



FREQUENTUM

Kommunale Wärmeplanung Vierkirchen

ABSCHLUSSBERICHT

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Frequentum GmbH

HAMMERSBACHER STRASSE 7 | 81377 MÜNCHEN

WWW.FREQUENTUM.COM

STAND: 13.05.2026



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
1. Einleitung	1
1.1. Kommunale Wärmeplanung in Vierkirchen	1
1.2. Gesetzliche Grundlagen.....	1
2. Bestandsanalyse	3
2.1. Gemeindestruktur	3
2.1.1. Lage, Fläche und Einwohnerzahl.....	3
2.1.2. Gebäudebestand.....	3
2.2. Aktuelle Versorgungsstruktur.....	5
2.2.1. Gasnetz	5
2.2.2. Wärmenetz	6
2.2.3. Heizzentralen	7
2.2.4. Speicher	8
2.2.5. Analyse von Wasserstoff- und synthetischen Gasanlagen.....	9
2.2.6. Darstellung der Abwassernetze und -leitungen	10
2.3. Wärmebedarf.....	11
2.4. Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung	16
3. Potenzialanalyse.....	18
3.1. Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien.....	18
3.1.1. Solarthermiepotenzial	19
3.1.2. Oberflächengeothermisches Potenzial.....	21
3.1.3. Tiefengeothermisches Potenzial	26
3.1.4. Potenzial für oberflächennahe Gewässer	27
3.1.5. Potenzial für Luftwärme	28
3.1.6. Potenzial aus Biomasse und Biogas	30
3.1.7. Potenzial für Wasserstoff.....	33
3.1.8. Potenziale zur Nutzung von Abwasserwärme	34
3.1.9. Potenziale zur Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme.....	36
3.1.10. Potenziale für Strom aus Photovoltaik und Wind	36
3.2. Potenzial zur Wärmebedarfsreduktion.....	39



4. Zielszenario und Eignungsgebiete.....	42
4.1. Ausweisung von Wärmenetzeignungsgebieten.....	42
4.1.1. Eignungsgebiet: Pasenbach.....	44
4.1.2. Prüfgebiet	45
4.2. Zielszenario bis 2045	47
4.2.1. Entwicklung des Wärmebedarfs und der Treibhausgasemissionen	47
4.2.2. Entwicklung der Wärmeerzeugungsstruktur	50
4.3. Kostenprognosen für typische Versorgungsfälle in Vierkirchen – Wärmevollkostenvergleich bei Heizungsmodernisierung.....	53
4.4. Nicht-lokale Ressourcen in der Wärmeplanung	56
4.5. Hinweise des Gasnetzbetreibers zum geplanten Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG).....	57
5. Maßnahmen und Wärmewendestrategie.....	59
5.1. Wärmewendestrategie	59
5.2. Maßnahmen zur Umsetzung der Wärmewende.....	60
6. Verstetigungsstrategie inklusive Organisationsstrukturen.....	71
6.1. Controlling-Konzept.....	72
6.2. Kommunikationsstrategie	73
7. Akteursbeteiligung und Öffentlichkeit.....	75
Literaturverzeichnis	77
Anhang.....	79



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Räumliche Verteilung der BSKO Sektoren in Vierkirchen.	4
Abb. 2: Baualtersklassen im Gemeindegebiet Vierkirchen auf Baublockebene.	4
Abb. 3: Verlauf des bestehenden Wärmenetzes in Vierkirchen.	6
Abb. 4: Heizzentralen in der Gemeinde Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).	8
Abb. 5: Verlauf des Abwasserkanalnetzes (> 800DN) in Vierkirchen.	11
Abb. 6: Wärmebedarf (Endenergie in GWh) der Gemeinde Vierkirchen nach BSKO Sektoren.	11
Abb. 7: Wärmebedarf (Endenergie in GWh) der Gemeinde Vierkirchen nach Energieträgern.	12
Abb. 8: Überwiegende Energieträger in Vierkirchen auf Baublockebene.	13
Abb. 9: Energiebilanz der Gemeinde Vierkirchen nach Energieträger.	14
Abb. 10: Wärmelinien-dichte (MWh/m*a) in Vierkirchen.	15
Abb. 11: Wärmedichte (MWh/ha*a) auf Baublockebene und Großverbraucher.	16
Abb. 12: Treibhausgasbilanz der Gemeinde Vierkirchen.	17
Abb. 13: Potenzialübersicht für Vierkirchen.	19
Abb. 14: Unterschiedliche Systeme zur Nutzung oberflächennaher Geothermie (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2025).	22
Abb. 15: Potenzial für Erdwärmesonden in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).	23
Abb. 16: Entzugsleistung von Erdwärmesonden in kW/Sonde (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).	24
Abb. 17: Potenzial für Erdwärmekollektoren in Vierkirchen (Umwelt Atlas 2025).	24
Abb. 18: Potenzielle Eignungsgebiete für Grundwasserwärmepumpen in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).	25
Abb. 19: Thermische Entzugsleistung (kW) von Grundwasserwärmepumpen in Vierkirchen unter Annahme eines Brunnenpaares mit 10 m Abstand (Förder- zu Schluckbrunnen) (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).	26
Abb. 20: Potenzialkarte für Tiefengeothermie in Vierkirchen (Energieatlas Bayern 2025).	26
Abb. 21: Deckungsgrad an Fließgewässern je Gemeinde in Bayern für Januar und Juni. Rot markiert ist Vierkirchen (FfE 2024)	28



