

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Wörth 
am Rhein

Kommunale Wärmeplanung

Stadt Wörth am Rhein

Abschlussbericht

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

Traunsteiner Straße 11
83093 Bad Endorf

Version: 1.0

Erstellt: 03.12.2025

energie. concept. bayern.

ecb

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | AUFTRAGSRAHMEN | 7 |
| 1.1 | INHALT UND AUFBAU..... | 7 |
| 2 | BESCHREIBUNG DER STADT..... | 9 |
| 3 | BESTANDSANALYSE | 11 |
| 3.1 | ENERGIEINFRASTRUKTUR..... | 11 |
| 3.1.1 | <i>Stromversorgung</i> | 11 |
| 3.1.2 | <i>Gasnetze</i> | 13 |
| 3.1.3 | <i>Wärmenetze</i> | 14 |
| 3.1.4 | <i>Dezentrale Erzeugungsanlagen</i> | 17 |
| 3.1.4.1 | Biomasse- und Biogasanlagen..... | 17 |
| 3.1.4.2 | BHKW-Anlagen..... | 17 |
| 3.1.4.3 | PV-Anlagen..... | 18 |
| 3.1.4.4 | Solarthermische Anlagen..... | 20 |
| 3.1.4.5 | Wärmepumpen..... | 20 |
| 3.2 | WÄRMEVERBRAUCH..... | 21 |
| 3.2.1 | <i>Gebäudescharfes Wärmekataster</i> | 21 |
| 3.2.2 | <i>Energiebilanz Wärme in Betrachtungsgebiet</i> | 23 |
| 3.3 | ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ..... | 29 |
| 4 | POTENZIALANALYSE ENERGIEEINSPARUNG | 31 |
| 4.1 | PRIVATE HAUSHALTE | 32 |
| 4.2 | ÖFFENTLICHE GEBÄUDE..... | 34 |
| 4.3 | WIRTSCHAFT..... | 35 |
| 4.4 | ZUSAMMENFASSUNG DER ENERGIEEINSPARUNGSPOTENZIALE | 36 |
| 5 | POTENZIALANALYSE ENERGIEERZEUGUNG | 38 |
| 5.1 | ABWÄRME..... | 38 |
| 5.2 | SOLARTHERMIE..... | 39 |
| 5.3 | UMWELTWÄRME..... | 43 |
| 5.3.1 | <i>Oberflächennahe Geothermie</i> | 43 |
| 5.3.1.1 | Erdwärmesonden..... | 44 |
| 5.3.1.2 | Erdwärmekollektoren..... | 45 |
| 5.3.1.3 | Grundwasserwärmepumpen..... | 48 |
| 5.3.2 | <i>Flusswasser</i> | 52 |
| 5.3.3 | <i>Seewasser</i> | 54 |
| 5.3.4 | <i>Luft</i> | 54 |
| 5.3.5 | <i>Abwasser</i> | 55 |
| 5.4 | TIEFE GEOTHERMIE | 59 |
| 5.4.1 | <i>Hydrothermale Geothermie</i> | 59 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.4.2 | Tiefe Erdwärmesonden | 61 |
| 5.5 | BIOMASSE..... | 63 |
| 5.6 | THERMISCHE ABFALLBEHANDLUNGSANLAGEN..... | 65 |
| 5.7 | KWK-ANLAGEN..... | 65 |
| 5.8 | WASSERSTOFF | 65 |
| 5.9 | (GROß)WÄRMESPEICHER | 67 |
| 5.9.1 | Pufferspeicher | 67 |
| 5.9.2 | Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher | 67 |
| 5.9.2.1 | Behälter | 67 |
| 5.9.2.2 | Erdbecken | 67 |
| 5.9.2.3 | Erdsonden..... | 68 |
| 5.9.2.4 | Aquifer | 69 |
| 5.9.2.5 | Thermochemische Wärme- und Kältespeicher..... | 70 |
| 5.9.2.6 | Latentwärmespeicher..... | 70 |
| 5.9.2.7 | Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel) | 71 |
| 5.9.2.8 | Potenzialflächen Wärmespeicher..... | 71 |
| 5.10 | ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE..... | 72 |
| 6 | ZIELSZENARIO UND WÄRMEWENDESTRATEGIE..... | 76 |
| 6.1 | ZIELSZENARIO WÖRTH-DORSCHBERG | 78 |
| 6.2 | ZIELSZENARIO WÖRTH-ALTORT | 81 |
| 6.3 | ZIELSZENARIO WÖRTH-ABTSWALD..... | 83 |
| 6.4 | ZIELSZENARIO WÖRTH-OBERWALD..... | 84 |
| 6.5 | ZIELSZENARIO IM ORTSBEZIRK MAXIMILIANSAU..... | 85 |
| 6.6 | ZIELSZENARIO IM ORTSBEZIRK SCHAIDT..... | 88 |
| 6.7 | ZIELSZENARIO IM ORTSBEZIRK BÜCHELBERG | 91 |
| 6.8 | ZIELSZENARIO DER STADT WÖRTH AM RHEIN..... | 94 |
| 6.9 | ALTERNATIVE SZENARIEN..... | 100 |
| 7 | MAßNAHMENKATALOG..... | 102 |
| 7.1 | MAßNAHME 1 | 104 |
| 7.2 | MAßNAHME 2 | 106 |
| 7.3 | MAßNAHME 3 | 109 |
| 7.4 | MAßNAHME 4 | 112 |
| 7.5 | MAßNAHME 5 | 113 |
| 7.6 | MAßNAHME 6 | 115 |
| 7.7 | MAßNAHME 7 | 117 |
| 7.8 | MAßNAHME 8 | 119 |
| 7.9 | MAßNAHME 9 | 121 |
| 7.10 | MAßNAHME 10 | 123 |
| 7.11 | MAßNAHME 11 | 126 |
| 7.12 | MAßNAHME 12 | 128 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 129 |
| TABELLENVERZEICHNIS | 132 |
| ANLAGEN | 134 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------------------|--|
| AP | Fernwärme Arbeitspreis (EUR/kWh) |
| ATES | Aquifer-Wärmespeicher |
| BEHG | Brennstoffemissionshandelsgesetz |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| BKZ | Baukostenzuschüsse |
| BMWE | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie |
| BP | Fernwärme Bereitstellungspreis (EUR/kW) |
| BTES | Erdwärmespeicher |
| BVK | Bayrische-Versorgungskammer |
| CO ₂ | Kohlenstoffdioxid |
| CO ₂ -E | CO ₂ -Äquivalent |
| ecb | energie.concept.bayern GmbH & Co. KG |
| DE | Deutschland |
| EE | Erneuerbare Energien |
| EH | Effizienzhaus |
| EUR | Euro |
| FFPV | Freiflächen-Photovoltaikanlage |
| FFST | Freiflächen-Solarthermie |
| FW | Fernwärme |
| GHD | Gewerbe, Handel, Dienstleistungen |
| GKD | Gewässerkundlicher Dienst Bayern |
| GOK | Geländeoberkante |
| GWh | Gigawattstunden |
| g | Gramm |
| HAK | Hausanschlusskosten |
| HAL | Hausanschlussleitung |
| JAZ | Jahresarbeitszahl |
| K | Kelvin |
| kW | Kilowatt |
| kWh | Kilowattstunden |
| KWK | Kraft-Wärme Kopplung |
| kWp | Kilowatt Peak |
| KWW | Kompetenzzentrum Wärmewende |
| m ² | Quadratmeter |
| m ³ | Kubikmeter |
| MW | Megawatt |
| MWh | Megawattstunden |
| NH | Niedrigenergiehaus |
| PCM | Phasenwechselmaterialien-Speicher |
| PTES | Erdbeckenspeicher |
| PV | Photovoltaikanlage |
| SGD Süd | Struktur- und Genehmigungs-Direktion Süd |

| | |
|------|------------------------|
| t | Tonnen |
| T | Temperatur |
| THG | Treibhausgase |
| TTES | Behälter-Wärmespeicher |
| WP | Wärmepumpe |

1 Auftragsrahmen

Die Energiewende und insbesondere die Wärmewende 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 bereits eingetretenen und 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 Stadt Wörth am Rhein im Landkreis Germersheim (Rheinland-Pfalz) hat sich dieser Thematik angenommen und im Jahr 2024 die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung in Auftrag gegeben. Die Erstellung des kommunalen Wärmeplans (KWP) wird über die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) (Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit) gefördert und von der Firma ecb – energie.concept.bayern. GmbH & Co. KG aus Bad Endorf umgesetzt. Die Stadt hat sich dabei zum Ziel gesetzt, die Wärmewende auf kommunaler Ebene zu gestalten. Bereits seit einigen Jahren unternimmt Wörth am Rhein gezielte Schritte, um die Wärmewende auf kommunaler Ebene voranzutreiben – beispielsweise durch die Gründung der Neuen Energie Wörth (NEW) oder der Bildung des WärmeWerks Wörth mit Daimler und EnBW, welches Tiefengeothermie als Energiequelle erschließen will. Der KWP soll ergänzend und für die ganze Stadt übergeordnet 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

Im ersten Teil der Ausarbeitung wird kurz auf die Stadt eingegangen. Es folgt eine umfassende Datenerhebung und Analyse des thermischen Energieverbrauchs, welcher den Wärmebedarf für Raumwärme, Warmwasserbereitung und Prozesswärme bezeichnet. 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 Biomasse, oberflächennahe und tiefe Geothermie sowie Umwelt- und Abwärme eingegangen.

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

Mittels der erarbeiteten Maßnahmen und Zielhorizonte ist es der Stadt Wörth am Rhein möglich, eine nachhaltige Struktur zu entwickeln, die den bereits erfolgreich eingeschlagenen Weg durch die kommunale Energiewende erleichtern und fokussieren kann.

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

2 Beschreibung der Stadt

Die Stadt Wörth am Rhein, Teil des Landkreises Germersheim, befindet sich zwischen Karlsruhe und Mannheim direkt am westlichen Rheinufer. Die Stadt besteht aus mehreren Ortsbezirken: Wörth, Maximiliansau, Schaidt und Büchelberg. Die Stadt weist eine Fläche von ca. 131,62 km² sowie eine Einwohneranzahl von 18.572 (Stand 01.06.2025) auf. Die Landnutzung ist aufgeteilt auf Siedlungsfläche (6,8 %) Verkehrsfläche (3,4 %), land- und forstwirtschaftliche Fläche (85,4 %) und Gewässer (4,4 %).

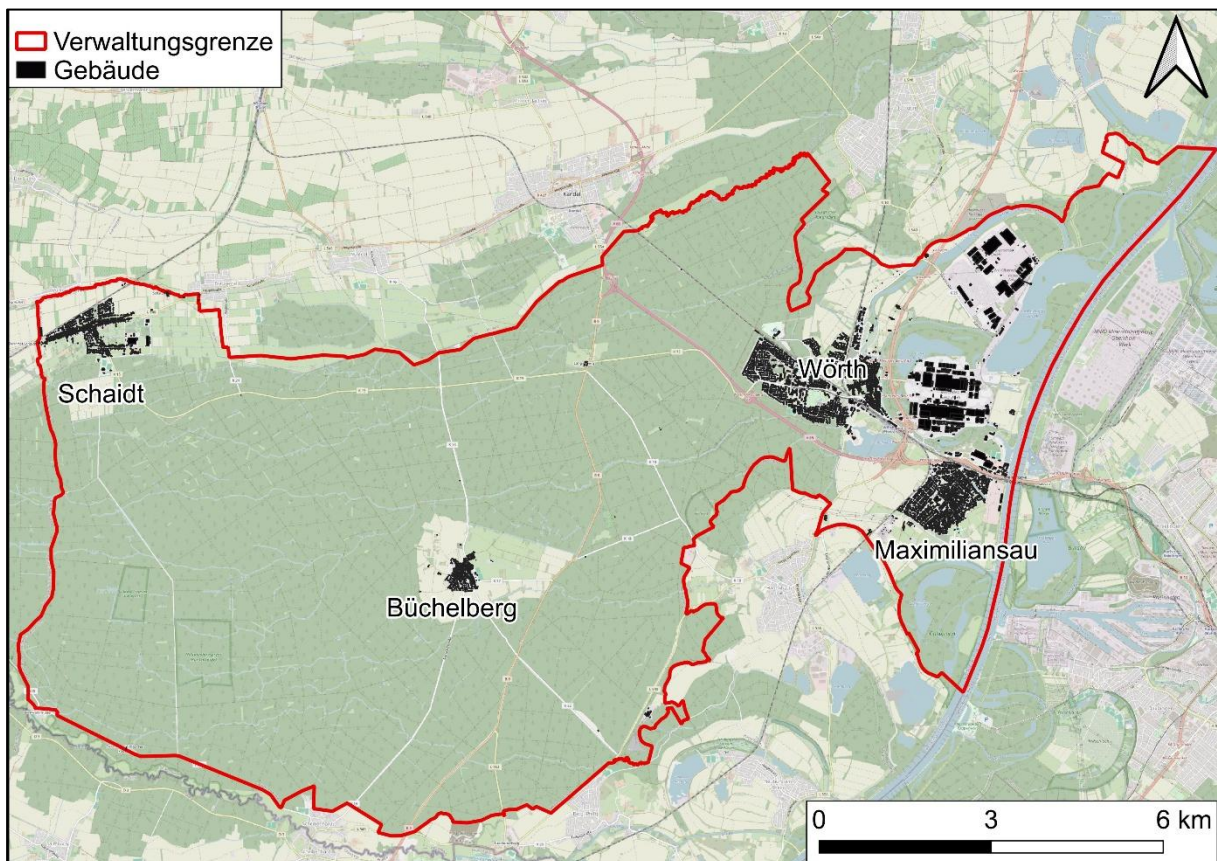


Abbildung 2-1: Übersichtskarte des Stadtgebietes.
 Datenquelle Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Die Stadt verfügt über etwa 9.015 Wohnungen (Haushalte) auf circa 898 ha Siedlungsfläche. Es ergibt sich eine Wohnraumdichte von 10,04 Wohnungen pro Hektar, mit im Schnitt 2,06 Einwohnern pro Wohnung. Auf jeden Einwohner fallen im Schnitt 51,2 m² Wohnfläche, die durchschnittliche Fläche je Wohnung beträgt also ca. 105,5 m².¹

Die Flächen- und Bevölkerungsverteilung wird in Tabelle 2-1 dargestellt.

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

Tabelle 2-1: Verteilung der Flächen und Einwohner in den 4 Ortsbezirken der Stadt Wörth am Rhein

| Ortsbezirk | Wörth | Maximilian-sau | Schaidt | Büchelberg |
|------------------------|-------|----------------|---------|------------|
| Fläche km ² | 19,26 | 10,47 | 4,91 | 3,25 |
| Einwohner | 9.472 | 6.897 | 1.839 | 877 |

Im Projektgebiet befinden sich laut Zensus 2022 8.897 Gebäude. Wie in Abbildung 2-2 ersichtlich, wurde der Großteil dieser Gebäude zwischen 1960 und 1980 erbaut, was mit der Ansiedlung des Daimler Truck- Werkes und des dazugehörigen sprunghaften Bevölkerungsanstiegs zusammenhängt. Zwischen 1960 und 1980 wurde im Zuge der Ansiedlung Daimler Trucks westlich des Wörther Altorts fast der ganze Dorschberg geplant und schrittweise realisiert.

Ältere Gebäude haben allgemein ein höheres Sanierungspotenzial, worauf im entsprechenden Kapitel genauer eingegangen wird.

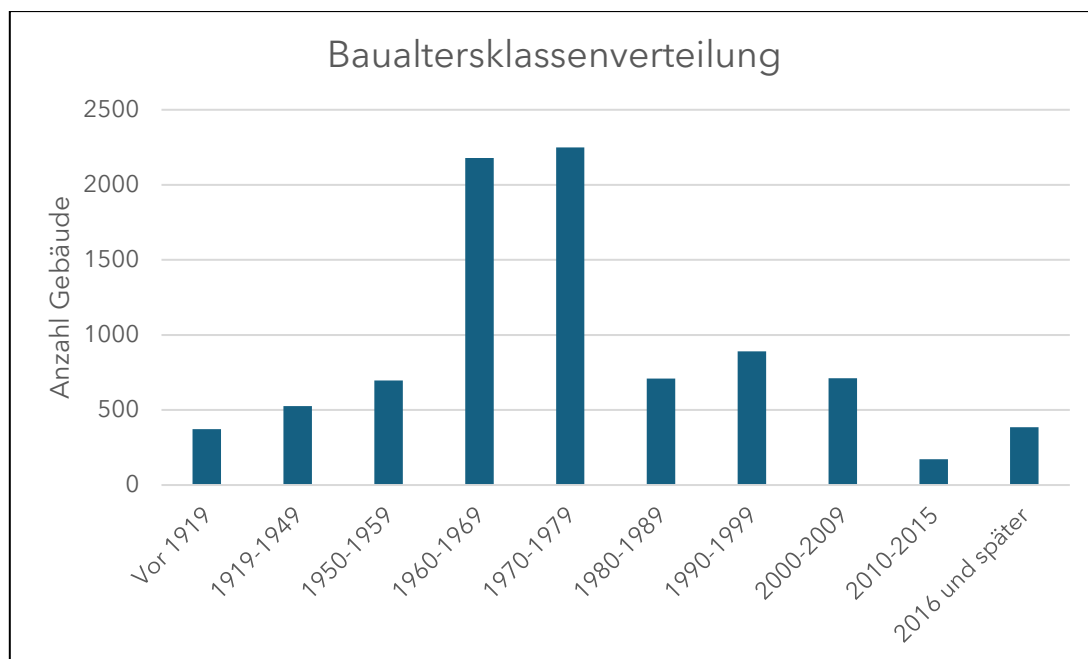


Abbildung 2-2: Baualtersklassenverteilung der Stadt Wörth am Rhein

Der Bienwald erstreckt sich über große Teile des Stadtgebietes und umfasst eine Fläche von 120 km², wovon 93,74 km² im Gemarkungsgebiet liegen.

Die Stadt Wörth am Rhein ist bereits seit einigen Jahren auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität. Es liegen verschiedene Studien und Konzepte vor, die teilweise als Datenbasis dieser kommunalen Wärmeplanung fungieren.

3 Bestandsanalyse

Im folgenden Kapitel erfolgt eine Beschreibung des aktuellen Stands der Wärmeinfrastruktur und des Wärmeverbrauchs der Stadt Wörth am Rhein. Die bestehenden Energienetze und Anlagen zur Energieerzeugung werden ausführlich behandelt.

3.1 Energieinfrastruktur

3.1.1 Stromversorgung

Der Energiesteckbrief der Stadt Wörth am Rhein des Energieatlas Rheinland-Pfalz liefert einen Überblick über den Stand der erneuerbaren Energieversorgung in der Stadt. Laut dem Energieatlas sind in Wörth am Rhein 846 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 17,4 MW zur Stromerzeugung installiert. Die Zahl der PV-Anlagen hat über die letzten Jahre stark zugenommen (Abbildung 3-1). Aus dem Marktstammdatenregister können ebenfalls die Leistungen der Anlagen entnommen werden. Anfang 2025 befinden sich in der Stadt etwa 1.100 PV-Anlagen mit einer gesamten Nettonennleistung von 18,2 MW.

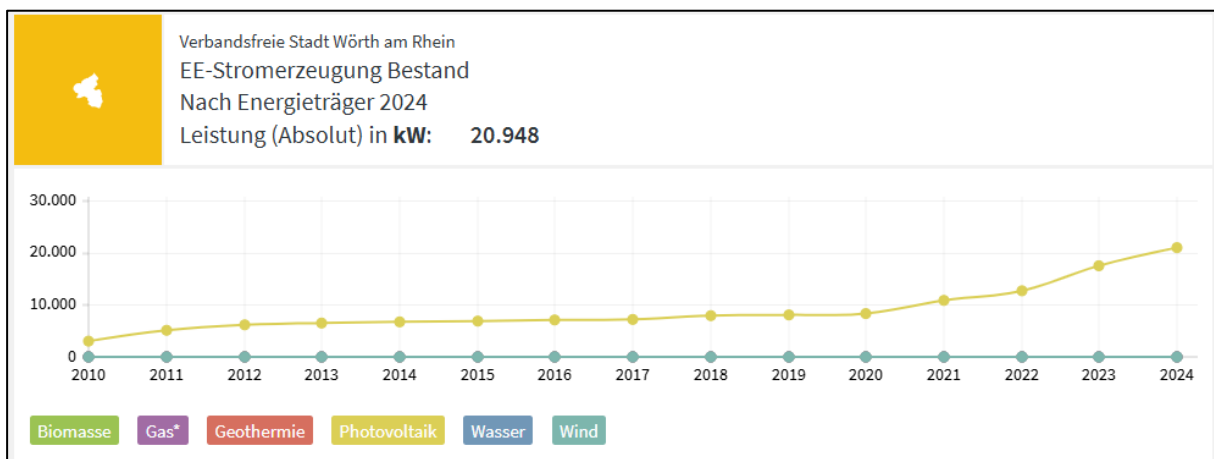


Abbildung 3-1: Installierte Leistung in kW der Stromerzeugungstechnologien in Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

Die Stromverbräuche in der Stadt bis zum Jahr 2022 werden in der Abbildung 3-2 dargestellt. Insgesamt wurden im Jahr 2022 laut Energieatlas Rheinland-Pfalz ca. 475 GWh Strom verbraucht.



Abbildung 3-2: Stromverbrauch in MWh nach Sektor für Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

In Abbildung 3-3 ist zu sehen, dass die erneuerbare Elektrizität vollständig durch PV generiert wird.



Abbildung 3-3: Eingespeiste Strommengen je Erzeugungstechnologie in Tsd. kWh in Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

Abbildung 3-4 beschreibt den Ausbaustand der Stromerzeugungsanlagen auf Basis EE > 50 kW in der Stadt Wörth am Rhein. Dabei handelt es sich ausschließlich um Solareinheiten auf beispielsweise Gebäudedächern. Dies bildet nur die größeren Erzeuger ab, viele Dach-PV Anlagen sind unterhalb der Leistungsgrenze der hier abgebildeten Einheiten.

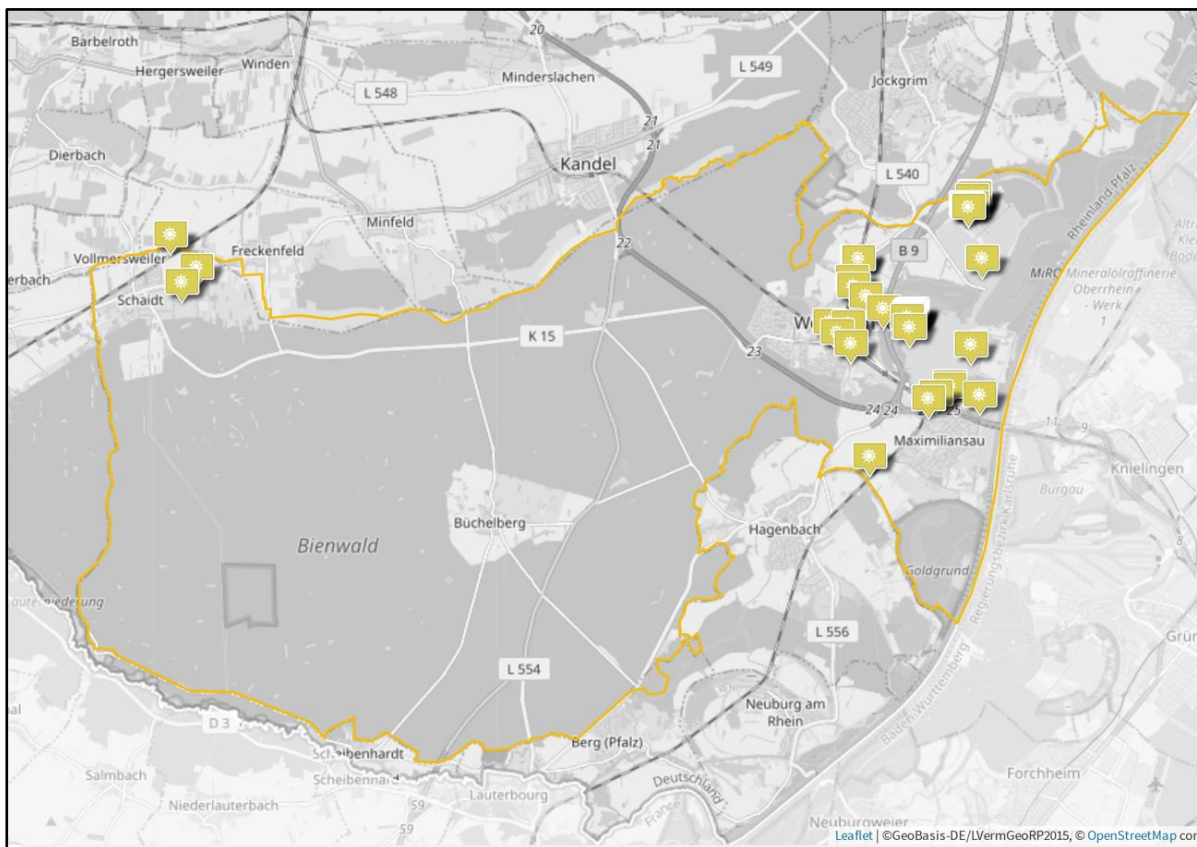


Abbildung 3-4: Räumliche Verteilung der EEG-geförderten Anlagen in Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

3.1.2 Gasnetze

Das Gasnetz der Stadt Wörth am Rhein wird durch die Thüga Energienetze GmbH betrieben. Die Datenbasis beruht auf den Jahren 2021-2023.

Tabelle 3-1: Gasverbräuche in der Stadt Wörth am Rhein in den Jahren 2020 - 2022

| Sektor | Verbrauch 2021 (kWh) | Verbrauch 2022 (kWh) | Verbrauch 2023 (kWh) |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Private Haushalte | 37.475.603 | 29.794.548 | 29.851.586 |
| Gewerbe | 9.127.917 | 7.693.079 | 8.316.934 |
| Industrie | 341.037.099 | 285.654.988 | 276.075.986 |

Die Angaben der Thüga Energienetze GmbH stimmen nicht mit den Angaben der Industriefirmen in der Stadt Wörth am Rhein überein. Zwei Großverbraucher geben in Summe bereits ein Gasverbrauch von 431 GWh/a an. Für den nachfolgenden THG-Bilanz werden die Angaben der Firmen benutzt. Das Gasnetz in der Stadt Wörth am Rhein ist ca. 104,9 km lang. Wie aus Abbildung 3-5 hervorgeht, wird jeder Ortsbezirk, ausgenommen Büchelberg, versorgt.

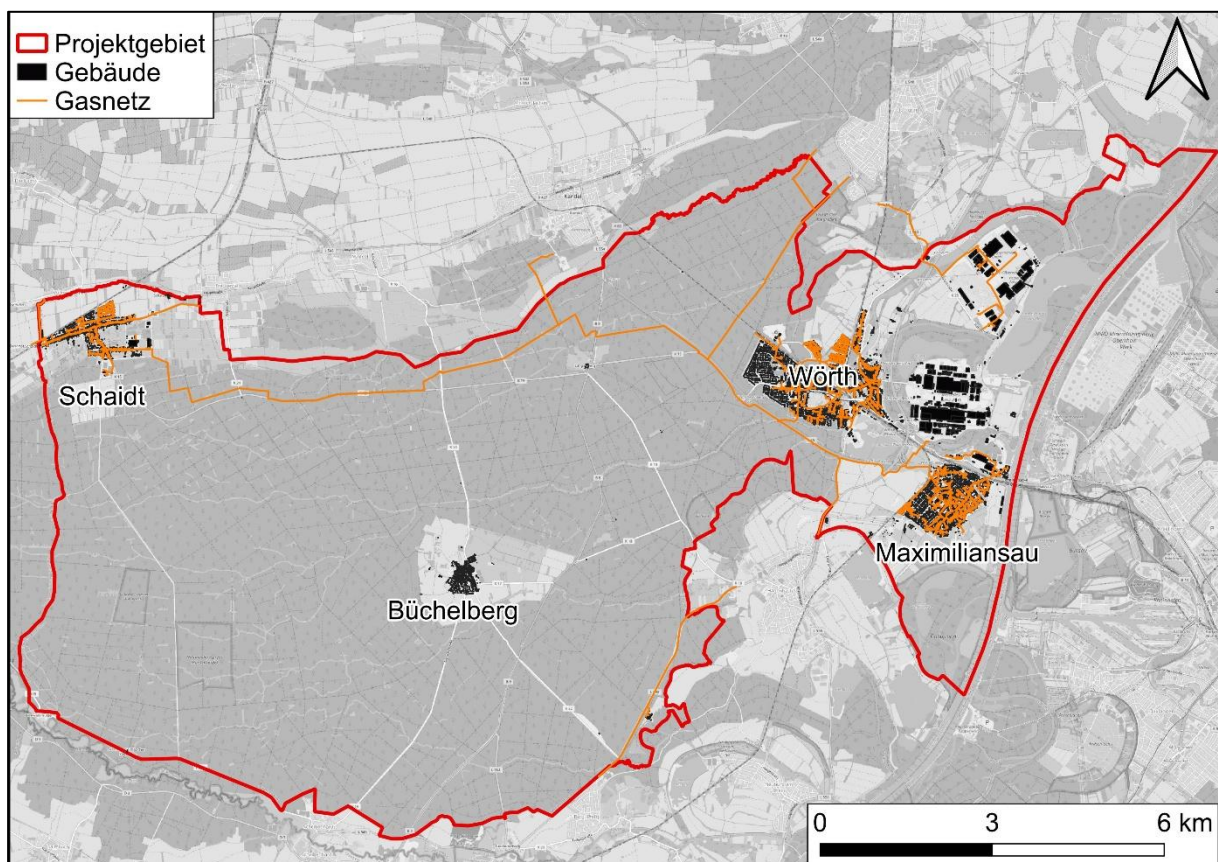


Abbildung 3-5: Übersicht des Erdgasnetzes der Stadt Wörth am Rhein.
 Datenquelle: Thüga Energienetze GmbH

3.1.3 Wärmenetze

In der Stadt Wörth am Rhein befindet sich ein Fernwärmenetz, das in Abbildung 3-6 visualisiert ist. Die nachfolgende Tabelle 3-2 fasst die Daten der Wärmeerzeuger zusammen. Insgesamt umfasst das Wärmenetz inklusive Hausanschlussleitungen 7.715 m einfache Leitungslänge. Der Gesamtwärmeverbrauch liegt bei etwa 14 GWh/a bei Betriebstemperaturen von 80 °C im Vorlauf und 60 °C im Rücklauf. Aktuell werden 81 Anschlussnehmer durch das Fernwärmenetz versorgt.

Tabelle 3-2: Anlagenpark der Wärmeerzeugung des Fernwärmenetzes in Wörth am Rhein

| Verortung | Anlage | Energieträger | Thermische Leistung in kW | Wirkungsgrad | Baujahr |
|-----------------|------------------------------|---------------|---------------------------|--------------|---------|
| Heizkraftwerk 1 | Viessmann Gaskessel 1 | Gas | 1.080 kW | 90% | 2013 |
| | Viessmann Gaskessel 2 | Gas | 1.180 kW | 90% | 2013 |
| | Viessmann Ölkes- sel | Öl | 1.050 kW | 85% | 2013 |
| Heizkraftwerk 2 | HHS-Kessel 1 | Biomasse | 1.200 kW | 85% | 2013 |
| | HHS-Kessel 2 | Biomasse | 900 kW | 90% | 2023 |
| | Gaskessel 1 | Gas | 720 kW | 80% | 2013 |
| | Gaskessel 2 | Gas | 2.100 kW | 90% | 2023 |
| | Gaskessel 3 (aus- gebaut) | Gas | 1.400 kW | 85% | 2013 |
| | BHKW | Gas | 100 kW | 96% | 2019 |

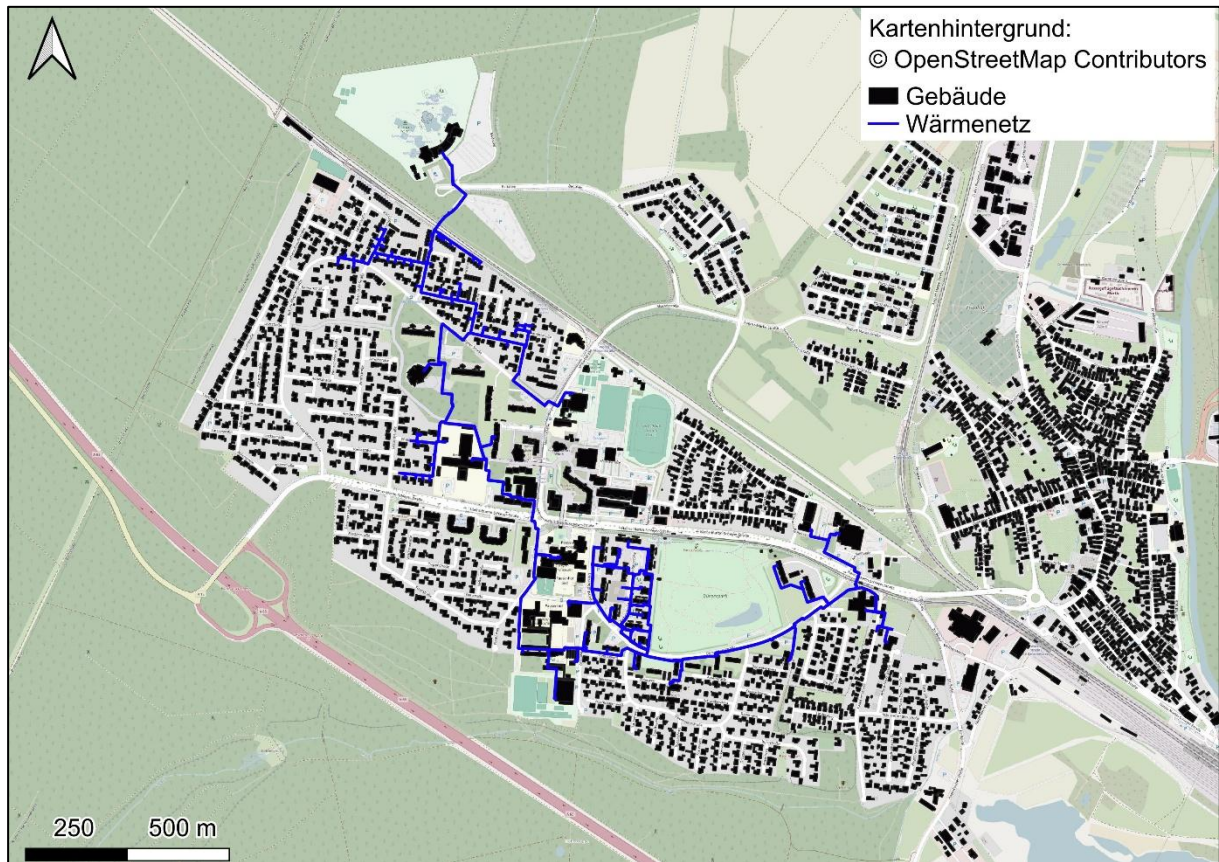


Abbildung 3-6: Übersicht des Fernwärmenetzes in der Stadt Wörth am Rhein

Die Erzeugungstatistik der jeweiligen Wärmeerzeuger im Fernwärmenetz wird in Tabelle 3-3 dargestellt. Aufgeführt sind historische Zahlen der letzten Jahre und der zukünftig geplante Anlageneinsatz, die Anteile verrechnet mit dem aktuellen Gesamtwärmeverbrauch ergeben die Wärmemengen je Anlage. Die geordnete Jahresdauerlinie des Wärmenetzes wird in Abbildung 3-7 dargestellt.

Tabelle 3-3: Statistik der Wärmeerzeuger des Fernwärmenetzes Wörth am Rhein

| Anlage | Anteil in % | Anteil in MWh | Zukünftiger Anteil in % | Zukünftiger Anteil in MWh |
|-------------------------|-------------|---------------|-------------------------|---------------------------|
| Viessmann Gaskessel 1 | 14 | 1.960 | 7 | 980 |
| Viessmann Gaskessel 2 | 18 | 2.520 | 11 | 1.540 |
| Viessmann Ölkessel | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HHS-Kessel 1 | 45 | 6.300 | 45 | 6.300 |
| HHS-Kessel 2 | 0 | 0 | 20 | 2.800 |
| Gaskessel 1 | 8 | 1.120 | 5 | 700 |
| Gaskessel 2 | 0 | 0 | 9 | 1.260 |
| Gaskessel 3 (ausgebaut) | 12 | 1.680 | 0 | 0 |
| BHKW | 3 | 420 | 3 | 420 |
| Summe | 100 | 14.000 | 100 | 14.000 |

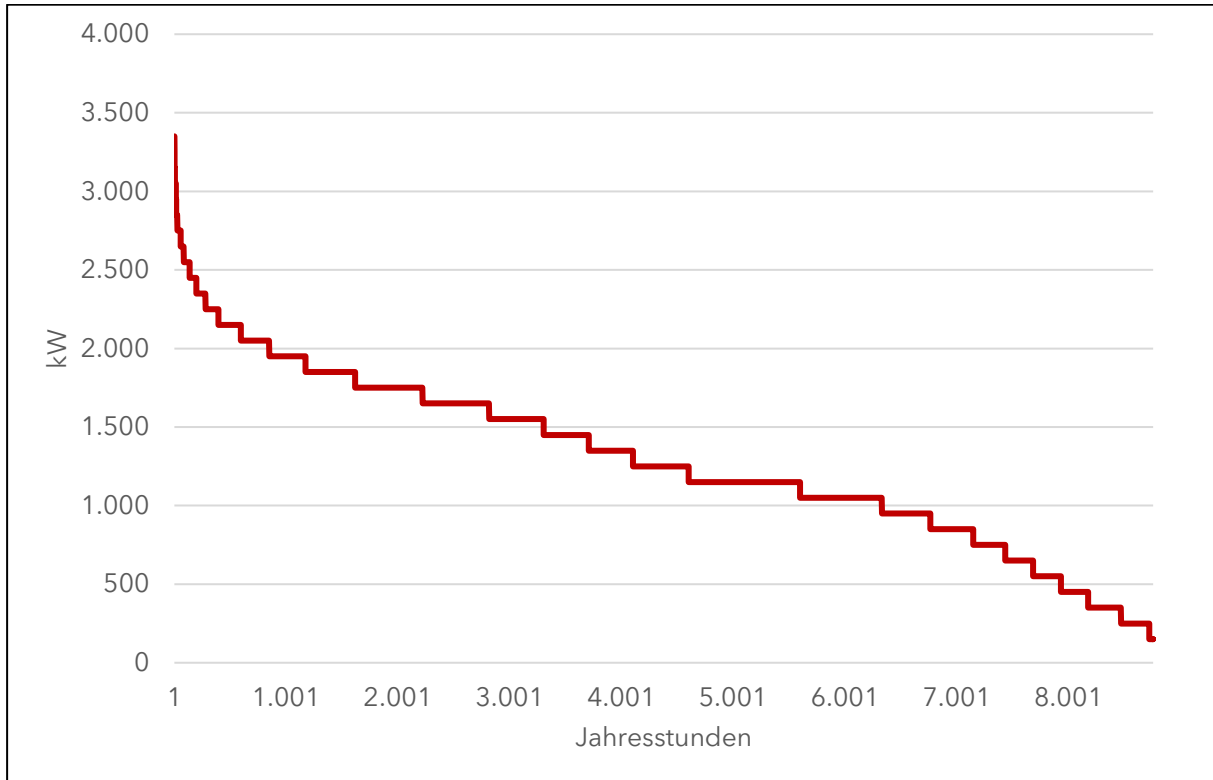


Abbildung 3-7: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmenetzes in Wörth am Rhein

3.1.4 Dezentrale Erzeugungsanlagen

Nachfolgend werden große und wichtige dezentrale Anlagen in der Stadt Wörth am Rhein kurz zusammengefasst. Es befinden sich keine Windenergie-, Wasserkraft- oder Tiefengeothermieanlagen in der Stadt.

3.1.4.1 Biomasse- und Biogasanlagen

Gemäß Kaminkehrerdaten sind die Biomasseheizungen in Wörth am Rhein für etwa 6 % der Heizleistung aller Verbrennerheizungen in der gesamten Stadt verantwortlich. In Summe wurden 7.505,9 kW Nennleistung erfasst. Im Wärmenetz der Stadt befinden sich zusätzlich zwei Hackschnitzelkessel von 900 kW und 1.200 kW Nennleistung.

3.1.4.2 BHKW-Anlagen

In der Stadt Wörth am Rhein befindet sich gemäß Marktstammdatenregister und Energieatlas Rheinland-Pfalz 15 Blockheizkraftwerke, die Erdgas als Brennstoff nutzen, sowie elf weitere auf Mineralölbasis. Diese BHKWs wurden zwischen 2007 und 2023 errichtet und verfügen über eine Nettonennleistung von 111,24 MW. Hierbei sticht Palm Power mit einer Leistung von über 90 MW heraus, das Heizwerk liefert allein 81,61 % der Heizleistung durch BHKW-Anlagen.

Tabelle 3-4: BHKW-Anlagen in der Stadt Wörth am Rhein. Quelle: Marktstammdatenregister

| Einheitsname | Inbetriebnahmedatum | Nettonennleistung [kW] | Energieträger | Name des Anlagenebetreibers |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------------------------|
| BHKW II CJD Maximiliansau | 07.08.2023 | 50 | Erdgas | Pfalzwerke Aktiengesellschaft |
| BHKW Wörth Maximiliansau | 22.07.2022 | 50 | Erdgas | Pfalzwerke Aktiengesellschaft |
| AGIATOR 2G/250kW | 28.07.2014 | 250 | Erdgas | Webasto Mechatronics |
| BHKW-Werk Wörth | 23.03.2022 | 5,5 | Erdgas | Südpfalzwerkstatt gGmbH |
| Brennstoffzelle | 01.07.2021 | 0,75 | Erdgas | (natürliche Person) |
| Dachs Pro G/F20.0 | 13.01.2021 | 20 | Erdgas | Stadtverwaltung Wörth am Rhein |
| Dachs G5.5 | 21.06.2012 | 5,5 | Erdgas | (natürliche Person) |
| BHKW-Heizwerk Wörth 2 Badallee | 14.01.2020 | 50 | Erdgas | Pfalzwerke Aktiengesellschaft |
| 129870 Modul 1 | 20.02.2013 | 4.440 | Erdgas | Daimler Truck AG |
| 129870 Modul 2 | 20.02.2013 | 4.440 | Erdgas | Daimler Truck AG |
| 129870 Modul 3 | 20.02.2013 | 4.440 | Erdgas | Daimler Truck AG |
| BHKW76744 | 17.04.2009 | 9,1 | Erdgas | (natürliche Person) |
| BHKW-Heizwerk Wörth 1 Kastanienstr. | 17.07.2014 | 50 | Erdgas | Pfalzwerke Aktiengesellschaft |

| | | | | |
|--------------------------------|------------|--------|-----------|---|
| HKW Wörth | 30.11.2007 | 90.784 | Erdgas | Palm Power GmbH & Co. KG |
| BHKW | 10.04.2014 | 180 | Erdgas | MEG Wörth am Rhein |
| Rollenprüfstand 1, Gebäude 20c | 01.04.2009 | 780 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Motorprüfstand 1, Gebäude 28 | 01.01.2006 | 360 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 1, Gebäude 28 | 01.01.2006 | 770 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 1, Gebäude 7a | 22.11.2005 | 210 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 2, Gebäude 7a | 18.09.2002 | 210 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 3, Gebäude 7a | 17.01.2001 | 210 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 4, Gebäude 7a | 18.07.2001 | 210 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 5, Gebäude 7a | 01.10.2013 | 780 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 6, Gebäude 73 | 01.01.2008 | 780 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Rollenprüfstand 1, Gebäude 38 | 18.09.2019 | 1.360 | Mineralöl | Daimler Truck AG |
| Wörth | 01.10.2009 | 800 | Mineralöl | Netto Marken-Discount Stiftung & Co. KG |

3.1.4.3 PV-Anlagen

Laut Marktstammdatenregister befinden sich derzeit (Stand: 25.07.2025) 1.031 PV-Stromerzeuger in der Stadt. Diese umfassen eine Nettonennleistung von 18.997 kW_p. Bei jährlich angenommenen 1.000 Volllaststunden² – gemittelt über den Volllaststundenkorridor für PV – entspricht dies einer Stromproduktion durch PV-Dachanlagen von etwa 19.000 MWh/a. Abbildung 3-8 demonstriert die jährlichen Neuinstallationen von PV-Anlagen im Stadtgebiet. Abbildung 3-9 stellt den akkumulierten Hochlauf der Nettonennleistung seit 2000 dar.

