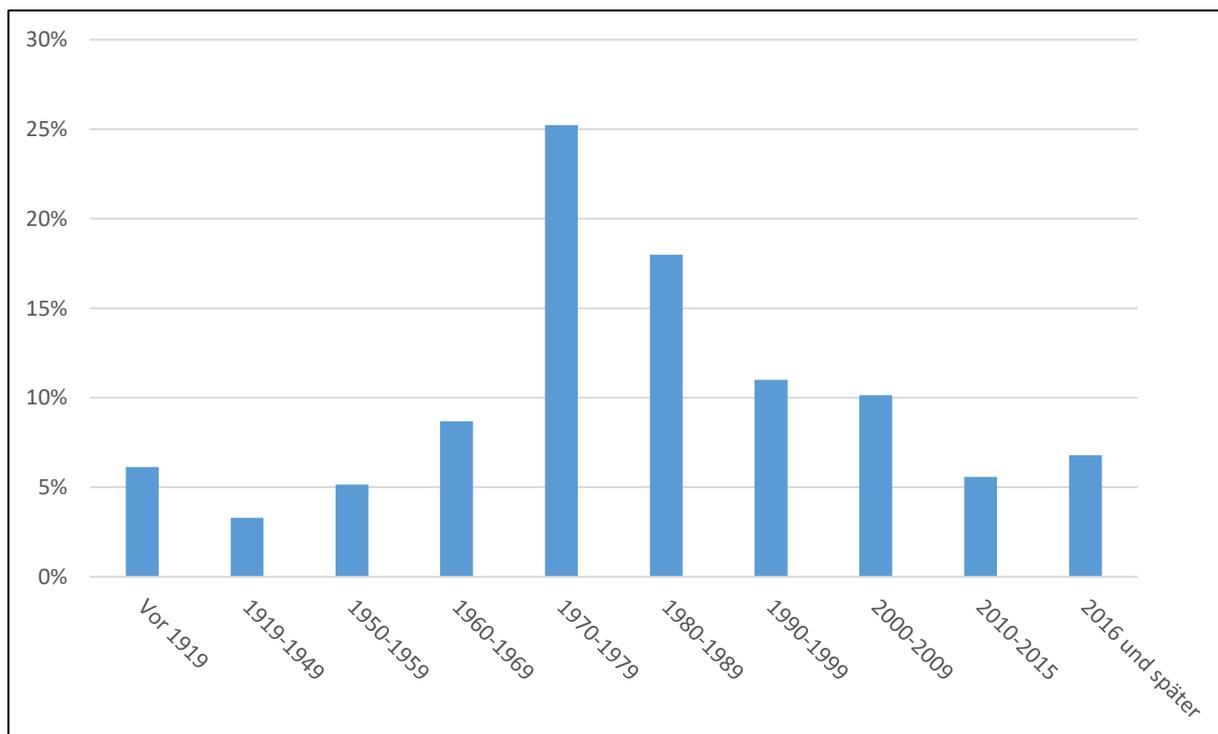


Abbildung 15: Baujahrsverteilung der Wohngebäude in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham gemäß Zensus (2022)

⁵ Leitfaden Energienutzungsplan Teil I: Bestands- und Potenzialanalyse. StMUG, StMWIVT, OBB. Stand 09.08.2010.



3.2.2.2 Öffentliche Gebäude

Die Daten des kommunalen Wärmebedarfs entstammen dem Energiebericht 2022⁶. Der Sektor kommunale Liegenschaften ist mit 1 % die kleinste Wärmeverbrauchsgruppe.

Tabelle 11: Wärmebedarf der einzelnen kommunalen Liegenschaften

Gebäude	Wärmeträger	Wärmeverbrauch (MWh)	Anteil %
Bauhof Feldolling	Nahwärme (Klärgas)	77	2,7
Feuerwehr Feldolling	Holzpellets	29	1,0
Feuerwehrhaus Höhenrain	Strom	26	0,9
Feuerwehrhaus Vagen	Erdgas	77	2,7
Gemeindebücherei Feldk./Westerh.	Erdgas	67	2,4
Gemeindehaus u. Kindergarten Höhenrain	Heizöl	92	3,2
GS/HS/MS/Mensa Feldk./Westerh.	Nahwärme (Hackschnitzel, Erdgas)	869	30,5
Mangfallhalle	Nahwärme (Hackschnitzel, Erdgas)	112	3,9
Feuerw. Feldk./Westerh.	Nahwärme (Hackschnitzel, Erdgas)	147	5,2
Kultur- und Sportzentrum	Nahwärme (Hackschnitzel, Erdgas)	97	3,4
Grundschule Höhenrain	Heizöl	84	3,0
Grundschule und MZH Vagen	Erdgas	227	8,0
Kindergarten Bucklberg Feldk./Westerh.	Erdgas	105	3,7
Kindergarten Feldk./Westerh.	Heizöl / Holzpellets ab 08/21	84	3,0
Rathaus Feldk./Westerh.	Nahwärme (Hackschnitzel, Erdgas)	92	3,2
Kinderhaus Westerham	Nahwärme (Hackschnitzel)	76	2,7
Alte Post	Erdgas	36	1,3
Feuerwehr Unterlaus	Nahwärme	6	0,2
MFH Bachlände	Erdgas	48	1,7
MFH Lindenweg	Erdgas	51	1,8
Ollinger Str. 15	Nahwärme Biomasse	169	5,9
Ollinger Str. 15 a	Nahwärme Biomasse	67	2,4
Ollinger Str. 15 b	Nahwärme Biomasse	63	2,2
Klärwärter Wohnhaus (EBF)	Heizöl	35	1,2
Ludwig-Thoma-Str. 14 + 14a	Pellets	20	0,7
Ludwig-Thoma-Str. 14b	Pellets + Erdgas	89	3,1
Summe		2.845	100,0

⁶ Energiebericht 2022, Kommunales Energiemanagement Feldkirchen-Westerham. 17.05.2023, Gemeinde Feldkirchen Westerham, Nico Hirsemann. Stand: 12.05.2023



Die Grund-, Hoch- und Mittelschule zusammen mit der Mensa ist mit einem Anteil von über 30 % mit Abstand das kommunale Gebäude mit dem höchsten Wärmebedarf. Weitere kommunale Großverbraucher sind die Grundschule und MZH-Vagen, sowie manche Feuerwehrhäuser. Maßnahmen hinsichtlich Dämmung und Effizienzsteigerung sollten in allen Liegenschaften gesucht werden, insbesondere in den Schulen und im Sportzentrum. Einige Gebäude wurden in den letzten Jahren bereits saniert, wie die Grundschule und MZH-Vagen und das Rathaus. Positiv anzumerken ist, dass über 40% der Gebäude über Nahwärmenetze auf Basis erneuerbarer Energieträger versorgt werden.



3.2.2.3 Wirtschaft

In der Gemeinde sind 4.686 Gewerbe angemeldet. Dominiert wird die Gemeinde unter anderem durch die Unternehmen Höhenrainer Delikatessen GmbH, das Spinner Werk Westerham, W.L. Gore & Associates und die Neenah Gessner Papierfabrik. Eine Umfrage aller einzelnen Gewerbe der Gemeinde war in diesem Konzept nicht möglich. Aus den Gasverbrauchsdaten wird klar, dass die Wirtschaft einen Großteil des Wärmeverbrauchs darstellt. Etwa 86% wird durch Industrie und GHD (Gewerbe-Handel-Dienstleistungen) verbraucht. Innerhalb der Wirtschaftsbranche sind jedoch lediglich 7 Großverbraucher für 94% des Gasverbrauchs verantwortlich.

Vier der angefragten Industriefirmen gaben eine Rückmeldung auf der Anfrage zu Verbrauchsdaten. Diese werden in der Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Strom- und Wärmeverbrauch der 4 großen Industriebetriebe in Feldkirchen-Westerham.

Firma	Spinner GmbH	W. L. Gore & Associates GmbH	Höhenrainer Delikatessen GmbH	Neenah Gessner GmbH
Stromverbrauch (MWh)	3.035	955	3.500	45.200
Wärmeverbrauch (MWh)	1.810	1.515	4.700	180.000
Heizwärme (%)	93,4	100	25	/
Prozesswärme (%)	6,6	0	75	/
Heizungsart	Erdgas & Öl	Erdgas	Gas & Pellets	Erdgas & Sonstiges

Insgesamt werden durch die Wirtschaft in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham ca. 252.969 MWh Wärme pro Jahr verbraucht.

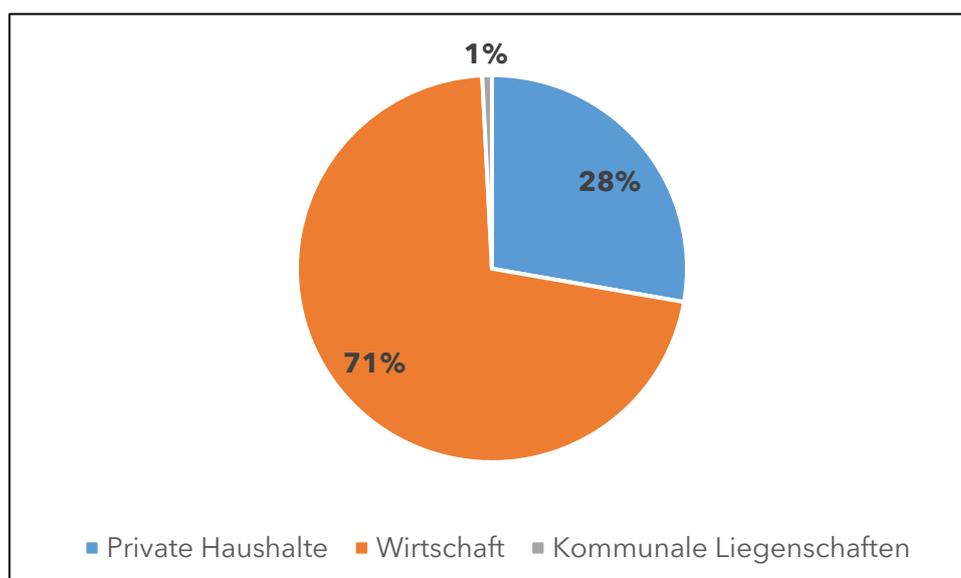


Abbildung 16: Verteilung des Wärmeverbrauchs nach Sektor in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham



3.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

Insgesamt werden in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham gemäß aktueller kommunaler Wärmeplanung 355.227 MWh Wärme verbraucht. In der nachfolgenden Tabelle wird der CO₂-Ausstoß für den Wärmeverbrauch berechnet. Hierfür wurden die CO₂-Faktoren gemäß Technikkatalog Wärmeplanung benutzt⁷. Für die Wärmepumpen wurde der CO₂-Faktor anhand einer Jahresarbeitszahl von 3,0 berechnet.

Tabelle 13: Aufteilung des Wärmeverbrauches nach Energieträger und CO₂-Bilanz

	%	MWh	CO ₂ -Ausstoß (t)
<u>Dezentrale Wärme</u>	97%	345.418	
davon Wärmepumpen	3%	10.522	1.750
davon Biomasse	7%	23.395	468
davon Fossil	66%	234.501	62.467
davon sonstiges	22%	77.000	7.274
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	9.809	
davon Wärmepumpen	0%	-	0
davon Biomasse	94%	9.266	185
davon Fossil	5%	487	117
davon sonstiges	1%	57	0
Summe	100%	355.227	72.261

⁷ Technikkatalog Wärmeplanung. 06.2024, Prognos AG; ifeu; IER

4. Potenzialanalyse Energieeinsparung

An erster Stelle hat das Nutzerverhalten einen hohen Einfluss auf den Wärmeverbrauch. Neben der Optimierung des Nutzerverhaltens kann vor allem durch Gebäudedämmung Energie eingespart werden. Besonders in älteren Gebäuden steckt erhebliches Einsparungspotenzial 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 17 veranschaulicht die ungefähren Verluste durch die einzelnen Bauteile.

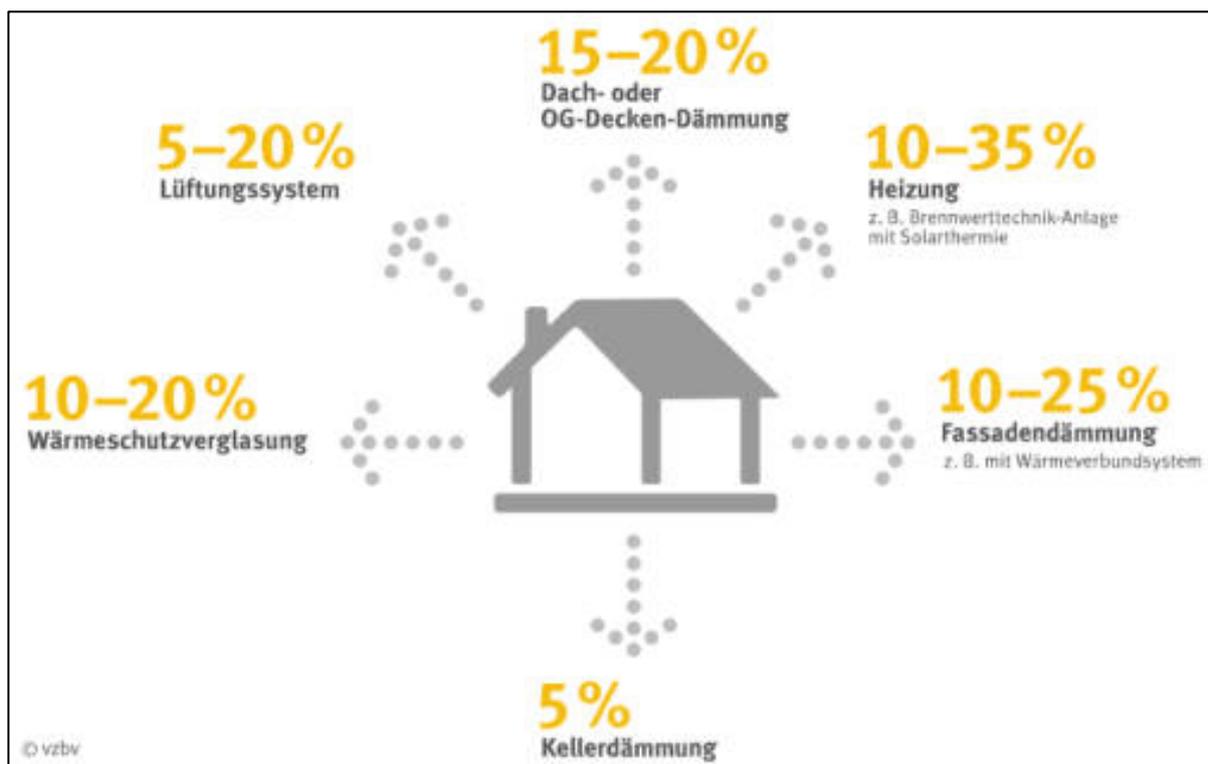


Abbildung 17: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.

Es können verschiedene Maßnahmen zur Gebäudesanierung durchgeführt werden, um die Effizienz eines Hauses zu steigern. Hierzu zählen: Fassadendämmung, Dachdämmung, Dämmung der Geschosdecke und Bodenfläche, Fenster- und Türenaustausch, Optimierung der Lüftung (Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) und das Modernisieren der Heizungsanlage. Fast alle



Maßnahmen zur Effizienzerhöhung von Gebäuden werden zurzeit über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert. Durch Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahmen können die Verbrauchswerte erheblich reduziert werden.

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 Umsetzung eines Teils der beschriebenen Sanierungsmaßnahmen sowie durch besseres Nutzungsverhalten kann auch hier eine große Menge an Heizenergie eingespart werden.

Die Wirtschaftsbranche ist sehr vielfältig und lässt sich aufgrund der vielen verschiedenen Gewerbe nur schwer pauschalisieren. Generell wird hier ein Unterschied zwischen GHD und Industrie gemacht. Die GHD-Branche lässt sich näherungsweise mit den privaten Haushalten vergleichen. Auch hier sind Änderungen des Nutzungsverhaltens sowie Gebäudesanierungen von höchster Relevanz. Für die Industrie in Feldkirchen-Westerham kann aufgrund der hohen Diversität und Komplexität keine Einschätzung des Einsparpotentials gemacht werden. Einige der Industriefirmen gaben jedoch an, bereits mehrere Maßnahmen umzusetzen, um den Verbrauch zu reduzieren, wie z.B. kontinuierliches Motorenaustauschprogramm, LED-Umstellung, Wärmerückgewinnungen, PV-Anlage auf dem Dach, Elektro- und Hybridfahrzeuge im Fuhrpark des Unternehmens, neue Isolierung von Kühlräumen etc.

Eine generelle Sanierungsrate von ca. 1,5 % in Anlehnung an die EU-Effizienzrichtlinie (Energy Efficiency Directive, 1,5% Energieeinsparung pro Jahr) entspricht ebenfalls grob die Annahmen zur Sanierungspotenzial des KWW.

Die Einsparpotenziale werden in Tabelle 14 veranschaulicht.

Tabelle 14: Sanierungspotenzial in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham

Jahr	2022	2030	2035	2040	2045
Wärmebedarf (MWh/a)	355.227	314.772	291.862	270.619	250.922
%	100 %	89%	82%	76%	71%

Insgesamt wird deutlich, dass sich sowohl durch 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 vor allem durch verstärkte Informationspolitik, Öffentlichkeitsarbeit, finanzielle Förderungen und klare Vorgaben der Zielsetzungen erreichbar.



5. Potenzialanalyse Energieerzeugung

In diesem Kapitel werden theoretische Potenziale ermittelt. In der Realität senken jedoch Einflussfaktoren, wie z. B. 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

Die kommunale Kläranlage von Feldkirchen-Westerham liefert aufgrund der zu langen Leitungswege und zu geringen Nachtdurchfluss kein Potenzial für Abwärme-Wärmepumpen.

In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham gibt es gemäß Energie-Atlas Bayern zudem noch 5 potenzielle Abwärmequellen, die eine Gesamt Abwärmemenge von 19,4 GWh aufzeigen. Gespräche mit einer der Abwärmequellen, die Westerhamer Veredlungsgesellschaft Preisler GmbH & Co. KG, zeigten jedoch, dass zurzeit kein Abwärmepotenzial vorhanden ist.

Tabelle 15: Abwärmepotenzial in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

Name	Abwärmemenge gesamt (GWh)	Wärmeträger	Anzahl der Anlagen	Temperaturbereich (°C)	Betriebsdauer (h/a)
"Bioenergie Moser GmbH & Co. KG, Flurnr. 1828 Reitbahn"	7,5	gasförmig	3	222.0 - 482.0	8.750
"Bioenergie Moser GmbH & Co. KG, Flurnr. 2109 Putenstall"	2,8	gasförmig	2	232.0 - 542.0	1.650 - 6.500
Glockner Bioenergie GbR	1,8	gasförmig	2	274.0 - 348.0	2.000 - 8.500
Neenah Gessner GmbH	5,6	gasförmig	5	84	7.700 - 8.000

Im Industriegebiet Weidach (Westerham) wurden bereits erste Planungsschritte gesetzt, um das Abwärmepotenzial der Neenah Gessner GmbH sinnvoll zu nutzen. Hierfür wurden bereits Ausbauabschnitte definiert, die unter anderem die Firmen Spinner GmbH und W. L. Gore & Associates, Inc., sowie auch Wohngebiete als Abnehmer identifiziert haben. Weitere Planungsschritte stehen noch aus. Bei einer Nachfrage zu detaillierten Angaben der Abwärmemengen wurden folgenden Schätzungen übermittelt:

- Abluft Papiermaschinen, 5-10 MW, Temperaturen 90 bis 140 °C
- Abluft Veredelungsanlagen, ca 2-5 MW, (bereits in Verhandlungen mit der Gemeinde bzgl. einer Nutzung)
- Abwasser 20 bis 30 °C bei ca 1200-1500 m³/d



5.2 Solarthermie

Die Sonnenenergie ist eine im menschlichen Maße unerschöpfliche Energiequelle. Pro Jahr treffen auf das Gemeindegebiet von Feldkirchen-Westerham ca. 1.165 kWh/m², oder ca. 61.823.000 MWh an solarer Strahlung. Das entspricht dem 162-fachen des gesamten Energiebedarfs Feldkirchen-Westerhams. Der allergrößte Teil dieser Energie ist jedoch nicht nutzbar, da die Strahlung auch auf Waldflächen, Straßen oder Wasseroberflächen trifft. Zudem ist die Umwandlung von Strahlungsenergie in Wärme oder elektrische Energie immer mit Verlusten verbunden. Eine handelsübliche Photovoltaikanlage erreicht heutzutage, 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 jedoch noch Systemverluste in geringem Ausmaß an. Daneben hängt das Potenzial noch von den verfügbaren und brauchbaren Flächen zur Installation von PV- oder solarthermischen Kollektoren ab. Generell muss bei dieser Energieform berücksichtigt werden, dass die Auswertungen und Analysen rein bilanzieller Natur sind. Das geläufige Problem, dass Solarenergie nicht zwingend dann anfällt, wenn der Energiebedarf gerade vorhanden ist, kann im Zuge einer solchen Studie nicht berücksichtigt werden. Ansätze zur Abmilderung dieses Dilemmas, wie Stromspeicher, Langzeitwärmespeicher etc. befinden sich zum Teil bereits auf dem Markt und sind Gegenstand der aktuellen Forschung. Im Folgenden werden nun die Potenziale für Solarthermie und Photovoltaik analysiert und den jeweiligen Wärme- und Stromverbräuchen gegenübergestellt. Die dabei verwendeten unterschiedlichen Erhebungs- und Bilanzierungsansätze werden zuletzt übersichtlich zusammengefasst und gegenübergestellt.

Solarthermie

Zur Berechnung des Solarthermiepotenzials wurden alle Dachflächen mit südlicher Exposition betrachtet. Davon wurden pauschal 50% aufgrund von Verschattung, Denkmalschutz und anderen Ausschlussmöglichkeiten abgezogen. Ost- und Westdachflächen wurden nicht berücksichtigt, da der Ertrag von Solarthermieanlagen hier erheblich abnimmt. Die bereits erzeugte Wärme bestehender solarthermischer Anlagen (vgl. Kapitel 3.1.8) wurde vom Zubaupotenzial ebenfalls abgezogen. Im gesamten Gemeindegebiet könnten durch das nicht erschöpfte Solarthermiepotenzial auf Süddächern (ca. 111.951 m²) jährlich ca. 44.780 MWh an Wärme gewonnen werden. Das entspricht 15,1 % des gesamten Wärmebedarfs. Allerdings fällt der größte Teil des Wärmebedarfs im Winter an, wenn die Solarthermieanlagen aufgrund von Schneebedeckung und niedrigem Sonnenstand die wenigste Wärme erzeugen. Außerdem werden Solarthermieanlagen bislang vorwiegend zur Warmwassererzeugung eingesetzt (ca. 15 % des Wärmebedarfs sind auf die Bereitstellung von Warmwasser zurückzuführen). Der gesamte Warmwasserbedarf in Feldkirchen-Westerham kann somit theoretisch durch Solarthermie

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

abgedeckt werden. Um das restliche Potenzial zu nutzen, muss die solarthermische Anlage auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden, was einen deutlich höheren technischen Aufwand vor allem bei der Dimensionierung des Pufferspeichers und damit hohe finanzielle Aufwendungen nach sich zieht. Die größte Herausforderung liegt also bei der technischen Umsetzung zur Lösung des Dilemmas der antizyklischen Phasen von Wärmebereitstellung (Sommer) und Wärmebedarf (Winter).

PV-Anlagen

Über den Energie-Atlas Bayern wurde die Gesamtleistung aller bestehenden PV-Anlagen (Stand: Anfang 2023) in der Gemeinde ermittelt. Insgesamt befinden sich 958 Anlagen in der Gemeinde mit einer Gesamtleistung von 15.692,46 kWp. Zur Ermittlung der bereits mit PV-Anlagen belegten Dachflächen wird eine Annahme von 0,2 kWp/m² genommen. Eine Berechnung der Gesamtdachfläche in der Gemeinde liefert 1.127.862 m² Dachfläche. Hiervon wird pauschal 50 %

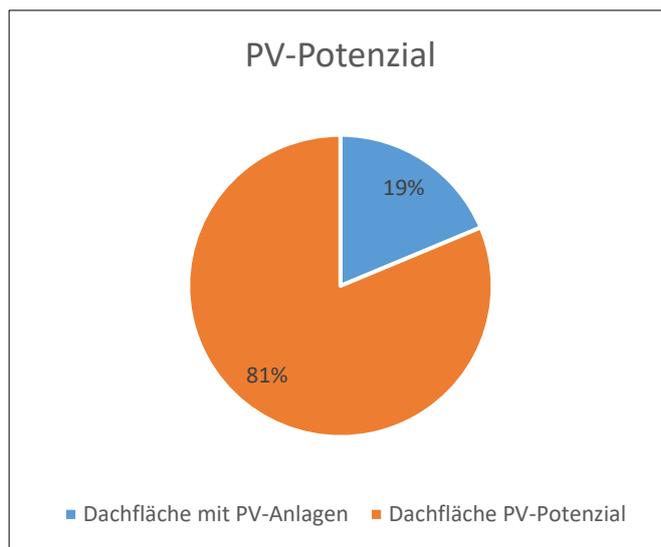


Abbildung 18: Prozentsatz der Dachflächen, die bereits von PV-Anlagen versehen wurden, und der Dachflächen auf die noch PV-Anlagen ausgebaut werden können.

aufgrund von Verschattung, Denkmalschutz und anderen Ausschlussmöglichkeiten abgezogen. Auch die bereits mit PV-Anlagen sowie Solarthermieanlagen belegten Dachflächen werden zur Ermittlung des Potenzials abgezogen. Für die PV-Anlagen werden die Ost-, Süd-, und Westdachflächen berücksichtigt. Von der 1.127.862 m² Dachfläche verbleibt somit noch 341.608 m² Dachfläche, die für PV-Anlagen benutzt werden kann. Dies ergibt ein Potenzial von etwa 34.161 MWh/a. Gebäudescharfe Solarpotenziale können im Solarkataster Rosenheim berechnet und eingesehen werden (www.solarkataster-rosenheim.de).

Tabelle 16 zeigt die Potenziale, wenn ausschließlich PV-Anlagen oder eine Mischung von PV- und Solarthermieanlagen installiert werden.



Tabelle 16: Ausbaupotenziale von Solarthermie und PV-Dachanlagen in der Gemeinde Feldkirchen/Westerham

Potenziale	Fläche (m ²)	Erzeugungspotenzial (MWh/a)	Anteil vom Gesamtverbrauch
Solarthermie Potenzial	111.951	44.780	12,0 %
PV Ost-West-Dachpotenzial	229.657	22.966	26,8 %
PV Ost-Süd-West-Dachpotenzial (keine Solarthermie-Ausbau)	341.608	34.161	39,8 %

5.3 PV-Freifläche

PV-Freiflächenanlagen (FFPV) unterliegen einer Vielzahl an Regelungen und Einschränkungen die unter anderem in den Hinweisen des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr⁹ aufgelistet werden. Sofern Förderungen nach EEG in Anspruch genommen werden sollen, sind auch diese Regelungen einzuhalten. FFPV mit mehr als 1.000 kWp und bis zu 100 MWp (in 2023) Leistung sind im Sinne des EEG an Ausschreibungen der Bundesnetzagentur gebunden¹⁰.

FFPV dürfen nicht auf Flächen von geschützten Biotopen, Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete oder sonstige Naturschutzgebiete gebaut werden. Die Auflistung der geeigneten und nicht geeigneten Standorte lässt sich in den Hinweisen des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr einsehen. Geeignete Standorte sind unter anderem Konversionsflächen, Altlasten(verdachts)flächen sowie Trassen entlang Autobahnen und Schienentrassen. Die geeigneten Standorte definieren sich nach den Hinweisen des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr vor allem aus den nicht-geeigneten Flächen.

Damit eine FFPV förderfähig im Sinne des EEG ist, sind zusätzlich die aufgelisteten Einschränkungen im EEG 2023 § 37 zu beachten. Zum Beispiel können im EEG landwirtschaftlich benachteiligten Flächen für FFPV genutzt werden. Diese Flächenkulisse stammt aus der Agrarförderung, die zum 01.01.2019 geändert wurden. Die benachteiligten Gebiete nach EEG umfassen jedoch die Flächenkulisse aus sowohl der neuen und alten Regelung. Die gesamte Gemeinde Feldkirchen-Westerham wird somit im Energie-Atlas Bayern als benachteiligtes Gebiet nach EEG definiert.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben sowie von Verschattungseffekten können somit die in Abbildung 19 dargestellten Flächen als potenzielle FFPV-Standorte ausgewiesen werden. Zusätzlich wurden Waldflächen sowie Siedlungsflächen (Puffer 50 m) nicht berücksichtigt.

⁹ Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr. In Abstimmung mit den Bayerischen Staatsministerien für Wissenschaft und Kunst, für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, für Umwelt und Verbraucherschutz sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Stand 10.12.2021

¹⁰ Leitfaden Freiflächen-Photovoltaikanlagen. C.A.R.M.E.N. e.V. Stand: März 2023

Das FFPV-Potenzial in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham beträgt nach diesen Kriterien etwa 17.462.400 m². Im Jahr trifft auf diesen Flächen gemäß EnergieAtlas Bayern ca. 20.344 GWh an solarer Strahlung.

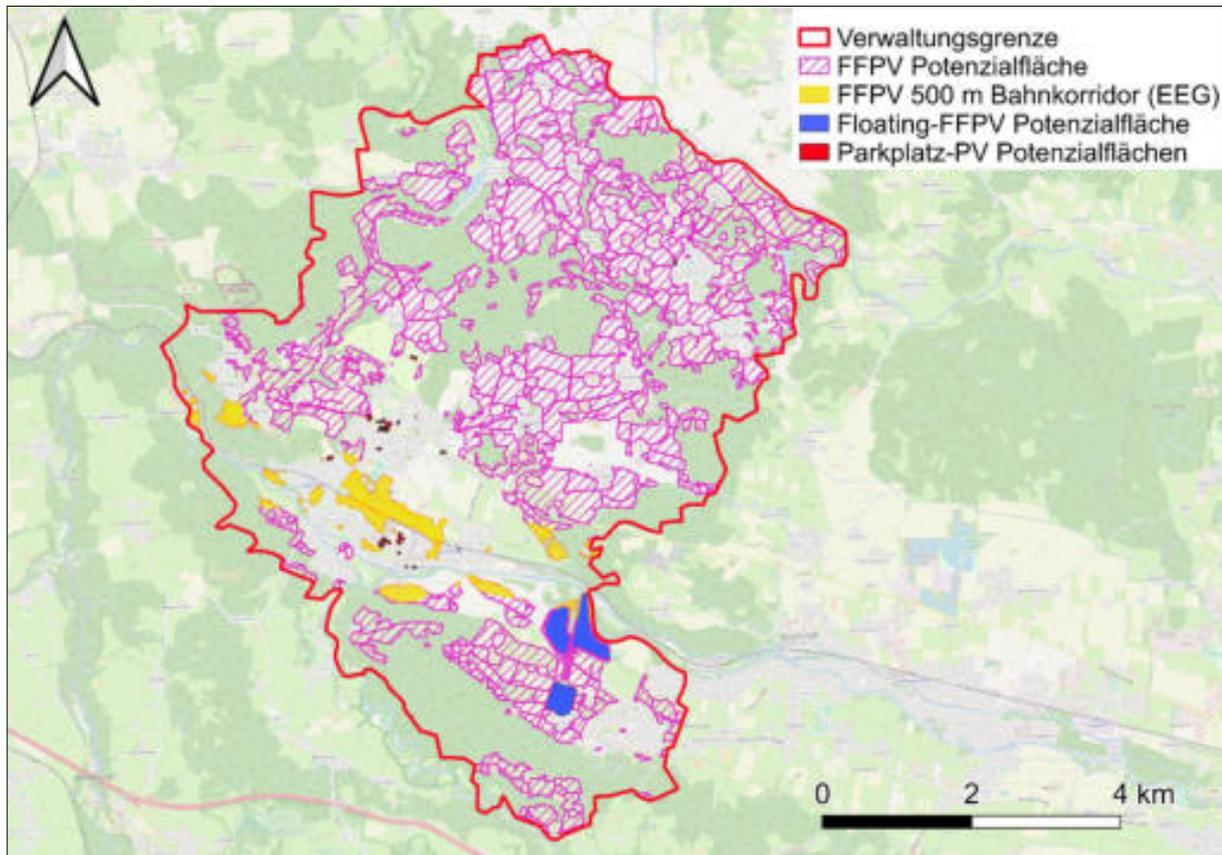


Abbildung 19: Übersicht der Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Es wird pro kWp etwa 10 m² Fläche benötigt¹¹. Somit ergibt sich bei 17.462.400 m² ein Gesamtpotenzial von 1.746.240 kWp, oder bei 1.000 Volllaststunden¹² ca. 1.746.240 MWh pro Jahr.

Das Gemeindegebiet wurde anhand eines digitalen Geländemodells (DGM) auf Verschattungseffekte untersucht. Der Großteil der Flächen befindet sich auf flachen oder südseitigen Flächen. In den Kupferbach- und Tiefenbachtäler liegen die größte Verschattungseffekte vor. Eine detaillierte Betrachtung sorgt i.d.R. für weitere Ausschlussflächen. 20% der Flächen wird aufgrund von Verschattungseffekte und anderen Ausschlussfaktoren als ungeeignet betrachtet. Dies ergibt ein Potenzial von etwa 1.396.992 MWh pro Jahr.