Abb. 22: Wärmepumpenpotenzial in Vierkirchen (FfE 2023).	29
Abb. 23: Karte des genehmigten Wasserstoff-Kernetzes bis 2032 mit Lage der Gemeinde Vierkirchen (BMWK 2025).	34
Abb. 24: Eignungs- und Ausschlussflächen für Windkraft in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).	38
Abb. 25: Verteilung des flächenbezogenen Endenergieverbrauchs heute und das Einsparpotenzial 2050 (BMW 2014).	40
Abb. 26: Gebietseinteilung in Vierkirchen: Prüfgebiet (blau), dezentrale Versorgungsgebiete (grau) und ein bereits vorhandenes Netz (orange).	43
Abb. 27: Entwicklung des Wärmebedarfs (in GWh) in Vierkirchen bis 2045 für die Sektoren Private Haushalte, GHD/Sonstiges, Industrie und kommunale Gebäude.	48
Abb. 28: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Vierkirchen nach BSKO-Sektoren bis zum Zieljahr 2045 (in Tonnen CO ₂).	49
Abb. 29: Anteile der unterschiedlichen Energieträger in Vierkirchen für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 bis zum Zieljahr 2045.	52
Abb. 30: Energieträgerverteilung auf Baublockebene im Zielszenario 2045	53
Abb. 31: Beispielhafter Heizkostenvergleich für ein Einfamilienhaus, entnommen aus C.A.R.M.E.N.-Information „Entscheidungskriterien für ein neues Heizsystem – mehr als ein Heizkostenvergleich“ (2025).	55
Abb. 32: Bürgerbeteiligung in Vierkirchen	76



Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Energieträgerverteilung nach Versorgungsart und Energiemenge.	14
Tab. 2: Treibhausgasbilanz nach Energieträger	16
Tab. 3: Theoretisches, wirtschaftliches und realistisches Potenzial für eine Muster-Solarthermieanlage von 10 qm, die 5.500 kWh jährlich beisteuert (eigene Berechnung)	20
Tab. 4: Energiepotenziale und jährliche Wärmeerträge unterschiedlicher Holzarten in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025)	31
Tab. 5: Potenziale für Biogas aus unterschiedlichen Sektoren in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025)	32
Tab. 6: PV-Potenziale für Dachflächen in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).....	37
Tab. 7: Kriterien für die Einteilung in Wärmenetzgebiete Pasenbach nach Wärmeentstehungskosten	45
Tab. 8: Kriterien für die Einteilung in Wärmenetzgebiete im Prüfgebiet nach Wärmeentstehungskosten	46
Tab. 9: Entwicklung des Wärmebedarfs (in GWh) in Vierkirchen bis 2045 in GWh nach BSKO-Sektoren	48
Tab. 10: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Vierkirchen bis 2045 (in Tonnen CO ₂)	50
Tab. 11: Anteile der unterschiedlichen Energieträger in Vierkirchen für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 bis zum Zieljahr 2045	52
Tab. 12: Übersicht über die Handlungsfelder und zugehörigen Maßnahmen.....	60



1. Einleitung

1.1. Kommunale Wärmeplanung in Vierkirchen

Die Energiewende in Deutschland erfordert nicht nur einen Wandel im Stromsektor, sondern ebenso eine tiefgreifende Transformation im Bereich der Wärmeversorgung. Aktuell liegt der Anteil des Wärmesektors bei rund 50 % des gesamten Endenergieverbrauchs (Umweltbundesamt 2025). Damit stellt der Wärmesektor eine zentrale Herausforderung, aber auch eine bedeutende Chance auf dem Weg zur Klimaneutralität dar. Gerade auf kommunaler Ebene können durch strategische Wärmeplanung gezielte Impulse gesetzt werden, um sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