² *Spotlight Erneuerbare Energieerzeugung – Kennzahlen zu Ausbau, Erzeugung und Förderung der EE.* Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Juli 2025)

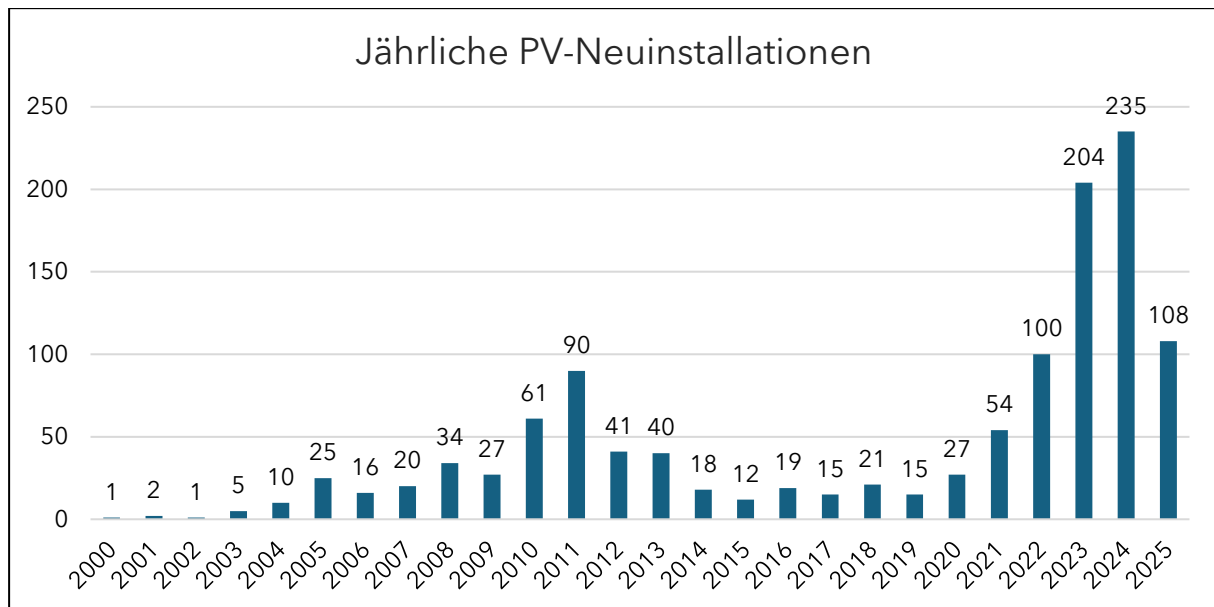


Abbildung 3-8: Jährliche PV-Neuinstallationen seit 2000. Quelle: Marktstammdatenregister

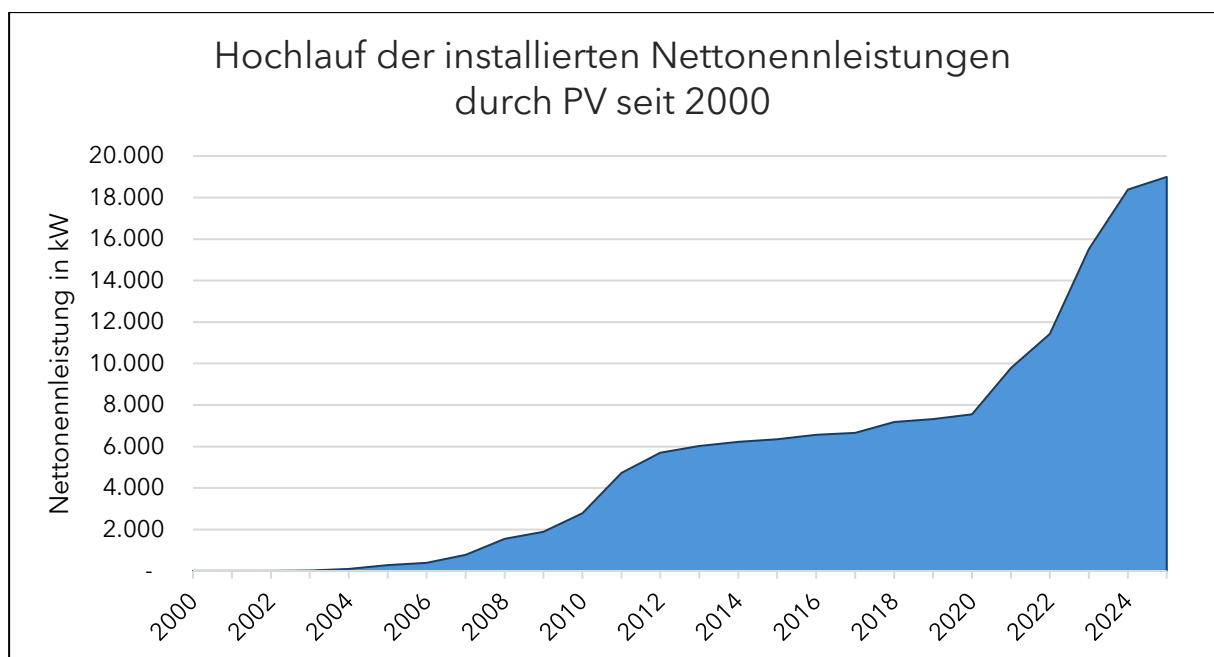


Abbildung 3-9: Akkumulierte Nettonennleistungen von aktiven PV-Anlagen seit 2000. Quelle: Marktstammdatenregister

Nach dem Marktstammdatenregister ist derzeit ein großes Solarprojekt in Planung. Die Einheit „Hollywood Wörth am Rhein“ wurde bereits August 2024 registriert und wird vom Unternehmen Greeno Solarprojekt 86 GmbH mit einer Nettonennleistung von 1.856 kW betrieben.

Oft verfügen PV-Anlagenbetreiber über Speichervorrichtungen. Insgesamt sind dem Marktstammdatenregister zufolge 356 Speichermöglichkeiten in Betrieb, weitere sechs sind in Planung. Die Speicher haben in Summe eine speicherbare Nettonennleistung von etwa 2.085 kWp.

3.1.4.4 Solarthermische Anlagen

Daten zu solarthermischen Anlagen wurden vom Portal Solaratlas zur Verfügung gestellt. Der Ausbau von solarthermischen Anlagen in der Stadt steigt gemäß Abbildung 3-10 weiter an, wobei im Jahr 2006 und 2008 überdurchschnittlich viele Neufächen installiert wurden. Bis Januar 2022 wurden solarthermische Anlagen mit einer Gesamtfläche von knapp 3.300 m² in der Stadt in Betrieb genommen. Bei einer Ertragsschätzung von 400 kWh/m²a werden dadurch etwa 1.320 MWh/a an solarer Wärme in der Stadt erzeugt. Im Jahr 2022 wurde somit ca. 0,7 % des nichtindustriellen Wärmebedarfs durch solarthermische Anlagen erzeugt.

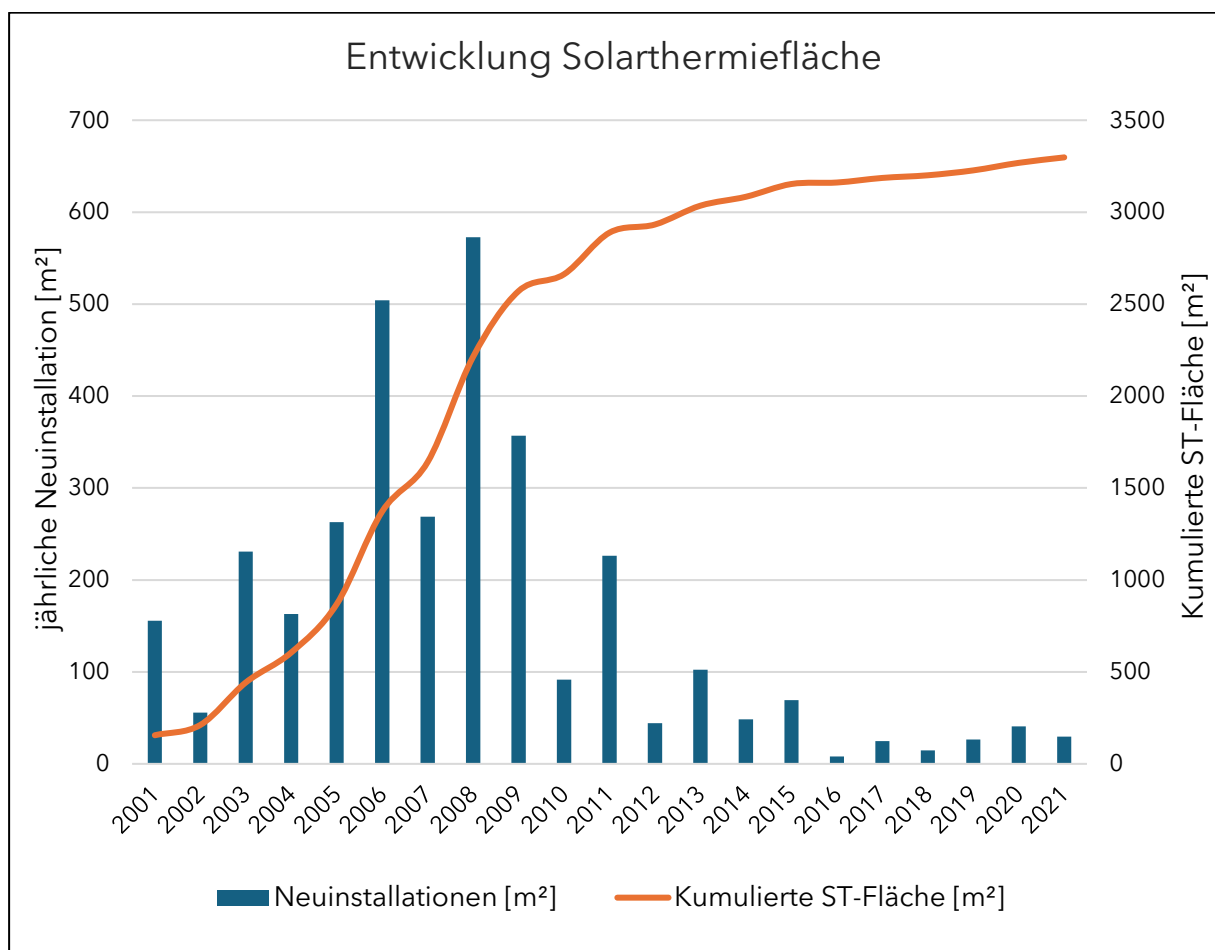


Abbildung 3-10: Hochlauf der Solarthermie-Kollektorfläche seit 2001.
 Datenquelle: solaratlas.de

3.1.4.5 Wärmepumpen

In der Stadt Wörth am Rhein befanden sich im Jahr 2020 laut Energieatlas Rheinland-Pfalz lediglich 48 Wärmepumpen, davon 27 Luft-Wasser Wärmepumpen, 19 Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden oder Erdkollektoren) und 2 Wasser-Wasser Wärmepumpen (s. Abbildung 3-11). Die Vermutung liegt nahe, dass die Anzahl der Wärmepumpen in der Stadt höher ausfällt als im Energieatlas

angegeben. Eine Anfrage beim Stromnetzbetreiber Pfalzwerke Netz AG über Sondertarife ergab, dass im Stadtgebiet im Kalenderjahr 2023 187 Wärmepumpentarife bestanden, die im selben Jahr 796.422 kWh an Strom verbrauchten. Bei einem angenommenen COP von 3 entspricht dies 2.389.266 kWh Wärme. Zudem bestehen im selben Jahr 237 Wärmespeicherheizungen, die 1.587.385 kWh an Strom verbrauchten und dieselbe Menge an Wärme lieferten. Da nicht jede Wärmepumpe mit einem Wärmepumpentarif betrieben wird und nicht jede Direktstromheizung eine Speicherheizung mit entsprechendem Tarif ist, kann die tatsächliche Menge höher ausfallen.

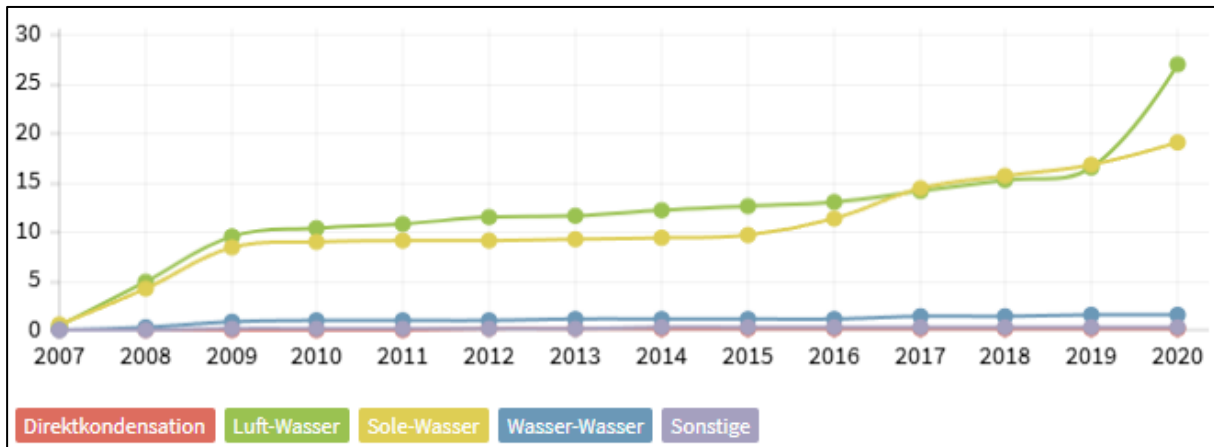


Abbildung 3-11: Anzahl installierter Wärmepumpen nach Technologie.
 Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz

3.2 Wärmeverbrauch

3.2.1 Gebäudescharfes Wärmekataster

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

Tabelle 3-5: Baualtersklassen des privaten Sektors mit zugehörigem Wärmebedarf

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

Tabelle 3-5 beschreibt die Verbräuche nach Baualtersklasse der privaten Wohngebäude. Zu diversen kommunalen Liegenschaften konnten gebäudescharfe Verbrauchsdaten geliefert werden, diese wurden als Realdaten ins Wärmekataster integriert.

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

Tabelle 3-6: Kalkulation der Stockwerksanzahl

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

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

Das Wärmekataster wurde mit einigen Realdaten der Stadt ergänzt und intensiv mit der Stadt abgestimmt. Zusätzlich wurden Realdaten der größeren Industriefirmen abgefragt. Die gemeldeten (Gas)Verbrauchsdaten stimmen teilweise nicht mit den Werten der Thüga Energienetze GmbH überein. Für die Wärmebedarfsermittlung und THG-Bilanz werden jedoch die angegebenen Werte der Industriefirmen genutzt.

Insgesamt werden gemäß dem Wärmekataster in der Stadt Wörth am Rhein jährlich ca. **179.792 MWh Wärme** pro Jahr durch die Sektoren Wohnbau, GHD und Kommunale Gebäude verbraucht. Die Industrie in Wörth am Rhein verbraucht jährlich ca. **1.084.144 MWh** für Heiz- und Prozesswärme. In Summe hat die Stadt Wörth am Rhein somit einen Wärmebedarf von 1.263.936 MWh/a.

Bei 18.572 Einwohner ergibt dies einen Wärmebedarf (exkl. Industrie) von 9.681 kWh pro Einwohner. Die privaten Haushalte haben gemäß dem Wärmekataster einen Wärmebedarf von 127.048 MWh/a, wodurch sich ein Wärmebedarf von 6.481 kWh/a pro Einwohner ergibt.

Die Berechnungsmethode des Wärmekatasters vom KWW zeigt jedoch auch deutliche Nachteile. Die Bedarfswerte für Wohnbau haben sich in verschiedenen anderen Projekten als gut erwiesen. Die Bedarfswerte für den Sektor GHD liegen jedoch in den Einschätzungen des KWW allgemein recht hoch. Es wurde versucht, dies teilweise durch Anpassungen am Wärmekataster zu beheben, die jedoch aus Luftbildern nur bedingt eingeschätzt werden konnten. Zudem basieren die Bedarfswerte auf „normalen“ Jahren. Somit ergibt sich eine Diskrepanz zwischen den Gasverbrauchsdaten der letzten zwei warmen Jahre und den Daten des Wärmekatasters. Nicht zuletzt können leerstehende oder nicht beheizte Gebäude nur teilweise berücksichtigt werden. Es ist somit zu erwarten, dass der reale aktuelle Wärmebedarf der Stadt Wörth am Rhein unterhalb des aktuell ermittelten Bedarfes liegt. Das Ausmaß dieser Abweichung lässt sich derzeit nicht verlässlich einschätzen.

3.2.2 Energiebilanz Wärme in Betrachtungsgebiet

Heizungsarten

Für alle Ortsbezirke konnten Kaminkehrdaten bezogen werden. In den nachfolgenden Diagrammen werden die unterschiedlichen Heizungsarten je Bezirk gemäß Kaminkehrerdaten aufgeteilt und dargestellt.

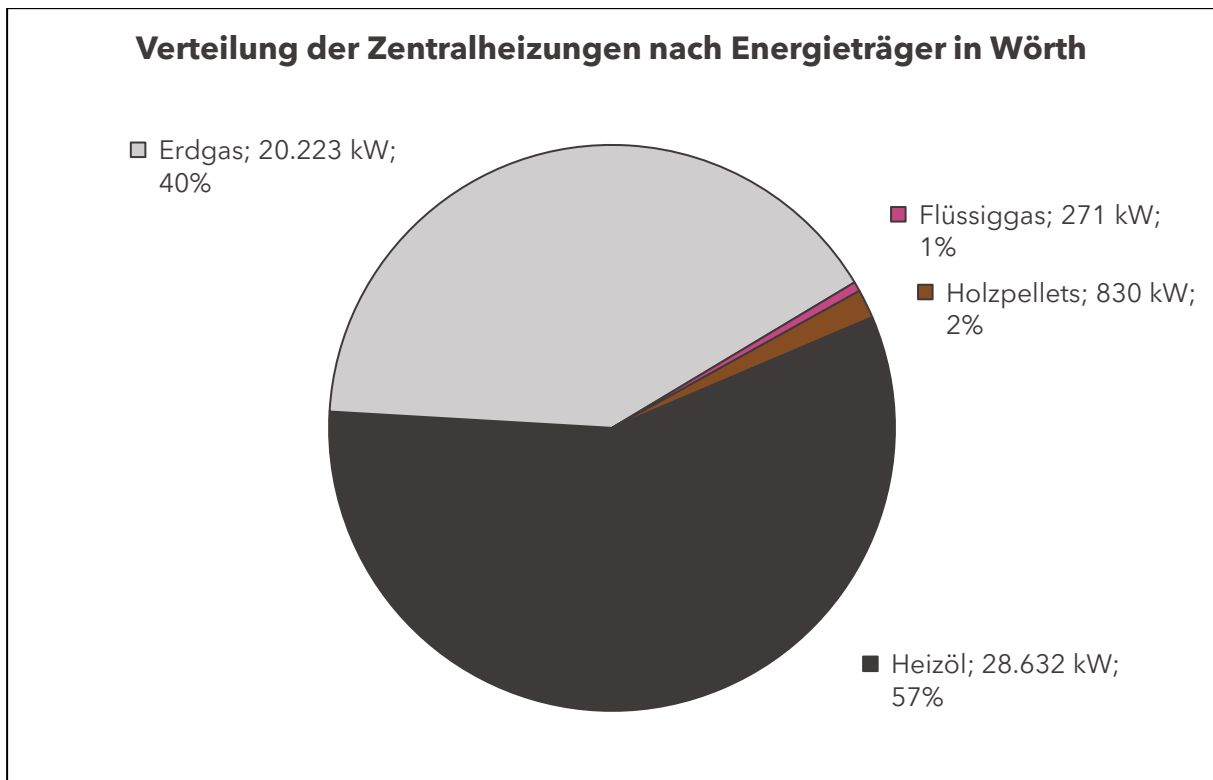


Abbildung 3-12: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Wörth

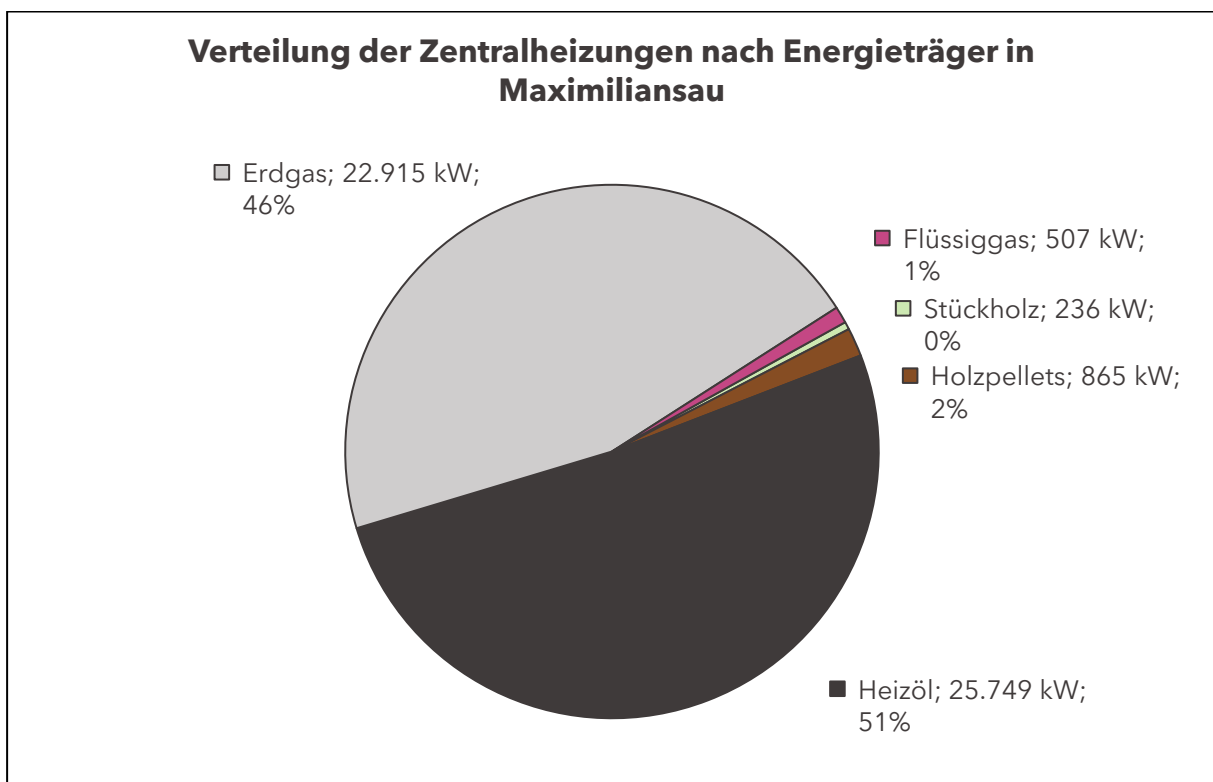


Abbildung 3-13: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Maximiliansau

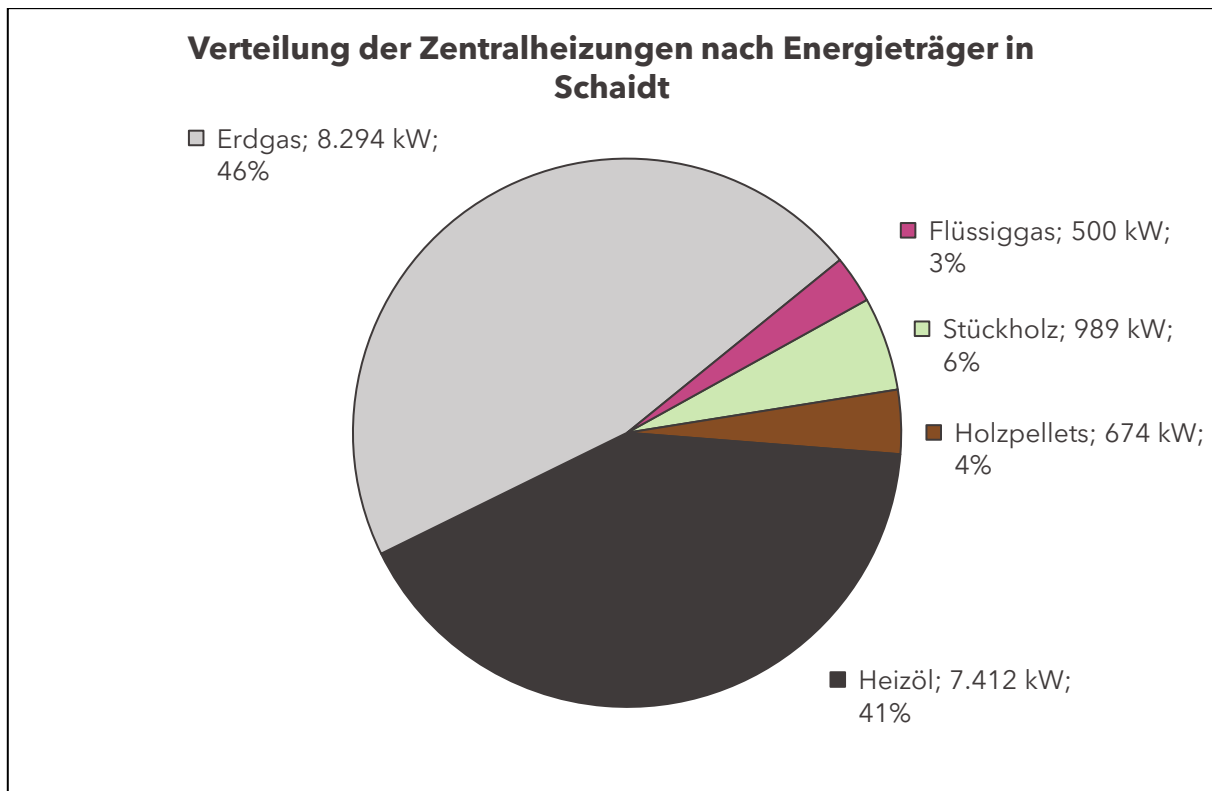


Abbildung 3-14: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Schaidt

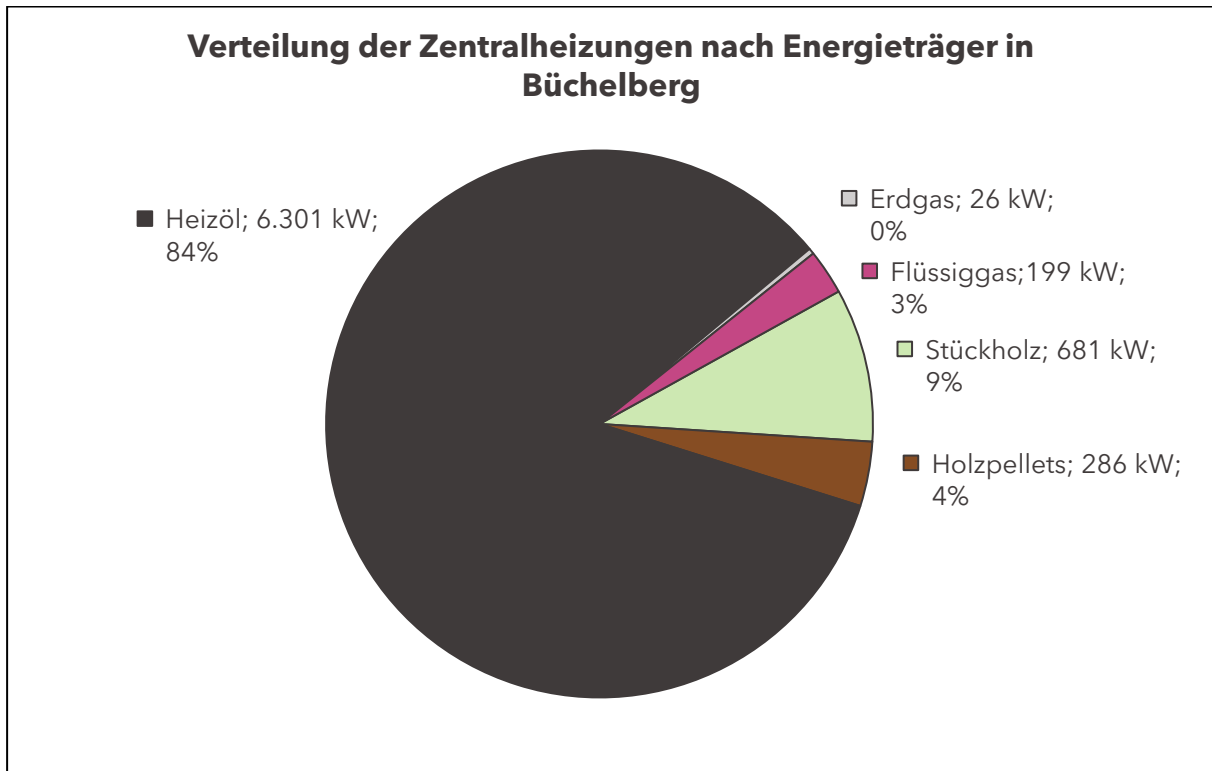


Abbildung 3-15: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Büchelberg

Die obenstehenden Diagramme der Kaminkehrerdaten sind nicht sehr repräsentativ für die tatsächliche Verteilung der Heizungsarten, da Fernwärmeanschlüsse sowie die Daten von Wärmepumpen und Solarthermieanlagen nicht durch die Kaminkehrer erhoben werden. Die vorhandenen Fernwärmeanschlüsse in Wörth am Rhein sowie die Wärmepumpen sorgen jedoch für eine Verschiebung der Prozentwerte in der gesamten Stadt. Die Solarthermieanlagen werden hier nicht mit berücksichtigt, da diese generell nur zur Unterstützung der Heizung dienen.

Private Haushalte

In der Stadt befinden sich dem Statistischen Landesamt³ zufolge 4.482 Wohngebäude, wovon 89 % aus Ein- und Zweifamilienhäusern bestehen. Die privaten Haushalte haben gemäß dem Wärmekataster einen Wärmebedarf von 127.048 MWh/a, wodurch sich ein Wärmebedarf von 6.481 kWh/a pro Einwohner ergibt. Der Sektor private Haushalte ist für ca. 10 % des Gesamtwärmeverbrauchs der Stadt Wörth am Rhein verantwortlich.

Öffentliche Gebäude

Die Daten des kommunalen Wärmebedarfs wurden, soweit bekannt, von der Stadtverwaltung bereitgestellt (Tabelle 3-7). Gemäß ALKIS-Daten sind weitere öffentliche Gebäude in der Stadt vorhanden. Maßnahmen hinsichtlich der Dämmung und Effizienzsteigerung sollten in allen Liegenschaften ergriffen werden, insbesondere in den städtischen Schulen und in den Sporthallen, die ein Großteil des Gesamtverbrauchs beinhalten. Viele der kommunalen Gebäude werden noch mit fossilen Energieträgern beheizt. In Teilen ist die Umstellung auf das Fernwärmenetz geplant.

Das Wärmekataster ergibt einen Gesamtwärmeverbrauch aller kommunalen Gebäude von 18.426 MWh/a. Der Sektor kommunale Liegenschaften ist mit 1,46 % die kleinste Wärmeverbrauchsgruppe.

³ KOMMUNALDATENPROFIL Landkreis Germersheim. 22.05.2023, Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Tabelle 3-7: Wärmebedarf und -träger einzelner kommunalen Liegenschaften

| Gebäude | Ort | Wärmeträger | Wärmeverbrauch (MWh/a) | Anteil |
|----------------------------------|---------------|-------------|------------------------|-------------|
| Rathaus Wörth | Wörth | Gas/Heizöl | 355.175 | 9,56 |
| Whg DG | Wörth | Gas | 14.438 | 0,39 |
| Whg OG links | Wörth | Gas | 12.409 | 0,33 |
| Whg OG rechts | Wörth | Gas | 7.405 | 0,20 |
| Feuerwehrhaus | Maximiliansau | Gas | 100.892 | 2,72 |
| Feuerwehrhaus | Schaidt | Gas | 49.909 | 1,34 |
| Bürgerhaus | Maximiliansau | Gas/Heizöl | 23.169 | 0,62 |
| Tullaschule | Maximiliansau | Gas/Heizöl | 304.615 | 8,20 |
| Grundschule | Schaidt | Gas | 179.798 | 4,84 |
| Dammschule u. Turnhalle Wörth | Wörth | Gas | k.A. | 0,00 |
| Dammschule Wörth | Wörth | Gas | 371.174 | 9,99 |
| Dammschule Wörth Gasthermen | Wörth | Gas | 313.911 | 8,45 |
| Grundschule Dorschberg | Wörth | Gas | k.A. | 0,00 |
| Altes Rathaus | Wörth | Gas | 61.467 | 1,65 |
| Haus d. Künstler | Wörth | Gas | 45.791 | 1,23 |
| Haus d. Künstler | Wörth | Gas | 6.546 | 0,18 |
| Bücherei | Wörth | Gas/Heizöl | 88.794 | 2,39 |
| Bürgerhaus | Maximiliansau | Gas/Heizöl | 21.814 | 0,59 |
| Lupperthaus | Wörth | Gas | 34.679 | 0,93 |
| Laurentiushof | Büchelberg | Flüssiqgas | 5.431 | 0,15 |
| DRK-Heim | Maximiliansau | Rheinhalle | 75.976 | 2,04 |
| DRK-Heim | Schaidt | Gas | 46.202 | 1,24 |
| Kindergarten | Schaidt | Gas | 111.268 | 2,99 |
| Jugendtreff | Maximiliansau | Gas | 40.323 | 1,09 |
| Rheinhalle | Maximiliansau | Gas/Heizöl | 414.304 | 11,15 |
| Sporthalle | Schaidt | Gas | 285.947 | 7,70 |
| Wohnhaus | Wörth | Gas | 28.114 | 0,76 |
| neue Kulturhalle | Schaidt | Gas | 48.352 | 1,30 |
| Bayerischer Hof Gaststätte Wörth | Wörth | Gas | 121.061 | 3,26 |
| Bienwaldhalle-Küche | Wörth | Gas | 132 | 0,00 |
| Tullahalle | Maximiliansau | Gas/Heizöl | 249.231 | 6,71 |
| Tullahalle | Maximiliansau | Gas | 24.544 | 0,66 |
| Bürgerhaus | Schaidt | Gas | 72.797 | 1,96 |
| Alte Schule | Maximiliansau | Gas | 118.496 | 3,19 |
| Bürgerhaus | Maximiliansau | Rheinhalle | 81.213 | 2,19 |
| Summe | | | 3.715.377 | 100% |

Wirtschaft

In der Stadt Wörth am Rhein kann unterschieden werden zwischen den Sektoren GHD und Industrie. Der Sektor GHD verbraucht gemäß Wärmekataster jährlich ca. 30.758 MWh Wärme und ist mit 2,43 % eine kleine Wärmeverbrauchsgruppe. Die Industrie in Wörth am Rhein verbraucht gemäß Datenabfragen jährlich 1.087.764 MWh Wärme und ist mit 86,06 % die größte Wärmeverbrauchsgruppe.

Die Verteilung der Wärmeverbräuche nach Sektor wird in Abbildung 3-16 dargestellt.

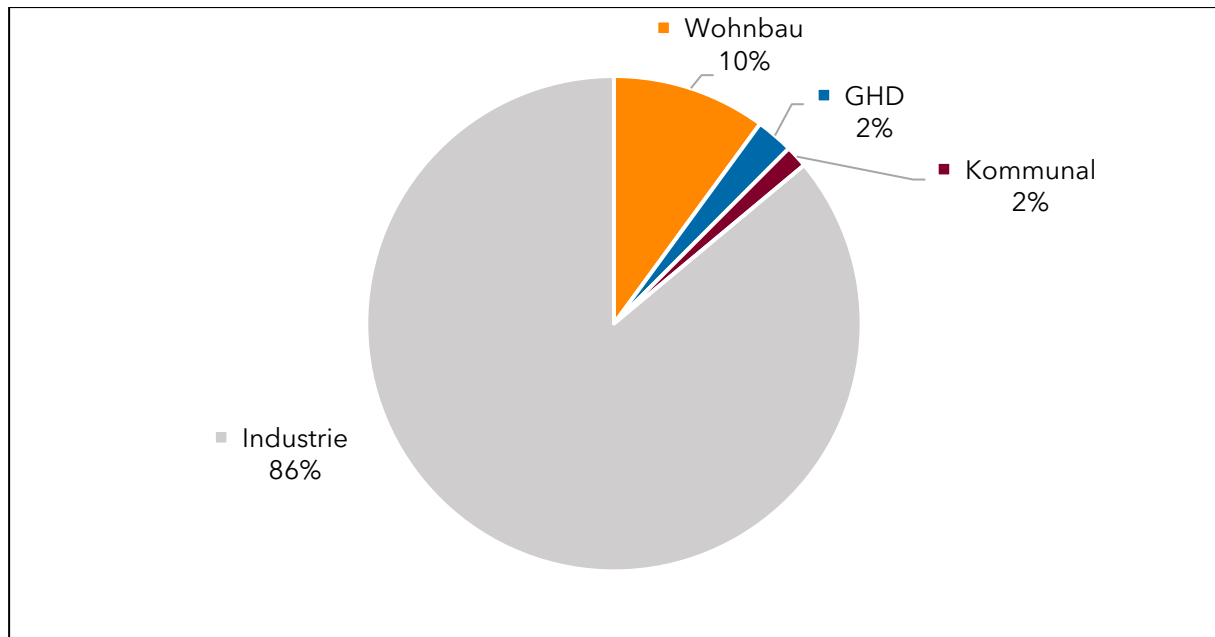


Abbildung 3-16: Wärmeverbrauch je Sektor in der Stadt Wörth am Rhein

3.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

Auf Basis der Energieträgerverteilung und des Wärmekatasters wurde die THG-Bilanz für den Wärmeverbrauch der Stadt Wörth am Rhein erstellt. Hierfür wurde der Gesamtwärmebedarf je Gebietseinteilung für jedes Zielszenario nach Energieträgerverteilung gemäß Kaminkehrerdaten, Zensusdaten und Realdaten aufgeteilt und jeweils mit dem entsprechenden CO₂-Faktor nach dem Technikatalog Wärmeplanung oder nach Angaben der Industrie verrechnet. Aufgrund des dominanten Industrieanteils an Wärmebedarf wurde die Bilanz zusätzlich unter Ausschluss dieses Anteils erstellt, um für die Bereiche Wohnbau, GHD und öffentliche Gebäude ein repräsentativeres Bild zu erhalten.

Der nichtindustrielle Anteil der Stadt emittiert nach dieser Berechnung 41.325 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr für die Wärmegenerierung. Dies entspricht 2,23 Tonnen pro Einwohner und Jahr. Inklusive Industrie steigen die THG-Emissionen auf 251.085 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr oder 13,52 Tonnen pro Person und Jahr.

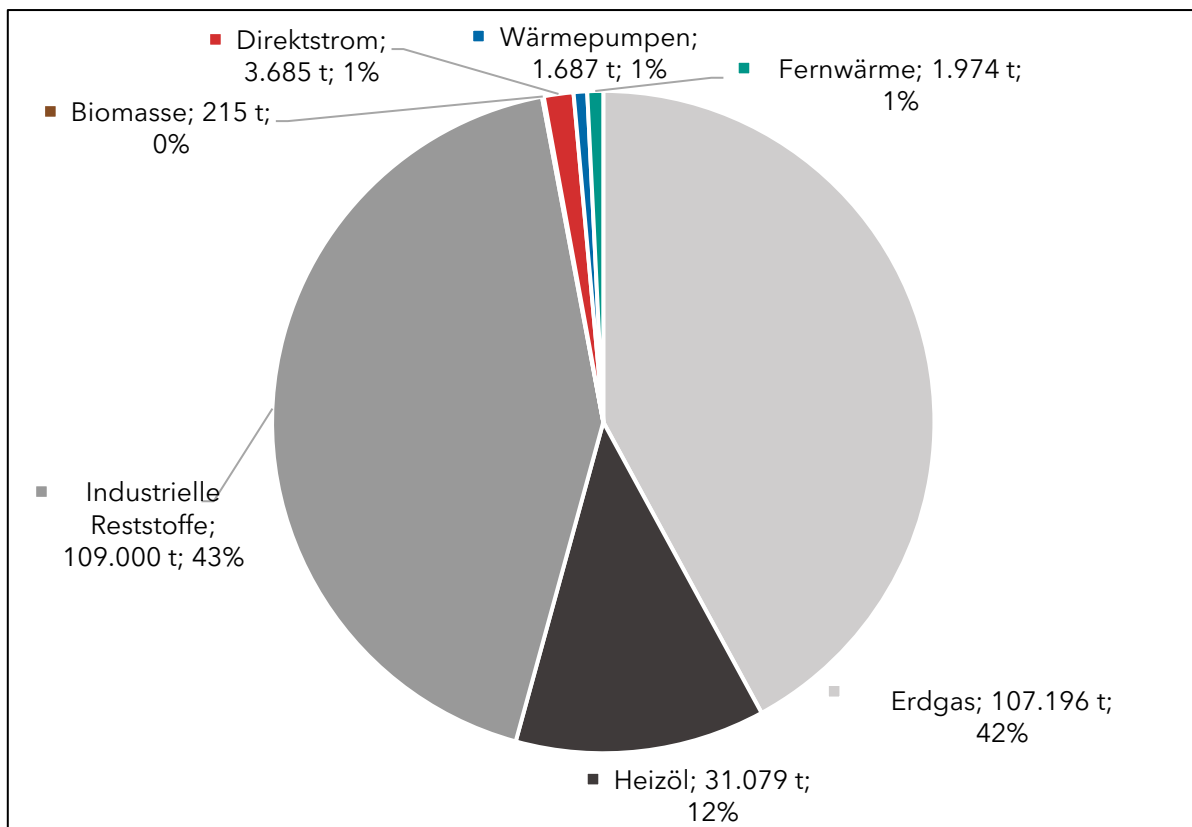


Abbildung 3-17: Verteilung der THG-Emissionen in der Stadt Wörth am Rhein

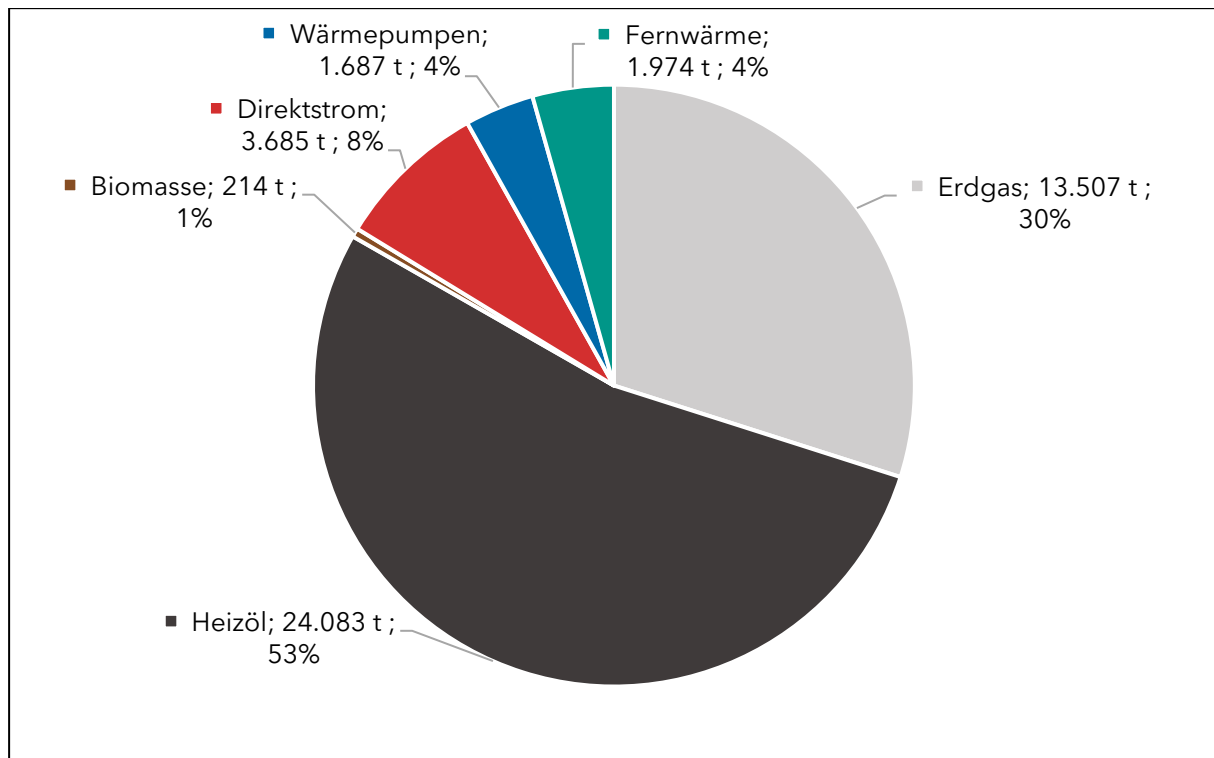


Abbildung 3-18: Verteilung der THG-Emissionen der Stadt Wörth am Rhein ohne Industrie

Wie in den obigen Abbildungen ersichtlich, machen im nichtindustriellen Bereich die fossilen Energieträger Öl (53 %) und Gas (30 %) mit insgesamt 83 % den absoluten Großteil der Emissionen aus. Wird die Industrie mitgezählt, wird Wärme aus deren Reststoffen mit 43 % zur größten einzelnen THG-Quelle und verursacht zusammen mit Öl und Gas 97 % aller Emissionen. Tabelle 3-8 zeigt letztere Werte im Detail.