¹¹ Leitfaden Freiflächen-Photovoltaikanlagen. C.A.R.M.E.N. e.V. Stand: März 2023

¹² Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. 17.05.2023, Fraunhofer ISE



Die drei Staubecken des Leitzachwerks sind künstliche oder stark veränderte Gewässer, auf dem eine Floating-FFPV möglich ist. Dies liefert zusätzlich bis zu 468.171 m² Fläche für FFPV, und somit ein extra Potenzial von ca. 46.817 MWh/a. Da die Staubecken jedoch Eigentum der Stadtwerke München sind, kann dieses Potenzial nicht der Gemeinde Feldkirchen-Westerham angerechnet werden.

Zusätzlich können PV-Anlagen auf vorhandenen Parkplätzen, zum Beispiel an Supermärkten, errichtet werden. Eine Analyse vorhandener Parkplätze liefert eine Potenzialfläche von ca. 50 ha und somit ein extra Potenzial von ca. 5.000 MWh/a.

Somit ergibt sich in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham ein Gesamtpotenzial (FFPV und Dachanlagen) von ca. 1.436.153 MWh/a.

Tabelle 17: Übersicht der PV-Erzeugungspotenziale in der Gemeinde

Potenzialflächen	Erzeugungspotenzial
Dachanlagen	34.161 MWh/a
FFPV	1.396.992 MWh/a
Parkplätze	5.000 MWh/a
Summe	1.436.153 MWh/a

Auf Wunsch der Gemeinde werden in diesem Kapitel zusätzlich besonders geeignete Flächen für Freiflächen-Solarthermieanlagen identifiziert. Diese Flächen erhalten eine ungestörte südliche Sonneneinstrahlung und befinden sich aufgrund von Wärmeverlusten bei längeren Transportwegen nah an Siedlungen. Die maximale Entfernung zwischen Kollektorfreiflächen und dem Punkt der Wärmenetzeinspeisung beträgt gemäß „Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung“ maximal 1.000 m¹³. Besonders geeignet ist hierfür die Fläche zwischen Klein- und Großhöhenrain. Sie ist nicht verschattet und gut an beide Ortsteile angebunden. Zudem sind die EEG-Flächen zwischen Feldkirchen und Westerham aus gleichen Gründen besonders gut geeignet. Freiflächen-Solarthermieanlagen eignen sich gut als zusätzliche Unterstützung der lokalen Fern- und Nahwärmeversorgung, vor allem in Verbindung mit Wärmespeicher, aber können i.d.R. nicht als alleinige Wärmeerzeugungsmethode genutzt werden aufgrund der geringeren Wärmeerzeugung in den Wintermonaten.

Freiflächenanlagen lassen sich heutzutage gut mit vielen Branchen der Agrikultur kombinieren. Bei den sogenannten Agri-PV-Anlagen können sehr hohe Flächennutzungsraten erreicht werden.

¹³ 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

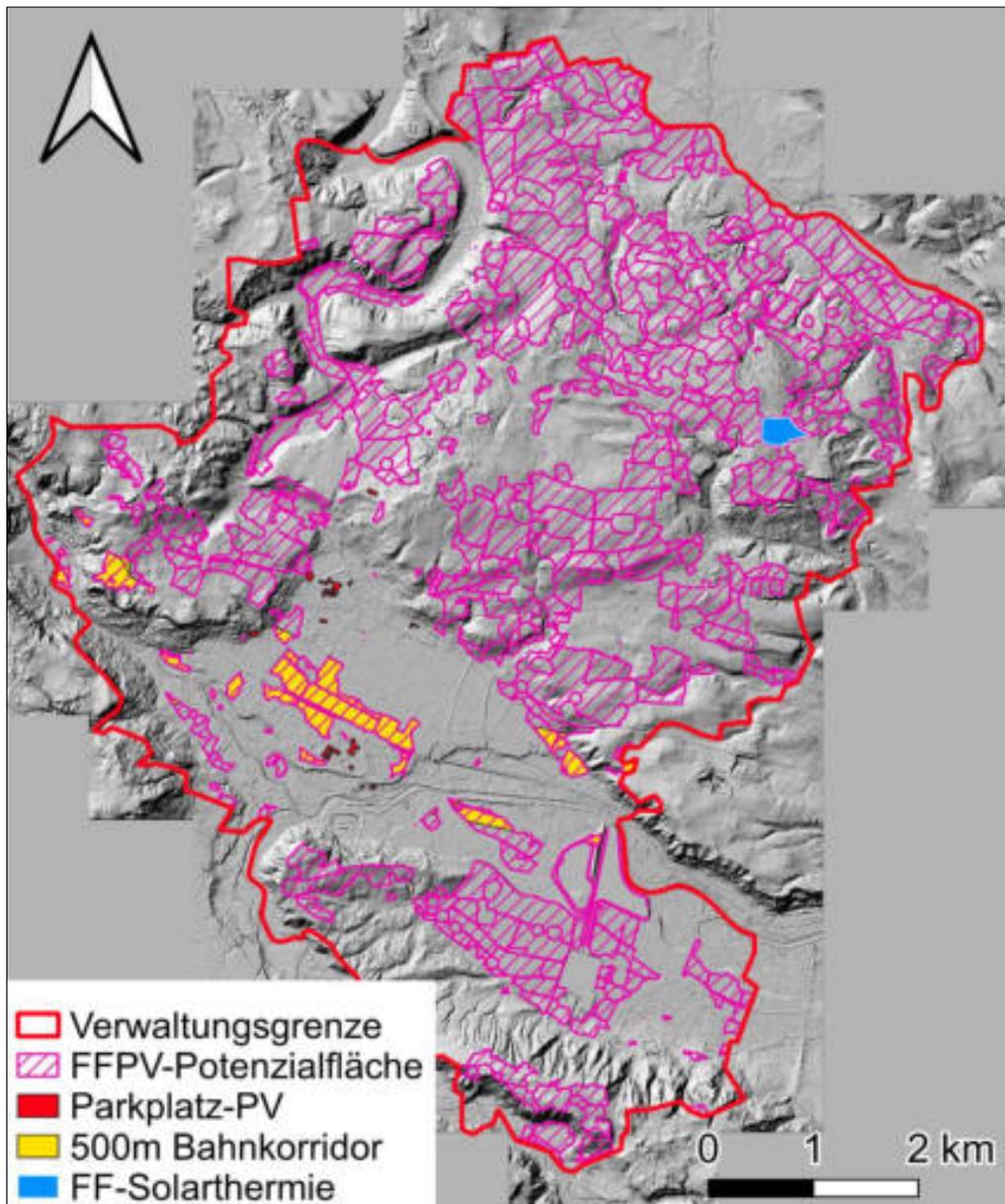


Abbildung 20: Übersicht der Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen und die besonders geeignete FF-Solarthermie Fläche in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham auf einem dreifach überhöhtem DGM. Kartenhintergrund: DGM 1 m, Bayerische Vermessungsverwaltung - www.geodaten.bayern.de

Grundsätzlich ist eine Aufteilung von solarthermischen Kollektorflächen für ein Wärmenetz möglich, wodurch jedoch die Investitionskosten steigen. Vor allem bei Dachanlagen, die grundsätzlich teurer ausfallen als Freiflächenanlagen, ist eine Aufteilung meistens unvermeidbar.

Die Kosten von Solarthermieanlagen sind sowohl von der Anlagengröße, vom Kollektortyp als auch von der Anlagenfläche abhängig. Abbildung 21 stellt die Kostenfunktion für FFST mit Vakuumröhren graphisch dar.

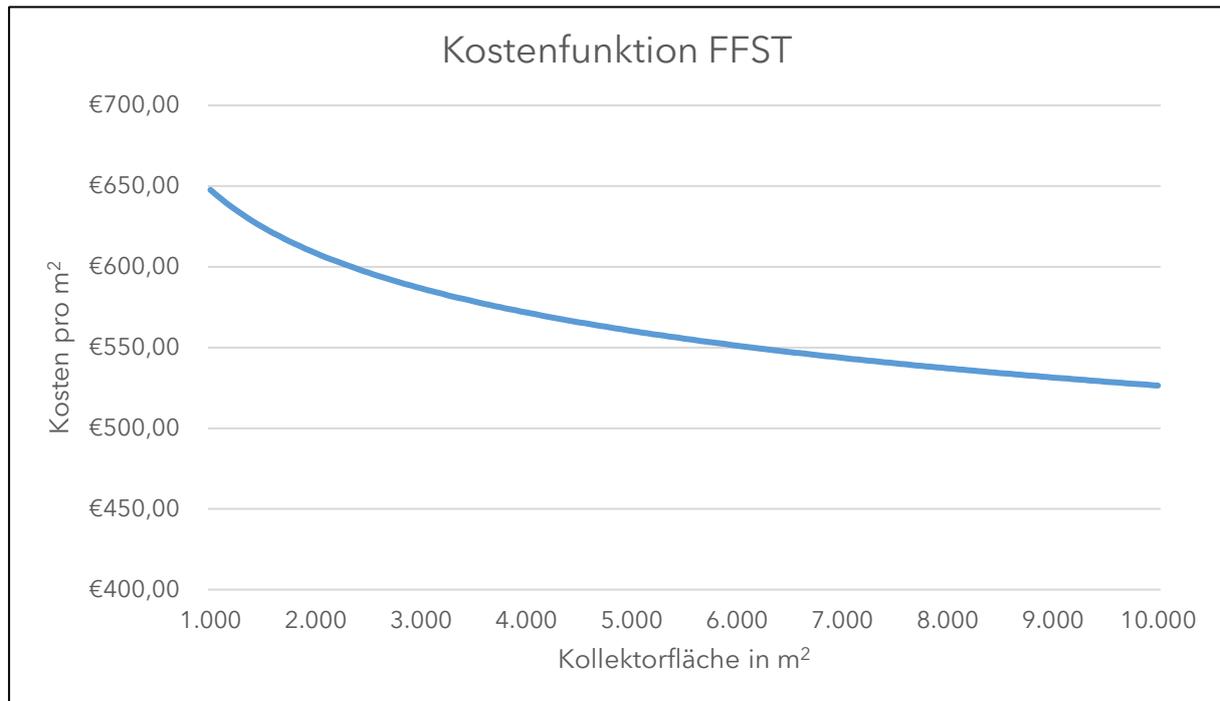


Abbildung 21: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren

Die Lebensdauer sowie die Wartungs- und Instandsetzungskosten von Solarthermieanlagen werden in Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 18: 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

5.4 Umweltwärme

5.4.1 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.

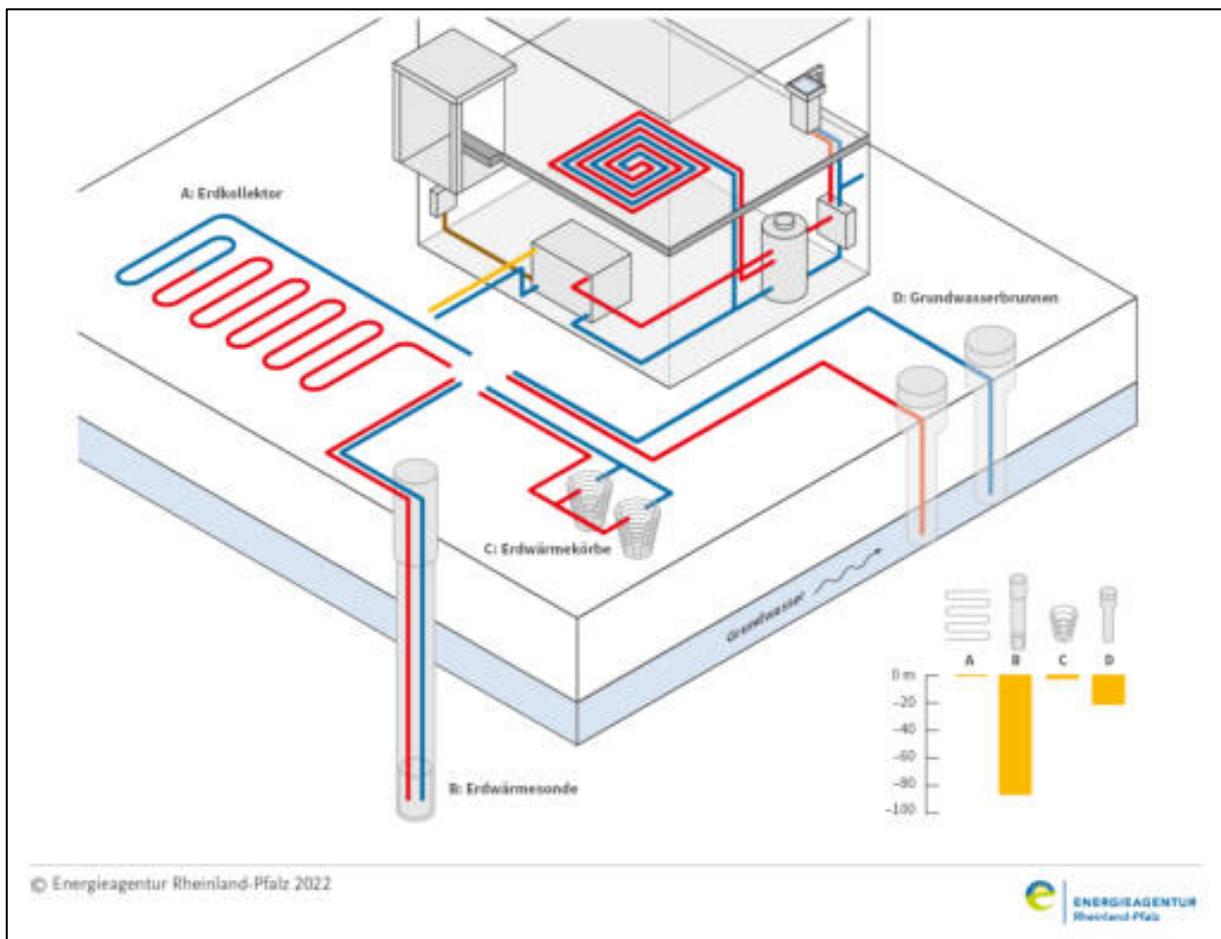


Abbildung 22: Überblick über Oberflächennahe Geothermie. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz

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. Die folgende Karte des Energie-Atlas Bayern (Abbildung 23) zeigt die Gegebenheiten in Feldkirchen-Westerham hinsichtlich des Potenzials für Erdwärmesonden, -kollektoren und Grundwasserwärmepumpen und der bereits gebohrten Erdwärmesonden.

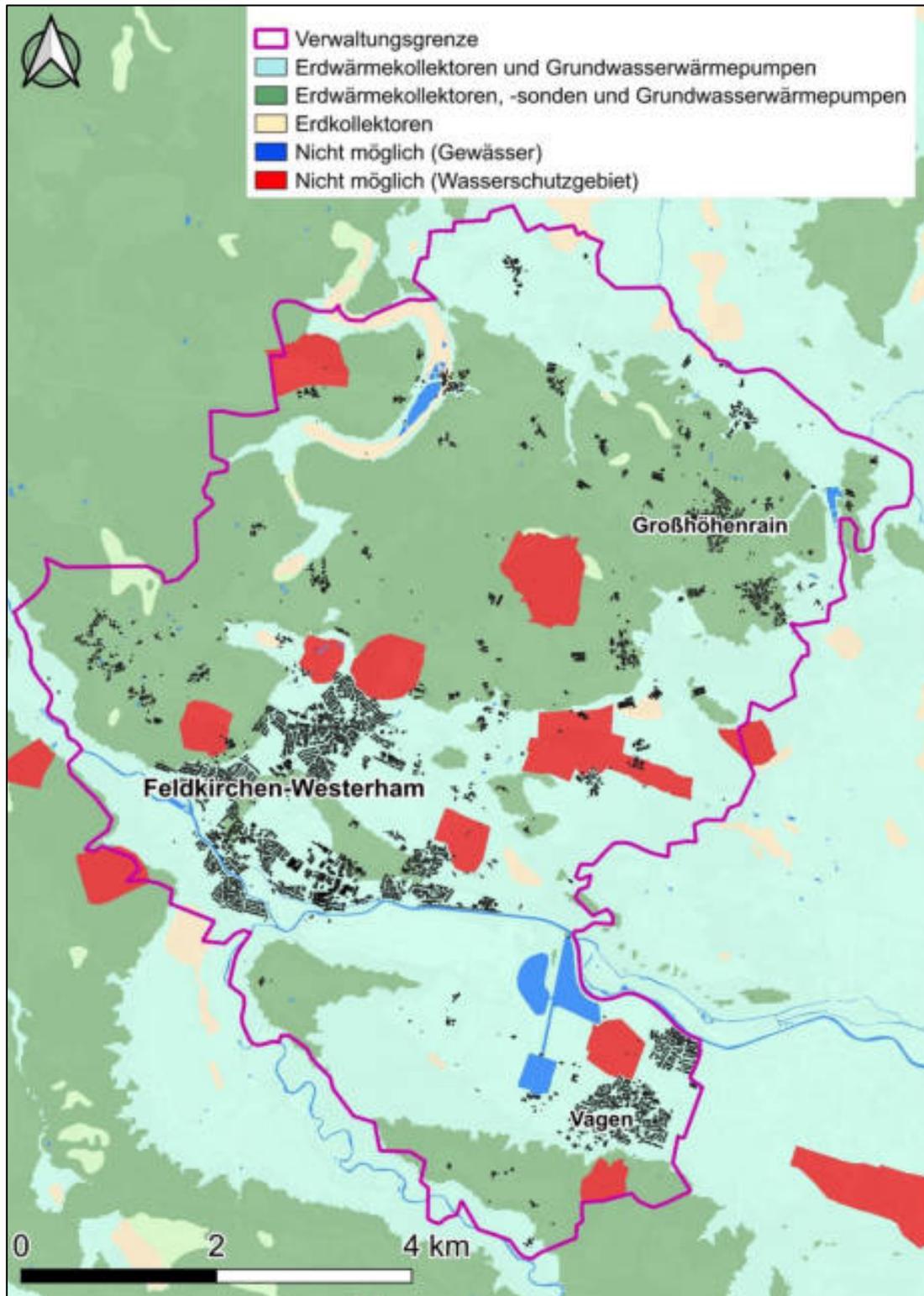


Abbildung 23: Übersicht der möglichen Gebiete für oberflächennahe Geothermie in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.



Abbildung 23 zeigt, dass an vielen Stellen in Feldkirchen-Westerham eine oberflächennahe Geothermie möglich ist. Jedoch befinden sich gerade die dicht-besiedelten Ortschaften Feldkirchen und Vagen in einer kritischen Zone für Erdwärmesonden. Vor allem für Neubaugebiete sind Erdwärmesonden eine ökologische und meist auch wirtschaftliche Alternative zu konventionellen Heizungen oder zur Nahwärmeversorgung. Speziell bei Neubausiedlungen mit hohen Dämmstandards und entsprechend geringen Wärmeverbrauchswerten und niedrigen Vorlauftemperaturen der Heizkreisläufe stößt die Rentabilität von Nahwärmeleitungen oder auch von Gasnetzen häufig an ihre Grenzen. Hier bieten sich Erdwärmepumpen z. B. in Kombination mit solarthermischen Kollektoren an.

Oberflächennahe Geothermie wird oft für die Versorgung einzelner Gebäude genutzt, jedoch sind größere Anlagen zur Speisung eines Wärmenetzes auch möglich.

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. In der Gemeinde liegt diese zwischen 20 m und 100 m Tiefe zwischen 1,2 und 2,4 W/(m*K). Aufgrund der starken Unterschiede durch die lokale (Hydro-) Geologie bei den spezifischen thermischen Entzugsleistungen kann kein genaues Potenzial in kWh/a geschätzt werden. Generalisiert kann bei Erdsonden eine Wärmeentzugsmenge von ca. 50 W/m bei 1800 Volllaststunden angenommen werden. Die Verhältnisse zwischen Kälte- und Wärmeleistungen (Wärme, die aus dem Boden entzogen wird und Wärme, die erzeugt wird) sind pro Erdwärmepumpe unterschiedlich. Es wird hier von einem Verhältnis von 1:1,4 ausgegangen. Somit wird bei 50 W/m Kälteleistung ca. 70 W/m Wärme erzeugt. Bei einer Erdwärmesonde von 50 m Länge wird bei 1.800 Volllaststunden somit 6,3 MWh Wärme erzeugt. Bei einer Erdwärmesonde von 100 m ca. 12,6 MWh pro Jahr.

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 Wärmespeichern sind im Kapitel 5.10 verfügbar. 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 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 benutzt 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. Zurzeit werden Erdsondenfelder lediglich in Wärmenetzen mit niedrigeren Temperaturen sowie im Wohn- und Gewerbebau eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über z. B. 75 °C ansteigen.

Für die **Erdwärmekollektoren** wird die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Böden in 1,5 m Tiefe analysiert. In der Gemeinde Feldkirchen-Westerham liegen diese Werte der Wärmeleitfähigkeit in 1,5 m Tiefe zwischen 1,0 und 1,6 W/m*K. Diese Werte sind als schlecht bis mäßig zu bezeichnen. Das Potenzial für Erdwärmekollektoren in der Gemeinde ist durch die breite Verfügbarkeit und mäßigen Wärmeleitfähigkeiten mäßig bis gut. Zudem ist die Leistung der Erdwärmekollektoren stark von den klimatologischen Bedingungen abhängig. Gemäß Daten vom ThermoMap herrschen in der Gemeinde die klimatologischen Bedingungen wie in Abbildung 24 dargestellt.

Je nach Bodenaufbau und -feuchte können unterschiedliche spezifische Entzugsleistungen (Kälteleistungen) geschaffen werden. Generalisiert kann für die Gemeinde Feldkirchen-Westerham bei 1.800 Volllaststunden eine Entzugsleistung von ca. 25 W/m² geschätzt werden¹⁴. Für ein normales Haus mit Garten können z.B. 200 m² Erdkollektoren verlegt werden, womit dann ca. 12,6 MWh/a Wärme produziert werden können (vergleichbar mit einer 100 m Erdsonde).

¹⁴ *Standorte für Erdwärmekollektoren*. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Hannover

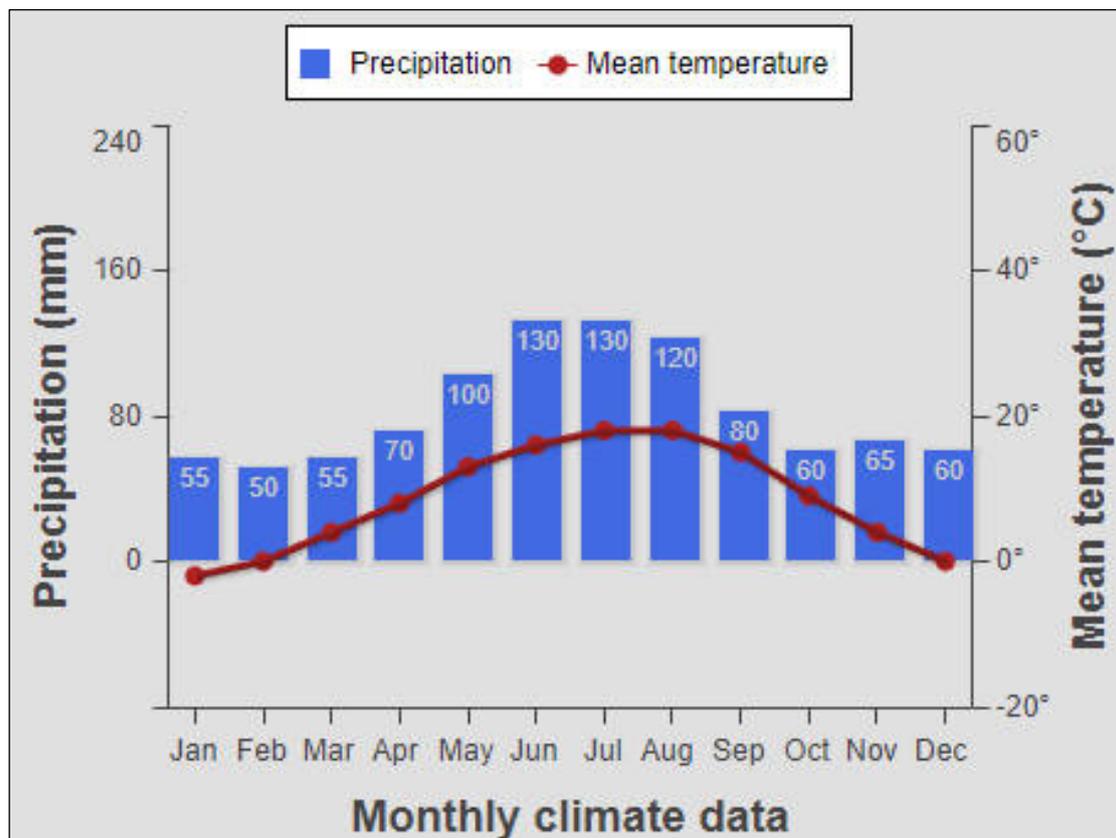


Abbildung 24: Übersicht der klimatologischen Bedingungen, die Einfluss haben auf die Leistung von Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Datenquelle: www.thermomap.eu

Nicht zuletzt brauchen Erdwärmekollektoren für größeren Wärmenetze sehr große Flächen. Eine Kombination von Erdwärmekollektorenfeldern und Solaranlagen 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. Erdkollktoren lassen sich auch mit oberflächlich bewirtschafteten Agrarflächen kombinieren. Diese Methode ist bekannt als Agrothermie.

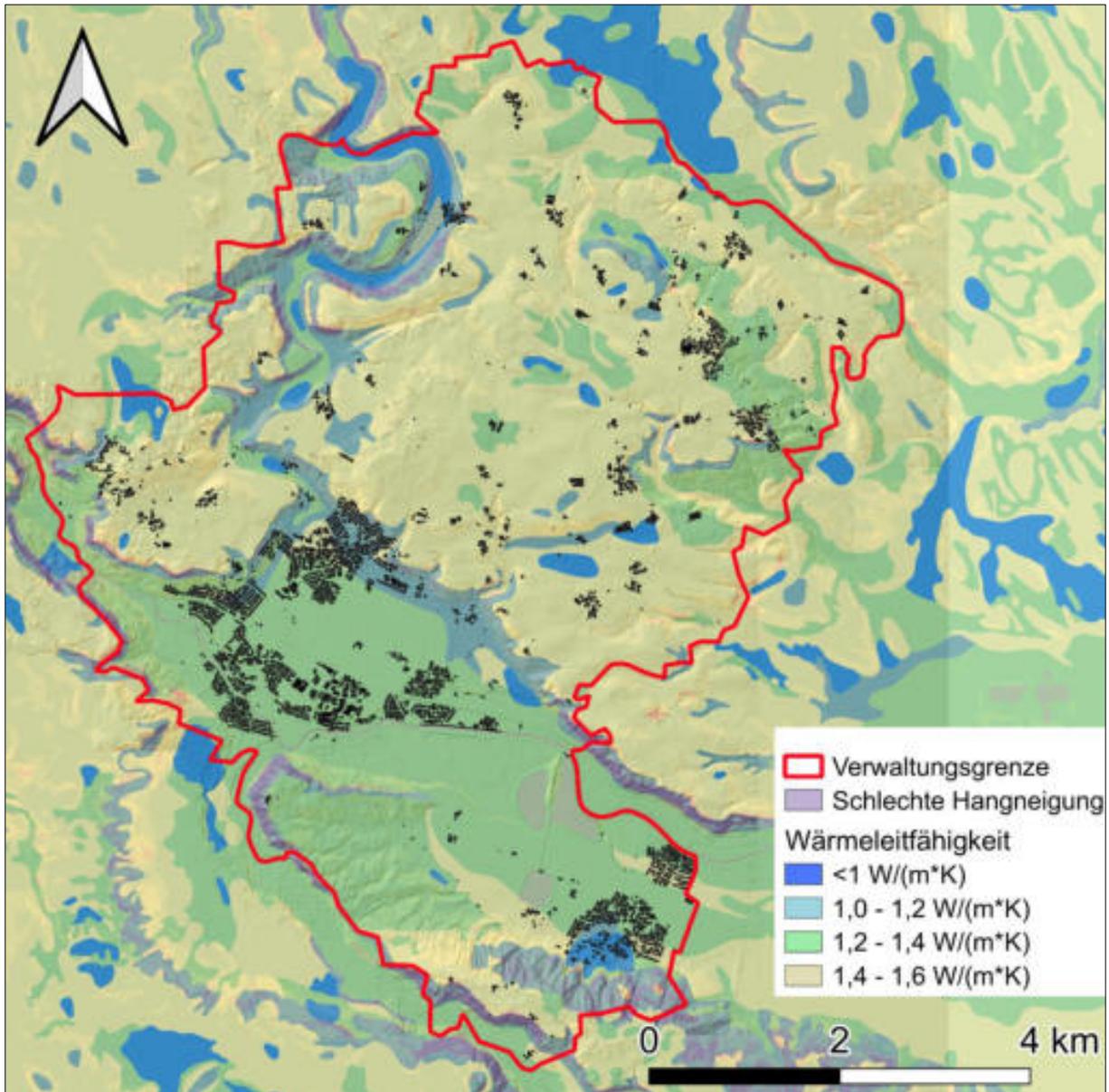


Abbildung 25: Übersicht des Potenzials für Erdwärmekollektoren mit Darstellung der Hanglagen sowie Wärmeleitfähigkeit der Böden. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

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. Zurzeit werden Erdwärmekollektoren vor allem im Wohn- und Gewerbebau eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über z. B. $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ steigen.

Für **Grundwasserwärmepumpen** sind passende Grundwasserflurabstände gefordert. 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. Für die Grundwassernutzung ist die lokale Hydrogeologie relevant. In der Gemeinde sind folgende hydrogeologische Einheiten überwiegend vorhanden:

Table 19: Dominierende Hydrogeologische Einheiten in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham und deren Eigenschaften. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de

Einheit	Hydrogeologische Eigenschaften
Moräne im Alpenvorland, undifferenziert	Kleinräumiger Wechsel von Poren-Grundwasserleitern mit geringen bis mäßigen Durchlässigkeiten und Ergiebigkeiten und Lockergesteins-Grundwassergeringleitern; überwiegend von lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung
Moräne im Alpenvorland, überwiegend kiesig-sandig	Poren-Grundwasserleiter mit mäßigen bis mittleren Durchlässigkeiten und geringen bis mittleren Ergiebigkeiten, wasserwirtschaftlich überwiegend von lokaler, bei Erschließung mit glazifluviatilen Schottern von regionaler Bedeutung
Jüngere Obere Süßwassermolasse (Hangendserie)	In sandig-kiesigen Partien Poren-Grundwasserleiter mit geringen bis mäßigen Durchlässigkeiten, in feinkörnigeren Partien mit geringeren Durchlässigkeiten, häufig durch Hausbrunnen genutzt, oft zusammen mit älteren Molasse- oder quartären Einheiten
Talschotter ohne Anbindung an das Talgrundwasser und Quartäre Schotter außerhalb der Täler (glazifluviatile Schotter)	Poren-Grundwasserleiter mit mittleren bis sehr hohen Durchlässigkeiten und Ergiebigkeiten, Nagelfluh Kluft-(Poren-)Grundwasserleiter mit geringen bis mittleren Durchlässigkeiten, wasserwirtschaftlich von lokaler bis überregionaler Bedeutung
Talschotter, i. d. R. mit Anbindung an das Talgrundwasser	Poren-Grundwasserleiter mit hohen Durchlässigkeiten und mittleren bis sehr hohen Ergiebigkeiten, bereichsweise hydraulische Verbindung mit glazifluviatilen Schottern, wasserwirtschaftlich von lokaler bis regionaler Bedeutung

Die Talschotter-Einheiten mit mittleren bis höheren Ergiebigkeiten befinden sich bei Feldkirchen und Westerham, südöstlich nach Vagen im Mangfalltal-Bereich, sowie nördlich von Feldkirchen im Kupferbachtal.

Es sind nur wenig Informationen zu Grundwasserflurabständen verfügbar. Zudem können die Flurabstände auch zeitlich variieren, da diese vielen natürlichen Veränderungen wie Niederschlag, Verdunstung und oberirdischer Abfluss unterliegen. Der Gewässerkundliche Dienst Bayern zeigt Grundwassermessstellen zwischen Feldkirchen und Westerham sowie am Mangfall und der Bahnlinie entlang nach Vagen. An der Messstelle WESTERHAM R 15 an der Kreuzung der Bahnlinie und dem Bachweg ist der Grundwasserflurabstand relativ konstant, und beträgt etwa 548,1 m ü. NN bzw. etwa 4 m unter GOK.

Es gibt zudem die Möglichkeit, 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-Werte.



Kostentechnisch befinden sich die drei oben genannten Technologien sehr nah aneinander. Je nach Erkundungsarbeit können bei den Bohrungen sehr unterschiedliche Kosten entstehen. Auch bei den Wärmepumpen entstehen je nach Kältemittel, Quelltemperatur und Temperaturhub sehr unterschiedliche Preise, 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.