Die Gemeinde Vierkirchen hat sich frühzeitig entschlossen, mit der kommunalen Wärmeplanung einen wichtigen Schritt in Richtung klimafreundlichere Zukunft zu gehen. Auch wenn die gesetzliche Verpflichtung zur Wärmeplanung in Bayern derzeit noch in Vorbereitung ist, erkennt Vierkirchen den strategischen Nutzen dieses Instruments – sei es zur Sicherstellung einer langfristig zuverlässigen und bezahlbaren Wärmeversorgung, zur Stärkung regionaler Wertschöpfung oder zur Erreichung der Klimaziele des Bundes und des Freistaates Bayern.

Im Rahmen der Wärmeplanung wird zunächst eine detaillierte Bestandsaufnahme durchgeführt, die den aktuellen Wärmebedarf, die Gebäudestruktur sowie die bestehende Versorgungslage analysiert. Darauf aufbauend erfolgt eine Potenzialanalyse zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen, industrieller Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung. Das Ziel ist ein Szenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045, ergänzt durch messbare Zwischenziele bis 2030, 2035 und 2040. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird eine Umsetzungsstrategie entwickelt, die konkrete Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung sowie zum Ausbau nachhaltiger Versorgungsstrukturen definiert.

Vierkirchen setzt dabei auf Transparenz und Beteiligung: Die Einbindung relevanter Akteure – von Netzbetreibern über Eigentümergemeinschaften bis hin zur interessierten Öffentlichkeit – ist ein integraler Bestandteil des Prozesses. Damit wird die kommunale Wärmeplanung nicht nur ein technisches Planungsinstrument, sondern ein gemeinschaftliches Projekt zur aktiven Mitgestaltung der Energiezukunft vor Ort.

1.2. Gesetzliche Grundlagen

Am 1. Januar 2024 ist das bundesweite **Wärmeplanungsgesetz (WPG)** in Kraft getreten. Es bildet den gesetzlichen Rahmen für die strategische Entwicklung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung in Deutschland bis spätestens zum Jahr 2045. Das Gesetz verpflichtet die Bundesländer dazu, Wärmeplanungen für alle Kommunen sicherzustellen. In Bayern befindet sich die konkrete landesrechtliche Umsetzung derzeit



noch in Ausarbeitung. Dennoch verfolgt die Gemeinde Vierkirchen proaktiv das Ziel, bereits jetzt eine fundierte kommunale Wärmeplanung auf den Weg zu bringen.

Gemäß WPG müssen Kommunen mit weniger als 100.000 Einwohnern ihre Wärmepläne bis spätestens 30. Juni 2028 erstellen. Die Wärmeplanung umfasst mehrere inhaltliche Kernbestandteile, die auch durch die Kommunalrichtlinie förderfähig sind. Dazu gehören:

- eine **Bestandsanalyse**, die den aktuellen Wärmebedarf, Gebäudestrukturen sowie die vorhandene Versorgungsinfrastruktur erfasst,
- eine **Eignungsprüfung**, bei der geprüft wird, ob eine leitungsgebundene Versorgung wie z. B. durch ein Wärmenetz realisierbar ist,
- eine **Potenzialanalyse** zur Identifikation erneuerbarer Energien, Abwärmequellen und Kraft-Wärme-Kopplung,
- ein **Zielszenario** zur Darstellung einer möglichen klimaneutralen Versorgungsperspektive bis 2045,
- die **Einteilung des Gemeindegebiets** in Wärmeversorgungsgebiete (z. B. Wärmenetzausbau-, Wasserstoffnetz- oder dezentrale Versorgungsgebiete),
- sowie eine **Umsetzungsstrategie**, die Maßnahmen und Prioritäten zur Erreichung der Ziele definiert.

Wichtig ist auch die regelmäßige Fortschreibung des Wärmeplans: Laut § 25 WPG ist dieser mindestens alle fünf Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen, um auf technologische Entwicklungen oder geänderte Rahmenbedingungen reagieren zu können.

Durch diese gesetzlichen Vorgaben soll eine langfristig sichere, bezahlbare und klimafreundliche Wärmeversorgung sichergestellt werden. Die Gemeinde Vierkirchen sieht in der Wärmeplanung nicht nur eine Pflicht, sondern vor allem die Chance, die zukünftige Energieversorgung aktiv und nachhaltig zu gestalten.