Tabelle 3-8: CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein, CO₂-Faktoren gemäß Technikkatalog Wärmeplanung & Daten Industrie

| Energieträger | Anteil | Menge in MWh | fCO ₂ | CO ₂ -Ausstoß (t) |
|-------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------------------|
| Erdgas | 40% | 502.415 | 0,21 | 107.196 |
| Heizöl | 8% | 100.255 | 0,31 | 31.079 |
| Industrielle Reststoffe | 49% | 619.012 | 0,18 | 109.000 |
| Biomasse | 1% | 10.726 | 0,02 | 215 |
| Direktstrom | 1% | 7.385 | 0,50 | 3.685 |
| Wärmepumpen | 1% | 10.144 | 0,17 | 1.687 |
| Fernwärme | 1% | 14.000 | 0,14 | 1.974 |
| Summe | 100 % | 1.263.936 | | 254.835 |

4 Potenzialanalyse Energieeinsparung

Der Wärmeverbrauch wird an erster Stelle in hohem Maße durch das Verhalten der Nutzer beeinflusst, etwa durch Anforderungen an die Raumtemperatur und das Lüftungsverhalten. Laut einer Studie des Kopernikus-Projekts Ariadne können durch Änderungen im Nutzerverhalten kurz- bis mittelfristig Einsparungen von 5 bis 6 % beim Wärmeverbrauch erzielt werden.⁴ Nach 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 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.

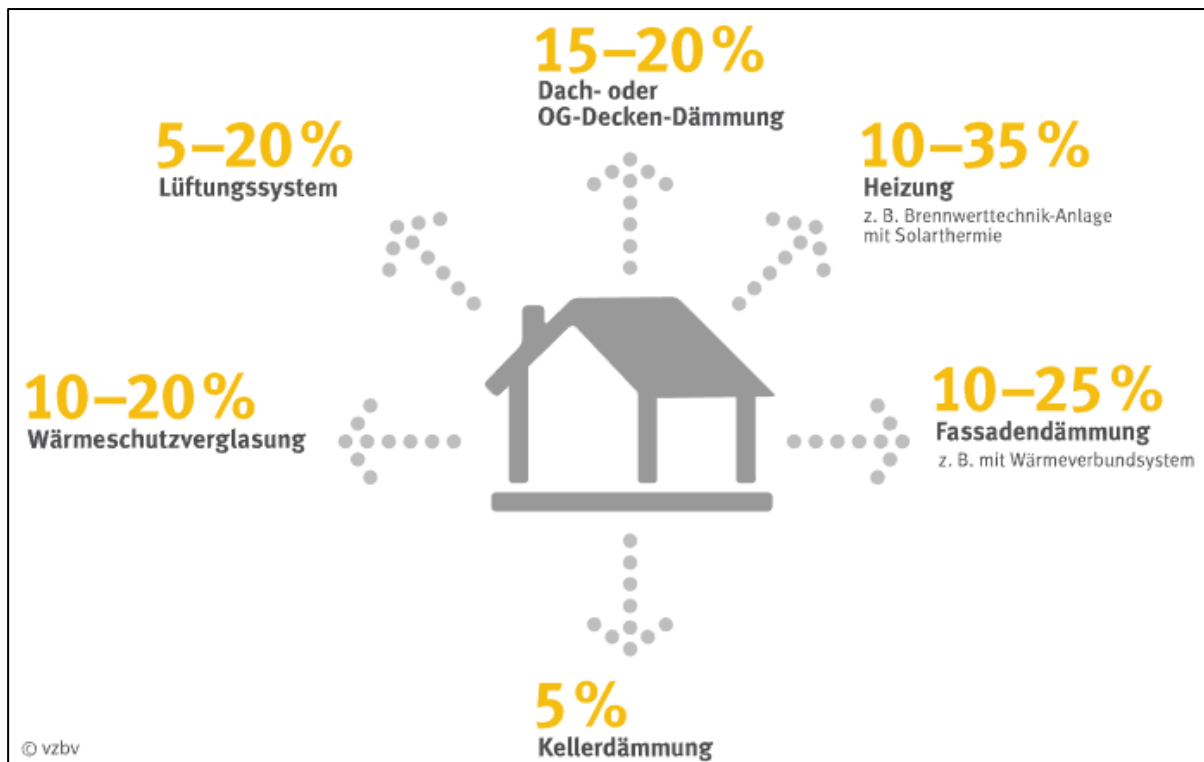


Abbildung 4-1: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.

Für den Heizenergiebedarf eines Gebäudes ist die Qualität der Gebäudehülle ausschlaggebend. Abbildung 4-1 veranschaulicht die ungefähren Verluste durch die einzelnen Bauteile. Es können verschiedene Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden, um die Effizienz eines Hauses zu steigern. Hierzu zählen: Fassadendämmung, Dachdämmung, Dämmung der Geschosdecke und

⁴ Analyse: Maßnahmen für energiesparendes Verhalten im Wohnsektor. 05.12.2022, Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

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. Ergänzend fördert die Stadt Wörth am Rhein seit einigen Jahren natürliche Dämmung in Form von Dach- und Fassadenbegrünung. Durch Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahmen können die Wärmebedarfe erheblich reduziert werden. Für die Berechnung des Sanierungspotenzials wurden folgende Daten benutzt:

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

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

4.1 Private Haushalte

Im Sektor der privaten Haushalte steckt sehr hohes Sanierungspotenzial. Private Haushalte benötigen keine Prozesswärme, die beispielsweise eine spezifische Vorlauftemperatur voraussetzt. Das Nutzerverhalten ist ein schwer zu beeinflussender, aber wichtiger Faktor für die Wärmebedarfsreduzierung in diesem Sektor. Die Optimierung des Nutzungsverhaltens sowie die Veranlassung von Gebäudesanierungen sind von höchster Relevanz. Durch die Umsetzung eines Teils der beschriebenen Sanierungsmaßnahmen sowie durch ein besseres Nutzungsverhalten kann eine große Menge an Heizenergie eingespart werden.

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

Tabelle 4-1: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Baujahr | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Unbekannt | 14.327 | 13.428 | 12.585 | 11.795 | 11.055 |
| bis 1918 | 432 | 406 | 381 | 358 | 336 |
| 1919 - 1948 | 824 | 744 | 672 | 607 | 548 |
| 1949 - 1978 | 64.401 | 60.349 | 56.552 | 52.994 | 49.659 |
| 1979 - 1994 | 32.903 | 29.902 | 27.175 | 24.697 | 22.444 |
| 1995 - 2011 | 12.097 | 11.860 | 11.628 | 11.400 | 11.177 |
| 2012 - 2020 | 1.376 | 1.376 | 1.376 | 1.376 | 1.376 |
| 2021 - 2025 | 688 | 688 | 688 | 688 | 688 |
| Summe | 127.048 | 118.753 | 111.056 | 103.914 | 97.283 |
| % | 100% | 93% | 87% | 82% | 77% |

Tabelle 4-2: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Baujahr | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Unbekannt | 14.327 | 13.091 | 11.961 | 10.929 | 9.986 |
| bis 1918 | 432 | 391 | 354 | 321 | 290 |
| 1919 - 1948 | 824 | 733 | 652 | 580 | 516 |
| 1949 - 1978 | 64.401 | 58.433 | 53.018 | 48.104 | 43.646 |
| 1979 - 1994 | 32.903 | 29.917 | 27.202 | 24.734 | 22.489 |
| 1995 - 2011 | 12.097 | 11.139 | 10.257 | 9.444 | 8.696 |
| 2012 - 2020 | 1.376 | 1.376 | 1.376 | 1.376 | 1.376 |
| 2021 - 2025 | 688 | 688 | 688 | 688 | 688 |
| Summe | 127.048 | 115.767 | 105.507 | 96.176 | 87.688 |
| % | 100% | 91% | 83% | 76% | 69% |

4.2 Öffentliche Gebäude

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

Tabelle 4-3: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Baujahr | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Unbekannt | 10.150 | 9.849 | 9.557 | 9.273 | 8.999 |
| bis 1978 | 6.087 | 5.877 | 5.674 | 5.479 | 5.289 |
| 1979 - 2009 | 1.964 | 1.906 | 1.849 | 1.795 | 1.741 |
| 2010 - 2025 | - | - | - | - | - |
| Summe | 18.201 | 17.632 | 17.081 | 16.547 | 16.030 |
| % | 100% | 97% | 94% | 91% | 88% |

Tabelle 4-4: Hohes Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Baujahr | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Unbekannt | 10.150 | 9.438 | 8.777 | 8.161 | 7.589 |
| bis 1978 | 6.087 | 5.673 | 5.287 | 4.927 | 4.592 |
| 1979 - 2009 | 1.964 | 1.812 | 1.672 | 1.542 | 1.423 |
| 2010 - 2025 | - | - | - | - | - |
| Summe | 18.201 | 16.923 | 15.735 | 14.631 | 13.604 |
| % | 100% | 93% | 86% | 80% | 75% |

Nur wenige der Heizungsanlagen in den öffentlichen Gebäuden wurden auf erneuerbare Energien umgestellt. Einige sind jedoch bereits an das Fernwärmenetz angeschlossen, die in naher Zukunft auf erneuerbaren Energien umstellen müssen. Auch bei den öffentlichen Gebäuden liegt das technische Potenzial deutlich höher.

4.3 Wirtschaft

Die Wirtschaftsbranche ist sehr vielfältig und lässt sich aufgrund der vielen verschiedenen Gewerbe nur schwer pauschalisieren. Generell wird hier zwischen GHD und Industrie unterschieden. Die GHD-Branche lässt sich näherungsweise mit den privaten Haushalten vergleichen. Auch hier sind Änderungen des Nutzungsverhaltens sowie Gebäudesanierungen von höchster Relevanz. Prozesswärme wird hier nur selten benötigt.

Tabelle 4-5: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor GHD in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Baujahr | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Unbekannt | 123 | 119 | 116 | 112 | 109 |
| bis 1978 | 19.636 | 18.958 | 18.304 | 17.672 | 17.062 |
| 1979 - 2009 | 14.439 | 14.011 | 13.596 | 13.193 | 12.802 |
| 2010 - 2025 | 345 | 342 | 338 | 335 | 332 |
| Summe | 34.543 | 33.430 | 32.354 | 31.312 | 30.305 |
| % | 100% | 97% | 94% | 91% | 88% |

Tabelle 4-6: Hohes Sanierungsszenario im Sektor GHD in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Baujahr | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Unbekannt | 123 | 114 | 106 | 99 | 92 |
| bis 1978 | 19.636 | 18.299 | 17.054 | 15.893 | 14.811 |
| 1979 - 2009 | 14.439 | 13.320 | 12.288 | 11.336 | 10.458 |
| 2010 - 2025 | 345 | 323 | 303 | 284 | 266 |
| Summe | 34.543 | 32.057 | 29.751 | 27.612 | 25.627 |
| % | 100% | 93% | 86% | 80% | 74% |

Der Sektor Industrie lässt sich schwer einschätzen. Zwar liegen hier Vorgaben vom KWW vor, allerdings sind die tatsächliche Einsparpotenziale stark von den jeweiligen Prozessen abhängig. In den nachfolgenden Tabellen wird das Potenzial gemäß KWW dargestellt. Ein realistisches Potenzial lässt sich nur durch die jeweiligen Firmen berechnen.

Tabelle 4-7: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Industrie in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Einheit | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Summe | 1.084.144 | 1.004.507 | 930.721 | 862.354 | 799.009 |
| % | 100% | 93% | 86% | 80% | 74% |

Tabelle 4-8: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Industrie in Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Einheit | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Summe | 1.084.144 | 965.778 | 860.335 | 766.404 | 682.729 |
| % | 100% | 89% | 79% | 71% | 63% |

4.4 Zusammenfassung der Energieeinsparungspotenziale

Nachfolgend werden die Einsparungspotenziale (ohne Industrie) zusammengefasst.

Tabelle 4-9: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im niedrigen Sanierungsszenario der Sektoren ohne Industrie der Stadt Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Sektor | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Wohnen | 127.048 | 118.753 | 111.056 | 103.914 | 97.283 |
| GHD | 34.543 | 33.430 | 32.354 | 31.312 | 30.305 |
| Kommunal | 18.201 | 17.632 | 17.081 | 16.547 | 16.030 |
| Summe | 179.792 | 169.815 | 160.491 | 151.773 | 143.617 |
| % | 100% | 94% | 89% | 84% | 80% |

Tabelle 4-10: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im hohen Sanierungsszenario der Sektoren ohne Industrie der Stadt Wörth am Rhein

| Jahr | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Sektor | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a | Wärmebedarf in MWh/a |
| Wohnen | 127.048 | 115.767 | 105.507 | 96.176 | 87.688 |
| GHD | 34.543 | 32.057 | 29.751 | 27.612 | 25.627 |
| Kommunal | 18.201 | 16.923 | 15.735 | 14.631 | 13.604 |
| Summe | 179.792 | 164.748 | 150.994 | 138.418 | 126.918 |
| % | 100% | 92% | 84% | 77% | 71% |

Insgesamt wird deutlich, dass sich sowohl durch Sanierung der Gebäude als auch durch angepasstes Nutzerverhalten deutliche Einsparpotenziale im Bereich Wärme realisieren lassen. Den Einsparungen durch Sanierung der Gebäude stehen jedoch in erster Linie finanzielle Aufwendungen entgegen. Im Gegensatz dazu erfordert die Reduktion des Wärmeverbrauchs durch angepasstes Nutzerverhalten keine nennenswerten monetären Aufwendungen. Durch die hohe Bedeutung der Wärme am Gesamtenergieverbrauch sollte sich in Zukunft mehr auf die Einsparpotenziale fokussiert werden. Dies ist in erster Linie durch verstärkte Informationspolitik, Öffentlichkeitsarbeit, finanzielle Förderungen und klare Vorgaben der Zielsetzungen erreichbar.

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

5 Potenzialanalyse Energieerzeugung

In diesem Kapitel werden theoretische Potenziale ermittelt. In der Realität senken jedoch Einflussfaktoren, 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 vorhandenen Abwärmepotenziale in Wörth am Rhein werden in der Plattform für Abwärme gemäß § 17 Abs. 2 S. 3 Energieeffizienzgesetz (EnEfG) dargestellt. Die nachfolgende Tabelle fasst diese zusammen. Es wird kein Abwärmepotenzial vom Automobilwerk Wörth (Daimler) angegeben.

Tabelle 5-1: Abwärmepotenziale in Wörth am Rhein gemäß der Plattform für Abwärme

| Firma | Abwärmequelle | Abwärmeleistung (kW) | Wärmemenge (kWh/a) | Verfügbarkeit am Wochenende |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| Eurowell GmbH | Unbenannt, "1 - 7" | 1.612 | 7.261.521 | Nein |
| Palm Power GmbH & Co. KG | Hilfskondensator | 19.900 | 110.400.000 | ja |
| | Kamin Abhitzeessel | 13.600 | 30.600.000 | nein |
| | Kamin Reststoffkessel 1 | 4.300 | 31.300.000 | ja |
| | Kamin Reststoffkessel 2 | 3.200 | 21.600.000 | ja |
| Papierfabrik Palm GmbH & Co. KG | Abluft Papiermaschine | 37.100 | 236.100.000 | ja |
| | Kamin Großwasser-raumkessel | 2.400 | 9.600.000 | nein |

Die Abluft aus der Papiermaschine stellt das größte Wärmepotenzial dar und ist das einzige Potenzial, das im Winter mehr Leistung zur Verfügung stellen kann als im Sommer, allerdings ist das Temperaturniveau sehr niedrig. Die Abwärme des Hilfskondensators ist im Hinblick auf das Temperaturniveau besser geeignet, die zur Verfügung stehende Leistungen im Winter ist hingegen relativ gering (ca. 4–6,8 MW). Die Entfernung der Firma Palm zu potenziellen Wärmenetzgebieten ist allerdings sehr groß. Das nächstgelegene potenziell geeignete Gebiet in Wörth am Rhein ist über 3 km entfernt. Ob die Abwärme der Firma Palm einen wirtschaftlichen Beitrag für ein Wärmenetz leisten kann, muss in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung untersucht werden.

Zusätzlich zur Plattform für Abwärme wurden großen Unternehmen in Wörth am Rhein zu ihrem Wärmebedarf und Abwärmepotenzial befragt. Das Netto-Logistik-Center im Industriegebiet Oberwald

gibt als einzige ein Abwärmepotenzial aus Kälteanlagen an, es wurden jedoch keine Angaben zu Mengen oder Leistungen gemacht.

5.2 Solarthermie

Die Sonnenenergie ist eine im menschlichen Maße unerschöpfliche Energiequelle. Pro Jahr treffen auf das Stadtgebiet von Wörth am Rhein ca. 1.161-1.180 kWh/m² bzw. 154.127.020 MWh an solarer Strahlung⁵. Das entspricht knapp dem 122-fachen des gesamten Wärmebedarfs der Stadt Wörth am Rhein. Der Großteil 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 derzeit, je nach Modultyp, einen Systemwirkungsgrad von etwa 16-18 %⁶. Thermische Solar Kollektoren hingegen wandeln heutzutage etwa die Hälfte der Strahlungsenergie in Wärme um (ca. 500 kWh/m²). Zusätzlich fallen Systemverluste in geringem Ausmaß an. Außerdem hängt das Potenzial von den verfügbaren und brauchbaren Flächen zur Installation von PV- oder solarthermischen Kollektoren ab. Die nachfolgende Analyse berechnet die theoretischen Potenzialflächen, die sowohl für Solarthermie als Photovoltaik benutzt werden können.

Das geläufige Problem bei Solarthermieanlagen, dass Solarenergie nicht zwingend dann anfällt, wenn der Energiebedarf gerade vorhanden ist, kann mittlerweile durch Langzeitwärmespeicher etwas ausgeglichen werden. Im Folgenden werden nun die Potenziale für Solarthermie analysiert. Kleine Dachflächen (z. B. von Wohnbebauung) wurden in diesem Konzept nicht berücksichtigt, da es für diesen Zwecke bereits ein Solarkataster gibt: solarkataster.rlp.de. Aus diesen Dachflächen ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von 246.009 MWh/a auf 1.594.206 m² Dachfläche.

Solarthermische Freiflächenanlagen (FFST) können ein Fernwärmenetz speisen, wenn die Vorlauftemperaturen nicht zu hoch sein müssen. Hochtemperatur-Flachkollektoren sowie Vakuumröhrenkollektoren stehen im Temperaturbereich bis ca. 150 °C zur Verfügung.

FFST unterliegen einer Vielzahl an Regelungen und Einschränkungen, die den Ausbau zusätzlich verkomplizieren. FFPV und FFST dürfen nicht auf Flächen von geschützten Biotopen, Wasserschutzgebieten, Überschwemmungsgebieten oder sonstigen Naturschutzgebieten gebaut werden. Es ergeben sich die Potenzialflächen in Abbildung 5-1, mit einer Gesamtfläche von 3.909.436 m². Jährlich treffen auf diese Flächen ca. 4.577 GWh Solarstrahlung. Auf dem ehemaligen Baggersee „Schaufele“ ist Potenzial für Floating-PV und Floating-ST vorhanden.

⁵ https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten_mvs.html?nn=16102 [16.07.2025]

⁶ *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. 17.05.2023. Fraunhofer ISE, Dr. Harry Wirth

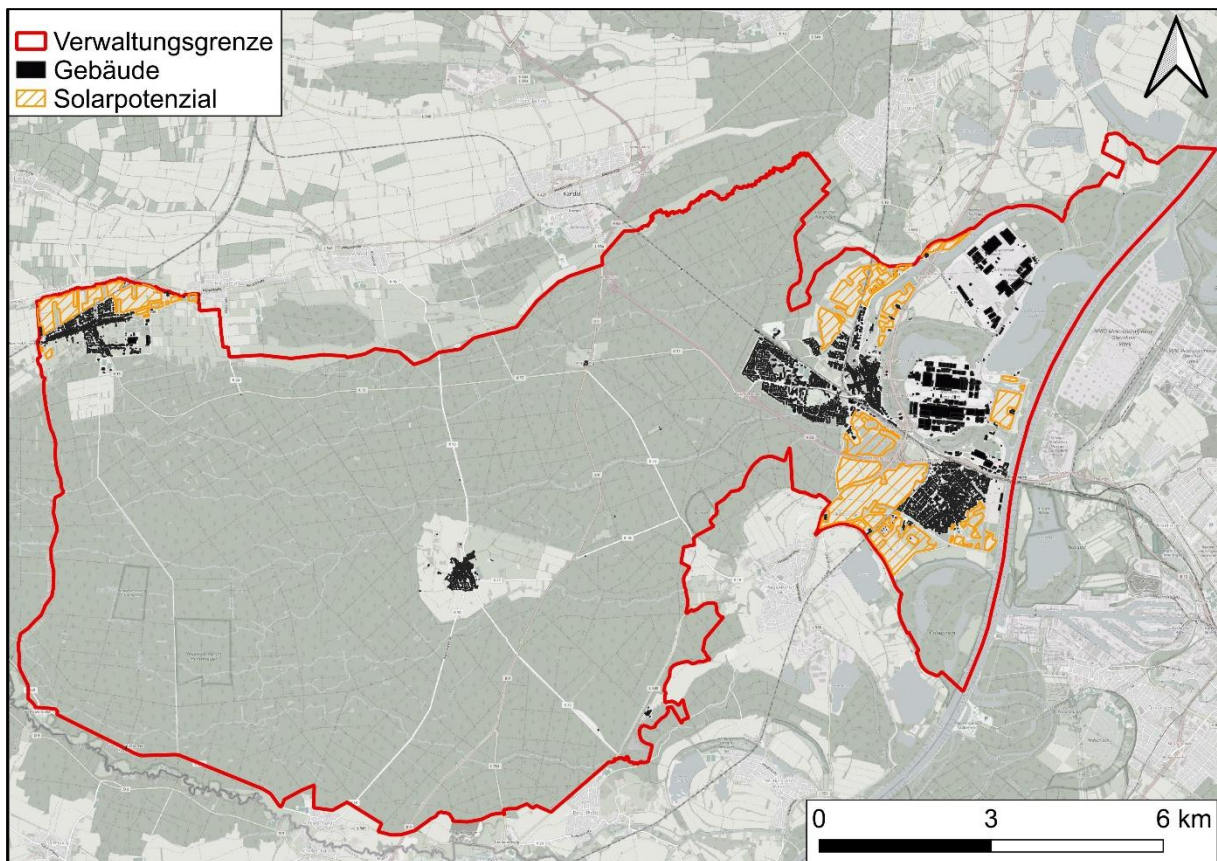


Abbildung 5-1: Übersicht der möglichen Gebiete für solarthermische Großanlagen (FFST) in der Stadt Wörth am Rhein

Die maximale sinnvolle Entfernung zwischen Kollektorfleichen und Punkt der Wärmenetzeinspeisung wird in der „Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung“ auf 1.000 m gesetzt⁷. Hierdurch reduzieren sich die Potenzialflächen jedoch nicht.

Bei einem Verhältnis von Land- zu Kollektorfläche von 2 bis 2,5 gemäß Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen⁸ ergibt sich ein Wärmeertrag von ca. 2.000 MWh pro Hektar bzw. 200 kWh pro m². Dieser Wert liegt nah am vorgeschlagenen Kollektorflächenertrag von 400 kWh/m² im Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung⁹. Bei einer Potenzialfläche von 3.909.436 m² (Freiflächen) könnten somit ca. 781.887 MWh an Wärme pro Jahr erzeugt werden. In der Realität liegen die Kollektorflächenerträge mittlerweile vor allem in den südlichen Landesflächen Deutschlands bei 480-520 kWh/m².

⁷ *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

⁸ *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen*. 09.2019, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

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

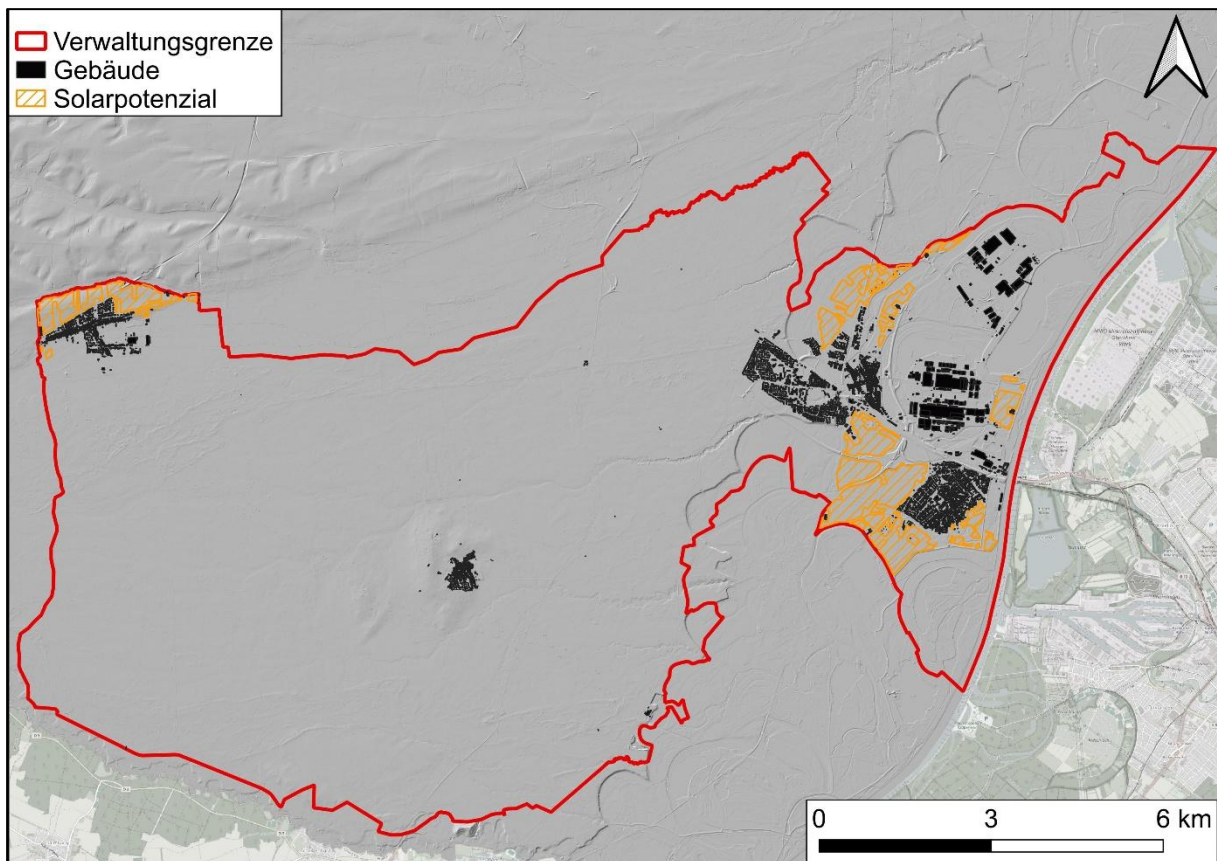


Abbildung 5-2: Übersicht der Potenzialflächen für FFST in der Stadt Wörth am Rhein auf einem DGM. Kartenhintergrund: DGM 1 m, Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen

Das Stadtgebiet wurde anhand eines digitalen Geländemodells (DGM) auf Verschattungseffekte untersucht. Wie Abbildung 5-2 demonstriert, befinden sich in den ermittelten Flächen keine Verschattungseffekte durch größere Erhebungen.

Solarthermie kann in einem Wärmenetz oft nicht als einzige Wärmequelle fungieren. Solare Wärme kann zur Vorwärmung des Rücklaufes, oder in Verbindung mit Kurzzeit-Wärmespeichern oder saisonalen Wärmespeichern genutzt werden. Diese Varianten stellen einen aufsteigenden Anteil an Solarthermie im Wärmenetz dar¹⁰. In einem großen Netz, wie im Bestandsnetz in Wörth am Rhein, kann zum Beispiel von einem Deckungsgrad von 10–20 % ausgegangen werden¹¹.

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

¹⁰ Solarthermie und Holzenergie im Wärmenetz. 30.09.2020. C.A.R.M.E.N. e.V.

¹¹ Quelle: Abstimmung mit Hersteller FFST

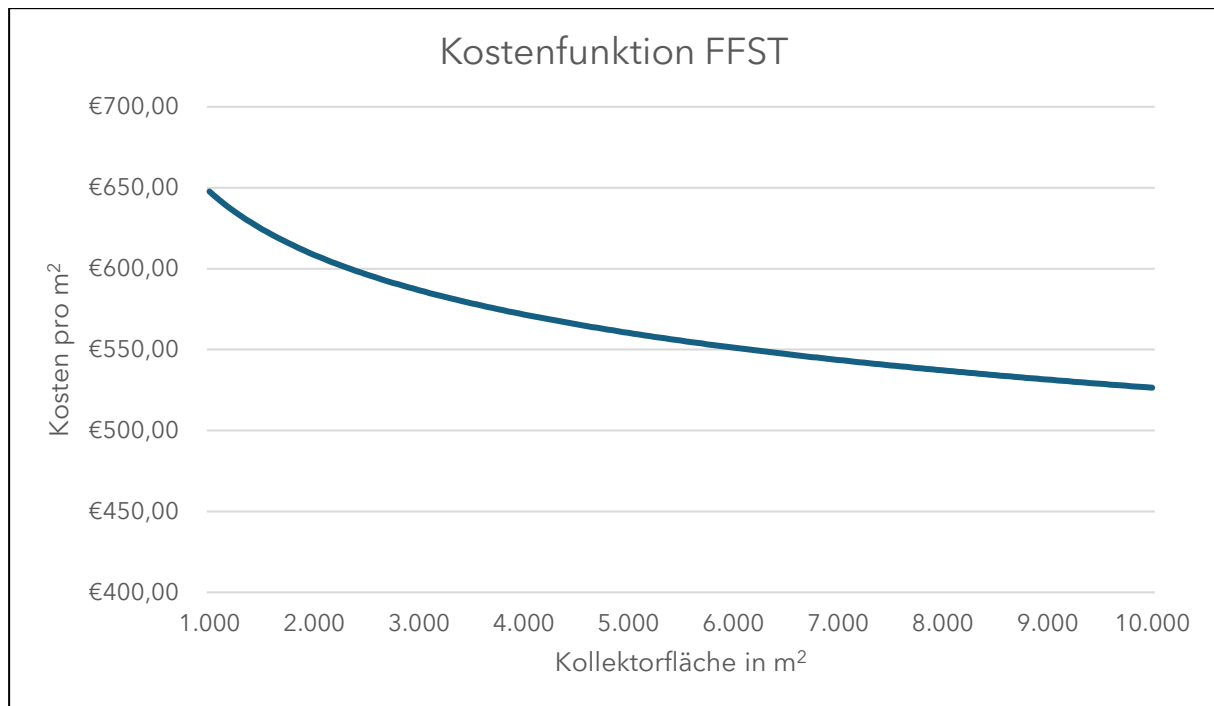


Abbildung 5-3: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren

Die Kosten von Solarthermieanlagen sind sowohl von der Anlagengröße, vom Kollektortyp als auch von der Anlagenfläche abhängig. Abbildung 5-3 stellt die Kostenfunktion für FFST mit Vakuumröhren graphisch dar.

Die Lebensdauer sowie die Wartungs- und Instandsetzungskosten von Solarthermieanlagen werden in Tabelle 5-2 aufgelistet.

Tabelle 5-2: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieanlagen gemäß VDI 2067

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

5.3 Umweltwärme

5.3.1 Oberflächennahe Geothermie

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

Nicht jedes Grundstück ist für oberflächennahe Geothermie geeignet. Aus gewässerschutzrechtlichen Gründen ist Wärmeförderung mittels Erdwärmesonden häufig sogar verboten. In den meisten Fällen ist eine Einzelfallprüfung durch die Fachbehörde erforderlich. Die folgende Karte (Abbildung 5-4 zeigt die Gegebenheiten in Wörth am Rhein hinsichtlich des Potenzials für Erdwärmesonden.

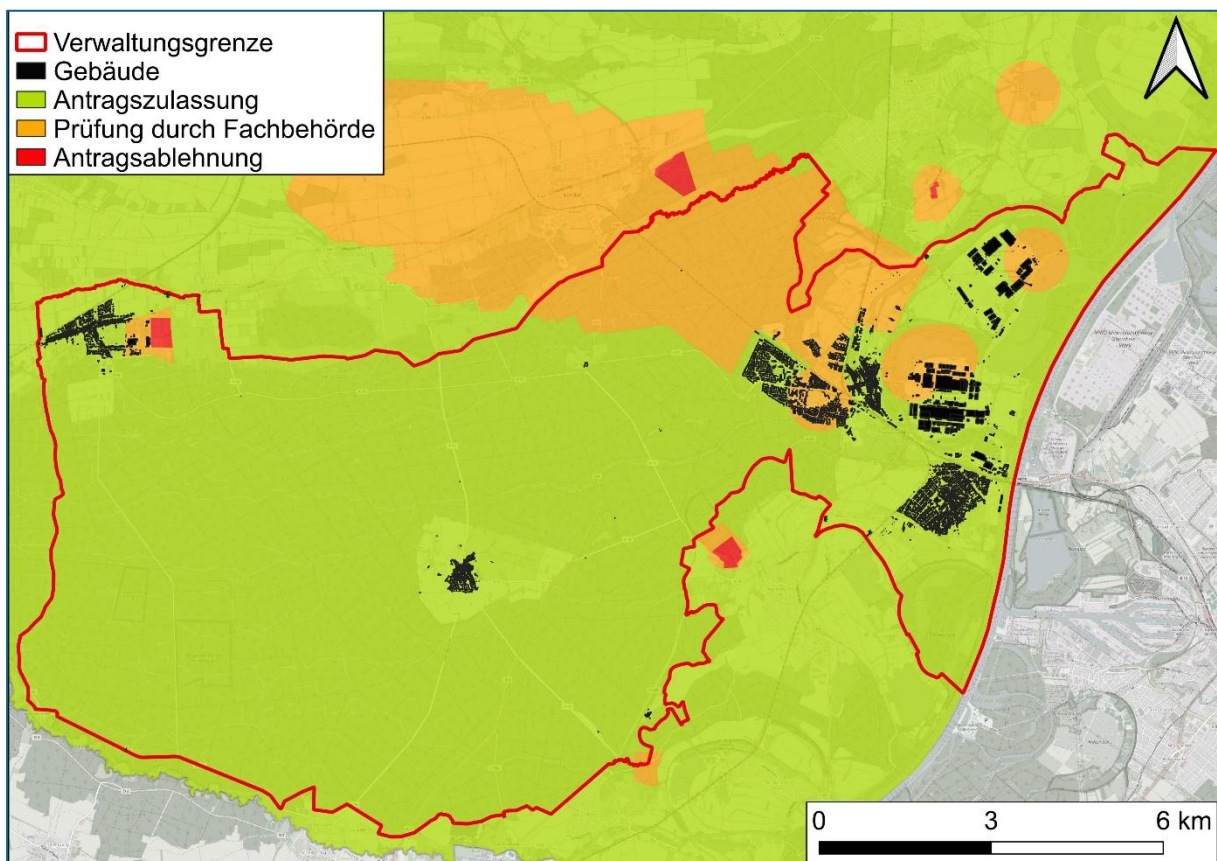


Abbildung 5-4: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdsonden in der Stadt Wörth am Rhein.
Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Oberflächennahe Geothermie wird oft für die Versorgung einzelner Gebäude genutzt, größere Anlagen zur Speisung eines Wärmenetzes sind ebenfalls möglich. Aufgrund der Nähe zum Rhein sind

zudem hohe Grundwasserstände möglich. Hier bietet sich die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zu Grundwasser- und Erdwärme an, um bei positiven Ergebnissen Erkundungsbrunnen zu errichten und Leistungspumpversuche durchzuführen.

5.3.1.1 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden werden in Bohrungen von 20-100 m, manchmal sogar bis 400 m Tiefe eingebracht, wonach die Bohrlöcher mit einem Material mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit aufgefüllt werden. Für Erdwärmesonden ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens relevant. Die Wärmeleitfähigkeit ist unter anderem abhängig von der Wassersättigung des Untergrundes. Die Grundwasserflurabstände in der Stadt liegen den Daten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz zufolge in der gesamten Stadt oberhalb von 15 m unter Geländeoberkante (GOK). Somit kann für die Wärmeleitfähigkeit eine Wassersättigung des Untergrundes angenommen werden. In der Stadt liegt diese zwischen 20 m und 100 m Tiefe zwischen 2,0 und 2,4 W/(m*K). Eine Kombination von einem Erdsondenfeld und einer Überbauung mit Solaranlagen ist oft möglich. Solche Kombinationen ergeben sehr hohe Flächennutzungsraten. Zudem kann die überflüssige Wärme aus thermischen 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 die Lebensdauer des Systems erhöht. Wird mehr Wärme zugeführt als entnommen, funktioniert das Erdsondenfeld als saisonaler Wärmespeicher. Mehr Informationen zu Wärmespeicher sind im Kapitel 5.9 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 oft jährlich regeneriert werden, um eine Auskühlung zu verhindern. Um ein Erdsondenfeld langfristig zu betreiben, muss in etwa die gleiche Wärmemenge, die aus dem Boden entzogen wird (Kälteleistung), wieder zurückgeführt werden. Ein Erdsondenfeld kann deswegen oft nicht das ganze Jahr als Wärmequelle genutzt werden. Wird im Sommer Überwärme oder sonstige Wärme in das Erdsondenfeld eingespeist, kann diese im Winter als Wärmequelle genutzt werden. Erdsondenfelder eignen sich aufgrund der niedrigen Temperaturen vor allem gut für Wärmenetze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen oder kalte Nahwärmenetze in Neubaugebieten. 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.

5.3.1.2 Erdwärmekollektoren

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

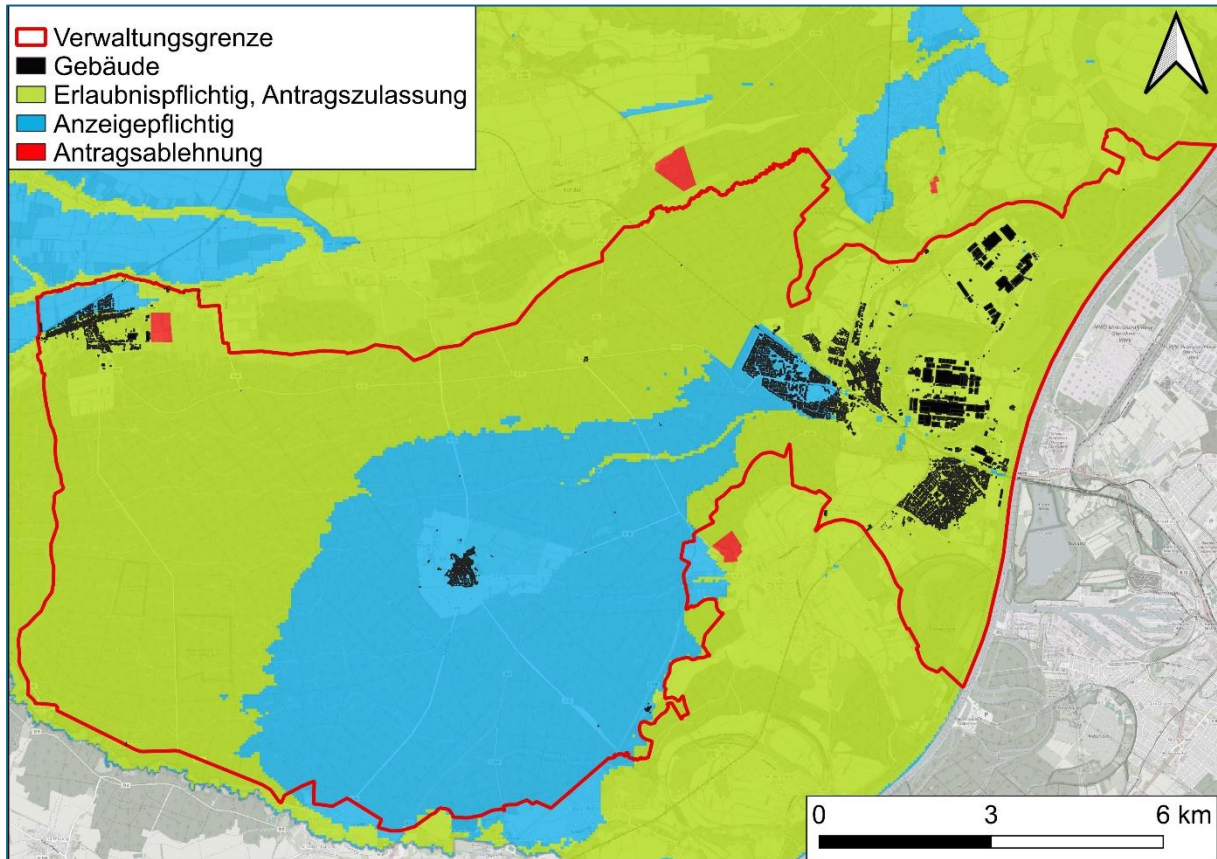


Abbildung 5-5: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdwärmekollektoren in Wörth am Rhein.
Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Das Potenzial für Erdwärmekollektoren in der Stadt ist durchgehend gegeben, lokal teilweise sogar sehr gut. Vor allem im Bereich um Büchelberg und im westlichen Teil Wörths befinden sich Böden mit höheren Wärmeleitfähigkeiten. Aufgrund der Grund- und Staunässe im Bereich rund um Büchelberg und im südlichen Bereich von Schaidt eignen sich diese Bereiche besonders gut für Erdkollektoren.