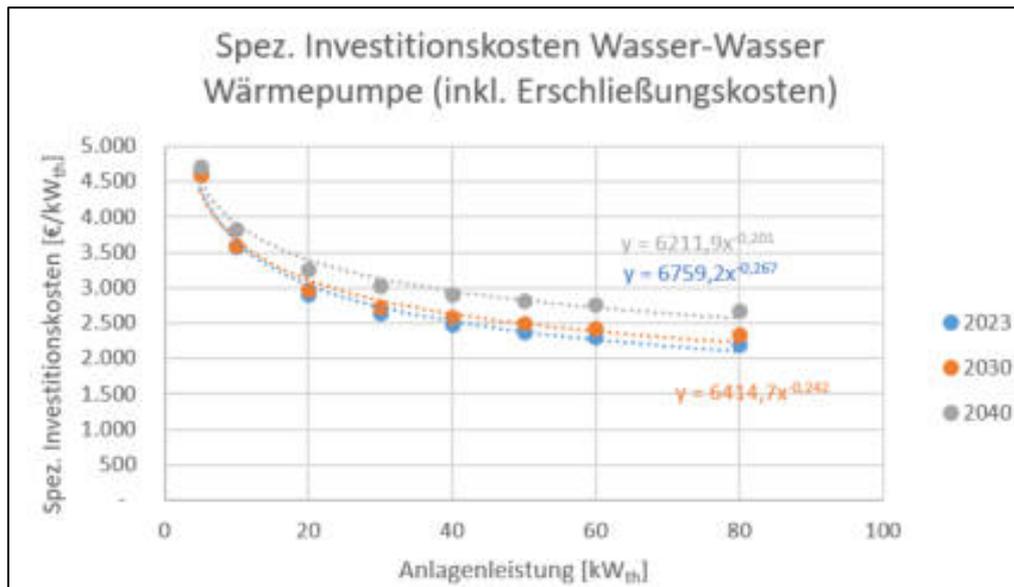


Abbildung 26: Investitionskosten für Grundwasserwärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

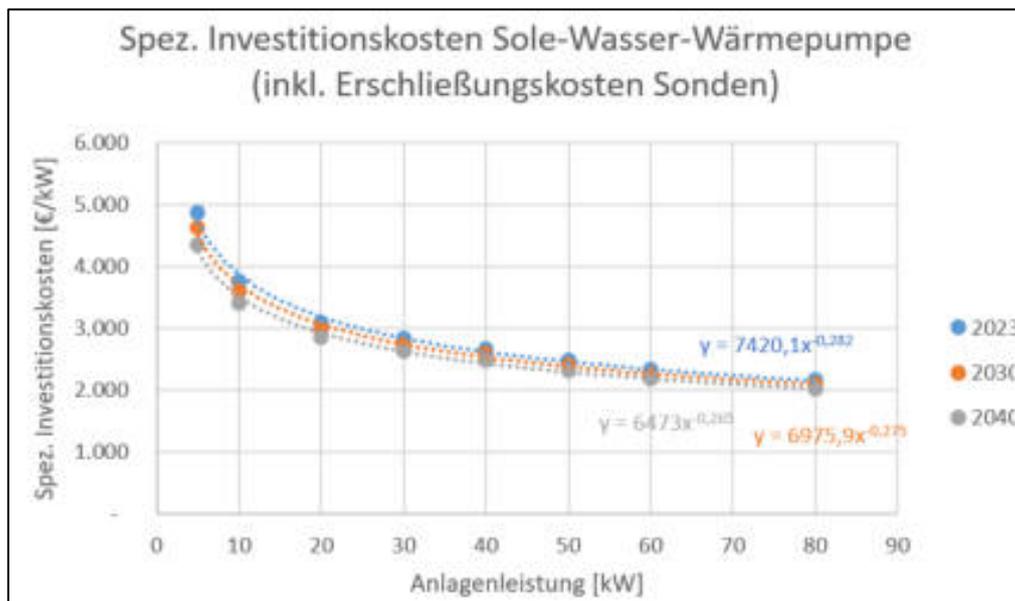


Abbildung 27: Investitionskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden) gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

Tabelle 20: 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 verwenden. Es können mehrere dezentrale Wärmequellen (z. B. mehrere Erdsonden im Netz verteilt) oder eine zentrale Wärmequelle (z. B. ein einzelnes Erdsondenfeld) benutzt werden. Aufgrund der niedrigen Netztemperaturen entstehen fast keine Netzverluste. Kalte Nahwärmenetze können sich in Neubaugebiete, und unter bestimmten Bedingungen auch in Bestandsgebieten rentieren. 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.

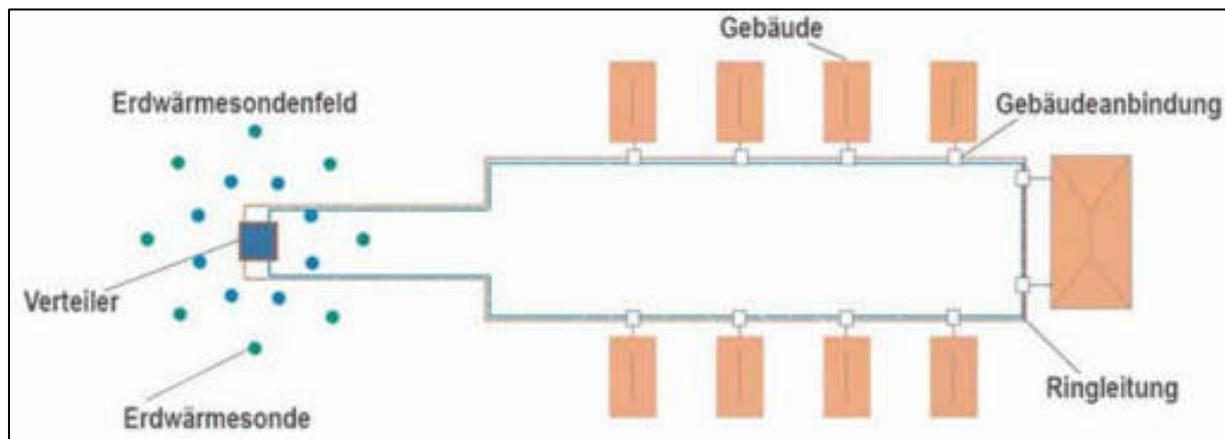


Abbildung 28: Beispiel eines kalten Nahwärmenetzes. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

5.4.2 Flusswasser

Der Mangfall fließt in östliche Richtung durch das Gemeindegebiet, und befindet sich hauptsächlich im südlichen Bereich von Westerham nah an der Bebauung. Es erfolgte im Herbst 2023 eine Anfrage beim Wasserwirtschaftsamt (WWA) Rosenheim zum Flusswärmepotenzial an der Mangfall im Gemeindegebiet. Laut dem WWA ist eine Wärmenutzung des Wassers der Mangfall grundsätzlich möglich. Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern kann durch Wasserentnahme/Wiedereinleitung oder auch durch Einbringen von Kollektoren in das Gewässer erfolgen. Je nach geplanter Entnahmestelle und Art sind dabei unterschiedliche Aspekte wie die Gewässerunterhaltung, Geschiebeproblematik, natürliche Gewässerentwicklung/-verlagerung, Verklauung, Durchgängigkeit für Gewässerorganismen, Verwendung von wassergefährdenden Stoffen, Vereisungsproblematik etc. zu beachten.

Im Wesentlichen wären dabei folgende Randbedingungen einzuhalten:

- Keine Entnahme von Wasser unterhalb der Abflussmenge des Mittleren Niedrigwassers (MNQ) der Mangfall (im Bereich Westerhamer Wehr ca. 2,16 m³/s, am Pegel Valley ca. 1,7 m³/s)
- Die Mangfall und der Mühlbach sind dem Fischgewässertyp SA-HR (salmonidengeprägte Gewässer des Hyporhithrals) zuzuordnen, sodass sich folgende Anforderungen ergeben:
 - T_{max} Sommer (April bis November) ≤ 21,5 °C
 - T_{max} Winter (Dezember bis März) ≤ 10 °C
 - Temperaturänderung (Aufwärmung, Abkühlung) Sommer und Winter ≤ 1,5 K
 - Keine Entnahme mehr bei Temperaturen < 3 °C (Gefahr des Gefrierens des Gewässers)

Eine maximale Entnahmemenge wurde nicht festgelegt. Wird von ca. 40% des MNQ ausgegangen, entstehen bei $\Delta T = 1,5 \text{ K}$ potenzielle Kälteleistungen von 4.259,5 bis 5.412,1 kW. Je nach Wärmepumpe, Vorlauftemperatur und Quelltemperatur können hiermit Heizleistungen von z.B. bis

zu 7 MW erreicht werden. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Wassertemperatur nicht unter 3 °C gelangen darf für eine Nutzung der Flusswärmepumpe. Gemäß Daten des GKD Bayern sinkt die Wassertemperatur jedoch fast jeden Winter kurz unter 3 °C.

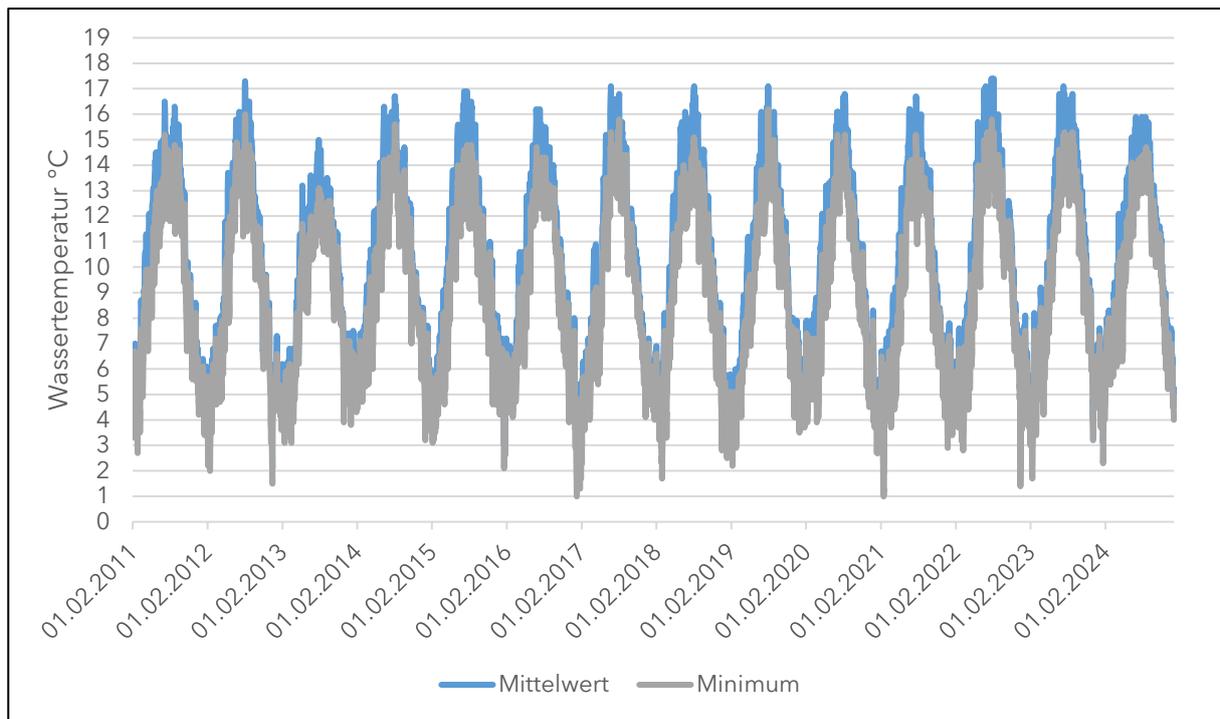


Abbildung 29: Mittlere und Mindestwassertemperatur des Mangfalls seit 2011. Datenquelle: GKD Bayern

5.4.3 Seewasser

Es sind in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham 3 Staubecken vorhanden, die auf dem ersten Blick für eine Seewasserwärmepumpe in Frage kommen könnten. Es wurde Kontakt mit der Stadtwerke München aufgenommen, um das mögliche Potenzial abzufragen. Aufgrund der großen Mengen an Seegrass sowie das Abflussverhalten der Becken was keinesfalls gestört werden darf, ist der Einbau von Seewasserwärmepumpen nicht möglich.

5.4.4 Luft

Die Umgebungsluft ist generell überall nutzbar. Luft-Luft-Wärmepumpen eignen sich nicht für den Einsatz in ein Wärmenetz. Luft-Wasser-Wärmepumpen sind zwecks Lärmschutz gemäß 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 Siedlungsflächen¹⁵. Luft-Wasser-Wärmepumpen gibt es mittlerweile auch in höheren Leistungsbereichen bis zu mehreren hundert kW oder sogar im Megawatt-Bereich. Maximal erreichten Vorlauftemperaturen (ca. 80 °C, auch bei Minustemperaturen der Außenluft) können sowohl für Low-Ex Wärmenetze als auch 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.

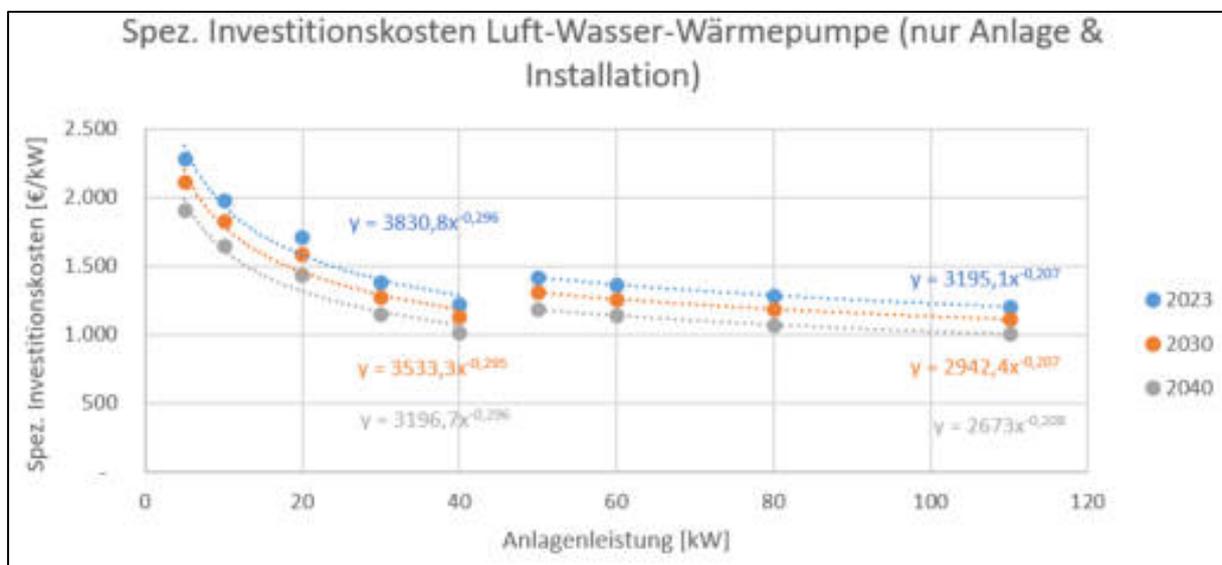


Abbildung 30: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

¹⁵ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (12 2021). Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung.

5.4.5 Abwasser

Die kommunale Kläranlage von Feldkirchen-Westerham liefert aufgrund der zu langen Leitungswege und zu geringen Nachtdurchfluss kein Potenzial für Abwärme-Wärmepumpen.

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)¹⁶.

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 31: 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 32).

Die Nutzungsdauer und Kosten der drei verschiedenen Wärmepumpentechnologien gemäß VDI 2067 wird in Tabelle 21 dargestellt.

¹⁶ Praxisleitfaden Großwärmepumpen. 07.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V

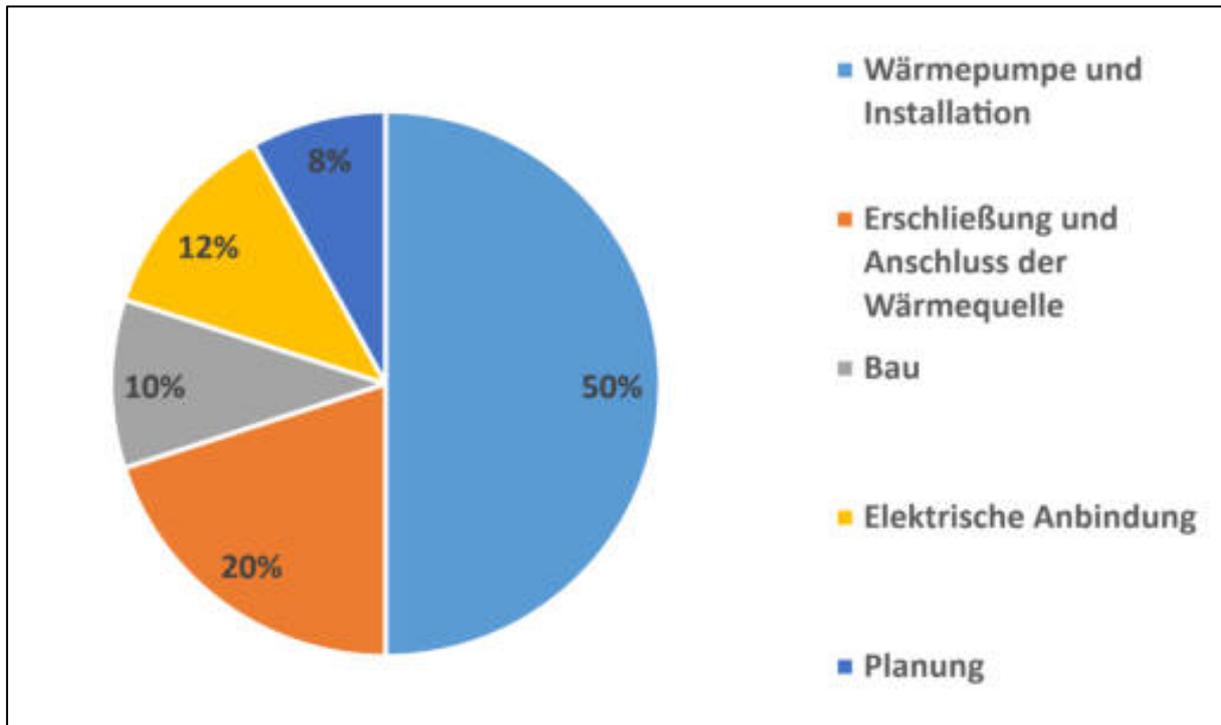


Abbildung 32: Aufteilung der Gesamtinvestition auf Einzelposten. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

Tabelle 21: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067

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

5.5 Tiefe Geothermie

5.5.1 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 warmes Wasser aus der Tiefe (Thermalwasser) 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.

Abbildung 33 gibt Aufschluss darüber, wo aus geologischen Gründen in Feldkirchen-Westerham tiefengeothermische Stromerzeugung und Wärmeabgewinnung theoretisch möglich ist bzw. an welchen Stellen eine dezidierte Exploration der möglichen Aquifere Sinn machen könnte. Es wird deutlich, dass tiefengeothermische Wärmeversorgung aus geologischer Sicht im kompletten Gemeindegebiet möglich sein könnte. Tiefengeothermische Stromerzeugung ist in etwa 80 % der Gemeinde möglich.

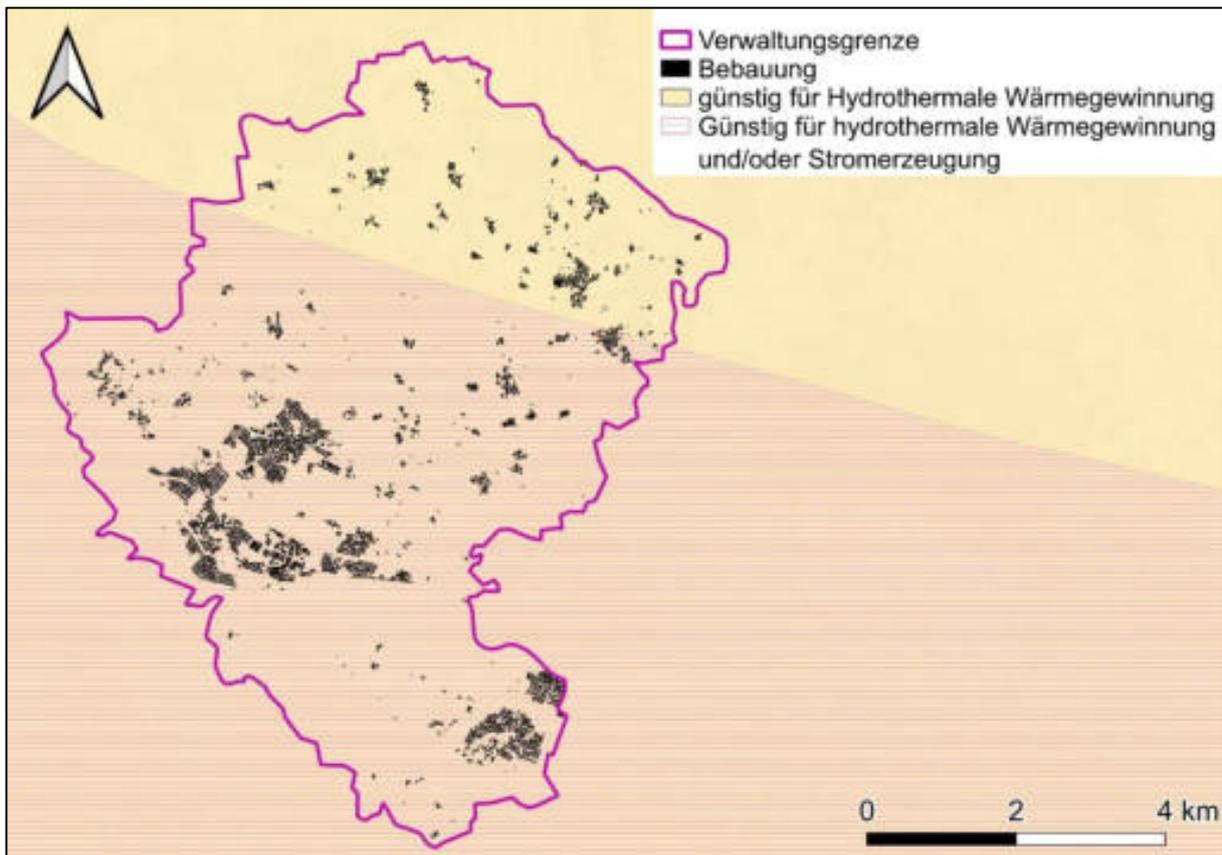


Abbildung 33: Übersicht der möglichen Gebiete für Tiefengeothermie in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.



Die wärmeführenden Schichten (Heißwasser-Aquifere) mit Temperaturen über 100 °C liegen – sofern vorhanden – in dieser Region gemäß GeotIS (www.geotis.de) in bohrtechnisch erschließbaren Tiefen, jedoch erst ab ca. 4,4 km. Es müssten, bevor Probebohrungen durchgeführt werden können, kostspielige seismische Untersuchungen erfolgen. Insgesamt ist das nötige Investment für Tiefengeothermie sehr hoch und mit großem Risiko negativer Bohrungsergebnisse behaftet. Außerdem sollte ein Mindestwärmebedarf bei vergleichsweise hoher Wärmebedarfsdichte vorhanden sein, um über den Wärmeverkauf die hohen Kosten der Exploration und Installation zu decken. Dies könnte im Zentrum von Feldkirchen-Westerham und unter Berücksichtigung von Gewerbe der Fall sein, sofern ausreichend hohe Anschlussquoten vor allem von Großverbrauchern erreicht werden. Da im Zuge dieser Studie keine genaueren Angaben zu möglichen Aquiferen gemacht werden können, wird an dieser Stelle auf die Angabe eines Tiefengeothermie-Potenzials in MWh oder anteilig am Gesamtenergiebedarf verzichtet. Weitergehenden Analysen müssen zusammen mit dafür spezialisierten Ingenieurbüros und möglichen Investoren unter Einbeziehung der bereits geförderten Geothermie durchgeführt werden, um eine genauere Schätzung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials zu erhalten.

Die Geothermieanlage in Holzkirchen liefert einen Vergleich, obwohl laut GeotIS die Temperaturen in Holzkirchen auf gleicher Tiefe höher liegen als in Feldkirchen-Westerham. Die Geothermieanlage in Holzkirchen hat eine Endteufe von 5.078 m, eine Fließrate von ca. 55 l/s und Temperaturen von ca. 150 °C. Im Jahr 2021 wurden 3,8 GWh Wärme und 22,97 GWh Strom produziert.

Eine Vormachbarkeitsstudie zur Durchführbarkeit, Wärmedargebot sowie zum geologischen Untergrund liegt bereits vor¹⁷. Es wurde in dieser Studie ermittelt, dass die voraussichtliche Tiefe des Tiefengrundwasserleiters bei ca. 4.600 m unter GOK liegt. Ebenfalls wurde festgestellt, dass die Möglichkeit besteht, bei den Bohrungen Kohlenwasserstoffe ((Erdöl und Erdgas) anzutreffen. Weitere Ergebnisse sind abzuwarten.

Es können sich zusätzlich weitere Aquifere in geringeren Tiefen befinden, wie beispielsweise in den Chatt-Sanden, die aber generell geringere Fördermengen und Temperaturen liefern. Ob diese Aquifere ausreichende Förderraten und Temperaturen generieren können, hängt von den lokalen geologischen Bedingungen und von den Anforderungen ab. Auch hier sind weitere geologischen (Vor-)Untersuchungen unerlässlich.

¹⁷ *Geothermie Neenah Gessner GmbH, Vormachbarkeitsstudie.* Erdwerk GmbH. Stand: 07.11.2022



Die Kosten einer tiefen Geothermieanlage sind vor allem abhängig von den Bohrkosten. Eine Verteilung der Bohrkosten gemäß AGFW Praxisleitfaden 2023¹⁸ wird in Abbildung 34 dargestellt.

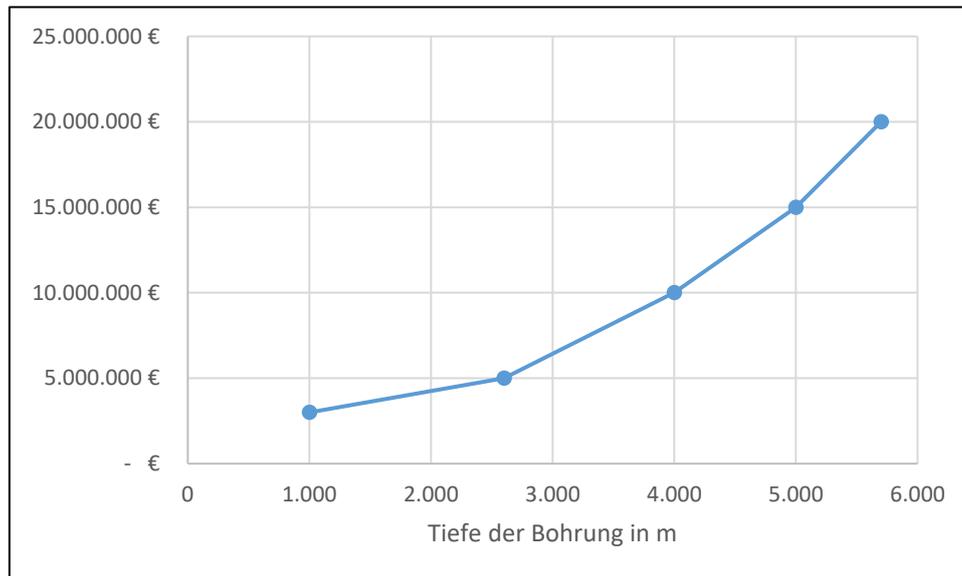


Abbildung 34: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine Tiefengeothermieanlage. Datenquelle: AGFW Praxisleitfaden Tiefengeothermie

Die technische Nutzungsdauer einer Geothermieanlage variiert in der Literatur und in der Praxis zwischen ca. 20 und 30 (manchmal sogar bis zu 40) Jahren. Für die Wartung und Instandhaltung können jährlich ca. 26.000 €/MW gerechnet werden. Zusätzlich kommen etwa 100.000 €/a an Öffentlichkeitsarbeit dazu¹⁹.

¹⁸ *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*. 06.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

¹⁹ Ebd.



5.5.2 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 begrenzt auf wenige Hundert kW, so dass sich diese Technik eher für einzelne Großverbraucher oder als Wärmequelle in kleinen Nahwärmenetzen eignet²⁰. 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 machen²¹. Westlich von Großhöhenrain sind gemäß der Bohrpunktkarte Deutschland der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe einige tiefe Bohrungen aus den 60er und 70er Jahren vorhanden. Ob diese jedoch noch intakt und somit für die Benutzung von tiefen Erdwärmesonden geeignet sind, ist nicht bekannt, jedoch unwahrscheinlich.

Bohrkosten einer neuen Anlage richten sich nach den Bohrkosten der Tiefengeothermie, je nach Tiefe. Die Kosten für eine Wärmepumpe richten sich nach den Kosten in Kapitel 5.4.

Zum Zeitpunkt der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurde der großflächige Claim, welcher auch die Gemeinde Feldkirchen-Westerham einschließt, bereits an einen in Feldkirchen-Westerham ansässigen Unternehmer vergeben.

²⁰ *Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe*. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand: April 2016

²¹ *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*. 06.2023, AGFW, Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.



5.6 Biomasse

Biomasse wird sowohl in kleinen Kesseln bis hin zu großen Anlagen verwertet. Das bekannteste Biomasseprodukt ist Holz. Laut Energie-Atlas Bayern existiert derzeit für die Gemeinde Feldkirchen-Westerham ein Energiepotenzial aus Waldderbholz von 78.500 GJ, also umgerechnet 21.806 MWh. Aus Flur- und Siedlungsholz könnte eine Energiesumme von 2.000 GJ bzw. 556 MWh generiert werden. Des Weiteren gibt es ein Ertragspotenzial für Pappeln aus Kurzumtriebsplantagen von 26.920 GJ bzw. 7.478 MWh. Tabelle 22 fasst alle Energiedaten zusammen.

Tabelle 22: Biomassepotenzial in Feldkirchen-Westerham. Quelle: Energie-Atlas Bayern

Art	Energiepotenzial [GJ]	Energiepotenzial [MWh]
Waldderbholz	78.500	21.806
Flur- und Siedlungsholz	2.000	556
Ertragsholz für Pappeln	26.920	7.478
Summe	107.420	29.840

Ein zusätzliches Biomassepotenzial befindet sich in den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungsvarianten. Sowohl mit Energiepflanzen als mit tierlichen Reststoffen kann Biogas erzeugt werden. In Kapitel 3.1.1 wurden bereits die Bestandsanlagen erwähnt. Mit diesen Bestandsanlagen wurden bereits 38.949 MWh Strom im Jahr erzeugt. Laut Energie-Atlas Bayern existiert derzeit für die Gemeinde Feldkirchen-Westerham ein technisches Biogaspotenzial von 36.699 MWh/a (elektrisch). Obwohl das reale Potenzial vermutlich noch nicht ganz ausgeschöpft ist, sind die restliche Biogaspotenziale vermutlich gering. Aus Biogas kann Bio-Flüssiggas (Bio-LPG) hergestellt werden. Dies kann konventionelles Flüssiggas ersetzen, und somit ebenfalls einen Beitrag zur klimaneutralen Zukunft in der Gemeinde leisten.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass Biomasse nur unter spezifischen Bedingungen als klimaneutral gesehen werden kann. 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 Energieträger²². 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

²² 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>



zieht Daten von verschiedenen Publikationen zusammen²³. Aus diesen Publikationen leitet die NRW.Energy4Climate GmbH ab, dass mindestens ca. 75 % des nachhaltigen Potenzials in Deutschland bereits genutzt wird. Wird keine nachhaltige Biomasse benutzt, so gestalten sich die CO₂-Emissionen wie in der Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: 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 sich kleinere Kessel (10 - 100 kW) 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 24 dargestellt. Die Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen²⁴ wird in Abbildung 35 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass die Anschaffungskosten der Kessel nur ca. ein Drittel der Investition ausmachen.