2. Bestandsanalyse

2.1. Gemeindestruktur

2.1.1. Lage, Fläche und Einwohnerzahl

Die Gemeinde Vierkirchen liegt im oberbayerischen Landkreis Dachau, etwa 35 km nördlich der Landeshauptstadt München. Sie befindet sich am Übergang von der flachen Münchner Schotterebene zu bewaldeten, hügeligen Gebieten (Tertiäres Donau-Isar-Hügelland). Die Nachbarstädte und -gemeinden sind Petershausen (ca. 7 km nördlich), Weichs (ca. 5 km nordwestlich) und Röhrmoos (ca. 5 km südlich).

Die Gesamtfläche der Gemeinde beträgt 19,38 km². Davon entfallen 1.229 ha auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, 333 ha auf Waldflächen, 193 ha auf Siedlungsflächen und 126 ha auf Verkehrsflächen.

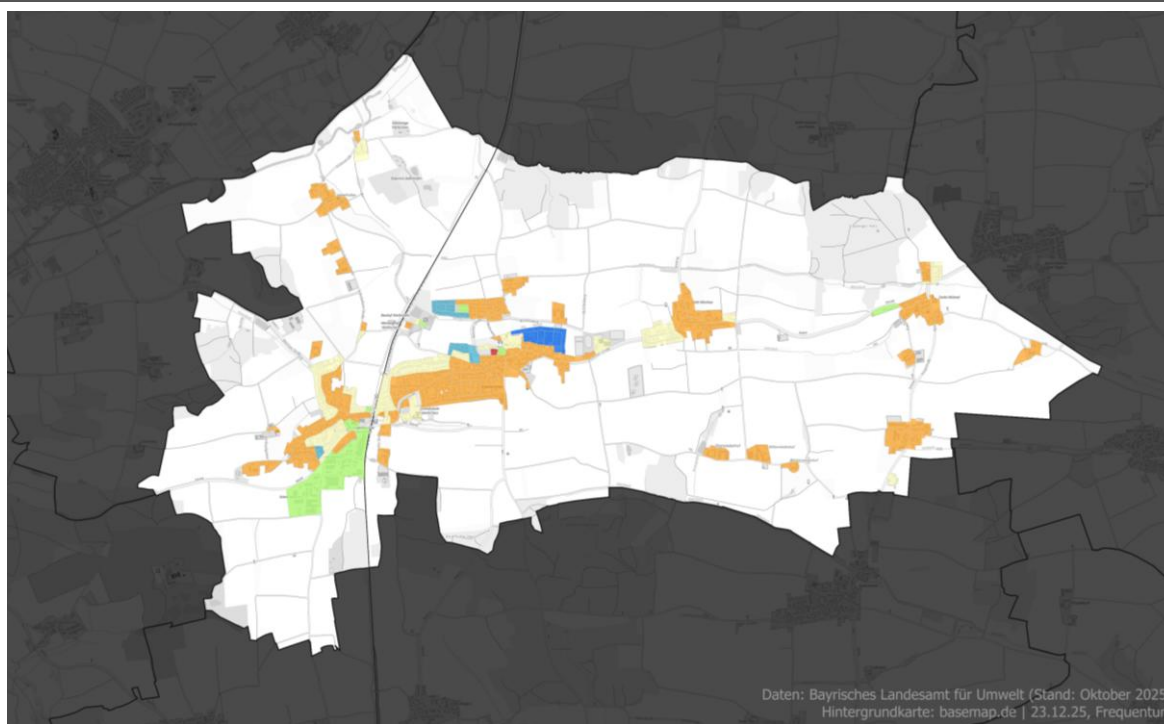
Im Dezember 2024 lebten in Vierkirchen 4.654 Einwohner. In den letzten zehn Jahren verzeichnete die Gemeinde ein durchschnittliches jährliches Bevölkerungswachstum von etwa 16 Personen (Statistik 2024).

Vierkirchen gliedert sich in 12 Gemeindeteile, darunter die Hauptorte Vierkirchen, Esterhofen und Pasenbach.

2.1.2. Gebäudebestand

Der älteste Baublock der Gemeinde besitzt ein durchschnittliches Baujahr von 1910 und liegt am nördlichen Rand des Zentrums Vierkirchens. Der Großteil der baulichen Strukturen im Gemeindegebiet fallen in die Baualtersklasse von 1948-78, mit einigen neueren Teilen im Norden Vierkirchens, in Pasenbach, sowie am Rand des Ortsteils Rettenbach. Hinzu kommen einige Neubaugebiete von 2002-2009 oder später, vor allem am nördlichen Rand Vierkirchens. Auch das Gewerbegebiet Pasenbach im Südwesten des Hauptortes wurde erst ab 1995 ausgebaut (Abb. 2).