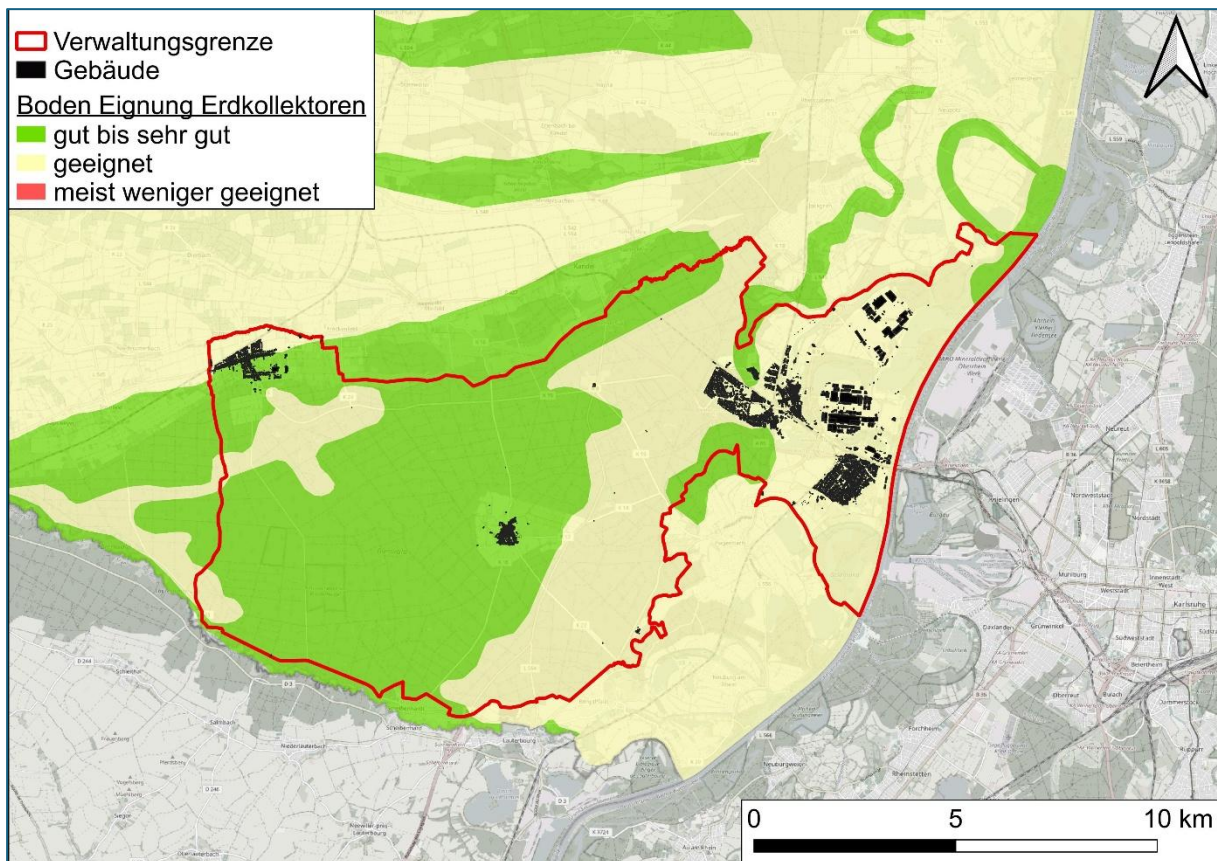


Abbildung 5-6. Übersicht der Bodeneignung für Erdkollektoren in der Stadt Wörth am Rhein.
 Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz.
 Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Zudem ist die Leistung der Erdwärmekollektoren stark von den klimatologischen Bedingungen abhängig. Die Webseite von meteoblue gibt einen Überblick über einige Klimaindikatoren in Wörth am Rhein basierend auf den letzten 30 Jahren (Abbildung 5-7). Aus der Abbildung geht hervor, dass in Wörth am Rhein im Schnitt eine Temperaturschwankung von etwa 20 °C vorliegt. Im Sommer haben Erdwärmekollektoren gute COP-Werte. Die Nachfrage nach Wärme ist im Sommer zwar nicht so hoch wie im Winter, kann jedoch mit den Kollektoren gut überbrückt werden. Erhöhten Niederschlagsmengen begünstigen diesen Vorgang, da die Feuchtigkeit im Boden die Wärmeleitfähigkeit erhöht. Im Winter dienen Erdwärmekollektoren mehr für Wärmenetze mit niedrigen Vorlauftemperaturen zur Wärmeversorgung von Neubaugebieten. Zudem eignen sich diese Anlagen für eine dezentrale Wärmeversorgung. Zurzeit werden Erdwärmekollektoren vor allem im Wohn- und Gewerbebau eingesetzt, wo die Temperaturen nicht über z. B. 75 °C steigen.

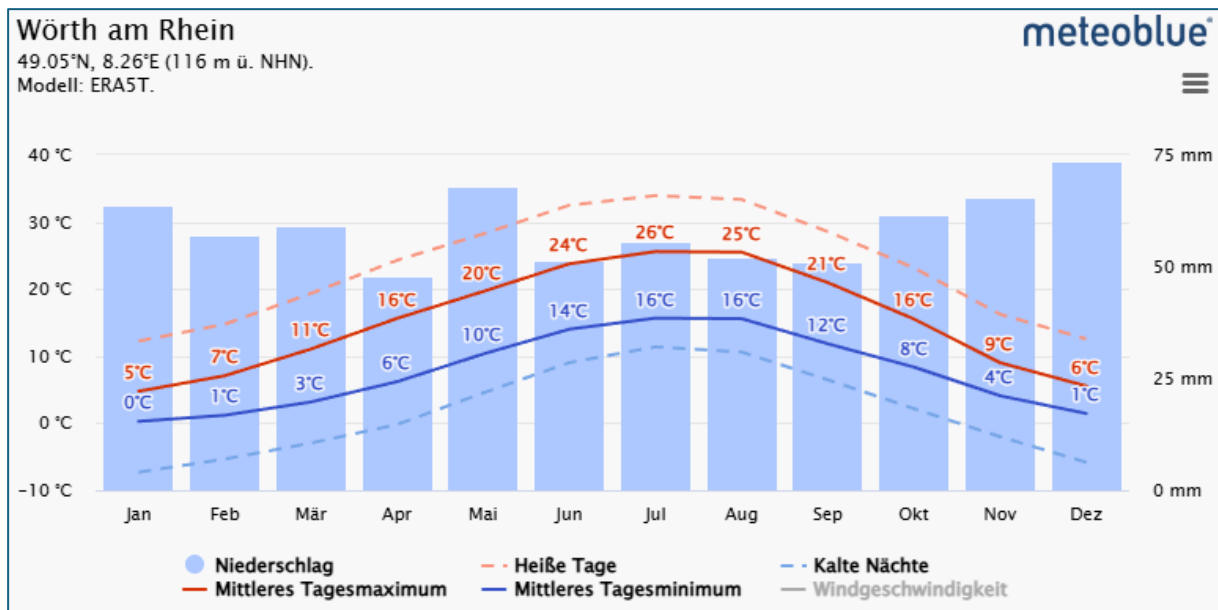


Abbildung 5-7: Übersicht der klimatologischen Bedingungen, die Einfluss haben auf die Leistung von Erdwärmekollektoren in der Stadt Wörth am Rhein.
Datenquelle: meteoblue

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

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

Die Potenziale für Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren für die Stadt Wörth am Rhein sind somit gut.

5.3.1.3 Grundwasserwärmepumpen

Für Grundwasserwärmepumpen sind passende Grundwasserflurabstände gefordert. Bei größeren Projekten, wo eine maximale Leistung erwünscht wird, werden für die Potenzialermittlung mögliche Standorte identifiziert, an denen Probebohrungen gesetzt werden und Pumpversuche durchgeführt werden. Anschließend wird an dem Standort mit dem vielversprechendsten Grundwasservorkommen ein großes Brunnenpaar (Entnahmebrunnen und Schluckbrunnen) gebohrt und nochmals ein Pumpversuch durchgeführt. Die Genehmigungsfähigkeit von Grundwasserwärmepumpen in der Stadt Wörth am Rhein wird in Abbildung 5-8 dargestellt.

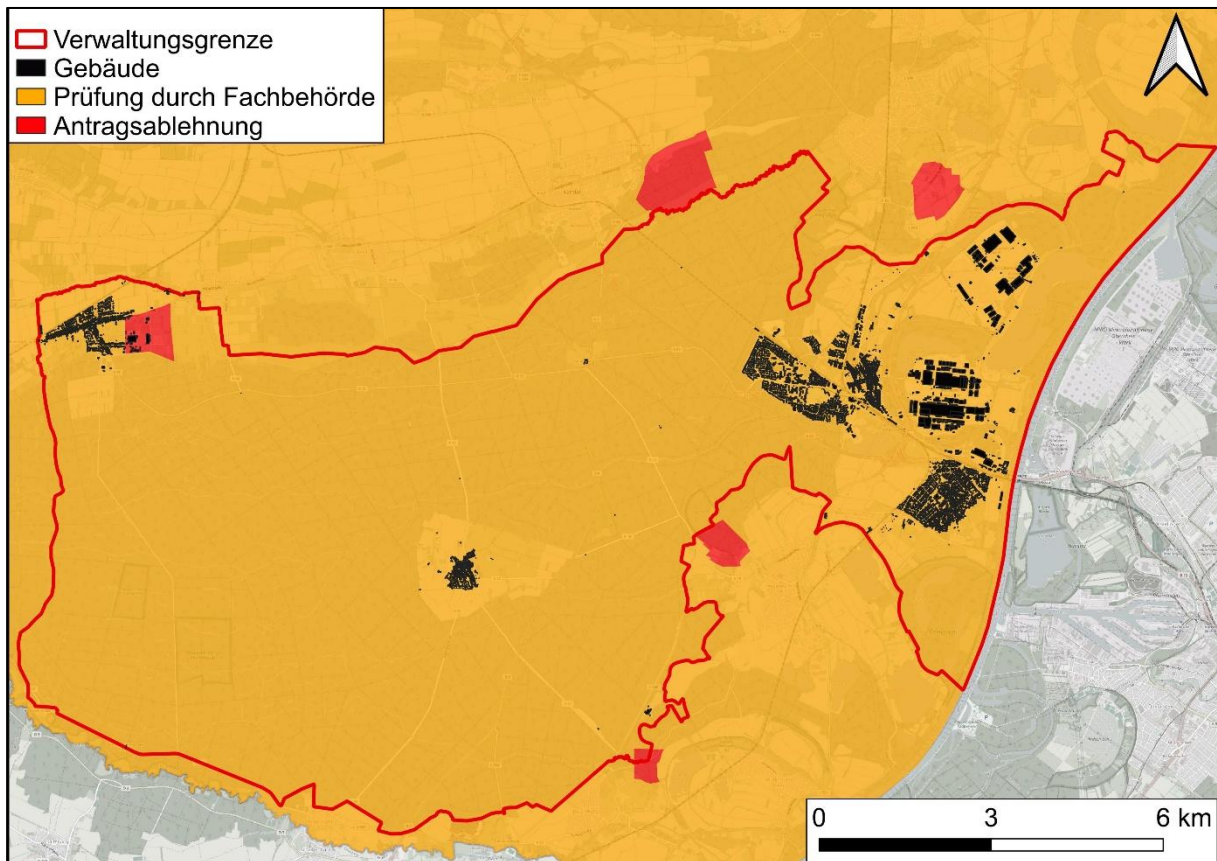


Abbildung 5-8: Übersicht der möglichen Gebiete für Grundwasserwärmepumpen in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Für die Grundwassernutzung ist die lokale Hydrogeologie relevant. Abbildung 5-9 zeigt die Grundwasserdurchlässigkeiten im Projektgebiet gemäß den Daten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Ein Großteil des Stadtgebietes verfügt aufgrund der Mischungen aus Sanden, Schluffen und Kiesen über mittlere Grundwasserdurchlässigkeiten zwischen $1E-4$ und $1E-3$ m/s. Büchelberg befindet sich auf einem kleinen Karstgebiet, wodurch die Durchlässigkeit stark schwankt. Im restlichen Stadtgebiet sind Porengrundwasserleiter vorhanden.

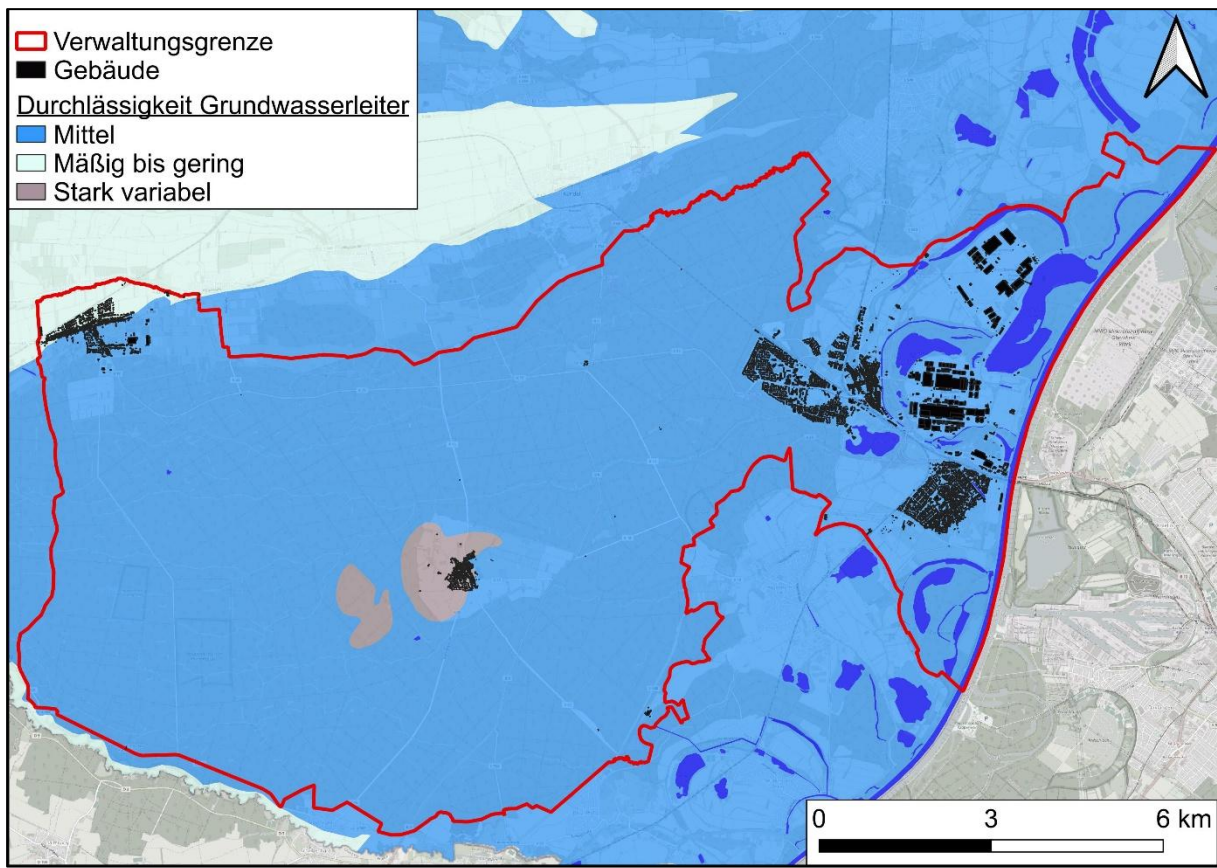


Abbildung 5-9: Grundwasserdurchlässigkeiten in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps

Die Grundwasserflurabstände in der Stadt betragen gemäß den Daten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz in der gesamten Stadt weniger als 15 m unter GOK. Diese können aufgrund vieler natürlicher Veränderungen wie Niederschlag, Verdunstung und oberirdischem Abfluss zeitlich variieren. Die Daten zeigen somit fast im gesamten Projektgebiet ein gutes Potenzial für Grundwasserwärmepumpen, vor allem in der dezentralen Versorgung, wo sehr hohe Durchlässigkeiten nicht erforderlich sind. Die genauen Mengen an Grundwasser, die zur Verfügung stehen, können in diesem Fall nur über Probebohrungen und Pumpversuche ermittelt werden. Sind hohe Mengen und Fließraten vorhanden, kann sich das Potenzial als sehr gut ergeben.

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-Werten.

Die Eisen- und Mangankonzentrationen im Grundwasser sind dem Landesamt für Geologie und Bergbau zufolge in der Stadt als relativ hoch einzustufen. Diese können zu Ablagerungen und Verockerung im System führen, wodurch die Effizienz und Lebensdauer stark beeinträchtigt werden können. Dies ist bei der Planung von Grundwasserwärmepumpen in der Stadt unbedingt zu berücksichtigen.

Kostentechnisch sind die drei oben genannten Technologien sehr ähnlich. Je nach Erkundungsarbeit können bei den Bohrungen unterschiedlich hohe Kosten entstehen. Auch bei den Wärmepumpen

variieren die Preise je nach Kältemittel, Quelltemperatur und Temperaturhub stark und liegen bei größeren Wärmepumpen (> 1MW) z. B. zwischen 250 €/kW und 950 €/kW. Bei kleineren Wärmepumpen betragen die Kosten oft mehr als 1.000 €/kW. Meistens fallen die Sole/Wasser Wärmepumpen etwas teurer aus.

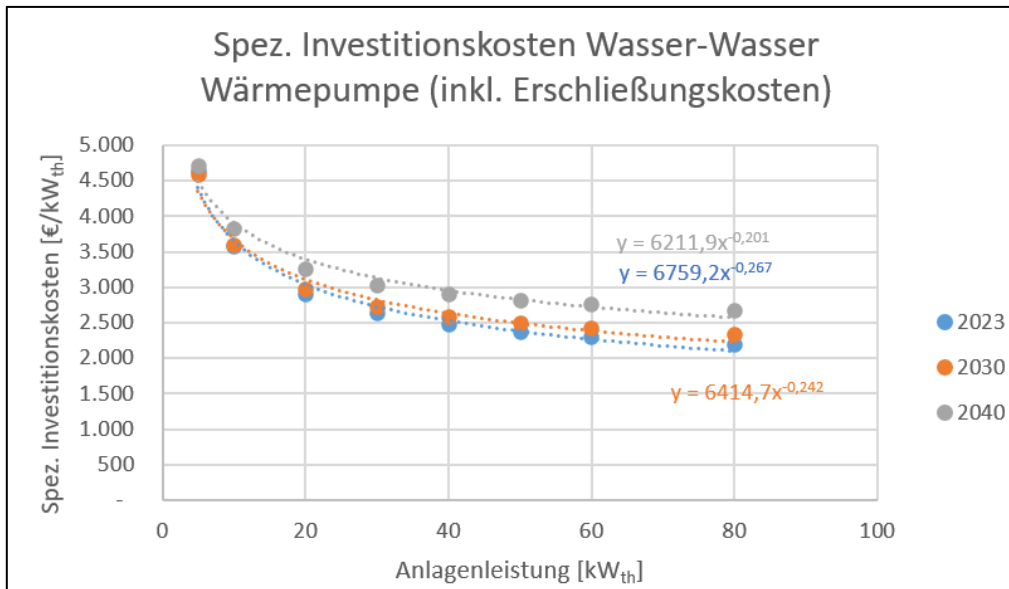


Abbildung 5-10: Investitionskosten für Grundwasserwärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

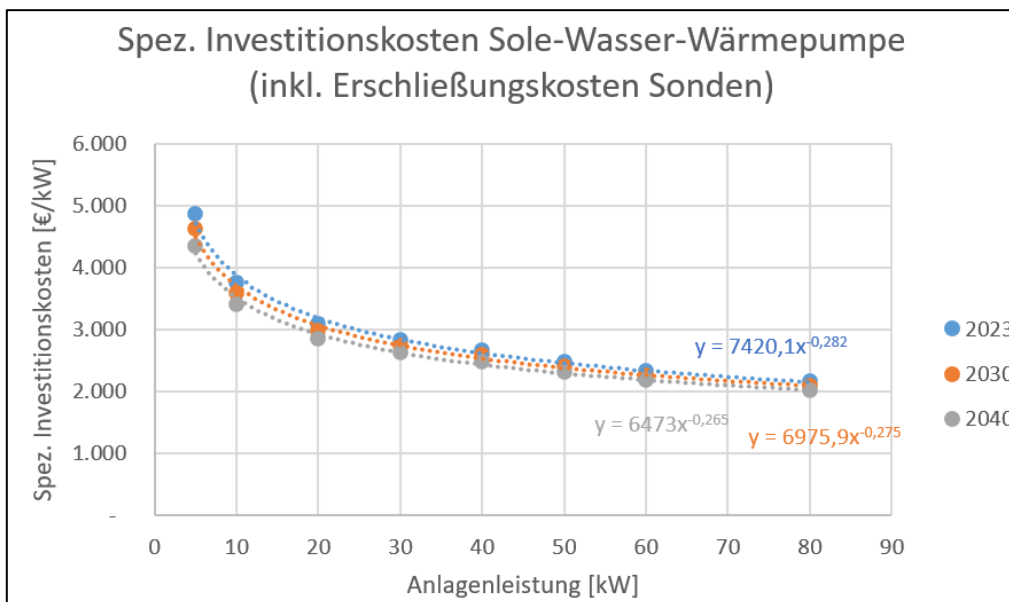


Abbildung 5-11: Investitionskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden) gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

Tabelle 5-3: 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 nur geringe Netzverluste. Kalte Nahwärmenetze können sich in Neubaugebieten 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, in dem für die Leitungsverlegung Straßen aufgerissen werden müssen, lohnt sich die Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes oft nicht.

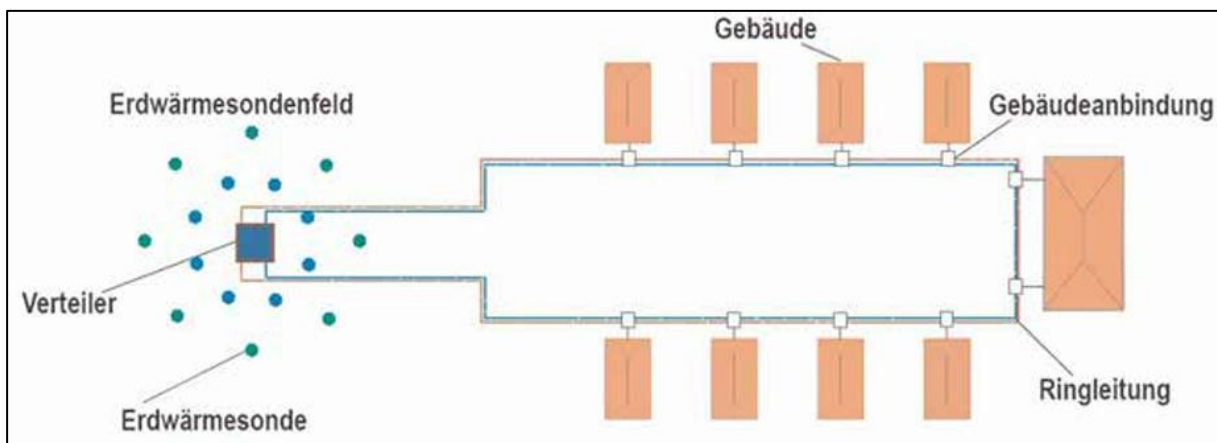


Abbildung 5-12: Beispiel eines kalten Nahwärmenetzes.
 Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

5.3.2 Flusswasser

Die Stadt Wörth am Rhein befindet sich westlich des Rheins, ein Fluss, der sich für Flusswasserwärmepumpen eignet. Im nahgelegenen Mannheim wurde bereits eine Flusswärmepumpe mit einer thermischen Leistung von ca. 20 MW (7 MW_{el}) errichtet. Etwa 9 km des Rheins laufen an der östlichen Grenze der Stadt Wörth am Rhein in nördlicher Erstreckung vorbei. Der Rhein zeigte bei einer Messstelle bei Karlsruhe einen mittleren Abfluss (MQ) im Jahr 2023 von 1.037 m³/s auf (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg). Die Wassertemperatur des Rheins bei Karlsruhe lag der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) zufolge im Jahr 2023 zwischen ca. 5 °C und 25 °C.

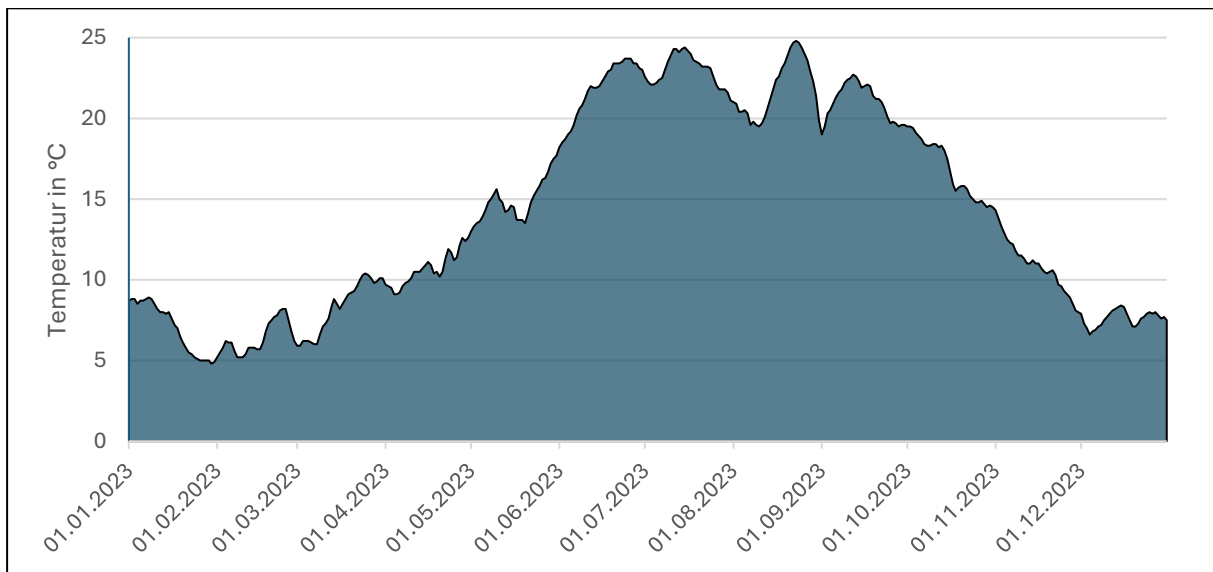


Abbildung 5-13: Übersicht der Wassertemperaturen im Rhein an der Messstelle Karlsruhe im Jahr 2023. Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

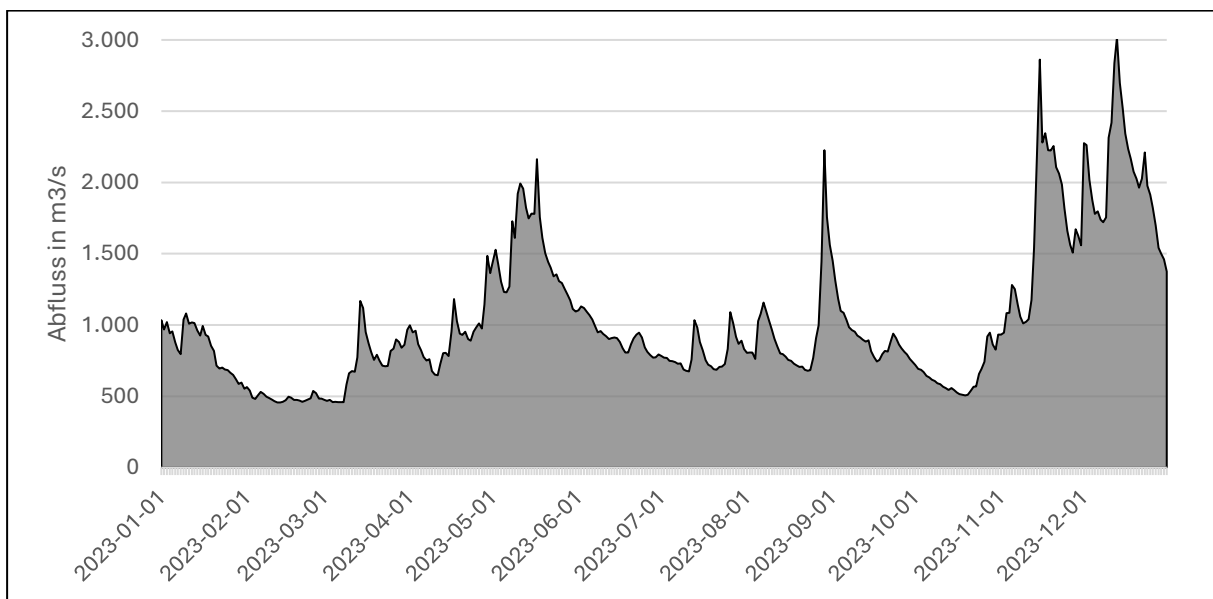


Abbildung 5-14: Übersicht der Abflussmengen im Rhein an der Messstelle Karlsruhe im Jahr 2023. Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Eine Aufwärmung des Gewässers ist der zuständigen Oberen Naturschutzbehörde, Struktur- und Genehmigungs-Direktion Süd (SGD Süd), zufolge nicht erlaubt. Es darf somit mit dem Flusswasser nicht gekühlt werden. Eine Temperaturreduzierung wird jedoch oft als positiv gesehen. Für die Genehmigung ist eine Berechnung der Kälte-Wärmefahne von hoher Relevanz, um eine Beeinflussung von weiteren Anlagen auszuschließen. Nach der SGD Süd sind weitere Anlagen wie in Mannheim (ca. 20 MW) am Rhein denkbar.

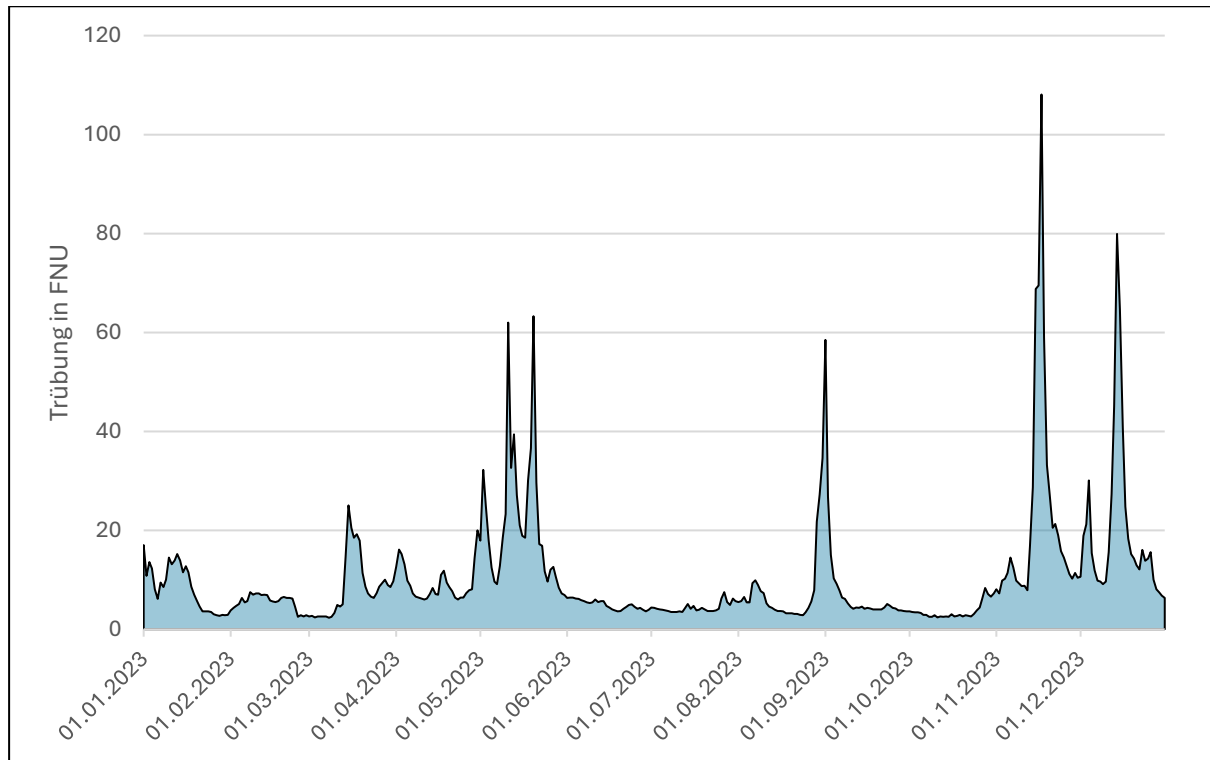


Abbildung 5-15: Schwebstoffmengen im Rhein an der Messstelle Karlsruhe im Jahr 2023. Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Teilweise transportiert der Rhein viele Schwebstoffe (Abbildung 5-15). Der Anteil an Schwebstoffen hat einen erheblichen Einfluss auf die Lebensdauer der Filter, die ggf. vor den Wärmetauscher installiert werden. Je nach geplanter Entnahmestelle und Art sind zudem unterschiedliche Aspekte wie die Gewässerunterhaltung, Geschiebeproblematik, natürliche Gewässerentwicklung/-verlagerung, Verklauung, Durchgängigkeit für Gewässerorganismen, Verwendung von wassergefährdenden Stoffen, Vereisungsproblematik etc. zu beachten.

Das theoretische Potenzial der Flusswärme ist in Wörth am Rhein somit sehr hoch. Ein Vergleichsprojekt findet man in Mannheim, deren Flusswärmepumpe (20 MW Leistung, ca. 700 l/s Wasserentnahme) einen Jahresmittel-COP von 2,7 erreicht. In Mannheim wird das Wasser um 2-5 K abgekühlt, womit eine Vorlauftemperatur zwischen 83 °C und 99 °C erreicht wird. Die Investitionskosten lagen bei etwa 15 Mio. EUR¹².

¹² R(h)ein mit der Wärme. MVV Energie AG. Verfügbar auf: <https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe> Letzter Abruf: 05.01.2024

5.3.3 Seewasser

Der ehemalige Baggersee Schauffele verfügt über eine Fläche von ca. 28,2 ha sowie eine Tiefe von bis zu ca. 35 m. Wird eine mittlere Tiefe von 23 m angenommen, so ergeben sich ca. 6,5 Mio m³ Wasser. Ein genaues Potenzial kann ohne umfangreiche Gutachten nur schwer geschätzt werden. Wird der See beispielsweise jedes Jahr um 0,5 K abgekühlt (laut dem Forschungsinstitut eawag oft die obere Grenze der unproblematischen Abkühlung¹³), kann 3,25 GWh an Wärme aus dem See gewonnen werden. Mit einer Wärmepumpe kann dies in ca. 4 GWh Wärme umgewandelt werden. Ob dies langfristig verträglich für die Seebiologie ist, und somit das tatsächliche Potenzial größer oder kleiner ausfällt, ist im Rahmen einer detaillierten Machbarkeitsstudie zu klären.

5.3.4 Luft

Die Umgebungsluft ist generell überall nutzbar. Luft-Luft-Wärmepumpen eignen sich nicht für den Einsatz in einem Wärmenetz. Luft-Wasser-Wärmepumpen sind hinsichtlich des Lärmschutzes gemäß den Vorgaben des Bundes-Immissionsschutzgesetz (§ 22 Abs. 1 BImSchG) zu errichten und betreiben. Die oben beschriebenen Umweltwärmequellen erreichen höhere Effizienzzahlen als Luft-Wasser-Wärmepumpen, sind allerdings nicht überall eine realisierbare Alternative. Luft-Wasser-Wärmepumpen kommen für Wärmenetze vor allem in denjenigen Gebieten in Frage, wo keine andere Umweltwärme mittels Wärmepumpen erschlossen werden kann und die Vorlauftemperaturen nicht zu hoch sind¹⁴. Luft-Wasser-Wärmepumpen gibt es mittlerweile auch in höheren Leistungsbereichen bis zu mehreren hundert kW oder sogar im MW-Bereich. Die maximal erreichten Vorlauftemperaturen moderner Luft-Wasser-Wärmepumpen (ca. 80 °C bei niedrigen Außentemperaturen) können für Low-Ex Wärmenetze und teilweise für normale Wärmenetze ausreichend sein. Als dezentrale Lösung eignen sich Luft-Wasser-Wärmepumpen aufgrund der Möglichkeit Vorlauftemperaturen von über 60 °C zu erzeugen heutzutage fast für alle Wohn- und Gewerbegebäude. Sie haben den Vorteil der niedrigeren Investitionskosten, jedoch den Nachteil der etwas geringeren Effizienz.

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

¹³ Fact sheet: Wärmenutzung aus Seen und Fließgewässern. 2022, eawag

¹⁴ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (12 2021). Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung.

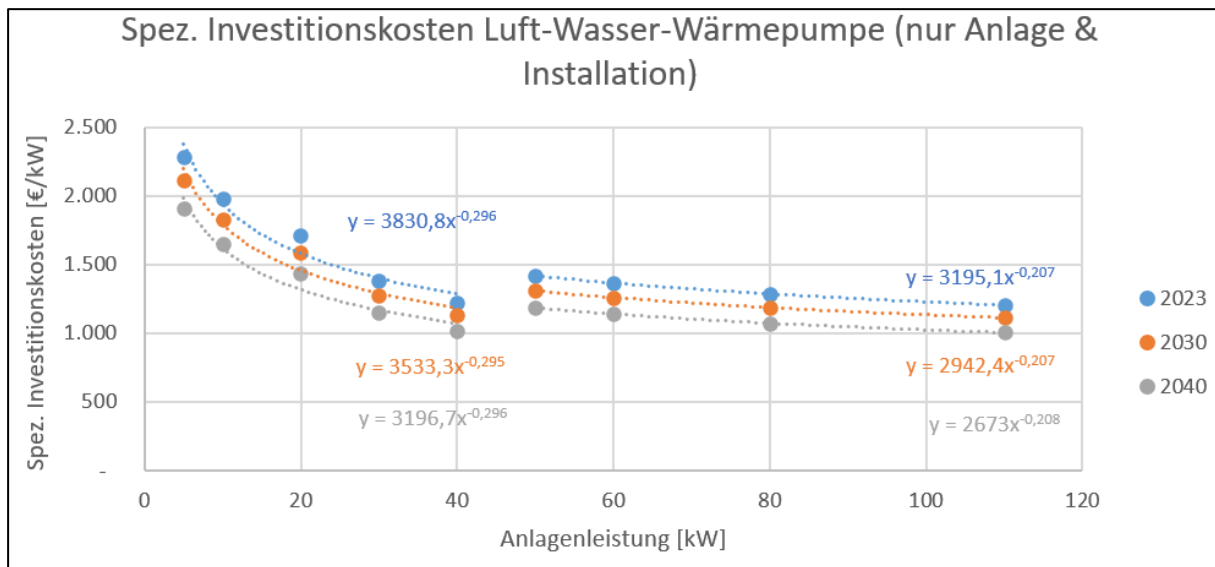


Abbildung 5-16: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung)

5.3.5 Abwasser

Abwasser steht das ganze Jahr zur Verfügung und unterliegt geringen Temperaturschwankungen. Das Abwasser kann mittels Wärmepumpen um wenige Kelvin abgekühlt werden, um Wärme zu produzieren. Die Wärmerückgewinnung vom Abwasser kann sowohl in der Kläranlage als auch in der Kanalisation stattfinden, jedoch ist die Abwärme aus dem Kläranlagen-Ablauf oft besser für Großwärmepumpen geeignet¹⁵. Ein Mindestdurchfluss von 15 l/s (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) sowie Kanalquerschnitte von mindestens ca. 700 mm sind gefordert¹⁶. Beim Kläranlagen-Ablauf können dem Wasser oft mehrere Kelvin entzogen werden, da die Wassertemperatursenkung keine Prozesse mehr beeinflusst. Im Zulauf darf das Wasser gemäß den Aussagen der Kläranlage auf maximal 10 °C abgekühlt werden, da sonst die biologischen Prozesse negativ beeinflusst werden.

Das Abwasser der Siedlungsgebiete in Wörth am Rhein wird in 4 Kläranlagen geklärt. Die Kläranlagen der Ortsbezirke Maximiliansau, Schaidt und Büchelberg werden von den kommunalen Abwasserbetrieben der Stadt Wörth am Rhein betreut. In Wörth wird das Abwasser auf dem Werksgelände von Daimler geklärt, daher konnten in diesem Ortsbezirk von den kommunalen Abwasserbetrieben nur die Daten des Hebewerks bezogen werden. Von den übrigen Kläranlagen konnten keine Daten bezogen werden. Die Lage der vier Kläranlagen wird in Abbildung 5-17 dargestellt.

¹⁵ Ratgeber Energie aus Abwasser. 09.2019, Bundesverband Wärmepumpe e.V.

¹⁶ Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung. 12.2021, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

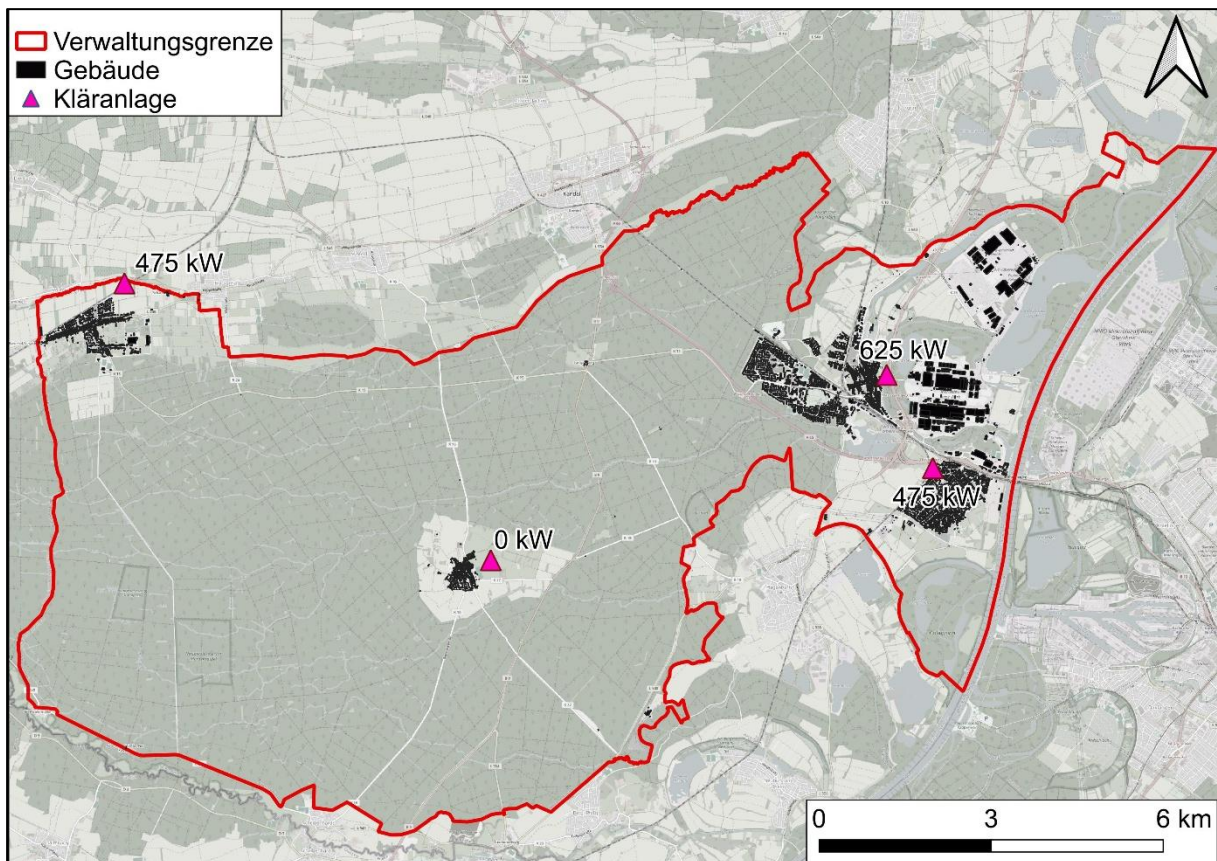


Abbildung 5-17: Darstellung der Lage und der energetischen Potenziale der Kläranlagen

Die Zulaufdaten der Kläranlagen werden in Abbildung 5-18 dargestellt. Die Daten zeigen, dass das Hebewerk sowie die Kläranlage Schaidt und Maximiliansau fast das ganze Jahr Zuflussraten von über 15 l/s zeigen.

Die Kläranlage Otterbachtal/Schaidt zeigt einen mittleren Trockenwetterdurchfluss von 27,2 l/s. Wird das Wasser z. B. um 5 °C abgekühlt, werden dem Klärwasser ca. 0,16 kWh/s entzogen, was einer Kälteleistung von ca. 571 kW entspricht. Je nach Art und Nutzung der Wärmepumpe kann mit dieser Kälteleistung eine Heizleistung von ca. 800 kW erzeugt werden. Bei ca. 8.000 Volllaststunden ergibt dies eine Wärmemenge von ca. 6,4 GWh.

Die Kläranlage Maximiliansau zeigt einen mittleren Trockenwetterdurchfluss von 27,1 l/s. Das Potenzial ist somit vergleichbar mit der Kläranlage Schaidt.

Das Hebewerk 1 zeigt einen mittleren Trockenwetterdurchfluss von 35,6 l/s. Wird das Wasser z. B. um 5 °C abgekühlt, ergibt sich eine Kälteleistung von ca. 746 kW. Je nach Art und Nutzung der Wärmepumpe kann mit dieser Kälteleistung eine Heizleistung von ca. 1.000 kW erzeugt werden. Bei ca. 8.000 Volllaststunden ergibt dies eine Wärmemenge von ca. 8 GWh.

Das zukünftige Wärmenetz ist nur wenige Meter von diesem Hebewerk entfernt. Eine Abwasserwärmepumpe könnte z. B. als Erzeuger für das Wärmenetz dienen. Da das Heizkraftwerk sich an der anderen Seite von Wörth befindet, muss hydraulisch geprüft werden, ob eine Einspeisung bei der Kläranlage möglich wäre.