Tabelle 24: 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

²³ Nachhaltiger Einsatz von Biomasse. 01.2023, NRW.Energy4Climate GmbH

²⁴ Bericht: Biomasseheizungen für Wohngebäude mit mehr als 1.000 m² Gesamtnutzfläche. 2007, Bremer Energie Institut

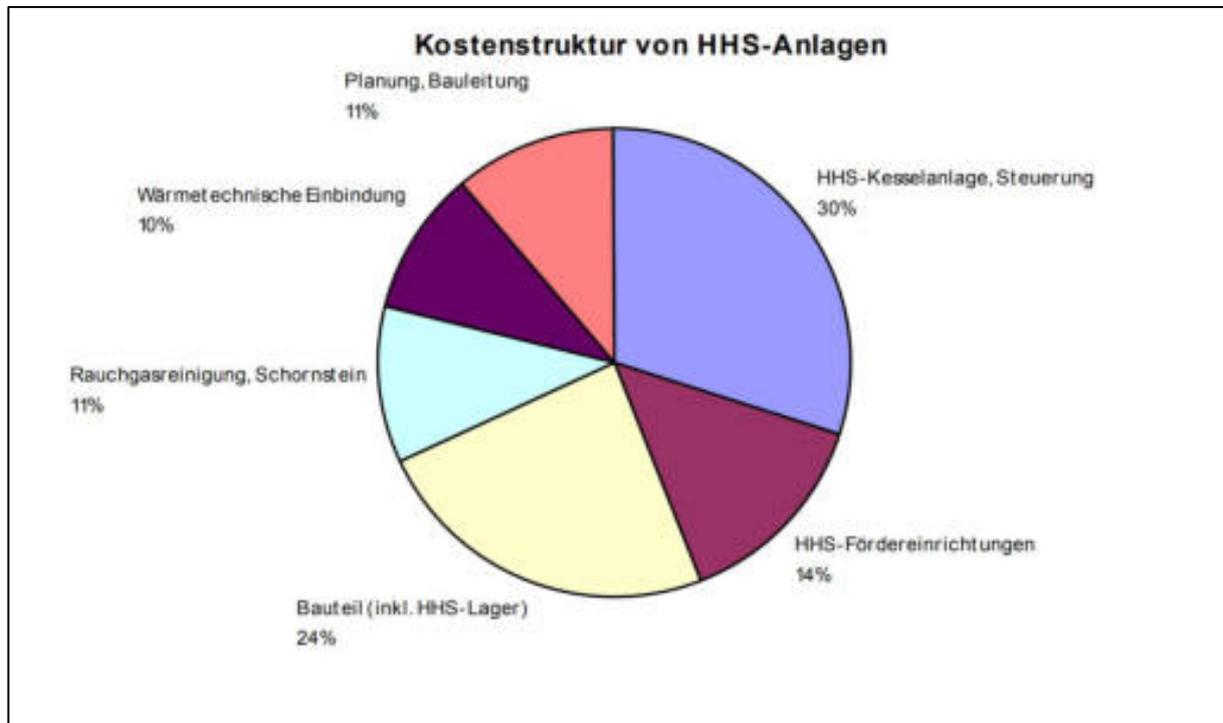


Abbildung 35: Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen. Quelle: Bremer Energie Institut

5.7 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Der Landkreis Rosenheim betreibt bereits ein Müllheizkraftwerk. Die Errichtung einer eigenen Anlage für die Gemeinde ist somit als nicht sinnvoll zu betrachten.

Eine Klärschlammverbrennungsanlage gibt es in Feldkirchen-Westerham nicht. Die Gemeinde verfügt über relativ wenig Einwohner und somit geringe Mengen Klärschlamm. Der Bau einer Monoverbrennungsanlage ist generell erst ab großen Mengen Klärschlamm wirtschaftlich und effizient²⁵. Für die Gemeinde kommt diese Option somit zurzeit nicht in Frage.

5.8 KWK-Anlagen

Das Potenzial für Biogas wurde bereits im Kapitel Biomasse behandelt und ist bereits fast ausgeschöpft. 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. Im nachfolgenden Kapitel sind mehr Informationen zum Thema Wasserstoff in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham zu finden.

²⁵ FAQ zum Bau und Betrieb einer geplanten Klärschlammverbrennungsanlage in Köln-Merkenich. Stand: 01.12.2021, StEB Köln



5.9 Wasserstoff

Wasserstoff ist heutzutage in der Wärmeversorgung ein umstrittenes Thema. Am 14.11.2023 wurden Pläne der Bundesregierung für den Ausbau von etwa 9.700 km Wasserstoffnetz angekündigt. Wasserstoff als klimaneutraler Energieträger für die Wärmeversorgung ist stark abhängig von der Verfügbarkeit von grünem Strom. Die Elektrolyse, die Aufspaltung von Wasser zur Herstellung des Wasserstoffs, geschieht durch den Einsatz von Strom. Wird dies mit „grünem“ Strom gemacht, spricht man von ebenfalls von „grünem“ Wasserstoff. Unterschieden wird dabei zwischen 3 verschiedenen Elektrolyse-Methoden: AEL-Elektrolyse, HTE-Elektrolyse, und PEM-Elektrolyse. Jede Variante hat aufgrund der Material-, Temperatur- und Stromanforderungen unterschiedliche Kostenfaktoren und Wirkungsgrade²⁶.

Im Optimalfall wird die Wasserstoffelektrolyse mit überschüssigem grünem Strom durchgeführt. Die selbstständige Produktion von Wasserstoff ist in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham zurzeit noch nicht klimaneutral durchführbar, jedoch bei weiterem Ausbaufortschritt innerhalb von wenigen Jahren realisierbar.

Die Zukunft von Wasserstoff scheint in Deutschland noch etwas unsicher, aber vielversprechend zu sein. Durch den Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen wird immer mehr grüner Strom produziert. Das Wasserstoffnetz wird erweitert, jedoch sollen keine Leitungen in der Nähe von Feldkirchen-Westerham gemäß Angaben der FNB Gas e.V. (Wasserstoff-Kernnetz 2032, gem. Antrag vom 22.07.2024) umgestellt werden.

Grüner Wasserstoff stellt vermutlich zukünftig eine sichere und flexible Wärmeerzeugungsvariante, aufgrund der Möglichkeit zur Speicherung mindestens zur Spitzenlastdeckung, dar. In Leistungsklassen und Flexibilität werden Wasserstoffkessel den heutigen Gaskesseln entsprechen.

Wasserstoff stellt sich aktuell noch nicht als wirtschaftlicher oder klimaneutraler Wärmeerzeuger heraus. Da Wasserstoff jedoch viel Forschung unterliegt, der Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugern weiter voranschreitet und bereits Pläne zum Ausbau der Wasserstoffnetze in Deutschland angekündigt worden sind, ist es wahrscheinlich, dass sich diese Situation in den kommenden Jahren stark ändert. Ob und wann Wasserstoff bei den privaten Haushalten ankommt, ist noch nicht sicher. Für größere Anlagen ist dies vermutlich schon früher möglich. Somit ist es unwahrscheinlich, dass sich Wasserstoff in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham als potenzieller Erzeuger für Wärmenetze erweist. Für Großverbraucher wie Neenah-Gessner kann Wasserstoff jedoch fast die einzige nicht-fossile Möglichkeit der Zukunft darstellen.

²⁶ *Elektrolyse von Wasser zur Herstellung von Wasserstoff*. TÜV-Nord, verfügbar auf <https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff/herstellung/elektrolyse-von-wasser/> Letzter Abruf 17.11.2023



Kosten und Nutzungsdauer von Wasserstoffkessel sind zurzeit noch nicht ausreichend bekannt. Zukünftig können sowohl die Kosten als auch die Nutzungsdauer nah an den aktuellen Gaskesseln (Nutzungsdauer ca. 20 Jahre, Aufwand für Wartung und Instandsetzung von 2,5 - 3 %) liegen.

Eine Meta-Analyse von 54 unabhängige Studien²⁷ liefert jedoch sehr kritischen Ergebnissen. 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 Gemeinde Feldkirchen-Westerham eine klare Strategie, wenn es um Wasserstoff geht. Die Gemeinde Feldkirchen-Westerham hat sehr viele gute und nachhaltige Erzeugungspotenziale, die zuerst zu benutzen sind. Wasserstoff soll zuerst nur in Wärmenetze als Redundanz- und Spitzenlastanlagen eingesetzt werden.

5.10 (Groß-)Wärmespeicher

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

5.10.1 Pufferspeicher

Pufferspeicher speichern Wärme (oder Kälte) über kurze Zeiträume. Im Normalfall handelt es sich dabei um einige Stunden bis maximal Tage. Pufferspeicher bestehen aus einem wassergefüllten Stahlbehälter, der an der Außenwand mit einer Wärmedämmung isoliert ist. Pufferspeicher werden oberirdisch gebaut. In Fernwärmenetzen können sie für die kurzfristige 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 Speicher gebaut.

5.10.2 Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher

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

²⁷ Rosenow, J. (2023). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. Cell Reports Sustainability.



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 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 für die schnelle Abdeckung von Spitzenlasten. Die Wärmespeicherkapazität von Behälter-Wärmespeicher liegt zwischen 60 und 80 kWh/m³ ²⁸.

5.10.2.2 Erdbecken

Erdbecken (PTES) sind im Vergleich zu Behälter-Wärmespeicher 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, Bohrpfehlwand) 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,

²⁸ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme



die Baukosten sind jedoch dafür geringer²⁹. In Erdbecken können Temperaturen von 80 - 95 °C erreicht werden^{30 31}.

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)³².

5.10.2.3 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 5.4.1 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 bis ca. 80 - 90 °C erwärmt werden³³. 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

²⁹ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

³⁰ 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).

³¹ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

³² *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

³³ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC



Oberseite mit einer Deckschicht versehen werden, die die Infiltration von Oberflächenwasser 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)³⁴.

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

5.10.2.4 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 einer 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 bilden³⁵. 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 fußt auf 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 Forschung³⁶. In Bestandsprojekten werden bereits mit Temperaturen von bis zu 90 °C gearbeitet (Gouda)³⁷.

³⁴ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

³⁵ *Ebd.*

³⁶ Fleuchaus, P., Schüppler, S., Stemmler, R., Menberg, K., & Blum, P. (2021). Aquiferspeicher in Deutschland. *Grundwasser*, 26(2), 123-134.

³⁷ 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 25: 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

5.10.2.5 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 die 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 Fernwärmenetze.

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 sind³⁸.

5.10.2.6 Latentwärmespeicher

Zu den Latentwärmespeicher gehören Eisspeicher und Phasenwechselmaterialien-Speicher (PCM-Speicher). Aufgrund von sehr geringen Betriebstemperaturen³⁹ 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.

³⁸ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

³⁹ *Ebd.*

5.10.2.7 Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel)

Das Prinzip Power-to-Heat (PtH) basiert auf einer Umwandlung 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 Wärmenetze mit Vorlauftemperaturen zwischen 80 und 130 °C⁴⁰.

5.10.3 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 5.4.1 erwähnten Flächen errichtet werden. Da Erdsondenfelder relativ gut in grüne Infrastruktur integriert werden können, ergeben sich hier auch Park- und Sportflächen (ohne Baumbewuchs) als Potenzialflächen. Der Platzbedarf ist abhängig von der Dimensionierung des Wärmespeichers.



Abbildung 36: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung.

⁴⁰ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

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.

Die Kosten für Wärmespeicher richten sich nach der Komplexität der Herstellung sowie der Größe des Speichers. In Abbildung 37 werden die Kosten pro m³ für verschiedene Saisonspeicher anhand von Projekten dargestellt. In der Regel werden Saisonspeicher für eine Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren ausgelegt⁴¹.

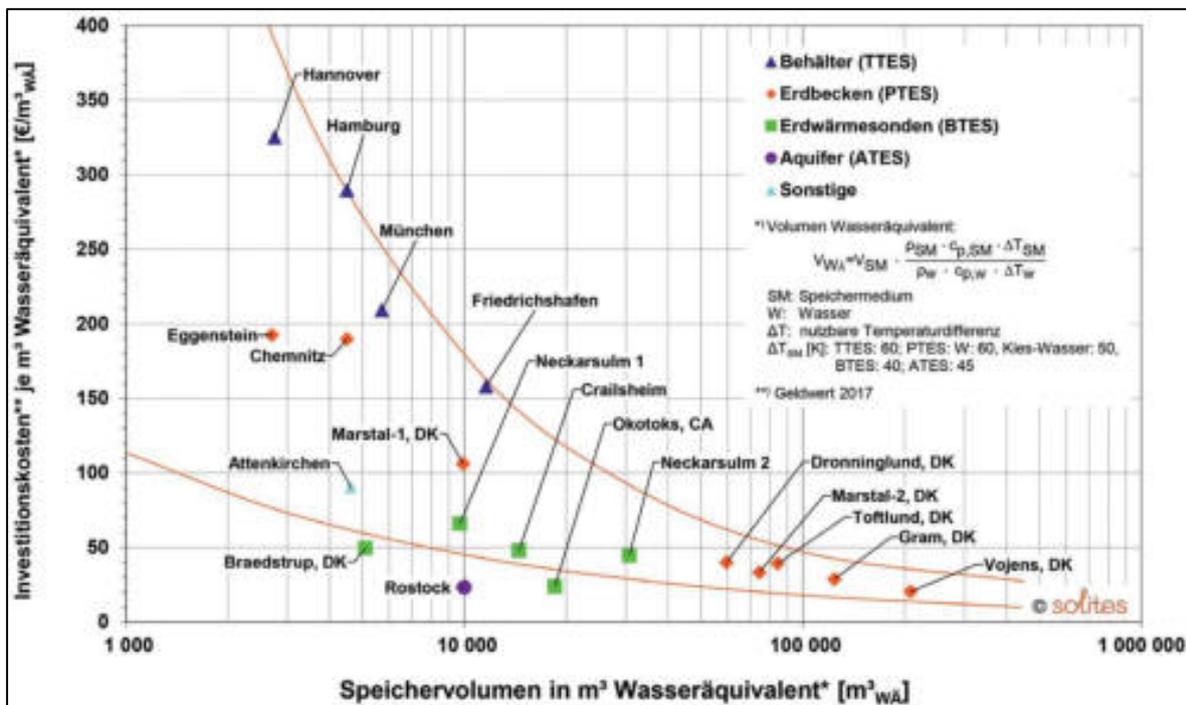


Abbildung 37: Kosten von verschiedenen Saisonspeichervarianten pro m³. Quelle: Saisonspeicher.de

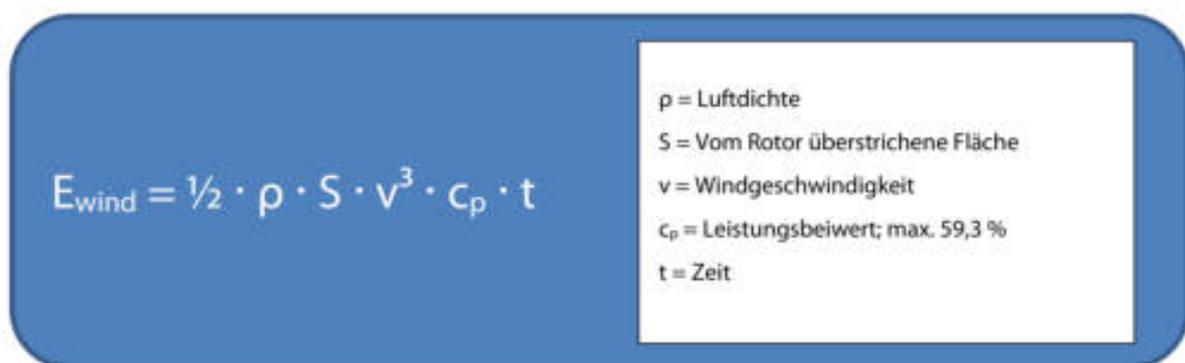
- ⁴¹ *Saisonspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

5.11 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Verbindung mit dem Wärmenetz

Strom und Wärme sind zwei Sektoren, die bereits jetzt stark gekoppelt sind, z. B. in Form von Wärmepumpen. Eine erneuerbare Stromerzeugung stellt somit gleichzeitig eine erneuerbare Wärmeerzeugung dar. In diesem Kapitel werden Potenziale für eine erneuerbare Stromerzeugung in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham geprüft.

5.11.1 Windenergie

Das dominierende Hauptkriterium für einen geeigneten Standort von Windenergieanlagen (WEA) ist die vorherrschende Windgeschwindigkeit. Sie geht mit der dritten Potenz in die zu gewinnende Energie ein. Bei einer Verdoppelung der Windgeschwindigkeit verachtfacht sich somit der Stromertrag (siehe Formel in Abbildung 38):


$$E_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3 \cdot c_p \cdot t$$

ρ = Luftdichte
 S = Vom Rotor überstrichene Fläche
 v = Windgeschwindigkeit
 c_p = Leistungsbeiwert; max. 59,3 %
 t = Zeit

Abbildung 38: Formel für aus dem Wind gewinnbare Energie

Diese naturwissenschaftlich-technischen Rahmenbedingungen gelten sowohl für große WEA mit Nabelhöhen über 140 m als auch für so genannte Kleinwindenergieanlagen (KWEA). Letztere sind 10 - 50 m hoch und weisen geringere Leistungszahlen und damit auch geringere Ertragspotenziale auf. Es ist also in beiden Fällen entscheidend, einen Standort mit hohen, konstanten Windgeschwindigkeiten auszuwählen. Die Potenzialanalyse der Windenergie fußt auf dem bayerischen Windatlas im Energieatlas Bayern, dessen Datengrundlage räumliche Interpolationen von Windmessdaten unter Berücksichtigung des Reliefs und weiterer naturräumlicher Bedingungen sind. Die Unsicherheiten dieser Daten wachsen daher einerseits mit zunehmendem Abstand zu den Messpunkten und andererseits mit der Heterogenität der Oberflächenbedingungen. Daher ist es durchaus möglich, dass es lokal gut geeignete Standorte gibt, die im Windatlas nicht als solche gekennzeichnet sind.

Neben den natürlichen Rahmenbedingungen sind die rechtlichen Vorgaben für eventuelle Windenergieanlagen zu beachten. Für Großwindenergieanlagen sind nach dem aktuellen Regionalplan 2 Vorrangflächen und ein Vorbehaltsgebiet im Gemeindegebiet ausgewiesen. Im Folgenden wird das technische Potenzial der gesamten Gemeinde betrachtet, jedoch wird auf das

Vorbehaltsgebiet und die Vorrangflächen fokussiert. Kleinwindenergieanlagen dürfen bis zu einer Nabenhöhe von 10 Metern verfahrensfrei installiert werden, zwischen 10 und 50 m Höhe besteht eine bauaufsichtliche Genehmigungspflicht. Ab 50 m Gesamthöhe handelt es sich um eine raumbedeutsame Windkraftanlage, d.h. es besteht eine immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflicht (4. BImSchV).

Potenzial von Kleinwindenergieanlagen (KWEA)

Bezüglich des technischen Potenzials bildet Abbildung 39 die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe ab. In der Regel wird einen Betrieb von Kleinwindkraftanlagen wirtschaftlich sinnvoll bei mittleren Windgeschwindigkeiten ab ca. 4 m/s⁴². Bei dieser Geschwindigkeit erzeugt eine 600-Watt Kleinwindanlage etwa 548kWh/a⁴³. Diese Geschwindigkeiten werden laut Windatlas in Feldkirchen-Westerhams nicht erreicht.

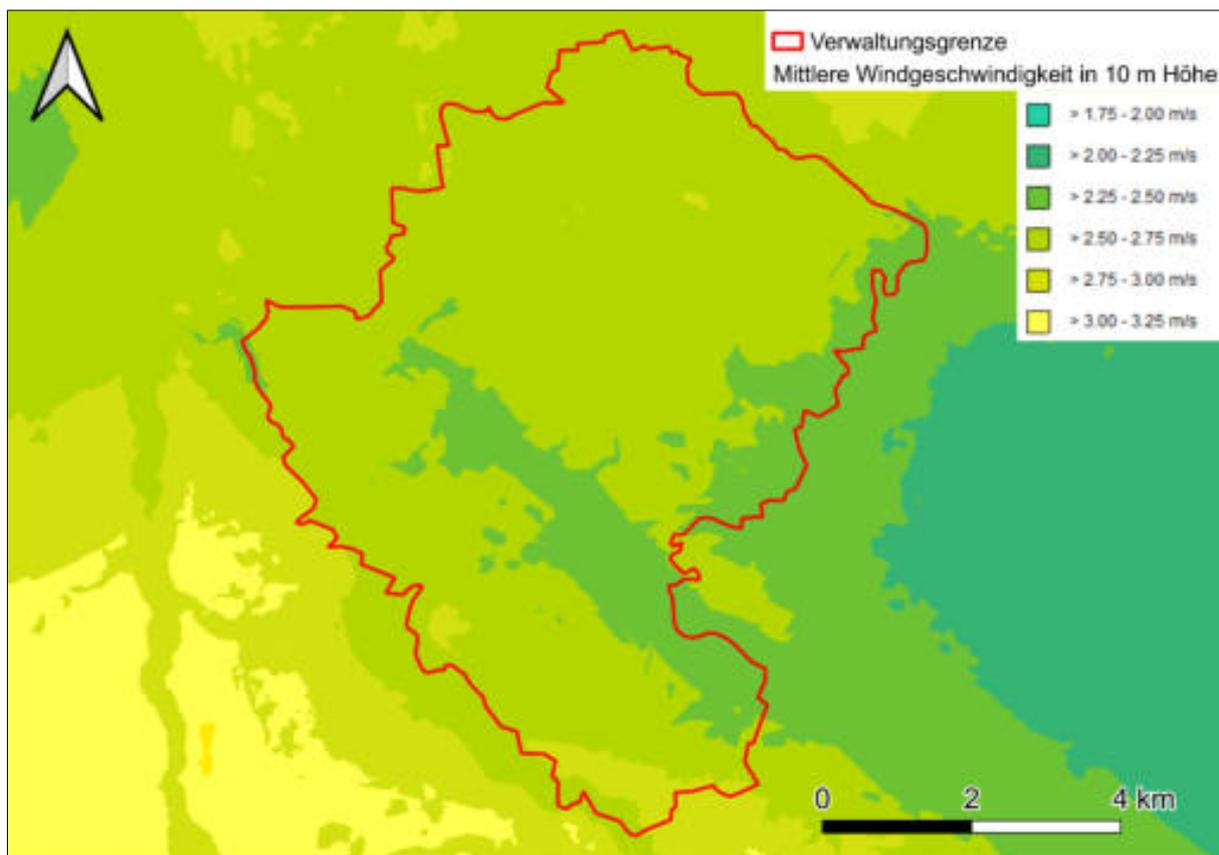


Abbildung 39: Übersicht der möglichen Gebiete für Kleinwindenergieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

⁴² Windmessung für Kleinwindkraftanlagen. Patrick Jüttemann, Klein-Windkraftanlagen.com

⁴³ Kleinwindkraftanlagen - Hintergrundinformationen und Handlungsempfehlungen. 2015, C.A.R.M.E.N. e.V.

KWEA sind somit zurzeit in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham als nicht wirtschaftlich sinnvoll zu bewerten.

Potenzial von Großwindenergieanlagen (WEA)

Abbildung 40 stellt die mittlere Windgeschwindigkeit in 140 Meter Höhe laut bayerischem Windatlas, sowie die bereits festgelegten Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Windkraftanlagen dar. Das Minimum für einen wirtschaftlichen Betrieb von Großwindenergieanlagen entspricht rund 5,5 m/s gemäß einer Studie des Umweltamt der Gemeinde Wiesbaden⁴⁴. Dabei zeigt sich, dass in Feldkirchen-Westerham nur wenige Gebiete das technische Potenzial für WEA aufweisen und keinen Bereichen mit Geschwindigkeiten von über 6 m/s (wirtschaftlich attraktiveren Standorten) vorhanden sind. Zudem wird dieses natürliche Potenzial durch rechtliche Vorgaben hinsichtlich der Abstände zur Wohnbebauung begrenzt.

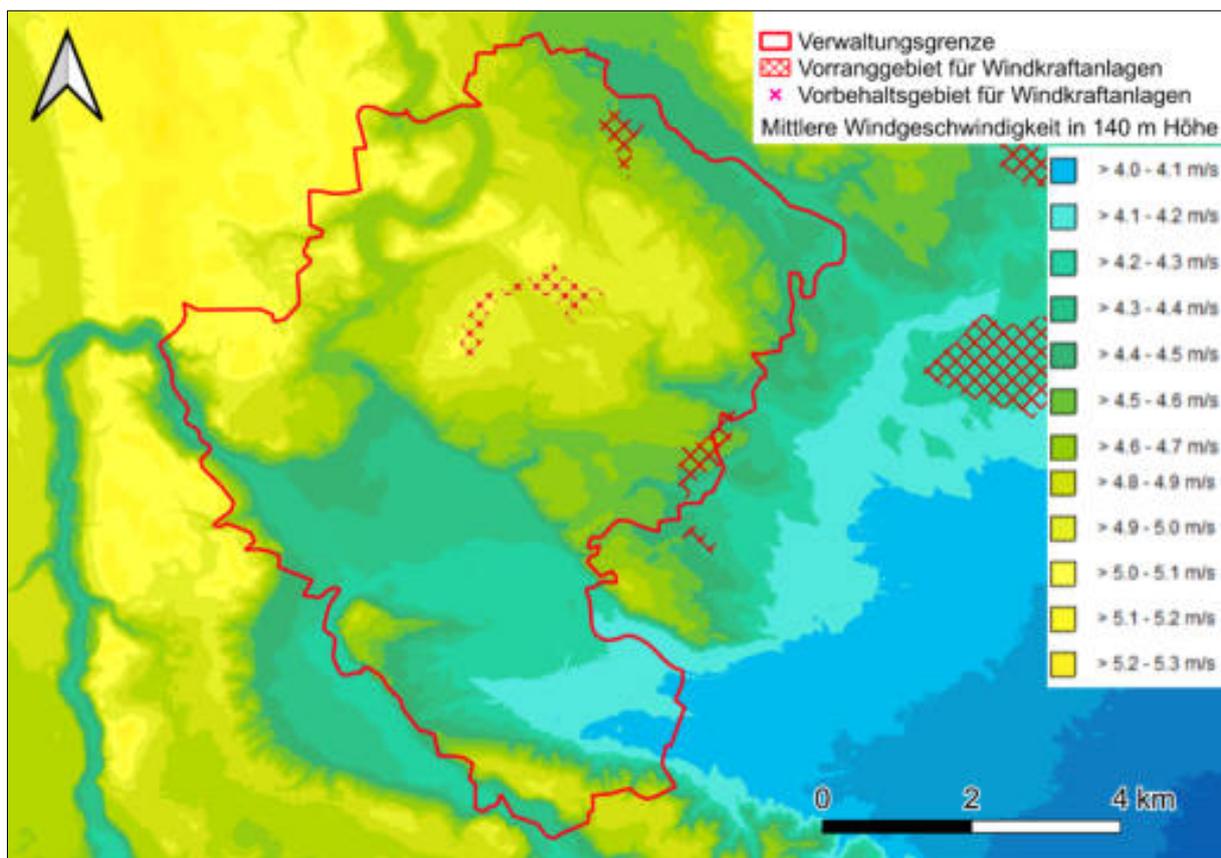


Abbildung 40: Übersicht der möglichen Gebiete für Großwindenergieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

⁴⁴ Windpotentialstudie Wiesbaden. 20.02.2009, JH Wind, im Auftrag des Umweltamt der Gemeinde Wiesbaden

Seit Juni 2023 wurde festgelegt, dass in Wäldern, in der Nähe von Gewerbegebieten, an Autobahnen, Bahntrassen und Wind-Vorbehaltsgebieten der Abstand der Windräder zur Wohnbebauung lediglich 1000 Meter betragen muss. In Wind-Vorranggebieten wird dieser Abstand weiter verringert auf rund 800 Meter zu Wohnbebauung⁴⁵. Die bereits festgelegten Vorrang- und Vorbehaltsgebiete stimmen laut Geobasisdaten „Tatsächliche Nutzung“ der Bayerischen Vermessungsverwaltung größtenteils mit diesen Voraussetzungen überein. Unter Einbehaltung der vorgegebenen Ausschlusskriterien werden die Potenzialflächen durch vorhandene Bebauung und Wasserschutzgebiete etwas reduziert. Insgesamt befinden sich in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham drei Potenzialflächen für Windenergie mit einer Gesamtfläche von 459.324 m².

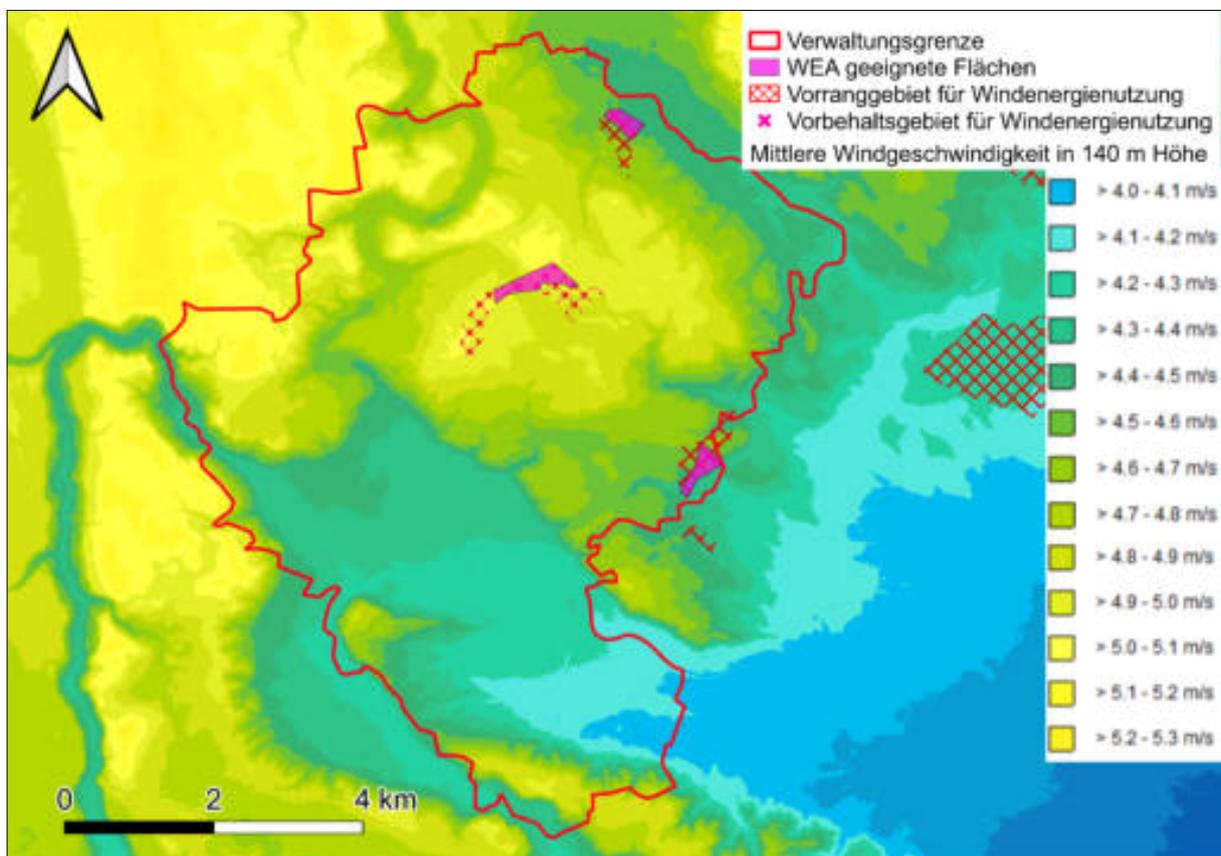


Abbildung 41: Übersicht der geeigneten Gebiete für Großwindenergieanlagen in der Gemeinde Feldkirchen Westerham. Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.

Eine einzige Großwindkraftanlage mit 3 MW installierter Leistung liefert bei realistischen 1.800 Volllaststunden einen Ertrag von 5.400 MWh/a. Das entspricht 6,3 % des gesamten Strombedarfs in

⁴⁵ Pressemitteilungen, 09.11.2022, Pressereferat Bayerische Staatsregierung: „Am 16. November treten die geänderten 10H-Regelungen in Kraft – Die Nachfrage nach neuen Windenergieprojekten ist bereits gestiegen“



Feldkirchen-Westerham, jedoch bereits 13,5% des nicht-erneuerbaren Stromverbrauchs (konventioneller Mix). Damit wären 8 solcher Großwindkraftanlagen nötig, um den Stromverbrauch in Feldkirchen-Westerham bilanziell vollständig über vor Ort erzeugten erneuerbaren Strom abzudecken. Der Flächenbedarf einer solchen Anlage mit einem Rotordurchmesser von ca. 100 m (z.B. Enercon E-101) liegt dabei im Bereich von ca. 117.810 m^2 ($\pi \times 2,5 \text{ Rotordurchmesser} \times 1,5 \text{ Rotordurchmesser}$)⁴⁶. Gemäß den Potenzialflächen sind etwa 4 WEA realisierbar. Mit den oben genannten Windkraftanlage mit 3 MW und ca. 1.800 Volllaststunden entspricht dies ein Potenzial von ca. 21.600 MWh/a.

Für eine tatsächliche Potenzialabschätzung und Wirtschaftlichkeitsberechnung sind detaillierte und längere Messungen in der entsprechenden Höhe nötig. Derzeit nimmt der Ausbau der Windenergieanlagen in Bayern aufgrund der geänderten Regel Geschwindigkeit auf. Wichtig bei der Planung sind eine breite Akzeptanz sowie die Einbeziehung der Bürgerschaft und der Nachbargemeinden.

Im Jahr 2024 wurde mit dem Bau einer WEA im äußeren östlichen Bereich der geeigneten Fläche im Vorbehaltsgebiet angefangen. Es wurde in der Vorhabenbeschreibung einen Windertrag von 8 - 9 GWh/a bei einer Nabenhöhe von 160 m geschätzt. Die ermittelten Windgeschwindigkeiten in der Abbildung 41 auf 140 m Höhe liegen auf 160 m Höhe etwa 0,2 m/s höher. Das Potenzial steigt somit auf dieser Höhe nur geringfügig an.