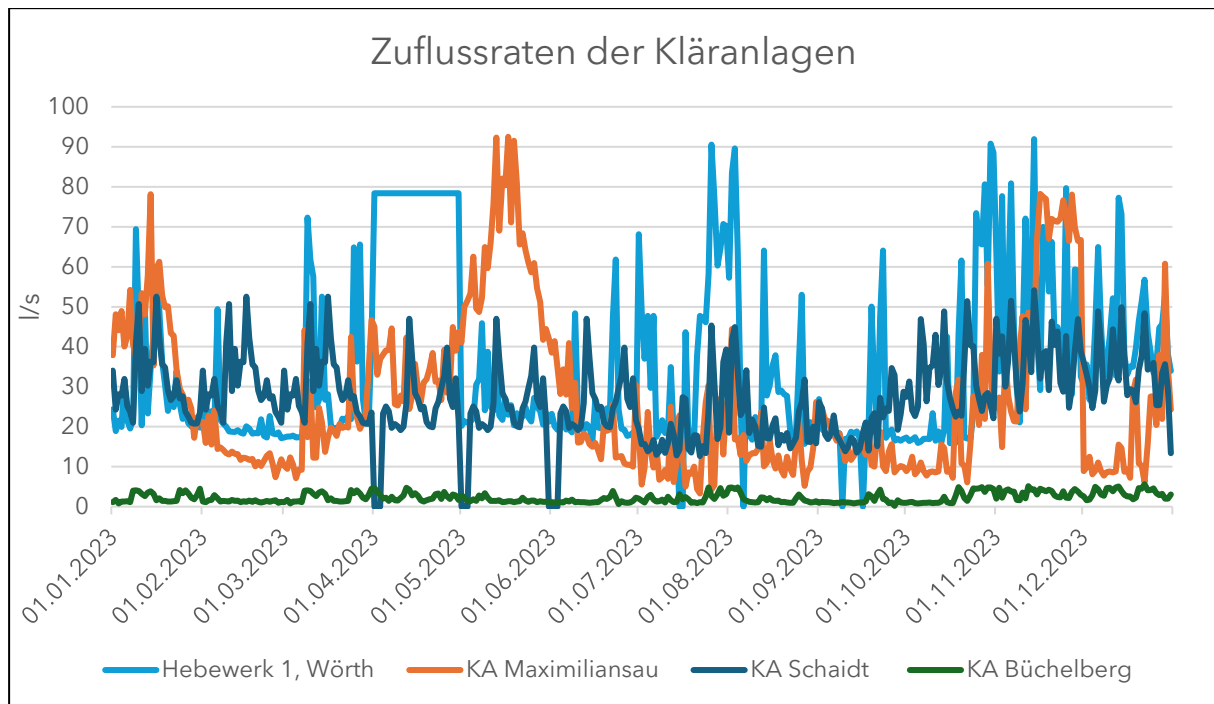


Abbildung 5-18: Zuflussraten der Kläranlagen in Wörth am Rhein 2023

Die Kosten der Nutzung der Umweltwärme sind hauptsächlich abhängig von den Kosten der Wärmepumpen sowie von ggf. anfallenden Erkundungs- oder Naturschutzarbeiten. Je nach Erkundungsarbeit können bei eventuellen 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)¹⁷

| 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 5-19: Spezifische Höhen der Gesamtinvestition von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der genutzten Wärmequelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

¹⁷ Praxisleitfaden Großwärmepumpen. 07.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V

Zudem ist anzumerken, dass die Investitionskosten der Wärmepumpe nur ca. 50 % der Gesamtkosten ausmachen (Abbildung 5-20).

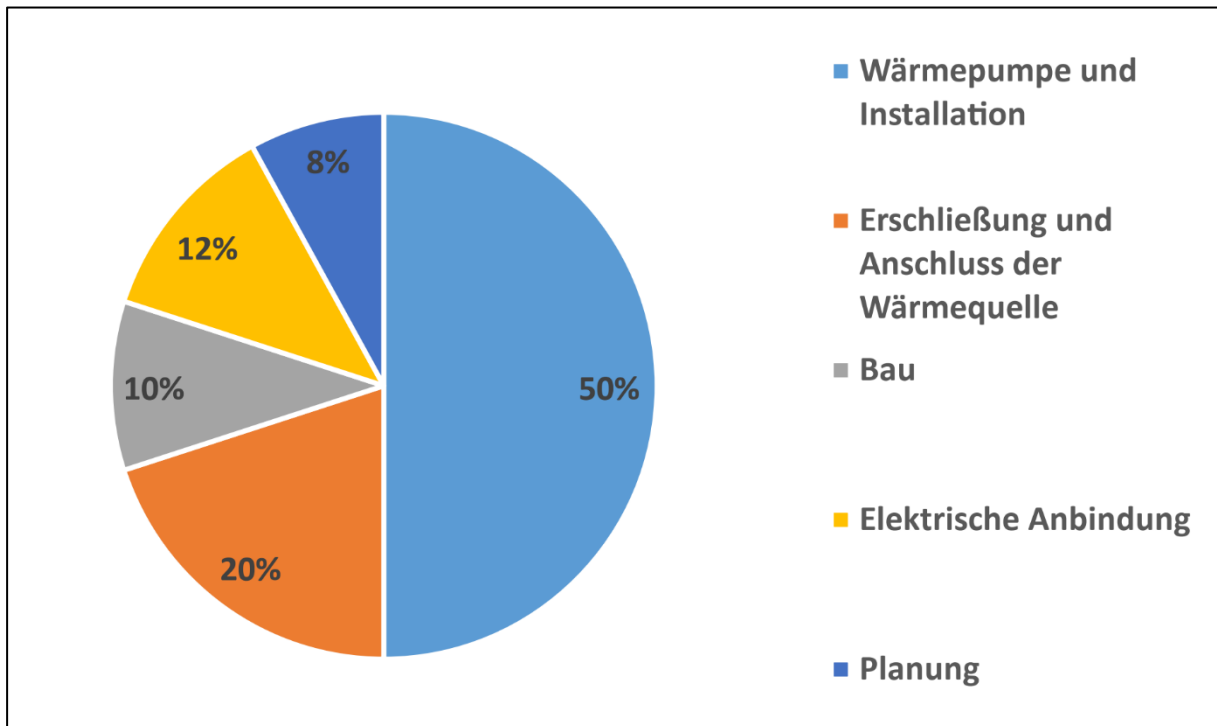


Abbildung 5-20: Aufteilung der Gesamtinvestition auf Einzelposten.
 Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023)

Die Nutzungsdauer und Kosten der drei verschiedenen Wärmepumpentechnologien gemäß VDI 2067 werden in Tabelle 5-4 dargestellt.

Tabelle 5-4: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067

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

5.4 Tiefe Geothermie

5.4.1 Hydrothermale Geothermie

Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie nutzt die hydrothermale Tiefengeothermie Aquifere in mehreren Tausend Metern Tiefe. Durch mindestens eine Förder- und eine Reinjektionsbohrung wird heißes Wasser aus der Tiefe nach oben gefördert, die Wärme über Wärmetauscher abgegeben und das Wasser 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.

Das Stadtgebiet von Wörth am Rhein befindet sich im Oberrheingraben (ORG), einer der vielversprechendsten hydrothermalen Regionen in Deutschland. Die geologischen Formationen des Buntsandsteins und des Oberen Muschelkalks bieten Potenziale für die hydrothermale Wärmeabgewinnung. Auf dem GeORG-Kartenviewer sind zu den genauen Lagen, Schichten und Temperaturen detaillierte Daten verfügbar. In Abbildung 5-21 ist beispielsweise zu sehen, dass bei 3.000 Metern Tiefe der Buntsandstein und obere Muschelkalk im Westen des Stadtgebietes erreichbar sind. Dieselben Schichten sind in Wörth und Maximiliansau bei Tiefen von 3.500–4.000 Metern zu erreichen, da die Gesteinschichtungen zum Rhein hin abfallen. Es wurden bereits seismische Untersuchungen in der Stadt durchgeführt, um die genaue Lage der Aquifere zu ermitteln. Der bevorzugte Standort für die Geothermieanlage liegt im Westen des Daimler-Werksgebietes.

Die nahe gelegene pfälzische Stadt Landau verfügt bereits seit 2006 über eine tiefe Geothermie-Dublette mit einer Endteufe von ca. 3.300 m. Bei dieser Anlage wird eine Förderfließrate von ca. 70 l/s und Temperaturen von ca. 155 °C erreicht. Eine 3,6 Megawatt ORC-Anlage (Organic Rankine-Cycle) setzt das rund 155 °C heiße Tiefenwasser in Elektrizität um¹⁸.

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 ist in der Ortsbezirken Wörth und Maximiliansau der Fall, sofern ausreichend hohe Anschlussquoten vor allem von Großverbrauchern erreicht werden und die beiden Ortsbezirke miteinander verbunden werden. Das Fündigkeitsrisiko (das Risiko, ein geothermisches Reservoir mit einer (oder mehreren) Bohrung(en) in nicht ausreichender Quantität oder Qualität zu erschließen) ist in der Stadt Wörth am Rhein aufgrund der großen Mengen an bereits erfolgten Untersuchungen in der Umgebung gering. Die Deutsche ErdWärme GmbH & Co. KG geht von einem Potenzial von 30 MW bei 8.300 Betriebsstunden aus.

¹⁸ www.tiefengeothermie.de/projekte/landau-der-pfalz

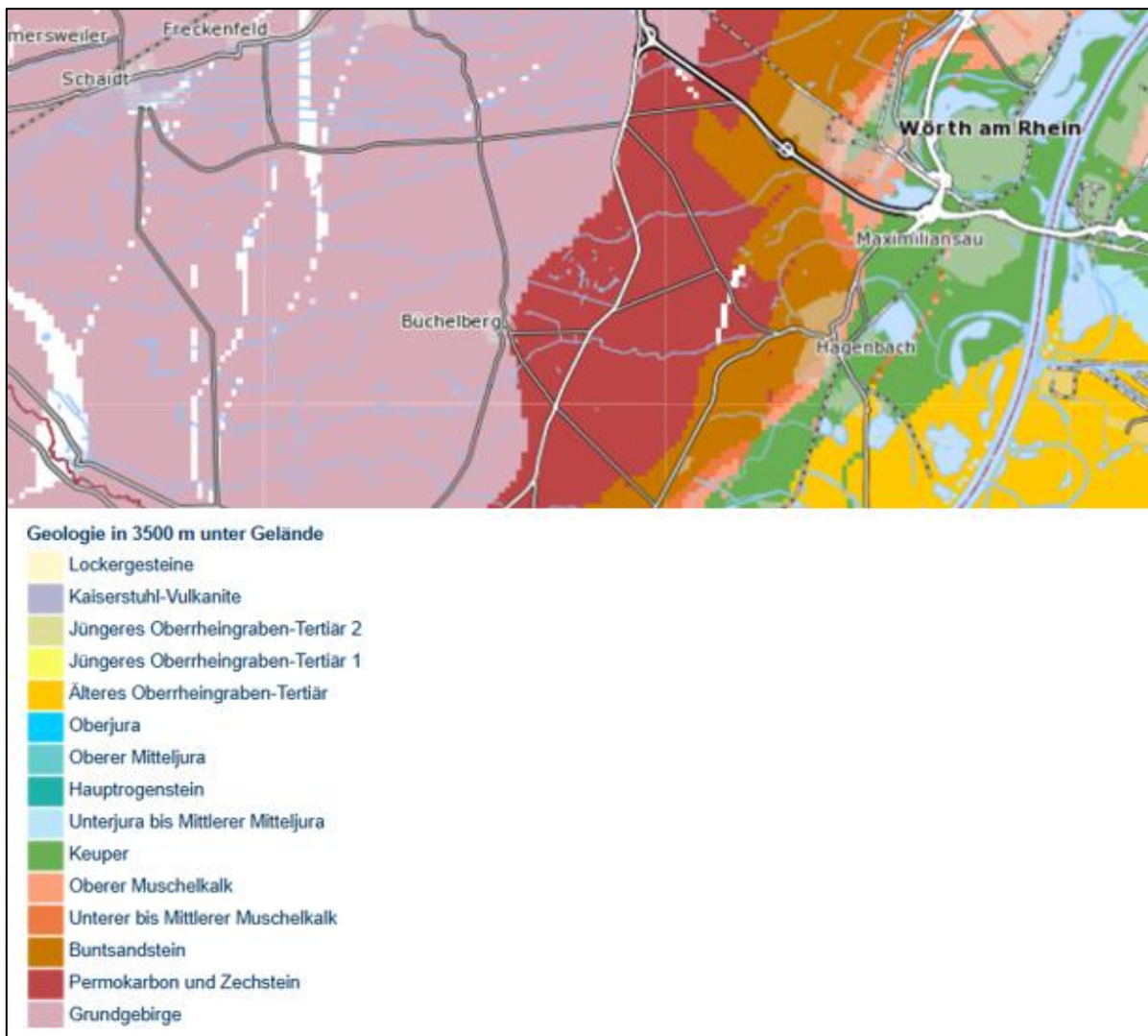


Abbildung 5-21: Geologischer Schnitt bei 3.500 Metern unter GOK.
Quelle: GeORG Kartenviewer

Tiefengeothermie hatte in dieser Umgebung wegen seismischer Ereignisse in der Vergangenheit einen negativen Ruf. Die Anlage in Landau wurde aufgrund diverser Zwischenfälle mehrere Jahre stillgelegt. Durch nahegelegene Anlagen, etwa in Insheim bei Landau oder das seit 16 Jahren zuverlässig laufende Tiefengeothermiewerk in Bruchsal, hat sich der Ruf von Tiefengeothermie jedoch in den letzten Jahren wieder deutlich verbessert. Zudem hat die Stadt bereits viel Öffentlichkeitsarbeit zu diesem Thema durchgeführt.

Als Fazit kann für die Tiefengeothermie in der Stadt Wörth am Rhein ein sehr hohes Potenzial bestätigt werden. Insofern ist auch die Gründung des WärmeWerk Wörth gemeinsam von Daimler Truck, EnBW und der Stadt Wörth am Rhein positiv zu sehen.

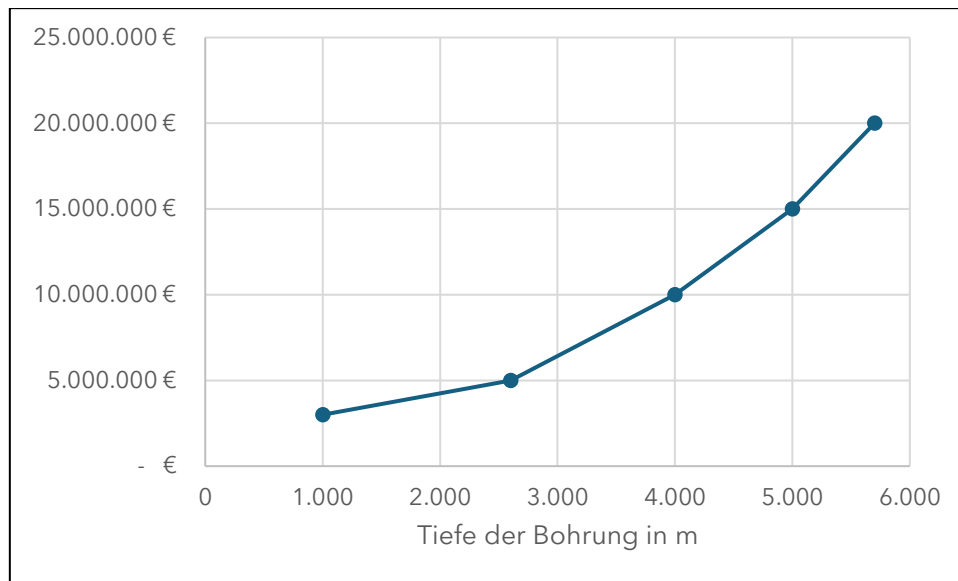


Abbildung 5-22: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine Tiefengeothermieanlage.
Datenquelle: AFGW Praxisleitfaden Tiefengeothermie

Die Kosten einer tiefen Geothermieanlage sind vor allem abhängig von den Bohrkosten. Eine Verteilung der Bohrkosten gemäß AGFW Praxisleitfaden 2023¹⁹ wird in Abbildung 5-22 dargestellt. 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 dazu²⁰.

5.4.2 Tiefe Erdwärmesonden

Eine weitere Option zur Nutzung der Tiefengeothermie ist die Einbringung von tiefen Erdwärmesonden. Dabei werden diese Sonden mehr als 400 m tief in das Erdreich eingebracht und fördern Wärme an die Oberfläche, welche mit Hilfe von hocheffizienten Wärmepumpen auf die nötige Vorlauftemperatur für Heizanlagen gebracht wird. Der Vorteil dieser Technik liegt darin, dass keine Heißwasser-Aquifere benötigt werden und damit das Fündigkeitsrisiko bei null liegt. Allerdings ist die erschließbare Leistung auf wenige Hundert kW begrenzt, so dass sich diese Technik eher für einzelne Großverbraucher oder als Wärmequelle in kleinen Nahwärmenetzen eignet²¹. 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 machen²². Bereits errichtete Bohrungen, z. B. für das GeORG Projekt, werden in Abbildung 5-23 dargestellt. Von den tieferen

¹⁹ *Praxisleitfaden Tiefengeothermie*. 06.2023, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

²⁰ Ebd.

²¹ *Erdwärme – die Energiequelle aus der Tiefe*. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand: April 2016

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

Bohrungen liegt jedoch keine in der Nähe der bebauten Gebiete. Eine Nutzung, wenn überhaupt möglich, ist somit unrealistisch.

Die Bohrkosten von neuen Anlagen richten sich analog der Bohrkosten der Tiefengeothermie je nach Tiefe. Die Kosten für eine Wärmepumpe richten sich nach den Kosten in Kapitel 5.3.

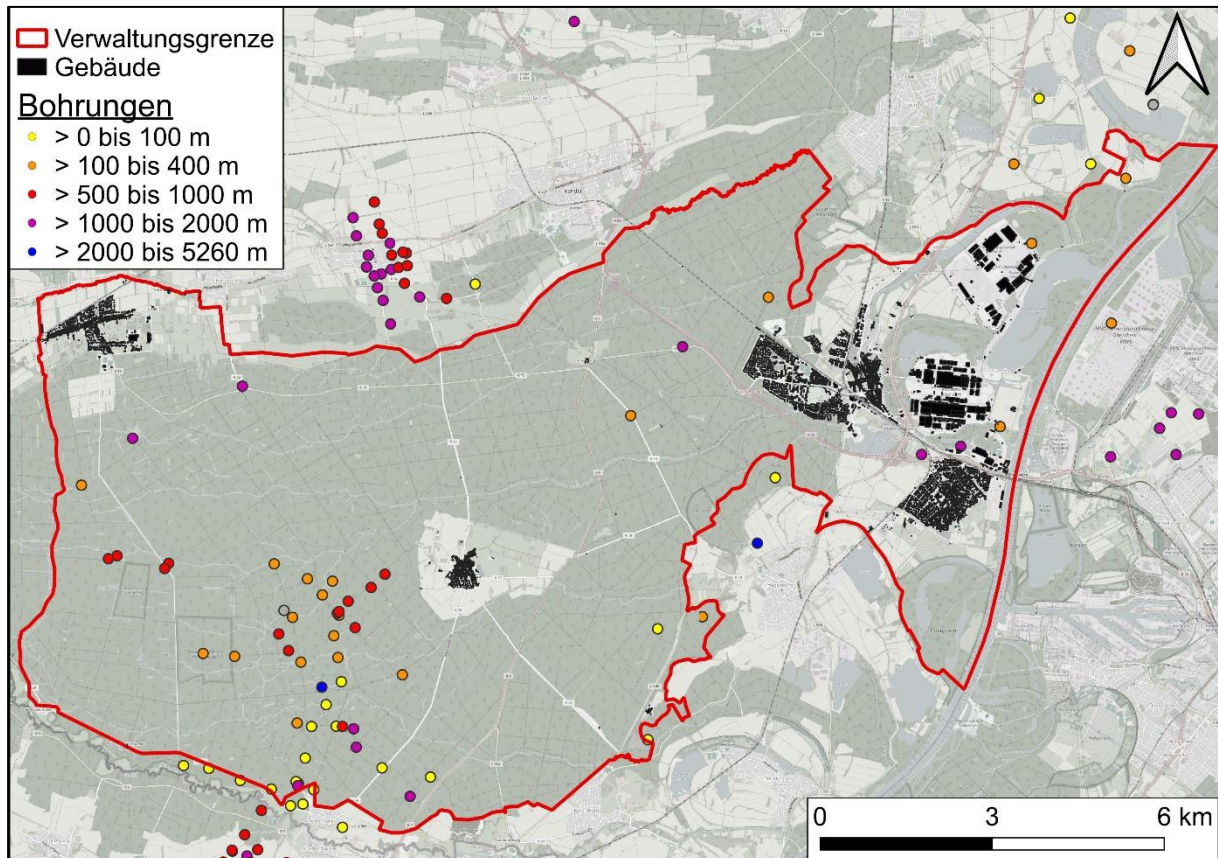


Abbildung 5-23: Vorhandene Bohrungen vom GeORG Projekt in der Stadt Wörth am Rhein.
Datenquelle: (Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
(Hrsg.), 2021)

5.5 Biomasse

Biomasse wird sowohl in kleinen Kesseln als auch in großen Anlagen verwertet. Das bekannteste Biomasseprodukt ist Holz. Laut Stadt verteilen sich die Waldflächen wie folgt:

Tabelle 5-5: Übersicht der Waldflächen im Stadtgebiet Wörth am Rhein

| | |
|---------------|-----------------|
| Wörth | 454 ha |
| Maximiliansau | 296 ha |
| Schaidt | 22 ha |
| Büchelberg | 4 ha |
| Bienwald | 9.118 ha |
| Summe | 9.894 ha |

Die durchschnittliche jährliche Holzzuwachsrates beträgt nach Forstamt Bienwald ca. $7 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{a})$. Auf 9.894 ha ergeben sich somit ca. 69.258 m^3 Potenzial aus Holz. Etwa 15-25 % dieses Holzes werden als Energieholz in Holzöfen, -heizungen und -heizzentralen gebraucht. Dies entspricht ca. $13.800 \text{ m}^3/\text{a}$. Bei einem gemischten Wert von ca. 2.500 kWh pro Festmeter ergibt sich somit für Wörth am Rhein ein **nachhaltiges Holzpotenzial** von **34,5 GWh/a**. Die Bundeswaldinventur 4 der Landesforsten RLP gibt sogar eine Holzzuwachsrates von $8,6 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{a})$ an²³. Mit diesen Zahlen ergäbe sich ein Potenzial von 42,39 GWh/a. Da der Bienwald, welcher den Großteil der verfügbaren Waldfläche ausmacht, ein Naturschutzgebiet ist, kann wahrscheinlich nur ein Teil dieses Potenziales tatsächlich genutzt werden. Zudem ist der Bienwald kein städtischer Forst, wodurch das Potenzial nicht nur Wörth am Rhein zuzurechnen ist.

Ein zusätzliches Biomassepotenzial befindet sich in den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungsvarianten, die sogenannte Energiepflanzen als Reststoffe erzeugen. Gemäß dem Fahrplan Energiewende Rheinland-Pfalz²⁴ wird das Potenzial von Energiepflanzen bereits ausgeschöpft. Ein zusätzlicher Anbau von Energiepflanzen entspricht nicht dem Ziel einer Selbstversorgung des Landes mit Lebens- und Futtermitteln im Rahmen der ökologischen Landwirtschaft. Die Ackerlandschaft in der Stadt Wörth am Rhein hat gemäß dem Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz ein hohes bis sehr hohes Ertragspotenzial, weshalb es vorrangig für die Nahrungsmittelproduktion verwendet werden soll.

Im Landkreis Germersheim befinden sich zwei Biogasanlagen mit einer Leistung von insgesamt 4.134 kW_{el}, jedoch beide außerhalb der Stadt Wörth am Rhein²⁵.

²³ Bundeswaldinventur 4 RLP. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität

²⁴ *Fahrplan Energiewende Rheinland-Pfalz*. 2010, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) Landesverband Rheinland-Pfalz e. V.

²⁵ *Biogasanlagen in Rheinland-Pfalz; Status Quo - Januar 2023*. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel

Das Biomassepotenzial der Stadt Wörth am Rhein ist somit insbesondere aufgrund des Holzpotentials als gut einzustufen, unter der Voraussetzung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen.

Die Kosten von Biomassekesseln 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 die Nutzungsdauer von Biomasseanlagen werden in Tabelle 5-6 dargestellt. Die Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen²⁶ wird in Abbildung 5-24 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass die Anschaffungskosten der Kessel nur ca. ein Drittel der Investition ausmachen.

Tabelle 5-6: 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 |

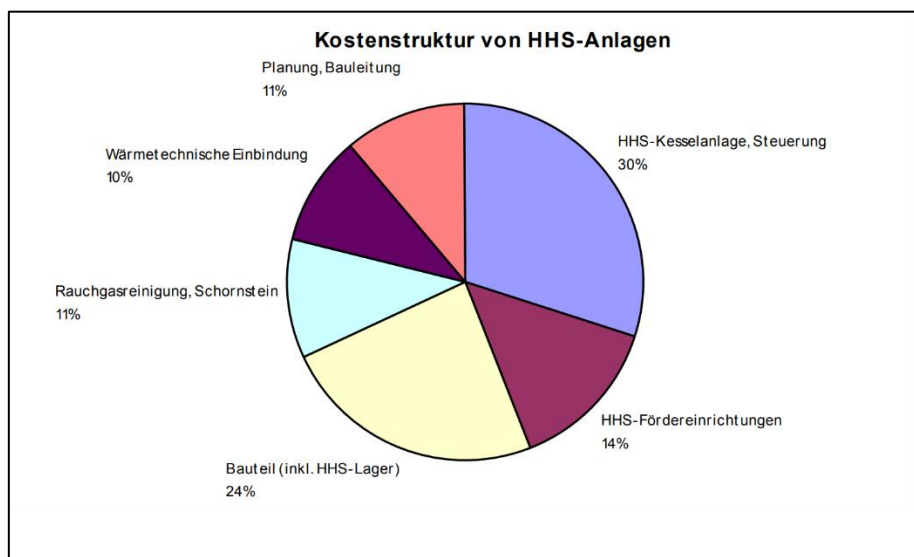


Abbildung 5-24: Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen. Quelle: Bremer Energie Institut

Beim Ausbau von klimaneutralen Heizanlagen werden zukünftig viele Biomasseanlagen gebaut. Der Holzbestand in Deutschland kann diese wachsende Nachfrage nicht für immer abdecken. Die steigende Holznachfrage und die damit verbundenen Engpässe in der Biomasseproduktion führen möglicherweise zu steigenden Preisen und Qualitätsmängeln.

²⁶ Bericht: Biomasseheizungen für Wohngebäude mit mehr als 1.000 m² Gesamtnutzfläche. 2007, Bremer Energie Institut

5.6 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Die Abfälle der Stadt Wörth am Rhein werden nach Pirmasens gebracht und dort verbrannt. Die Errichtung einer eigenen Anlage für Wörth am Rhein ist somit nicht sinnvoll.

Eine Klärschlammverbrennungsanlage gibt es in Wörth am Rhein nicht. Die Stadt Wörth am Rhein verfügt über wenig Einwohner und somit geringe Mengen an Klärschlamm. Zurzeit wird der gepresste Klärschlamm abtransportiert und einer externen Verbrennung zugeführt. Der Bau einer Monoverbrennungsanlage ist generell erst ab großen Mengen Klärschlamm wirtschaftlich und effizient²⁷. Für die Stadt Wörth am Rhein kommt diese Option somit zurzeit nicht in Frage.

Aus den Bächen des Stadtgebietes wird in regelmäßigen Abständen Schlamm entfernt, um die Gewässerqualität zu erhalten. Hypothetisch könnte dieser Schlamm ebenfalls der Verbrennung einer bestehenden Klärschlammverbrennungsanlage zugeführt werden, wenn eine Untersuchung einen ausreichend hohen Biomasseanteil feststellt. Da dieser Schlamm allerdings diskontinuierlich anfällt und die Stadt wie bereits erwähnt keine bestehende eigene Klärschlammverbrennung hat, ist eine Verwendung für Nahwärme voraussichtlich nicht sinnvoll.

5.7 KWK-Anlagen

Das Klärgas der Kläranlage wird bereits genutzt, um den Faulturm zu heizen. Überschüssige Wärme wird über eine Zwangskühlung abgegeben. Es liegen keine Angaben zum Überschuss vor. Laut Angaben der Kläranlagenbetreiber sind dies jedoch geringe Wärmemengen. Hier ergibt sich somit kein zusätzliches Potential. Das Potenzial für Biogas wurde im Kapitel Biomasse behandelt und ist bereits ausgeschöpft. Potenzielle Standorte für erdgasbetriebene KWK-Anlagen werden aufgrund der fossilen Energieträgerart hier nicht weiter betrachtet. Wasserstoffbetriebene KWK-Anlagen könnten zukünftig in der Stadt möglich sein. Im nachfolgenden Kapitel sind mehr Informationen zum Thema Wasserstoff in der Stadt Wörth am Rhein zu finden.

5.8 Wasserstoff

Wasserstoff ist in der Wärmeversorgung ein umstrittenes Thema. Am 22. Oktober 2024 genehmigte die Bundesnetzagentur (BNetzA) gemäß § 28q EnWG den Antrag der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) zur Errichtung des Wasserstoffkernnetzes in Deutschland. Das Kernnetz soll große Verbrauchs- und Erzeugungsstandorte von Wasserstoff in Deutschland verbinden und als langfristige Planungsgrundlage für die industriellen Großabnehmer dienen. Nach derzeitigem Planungsstand wird das Kernnetz zu 56 % aus umgewidmeten Erdgasleitungen bestehen.²⁸ Eine große Unsicherheit liegt im Moment in der Höhe der zukünftig aufgerufenen Preise. Die Prognosen, die aktuell in der Presse zu finden sind, sind oftmals Bereitstellungskosten. Diese lassen allerdings außer Acht, dass der

²⁷ FAQ zum Bau und Betrieb einer geplanten Klärschlammverbrennungsanlage in Köln-Merkenich. Stand: 01.12.2021, StEB Köln

²⁸ <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html> aufgerufen 10.02.2025

Wasserstoff in einem Markt gehandelt wird und sich dementsprechend ein Preis einstellen wird, in dem die Renditeerwartungen der Investoren und Anlagenbetreiber einkalkuliert sind. Zudem ist es wahrscheinlich, dass Anlagenbetreiber bzw. Exportländer mit günstigen Bereitstellungskosten ihre Marge erhöhen werden und auch zum globalen Wasserstoffpreis anbieten, anstatt die günstigen Standortvorteile an die Kunden weiterzugeben. Die Ergebnisse des „HYPAT“-Projektes von u. a. dena und Fraunhofer (ISE, ISI und IEG) prognostizieren für 2045 Großhandelspreise für Wasserstoff von 132 €/MWh in Deutschland, ohne dabei die Verteilnetzkosten zu berücksichtigen. Ein Einsatz von Wasserstoff in Gebäudewärme wird daher als unwahrscheinlich gesehen.²⁹

Im Optimalfall wird die Wasserstoffelektrolyse mit überschüssigem grünem Strom durchgeführt. Die selbstständige Produktion von Wasserstoff ist in der Stadt Wörth am Rhein zurzeit noch nicht klimaneutral durchführbar. Die Zukunft von Wasserstoff ist in Deutschland und so auch in Wörth am Rhein noch unsicher. Durch den Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen wird immer mehr grüner Strom produziert. Das Wasserstoffnetz wird erweitert und auch in der Nähe von Wörth am Rhein soll die Erdgasleitung gemäß Angaben der FNB Gas e.V. (Wasserstoff-Kernnetz 2032, gem. Antrag vom 22.07.2024) umgestellt werden.

Wasserstoff stellt aktuell noch keinen wirtschaftlichen oder klimaneutralen Wärmeerzeuger dar. 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 erheblich ändert. Ob und wann Wasserstoff die privaten Haushalte erreicht, ist noch nicht sicher. Für größere Anlagen ist dies vermutlich schon früher möglich. Wasserstoff könnte sich in der Stadt Wörth am Rhein als potenzieller Energieträger für die vorhandene Industrie erweisen, da er in Hochtemperaturprozessen Brennstoffe wie Erdgas ersetzen und große Wärmemengen effizient bereitstellen kann.

Eine Meta-Analyse von 54 unabhängige Studien³⁰ liefert jedoch sehr kritische Ergebnisse. Keine der 54 Studien ergab Vorteile durch die Benutzung von Wasserstoff in privaten Heizungen. Einzelne Studien erkennen jedoch potenzielle synergetische Effekte bei der Nutzung 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 Stadt Wörth am Rhein eine klare Strategie, wenn es um Wasserstoff geht. Die Stadt weist sehr viele gute und nachhaltige Erzeugungspotenziale auf, auf die zuerst zurückzugreifen ist. Wasserstoff soll zuerst nur in der Industrie eingesetzt werden.

²⁹ <https://hypat.de/hypat/> aufgerufen 10.02.2025

³⁰ Rosenow, J. (2023). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. Cell Reports Sustainability.

5.9 (Groß)Wärmespeicher

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

5.9.1 Pufferspeicher

Pufferspeicher speichern Wärme (oder Kälte) über kurze Zeiträume, im Normalfall 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 Pufferspeicher für die kurzfristige Spitzenlastabdeckung genutzt werden. Pufferspeicher werden von sehr klein ($< 1 \text{ m}^3$ für Einfamilienhäuser) bis sehr groß (8.000 m^3) hergestellt. In Wärmenetzen werden normalerweise Pufferspeicher zwischen ca. 50 und 500 m^3 eingesetzt. Zudem werden, z. B. aus Platzgründen, oft mehrere kleinere Pufferspeicher gebaut.

5.9.2 Saisonalwärmespeicher / Langzeitwärmespeicher

5.9.2.1 Behälter

Behälter-Wärmespeicher (TTES) werden zum Großteil im Boden integriert und aus Ortbeton gegossen. Die Innenseite des Behälters ist mit Edelstahl- oder Schwarzstahlblech ausgekleidet. Neuere Behälter gibt es mittlerweile auch ohne Beton, z. B. Stahlblech in GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) oder Stahlkonstruktion. Der Boden, das Dach und die Wände eines Behälters sind mit Schaumglaschotter (Boden) oder Blähglasgranulat (Wand und Dach) gedämmt. Behälter-Wärmespeicher verfügen über Schichtbeladeeinrichtungen, um eine Abkühlung aufgrund von Durchmischung der Temperaturschichten zu vermeiden.

Das Medium vom Behälter-Wärmespeicher ist Wasser. Behälter-Wärmespeicher können für drucklose Konditionen oder für Innendruckbedingungen angefertigt werden. Drucklose Behälter können Temperaturen bis zu 95 °C standhalten, zusätzlich befestigte Behälter über 100 °C . Behälter-Wärmespeicher werden erst ab einer Größe von 1.000 m^3 energetisch effizient. Bestehende Anlagen reichen bis zu ca. 12.000 m^3 , wobei GFK-Konstruktionen nur auf ca. 6.000 m^3 ausgelegt sind. Die Anlagen können mit adäquater Vegetation (z. B. Gras) bepflanzt werden, um sie besser in die Landschaft zu integrieren. Der aus dem Boden herausragende Teil wird nur als Grashügel wahrgenommen und ist für Personen begehbar. Der Boden soll eine hohe Belastbarkeit und einen tiefen Grundwasserstand (am besten unterhalb der Baugrubensole) 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/m^3 ³¹.

5.9.2.2 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 mit einem Verbau (z. B. Spundwand, Berliner Verbau, Bohrpfahlwand) versehen, so

³¹ *Saisonalpeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

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 in 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, die Baukosten sind jedoch dafür geringer³². In Erdbecken können Temperaturen von 80–95 °C erreicht werden^{33 34}. 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)³⁵.

5.9.2.3 Erdsonden

Erdsonden fungieren sowohl als direkte Wärmequelle als auch als Wärmespeicher. Voraussetzungen für Erdsonden sind unter anderem ein geeigneter geologischer Bodenaufbau. Geeignete Flächen für Erdwärmesonden werden im Kapitel 5.4.2 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 werden³⁶. In Deutschland gibt es hierfür eine scharfe Gesetzeslage

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

³³ 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).

³⁴ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

³⁵ *Saisonalspeicher*. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

³⁶ *Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling*. 03/2020, IEA DHC

(gemäß VDI 4640). Bei Speichertemperaturen über 20 °C sind Einflüsse auf konkurrierende Grundwassernutzungen bei der Anlagenplanung auszuschließen.

Erdwärmespeicher (BTES) werden normalerweise durch Solarthermieanlagen o. Ä. in den Sommermonaten mit Wärme befüllt. Die Wärme wird über das Medium Wasser durch die Erdsonden geführt, an das Verfüllmaterial abgegeben und nachfolgend in den Untergrund geleitet. Für die Wärmeentnahme wird die Strömungsrichtung umgekehrt. Erdsondenfelder können von der Oberseite mit einer Deckschicht versehen werden, die die Infiltration von Oberflächenwasser 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)³⁷. Der Untergrund zeigt 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.

5.9.2.4 Aquifer

Ein Aquifer-Wärmespeicher (ATES) ist abhängig von einem bereits bestehenden Aquifer im Untergrund, der mit Brunnenbohrungen erschlossen wird. Das Grundwasser, das geologisch eingeschlossen sein muss, dient als Speichermedium. 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 bilden³⁸. 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 ist bestimmt durch die Größe des Aquifers. An der Oberfläche sind nur die Brunnen sichtbar. Die übrige Fläche ist wie zuvor 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 Forschung³⁹. In Bestandsprojekten werden bereits mit Temperaturen von bis zu 90 °C gearbeitet (Gouda)⁴⁰.

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

³⁸ Ebd.

³⁹ Fleuchaus, P., Schüppler, S., Stemmler, R., Menberg, K., & Blum, P. (2021). Aquiferspeicher in Deutschland. *Grundwasser*, 26(2), 123-134.

⁴⁰ 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 5-7: 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 | Unter- grund | 90 °C | 20.000 m ³ | ++ | 15 - 30 kWh/m ³ |
| Aquifer | Grund- wasser | 90 °C | Lokal zu bestim- men, meist sehr groß | + | 30 - 40 kWh/m ³ |

5.9.2.5 Thermochemische Wärme- und Kältespeicher

Thermochemische Wärmespeicher basieren auf chemisch reversiblen Reaktionen sowie Ab- und Adsorptionsprozessen, wobei sehr hohe spezifische Wärmekapazitäten erreicht werden können. Bei der Speicherbeladung werden chemische und/oder physikalische Reaktionen durch zugeführte Wärme bewirkt. Die Entladung basiert auf der Umkehrbarkeit dieser Reaktionen. Je nach Medium können Temperaturen zwischen 50 und 500 °C oder manchmal bis zu 1450 °C erreicht werden. Diese Speichermethode ist daher gut geeignet für den Einsatz in Fernwärmenetzen. Thermochemische Wärmespeicher können die Wärme über einen langen Zeitraum mit nur sehr wenigen Verlusten speichern. Es gibt jedoch kaum thermochemische Wärmespeicher in Betrieb, da sie noch Bestandteil der aktuellen Forschung sind⁴¹.

5.9.2.6 Latentwärmespeicher

Zu den Latentwärmespeichern gehören Eisspeicher und Phasenwechselmaterialien-Speicher (PCM-Speicher). Aufgrund der sehr geringen Betriebstemperaturen⁴² eignen sich große Eisspeicher generell nur für den Einsatz in kalten Nahwärmenetzen. Eisspeicher sind deswegen für das Fernwärmenetz Würth am Rheins nicht geeignet.

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

⁴¹ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

⁴² Ebd.

derzeit noch keine ausreichend entwickelte Technologie, die im Fernwärmenetz Wörth am Rhein eingesetzt werden könnte⁴³.

5.9.2.7 Power-to-Heat-Anlage (Elektrodenheizkessel)

Das Prinzip Power-to-Heat (PtH) beschreibt eine Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme. Dies kann zum Beispiel mit Widerstands-Heißwasserkesseln oder mit Elektroden-Heißwasserkesseln geschehen. Eine Kombination von Wasserspeichern und PtH-Anlagen kann unter Umständen die Wirtschaftlichkeit erhöhen und wirkt sich positiv auf die Abdeckung von Spitzenlasten aus. Die Methode ist jedoch stark abhängig von (erneuerbarem) Strom und in welchen Mengen dieser kurzfristig vorhanden ist. Die Elektrodenheizkessel sind für Anschlüsse zwischen 5 und 20 kV ausgelegt. Aktuelle Projekte zeigen Leistungsklassen zwischen 550 kW_{th} und 100 MW_{th}. Sie eignen sich bei Wärmenetzen mit Vorlauftemperaturen zwischen 80 und 130 °C⁴⁴.

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

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



Abbildung 5-25: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein-Leopoldshafen.

Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung.

⁴³ *Thermische Energiespeicher für Quartiere*. 2021, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

⁴⁴ Ebd.

Die Installation von Puffer- und kleineren Behälterwärmespeichern ist auf Betriebsflächen sinnvoll, 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-Leopoldshafen gemacht wurde.

Die Kosten für Wärmespeicher richten sich nach der Komplexität der Herstellung sowie der Größe des Speichers. In der Abbildung 5-26 werden die Kosten pro m³ für verschiedene Saisonspeicher anhand von Projekten dargestellt. In der Regel sind Saisonspeicher auf eine Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren ausgelegt⁴⁵.

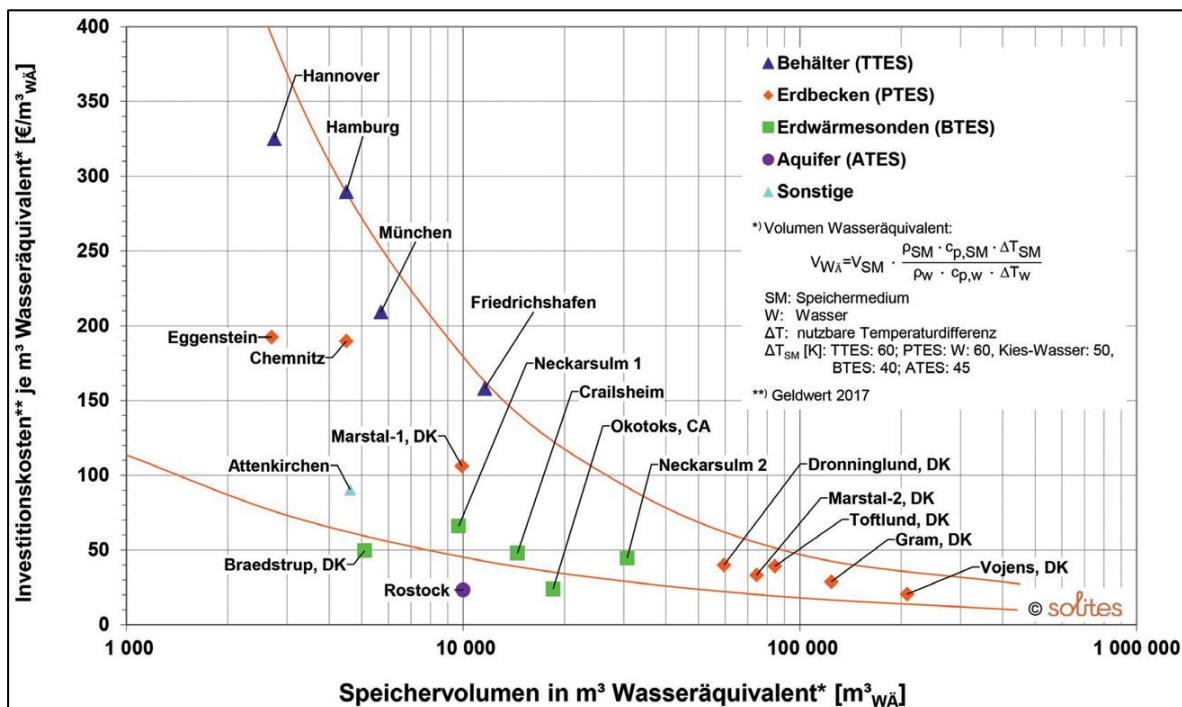


Abbildung 5-26: Kosten von verschiedenen Saisonspeichervarianten pro m³.

Quelle: Saisonspeicher.de

5.10 Zusammenfassung der Potenziale

Die vorhandenen Potenziale pro Ortsbezirk bzw. Gebiet in der Stadt Wörth am Rhein werden in Abbildung 5-27 zusammengefasst. Zudem werden in Abbildung 5-28 die Wärmegestehungskosten für typische dezentrale Versorgungsfälle gemäß einer Studie des Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln dargestellt⁴⁶.

⁴⁵ Saisonspeicher. Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

⁴⁶ Wärmegestehungskosten für verbrauchsnahe Wärmeerzeugung in Wohngebäuden. 2023, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln

| Energieträger | Abwärme | PV/ ST | Bio- masse | Biogas | Luft- wärme- pumpe | Erd- sonde | Erd- Kollektor | Grund- wasser- wärme | Fluss- wasser | Ab- wasser | Wasser- stoff | Tiefen- geo- thermie |
|--------------------|---------|-----------|---------------|--------|--------------------------|---------------|-------------------|----------------------------|------------------|---------------|------------------|----------------------------|
| Ortsbezirk | | | | | | | | | | | | |
| Wörth - Dorschberg | - | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Wörth Altort | - | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Wörth-Oberwald | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Maximiliansau | - | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Schaidt | - | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - |
| Büchelberg | - | - | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | - |

Abbildung 5-27: Theoretische energetische Potenziale pro Ortsbezirk / Gebiet

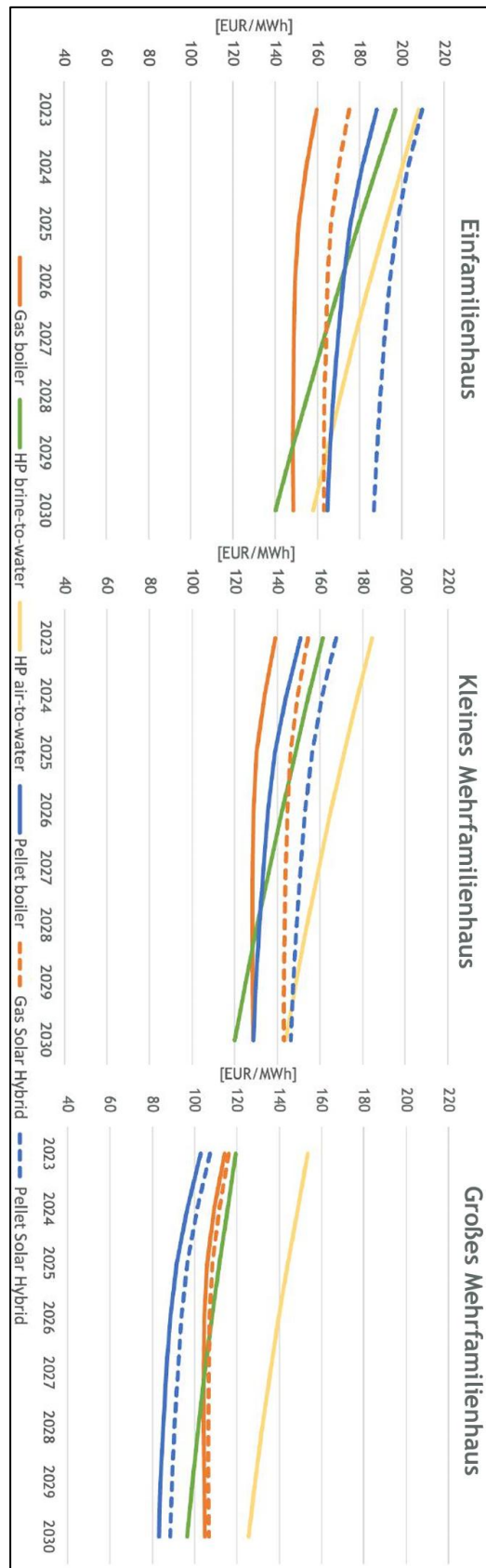


Abbildung 5-28: Wärmegestehungskosten in einem mittleren Preisszenario nach Gebäudetypen in Deutschland gemäß Studie des Energiewirtschaftliches Instituts an der Universität Köln

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile pro Energieträger beleuchtet.

Tabelle 5-8: Vor- und Nachteile der jeweiligen Energieträger

| Energieträger | Vorteile | Nachteile |
|-------------------------------|--|--|
| Solarthermie/ Photovoltaik | <ul style="list-style-type: none"> - Fast CO₂-frei - Langlebig - Hohe Vorlauftemperaturen möglich (110 °C) | <ul style="list-style-type: none"> - Teure Installation - Wärme oft dann verfügbar, wenn nicht benötigt - Funktioniert oft nicht als einziger Erzeuger |
| Biomasse | <ul style="list-style-type: none"> - Großflächig verfügbar und installierbar - Hohe Temperatur - Relativ billig | <ul style="list-style-type: none"> - Zunehmende Nachfrage - Sinkende Qualität - Nur CO₂-neutral, wenn nachhaltige Biomasse eingesetzt wird |
| Luftwärmepumpe | <ul style="list-style-type: none"> - Fast überall installierbar - Im Sommer hoher Coefficient of Performance (COP) | <ul style="list-style-type: none"> - Im Winter niedriger COP - Vorlauftemperatur < ca. 85 °C - Geräuschpegel |
| Erdsonden/-kollektoren | <ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Konstante Quelltemperaturen | <ul style="list-style-type: none"> - Auskühlung des Bohrlochs - Viele Restriktionen für Installation - Hohe Investitionskosten |
| Grundwasserwärmepumpe | <ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Konstante Quelltemperaturen | <ul style="list-style-type: none"> - Viele Restriktionen für Installation - Hohe Investitionskosten |
| Flusswasserwärmepumpe | <ul style="list-style-type: none"> - Hoher COP erreichbar - Sehr hohe Leistungen möglich | <ul style="list-style-type: none"> - Viele Restriktionen für Installation - Kompliziertes Genehmigungsverfahren - Hohe Investitionskosten - Schwankende Temperaturen |
| 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 |
| 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 Stadt Wörth am Rhein wurden für die Ortsbezirke Maximiliansau, Schaidt und Büchelberg sowie gebietsweise für Wörth Zielszenarien entwickelt. Aufgrund der unterschiedlichen Gebäudealtersklassen der einzelnen Gebiete in Wörth sowie ihrer räumlichen Verteilung ist für den Ortsbezirk Wörth eine Trennung in Wörth-Dorschberg, Wörth-Altort, Wörth-Abtswald und Wörth-Oberwald am zielführendsten. Die Bestands- und Potenzialanalyse bildet die Grundlage dieser Einteilung. Die Zielszenarien stellen in Fünf-Jahres-Schritten dar, wie sich die Wärmeversorgung der Stadt in den kommenden Jahren entwickeln kann. Die Wärmewendestrategie beschreibt, wie die Stadt diese Ziele erreichen will und kann. Nachfolgend werden im Maßnahmenkatalog konkrete Maßnahmen zur Umsetzung der Zielszenarien vorgestellt.

Aus dem Wärmekataster der Bestandsanalyse wurden Wärmelinien-dichten ($\text{kWh}/(\text{m}^*\text{a})$) bei Anschlussquoten von 60 % erstellt. Die Wärmelinien-dichten (Wärmebedarf pro Meter) liefern erste Erkenntnisse über die Wirtschaftlichkeit und die technische Eignung von potenziellen Wärmenetzen (Abbildung 6-1).

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

Abbildung 6-1: Wärmenetzzeignung in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte gemäß KWW Handlungsleitfaden Wärmeplanung

Die Umsetzbarkeit und die Priorität dieser Gebiete wurden nachfolgend unter verschiedenen Kriterien wie vorhandene Ankerkunden (z. B. Liegenschaften mit langfristig hohen Wärmebedarfen), erwartbarer Anschlussquote, Bestand von einem Wärme- oder Gasnetz, vorherrschende Potenziale erneuerbarer Energiequellen und generelle Risiken bewertet. Die Bewertung gemäß Leitfaden kommunale Wärmeplanung des KWW befindet sich in der Anlage 10. Abbildung 6-2 zeigt die Ergebnisse der Abstimmungen. Nachfolgend werden die Ortsbezirke und Gebiete mit Wärmenetzpotenzial detaillierter dargestellt.

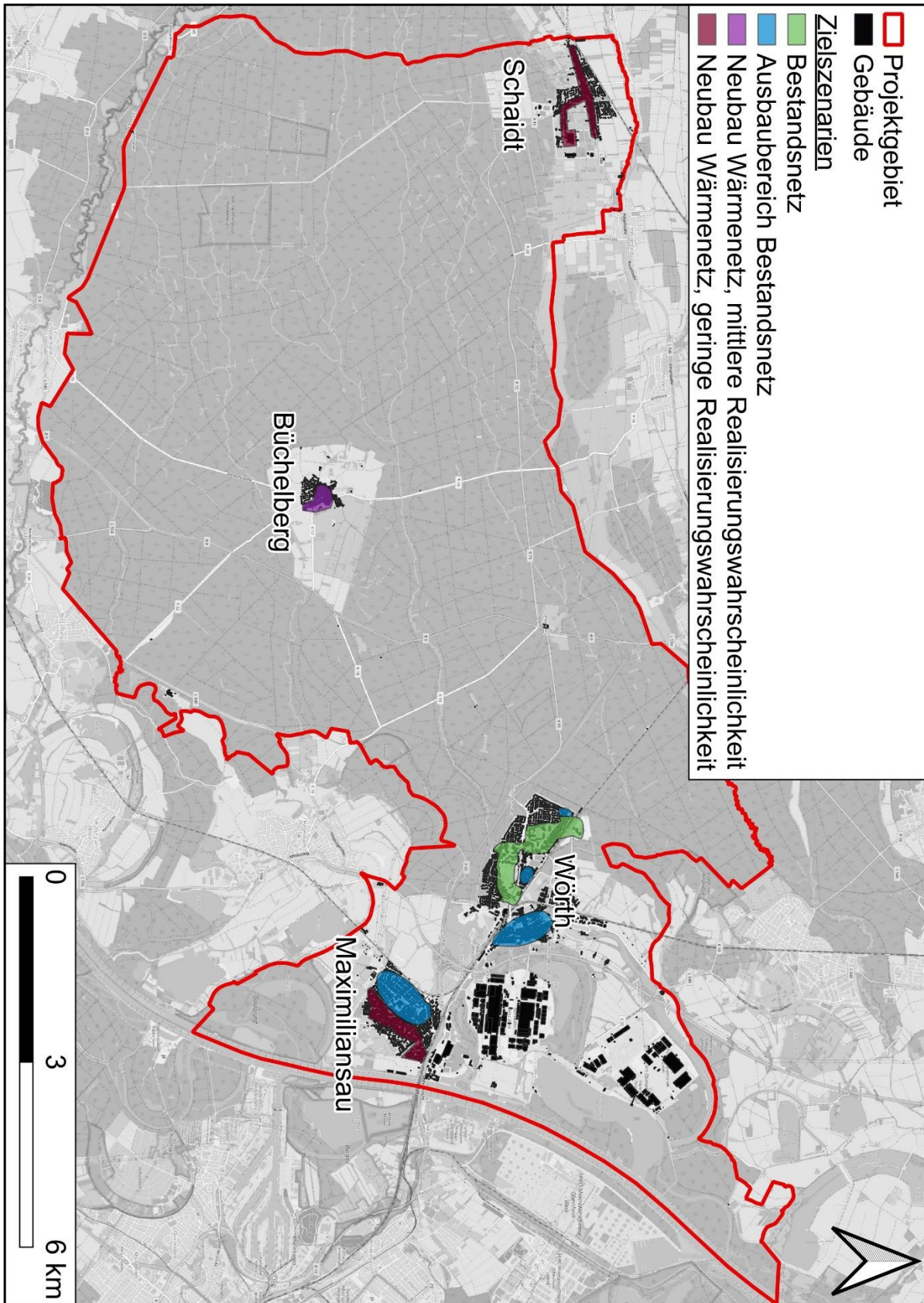


Abbildung 6-2: Kartographische Darstellung der Zielszenarien der Stadt Wörth am Rhein

6.1 Zielszenario Wörth-Dorschberg

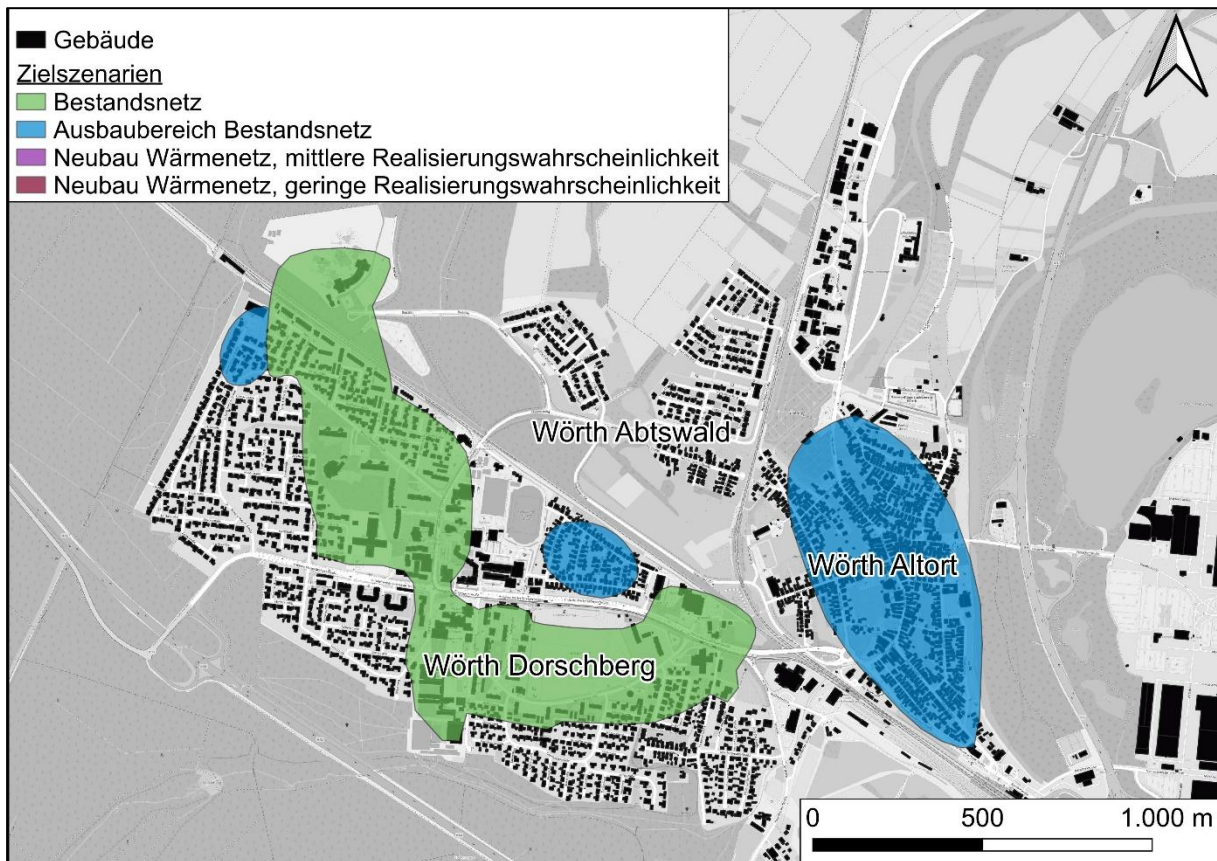


Abbildung 6-3: Zielszenarien von Wörth-Dorschberg, Wörth-Altort und Wörth-Abtswald

Das Zielszenario des Gebietes Wörth-Dorschberg sieht einen geringen Ausbau des Wärmenetzes vor. Ein Großteil vom Dorschberg wurde bereits mit dem Wärmenetz erschlossen. Die Ausbaupotenziale in den übrigen Bereichen des Dorschbergs sind gering. Geplant ist, das Wärmenetz zu einem großen Teil mit Wärme aus der geplanten Tiefengeothermieanlage zu versorgen. Die restliche Wärme soll vorübergehend mit dem derzeit bestehenden Biomassekessel erzeugt werden, bis ein klarer Erzeuger-Ausbauplan in einem Transformationsplan gemäß BEW definiert wurde. Der bevorzugte Standort für die Geothermieanlage befindet sich im Westen des Daimler-Werksgeländes. Die Pflanzwerke planen zunächst, den Dorschberg weiter auszubauen und Maximiliansau neu an das Fernwärmenetz anzuschließen. Der Altort wird erst zu einem späteren Zeitpunkt mit Fernwärme versorgt. Etwa 40 % des gesamten Wärmebedarfs des Dorschbergs soll zukünftig mit dem Wärmenetz gedeckt werden.

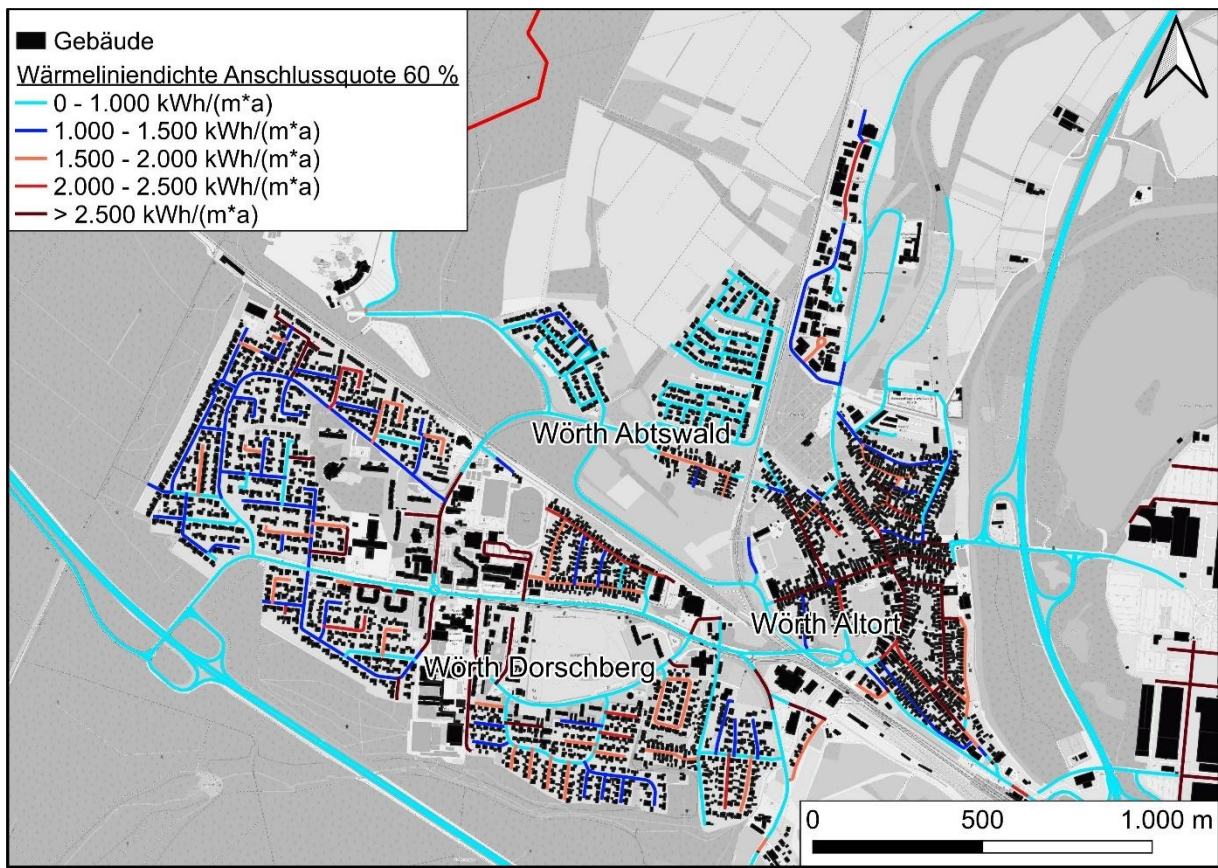


Abbildung 6-4: Wärmelinien dichten in den Gebieten Dorschberg, Altort und Abtswald

In der dezentralen Wärmeversorgung soll aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials hauptsächlich ein starker Ausbau von Wärmepumpen stattfinden. In Wörth-Dorschberg sind hierfür gute Potenziale (z.B. Grundwasser, Erdsonden, Luft) auch für größere Leistungsklassen (z.B. für Mehrfamilienhäuser, Hochhäuser) vorhanden. Solarthermie kann aufgrund der engen Bebauung nur einen kleinen Anteil der Wärme erzeugen. Der Ausbau von Biomasseanlagen soll aufgrund des beschränkten Potenzials bis auf das nötigste eingeschränkt werden.

Tabelle 6-1: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Wörth-Dorschberg

| Wörth-Dorschberg | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 50.599 | 100% | 44.836 | 100% | 41.573 | 100% | 38.547 | 100% | 35.742 |
| Dezentrale Wärme | 72% | 36.599 | 63% | 28.071 | 62% | 25.630 | 61% | 23.385 | 60% | 21.323 |
| davon Wärmepumpen | 12% | 4.480 | 24% | 6.737 | 43% | 11.021 | 62% | 14.499 | 79% | 16.845 |
| davon Biomasse | 13% | 4.708 | 13% | 3.649 | 14% | 3.588 | 16% | 3.742 | 16% | 3.412 |
| davon Fossil | 70% | 25.566 | 60% | 16.843 | 40% | 10.252 | 18% | 4.209 | 0% | - |
| davon Direktstrom | 5% | 1.845 | 1% | 281 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 2% | 561 | 3% | 769 | 4% | 935 | 5% | 1.066 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmeversorgung | 28% | 14.000 | 37% | 16.765 | 38% | 15.943 | 39% | 15.162 | 40% | 14.419 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Biomasse | 45% | 6.300 | 45% | 7.544 | 25% | 3.986 | 25% | 3.790 | 25% | 3.605 |
| davon Fossil | 55% | 7.700 | 5% | 838 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 50% | 8.382 | 75% | 11.957 | 75% | 11.371 | 75% | 10.814 |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 11.149 | t | 5.082 | t | 2.982 | t | 1.366 | t | 225 |

Für das Gebiet Wörth-Dorschberg wird im Zielszenario eine Sanierungsquote von 1,5 %/a angesetzt. Dies ist ein ambitioniertes Ziel und kann nur mit entsprechenden Maßnahmen (vgl. Kapitel 7) erreicht werden. Für die im Dorschberg vorliegenden homogenen Gebäudealter sind Gebäudesanierungen mittel- bis langfristig oft finanziell attraktiv.

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

6.2 Zielszenario Würth-Altort

Das Zielszenario des Gebietes Würth-Altort ([Abbildung 6-3](#)) sieht einen Ausbau des Wärmenetzes vom Dorschberg in den Altort vor. Ein Großteil von Würth-Dorschberg wurde bereits mit dem Wärmenetz erschlossen. Die Ausbaupotenziale im Altort sind grundsätzlich sehr gut, aufgrund der engen Bebauung und alten Straßen jedoch mit hohen Kosten und Aufwand verbunden. Die Pfalzwerke planen, den Altort erst nach der Erschließung von Maximiliansau an das Fernwärmenetz anzuschließen. Der aktuelle Zeitplan sieht dies ab etwa Mitte der 2030er Jahre vor. Aufgrund der hohen Wärmedichte und niedrigen Hauptleitungslängen kann der Ausbau dann schnell voranschreiten, damit im Jahr 2045 fast 40 % des Wärmebedarfs mit dem Wärmenetz gedeckt werden können.

In der dezentralen Wärmeversorgung soll aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials hauptsächlich ein starker Ausbau von Wärmepumpen stattfinden. Im Altort sind hierfür gute Potenziale (z.B. Grundwasser, Erdsonden, Luft) auch für größere Leistungsklassen (z.B. für Mehrfamilienhäuser) vorhanden. Solarthermie kann aufgrund der engen Bebauung nur einen kleinen Anteil der Wärme erzeugen. Der Aufbau von Wärmepumpen kann sich im Altort platztechnisch schwierig gestalten. Bei Luftwärmepumpen können unter Umständen die erforderlichen Abstände zu Nachbarn nicht eingehalten werden. Für Erdsonden und Grundwasserwärmepumpen kann es durch die beengten Platzverhältnisse ggf. schwierig bis unmöglich sein mit einem Bohrgerät an die erforderliche Stelle zu gelangen. Dadurch lässt sich ein etwas höherer Anteil an Biomasseheizungen realisieren, da diese teilweise als Ersatz für veraltete Ölkessel dienen können. Für die Gebäude, die weder eine Wärmepumpe noch einen Pelletkessel installieren können, stellt sich das Wärmenetz zukünftig als nachhaltige Alternative dar.

Für den Altort wird im Zielszenario eine Sanierungsquote von 1,5 %/a angesetzt. Dies ist ein ambitioniertes Ziel und kann nur mit entsprechenden Maßnahmen (vgl. Kapitel 7) erreicht werden.

Tabelle 6-2: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Wörth-Altort

| Wörth-Altort | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 26.746 | 100% | 23.700 | 100% | 21.975 | 100% | 20.376 | 100% | 18.893 |
| Dezentrale Wärme | 100% | 26.746 | 100% | 23.700 | 82% | 17.934 | 72% | 14.610 | 61% | 11.582 |
| davon Wärmepumpen | 3% | 806 | 20% | 4.740 | 40% | 7.173 | 60% | 8.766 | 80% | 9.266 |
| davon Biomasse | 4% | 1.166 | 7% | 1.659 | 10% | 1.793 | 12% | 1.753 | 15% | 1.737 |
| davon Fossil | 84% | 22.457 | 66% | 15.642 | 46% | 8.249 | 24% | 3.507 | 0% | -0 |
| davon Direktstrom | 9% | 2.317 | 5% | 1.185 | 1% | 179 | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 2% | 474 | 3% | 538 | 4% | 584 | 5% | 579 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmeversorgung | 0% | - | 0% | - | 18% | 4.042 | 28% | 5.765 | 39% | 7.310 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Biomasse | 0% | - | 0% | - | 25% | 1.010 | 25% | 1.441 | 25% | 1.828 |
| davon Fossil | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 75% | 3.031 | 75% | 4.324 | 75% | 5.483 |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 7.612 | t | 4.553 | t | 2.395 | t | 1.082 | t | 118 |

Aufgrund der zukünftig weiterhin anfallenden, jedoch geringen, CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98,5 % reduziert werden.

6.3 Zielszenario Wörth-Abtswald

Das Zielszenario des Ortsteils Wörth-Abtswald (Abbildung 6-3) sieht keinen Ausbau des Wärmenetzes vor. Der Abtswald besteht zum Großteil aus neueren Gebäuden, die bereits wenig Wärmebedarf vorweisen. Im Abtswald Teil C sind bereits große Mengen an Wärmepumpen vorhanden. Der Ausbau des Wärmenetzes in den Abtswald wäre voraussichtlich nicht wirtschaftlich umsetzbar. Aufgrund der vorhandenen Baualtersklassen ist für den Abtswald eine niedrigere Sanierungsquote im Zielszenario von 0,25 %/a hinterlegt. In der dezentralen Wärmeversorgung soll aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials ein starker Ausbau von Wärmepumpen stattfinden. Aufgrund der vorhandenen Dämmung in den Gebäuden und den vorherrschenden Platzverhältnissen können hier fast alle Formen von Wärmepumpen ohne Einschränkung eingesetzt werden. Im Abtswald sind hierfür gute Potenziale (z.B. Grundwasser, Erdsonden, Erdwärmekollektoren, Luft) vorhanden. Solarthermie kann ebenfalls einen kleinen Anteil der Wärme erzeugen.

Tabelle 6-3: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Wörth-Abtswald

| Wörth-Abtswald | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 4.200 | 100% | 4.167 | 100% | 4.165 | 100% | 4.113 | 100% | 4.062 |
| Dezentrale Wärme | 100% | 4.200 | 99% | 4.137 | 100% | 4.165 | 100% | 4.113 | 100% | 4.062 |
| davon Wärmepumpen | 36% | 1.509 | 50% | 2.068 | 65% | 2.707 | 85% | 3.496 | 95% | 3.859 |
| davon Biomasse | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Fossil | 58% | 2.417 | 48% | 1.986 | 32% | 1.333 | 11% | 452 | 0% | 0 |
| davon Direktstrom | 7% | 274 | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 2% | 83 | 3% | 125 | 4% | 165 | 5% | 203 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmeversorgung | 0% | - | 1% | 30 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Biomasse | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Fossil | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 973 | t | 687 | T | 451 | t | 168 | t | 19 |

Aufgrund der zukünftig weiterhin anfallenden, jedoch geringen, CO₂-Emissionen der Stromversorgung kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98 % reduziert werden.

6.4 Zielszenario Wörth-Oberwald

Im Oberwald befinden sich die zwei großen Industriefirmen Daimler und Palm, sowie wenige weitere Betriebe, die zusammen einen enormen Wärmebedarf darstellen. Der Wärmebedarf wird vor allem durch die zwei großen Industrieunternehmen verursacht. Das Zielszenario des Industriegebietes Oberwald ist stark abhängig von der Realisierung der Geothermiebohrung und der industriellen Wasserstoffversorgung als Ersatz für die fossilen Energieträger (hier hauptsächlich Erdgas). Für die Firma Palm wird eine gleichbleibende Produktion angenommen, wodurch gleiche Mengen industrieller Reststoffe in der Wärmeerzeugung anfallen. Die Wasserstoffversorgung für den Oberwald ist zum aktuellen Stand in etwa bis zum Jahr 2035 geplant. Ob das im tatsächlich realisierbar ist und mit welchem CO₂-Faktor der Wasserstoff zur Verfügung stehen kann, ist noch unklar.

Für das Industriegebiet Oberwald wird im Zielszenario eine Sanierungsquote von 0,25 %/a angesetzt. Dies ist für die großen Industriefirmen ein ambitioniertes Ziel und kann nur mit entsprechenden Maßnahmen erreicht werden.

Tabelle 6-4: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios Oberwald

| Industriegebiet Oberwald | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 1.087.764 | 100% | 1.066.198 | 100% | 1.052.937 | 100% | 1.039.841 | 100% | 1.026.907 |
| Dezentrale Wärme | 100% | 1.087.764 | 100% | 1.066.198 | 100% | 1.052.937 | 100% | 1.039.841 | 100% | 1.026.907 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 1% | 10.662 | 2% | 15.794 | 2% | 15.598 | 2% | 15.404 |
| davon Biomasse | 0% | 48 | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Fossil | 43% | 468.704 | 26% | 276.594 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Direktstrom | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 25% | 260.190 | 24% | 249.255 | 23% | 238.456 |
| davon industrielle Reststoffe | 57% | 619.012 | 58% | 619.012 | 59% | 619.012 | 60% | 619.012 | 60% | 619.012 |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 15% | 159.930 | 15% | 157.940 | 15% | 155.976 | 15% | 154.036 |
| Zentrale Wärmeversorgung | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Biomasse | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Fossil | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 209.686 | t | 168.851 | t | 132.134 | t | 130.566 | t | 113.846 |

Aufgrund der CO₂-Emissionen der Stromversorgung, industrieller Reststoffe 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 46 % reduziert werden. Die verbleibenden CO₂-Emissionen werden zu einem erheblichen Teil von den industriellen Reststoffen verursacht. Können diese Reststoffe effizienter und klimaneutraler hergestellt werden, so kann sich der CO₂-Ausstoß weiter senken.

6.5 Zielszenario im Ortsbezirk Maximiliansau

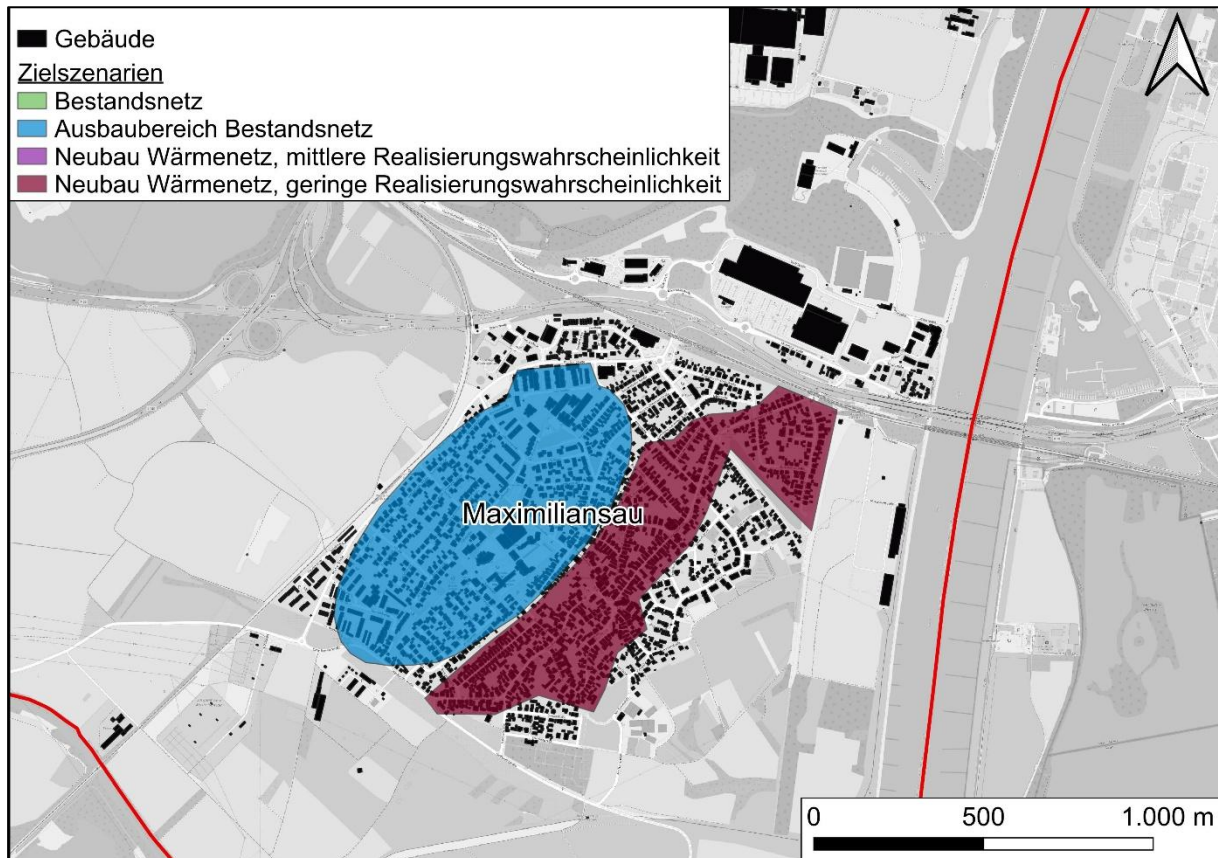


Abbildung 6-5: Zielszenario für den Ortsbezirk Maximiliansau

Das Zielszenario des Ortsbezirkes Maximiliansau sieht einen Ausbau des Wärmenetzes von Wörth aus vor. Zurzeit planen die Pfalzwerke vor allem den Ausbau des Wärmenetzes im westlichen Bereich von Maximiliansau. Grundsätzlich stellen sich die Wärmedichten im östlichen Teil von Maximiliansau ebenfalls positiv dar (Abbildung 6-6). Ob dieser östliche Teil von Maximiliansau zukünftig ebenfalls am Bestandsnetz angeschlossen wird oder gar in einem neuen Netz wiederfindet, lässt sich aktuell nicht prognostizieren und ist stark von der Entwicklung des Bestandsnetzes in den kommenden Jahren abhängig.

Aktuell planen die Pfalzwerke Maximiliansau in den nächsten 10 Jahren mit dem Wärmenetz zu erschließen. Die Ausbauplanung fokussiert sich vorübergehend auf den westlichen Bereich von Maximiliansau. In diesem Ausbauszenario kann bis 2045 etwa ein Drittel des Wärmebedarfs mit dem Wärmenetz gedeckt werden. Wird auch der östliche Bereich später noch erschlossen, so steigt der Anteil der zentralen Wärmeversorgung.

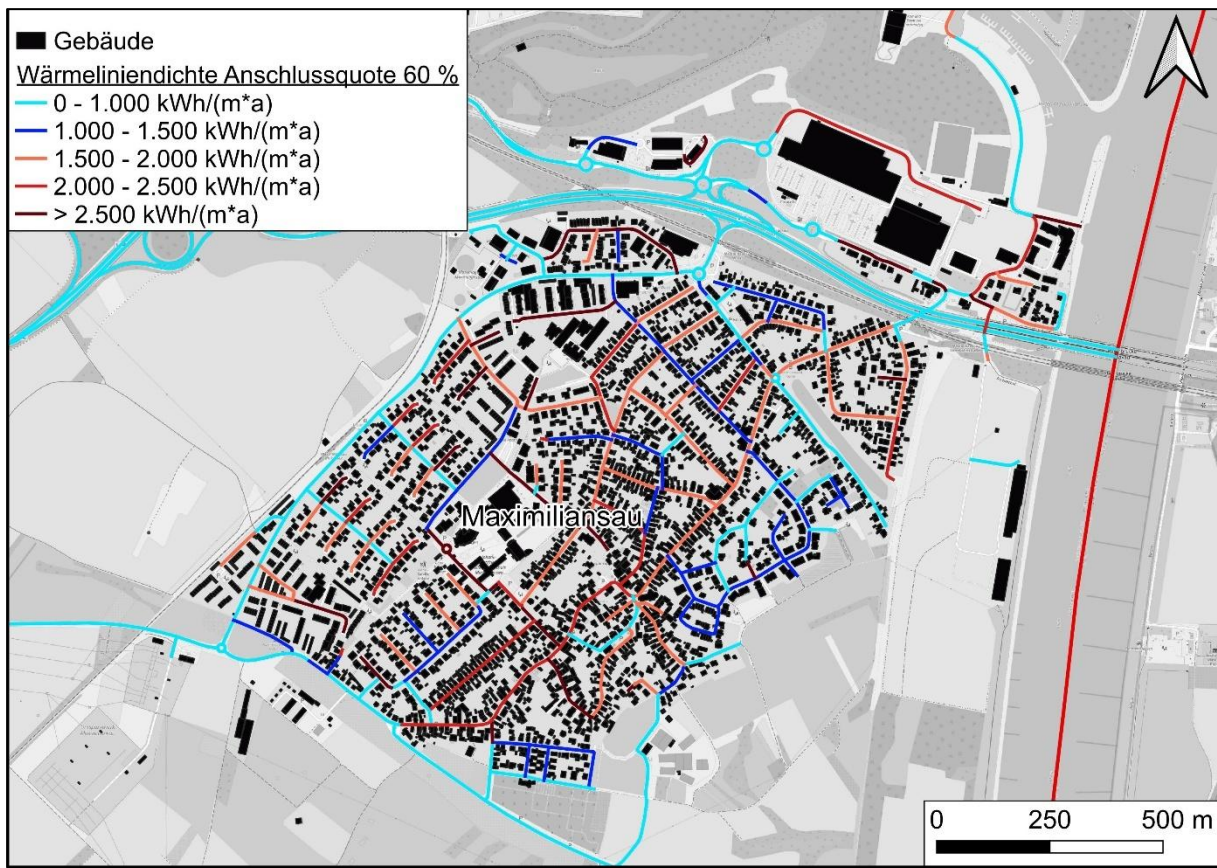


Abbildung 6-6: Wärmelinien dichten im Ortsbezirk Maximiliansau

In der dezentralen Wärmeversorgung soll aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials hauptsächlich ein starker Ausbau von Wärmepumpen stattfinden. In Maximiliansau sind hierfür gute Potenziale (z.B. Grundwasser, Erdsonden, Luft) auch für größere Leistungsklassen (z.B. für Mehrfamilienhäuser) vorhanden. Der Aufbau von Wärmepumpen kann sich in manchen eng-bebauten Straßen (z.B. Karlstraße) platztechnisch schwierig gestalten. Bei Luftwärmepumpen können unter Umständen die erforderlichen Abstände zu Nachbarn nicht eingehalten werden. Für Erdsonden und Grundwasserwärmepumpen kann es durch die beengten Platzverhältnisse ggf. schwierig bis unmöglich sein mit einem Bohrgerät an die erforderliche Stelle zu gelangen. Dadurch lässt sich ein etwas höherer Anteil an Biomasseheizungen realisieren, da diese teilweise als Ersatz für veraltete Ölkessel dienen können. Für die Gebäude, die weder eine Wärmepumpe noch einen Pelletkessel installieren können, stellt sich mindestens im westlichen Bereich das Wärmenetz zukünftig als nachhaltige Alternative dar.

Für Maximiliansau wird im Zielszenario eine Sanierungsquote von 1,5 %/a angesetzt. Dies ist ein ambitioniertes Ziel und kann nur mit entsprechenden Maßnahmen erreicht werden.

Tabelle 6-5: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Maximiliansau

| Maximiliansau | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 59.502 | 100% | 52.726 | 100% | 48.888 | 100% | 45.330 | 100% | 42.031 |
| Dezentrale Wärme | 100% | 59.502 | 100% | 52.726 | 76% | 37.096 | 72% | 32.714 | 68% | 28.700 |
| davon Wärmepumpen | 3% | 2.023 | 25% | 13.181 | 50% | 18.548 | 67% | 21.918 | 85% | 24.395 |
| davon Biomasse | 2% | 1.202 | 5% | 2.636 | 7% | 2.597 | 9% | 2.944 | 10% | 2.870 |
| davon Fossil | 90% | 53.691 | 68% | 35.854 | 40% | 14.838 | 20% | 6.543 | 0% | 0 |
| davon Direktstrom | 4% | 2.585 | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 2% | 1.055 | 3% | 1.113 | 4% | 1.309 | 5% | 1.435 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmeversorgung | 0% | - | 12% | 6.200 | 24% | 11.792 | 28% | 12.616 | 32% | 13.331 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Biomasse | 0% | - | 45% | 2.790 | 25% | 2.948 | 25% | 3.154 | 25% | 3.333 |
| davon Fossil | 0% | - | 5% | 310 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 50% | 3.100 | 75% | 8.844 | 75% | 9.462 | 75% | 9.998 |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 16.505 | t | 10.467 | t | 4.445 | t | 2.093 | t | 246 |

Aufgrund der zukünftig weiterhin anfallenden, jedoch geringen, CO₂-Emissionen der Stromversorgung und Biomasse kann eine vollständige CO₂-Neutralität ohne CO₂-negative Maßnahmen (wie z. B. Carbon Capture and Storage, CCS) nicht erreicht werden. Im vorliegenden Szenario würden die wärmebedingten CO₂-Emissionen jedoch um 98,5 % reduziert werden.

6.6 Zielszenario im Ortsbezirk Schaidt

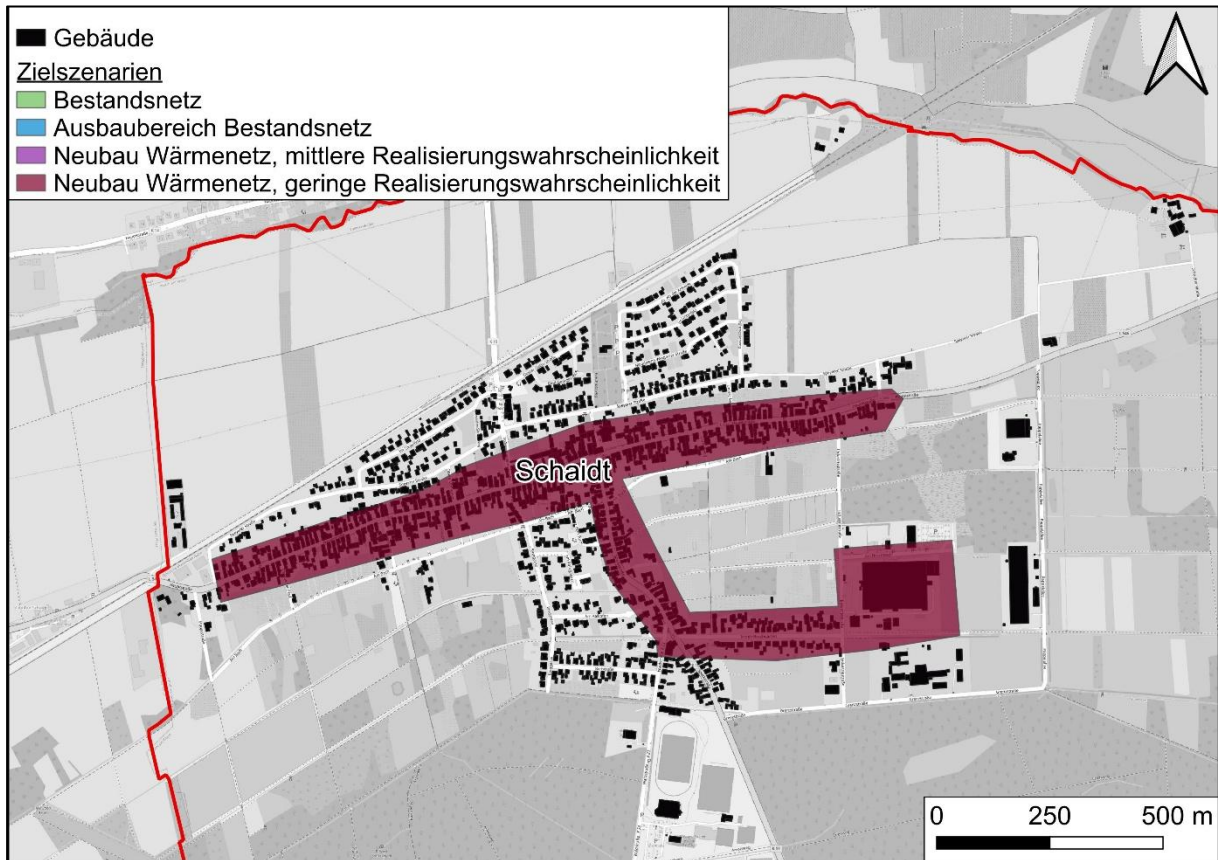


Abbildung 6-7: Zielszenario für den Ortsbezirk Schaidt

In Schaidt sind ausreichend hohe Wärmeliendichten vorhanden, um ein potenziell wirtschaftliches Wärmenetz zu errichten. Die nordöstlich von Schaidt befindliche Kläranlage bietet zudem ein Potenzial für den Einsatz einer Großwärmepumpe. Aufgrund des fehlenden Gasnetzes in Büchelberg sowie den Ausbauplänen der Pfalzwerke in Wörth und Maximiliansau stellt sich der Aufbau eines Wärmenetzes in Schaidt nicht prioritär als Maßnahme für die Stadt Wörth am Rhein dar. Nichtsdestotrotz ist es empfehlenswert eine Machbarkeitsstudie sowie ggf. eine Interessensumfrage durchzuführen, um das Wärmenetzpotenzial in Schaidt genauer abschätzen zu können. Mit dem Szenario, dass ein Wärmenetz ab dem mittleren 2030er Jahren in Schaidt aufgebaut wird, kann bis 2045 etwa ein Viertel des Wärmebedarfs mit dem Wärmenetz gedeckt werden.