5.11.2 Wasserkraft

Der Mangfall ist in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham das einzige Gewässer mit Potenzial für Wasserkrafterzeugung. Das Potenzial der Stromerzeugung durch Wasserkraft ist vor allem von der Durchflussmenge (Q) und der Fallhöhe (H) des Wasserkraftwerks abhängig. Die Durchflussmenge beschreibt die Wassermenge, die zu jeder Zeit durch die Turbinen fließt, die Fallhöhe ist die Höhendifferenz zwischen Oberwasser und Unterwasser. Der Druck des Wassers steigt mit zunehmender Fallhöhe, daher werden Wasserkraftwerke oft in drei Druckklassen eingeteilt. Bis 25 m wird das Kraftwerk als Niederdruckkraftwerk bezeichnet, bis 100 m als Mitteldruckkraftwerk und bei Fallhöhen über 100 m als Hochdruckkraftwerk⁴⁷. Abhängig von der Durchflussmenge und der Fallhöhe werden unterschiedliche Turbinenarten eingesetzt, deren Aufbau die optimale Ausbeute des Wasserstroms sicherstellt. Die Kaplan-Turbine eignet sich bei niedrigen Fallhöhen (bis 40 m) sowie bei großen Durchflussmengen und wird hauptsächlich in Laukraftwerken eingesetzt. Die Francis-Turbine wird sowohl bei Laufkraft- als auch bei Speicherkraftwerken verwendet und eignet sich für mittlere Fallhöhen (10-200 m) und Durchflussmengen. Die Francis-Turbine ist deswegen der

⁴⁶ *Überblick Windenergie an Land: Anlagenhöhe | Flächenbedarf | Turbinenanzahl.* 03.2019. Fachagentur Windenergie an Land e.V.

⁴⁷ *Funktionsweise und Technik eines Kraftwerks.* Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke (BDW) e.V.



am weitesten verbreitete Turbinentyp. Für große Fallhöhen (80-1000 m) und kleinen Durchflussmengen eignet sich die Pelton-Turbine am besten⁴⁸.

An der Ausleitung Westerhamer Mühlbach ist bereits ein Geländeversprung von 2,5 m an einem bestehenden Querbauwerk vorhanden. Dies ergibt laut dem EnergieAtlas Bayern ein Potenzial von ca. 95 kW.

5.12 Zusammenfassung der Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse kann für die Ortsteile folgendermaßen tabellarisch zusammengefasst werden:

Tabelle 26: Vorhandene Energiepotenziale pro Ortsteil in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham

Energieträger Ortsteil	PV/ ST	Bio- masse	Luft- wärme- pumpe	Erd- sonde	Grund- wasser- wärme	Fluss- wasser	Ab- wasser	Wasser- stoff	Tiefen- geo- thermie
Feldkirchen Nord (Ölbergring)	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	✓
Feldkirchen West	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
Feldkirchen Süd	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
Westerham Bahnhof	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
Westerham	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
Vagen	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	✓
Vagen Nord	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓
Großhöhenrain	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓

⁴⁸ Leistungen. WWS Wasserkraft.



Zudem können die Vor- und Nachteile der jeweiligen Potenziale kurz zusammengefasst werden:

Tabelle 27: 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
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
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
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. Zielszenario und Wärmewendestrategie

In Abstimmung mit der Gemeinde Feldkirchen-Westerham wurde für alle Ortsteile 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 ($\text{kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$) 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 42).

Wärmelinien-dichte [$\text{MWh}/\text{m} \cdot \text{a}$]	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 42: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte gemäß KWW Handlungsfaden 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 43 und Abbildung 44 zeigen die Ergebnisse der Abstimmungen. Nachfolgend werden die Ortsteile mit Wärmenetzpotenzial detaillierter dargestellt.

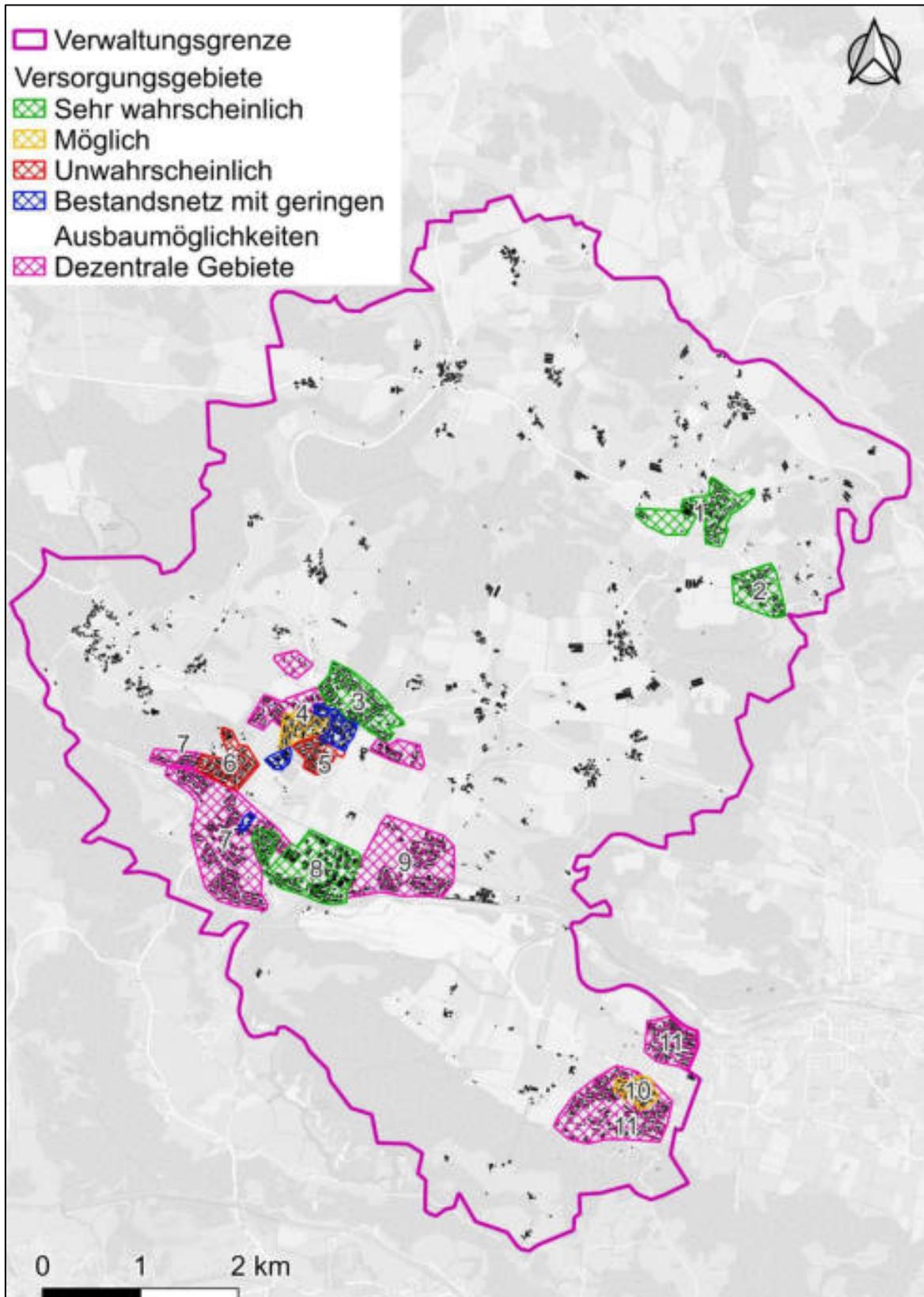


Abbildung 43: Bewertung der Versorgungsgebiete und -optionen

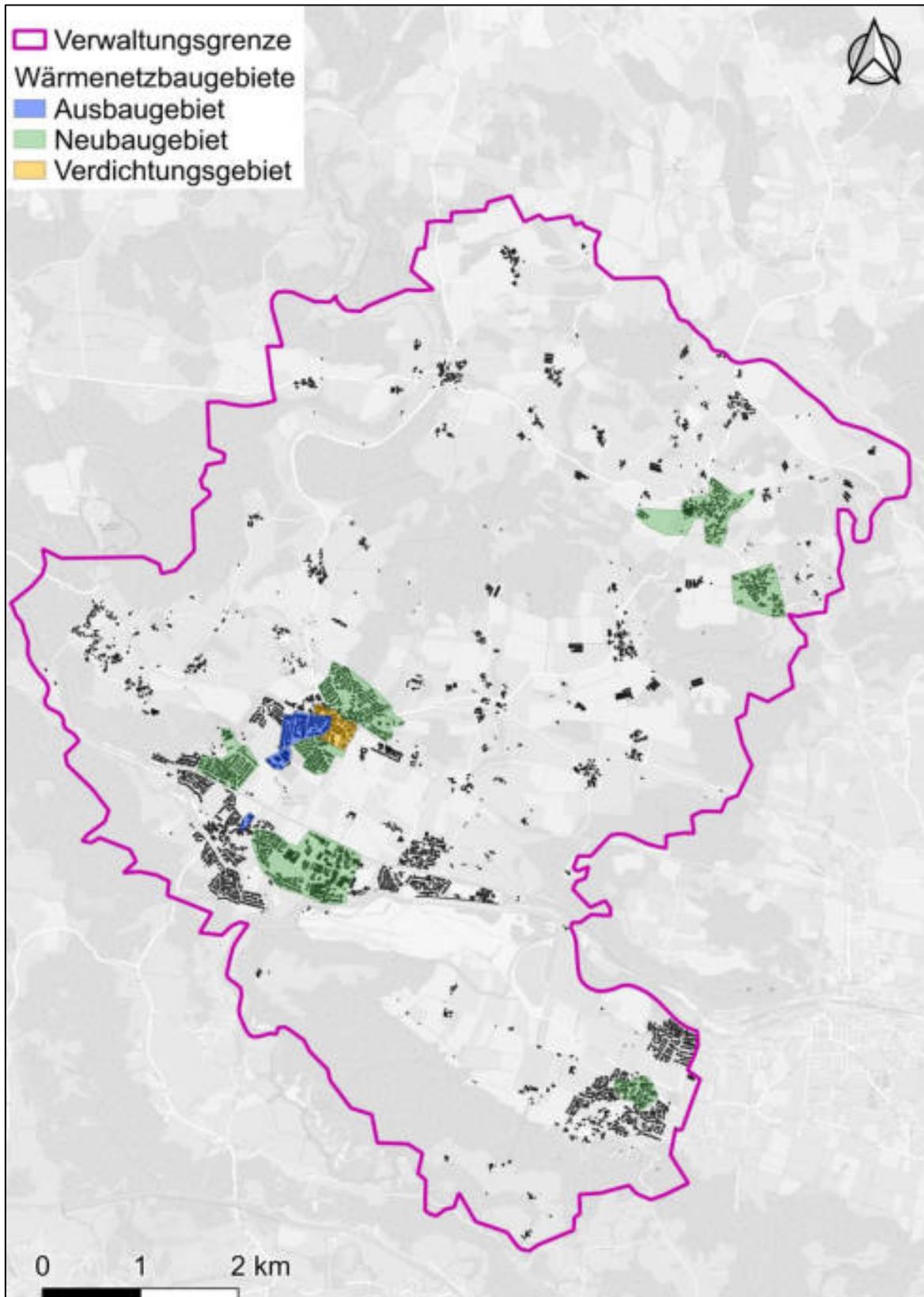


Abbildung 44: Differenzierung der potenziellen Wärmenetzbauegebiete



6.1 Zielszenario & Strategie Großhöhenrain

Tabelle 28: Zielszenario Großhöhenrain

Großhöhenrain	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	2045	MWh
Wärmeverbrauch	100%	16.491	100%	14.613	100%	13.549	100%	12.563	100%	11.649
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	97%	15.974	91%	13.261	79%	10.712	76%	9.563	74%	8.649
davon Wärmepumpen	2%	294	6%	856	11%	1.202	16%	1.519	19%	1.627
davon Biomasse	18%	2.938	39%	5.195	55%	5.864	76%	7.313	81%	7.022
davon Fossil	80%	12.742	54%	7.209	34%	3.645	8%	731	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	517	9%	1.352	21%	2.837	24%	3.000	26%	3.000
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	100%	517	100%	1.352	100%	2.837	100%	3.000	100%	3.000
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	3.711	t	2.195	t	1.220	t	425	t	209

In Großhöhenrain ist derzeit bereits ein Wärmenetz auf Biomassebasis in Planung und soll in den kommenden Jahren gebaut werden. Der Großverbraucher im Ortsteil, die Höhenrainer Delikatessen GmbH, wird nicht an das Wärmenetz anschließen. Südlich der Firma soll jedoch ein neues Gewerbegebiet entstehen, welches an das Wärmenetz angeschlossen werden soll. Es wird eine maximale Wärmeabnahme im Wärmenetz von ca. 3 GWh/a angenommen. Durch Großverbraucher entspricht die Wärmemengenverteilung nicht der erwarteten Anschlussquote, die höher ausfällt als in Tabelle 28 dargestellt. Durch das Wärmenetz kann ein erheblicher Teil des Ortes auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Die dezentrale Versorgung in Großhöhenrain wird aufgrund der Gebäudestruktur und vorliegender Verfügbarkeit vermutlich hauptsächlich über Biomasse (LNG und fest) stattfinden. Dennoch besteht in Großhöhenrain viel Fläche für die Installation von verschiedenen Wärmepumpenarten und teilweise auch Potenzial für Wärmepumpen (Erdsonden und -kollektoren, Luftwärmepumpen). Da nachhaltige Biomasse ein begrenztes Gut ist, kann es für die Gemeinde ein Ziel sein, vor Ort zusätzliche Öffentlichkeitsarbeit zu leisten bzw. verstärkt Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen anzubieten.

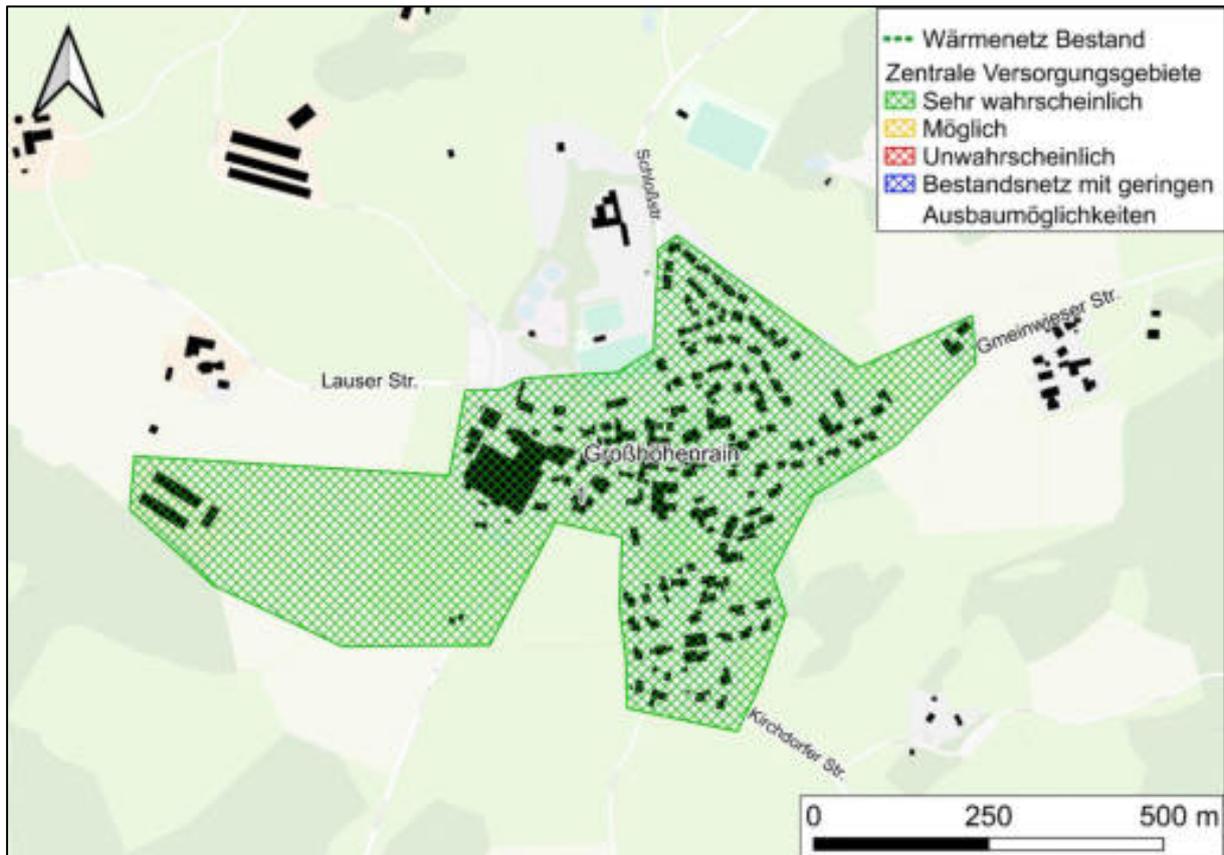


Abbildung 45: Mögliches Wärmenetzgebiet im Ortsteil Großhöhenrain

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 94,38% reduziert werden.



6.2 Zielszenario & Strategie Feldkirchen

Tabelle 29: Zielszenario Ortsteil Feldkirchen

Feldkirchen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	35.851	100%	31.768	100%	29.456	100%	27.312	100%	25.324
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	87%	31.014	73%	23.071	71%	20.926	71%	19.403	71%	17.990
davon Wärmepumpen	7%	2.171	15%	3.461	25%	5.231	40%	7.761	50%	8.995
davon Biomasse	14%	4.342	25%	5.768	35%	7.324	45%	8.731	50%	8.995
davon Fossil	79%	24.501	60%	13.843	40%	8.370	15%	2.910	0%	-
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	13%	4.837	27%	8.697	29%	8.530	29%	7.909	29%	7.334
davon Wärmepumpen	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	90%	4.354	92%	8.001	95%	8.104	100%	7.909	100%	7.334
davon Fossil	10%	484	8%	696	5%	427	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	7.560	t	4.473	t	2.850	t	1.218	t	372

Feldkirchen präsentiert sich als ein komplexer Ortsteil, in dem bereits zwei Wärmenetzstränge und einige Gebäudenetze in Betrieb sind. Zudem bestehen vielversprechende Potenziale für weitere Wärmenetze. Die beiden Bestandsnetze im Zentrum und das Gebäudenetz der Schule weisen begrenzte Möglichkeiten für einen Ausbau und eine Nachverdichtung auf. Im Norden von Feldkirchen befindet sich das Gebiet Ölbergring (3). Dort besteht die Möglichkeit, ein Wärmenetz zu errichten. Zu diesem Projekt gibt es ebenfalls bereits erste Planungen und Umfragen. Als Energieträger kann hier beispielsweise entweder Biogas (z. B. in BHKWs) aus der östlichen Biogasanlage, feste Biomasse, Wärmepumpen oder auch Solarthermie eingesetzt werden.

Im Westen vom südlichen Feldkirchen befindet sich ein Mischgebiet, in dem sowohl große Wohngebäude als auch verschiedene GHD-Gebäude vorhanden sind (4). Dieses Gebiet eignet sich gemäß den in Anlage 1 genannten Kriterien für ein potenzielles Wärmenetz und könnte ggf. an das Bestandsnetz der Schule angeschlossen werden. Hierfür sind jedoch erhebliche Anpassungen am Bestandsnetz erforderlich. Zusammen mit dem Wohnbaugebiet im Süden von Feldkirchen (5, etwas weniger gut geeignet) sind diese Gebiete jedoch nicht als Prioritäten zu betrachten.

Die dezentrale Wärmeversorgung wird sich, wie in den anderen Ortsteilen, aufgrund der stellenweise alten Bebauungsstruktur sowie vorherrschender Präferenzen in der Bevölkerung vermutlich nicht ausschließlich durch Wärmepumpen bewältigen lassen. Die restlichen Mengen werden somit durch Biomasse (Pellets, Hackschnitzel, Bio-LPG etc.) bereitgestellt werden müssen. Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und von Biomasse kann eine komplette CO₂-



Neutralität nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen bis 2045 jedoch um 95,08% reduziert werden.

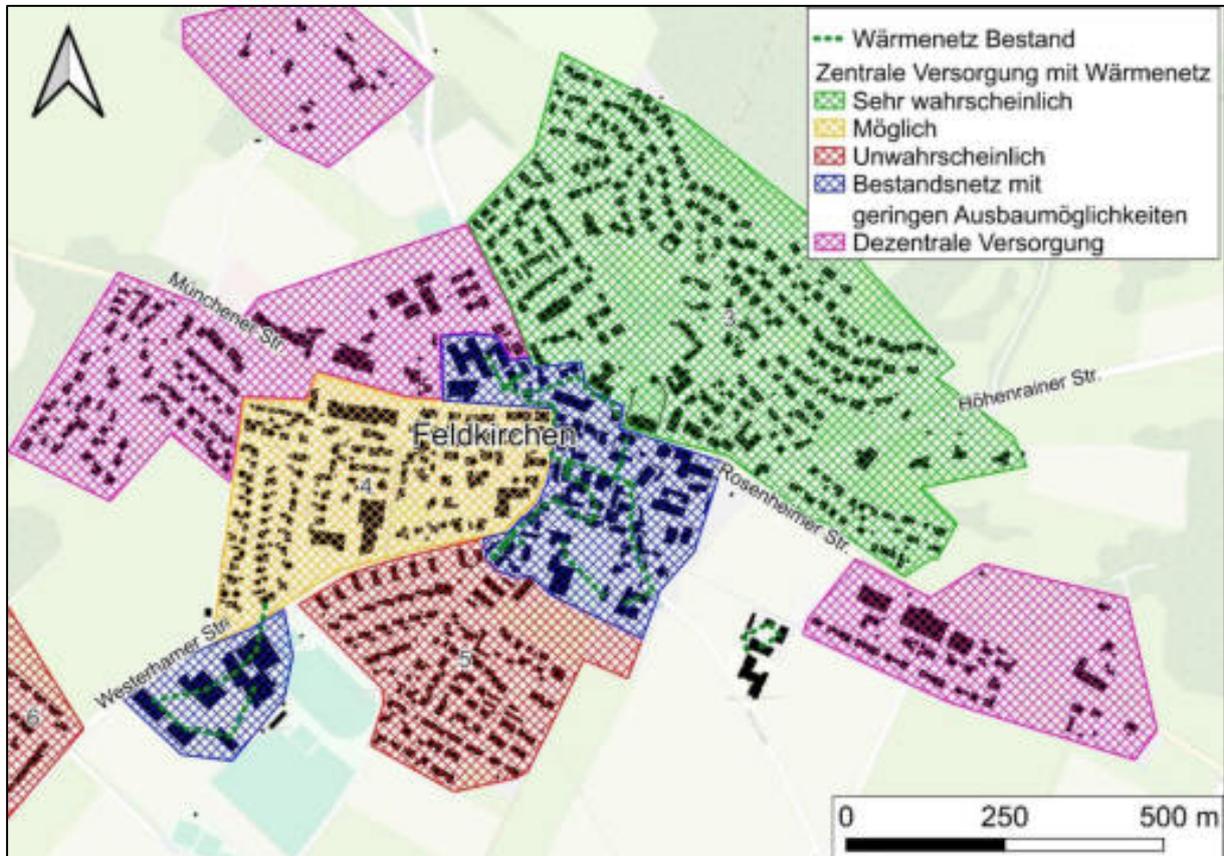


Abbildung 46: Mögliche Wärmernetzgebiete im Ortsteil Feldkirchen



6.3 Zielszenario & Strategie Westerham

Tabelle 30: Zielszenario Ortsteil Westerham

Westerham	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	228.544	100%	202.516	100%	187.776	100%	174.109	100%	161.437
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	99,9%	228.294	97,5%	197.360	96,9%	181.978	96,2%	167.433	95,1%	153.577
davon Wärmepumpen	1,4%	3.148	2,9%	5.679	4,7%	8.522	7,2%	12.122	8,6%	13.215
davon Biomasse	2,8%	6.296	4,8%	9.465	6,6%	11.930	8,1%	13.638	8,6%	13.215
davon Fossil	62,1%	141.850	57,8%	113.985	54,0%	98.261	49,6%	83.013	0,0%	-
davon sonstiges	33,7%	77.000	34,6%	68.231	34,8%	63.265	35,0%	58.660	82,8%	127.147
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0,1%	250	2,5%	5.157	3,1%	5.798	3,8%	6.676	4,9%	7.860
davon Wärmepumpen	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-
davon Biomasse	76,1%	190	14,9%	769	29,8%	1.730	43,5%	2.904	55,5%	4.362
davon Fossil	1,3%	3	0,1%	3	0,0%	3	0,0%	2	0,0%	-
davon sonstiges	22,6%	57	85,0%	4.385	70,1%	4.066	56,5%	3.770	44,5%	3.498
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	43.461	t	35.577	t	30.992	t	26.768	t	7.221

Westerham bildet aufgrund der vorhandenen Großverbraucher ebenfalls ein komplexes Zielszenario. In Westerham soll ein Wärmenetz auf Basis von Abwärme der Firma Neenah Gessner GmbH und fester Biomasse errichtet werden. Aufgrund der hohen benötigten Wärmemengen der Firma Neenah Gessner GmbH steigt der Anteil zentraler Wärmeversorgung nur sehr geringfügig an, obwohl auch hier große Mengen an Wärme in das Wärmenetz fließen sollen. Aufgrund von betrieblichen Prozessen können nicht alle Energieträger der Industrie im betreffenden Ortsteil auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Es wird prognostiziert, dass ab 2040 der Erdgasverbrauch der Industrie auf Wasserstoff oder eine ähnliche Alternative umgestellt werden kann. Es verbleibt jedoch trotzdem ein großer Anteil an übrigen, nicht klimaneutralen Energieträgern, die für die Prozesse der Industrie erforderlich sind. Die CO₂-Emissionen von Westerham können somit vermutlich nicht neutralisiert werden.

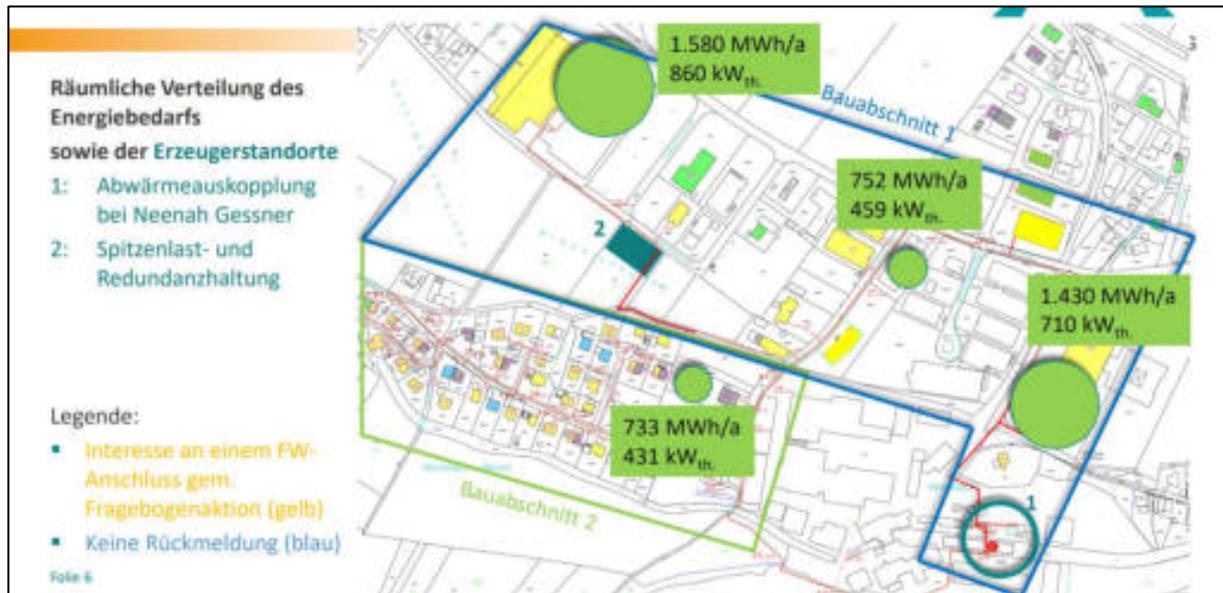


Abbildung 47: Erste Skizzen eines Wärmenetzes in Westerham - Weidach

Die dezentrale Wärmeversorgung wird sich wie in den anderen Ortsteilen, aufgrund vorherrschender Präferenzen in der Bevölkerung der stellenweise alten und unsanierten Bebauungsstruktur sowie und ggf. der hohen erforderlichen Temperaturen der GHD und der Industrie vermutlich nicht nur durch Wärmepumpen bewältigen lassen. Die restlichen Mengen müssen somit durch Biomasse (Pellets, Hackschnitzel, Bio-LPG etc.) bereitgestellt werden. Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und der Biomasse kann eine komplette CO₂-Neutralität nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen bis 2045 jedoch um 83,38% reduziert werden.

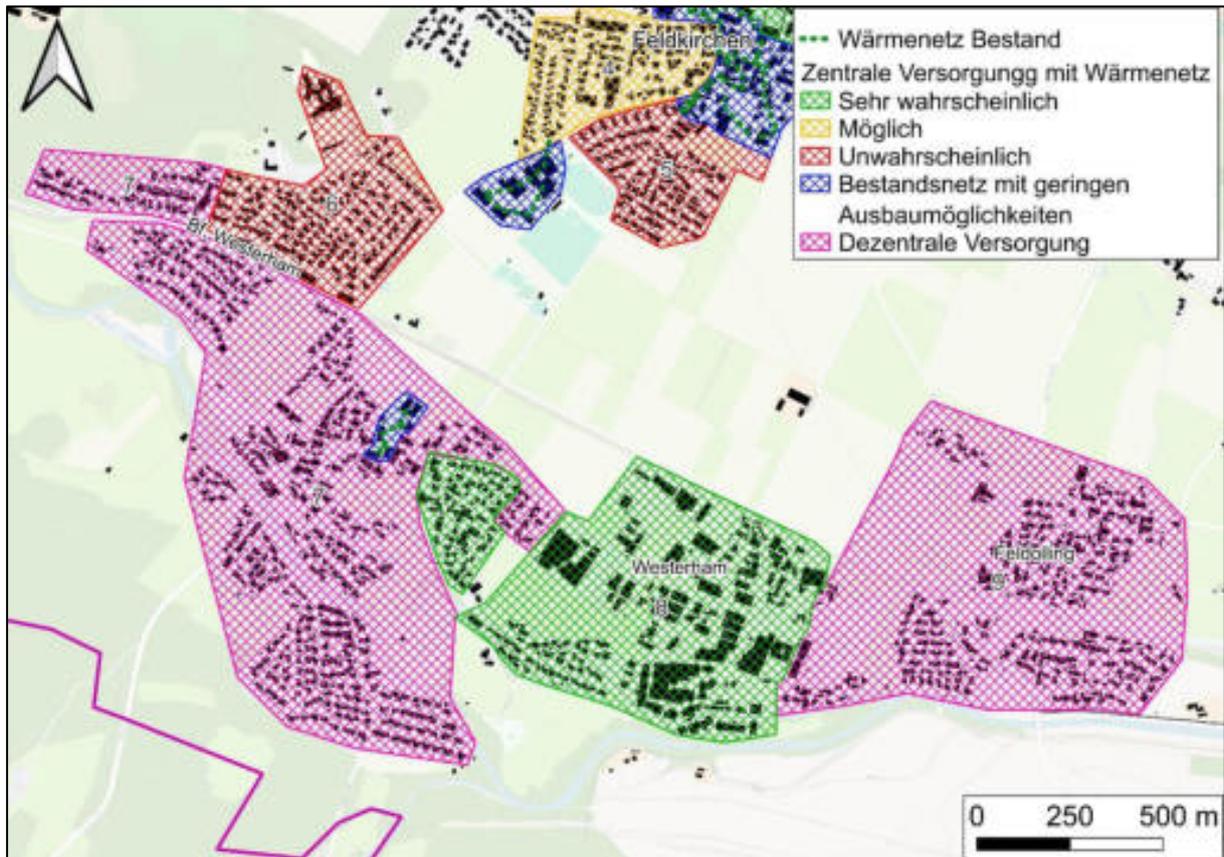


Abbildung 48: Mögliche Wärmenetzgebiete im Ortsteil Westerham



6.1 Zielszenario Feldolling

Tabelle 31: Zielszenario Ortsteil Feldolling

Feldolling	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	9.992	100%	8.854	100%	8.210	100%	7.612	100%	7.058
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	100%	9.992	100%	8.854	100%	8.210	100%	7.612	100%	7.058
davon Wärmepumpen	7%	699	15%	1.328	25%	2.052	40%	3.045	50%	3.529
davon Biomasse	14%	1.399	25%	2.214	35%	2.873	45%	3.426	50%	3.529
davon Fossil	79%	7.894	60%	5.313	40%	3.284	15%	1.142	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-								
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	2.426	t	1.628	t	1.024	t	424	t	88

Feldolling eignet sich nicht besonders gut für die Errichtung eines wirtschaftlichen Wärmenetzes. Somit ist flächendeckend eine dezentrale Versorgung vorgesehen. Die dezentrale Wärmeversorgung wird sich wie in den anderen Ortsteilen, aufgrund der stellenweise alten Bebauungsstruktur sowie vorherrschender Präferenzen in der Bevölkerung vermutlich nicht nur durch Wärmepumpen bewältigen lassen. Die restlichen Mengen werden somit durch Biomasse (Pellets, Hackschnitzel, Bio-LNG etc.) bereitgestellt. Dennoch besteht viel Platz und teilweise auch Potenzial für Wärmepumpen (Erdsonden und -kollektoren, Grundwasser- und Luftwärmepumpen) in Feldolling. Da nachhaltige Biomasse ein sehr begrenztes Gut ist, kann es für die Gemeinde ein Ziel sein, in Feldolling zusätzliche Öffentlichkeitsarbeit zu leisten bzw. verstärkt Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen anzubieten. Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und der Biomasse kann eine komplette CO₂-Neutralität nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen bis 2045 jedoch um 96,36% reduziert werden.