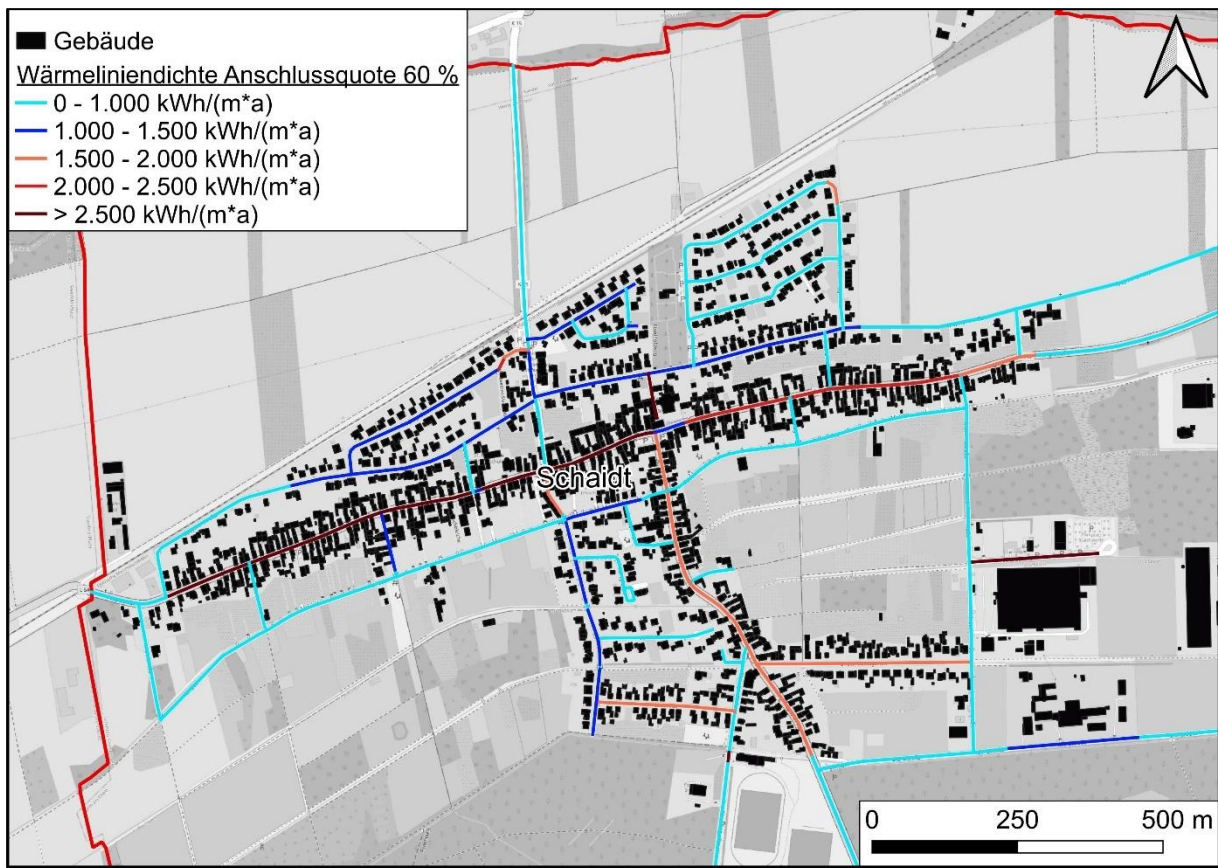


Abbildung 6-8: Wärmelinien dichten im Ortsbezirk Schaidt

In der dezentralen Wärmeversorgung soll aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials hauptsächlich ein starker Ausbau von Wärmepumpen stattfinden. In Schaidt sind hierfür gute Potenziale (z.B. Grundwasser, Erdsonden, Luft) vorhanden. Der Aufbau von Wärmepumpen kann sich in manchen eng-bebauten Straßen (z.B. Abschnitte der Hauptstraße) platztechnisch schwierig gestalten. Bei Luftwärmepumpen können unter Umständen die erforderlichen Abstände zu Nachbarn nicht eingehalten werden. Für Erdsonden und Grundwasserwärmepumpen kann es durch die beengten Platzverhältnisse ggf. schwierig bis unmöglich sein mit einem Bohrergerät an die erforderliche Stelle zu gelangen. Dadurch lässt sich ein etwas höherer Anteil an Biomasseheizungen realisieren, da diese teilweise als Ersatz für veraltete Ölkessel dienen können. Die Bereiche, die hiervon potenziell betroffen sind, stellen etwa 30 % des Wärmebedarfes von Schaidt dar. Ein Biomasseanteil von bis zu 15 % ist somit als realistisch zu sehen. Für die Gebäude, die weder eine Wärmepumpe noch einen Pelletkessel installieren können, stellt sich ggf. das Wärmenetz zukünftig als nachhaltige Alternative dar. Hier kann eine aktive Bürgerbeteiligung (vgl. Maßnahme Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen) ausschlaggebend sein.

Für Schaidt wird im Zielszenario eine Sanierungsquote von 1,5 %/a angesetzt. Dies ist ein ambitioniertes Ziel und kann nur mit entsprechenden Maßnahmen erreicht werden.

Tabelle 6-6: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Schaidt

| Schaidt | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 24.185 | 100% | 21.431 | 100% | 19.871 | 100% | 18.425 | 100% | 17.084 |
| Dezentrale Wärme | 100% | 24.185 | 100% | 21.431 | 94% | 18.776 | 86% | 15.886 | 75% | 12.846 |
| davon Wärmepumpen | 4% | 888 | 21% | 4.500 | 45% | 8.449 | 65% | 10.326 | 80% | 10.277 |
| davon Biomasse | 9% | 2.134 | 10% | 2.143 | 11% | 2.065 | 13% | 2.065 | 15% | 1.927 |
| davon Fossil | 86% | 20.799 | 67% | 14.359 | 41% | 7.698 | 18% | 2.859 | 0% | -0 |
| davon Direktstrom | 2% | 363 | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 2% | 429 | 3% | 563 | 4% | 635 | 5% | 642 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmeversorgung | 0% | - | 0% | - | 6% | 1.095 | 14% | 2.539 | 25% | 4.238 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 0% | - | 100% | 1.095 | 100% | 2.539 | 100% | 4.238 |
| davon Biomasse | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Fossil | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 6.029 | t | 4.199 | t | 2.324 | t | 943 | t | 111 |

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

6.7 Zielszenario im Ortsbezirk Büchelberg

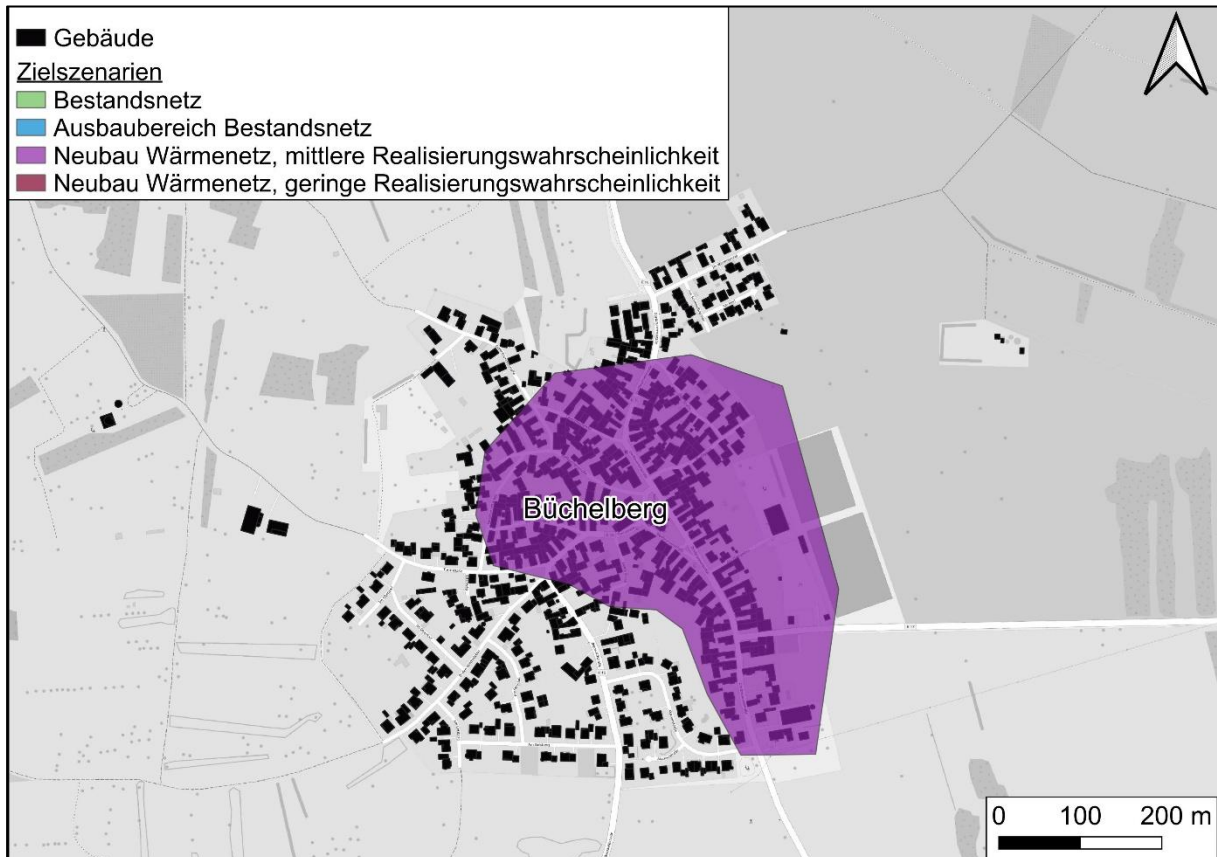


Abbildung 6-9: Zielszenario für den Ortsbezirk Büchelberg

Das Zielszenario des Ortsbezirkes Büchelberg sieht den Neubau eines Wärmenetzes vor. Grundsätzlich stellen sich die Wärmedichten im östlichen Teil von Büchelberg positiv für die Entwicklung eines Wärmenetzes dar. Für das geplante Wärmenetz auf Basis von Großwärmepumpen in Büchelberg hat sich bereits ein potenzieller Betreiber bei der Stadt gemeldet. In den nächsten Schritten kann detailliert geprüft werden, ob in Büchelberg akzeptable Wärmegegostehungskosten vorliegen. Ob das fehlende FFPV-Potenzial in Büchelberg einen erheblichen Nachteil für die möglichen Großwärmepumpen darstellt, muss zusätzlich berechnet werden. Mit diesem Ausbauszenario kann bis 2045 etwa ein Drittel des Wärmebedarfs von Büchelberg mit dem Wärmenetz gedeckt werden.

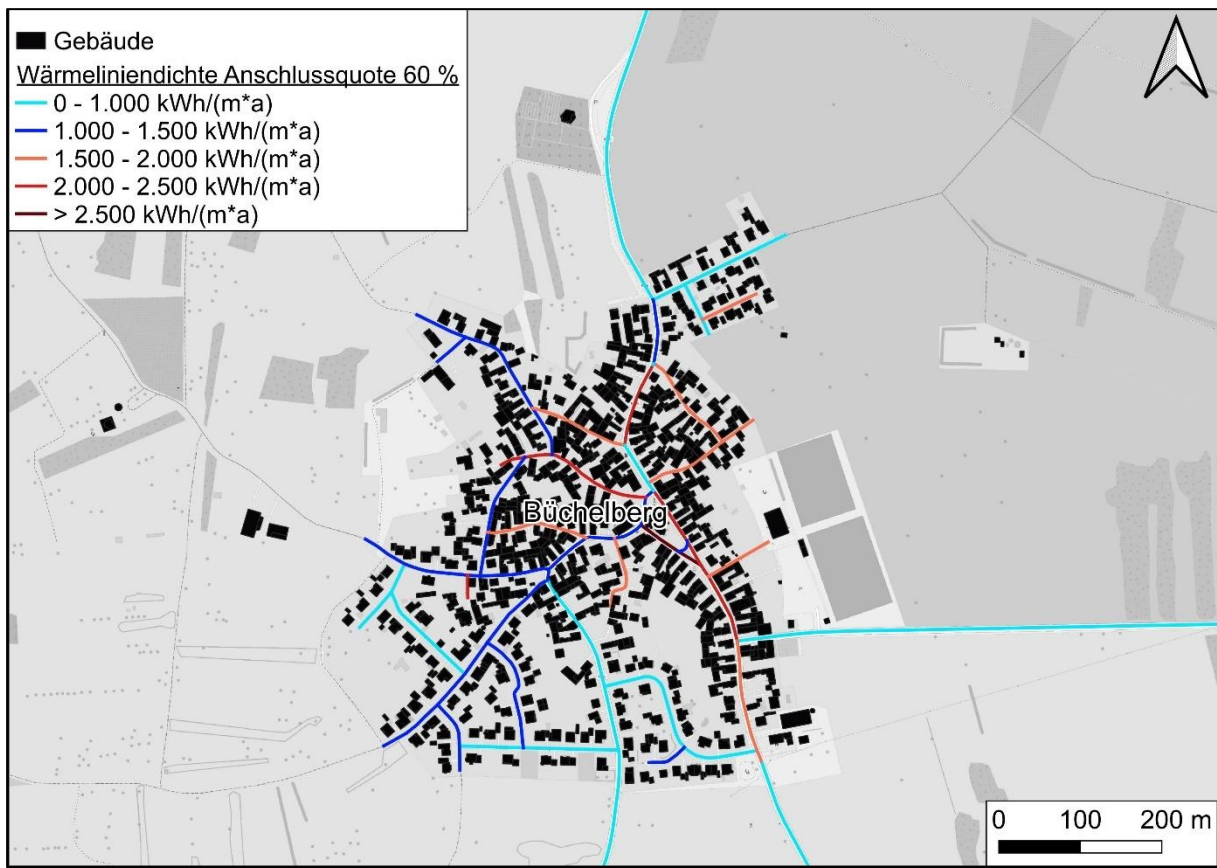


Abbildung 6-10: Wärmelinien dichten im Ortsbezirk Büchelberg

In der dezentralen Wärmeversorgung soll aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials hauptsächlich ein starker Ausbau von Wärmepumpen stattfinden. In Büchelberg sind hierfür gute Potenziale (z.B. Erdsonden, Luft) vorhanden. Der Aufbau von Wärmepumpen kann sich in manchen eng-bebauten Straßen (z.B. Westwallstraße) platztechnisch schwierig gestalten. Dadurch lässt sich ein etwas höherer Anteil an Biomasseheizungen realisieren, da diese teilweise als Ersatz für veraltete Ölkessel dienen können. Für die Gebäude, die weder Wärmepumpe noch Pelletkessel installieren können, stellt sich das Wärmenetz zukünftig als nachhaltige Alternative dar.

Für Büchelberg wird im Zielszenario eine Sanierungsquote von 1,5 %/a angesetzt. Dies ist ein ambitioniertes Ziel und kann nur mit entsprechenden Maßnahmen erreicht werden.

Tabelle 6-7: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Büchelberg

| Büchelberg | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 10.940 | 100% | 9.694 | 100% | 8.988 | 100% | 8.334 | 100% | 7.727 |
| Dezentrale Wärme | 100% | 10.940 | 94% | 9.120 | 84% | 7.575 | 74% | 6.149 | 69% | 5.297 |
| davon Wärmepumpen | 4% | 438 | 19% | 1.733 | 37% | 2.803 | 54% | 3.321 | 78% | 4.131 |
| davon Biomasse | 13% | 1.467 | 15% | 1.368 | 17% | 1.288 | 19% | 1.168 | 20% | 1.059 |
| davon Fossil | 83% | 9.035 | 66% | 5.974 | 45% | 3.409 | 26% | 1.568 | 0% | -0 |
| davon Direktstrom | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 1% | 46 | 1% | 76 | 2% | 92 | 2% | 106 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmeversorgung | 0% | - | 6% | 574 | 16% | 1.414 | 26% | 2.185 | 31% | 2.431 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 100% | 574 | 100% | 1.414 | 100% | 2.185 | 100% | 2.431 |
| davon Biomasse | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Fossil | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 2.881 | t | 1.560 | t | 915 | t | 449 | t | 54 |

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

6.8 Zielszenario der Stadt Wörth am Rhein

Tabelle 6-8: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Stadt Wörth am Rhein inkl. Industrie

| Wörth am Rhein inkl. Industrie | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|--------------------------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 1.263.936 | 100% | 1.222.751 | 100% | 1.198.397 | 100% | 1.174.966 | 100% | 1.152.446 |
| Dezentrale Wärme | 99% | 1.249.936 | 99% | 1.205.383 | 97% | 1.164.111 | 97% | 1.136.698 | 96% | 1.110.717 |
| davon Wärmepumpen | 1% | 10.144 | 4% | 43.622 | 6% | 66.495 | 7% | 77.924 | 8% | 84.177 |
| davon Biomasse | 1% | 10.726 | 1% | 11.456 | 1% | 11.331 | 1% | 11.673 | 1% | 11.005 |
| davon Fossil | 48% | 602.670 | 30% | 367.251 | 4% | 45.779 | 2% | 19.139 | 0% | - |
| davon Direktstrom | 1% | 7.385 | 0% | 1.466 | 0% | 179 | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 0% | 2.647 | 0% | 3.184 | 0% | 3.721 | 0% | 4.032 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 22% | 260.190 | 22% | 249.255 | 21% | 238.456 |
| davon industrielle Reststoffe | 49% | 619.012 | 51% | 619.012 | 53% | 619.012 | 54% | 619.012 | 56% | 619.012 |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 13% | 159.930 | 14% | 157.940 | 14% | 155.976 | 14% | 154.036 |
| Zentrale Wärmeversorgung | 1% | 14.000 | 2% | 23.568 | 3% | 34.286 | 3% | 38.267 | 4% | 41.728 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 2% | 574 | 7% | 2.509 | 12% | 4.724 | 16% | 6.668 |
| davon Biomasse | 0% | 6.300 | 44% | 10.334 | 23% | 7.944 | 22% | 8.386 | 21% | 8.765 |
| davon Fossil | 0% | 7.700 | 5% | 1.148 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeothermie | 0% | - | 49% | 11.482 | 70% | 23.833 | 66% | 25.158 | 63% | 26.295 |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 254.835 | t | 195.399 | t | 145.646 | t | 136.668 | t | 114.619 |

Das Zielszenario für die Stadt Wörth am Rhein basiert hauptsächlich auf dem Ausbau des Wärmenetzes, der Errichtung von diverser Wärmenetze sowie dem Einsatz von dezentralen Wärmepumpen. Die Nutzung der Erdgasnetze in der Stadt erfahren in den Zielszenarien einen deutlichen Rückgang. Eine Versorgung mit Wasserstoff für Sektor Private Haushalte ist aktuell nicht vorgesehen. Mittel- bis langfristig soll die Wärmeversorgung über das Gasnetz nahezu verschwinden. Sowohl in der dezentralen als auch in der zentralen Versorgung basiert die Strategie der Stadt teilweise auf nachhaltige Biomasse. Insgesamt soll gemäß den Zielszenarien im Jahr 2030 ca. 21.790 MWh/a Biomasse eingesetzt werden. Laut Kapitel 5.5 ergibt sich für die Stadt aktuell ein nachhaltiges Biomassepotenzial in Höhe von ca. 35.000 MWh/a. Die Stadt könnte somit den Energiebedarf aus Biomasse vollständig selbst decken. Die umliegenden Gemeinden (z.B. VG Kandel) verfügen selbst ggf. nicht über ausreichende Mengen Biomasse. Aus diesem Grund soll in Wörth am Rhein eine Übernutzung des vorhandenen Biomassepotenzials unbedingt verhindert werden. Durch Öffentlichkeitsarbeit bzw. Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen kann der Biomasseanteil weiter gesenkt werden, wodurch die Stadt weniger von anderen Kommunen und Landkreisen abhängig ist.

Die Zukunft der Stadt Wörth am Rhein ist stark abhängig von der lokalen Industrie. Werden nur geringe Effizienzsteigerungen bei den großen Industriefirmen erreicht, so kann dies enorme positive

Auswirkungen nach sich ziehen. Aufgrund der hohen Wärmemengen der Industrie können die Zielszenarien der Stadt am besten mit und ohne Industrie betrachtet werden.

Tabelle 6-9: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Stadt Wörth am Rhein exkl. Industrie

| Wörth am Rhein exkl. Industrie | 2022 | | 2030 | | 2035 | | 2040 | | 2045 | |
|---------------------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| | % | MWh | % | MWh | % | MWh | % | MWh | 2045 | MWh |
| Wärmeverbrauch | 100% | 176.172 | 100% | 156.554 | 100% | 145.461 | 100% | 135.125 | 100% | 125.538 |
| Dezentrale Wärme | 92% | 162.172 | 89% | 139.185 | 76% | 111.175 | 72% | 96.858 | 67% | 83.810 |
| davon Wärmepumpen | 6% | 10.144 | 24% | 32.960 | 46% | 50.701 | 64% | 62.326 | 82% | 68.773 |
| davon Biomasse | 6% | 10.678 | 8% | 11.456 | 10% | 11.331 | 12% | 11.673 | 13% | 11.005 |
| davon Fossil | 76% | 133.966 | 65% | 90.657 | 41% | 45.779 | 20% | 19.139 | 0% | -0 |
| davon Direktstrom | 4% | 7.385 | 1% | 1.466 | 0% | 179 | 0% | - | 0% | - |
| davon Solarthermie | 0% | - | 2% | 2.647 | 3% | 3.184 | 4% | 3.721 | 5% | 4.032 |
| davon Wasserstoff | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon industrielle Reststoffe | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeother- mie | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| Zentrale Wärmever- sorgung | 8% | 14.000 | 15% | 23.568 | 24% | 34.286 | 28% | 38.267 | 33% | 41.728 |
| davon Wärmepumpen | 0% | - | 2% | 574 | 7% | 2.509 | 12% | 4.724 | 16% | 6.668 |
| davon Biomasse | 0% | 6.300 | 44% | 10.334 | 23% | 7.944 | 22% | 8.386 | 21% | 8.765 |
| davon Fossil | 0% | 7.700 | 5% | 1.148 | 0% | - | 0% | - | 0% | - |
| davon Tiefengeother- mie | 0% | - | 49% | 11.482 | 70% | 23.833 | 66% | 25.158 | 63% | 26.295 |
| CO₂ Ausstoß gesamt | t | 45.150 | t | 26.548 | t | 13.513 | t | 6.102 | t | 773 |

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

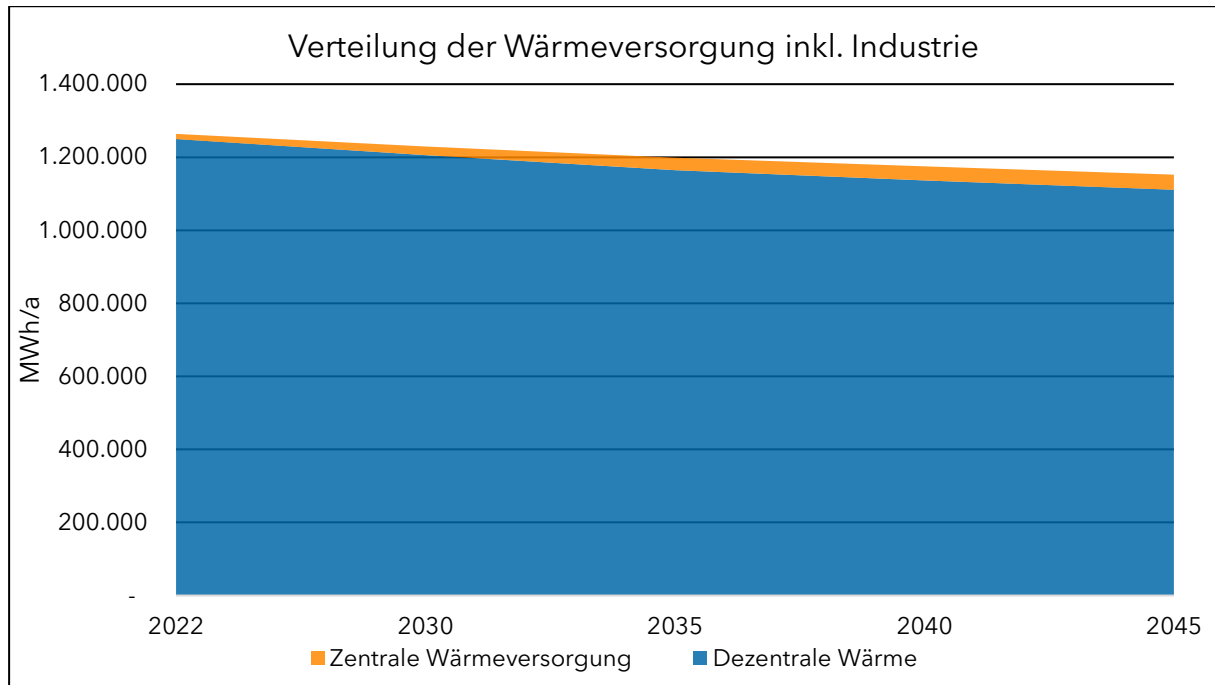


Abbildung 6-11: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Stadt Wörth (inkl. Industrie) am Rhein in den Zieljahren des Zielszenarios

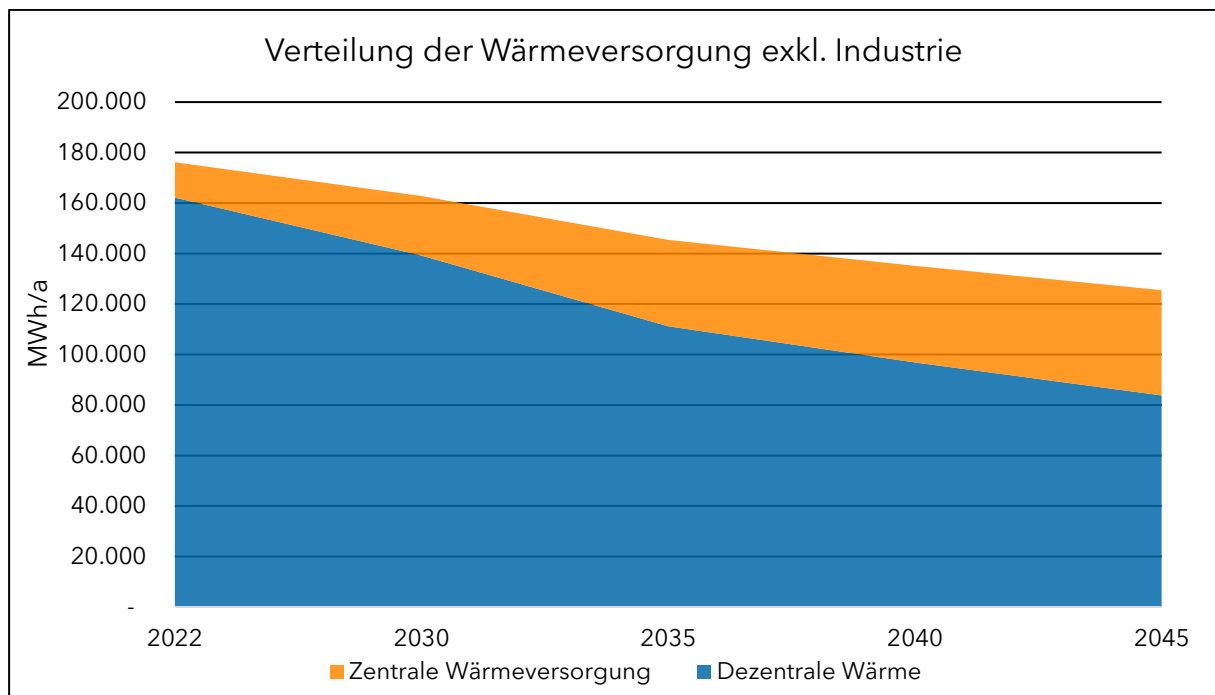


Abbildung 6-12: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein (exkl. Industrie) in den Zieljahren des Zielszenarios

Bei den Verteilungen der Energieträger in den Zielszenarien spielen die industriellen Mittel eine sehr große Rolle. Auch hier ist eine separate Betrachtung erforderlich. Beim Szenario inklusive Industrie spielen die industriellen Reststoffe, Geothermie sowie Wasserstoff eine sehr große Rolle.

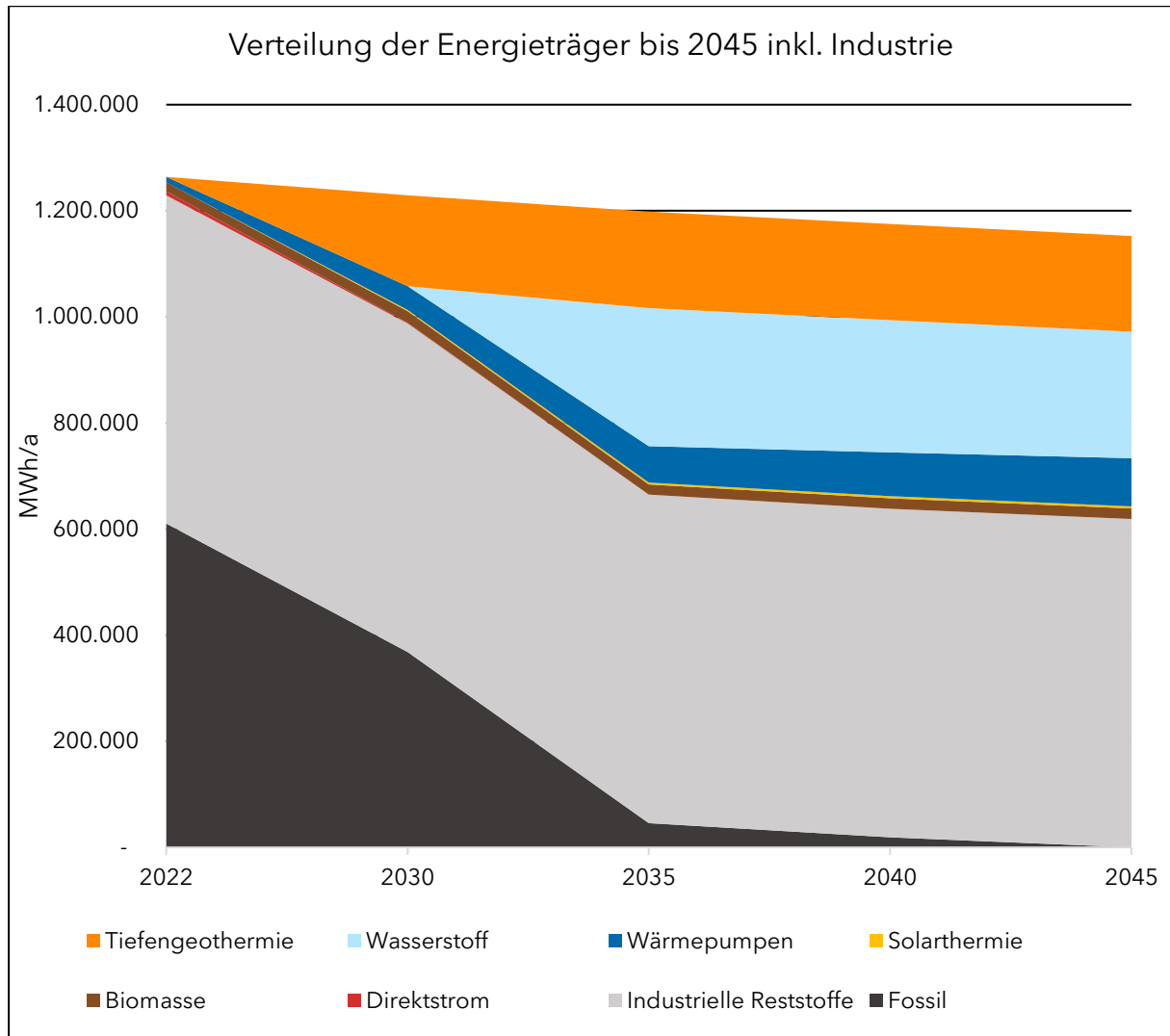


Abbildung 6-13: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein mit Industrie in den Zieljahren des Zielszenarios

Beim Szenario ohne Industrie wird deutlich, dass Wärmepumpen eine sehr große Rolle in der Wärmeversorgung spielen sollen.

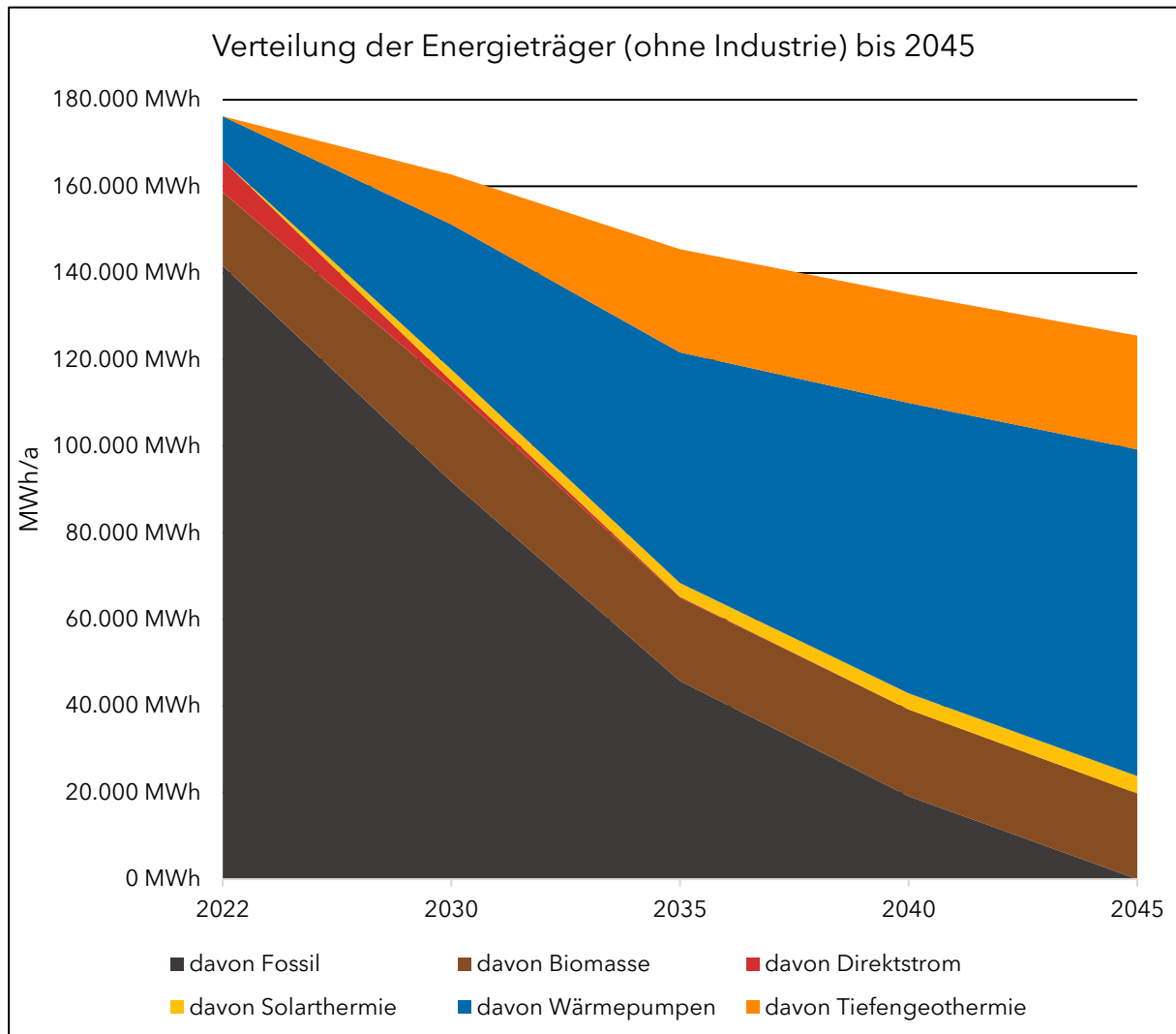


Abbildung 6-14: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein ohne Industrie in den Zieljahren des Zielszenarios

Auch bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen zeigen sich große Unterschiede in der Betrachtung mit und ohne Industrie. Die verbleibenden CO₂-Emissionen der Industrie basieren zum Großteil auf industriellen Reststoffen sowie auf Emissionen durch (blauen) Wasserstoff.

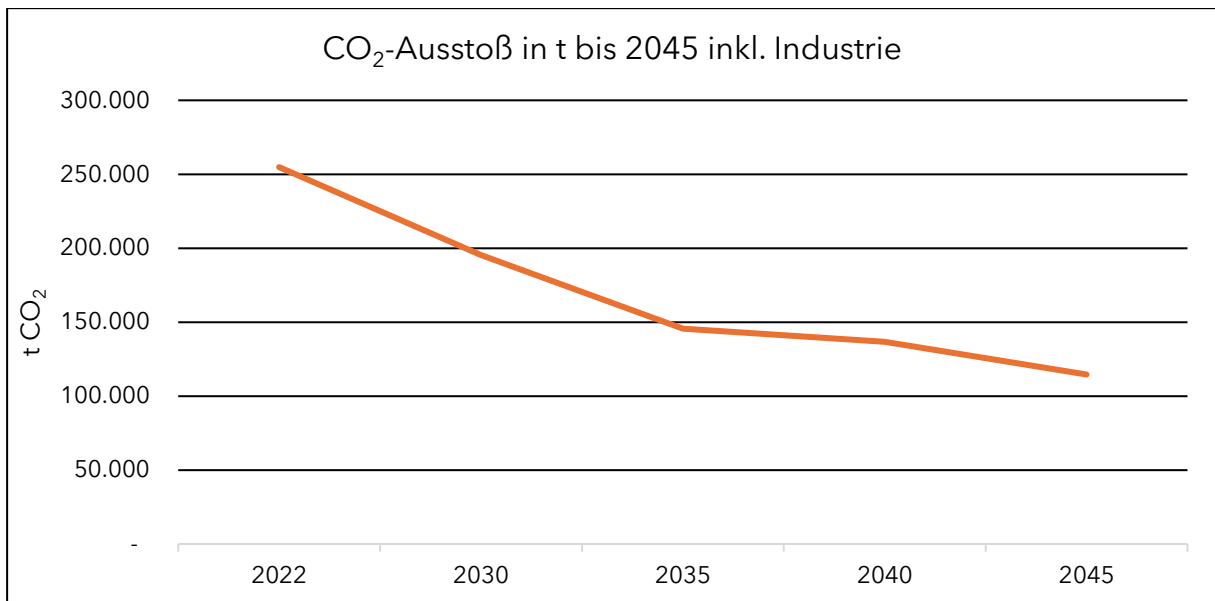


Abbildung 6-15: CO₂-Ausstoß des Zielszenarios inkl. Industrie

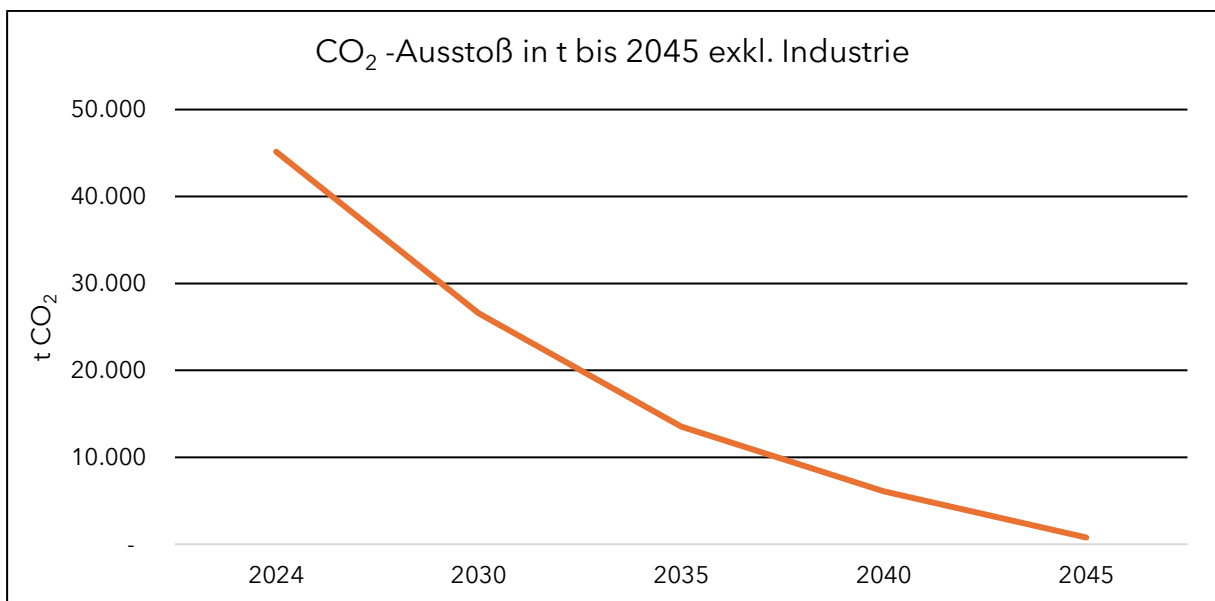


Abbildung 6-16: CO₂-Ausstoß des Zielszenarios ohne Industrie

6.9 Alternative Szenarien

Zum oben beschriebenen Zielszenario wurden noch drei weitere Szenarien ausgearbeitet:

- 2040 KN: Die Klimaneutralität wird bereits im Jahr 2040 erreicht
- 2045 SQ 1,5 %: Zielszenario (Kapitel 6)
- 2045 SQ 0,75 %: Es wird nur eine Sanierungsquote von 0,75 % pro Jahr erreicht, Klimaneutralität wird in 2045 erreicht
- Keine KN: Es wird nur eine Sanierungsquote von 0,75 % pro Jahr erreicht, der Bau von erneuerbaren Heizungen geht langsamer voran und Klimaneutralität wird in 2045 nicht erreicht

Deutlich wird, dass sowohl erneuerbare Heizungen als auch das Vorantreiben von Sanierungen in der Stadt essenzielle Faktoren der CO₂-Reduzierung im Wärmesektor darstellen (Abbildung 6-17). Für die Alternativszenarien wird eine Darstellung ohne Industrie gewählt, damit die Unterschiede deutlich werden.

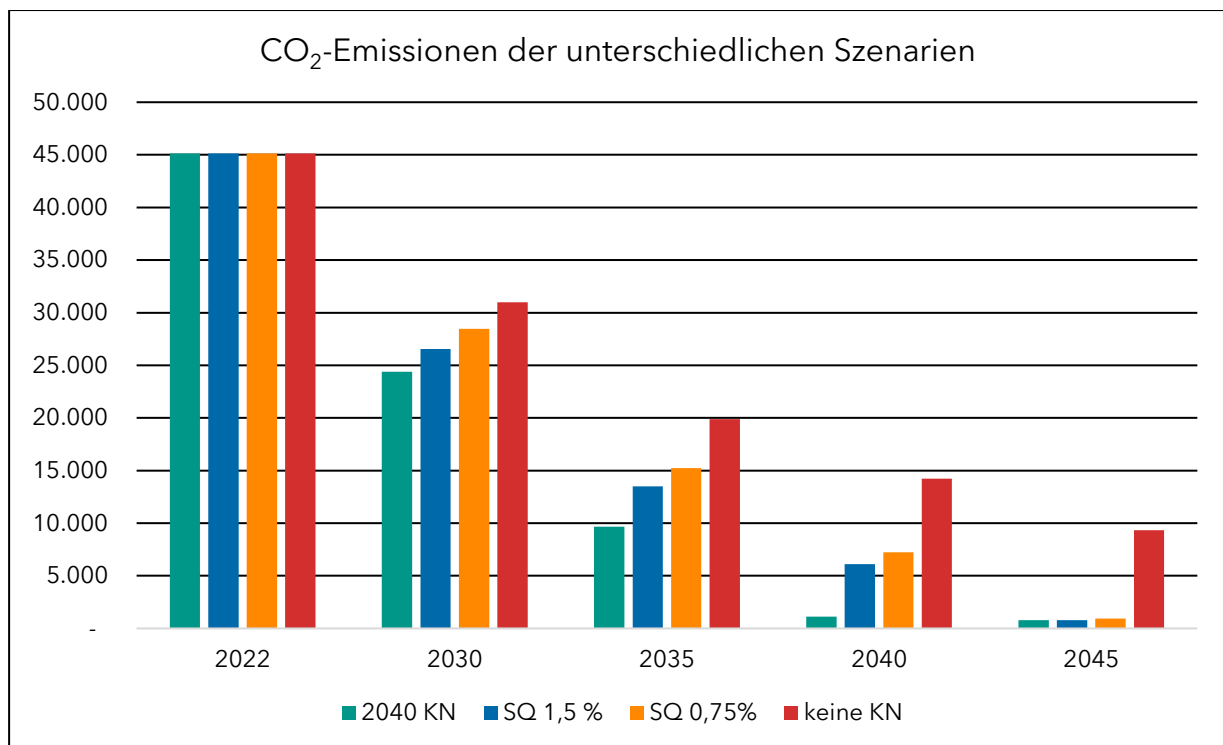


Abbildung 6-17: Vergleich der CO₂-Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien

Werden die CO₂-Ausstöße der verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2045 kumuliert, so entstehen große Unterschiede in den ausgestoßenen Mengen. So werden im Szenario „Keine KN“ etwa 50 % mehr CO₂ ausgestoßen als im Szenario „2040 KN“ (Abbildung 6-18).

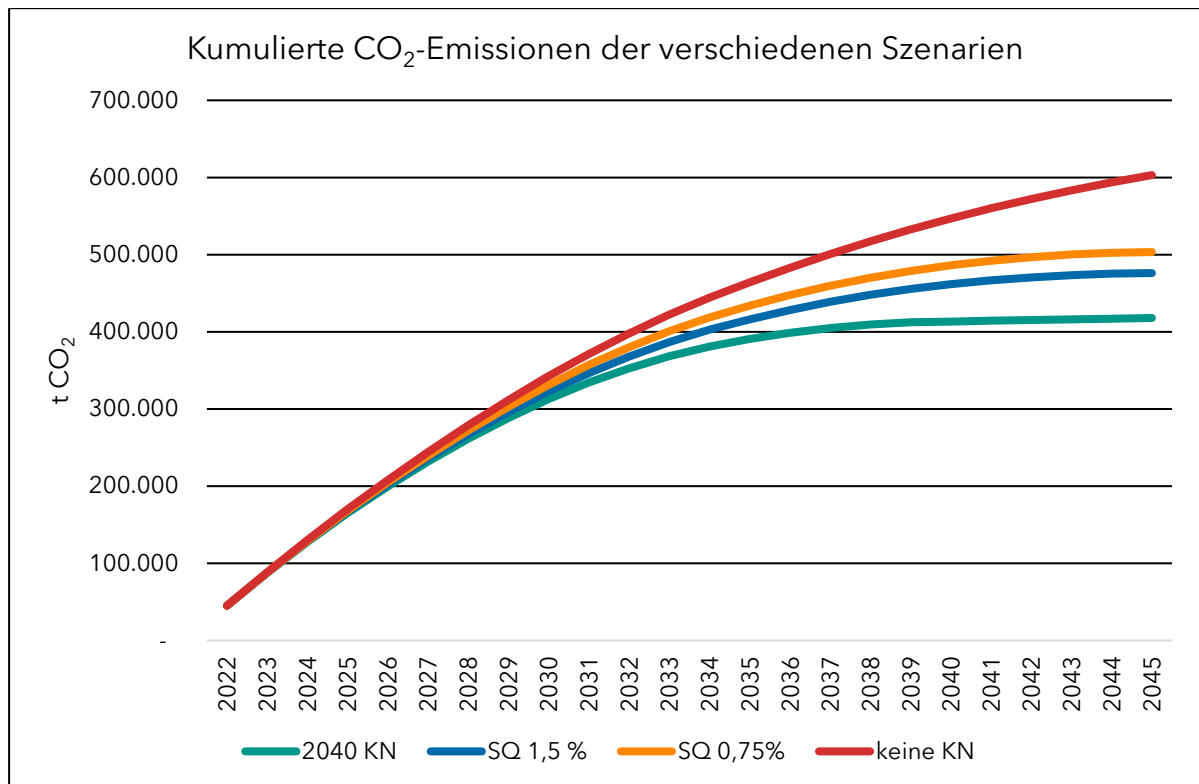


Abbildung 6-18: Kumulierte CO₂-Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien

7 Maßnahmenkatalog

Die Wärmewendestrategie der Stadt Wörth am Rhein stellt sich wie folgt dar:

- Vorantreiben von Sanierungen in der gesamten Stadt
- Intensivierung der Installation von Wärmepumpen und geringfügig von nachhaltigen Biomasseheizungen in der dezentralen Versorgung der Stadt
- Öffentlichkeitsarbeit und Energieberatung zu den Vorteilen von Wärmepumpen in der dezentralen Versorgung
- Ausbau des Bestandswärmenetzes in Wörth und Maximiliansau
- Aufbau eines Wärmenetzes auf Basis von Großwärmepumpen in Büchelberg
- Ggf. Aufbau eines Wärmenetzes in Schaidt

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


1. Übergreifende energetische Gebäudesanierung und Öffentlichkeitsarbeit
2. Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften
3. Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o.Ä. vorantreiben und informativ unterstützen
4. Ausbau von PV-Anlagen auf Liegenschaften der Stadt
5. Regelmäßige Prüfung des Wasserstoffpotenzials in Wörth am Rhein
6. Förderantragstellung und Erstellung von Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen für Wärmenetzgebiete in Büchelberg und Schaidt
7. Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen
8. Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze
9. Bereitstellung aktueller Energieberatung und Fördermittelberatung
10. Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen
11. Bauleitplanung erneuerbare Energien
12. Fortschreibung KWP

Bei jeder Maßnahme wird eine Zeitachse angegeben, die ein Ziel der zeitlichen Umsetzung dieser Maßnahme grob definiert. Manche Maßnahmen, wie ein Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften, können kurzfristig innerhalb von wenigen Monaten oder Jahre erledigt werden, andere, wie der Ausbau von Wärmepumpen oder das Vorantreiben von Sanierungen, stellen langfristige Ziele dar.

| Maßnahme | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Übergreifende energetische Gebäudesanierungen und Öffentlichkeitsarbeit | Green | Green | Green | Green | Green |
| Energiemanagementsystem für kommunale Liegenschaften | Yellow | Yellow | | | |
| Effiziente dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpen o.Ä. vorantreiben und informativ unterstützen | Orange | Orange | Orange | Orange | |
| Ausbau von PV-Anlagen auf Liegenschaften der Stadt | Grey | Grey | | | |
| Regelmäßige Prüfung des Wasserstoffpotenzials in Wörth am Rhein | Teal | Teal | Teal | | |
| Förderantragstellung und Erstellung von Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen für Wärmenetzgebiete in Büchelberg und Schaldt | Purple | Purple | | | |
| Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green |
| Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze | Light Blue | Light Blue | | | |
| Bereitstellung aktueller Energieberatung und Fördermittelberatung | Yellow | Yellow | | | |
| Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen | Grey | Grey | Grey | Grey | Grey |
| Bauleitplanung erneuerbare Energien | Orange | Orange | | | |
| Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung | Teal | Teal | Teal | Teal | Teal |

Abbildung 7-1: Zeitstrahl der Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung für Wörth am Rhein

7.1 Maßnahme 1

| | | |
|--|----------------|--|
| Übergreifende energetische Gebäudesanierungen und Öffentlichkeitsarbeit | Wörth am Rhein |  Effizienz |
| Zielsetzung: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien sowie der Steigerung der Energieeffizienz – CO₂-Einsparung – Reduzierung von Wärmeverlusten durch Gebäudesanierung | | |
| Zeitachse | | |
| <ul style="list-style-type: none"> – 2025 - 2045 | | |
| Beschreibung: | | |
| <p>Das hohe Potenzial im Bereich der Energieeinsparung und -effizienz (siehe Potenzialanalyse) kann einen erheblichen Anteil zur Energiewende beitragen, was mit einer aktuellen Sanierungsrate in Deutschland von ca. 1 % des Gebäudebestandes pro Jahr nicht möglich sein wird. Gründe dafür sind mangelnde Markttransparenz, fehlende Informationen und Finanzierungsmöglichkeiten, fehlende Anreize („Pull-Faktoren“) und Notwendigkeiten („Push-Faktoren“) und vieles mehr. Das gibt Anlass, verstärkt Maßnahmen zur Beschleunigung der Sanierung einzuleiten.</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 können übergreifende Sanierungsmaßnahmen angestoßen werden. 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 – Vorstellung gelungener Sanierungsprojekte für unterschiedliche Gebäude- und Siedlungstypen – Gezielte Informationen zu relevanten Förderprogrammen <p>Grundsätzlich darf bei der Gebäudesanierung die Nachhaltigkeit, d. h. eine gesamtenergetische Betrachtung des Gebäudelebenszyklus, nicht außer Acht gelassen werden.</p> | | |

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

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

Akteure:

Stadtverwaltung, Sanierungsgewerbe, Verbraucherschutz, Bürgerschaft

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) Bildung eines Arbeitskreises „Sanierung und Klimaschutz“ mit HWK, Kreishandwerkerschaft, Innungen, Verbraucherzentrale
- 3) Handlungsempfehlungen sammeln und an Gebäude- oder Wohnungseigentümer weitergeben
- 4) Maßnahmen öffentlichkeitswirksam darstellen

Wirksamkeit:

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

Herausforderungen:

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

7.2 Maßnahme 2

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

Mitarbeiter in der Gemeindeverwaltung liegen sowie bei Gebäudeverantwortlichen für die kommunalen Liegenschaften. Zusätzlich stellt sich ggf. die Einbindung eines externen Experten zur Einführung und Umsetzung des Energiecontrollings als sinnvoll dar.

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

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

Akteure:

Stadtverwaltung

Kosten:

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

Ablauf:

1. Beschluss zu Energiecontrolling durch die Stadt
2. Festlegen einer Energiecontrolling-Software
3. Festlegen der Zuständigkeiten
4. Schaffen einer Datenbasis: Eintragung aller kommunalen Verbrauchsposten
5. Eintragen der Verbrauchsdaten entsprechend dem Ableseintervall
6. Bewertung und Optimierung der umgesetzten Maßnahmen
7. Jährliche Berichterstattung über die aktuelle Entwicklung
8. Entwicklung und Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen

Wirksamkeit:

- Ständig aktueller Stand über die Umsetzung der Energiewende in der Stadt

- Konsequente Erhebung und Prüfung der kommunalen Energieverbräuche an einer zentralen Stelle
- Kontrolle umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit
- Frühzeitige Erkennung von Fehlerfällen direkte mögliche Behebung dieser

Herausforderungen:

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

7.3 Maßnahme 3

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

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

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

Sole-Wasser-Wärmepumpe

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

Kühlen mit Erdwärme

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


Die Stadt Wörth am Rhein 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.

Für Gebäude, für die eine Wärmepumpe aus verschiedenen Gründen nicht in Frage kommt, können Heizungen auf Basis nachhaltiger Biomasse (z. B. Hackschnitzel, Pellets) eingebaut werden. Da nachhaltige Biomasse nur in begrenzten Mengen zur Verfügung steht, kommen solche

| |
|--|
| Heizsysteme nur für Gebäude in Frage, bei denen keine (sinnvollen) Alternativen eingesetzt werden können. |
| Akteure: |
| Stadt, Anwohner, Nachbargemeinden, Genehmigungsbehörden, Bohrfirmen |
| Kosten & Förderung: |
| <p>Investitionskosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Luft-Wärmepumpe: ab ca. 16.000 € je nach Leistung – Wasser-Wärmepumpe: ab ca. 27.000 € je nach Leistung – Sole-Wärmepumpe: ab ca. 28.000 € je nach Leistung <p>Mit der aktuellen Bundesförderung für effiziente Gebäude können Förderquoten von 30 % bis zu 70 % erreicht werden.</p> |
| Ablauf: |
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Öffentlichkeitsarbeit zu Wärmepumpen und Förderungen 2) Ermittlung der Gebietseignung und Wärmepumpenvarianten |
| Wirksamkeit: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Deutliche Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung – Verringerung der Heizkosten – Ggf. Möglichkeit der Gebäudekühlung – Hohe CO₂-Einsparungen – Autarkie in der Wärmeversorgung |
| Herausforderungen: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Maßnahme positiv vermarkten |

7.4 Maßnahme 4

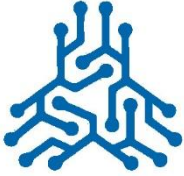
| | | |
|--|----------------|--|
| Ausbau von PV-Anlagen auf Liegenschaften der Stadt | Wörth am Rhein |  Erneuerbare |
| Zielsetzung: | | |
| Erhöhung des Anteils erneuerbarer Stromerzeugung sowie Deckung eines Eigenbedarfsanteils | | |
| Zeitachse: | | |
| – 2025 - 2030 | | |
| Beschreibung: | | |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

7.5 Maßnahme 5

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

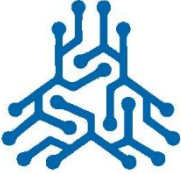
- Große Mengen an komplexen Informationen
- Große Mengen an Lobbyismus

7.6 Maßnahme 6

| | | |
|--|----------------|--|
| Förderantragstellung und Erstellung von Machbarkeitsstudien und Planungsleistungen für Wärmenetzgebiete in Büchelberg und Schaidt | Wörth am Rhein |  Netze |
| Zielsetzung: | | |
| Antragstellung für Modul 1 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze mit nachfolgender Erstellung von Machbarkeitsstudien | | |
| Zeitachse: | | |
| – 2025 - 2030 | | |
| Beschreibung: | | |
| <p>Die kommunale Wärmeplanung hat einige potenzielle Wärmenetzgebiete in Wörth am Rhein entdeckt. Für folgende Gebiete sollen prioritär BEW-Anträge zur Konzeptionierung von Machbarkeitsstudien erstellt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Büchelberg – Schaidt <p>Zusätzlich kann ggf. ein Förderantrag für Maximiliansau-Ost gestellt werden.</p> <p>Mit den bereits bestehenden Daten der kommunalen Wärmeplanung können die Förderanträge zügig und mit geringem Aufwand erstellt werden. Sobald ein Bewilligungsbescheid vorliegt, können für die potenziellen Wärmenetzgebiete Machbarkeitsstudien erstellt werden. Diese Machbarkeitsstudien bauen auf der kommunalen Wärmeplanung auf und untersuchen detailliert, welche Energieträger in welcher Dimensionierung eingesetzt werden können. Des Weiteren erfolgt eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der (favorisierten) Varianten, welche zeigt, ob und mit welchen Wärmepreisen das Wärmenetz finanziell tragbar ist. Die Machbarkeitsstudie zeigt am Ende einen detaillierten Pfad zur Treibhausgasneutralität für das Projektgebiet auf.</p> <p>Nachdem die Machbarkeitsstudie abgeschlossen ist, können im Modul 1 der BEW-Förderung zusätzlich Planungsleistungen der HOAI-Phasen 2 - 4 gefördert werden. Nach dem Abschluss der Modul 1 Förderung können in der Modul 2 Förderung Planungskosten der HOAI-Phasen 5 - 8 sowie Investitionskosten gefördert werden. Nicht zuletzt können in Modul 3 Einzelmaßnahmen und in Modul 4 Betriebskosten gefördert werden.</p> <p>Die BEW-Förderung stellt aktuell eine vielversprechende Möglichkeit zur Errichtung von zukunftsfähigen Wärmenetzen und somit einer klimaneutralen Zukunft dar.</p> <p>Oft geht die Stadt für die Erstellung der Machbarkeitsstudie in Vorleistung, nachdem ein geeigneter Betreiber gesucht werden kann.</p> | | |

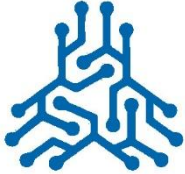
| |
|--|
| Akteure: |
| Stadtrat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner |
| Kosten: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Je nach Größe und Komplexität sowie aktuelle Datenlage des Projektes Förderungen: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) <ul style="list-style-type: none"> – Modul 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 Antrag 2. Modul 1 Antragstellung 3. Beauftragung eines Ingenieurbüros zur Erstellung der Machbarkeitsstudien 4. Beauftragung der Planungsleistungen bei positiven Ergebnissen der Machbarkeitsstudie 5. Betreibersuche 6. Modul 2 Antragstellung 7. Planung und Bau des Wärmenetzes |
| Wirksamkeit: |
| <ul style="list-style-type: none"> – CO₂-Einsparungen – Kosteneinsparungen – Stabile Preise für Einwohner der Gemeinde – Regionale Wertschöpfung |
| Herausforderungen: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Personeller Aufwand – Kosten – Bürgerbeteiligung – Baubedingte Herausforderungen |

7.7 Maßnahme 7

| | | |
|---|---------------------------|---|
| <p>Solare (Nah-)Wärme und Langzeitwärmespeicher in Neubausiedlungen</p> | <p>Wörth am Rhein</p> |  <p>Netze</p> |
| <p>Zielsetzung:</p> | | |
| <p>Erhöhung des Anteils der Solarthermie am Wärmebedarf aufgrund des hohen Potenzials dieser Energieform</p> | | |
| <p>Zeitachse:</p> | | |
| <p>– 2025 - 2045</p> | | |
| <p>Beschreibung:</p> | | |
| <p>In großen Teilen der Stadt Wörth am Rhein ist sehr gutes Solarpotenzial vorhanden. Nahwärmenetze lassen sich durch die Einbindung einer solarthermischen Großanlage ergänzen (Solare Nahwärmesysteme), aber auch Häuser mit niedrigen Verbräuchen (z.B. Passivhäuser) und älteren Bestandshäuser können mit ausreichenden Speicherlösungen eine hohe bis sehr hohe Deckung der Wärmeversorgung durch Solarthermie erreichen. Die Einbindung der Wärme aus den solarthermischen Kollektorfeldern dient der Heizungs- und Brauchwarmwasserunterstützung und kann durch einen thermischen Langzeitspeicher ergänzt werden. Dieser hilft, die Wärmeüberschüsse im Sommer bis in die Heizperiode zu konservieren. Dadurch können solare Deckungsanteile von über 50 % am Gesamtwärmebedarf erreicht werden, was in erster Linie den Verbrauch der Brennstoffe des Netzes oder Hauses (Hackschnitzel, Gas, Heizöl, Strom, ...) reduziert. Der Vorteil hierbei liegt nicht zuletzt im hohen Wirkungsgrad der solarthermischen Kollektoren, da bei Anlagen dieser Art in Verbindung mit Langzeitwärmespeichern mit einem Solarertrag von 500 kWh/(m²*a) und damit einem Wirkungsgrad von rund 50 % gerechnet werden kann.</p> <p>Ein Ansatz wäre die Einbindung der Solarthermie-Einzelanlagen in Nahwärmenetzen und Neubauhäuser, um damit vor allem die Überschüsse im Sommer aufgrund geringen Wärmebedarfs abzufangen. Diese Technik könnte zur effektiveren Nutzung der unterschiedlichen erneuerbaren Ressourcen beitragen.</p> <p>Generell kann dieser Ansatz auf bestehende Nahwärmenetze oder auf Neubaugebiete übertragen werden. Speziell bei Neubauten lässt sich in Kombination mit energiesparender solarer Bauweise der Anteil der Solarthermie am Wärme- und Brauchwasserbedarf deutlich erhöhen. Hier ist die Stadt 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: |
| Stadtrat, Verwaltung, Bürgerinitiative, Fachplaner (siehe „Weitere Informationen“) |
| Kosten: |
| Kosten: <ul style="list-style-type: none"> – Kollektoren: ~ 300 - 750 €/m² – Speicher: ~ 25 - 500 €/m³, je nach Speicherart. Weitere Infos in der Potenzialanalyse Förderungen: <ul style="list-style-type: none"> – Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) – Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) |
| Ablauf: |
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Klimaneutrale Wärmeversorgung in der Bauleitplanung verankern 2) Analyse geeigneter Netze bzw. geeigneter (Neubau-)Siedlungen 3) Abfrage potenzieller Dach- und Freiflächen für Kollektoren und Wärmespeicher 4) Information der Öffentlichkeit über Vorhaben 5) Machbarkeitsstudie (Fördermöglichkeit über BEW) 6) Weitere Planungen bei positivem Bescheid der Machbarkeitsstudie |
| Wirksamkeit: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Substituiert und reduziert Transport und Verbrauch von Brennstoffen (Biomasse und Heizöl) – Ausnutzen des Solarpotenzial und des Wirkungsgrades – keine THG-Emissionen – Unabhängigkeit von steigenden Brennstoffkosten – Vorbildfunktion für andere Nahwärmenetze und Einzelgebäude |
| Herausforderungen: |
| <ul style="list-style-type: none"> – verfügbare Flächen für Kollektoren und ggf. Langzeitwärmespeicher – Große Flächen für Solarkollektoren benötigt – Kosten |
| Weitere Informationen: |
| Bollin, E., Huber, K. & Mangold, D. (2013): Solare Wärme für große Gebäude und Wohnsiedlungen. Fraunhofer Irb Verlag |

7.8 Maßnahme 8


| | | |
|---|----------------|--|
| Synchronisierung der KWP mit dem Ausbau der Stromverteilnetze | Wörth am Rhein |  Netze |
| Zielsetzung: | | |
| Sicherstellung ausreichender Kapazitäten im Stromverteilnetz der Kommune für die in der KWP definierten Ziele zur Wärmewende. | | |
| Zeitachse: | | |
| 2025 - 2030 | | |
| Beschreibung: | | |
| In Gebieten ohne realistische Chance auf den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetz, sowie sonstige Haushalte, welche sich nicht an ein Wärmenetz anschließen wollen, wird in Zukunft in hohem Maß strombasierte Wärmegewinnung stattfinden. Auch wenn ein Teil davon durch lokale PV-Anlagen erzeugt werden wird, ergeben sich aus der Summe der Anlagen Herausforderungen für das örtliche Strom-Verteilnetz. Der Ausbau und die vielerorts notwendige Ertüchtigung des Stromnetzes muss umfassend und langfristig geplant werden. Die sich aus der KWP ergebende langfristige Prognose für den Ausbau von strombasierter Wärmegewinnung (hauptsächlich Wärmepumpen) muss in die Ausbau- und Sanierungspläne des örtlichen Stromverteilnetz integriert werden. Dies sollte frühzeitig und mit einem lange Planungshorizont erfolgen, um den Ausbau des Stromnetzes möglichst effizient und damit auch kostengünstig vorantreiben zu können. | | |
| Akteure: | | |
| Örtliche Strom-Verteilnetzbetreiber (VNB), Stadtverwaltung, ggf. Ingenieurbüros | | |
| Kosten: | | |
| Keine direkten zusätzlichen Kosten, Personalaufwand für die Abstimmung mit dem VNB | | |
| Ablauf: | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Klärung inwiefern die Situation bereits in bestehenden Ausbaupfaden des VNB abgebildet ist 2. Abschätzung der Größenordnung und geographische Verteilung zusätzlicher elektrischer Lasten im Verteilnetz durch die Wärmewende-Strategie der KWP 3. Sicherstellung der Einarbeitung entsprechender Erkenntnisse in die Ausbaupläne des VNB | | |
| Wirksamkeit: | | |
| – Ermöglichung privater Investitionen in Wärmepumpen, PV-Anlagen und Elektromobilität | | |

- Verringerung des Primärenergieeinsatz in der Wärmeerzeugung

Herausforderungen:


- Personeller Aufwand und Fachexpertise

7.9 Maßnahme 9

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

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

7.10 Maßnahme 10

| | | |
|---|-------------------|---|
| Finanzielle Bürgerbeteiligung und Gesellschaftsformen | Wörth am Rhein |  Öffentlichkeit |
| Zielsetzung: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Finanzierungslösung – Ausbau der erneuerbaren Energien – Regionale Wertschöpfung – Identifikation und Akzeptanz mit Baumaßnahmen – Kapitalanlage | | |
| Zeitachse: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> – 2025 - 2045 | | |
| Beschreibung: | | |
| <p>Zum Ausbau der Anlagen erneuerbarer Energien können neben der Finanzierung über private Einzelinvestoren, Firmen oder Kommunen auch Gesellschaften gegründet werden, an denen sich die Bürger vor Ort finanziell beteiligen können. Dadurch werden zusätzliche Finanzmittel zum Ausbau der Erneuerbaren akquiriert sowie Kosten, Risiken und Gewinne verteilt. Entscheidend sind hierbei eine strukturierte Planung und die Wahl der passenden Rechtsform.</p> <p>Im Idealfall sollten hierbei die ggf. vorhandenen und gewachsenen Strukturen in der Stadt mit einbezogen werden. In erster Linie zählen dazu zum Beispiel Vereine, die Stadtverwaltung sowie die Pfalzwerke, welche sich als Teilhaber oder Genossen an den Bürgergesellschaften beteiligen können. Dies dient nicht nur der finanziellen Unterstützung, sondern auch der ideellen Förderung sowie des Austauschs von Erfahrungen und Know-how zwischen den beteiligten Akteuren der Gesellschaft. Eine erhöhte bürgerliche Beteiligung an den bestehenden Genossenschaften oder die Errichtung von neuen Genossenschaften bewirkt eine höhere Effektivität und Geschwindigkeit der Energiewende in der Kommune.</p> | | |
| Akteure: | | |
| Vereine, Bürger, Bürgerinitiativen, Planungsbüro, Banken, Stadtverwaltung, Pfalzwerke | | |
| Kosten: | | |
| Abhängig von der gewählten Rechtsform | | |
| Ablauf: | | |
| Schritt 1: Akteursanalyse <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, ...)

Schritt 2: Projektdimension: Einzelanlage, Anlagenpark, zukünftige Erweiterung

Schritt 3: Ausgestaltung des Projekts:

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

Schritt 4: Wahl der Rechtsform

Anhand der in den vorgestellten Schritten festgestellten Sachverhalte kann nun die geeignete Rechtsform gewählt werden:

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

weiter 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

7.11 Maßnahme 11

| | | |
|---|----------------|--|
| Bauleitplanung erneuerbare Energien | Wörth am Rhein |  Aufgabe |
| Zielsetzung: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Einbindung von Wärmeversorgung und Klimaschutz in Planungs- und Entwicklungskonzepten – Frühzeitige Flächensicherung für erneuerbare Energie/Wärme | | |
| Zeitachse: | | |
| 2025 - 2030 | | |
| Beschreibung: | | |
| <p>Der Wärmebedarf von Wohngebäuden hat sich durch Verbesserung der Dämmungen und der Gebäudetechnik sowie vor allem durch die staatlichen Vorgaben in den letzten Jahren deutlich verringert. Um diesen Trend fortzusetzen und zu unterstützen, hat die Stadt 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 Stadt die Möglichkeit, bei der Ausweisung von Baugebieten die Nutzung erneuerbarer Energien oder effizienter Nahwärmeversorgung in den Festsetzungen zu berücksichtigen, 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.</p> <p>Mögliche Instrumente für die Stadt Wörth am Rhein:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bauleitplanung, neue Bebauungspläne – Städtebauliche Verträge – Festlegung energierelevanter Maßnahmen in Kaufverträgen – Vergünstigungen beim Baugrundpreis / Förderungen energieeffizienter Bauweise | | |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – spezielle Informationsmöglichkeiten (Leitfäden, Ökokriterienkatalog) zum Thema erneuerbare Energien, Wärmepumpen, Effizienz usw. für Bürgerinnen und Bürger, die einen Neubau oder Sanierungen im Bestand planen <p>Die Stadt kann Leitlinien verabschieden und sich hinsichtlich der Vorgaben, Fördermöglichkeiten oder Anschlusszwänge rechtlich beraten lassen. Zusätzlich soll sich die Stadt 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.</p> |
| Akteure: |
| Verwaltung, Stadtrat, Landkreis |
| Kosten: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Keine direkten Kosten außer ggf. Rechtsberatung – Zeitlicher Aufwand für Beratungen – Finanzielle Förderung der Bauherren oder Vergünstigungen bei Einhaltung vorgegebener Richtlinien möglich |
| Ablauf: |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Bauliche Optimierung durch Verschattungssimulation des Baugebietes, Firstausrichtung, Dachneigung, ... bei Ausweisung von Neubaugebieten 2. Optimierung der Baukörper 3. Vergleich unterschiedlicher Gebäudestandards bis zum Passivhaus 4. Untersuchung bzw. Vorgabe von effizienten Wärmeversorgungssystemen 5. Berücksichtigung der klimatischen Situation bei der Auswahl von Baugebieten 6. Verbindliche Festlegung der Richtlinien in Bebauungsplan, städtebauliche Verträge usw. |
| Wirksamkeit: |
| <ul style="list-style-type: none"> – Energetische Verbesserung von Neubausiedlungen – Solare Wärmegewinne durch optimierte Gebäudestandorte – Verringerung der Wärmeverluste durch energetisch günstige Bauweisen – Einsatz effizienter Energieversorgungssysteme |
| Herausforderungen: |
| <ul style="list-style-type: none"> – kommunale Vorgaben müssen rechtlich abgesichert sein – Bereitschaft zur energetischen Bauweise, da diese auch ins Ortsbild passen sollte |

7.12 Maßnahme 12

| | | |
|---|-----------------------|--|
| <p>Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung</p> | <p>Wörth am Rhein</p> |  Aufgabe |
| | | <p>Zielsetzung:</p> |
| <p>Fortschreibung der kommunale Wärmeplanung alle 5 Jahre als Monitoring-Maßnahme</p> | | |
| <p>Zeitachse:</p> | | |
| <p>– 2025 - 2045</p> | | |
| <p>Beschreibung:</p> | | |
| <p>Die regelmäßige (alle 5 Jahre) Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung wurde im Wärmeplanungsgesetz §25 festgelegt. Im Zuge der Fortschreibung soll für die Stadt Wörth am Rhein die Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr aufgezeigt werden. In der kommunalen Wärmeplanung werden Ziele für die Stützjahre definiert. Bei der Fortschreibung muss kontrolliert werden, ob die Ziele erreicht wurden. Ein frühzeitiger Abschluss der Zielszenarien ist erstrebenswert. Wurden die Zielszenarien nicht erreicht, müssen etwaige Fehlentwicklungen in der Wärmeversorgung identifiziert werden, damit diese Hürden in den darauffolgenden Jahren behoben werden können. Auf diese Weise stellt die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung eine Controlling-Strategie dar.</p> | | |
| <p>Akteure:</p> | | |
| <p>Stadtverwaltung, ggf. Ingenieurbüros</p> | | |
| <p>Kosten:</p> | | |
| <p>– Personalkosten – Ggf. Kosten für Ingenieurbüros</p> | | |
| <p>Wirksamkeit:</p> | | |
| <p>– Kontrolle umgesetzter Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit – Möglichkeit zur Anpassung der Wärmewendestrategie für mehr Effizienz und Geschwindigkeit in der Wärmewende</p> | | |
| <p>Herausforderungen:</p> | | |
| <p>– Personeller Aufwand – Ggf. Kosten</p> | | |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 2-1: Übersichtskarte des Stadtgebietes. Datenquelle: Kartenhintergrund: OpenStreetMaps | 9 |
| Abbildung 2-2: Baualtersklassenverteilung der Stadt Wörth am Rhein | 10 |
| Abbildung 3-1: Installierte Leistung in kW der Stromerzeugungstechnologien in Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz | 11 |
| Abbildung 3-2: Stromverbrauch in MWh nach Sektor für Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz | 11 |
| Abbildung 3-3: Eingespeiste Strommengen je Erzeugungstechnologie in Tsd. kWh in Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz | 12 |
| Abbildung 3-4: Räumliche Verteilung der EEG-geförderten Anlagen in Wörth am Rhein. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz | 12 |
| Abbildung 3-5: Übersicht des Erdgasnetzes der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Thüga Energienetze GmbH | 13 |
| Abbildung 3-6: Übersicht des Fernwärmenetzes in der Stadt Wörth am Rhein | 15 |
| Abbildung 3-7: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmenetzes in Wörth am Rhein | 16 |
| Abbildung 3-8: Jährliche PV-Neuinstallationen seit 2000. Quelle: Marktstammdatenregister | 19 |
| Abbildung 3-9: Akkumulierte Nettonennleistungen von aktiven PV-Anlagen seit 2000. Quelle: Marktstammdatenregister | 19 |
| Abbildung 3-10: Hochlauf der Solarthermie-Kollektorfläche seit 2001. Datenquelle: solaratlas.de | 20 |
| Abbildung 3-11: Anzahl installierter Wärmepumpen nach Technologie. Quelle: Energieatlas Rheinland-Pfalz | 21 |
| Abbildung 3-12: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Wörth | 24 |
| Abbildung 3-13: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Maximiliansau | 24 |
| Abbildung 3-14: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Schaidt | 25 |
| Abbildung 3-15: Verteilung der Heizungsarten nach Kaminkehrerdaten in Prozentwerten in Büchelberg | 25 |
| Abbildung 3-16: Wärmeverbrauch je Sektor in der Stadt Wörth am Rhein | 28 |
| Abbildung 3-17: Verteilung der THG-Emissionen in der Stadt Wörth am Rhein | 29 |
| Abbildung 3-18: Verteilung der THG-Emissionen der Stadt Wörth am Rhein ohne Industrie | 30 |
| Abbildung 4-1: Energieersparnis durch Sanierung. Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. | 31 |
| Abbildung 5-1: Übersicht der möglichen Gebiete für solarthermische Großanlagen (FFST) in der Stadt Wörth am Rhein | 40 |
| Abbildung 5-2: Übersicht der Potenzialflächen für FFST in der Stadt Wörth am Rhein auf einem DGM. Kartenhintergrund: DGM 1 m, Landesamt für Vermessung und Geobasisinformationen | 41 |
| Abbildung 5-3: Kostenfunktion von FFST mit Vakuumröhren | 42 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 5-4: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdsonden in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz | 43 |
| Abbildung 5-5: Übersicht der möglichen Gebiete für Erdwärmekollektoren in Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz | 45 |
| Abbildung 5-6: Übersicht der Bodeneignung für Erdkollektoren in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps | 46 |
| Abbildung 5-7: Übersicht der klimatologischen Bedingungen, die Einfluss haben auf die Leistung von Erdwärmekollektoren in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: meteoblue | 47 |
| Abbildung 5-8: Übersicht der möglichen Gebiete für Grundwasserwärmepumpen in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz | 48 |
| Abbildung 5-9: Grundwasserdurchlässigkeiten in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. Kartenhintergrund: OpenStreetMaps | 49 |
| Abbildung 5-10: Investitionskosten für Grundwasserwärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung) | 50 |
| Abbildung 5-11: Investitionskosten für Sole-Wasser Wärmepumpen (Erdsonden) gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung) | 50 |
| Abbildung 5-12: Beispiel eines kalten Nahwärmenetzes. Quelle: Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH | 51 |
| Abbildung 5-13: Übersicht der Wassertemperaturen im Rhein an der Messstelle Karlsruhe im Jahr 2023. Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg | 52 |
| Abbildung 5-14: Übersicht der Abflussmengen im Rhein an der Messstelle Karlsruhe im Jahr 2023. Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg | 52 |
| Abbildung 5-15: Schwebstoffmengen im Rhein an der Messstelle Karlsruhe im Jahr 2023. Quelle: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg | 53 |
| Abbildung 5-16: Investitionskosten für Luft-Wasser Wärmepumpen gemäß Prognos AG et al. (Technikkatalog Wärmeplanung) | 55 |
| Abbildung 5-17: Darstellung der Lage und der energetischen Potenziale der Kläranlagen | 56 |
| Abbildung 5-18: Zuflussraten der Kläranlagen in Wörth am Rhein 2023 | 57 |
| Abbildung 5-19: Spezifische Höhen der Gesamtinvestition von Großwärmepumpen in Abhängigkeit der genutzten Wärmequelle. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023) | 57 |
| Abbildung 5-20: Aufteilung der Gesamtinvestition auf Einzelposten. Quelle: AGFW Praxisleitfaden Großwärmepumpen (2023) | 58 |
| Abbildung 5-21: Geologischer Schnitt bei 3.500 Metern unter GOK. Quelle: GeORG Kartenviewer | 60 |
| Abbildung 5-22: Kostenfunktion der Bohrkosten für eine Tiefengeothermieanlage. Datenquelle: AFGW Praxisleitfaden Tiefengeothermie | 61 |
| Abbildung 5-23: Vorhandene Bohrungen vom GeORG Projekt in der Stadt Wörth am Rhein. Datenquelle: (Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Hrsg.), 2021) | 62 |
| Abbildung 5-24: Kostenstruktur von Holzhackschnitzelanlagen. Quelle: Bremer Energie Institut | 64 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 5-25: Kies-Wasser Erdbecken in Eggenstein-Leopoldshafen. Bildquelle: Universität Stuttgart, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung. | 71 |
| Abbildung 5-26: Kosten von verschiedenen Saisonspeichervarianten pro m3. Quelle: Saisonspeicher.de | 72 |
| Abbildung 5-27: Theoretische energetische Potenziale pro Ortsbezirk / Gebiet | 73 |
| Abbildung 5-28: Wärmegestehungskosten in einem mittleren Preisszenario nach Gebäudetypen in Deutschland gemäß Studie des Energiewirtschaftliches Instituts an der Universität Köln | 74 |
| Abbildung 6-1: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit der Wärmeliniedichte gemäß KWW Handlungsleitfaden Wärmeplanung | 76 |
| Abbildung 6-2: Kartographische Darstellung der Zielszenarien der Stadt Wörth am Rhein | 77 |
| Abbildung 6-3: Zielszenarien von Wörth-Dorschberg, Wörth-Altort und Wörth-Abtswald | 78 |
| Abbildung 6-4: Wärmeliniedichten in den Gebieten Dorschberg, Altort und Abtswald | 79 |
| Abbildung 6-5: Zielszenario für den Ortsbezirk Maximiliansau | 85 |
| Abbildung 6-6: Wärmeliniedichten im Ortsbezirk Maximiliansau | 86 |
| Abbildung 6-7: Zielszenario für den Ortsbezirk Schaidt..... | 88 |
| Abbildung 6-8: Wärmeliniedichten im Ortsbezirk Schaidt..... | 89 |
| Abbildung 6-9: Zielszenario für den Ortsbezirk Büchelberg | 91 |
| Abbildung 6-10: Wärmeliniedichten im Ortsbezirk Büchelberg | 92 |
| Abbildung 6-11: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Stadt Wörth (inkl. Industrie) am Rhein in den Zieljahren des Zielszenarios..... | 96 |
| Abbildung 6-12: Verteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein (exkl. Industrie) in den Zieljahren des Zielszenarios | 96 |
| Abbildung 6-13: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein mit Industrie in den Zieljahren des Zielszenarios | 97 |
| Abbildung 6-14: Verteilung der eingesetzten Energieträger in der Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein ohne Industrie in den Zieljahren des Zielszenarios..... | 98 |
| Abbildung 6-15: CO ₂ -Ausstoß des Zielszenarios inkl. Industrie | 99 |
| Abbildung 6-16: CO ₂ -Ausstoß des Zielszenarios ohne Industrie | 99 |
| Abbildung 6-17: Vergleich der CO ₂ -Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien | 100 |
| Abbildung 6-18: Kumulierte CO ₂ -Ausstöße in den 4 unterschiedlichen Szenarien | 101 |
| Abbildung 7-1: Zeitstrahl der Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung für Wörth am Rhein | 103 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 2-1: Verteilung der Flächen und Einwohner in den 4 Ortsbezirken der Stadt Wörth am Rhein | 10 |
| Tabelle 3-1: Gasverbräuche in der Stadt Wörth am Rhein in den Jahren 2020 - 2022 | 13 |
| Tabelle 3-2: Anlagenpark der Wärmeerzeugung des Fernwärmenetzes in Wörth am Rhein | 14 |
| Tabelle 3-3: Statistik der Wärmeerzeuger des Fernwärmenetzes Wörth am Rhein | 16 |
| Tabelle 3-4: BHKW-Anlagen in der Stadt Wörth am Rhein. Quelle: Marktstammdatenregister | 17 |
| Tabelle 3-5: Baualtersklassen des privaten Sektors mit zugehörigem Wärmebedarf | 22 |
| Tabelle 3-6: Kalkulation der Stockwerksanzahl..... | 22 |
| Tabelle 3-7: Wärmebedarf und -träger einzelner kommunalen Liegenschaften | 27 |
| Tabelle 3-8: CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung in der Stadt Wörth am Rhein, CO ₂ -Faktoren gemäß Technikkatalog Wärmeplanung & Daten Industrie | 30 |
| Tabelle 4-1: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in Wörth am Rhein | 33 |
| Tabelle 4-2: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Wohnbau in Wörth am Rhein | 33 |
| Tabelle 4-3: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Wörth am Rhein | 34 |
| Tabelle 4-4: Hohes Sanierungsszenario im Sektor kommunale Gebäude in Wörth am Rhein..... | 34 |
| Tabelle 4-5: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor GHD in Wörth am Rhein | 35 |
| Tabelle 4-6: Hohes Sanierungsszenario im Sektor GHD in Wörth am Rhein | 35 |
| Tabelle 4-7: Niedriges Sanierungsszenario im Sektor Industrie in Wörth am Rhein | 36 |
| Tabelle 4-8: Hohes Sanierungsszenario im Sektor Industrie in Wörth am Rhein | 36 |
| Tabelle 4-9: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im niedrigen Sanierungsszenario der Sektoren ohne Industrie der Stadt Wörth am Rhein..... | 36 |
| Tabelle 4-10: Zusammengefasstes Sanierungspotenzial im hohen Sanierungsszenario der Sektoren ohne Industrie der Stadt Wörth am Rhein | 37 |
| Tabelle 5-1: Abwärmepotenziale in Wörth am Rhein gemäß der Plattform für Abwärme | 38 |
| Tabelle 5-2: Nutzungsdauer und Kosten von Solarthermieanlagen gemäß VDI 2067 | 42 |
| Tabelle 5-3: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067 | 51 |
| Tabelle 5-4: Nutzungsdauer und Kosten von Wärmepumpen gemäß VDI 2067 | 58 |
| Tabelle 5-5: Übersicht der Waldflächen im Stadtgebiet Wörth am Rhein | 63 |
| Tabelle 5-6: Nutzungsdauer und Kosten von Biomassekessel gemäß VDI 2067..... | 64 |
| Tabelle 5-7: Übersicht der Eigenschaften der gängigsten Saisonspeicheranlagen. Datenquelle: Saisonspeicher.de | 70 |
| Tabelle 5-8: Vor- und Nachteile der jeweiligen Energieträger | 75 |
| Tabelle 6-1: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Wörth-Dorschberg | 80 |
| Tabelle 6-2: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Wörth-Altort..... | 82 |
| Tabelle 6-3: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Wörth-Abtswald | 83 |
| Tabelle 6-4: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios Oberwald..... | 84 |
| Tabelle 6-5: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Maximiliansau | 87 |
| Tabelle 6-6: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Schaidt..... | 90 |
| Tabelle 6-7: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios von Büchelberg | 93 |
| Tabelle 6-8: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Stadt Wörth am Rhein inkl. Industrie . | 94 |

Tabelle 6-9: Tabellarische Darstellung des Zielszenarios der Stadt Wörth am Rhein exkl. Industrie 95

Anlagen

Anhang 1 - Baujahresverteilung

Anhang 2 - Wärmeliniendichte

Anhang 3 - Sanierungspotenzial

Anhang 4 - Heizungsartverteilung

Anhang 5 - Wohnfläche je Wohnung

Anhang 6 - Energieträger der Heizung

Anhang 7 - Sektorverteilung der Gebäude

Anhang 8 - Wärmedichte

Anhang 9 - Zielszenarien

Anhang 10 - Bewertung der Wärmenetzeignung