6.2 Zielszenario & Strategie Vagen

Tabelle 32: Zielszenario Ortsteil Vagen

Vagen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh
Wärmeverbrauch	100%	22.300	100%	19.760	100%	18.322	100%	16.988	100%	15.752
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	100%	22.300	100%	19.760	82%	15.008	79%	13.453	79%	12.482
davon Wärmepumpen	7%	1.561	15%	2.964	25%	3.752	40%	5.381	50%	6.241
davon Biomasse	14%	3.122	25%	4.940	35%	5.253	45%	6.054	50%	6.241
davon Fossil	79%	17.617	60%	11.856	40%	6.003	15%	2.018	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	0%	-	18%	3.314	21%	3.535	21%	3.270
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	100%	3.314	100%	3.535	100%	3.270
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	5.413	t	3.634	t	1.963	t	820	t	221

Vagen stellt nur im nordwestlichen Bereich des Ortskerns Vagen gute Bedingungen für ein Wärmenetz dar. Hier sind einige mittelgroßen Ankerkunden wie die Schule und die Kirche vorhanden. In diesem Bereich kann ein Wärmenetz, z. B. auf Biomassebasis, Luft- bzw. Grundwasserwärmepumpen und / oder Solarthermie errichtet werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein neues Wärmenetz zuerst mit Biomasse versorgt wird, ist in Vagen aufgrund der bestehenden Versorgung, Einwohner (Land- und Forstwirte) und Lieferketten hoch. Die restlichen Gebiete sind besser für eine dezentrale Versorgung geeignet.

Die dezentrale Wärmeversorgung wird sich wie in den anderen Ortsteilen, aufgrund der stellenweise alten Bebauungsstruktur sowie des Willens und vorherrschender Präferenzen in der Bevölkerung vermutlich nicht nur durch Wärmepumpen bewältigen lassen. Auch hier spielen die Einwohner (viele Land- und Forstwirte) eine große Rolle. Etwa die Hälfte wird somit vermutlich durch Biomasse (Pellets, Hackschnitzel, Bio-LPG etc.) bereitgestellt. Dennoch besteht viel Platz und teilweise auch Potenzial für Wärmepumpen (Erdkollektoren, Grundwasser- und Luftwärmepumpen) in Vagen. Da nachhaltige Biomasse ein sehr begrenztes Gut ist, kann es für die Gemeinde ein Ziel sein, in Vagen zusätzliche Öffentlichkeitsarbeit zu leisten bzw. verstärkt Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen anzubieten. Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und der Biomasse kann eine komplette CO₂-Neutralität nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen bis 2045 jedoch um 95,90% reduziert werden.

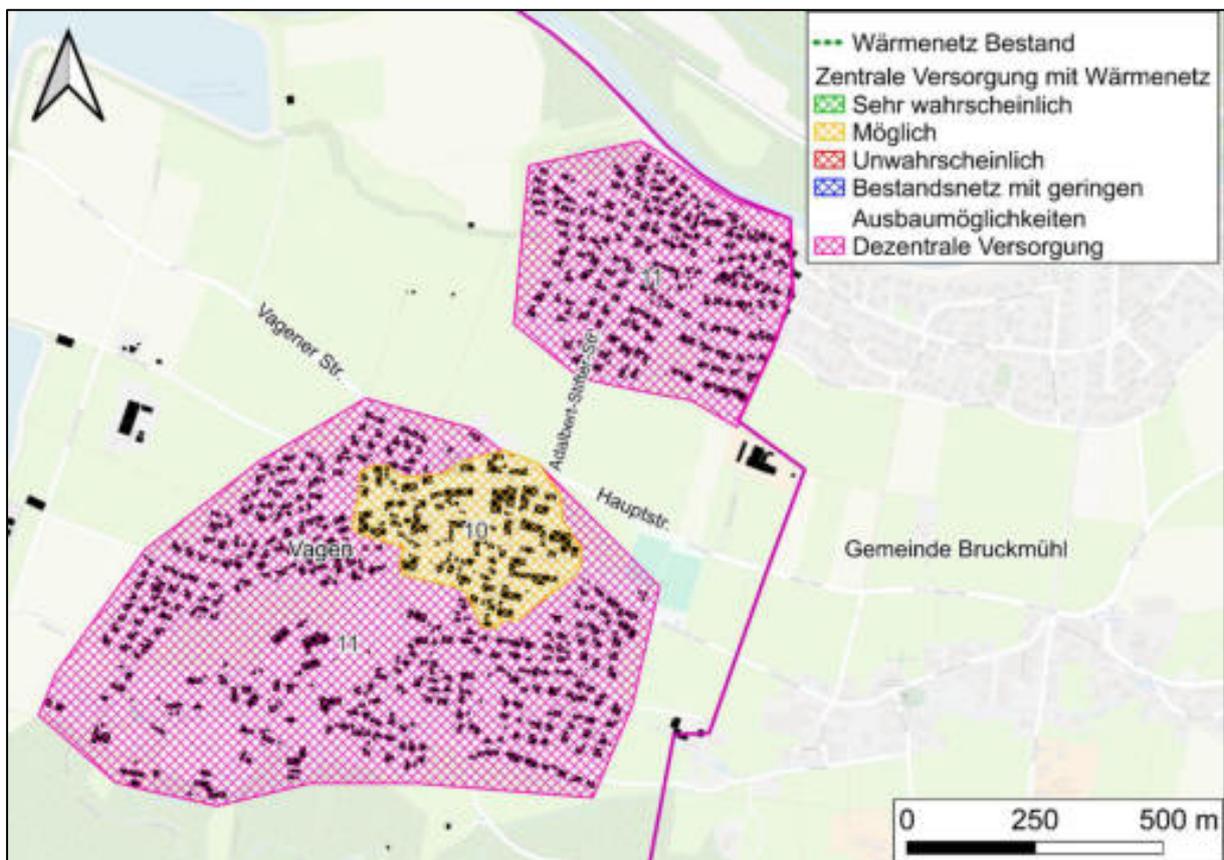


Abbildung 49: Mögliche Wärmenetzgebiete im Ortsteil Westerham



6.3 Zielszenario peripherer Raum

Tabelle 33: Zielszenario peripherer Raum

Periph. Raum	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	42.049	100%	37.260	100%	34.549	100%	32.034	100%	29.702
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	90%	37.844	85%	31.671	85%	31.235	80%	28.499	80%	26.433
davon Wärmepumpen	7%	2.649	15%	4.751	25%	7.809	40%	11.400	40%	10.573
davon Biomasse	14%	5.298	25%	7.918	35%	10.932	45%	12.825	60%	15.860
davon Fossil	79%	29.897	60%	19.003	40%	12.494	15%	4.275	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	10%	4.205	15%	5.589	15%	3.314	20%	3.535	20%	3.270
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	100%	4.205	100%	5.589	100%	3.314	100%	3.535	100%	3.270
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	9.690	t	5.936	t	4.013	t	1.658	t	435

In den übrigen Gebieten in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham befinden sich keine großflächigen Wärmenetzpotenziale. Jedoch sind bereits jetzt einige kleine zentrale Wärmeversorgungsanlagen in Form von Gebäudenetzen vorhanden. Die genaue Menge solcher Netze ist der Gemeinde aufgrund nicht vorhandener Regulierung im privaten Grund nicht bekannt. Prognosen zufolge breiten sich diese zukünftig aus, da es in solchen ländlichen Ortsteilen oft vorteilhaft ist, sich bei der Suche nach nachhaltigen Heizungs-lösungen zusammenschließen. In diesen sehr ländlichen Gebieten werden vermutlich aufgrund von bereits bestehenden Verbraucherprofilen, Lieferketten und Präferenzen mehr Biomasseheizungen als Wärmepumpen eingebaut. Dennoch besteht auch in den peripheren Bereichen viel Platz und teilweise auch Potenzial für Wärmepumpen (Erdkollektoren, Grundwasser- und Luftwärmepumpen). Da nachhaltige Biomasse ein sehr begrenztes Gut ist, kann es für die Gemeinde ein Ziel sein, in den peripheren Räumen zusätzliche Öffentlichkeitsarbeit zu leisten bzw. verstärkt Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen und Sanierungspotenzialen anzubieten. Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung und der Biomasse kann eine komplette CO₂-Neutralität nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen bis 2045 jedoch um 95,50% reduziert werden.



6.4 Zielszenario & Strategie der Gemeinde

Tabelle 34: Zielszenario der gesamten Gemeinde Feldkirchen-Westerham

Gemeinde Feldkirchen- Westerham	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	355.227	100%	314.772	100%	291.862	100%	270.619	100%	250.922
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	97%	345.418	93%	293.977	92%	268.068	91%	245.963	90%	226.189
davon Wärmepumpen	3%	10.522	6%	19.038	11%	28.568	17%	41.228	20%	44.180
davon Biomasse	7%	23.395	12%	35.499	16%	44.177	21%	51.986	24%	54.861
davon Fossil	66%	234.501	58%	171.209	49%	132.058	38%	94.090	0%	-
davon sonstiges	22%	77.000	23%	68.231	24%	63.265	24%	58.660	56%	127.147
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	9.809	7%	20.795	8%	23.794	9%	24.655	10%	24.734
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	94%	9.266	75,6%	15.711	81%	19.299	85%	20.883	86%	21.236
davon Fossil	5%	487	3,4%	699	2%	429	0%	2	0%	-
davon sonstiges	1%	57	21,1%	4.385	17%	4.066	15%	3.770	14%	3.498
<u>CO₂-Ausstoß</u>	t	72.261	t	53.443	t	42.061	t	31.313	t	8.546

Das Zielszenario für die Gemeinde Feldkirchen-Westerham basiert hauptsächlich auf der Errichtung von verschiedenen neuen Wärmenetzen. Die Bestandsnetze verfügen nur über geringe Ausbaumöglichkeiten. Mit diesem Szenario würde sich der CO₂-Ausstoß der Gemeinde bis 2045 um 88,2 % reduzieren. Die neuen Netze werden vorübergehend hauptsächlich auf Biomasse basieren. Biomasse-Heizwerke eignen sich hervorragend für die Aufbauphase eines Wärmenetzes, da zurzeit die Wärmegestehungskosten niedrig, Biomasse-Heizwerke schnell und relativ unkompliziert aufzubauen sind, und noch ausreichend nachhaltiges Potenzial vorhanden ist. Zukünftig muss das Ziel sein, die Heizwerke auf anderen Energieträger, wie z.B. Wärmepumpen, umzustellen. Die Nutzung der Erdgasnetze in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham erfahren in den Zielszenarien einen deutlichen Rückgang. Eine Versorgung mit Wasserstoff für die von Wohnbau geprägte Gemeinde ist aktuell nicht vorgesehen. Mittel- bis langfristig soll die Wärmeversorgung über das Gasnetz nahezu verschwinden (Abbildung 50). Eine komplette CO₂-Neutralität kann aufgrund der in der Industrie benötigten Brennstoffe nicht erfolgen. Sowohl in der dezentralen als auch in der zentralen Versorgung basiert die Strategie der Gemeinde stark auf Biomasse. Insgesamt soll gemäß den Zielszenarien im Jahr 2045 ca. 76,1 GWh/a Biomasse eingesetzt werden. Laut Kapitel 5.6 ergibt sich für die Gemeinde aktuell ein nachhaltiges Biomassepotenzial (gasförmig und fest) in Höhe von ca. 68,8 GWh/a. Die Gemeinde könnte somit den Energiebedarf aus Biomasse nahezu 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 Aufbau neuer Wärmenetze weiter ansteigen. Der Anteil fossiler Energie soll optimalerweise bis 2040, spätestens jedoch bis 2045, auf 0 sinken.

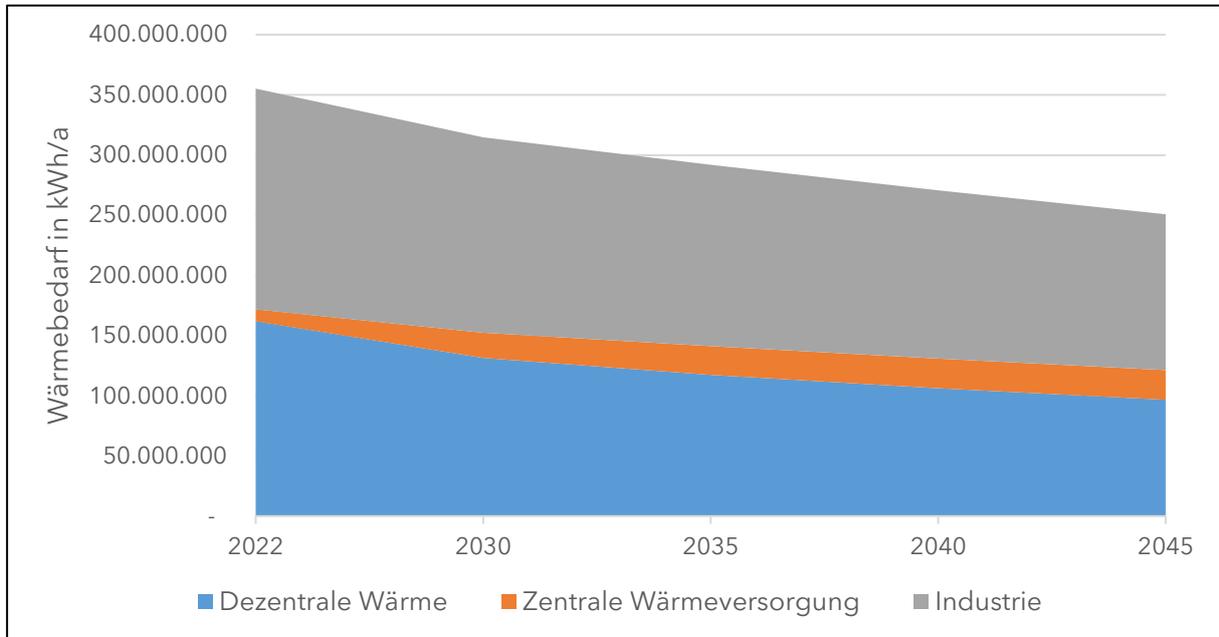


Abbildung 50: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham in den Zieljahren des Zielszenarios

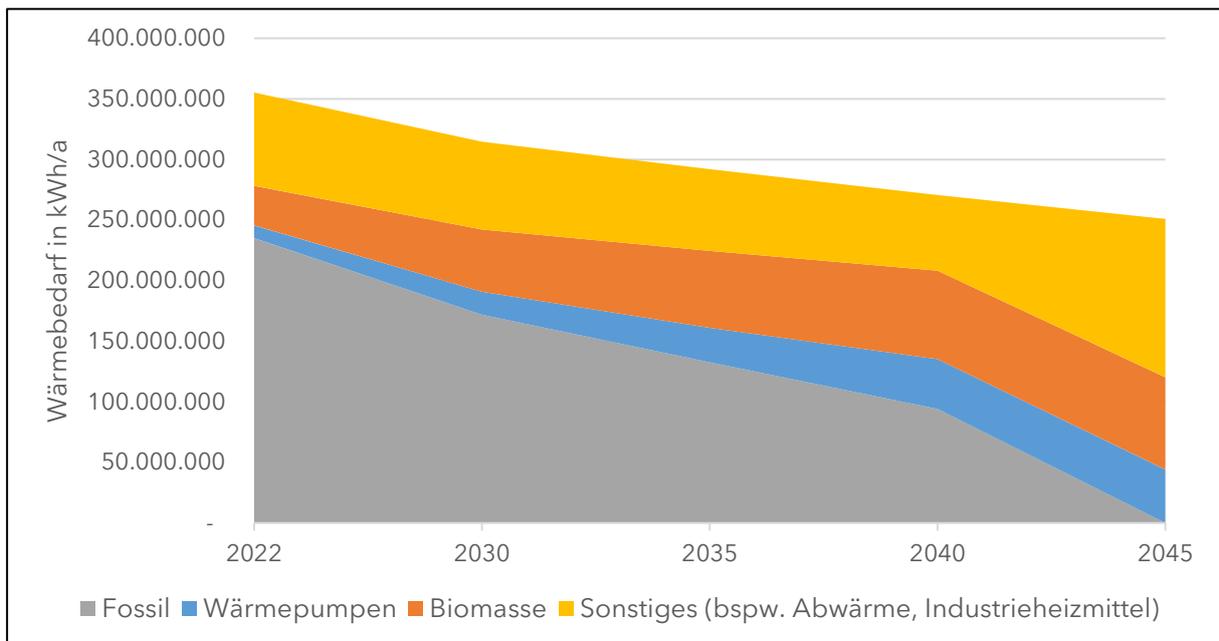


Abbildung 51: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham in den Zieljahren des Zielszenarios

6.5 Alternative Szenarien

Zusätzlich zum oben beschriebenen Zielszenario wurden noch zwei weitere Szenarien ausgearbeitet:

- „Sanierungsstau“: die 1,5 % Sanierungsquote pro Jahr wird nicht erreicht und der Bau von erneuerbaren Heizungen geht langsamer voran. Der Bau der Wärmenetze findet unverändert statt.
- „Sanierungs- und Netzstau“: die 1,5 % Sanierungsquote pro Jahr wird nicht erreicht, der Bau von erneuerbaren Heizungen geht langsamer voran und es werden keine neuen Wärmenetze gebaut.

In den beiden zusätzlichen Szenarien wird von einer Sanierungsquote von 0,8 % pro Jahr ausgegangen. Es wird deutlich, dass das sowohl das Errichten von Wärmenetzen als auch das Vorantreiben von Sanierungen in der Gemeinde essenzielle Faktoren der CO²-Reduzierung im Wärmesektor darstellen (Abbildung 52). Die vollständigen Zielszenarien können in den Anlagen 3 und 4 eingesehen werden.

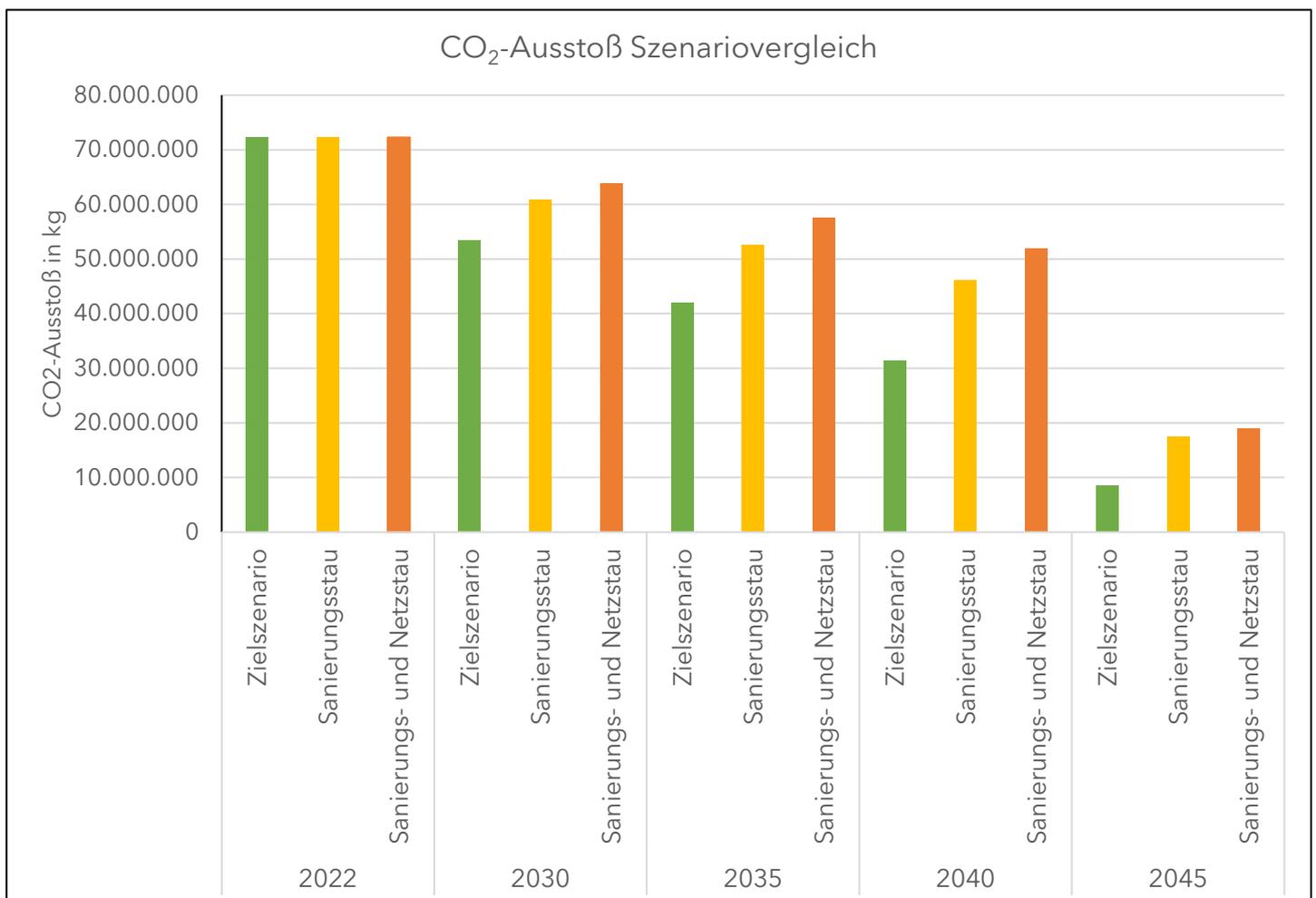


Abbildung 52: Vergleich der CO₂-Ausstoße in den 3 unterschiedlichen Szenarien

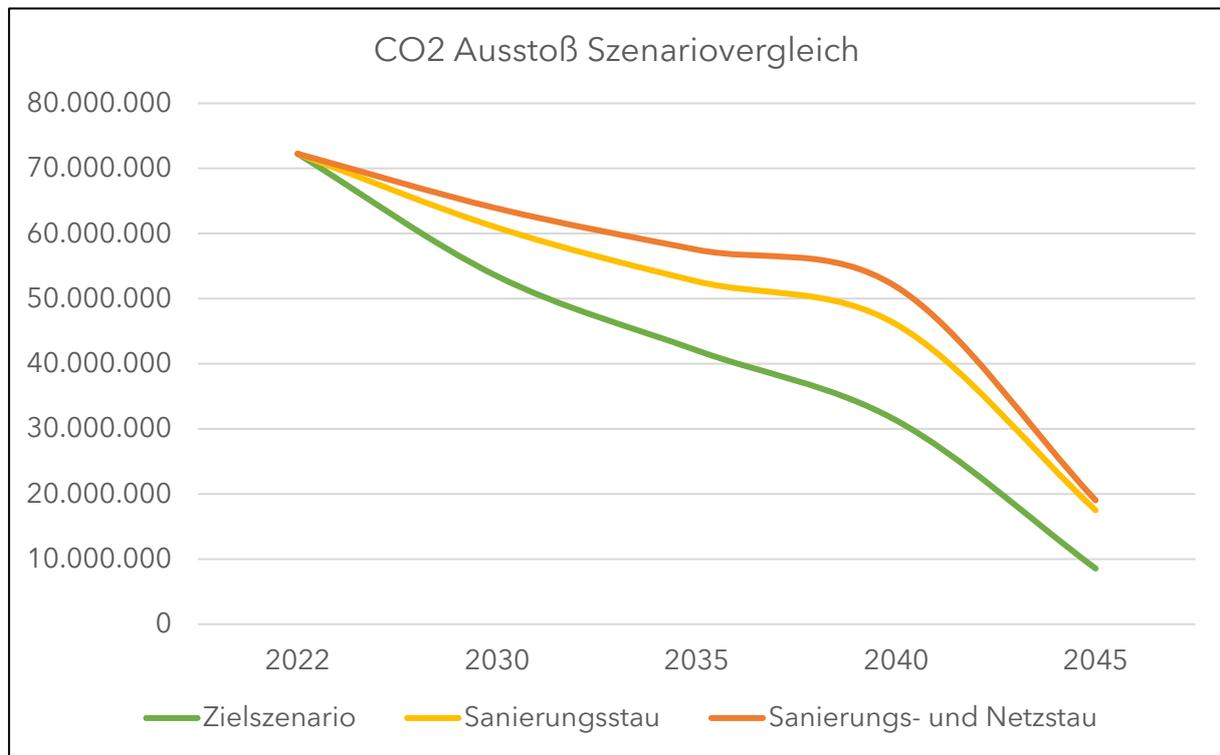


Abbildung 53: Vergleich der CO₂-Ausstoße in den 3 unterschiedlichen Szenarien in Linienform

Tabelle 35: Szenario Sanierungstau für das gesamte Gemeindegebiet Feldkirchen-Westerham

Sanierungstau	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	355.226,9	100%	333.118,9	100%	320.005,6	100%	307.408,6	100%	295.307,4
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	97%	345.417,9	94%	311.985,4	92%	293.658,9	90%	277.339,0	90%	264.602,5
davon Wärmepumpen	3%	10.522,3	4%	13.378,2	6%	18.655,0	8%	23.413,9	10%	27.741,2
davon Biomasse	7%	23.394,7	9%	27.700,5	12%	35.461,5	15%	40.411,5	22%	59.482,4
davon Fossil	66%	234.500,9	64%	198.699,0	58%	170.177,0	53%	146.878,9	10%	27.741,2
davon sonstiges	22%	77.000,0	23%	72.207,8	24%	69.365,3	24%	66.634,8	57%	149.637,7
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	9.809,0	6%	21.133,5	8%	26.346,7	9%	28.769,6	10%	29.034,9
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	94%	9.265,6	75,9%	16.046,7	82%	21.702,1	86%	24.717,5	87%	25.142,3
davon Fossil	5%	486,9	3,3%	698,8	2%	429,4	0%	2,8	0%	-
davon sonstiges	1%	56,5	20,8%	4.388,0	16%	4.215,3	14%	4.049,3	13%	3.892,6
<u>CO₂-Ausstoß</u>	kg	72.261,3	kg	60.915,7	kg	52.666,8	kg	46.062,1	kg	17.501,4



Tabelle 36: Szenario Sanierungs- und Netzstau für das gesamte Gemeindegebiet Feldkirchen-Westerham

Sanierungs- und Netzstau	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	MWh								
Wärmeverbrauch	100%	355.226,9	100%	333.118,9	100%	320.005,6	100%	307.408,6	100%	295.307,4
<u>Dezentrale Wärmeversorgung</u>	97%	345.417,9	97%	324.106,7	97%	311.348,2	97%	299.092,0	97%	287.318,2
davon Wärmepumpen	3%	10.522,3	4%	13.179,8	6%	17.853,2	8%	22.674,8	12%	33.420,1
davon Biomasse	7%	23.394,7	8%	27.396,7	11%	34.324,5	13%	39.688,6	25%	70.840,2
davon Fossil	66%	234.500,9	65%	211.322,3	61%	189.805,3	57%	170.093,8	12%	33.420,1
davon sonstiges	22%	77.000,0	22%	72.207,8	22%	69.365,3	22%	66.634,8	52%	149.637,7
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	9.809,0	3%	9.012,2	3%	8.657,4	3%	8.316,6	3%	7.989,2
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	94%	9.265,6	94,5%	8.519,1	95%	8.183,8	95%	7.861,6	95%	7.552,1
davon Fossil	5%	486,9	4,9%	440,1	5%	422,7	5%	406,1	5%	390,1
davon sonstiges	1%	56,5	0,6%	53,0	1%	50,9	1%	48,9	1%	47,0
<u>CO₂-Ausstoß</u>	kg	72.261,3	kg	63.862,3	kg	57.528,1	kg	51.844,0	kg	19.029,5



7. Maßnahmenkatalog & Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie der Gemeinde Feldkirchen-Westerham stellt sich wie folgt dar:

- Vorantreiben von Sanierungen in der gesamten Gemeinde
- Intensivierung der Installation von Wärmepumpen und nachhaltige Biomasseheizungen in der dezentralen Versorgung der Gemeinde
- Öffentlichkeitsarbeit und Energieberatung zu den Vorteilen der Wärmepumpen in der dezentralen Versorgung und Aufstellen einer Energie- bzw. Wärmebilanz
- Aufbau eines Wärmenetzes auf Biomassebasis in Großhöhenrain
- Aufbau eines Wärmenetzes im Bereich Ölbergring in Feldkirchen
- Aufbau eines Wärmenetzes auf Biomasse- und Abwärmebasis in Westerham
- Ggf. Aufbau von Wärmenetzen in Vagen, Westerham - Bahnhof und Feldkirchen - Süd
- Vollständige Transformation der Bestandswärmenetze auf erneuerbare Energien

Nachfolgend werden auf Basis des Kapitels Bestands- und Potenzialanalyse und der Zielszenarien sinnvolle Maßnahmen für die Umsetzung der Wärmewendestrategie in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham konzipiert. Die nachfolgenden 10 Maßnahmen wurden in Abstimmung mit der Gemeinde 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 über sinnvolle Maßnahmen für die Gemeinde zu erstellen und den Weg der Umsetzung zu erklären, damit die Realisierung problemlos ablaufen kann. Folgende Maßnahmen sind für die Gemeinde von Relevanz:

1. Übergreifende energetische Gebäudesanierung und Öffentlichkeitsarbeit
2. Vorantreiben der Energieeffizienz energieintensiver Gewerbe und der Industrie
3. Einbau von smarten Thermostaten mit künstlicher Intelligenz
4. Verbesserung der kommunal erfassten klimarelevanten Datenlage
5. Vorantreiben effizienter dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o. Ä. und informatorische Unterstützung
6. Umsetzung der geplanten Wärmenetzprojekte durch BEW-Anträge
7. Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen
8. Bauleitplanung erneuerbarer Energien
9. Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen
10. Fortschreibung KWP



7.1 Maßnahme 1

Übergreifende energetische Gebäudesanierungen und Öffentlichkeitsarbeit	Feldkirchen- Westerham	 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 – Umsetzung ab jetzt bis 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) 		
<p>Grundsätzlich sollte bei der Durchführung solcher Konzepte vor allem im Bereich der Mehrfamilienhäuser die Sozialverträglichkeit von Sanierungsmaßnahmen beachtet werden. Des</p>		



Weiteren darf bei der Gebäudesanierung die Nachhaltigkeit, d. h. eine gesamtenergetische Betrachtung des Gebäudelebenszyklus, nicht außer Acht gelassen werden.

Auch ein hydraulischer Abgleich 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. Dieser Abgleich ist einer der durch den Bund für effiziente Gebäude geförderten Maßnahmen.

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

Gemeinde & Akteure:

Gemeinde Feldkirchen-Westerham, 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
 - d. Gemeinschaftliche Bestellungen von Umwälzpumpen, PV-Anlagen, Solarthermieanlagen etc. aufgeben
- 3) Handlungsempfehlungen an Gebäude- oder Wohnungseigentümer weitergeben
- 4) Sammelbestellungen zusammen mit ortsansässigen Firmen organisieren
- 5) Maßnahmen öffentlichkeitswirksam darstellen

Wirksamkeit:

- Reduzierung von Energieverbrauch, Wärmeverlusten und Treibhausgasemissionen
- Vorbildfunktion der Gemeinde
- Sozialverträgliche Quartierssanierung durch Einbindung aller Akteure
- Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen

Herausforderungen:



- Beteiligungswille der Gebäude- oder Wohnungseigentümer
- Ressourcen der Gemeinde (Personal, Finanzen)
- Verfügbarkeit von Baufirmen und Materialien



7.2 Maßnahme 2

Vorantreiben der Energieeffizienz energieintensiver Gewerbe und der Industrie	Feldkirchen- Westerham	 Effizienz
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Steigerung der Energieeffizienz sowie Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien – CO₂-Einsparung – Umsetzung ab jetzt bis 2045 		
Beschreibung:		
<p>Der Sektor GHD und Industrie ist für ca. 71 % des Wärmebedarfs in Feldkirchen-Westerham verantwortlich. Dies wird hauptsächlich durch wenige Großverbraucher verursacht. Können bei diesen Großverbrauchern durch Effizienzmaßnahmen geringe Prozentwerte eingespart werden oder Energieerzeuger bzw. Prozesse auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden, so hat dies einen gigantischen Effekt auf die CO₂-Bilanzierung der Gemeinde. Kann beispielsweise die Firma Neenah-Gessner durch eine Effizienzmaßnahme 1 % des Wärmeverbrauchs einsparen, wären das ca. 1,8 GWh/a. Dies entspricht eine Sanierungsrate von 1.5 % für ca. 6.000 Haushalte. Hier liegt somit einer der größten Potenziale für die Gemeinde Feldkirchen-Westerham.</p> <p>Die möglichen Maßnahmen sind sehr individuell und können unterschiedlich ausfallen. Mögliche Maßnahmen sind zum Beispiel Gebäudedämmung, Dachbegrünung, Abwärmenutzung, Wärmerückgewinnung, Umstellung der Heizanlagen, Temperaturabsenkung und Umstellung auf klimaneutrale Wirk- und Lösungstoffe.</p>		
Gemeinde & Akteure:		
Gemeinde Feldkirchen-Westerham, eventuell Landkreis, Industrie		
Kosten & Förderung:		
Kosten individuell je nach Umfang und Prozess		
Ablauf:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifizierung und Kontaktaufnahme Großverbraucher 2. Auswertung der Verbräuche und Prozesse 3. Technische Beratung über Umstellung Prozesswärme auf erneuerbare Energieträger 4. Technische Beratung über Effizienzmaßnahmen in den Prozessen 5. Umsetzung der Maßnahmen 6. Ggf. finanzielle Beteiligung der Gemeinde 		
Wirksamkeit:		
– Reduzierung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen		
Herausforderungen:		
– Beteiligungswille der Industrie		



- Technische Grenzen der Industrieprozesse
- Ressourcen der Gemeinde und der Industrie ((Beratungs-)Personal, Finanzen)



7.3 Maßnahme 3

Einbau von smarten Thermostaten mit künstlicher Intelligenz in allen Sektoren	Feldkirchen- Westerham	 Effizienz
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Steigerung der Energieeffizienz – CO₂-Einsparung – Umsetzung ab jetzt bis 2030 		
Beschreibung:		
<p>Die Beeinflussung von Nutzerverhalten zur Energieeinsparung gestaltet sich oftmals schwierig. Sie kann jedoch einen erheblichen Unterschied des Wärmeverbrauches in Wohngebäuden und GHD 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.</p>		
<p>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 nach Anbieter und Anzahl gekaufter Einheiten. Werden große Mengen smarter Thermostaten von z.B. Energiegenossenschaften bestellt, z. B. über eine Sammelbestellung, ggf. koordiniert durch die Gemeinde, reduzieren sich die Preise pro Einheit für die Einwohner. Alternativ kann die Gemeinde entscheiden den Kauf von smarten Thermostaten zu fördern. Smart Thermostate können sich in fast allen Sektoren der Gemeinde positive auf die Wärmeverbräuche auswirken.</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, Ladegeräten 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:		
Gemeinde Feldkirchen-Westerham, 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 		
Ablauf:		
<ul style="list-style-type: none"> – Beratung und Interessensumfrage in der Gemeinde – Identifizierung von potenziellen Mengen – Beschlussfassung über (finanzielle) Unterstützung Sammelbestellungen (z.B. durch Energiegenossenschaften) – Ggf. Errichtung kommunale Förderung von smarten Thermostaten 		



Wirksamkeit:
<ul style="list-style-type: none">– Reduzierung des Wärmeverbrauchs 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

Verbesserung der kommunal erfassten klimarelevanten Datenlage	Feldkirchen-Westerham	 Effizienz
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Verbesserung der Datenlage für eine schnellere und effizientere Umsetzung zukünftiger Klimaschutzmaßnahmen – Umsetzung ab jetzt bis 2028 		
Beschreibung:		
<p>Für den Entwurf von Konzepten und Maßnahmen und zur Umsetzung dieser Maßnahmen ist eine gute kommunale Datenlage der klimarelevanten Aspekte erforderlich. Während der Erstellung des ENPs und der KWP wurde festgestellt, dass viele der relevanten Daten nicht vorliegen oder nicht verarbeitet wurden, was eine genaue Datenerhebung, Feststellung von Potenzialen und Konzipierung von Maßnahmen erheblich verschlechtert. Auch bei der Umsetzung der Maßnahmen ergeben sich hierdurch weitere Schwierigkeiten. Eine Erfassung und Bereitstellung folgender Daten sind für zukünftige Projekte von hoher Relevanz:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Erfassung und Aktualisierung von (Nah)Wärmenetzen und kleinen Gebäudenetzen inklusive deren Erzeugungs- und Verbrauchsdaten – Erfassung der Baujahre und Wohnflächen der Bestandsbebauung – Bündelung der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen an gemeindlichen Gebäuden in jährlichem Bericht – Jährliche Erfassung und Auswertung von Strom- und Wärmeverbräuche der nicht-kommunalen Gebäude durch Umfragen, Kaminkehrerdaten etc. – Jährliche Erfassung von Daten der großen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen im Gemeindegebiet – Erfassung und Digitalisierung der Energieausweise der kommunalen Gebäude (bereits in Umsetzung) <p>Gemeinden mit einer guten Datenlage zu den oben genannte Themenpunkte profitieren von einer genauen Bedarfslage, was eine genaue (Aus)Bauplanung ermöglicht. Für die Planung von z. B. neuen Wärmenetzen oder Ausbauplanung von Bestandsnetzen und den dazugehörigen Wärmeerzeugungsanlagen sind solche Datenlagen unabdingbar.</p>		
Gemeinde & Akteure:		
Gemeinde Feldkirchen-Westerham, eventuell Landratsamt		
Kosten & Förderung:		
Lohnkosten der jeweiligen Arbeitnehmer		
Wirksamkeit:		
<ul style="list-style-type: none"> – Verbesserung der Potenzialanalysen zukünftiger Projekte – Geringere Kosten zukünftiger Konzepte durch geringere Bearbeitungsdauer 		



- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">– Bessere und genauere Planung von Klimaschutzmaßnahmen, Wärmenetzen etc.– Genaue Ermittlung des Sanierungsbedarfes |
| Herausforderungen: |
| <ul style="list-style-type: none">– Ressourcen der Gemeinde (Personal)– Intensive Umfragen zum aktuellen Stand– Ausführliche Aktenrecherchen |

7.5 Maßnahme 5

Vorantreiben effizienter dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o. Ä. und informatorische Unterstützung	Feldkirchen- Westerham	 Erneuerbare
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung – CO₂-Einsparung – Unabhängigkeit in der Wärmeversorgung – Umsetzung ab jetzt bis 2045 		
Beschreibung:		
<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 gegenüber dem Nachteil der höheren Betriebskosten meist überwiegt. Aus energetischer Sicht ist in jedem Fall ein hoher COP-Wert anzustreben.</p> <p>Wasser-Wasser-Wärmepumpe</p> <p>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</p>		



höhere spezifische Wärmekapazität von 4,182 kJ/(kg*K). Der COP von Wasser-Wärmepumpen kann dadurch gegenüber der Luft-Wärmepumpe entsprechend 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.

Die Gemeinde Feldkirchen-Westerham 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.

Vor allem in Verbindung mit PV-Anlagen können Wärmepumpen effizient, klimaneutraler und wirtschaftlich betrieben werden.

Bei Gebäuden, 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, sollten solche Heizsysteme nur für Gebäude eine Option sein, bei denen keine (sinnvollen) Alternativen eingesetzt werden können.

Akteure:

Gemeinde, Anwohner, Nachbargemeinden, Genehmigungsbehörden, Bohrfirmen

Kosten & Förderung:

Investitionskosten:

- 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

Mit der aktuellen Bundesförderung für effiziente Gebäude können Förderquoten von 30 % bis zu 70 % erreicht werden.

Ablauf:

- 1) Öffentlichkeitsarbeit zu Wärmepumpen und Förderungen
- 2) Ermittlung der Gebietseignung und Wärmepumpenvarianten
- 3) Vorschreiben von Heiztechnik in Bauleitplanung, Gewähren finanzieller Anreize
- 4) Einsatz von Energieberater in wichtigen Zielgebieten

Wirksamkeit:

- Deutliche Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung
- Verringerung der Heizkosten
- Ggf. Möglichkeit der Gebäudekühlung
- Hohe CO₂-Einsparungen
- Autarkie in der Wärmeversorgung

Herausforderungen:

- Pflichten für entsprechende Heizsysteme in Bauleitplanung integrieren
- Maßnahme positiv vermarkten



7.6 Maßnahme 6

<p style="text-align: center;">Umsetzung der geplanten Wärmenetzprojekte durch BEW-Anträge</p>	<p>Feldkirchen-Westerham</p>	 <p>Erneuerbare</p>
		<p>Zielsetzung:</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Antragstellung für Modul 1 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze mit nachfolgender Erstellung von Machbarkeitsstudien – Genehmigungstechnische Möglichkeiten der Gemeinde nutzen – Aktive Beteiligung des Kommunalunternehmens bei Neenah-Gessner – Umsetzung ab jetzt bis 2045 		
<p>Beschreibung:</p>		
<p>Die kommunale Wärmeplanung hat einige potenzielle Wärmenetzgebiete in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham entdeckt. Für folgende Gebiete sollen prioritär BEW-Anträge zur Konzeptionierung von Machbarkeitsstudien erstellt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ölbergring – Vagen <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. Die Machbarkeitsstudie (oder ein Transformationsplan) ist jedoch eine Mindestanforderung aller Förderungsmodule und soll somit für alle mögliche Wärmenetzbereiche erstellt werden, auch wenn die Planung ggf. schon etwas weiter ist.</p> <p>Die Gemeinde soll sich aktiv einsetzen, um die Umsetzung der Wärmenetze zu fördern. Dies kann z. B. durch Beteiligungskonzepte oder genehmigungstechnische Möglichkeiten stattfinden.</p>		
<p>Akteure:</p>		
<p>Gemeinderat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner</p>		
<p>Kosten:</p>		



<ul style="list-style-type: none">– Je nach Größe und Komplexität sowie aktuelle Datenlage des Projektes Förderungen: <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
Ablauf: <ol style="list-style-type: none">1. Zusammenstellen der erforderlichen Unterlagen für den Modul 1 Antrag2. Modul 1 Antragstellung3. Beauftragung eines Ingenieurbüros zur Erstellung der Machbarkeitsstudien4. Beauftragung der Planungsleistungen bei positiven Ergebnissen der Machbarkeitsstudie5. Modul 2 Antragstellung6. Planung und Bau des Wärmenetzes
Wirksamkeit: <ul style="list-style-type: none">– CO₂-Einsparungen– Kosteneinsparungen– Stabile Preise für Einwohner der Gemeinde
Herausforderungen: <ul style="list-style-type: none">– Personeller Aufwand– Kosten– Bürgerbeteiligung– Baubedingte Herausforderungen



7.7 Maßnahme 7

Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen	Feldkirchen- Westerham	 Erneuerbare
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhung des Anteils der Solarthermie am Wärmebedarf aufgrund des hohen Potenzials dieser Energieform – Umsetzung ab jetzt bis 2045 		
Beschreibung:		
<p>In großen Teilen der Gemeinde Feldkirchen-Westerham ist ein 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 ältere 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 Neubauhäusern, um damit vor allem die Überschüsse im Sommer aufgrund des 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 Gemeinde 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> <p>Eine möglichst klimaneutrale Wärmeversorgung (Solarthermie oder z. B. Wärmepumpen mit PV-Anlagen) soll in zukünftige Planungs- und Entwicklungskonzepten eingebunden werden.</p>		
Akteure:		
Gemeinderat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner (siehe „Weitere Informationen“)		
Kosten & Förderung:		
Kosten: <ul style="list-style-type: none"> – Kollektoren: ~ 300 – 750 €/m² 		



- Speicher: ~ 25 - 500 €/m³, je nach Speicherart. Weitere Infos in der Potenzialanalyse
- Förderungen:
- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
 - Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Ablauf:

- 1) Verankern klimaneutraler Wärmeversorgung in der Bauleitplanung
- 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:

- Substitution und Reduktion von 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:

- verfügbare Flächen für Kollektoren und ggf. Langzeitwärmespeicher
- Große Flächen für Solarkollektoren benötigt
- Kosten

Weitere Informationen:

- Bollin, E., Huber, K. & Mangold, D. (2013): Solare Wärme für große Gebäude und Wohnsiedlungen. Fraunhofer Irb Verlag

7.8 Maßnahme 8

Bauleitplanung erneuerbarer Energien	Feldkirchen- Westerham	 Öffentlichkeit
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Einbindung von Wärmeversorgung und Klimaschutz in Planungs- und Entwicklungskonzepten – Frühzeitige Flächensicherung für erneuerbare Energie/Wärme – Umsetzung ab jetzt bis 2030 		
Beschreibung:		
<p>Der Wärmebedarf von Wohngebäuden hat sich durch die 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 Gemeinde 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 Gemeinde Feldkirchen-Westerham die Möglichkeit, bei der Ausweisung von Baugebieten die Nutzung erneuerbarer Energien oder effizienter Nahwärmeversorgung zu fördern und anzuregen, wobei 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 Grundstückerschließung erfolgt. Die Gemeinde hat bereits einige Maßnahmen über dem gesetzlichen Standard für Neubaugebiete in der Bauleitplanung festgesetzt. Eine Verschärfung dieser Maßnahmen sowie eine regelmäßige Aktualisierung bei Neuentwicklungen soll angestrebt werden.</p>		
Mögliche Instrumente für die Gemeinde Feldkirchen-Westerham:		
<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 Gemeinde könnte dabei Leitlinien verabschieden oder sich bei der rechtlichen Beratung hinsichtlich der Vorgaben, Fördermöglichkeiten oder Anschlusszwänge mit anderen Gemeinden zusammenschließen, um Kosten hierfür zu sparen.

Zusätzlich soll sich die Gemeinde 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 ((solare) Nahwärme, Wärmepumpen)
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

7.9 Maßnahme 9

Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen	Feldkirchen- Westerham	 Öffentlichkeit
Zielsetzung:		
<ul style="list-style-type: none"> – Finanzierungslösung – Ausbau der erneuerbaren Energien – Regionale Wertschöpfung – Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen – Kapitalanlage – Umsetzung ab jetzt bis 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 Gemeinde mit einbezogen werden. 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,		
Kosten:		
Abhängig von der gewählten Rechtsform		
Ablauf:		
<p>Schritt 1: Akteursanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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, ...) <p>Schritt 2: Projektdimension: Einzelanlage, Anlagenpark, zukünftige Erweiterung</p> <p>Schritt 3: Ausgestaltung des Projekts:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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



7.10 Maßnahme 10

Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung	Feldkirchen- Westerham	 Öffentlichkeit
		Zielsetzung:
Fortschreibung der kommunale Wärmeplanung alle 5 Jahre als Monitoring-Maßnahme		
Beschreibung:		
<p>Die regelmäßige Fortschreibung (alle 5 Jahre) der kommunalen Wärmeplanung wurde im Wärmeplanungsgesetz § 25 festgelegt. Im Zuge der Fortschreibung soll für die Gemeinde 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>		
Akteure:		
Gemeinde Feldkirchen-Westerham, Klimaschutzmanager, ggf. Ingenieurbüros		
Kosten:		
<ul style="list-style-type: none"> – Personalkosten – Ggf. Kosten für Ingenieurbüros 		
Wirksamkeit:		
<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 		
Herausforderungen:		
<ul style="list-style-type: none"> – Personeller Aufwand – Ggf. Kosten 		



8. Hauptquellen

- „Am 16. November treten die geänderten 10H-Regelungen in Kraft - Die Nachfrage nach neuen Windenergieprojekten ist bereits gestiegen“ Pressereferat Bayerische Staatsregierung, Pressemitteilungen, 09.11.2022,
- 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).
- *Agri-Photovoltaik - Stand und offene Fragen*. 05.2021. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ).
- Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. 17.05.2023. Fraunhofer ISE, Dr. Harry Wirth
- *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
- *Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen*. Hinweise des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr. In Abstimmung mit den Bayerischen Staatsministerien für Wissenschaft und Kunst, für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, für Umwelt und Verbraucherschutz sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Stand 10.12.2021
- Bericht: Biomasseheizungen für Wohngebäude mit mehr als 1.000 m² Gesamtnutzfläche. 2007, Bremer Energie Institut
- Bockelmann, F., Peter, M., & Schlosser, M. (2018). Energetische und wirtschaftliche Bewertung von Wärmequellen für Wärmepumpen. Braunschweig: sn.
- Dena-Gebäudereport 2016 - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. 2016, dena (Deutsche Energie-Agentur)
- Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling. 03/2020, IEA DHC
- Energieeffizienzverbesserung in der Landwirtschaft. Verband der Landwirtschaftskammern e. V., 2009
- *Erdwärme - die Energiequelle aus der Tiefe*. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand: April 2016
- Förder- und Finanzierungsleitfaden für Freiflächen- Solarthermie-Anlagen mit Wärmespeicher und Anbindung an Wärmenetze. 06.2016, Solites - Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme
- Geothermie Neenah Gessner GmbH, Vormachbarkeitsstudie. Erdwerk GmbH. Stand: 07.11.2022
- Hellwig, M. (2003). *Entwicklung und anwendung parametrisierter standard-lastprofile* (Doctoral dissertation, Technische Universität München).
- *Informationsblatt CO₂-Faktoren*. 15.02.2024, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
- Kleinwindkraftanlagen - Hintergrundinformationen und Handlungsempfehlungen. 2015, C.A.R.M.E.N. e.V.
- *Kurzstudie zur Rolle der KWK in der Energiewende*. 03.2018. Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, DLR-Institut für Technische Thermodynamik



- Leitfaden Freiflächen-Photovoltaikanlagen. C.A.R.M.E.N. e.V. Stand: März 2023
- *Leitfaden KWP Teil I: Bestands- und Potenzialanalyse*. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT), Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (OBB). Stand 09.08.2010.
- *Leitfaden Wärmeplanung*. 06.2024, ifeu et al.
- Michelsen, Claus; Müller-Michelsen, S. (2010) : Energieeffizienz im Altbau: Werden die Sanierungspotenziale überschätzt? Ergebnisse auf Grundlage des ista-IWH-Energieeffizienzindex, *Wirtschaft im Wandel*, ISSN 2194-2129, Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH), Halle (Saale), Vol. 16, Iss. 9, pp. 447-455
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (12 2021). Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung.
- Müller, C. (25. 05 2023). Gross-Wärmepumpen sind fast keine Grenzen gesetzt . 7. *Internationaler Grosswärmepumpen Kongress*. Zürich.
- *Nachhaltiger Einsatz von Biomasse*. 01.2023, NRW.Energy4Climate GmbH
- *Praxisleitfaden Großwärmepumpen*. 07.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V
- *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*. 06.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
- *Richtlinie (EU) 2018/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates*. 11.12.2018. Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union
- Rosenow, J. (2023). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. *Cell Reports Sustainability*.
- *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme
- *Sanierungsleitfaden Baden-Württemberg*. 05.2019. KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft.
- *Technikkatalog Wärmeplanung*. 06.2024, Prognos AG; ifeu; IER
- *Technisch-wirtschaftliche Analyse und Weiterentwicklung der solaren Langzeit-Wärmespeicherung*. 2012, Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme
- *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
- *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-publicationen-und-weitere-informationen-zu-dem-thema>
- Überblick Windenergie an Land: Anlagenhöhe | Flächenbedarf | Turbinenanzahl. 03.2019. Fachagentur Windenergie an Land e.V.
- *Windmessung für Kleinwindkraftanlagen*. Patrick Jüttemann, Klein-Windkraftanlagen.com
- *Windpotentialstudie Wiesbaden*. 20.02.2009, Johannes Hagemann, JH Wind, im Auftrag des Umweltamt der Gemeinde Wiesbaden
- www.solarbranche.de, letzter Aufruf 14.07.2023



9. Anlagen

- Anlage 1: Qualitative Bewertung der Wärmenetzeignung
- Anlage 2: Zielszenarioberechnungen
- Anlage 3: Szenario Sanierungsstau
- Anlage 4: Szenario Sanierungs- und Netzstau
- Anlage 5: Energieträger der Heizungen
- Anlage 6: Heizungsart Verteilung
- Anlage 7: Wärmebedarf pro Hektar
- Anlage 8: Wärmelinienlänge AQ 70
- Anlage 9: Verteilung der Baujahre
- Anlage 10: Sanierungspotenzial
- Anlage 11: Sektorverteilung der Gebäude

Anlage 1: Qualitative Bewertung der Wärmenetzeignung

1 - Großhöhenrain

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniedichte	Mittel - hoch	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Viele	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Hoher Anschlussgrad erwartet	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Teilweise befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Hoch	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Niedrig	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Unterdurchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Unterdurchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Hoch	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich geeignet	Wahrscheinlich geeignet

2 - Kleinhöhenrain

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel - niedrig	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Keine	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz nicht vorhanden	Gasnetz nicht vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Teilweise befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Mittel	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Hoch	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich geeignet	Wahrscheinlich geeignet

3 - Ölbergring

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmelinienichte	Mittel - hoch	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Hoher Anschlussgrad erwartet	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Hoch	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Hoch	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich geeignet	Wahrscheinlich geeignet

Aufgrund bereits vorgeschrittener Planung ist ersichtlich, dass ein Wärmenetz wirtschaftlich wäre.

4 - Feldkirchen Süd

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel - hoch	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Niedrig	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel - hoch	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich geeignet	Wahrscheinlich geeignet

5 - Feldkirchen Süd Wohngebiet

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Keine	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel - hoch	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Angrenzendes Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Niedrig	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestellungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestellungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet

6 - Westerham Bahnhof

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Mittel	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Hoch	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestellungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestellungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Niedrig	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet

7 - Westerham Süd

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel - niedrig	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz teilweise vorhanden	Gasnetz teilweise vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain & Fluss	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Mittel	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel - niedrig	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel - niedrig	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet

8 - Westerham - Weidach

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Hoch	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Viele	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Hoch	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Hoch	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Hoch
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Unterdurchschnittlich	Überdurchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Unterdurchschnittlich	Überdurchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Hoch	Mittel
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Niedrig	Hoch
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich geeignet	Wahrscheinlich ungeeignet

9 - Feldolling

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz teilweise vorhanden	Gasnetz teilweise vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain & Bahnstrecke	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Mittel	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestehungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestehungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel - niedrig	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet

10 - Vagen Nord

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Mittel - hoch	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Niedrig	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestellungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestellungskosten	Durchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet

11 - Vagen Rest

Indikator	Wärmenetzgebiet	Gebiet für dezentrale Versorgung
Wärmeliniendichte	Niedrig	kein Einfluss
Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz	Wenige	kein Einfluss
Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz	Mittel	kein Einfluss
Vorhandensein von Wärmenetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Kein Wärmenetz vorhanden	kein Einfluss
Vorhandensein von Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten	Gasnetz vorhanden	Gasnetz vorhanden
Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz	Teilweise befestigtes Terrain	kein Einfluss
Potenziale für zentrale erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung	Niedrig	kein Einfluss
Anschaffungs-/Investitionskosten Anlagentechnik	Mittel	Mittel
Gesamtbewertung der voraussichtlichen Wärmegestiegungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Voraussichtliche Wärmegestiegungskosten	Überdurchschnittlich	Durchschnittlich
Realisierungswahrscheinlichkeit und Versorgungssicherheit	Mittel - niedrig	Hoch
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittel	Mittel
Mögliche Gesamtbewertung der Eignung	Wahrscheinlich ungeeignet	Wahrscheinlich geeignet

Zielszenario Feldkirchen-Westerham

Großhöhenrain

	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	2045	kWh
Wärmeverbrauch	100%	16.490.800	100%	14.612.737	100%	13.549.171	100%	12.563.015	100%	11.648.635
<u>Dezentrale Wärme</u>	97%	15.973.948	91%	13.260.737	79%	10.711.716	76%	9.563.015	74%	8.648.635
davon Wärmepumpen	2%	294.000	6%	856.074	11%	1.202.343	16%	1.518.904	19%	1.627.022
davon Biomasse	18%	2.938.000	39%	5.195.184	55%	5.864.100	76%	7.312.809	81%	7.021.613
davon Fossil	80%	12.741.948	54%	7.209.479	34%	3.645.272	8%	731.301	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	516.852	9%	1.352.000	21%	2.837.455	24%	3.000.000	26%	3.000.000
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	100%	516.852	100%	1.352.000	100%	2.837.455	100%	3.000.000	100%	3.000.000
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	3.711.228	kg	2.195.406	kg	1.220.033	kg	425.141	kg	208.567

Feldolling

	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh								
Wärmeverbrauch	100%	9.992.230	100%	8.854.260	100%	8.209.816	100%	7.612.277	100%	7.058.229
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	9.992.230	100%	8.854.260	100%	8.209.816	100%	7.612.277	100%	7.058.229
davon Wärmepumpen	7%	699.456	15%	1.328.139	25%	2.052.454	40%	3.044.911	50%	3.529.114
davon Biomasse	14%	1.398.912	25%	2.213.565	35%	2.873.436	45%	3.425.525	50%	3.529.114
davon Fossil	79%	7.893.862	60%	5.312.556	40%	3.283.926	15%	1.141.842	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-								
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	2.425.647	kg	1.628.298	kg	1.023.627	kg	423.877	kg	88.228

Feldkirchen

	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	35.851.000	100%	31.768.091	100%	29.455.898	100%	27.311.995	100%	25.324.132
<u>Dezentrale Wärme</u>	87%	31.013.776	73%	23.070.867	71%	20.925.541	71%	19.402.507	71%	17.990.325
davon Wärmepumpen	7%	2.170.964	15%	3.460.630	25%	5.231.385	40%	7.761.003	50%	8.995.162
davon Biomasse	14%	4.341.929	25%	5.767.717	35%	7.323.939	45%	8.731.128	50%	8.995.162
davon Fossil	79%	24.500.883	60%	13.842.520	40%	8.370.216	15%	2.910.376	0%	-
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	13%	4.837.224	27%	8.697.224	29%	8.530.357	29%	7.909.488	29%	7.333.808
davon Wärmepumpen	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	90%	4.353.502	92%	8.001.446	95%	8.103.839	100%	7.909.488	100%	7.333.808
davon Fossil	10%	483.722	8%	695.778	5%	426.518	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	7.560.355	kg	4.472.850	kg	2.849.792	kg	1.218.213	kg	371.555

Westerham	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh								
Wärmeverbrauch	100%	228.544.000	100%	202.516.153	100%	187.776.319	100%	174.109.301	100%	161.437.018
<u>Dezentrale Wärme</u>	99,9%	228.294.000	97,5%	197.359.624	96,9%	181.978.100	96,2%	167.433.098	95,1%	153.576.731
davon Wärmepumpen	1,4%	3.147.833	2,9%	5.678.852	4,7%	8.521.626	7,2%	12.122.227	8,6%	13.214.911
davon Biomasse	2,8%	6.295.667	4,8%	9.464.753	6,6%	11.930.276	8,1%	13.637.505	8,6%	13.214.911
davon Fossil	62,1%	141.850.500	57,8%	113.985.202	54,0%	98.261.460	49,6%	83.013.255	0,0%	-
davon sonstiges	33,7%	77.000.000	34,6%	68.230.817	34,8%	63.264.739	35,0%	58.660.110	82,8%	127.146.909
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0,1%	250.000	2,5%	5.156.529	3,1%	5.798.218	3,8%	6.676.204	4,9%	7.860.286
davon Wärmepumpen	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-
davon Biomasse	76,1%	190.300	14,9%	768.628	29,8%	1.729.684	43,5%	2.903.792	55,5%	4.362.444
davon Fossil	1,3%	3.200	0,1%	2.836	0,0%	2.629	0,0%	2.438	0,0%	-
davon sonstiges	22,6%	56.500	85,0%	4.385.065	70,1%	4.065.905	56,5%	3.769.974	44,5%	3.497.843
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	43.461.275	kg	35.576.881	kg	30.992.325	kg	26.768.458	kg	7.221.120

Vagen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	22.299.600	100%	19.759.999	100%	18.321.797	100%	16.988.273	100%	15.751.807
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	22.299.600	100%	19.759.999	82%	15.007.855	79%	13.453.401	79%	12.482.050
davon Wärmepumpen	7%	1.560.972	15%	2.964.000	25%	3.751.964	40%	5.381.360	50%	6.241.025
davon Biomasse	14%	3.121.944	25%	4.940.000	35%	5.252.749	45%	6.054.030	50%	6.241.025
davon Fossil	79%	17.616.684	60%	11.855.999	40%	6.003.142	15%	2.018.010	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	0%	-	18%	3.313.943	21%	3.534.872	21%	3.269.757
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	100%	3.313.943	100%	3.534.872	100%	3.269.757
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	5.413.302	kg	3.633.864	kg	1.962.521	kg	819.828	kg	221.421

Peripherer Raum	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh								
Wärmeverbrauch	100%	42.049.293	100%	37.260.488	100%	34.548.540	100%	32.033.976	100%	29.702.431
<u>Dezentrale Wärme</u>	90%	37.844.364	85%	31.671.415	85%	31.234.597	80%	28.499.104	80%	26.432.675
davon Wärmepumpen	7%	2.649.105	15%	4.750.712	25%	7.808.649	40%	11.399.642	40%	10.573.070
davon Biomasse	14%	5.298.211	25%	7.917.854	35%	10.932.109	45%	12.824.597	60%	15.859.605
davon Fossil	79%	29.897.047	60%	19.002.849	40%	12.493.839	15%	4.274.866	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	10%	4.204.929	15%	5.589.073	15%	3.313.943	20%	3.534.872	20%	3.269.757
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	100%	4.204.929	100%	5.589.073	100%	3.313.943	100%	3.534.872	100%	3.269.757
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	9.689.503	kg	5.936.155	kg	4.012.770	kg	1.657.623	kg	435.453

Szenario Sanierungsstau Feldkirchen-Westerham

Höhenrain	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	2045	kWh
Wärmeverbrauch	100%	16.490.800	100%	15.464.472	100%	14.855.712	100%	14.270.915	100%	13.709.139
<u>Dezentrale Wärme</u>	97%	15.973.948	91%	14.112.472	81%	12.018.257	79%	11.270.915	78%	10.709.139
davon Wärmepumpen	2%	294.000	3%	470.624	6%	731.826	12%	1.354.183	16%	1.677.285
davon Biomasse	18%	2.938.000	32%	4.466.871	47%	5.589.564	65%	7.321.912	69%	7.354.570
davon Fossil	80%	12.741.948	65%	9.174.978	47%	5.696.867	23%	2.594.820	16%	1.677.285
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	516.852	9%	1.352.000	19%	2.837.455	21%	3.000.000	22%	3.000.000
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	100%	516.852	100%	1.352.000	100%	2.837.455	100%	3.000.000	100%	3.000.000
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	3.711.228	kg	2.720.977	kg	1.786.034	kg	949.462	kg	676.731

Feldolling	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	9.992.230	100%	9.370.350	100%	9.001.485	100%	8.647.141	100%	8.306.745
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	9.992.230	100%	9.370.350	100%	9.001.485	100%	8.647.141	100%	8.306.745
davon Wärmepumpen	7%	699.456	10%	937.035	15%	1.350.223	20%	1.729.428	25%	2.076.686
davon Biomasse	14%	1.398.912	18%	1.686.663	25%	2.250.371	30%	2.594.142	50%	4.153.373
davon Fossil	79%	7.893.862	72%	6.746.652	60%	5.400.891	50%	4.323.570	25%	2.076.686
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	2.425.647	kg	2.017.874	kg	1.617.117	kg	1.315.807	kg	693.613

Feldkirchen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	35.851.000	100%	33.619.763	100%	32.296.318	100%	31.024.970	100%	29.803.669
<u>Dezentrale Wärme</u>	87%	31.013.776	74%	24.922.539	74%	23.765.961	75%	23.115.482	75%	22.469.861
davon Wärmepumpen	7%	2.170.964	10%	2.492.254	15%	3.564.894	20%	4.623.096	25%	5.617.465
davon Biomasse	14%	4.341.929	18%	4.486.057	25%	5.941.490	30%	6.934.645	50%	11.234.931
davon Fossil	79%	24.500.883	72%	17.944.228	60%	14.259.576	50%	11.557.741	25%	5.617.465
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	13%	4.837.224	26%	8.697.224	26%	8.530.357	25%	7.909.488	25%	7.333.808
davon Wärmepumpen	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	90%	4.353.502	92%	8.001.446	95%	8.103.839	100%	7.909.488	100%	7.333.808
davon Fossil	10%	483.722	8%	695.778	5%	426.518	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	7.560.355	kg	5.568.392	kg	4.457.945	kg	3.594.691	kg	1.983.587

Westerham	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	228.544.000	100%	214.320.247	100%	205.883.509	100%	197.778.884	100%	189.993.299
<u>Dezentrale Wärme</u>	99,9%	228.294.000	97,6%	209.150.806	97,1%	199.900.564	95,8%	189.431.458	94,7%	179.883.295
davon Wärmepumpen	1,4%	3.147.833	1,9%	4.035.336	2,8%	5.662.176	3,6%	6.732.379	4,2%	7.561.404
davon Biomasse	2,8%	6.295.667	3,5%	7.263.604	4,7%	9.436.961	5,3%	10.098.568	8,4%	15.122.808
davon Fossil	62,1%	141.850.500	60,1%	125.644.068	57,7%	115.436.096	55,9%	105.965.753	4,2%	7.561.404
davon sonstiges	33,7%	77.000.000	34,5%	72.207.798	34,7%	69.365.331	35,2%	66.634.758	83,2%	149.637.679
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0,1%	250.000	2,4%	5.169.441	2,9%	5.982.945	3,6%	7.047.426	4,4%	8.440.003
davon Wärmepumpen	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-
davon Biomasse	76,1%	190.300	15,1%	778.456	29,5%	1.764.812	42,5%	2.995.340	53,9%	4.547.429
davon Fossil	1,3%	3.200	0,1%	3.001	0,0%	2.883	0,0%	2.769	0,0%	-
davon sonstiges	22,6%	56.500	84,9%	4.387.984	70,5%	4.215.250	57,5%	4.049.316	46,1%	3.892.575
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	43.461.275	kg	38.769.055	kg	35.778.857	kg	33.157.584	kg	10.332.299

Vagen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	22.299.600	100%	20.911.753	100%	20.088.560	100%	19.297.772	100%	18.538.113
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	22.299.600	100%	20.911.753	84%	16.774.618	82%	15.762.900	82%	15.268.357
davon Wärmepumpen	7%	1.560.972	10%	2.091.175	15%	2.516.193	20%	3.152.580	25%	3.817.089
davon Biomasse	14%	3.121.944	18%	3.764.116	25%	4.193.654	30%	4.728.870	50%	7.634.178
davon Fossil	79%	17.616.684	72%	15.056.462	60%	10.064.771	50%	7.881.450	25%	3.817.089
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	0%	-	16%	3.313.943	18%	3.534.872	18%	3.269.757
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	100%	3.313.943	100%	3.534.872	100%	3.269.757
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	5.413.302	kg	4.503.276	kg	3.096.614	kg	2.469.285	kg	1.340.303

Peripherer Raum	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh								
Wärmeverbrauch	100%	42.049.293	100%	39.432.297	100%	37.880.041	100%	36.388.889	100%	34.956.437
<u>Dezentrale Wärme</u>	90%	37.844.364	85%	33.517.452	85%	32.198.035	80%	29.111.111	80%	27.965.149
davon Wärmepumpen	7%	2.649.105	10%	3.351.745	15%	4.829.705	20%	5.822.222	25%	6.991.287
davon Biomasse	14%	5.298.211	18%	6.033.141	25%	8.049.509	30%	8.733.333	50%	13.982.575
davon Fossil	79%	29.897.047	72%	24.132.566	60%	19.318.821	50%	14.555.556	25%	6.991.287
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	10%	4.204.929	15%	5.914.845	15%	5.682.006	20%	7.277.778	20%	6.991.287
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	100%	4.204.929	100%	5.914.845	100%	5.682.006	100%	7.277.778	100%	6.991.287
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	9.689.503	kg	7.336.169	kg	5.930.215	kg	4.575.296	kg	2.474.916

Szenario Sanierungs- und Netzstau Feldkirchen-Westerham

Höhenrain	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	2045	kWh
Wärmeverbrauch	100%	16.490.800	100%	15.464.472	100%	14.855.712	100%	14.270.915	100%	13.709.139
<u>Dezentrale Wärme</u>	97%	15.973.948	97%	15.000.538	97%	14.410.040	97%	13.842.788	97%	13.297.865
davon Wärmepumpen	2%	294.000	3%	515.027	7%	971.004	13%	1.868.558	17%	2.324.466
davon Biomasse	18%	2.938.000	31%	4.600.081	43%	6.187.510	61%	8.479.254	65%	8.648.932
davon Fossil	80%	12.741.948	66%	9.885.430	50%	7.251.526	25%	3.494.976	17%	2.324.466
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	3%	516.852	3%	463.934	3%	445.671	3%	428.127	3%	411.274
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Biomasse	100%	516.852	100%	463.934	100%	445.671	100%	428.127	100%	411.274
davon Fossil	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	3.711.228	kg	2.907.856	kg	2.192.159	kg	1.179.302	kg	832.055

Feldolling	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	9.992.230	100%	9.370.350	100%	9.001.485	100%	8.647.141	100%	8.306.745
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	9.992.230	100%	9.370.350	100%	9.001.485	100%	8.647.141	100%	8.306.745
davon Wärmepumpen	7%	699.456	10%	937.035	15%	1.350.223	20%	1.729.428	25%	2.076.686
davon Biomasse	14%	1.398.912	18%	1.686.663	25%	2.250.371	30%	2.594.142	50%	4.153.373
davon Fossil	79%	7.893.862	72%	6.746.652	60%	5.400.891	50%	4.323.570	25%	2.076.686
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	2.425.647	kg	2.017.874	kg	1.617.117	kg	1.315.807	kg	693.613

Feldkirchen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	35.851.000	100%	33.619.763	100%	32.296.318	100%	31.024.970	100%	29.803.669
<u>Dezentrale Wärme</u>	87%	31.013.776	87%	29.249.194	87%	28.097.797	87%	26.991.724	87%	25.929.192
davon Wärmepumpen	7%	2.170.964	10%	2.924.919	15%	4.214.669	20%	5.398.345	25%	6.482.298
davon Biomasse	14%	4.341.929	18%	5.264.855	25%	7.024.449	30%	8.097.517	50%	12.964.596
davon Fossil	79%	24.500.883	72%	21.059.420	60%	16.858.678	50%	13.495.862	25%	6.482.298
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	13%	4.837.224	13%	4.370.569	13%	4.198.521	13%	4.033.246	13%	3.874.477
davon Wärmepumpen	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	90%	4.353.502	90%	3.933.512	90%	3.778.669	90%	3.629.922	90%	3.487.029
davon Fossil	10%	483.722	10%	437.057	10%	419.852	10%	403.325	10%	387.448
davon sonstiges	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	7.560.355	kg	6.334.864	kg	5.134.194	kg	4.182.166	kg	2.282.439

Westerham	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	228.544.000	100%	214.320.247	100%	205.883.509	100%	197.778.884	100%	189.993.299
<u>Dezentrale Wärme</u>	99,9%	228.294.000	99,9%	214.085.806	99,9%	205.658.297	99,9%	197.562.538	99,9%	189.785.469
davon Wärmepumpen	1,4%	3.147.833	1,5%	3.162.775	1,6%	3.190.186	1,7%	3.268.911	5,3%	10.036.947
davon Biomasse	2,8%	6.295.667	2,7%	5.692.995	2,6%	5.316.977	2,5%	4.903.366	10,6%	20.073.895
davon Fossil	62,1%	141.850.500	62,1%	133.022.237	62,1%	127.785.804	62,1%	122.755.503	5,3%	10.036.947
davon sonstiges	33,7%	77.000.000	33,7%	72.207.798	33,7%	69.365.331	33,7%	66.634.758	78,8%	149.637.679
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0,1%	250.000	0,1%	234.441	0,1%	225.212	0,1%	216.347	0,1%	207.830
davon Wärmepumpen	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-
davon Biomasse	76,1%	190.300	76,1%	178.456	76,1%	171.431	76,1%	164.683	76,1%	158.200
davon Fossil	1,3%	3.200	1,3%	3.001	1,3%	2.883	1,3%	2.769	1,3%	2.660
davon sonstiges	22,6%	56.500	22,6%	52.984	22,6%	50.898	22,6%	48.894	22,6%	46.970
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	43.461.275	kg	40.377.151	kg	38.721.111	kg	37.174.037	kg	10.976.583

Vagen	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
Wärmeverbrauch	100%	22.299.600	100%	20.911.753	100%	20.088.560	100%	19.297.772	100%	18.538.113
<u>Dezentrale Wärme</u>	100%	22.299.600	100%	20.911.753	100%	20.088.560	100%	19.297.772	100%	18.538.113
davon Wärmepumpen	7%	1.560.972	10%	2.091.175	15%	3.013.284	20%	3.859.554	25%	4.634.528
davon Biomasse	14%	3.121.944	18%	3.764.116	25%	5.022.140	30%	5.789.332	50%	9.269.057
davon Fossil	79%	17.616.684	72%	15.056.462	60%	12.053.136	50%	9.648.886	25%	4.634.528
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	5.413.302	kg	4.503.276	kg	3.628.998	kg	2.936.478	kg	1.547.932

Peripherer Raum	2022		2030		2035		2040		2045	
	%	kWh								
Wärmeverbrauch	100%	42.049.293	100%	39.432.297	100%	37.880.041	100%	36.388.889	100%	34.956.437
<u>Dezentrale Wärme</u>	90%	37.844.364	90%	35.489.067	90%	34.092.037	90%	32.750.000	90%	31.460.793
davon Wärmepumpen	7%	2.649.105	10%	3.548.907	15%	5.113.805	20%	6.550.000	25%	7.865.198
davon Biomasse	14%	5.298.211	18%	6.388.032	25%	8.523.009	30%	9.825.000	50%	15.730.397
davon Fossil	79%	29.897.047	72%	25.552.128	60%	20.455.222	50%	16.375.000	25%	7.865.198
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>Zentrale Wärmeversorgung</u>	10%	4.204.929	10%	3.943.230	10%	3.788.004	10%	3.638.889	10%	3.495.644
davon Wärmepumpen	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon Biomasse	100%	4.204.929	100%	3.943.230	100%	3.788.004	100%	3.638.889	100%	3.495.644
davon Fossil	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
davon sonstiges	0%	-	0%	-	-	-	-	-	-	-
<u>CO2 Ausstoß Gesamt</u>	kg	9.689.503	kg	7.721.317	kg	6.234.486	kg	5.056.236	kg	2.696.889

Anlage 5: Energieträger der Heizungen (Wohnbau)

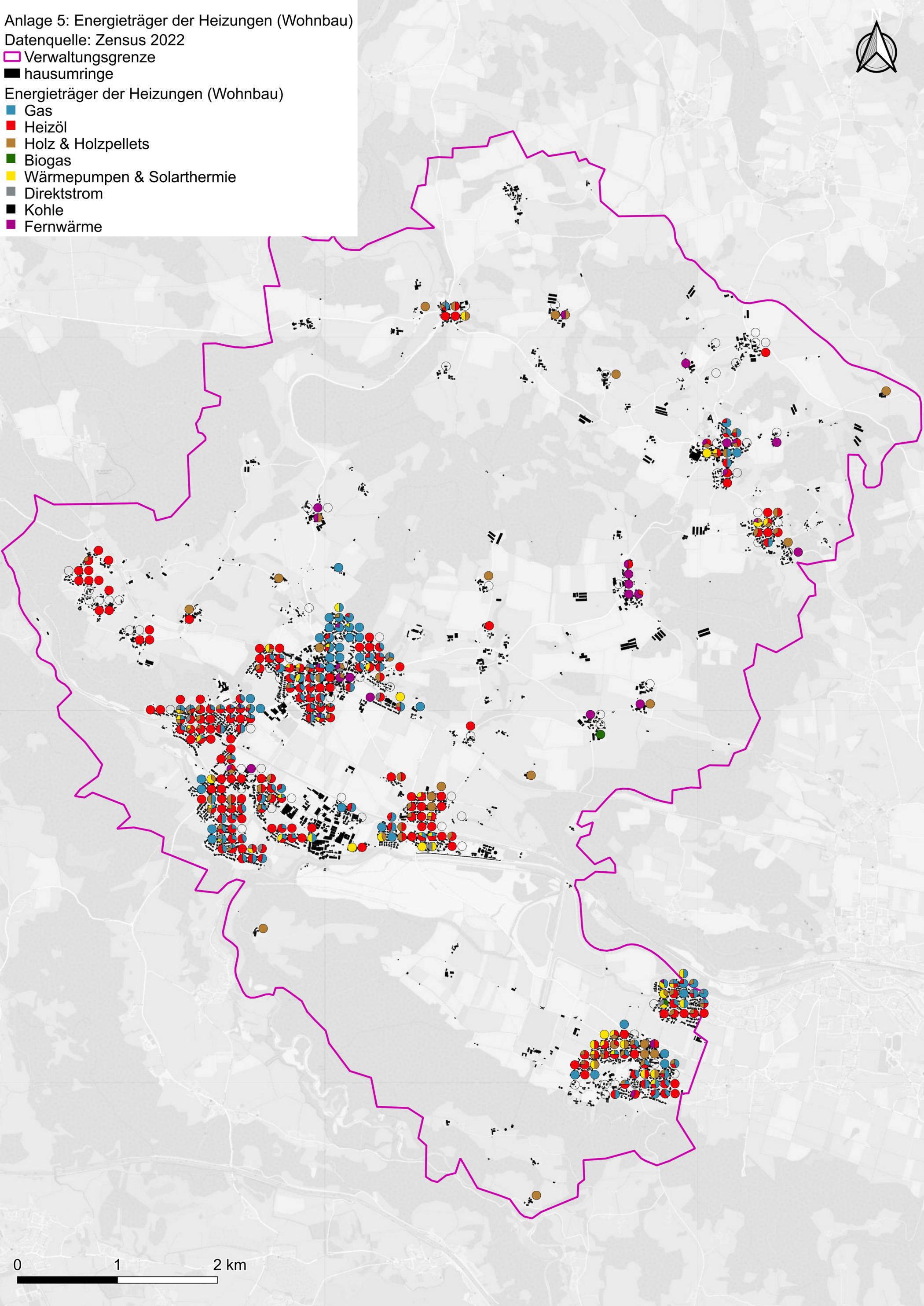
Datenquelle: Zensus 2022

Verwaltungsgrenze

hausumringe

Energieträger der Heizungen (Wohnbau)

- Gas
- Heizöl
- Holz & Holzpellets
- Biogas
- Wärmepumpen & Solarthermie
- Direktstrom
- Kohle
- Fernwärme



0 1 2 km

Anlage 6: Heizungsart Verteilung

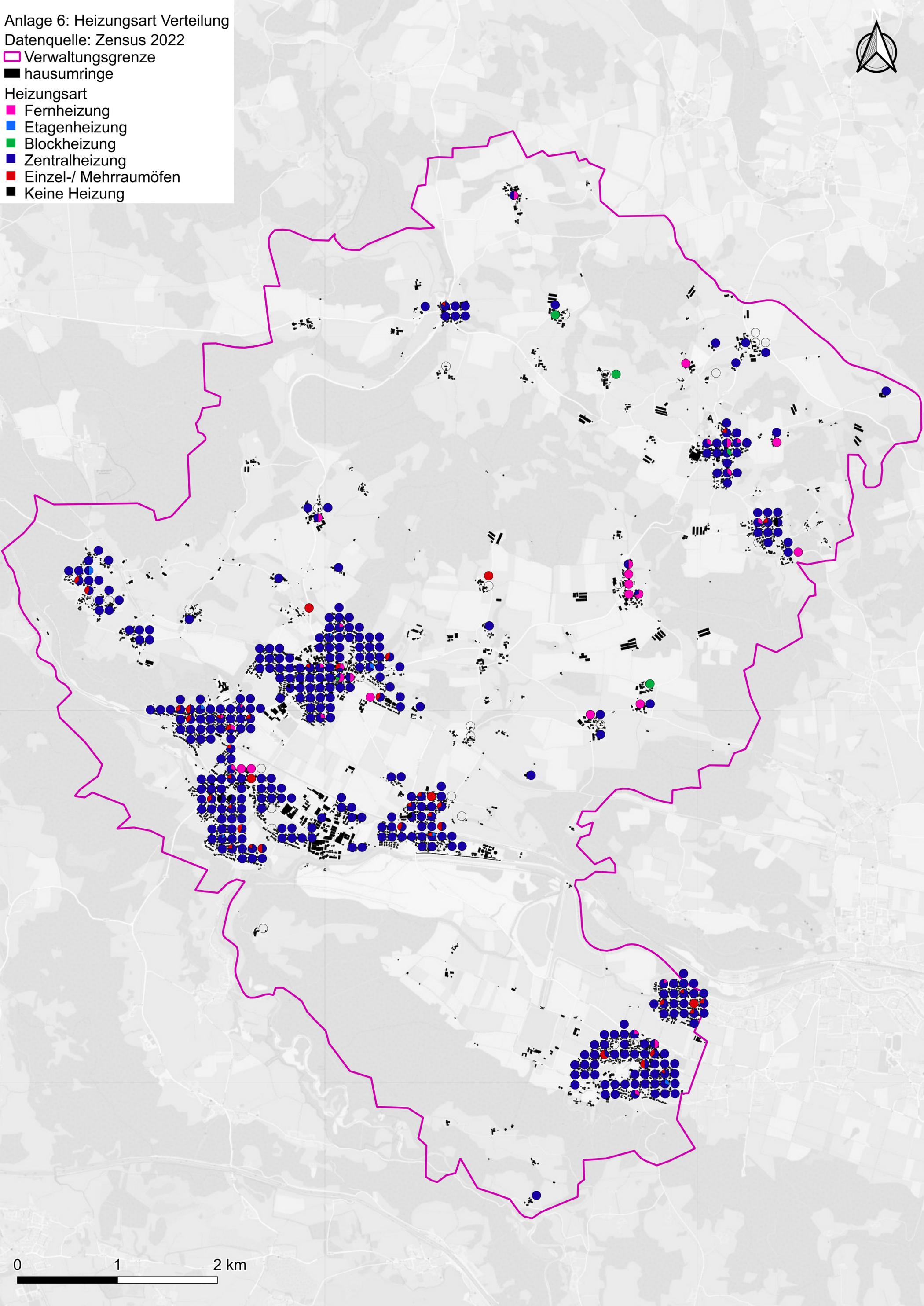
Datenquelle: Zensus 2022

Verwaltungsgrenze

hausumringe

Heizungsart

- Fernheizung
- Etagenheizung
- Blockheizung
- Zentralheizung
- Einzel-/ Mehrraumöfen
- Keine Heizung



0 1 2 km

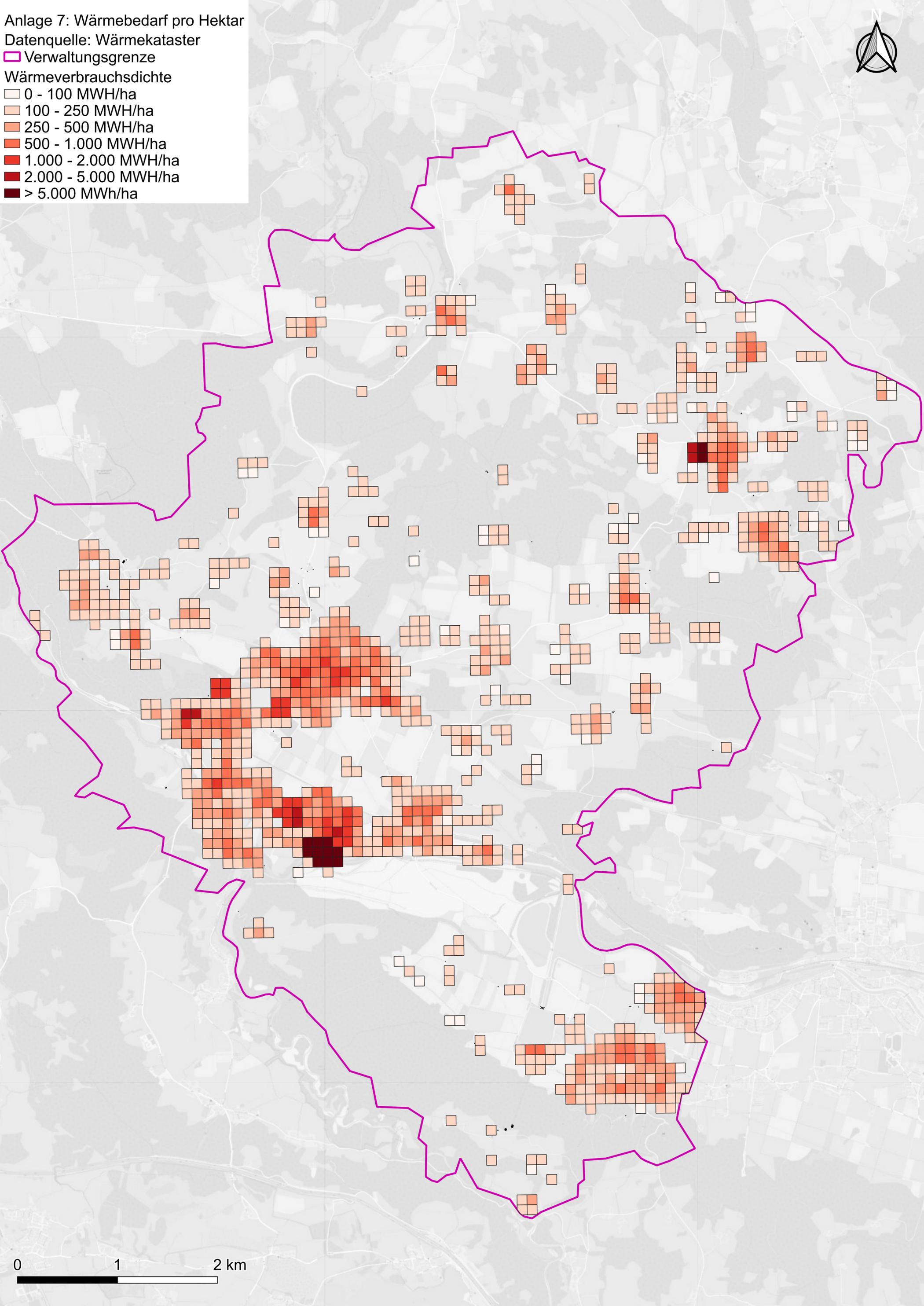
Anlage 7: Wärmebedarf pro Hektar

Datenquelle: Wärmekataster

Verwaltungsgrenze

Wärmeverbrauchsichte

- 0 - 100 MWh/ha
- 100 - 250 MWh/ha
- 250 - 500 MWh/ha
- 500 - 1.000 MWh/ha
- 1.000 - 2.000 MWh/ha
- 2.000 - 5.000 MWh/ha
- > 5.000 MWh/ha



Anlage 8: Wärmelinienichte Anschlussquote 70%

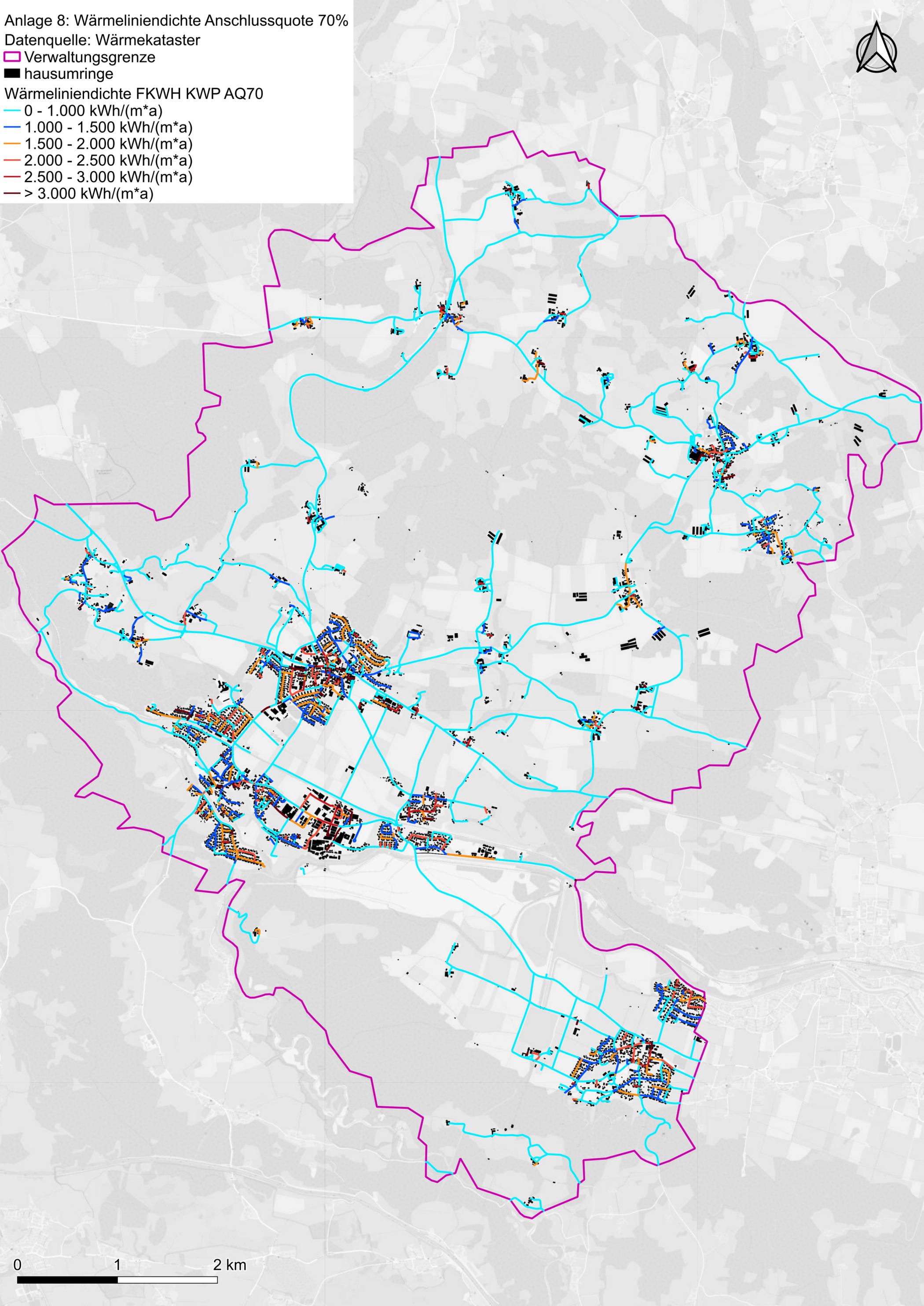
Datenquelle: Wärmekataster

Verwaltungsgrenze

hausumringe

Wärmelinienichte FKWH KWP AQ70

- 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 - 3.000 kWh/(m*a)
- > 3.000 kWh/(m*a)



0 1 2 km

Anlage 9: Verteilung der Baujahre (Wohnbau)

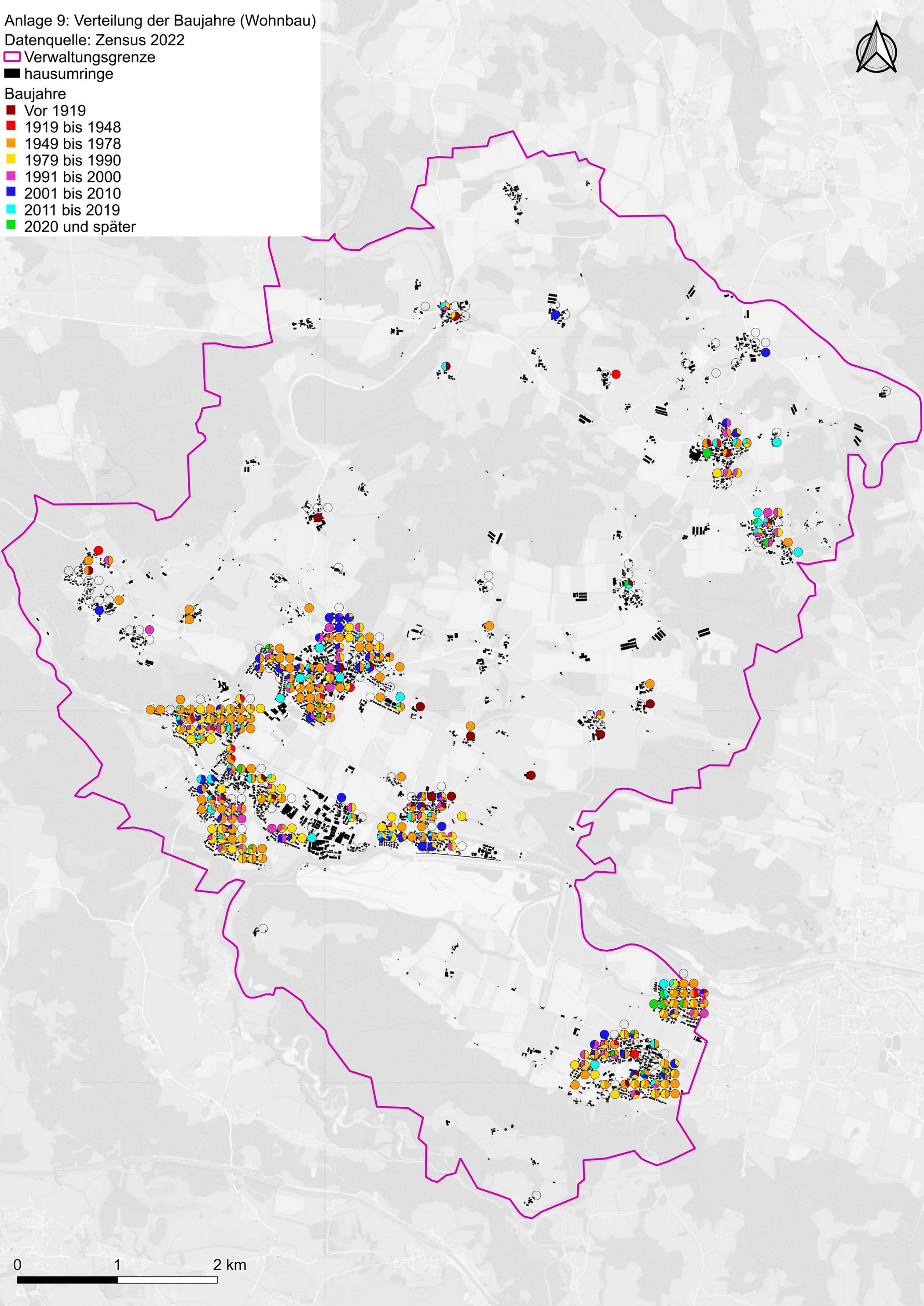
Datenquelle: Zensus 2022

Verwaltungsgrenze

hausumringe

Baujahre

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



0 1 2 km

Anlage 10: Sanierungspotenzial (Wohnbau)

Datenquelle: Baujahre, Zensus 2022

Verwaltungsgrenze

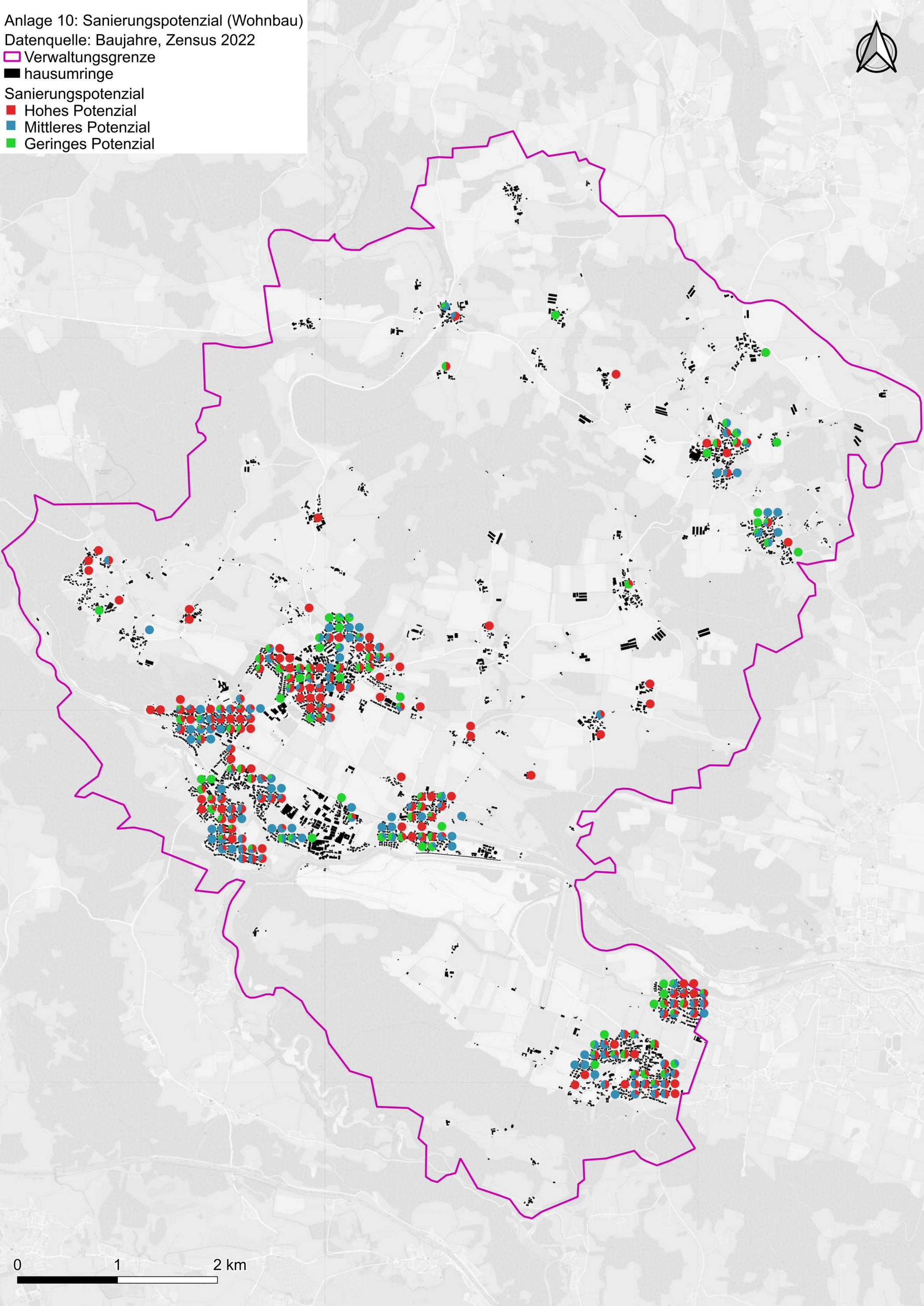
hausumringe

Sanierungspotenzial

Hohes Potenzial

Mittleres Potenzial

Geringes Potenzial



0 1 2 km

Anlage 11: Sektorverteilung der Gebäude

Datenquelle: ALKIS

Verwaltungsgrenze

hausumringe

Sektorverteilung

Kommunal

GHD

Wohnbau