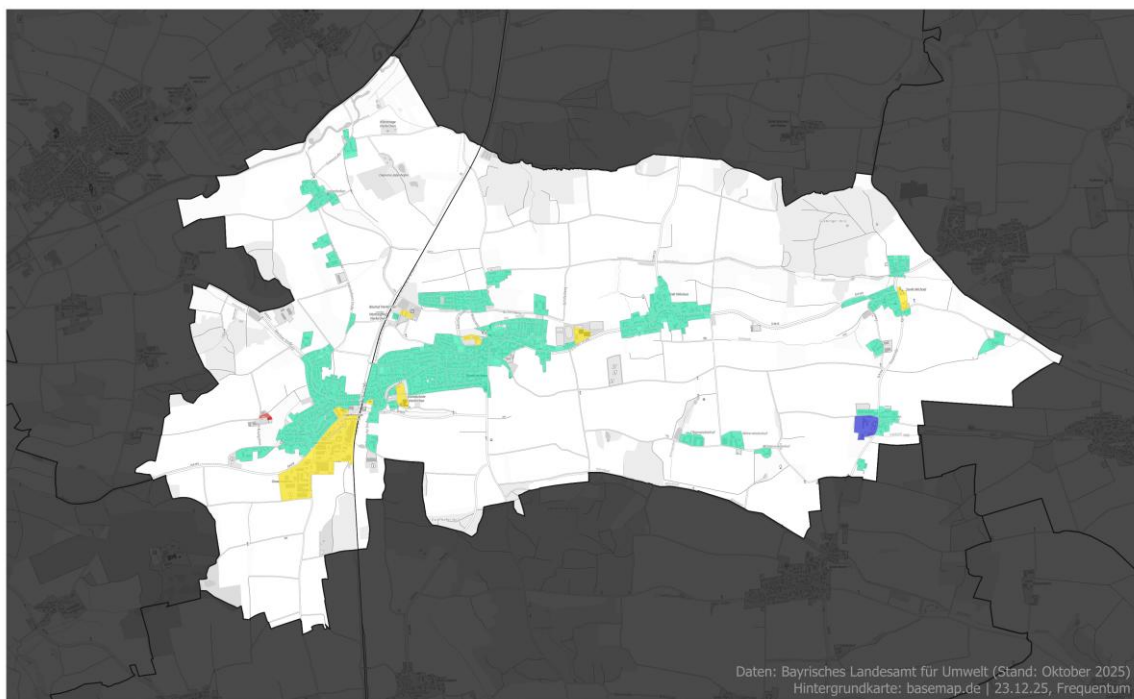
Von den insgesamt 1.365 beheizten Gebäuden in Vierkirchen fallen 1.250 und damit ca. 91,6 % in die BSKO Kategorie Private Haushalte. Gewerbe, Dienstleistungen und Handel umfassen mit 75 Gebäuden ca. 5,5 %. Kommunale Einrichtungen und Industriebetriebe umfassen zusammen etwa 3 % der beheizten Gebäude. Die räumliche Verteilung der BSKO Sektoren ist in Abb. 1 auf Baublockebene dargestellt.



Baualtersklassen

- bis 1919
- 1948 - 1978
- 1978 - 1995
- 1995 - 2002
- 2002 - 2009
- 2009 - heute

Abb. 2: Baualtersklassen im Gemeindegebiet Vierkirchen auf Baublockebene.



BISKO Sektoren

- GHD/Sonstiges
- Industrie
- Kommunale Einrichtungen
- Private Haushalte

Abb. 1: Räumliche Verteilung der BISCO Sektoren in Vierkirchen.



2.2. Aktuelle Versorgungsstruktur

2.2.1. Gasnetz

In der Gemeinde Vierkirchen besteht ein Erdgasverteilnetz, das durch die Energienetze Bayern GmbH & Co. KG betrieben wird. Das Netz erstreckt sich über die zentralen Siedlungsbereiche der Gemeinde und umfasst insbesondere die Ortsteile Vierkirchen, Esterhofen, Ramelsbach und Pasenbach. Versorgt werden überwiegend Wohngebäude sowie Teile des Gewerbegebiets in Pasenbach. Die umliegenden kleineren Ortschaften verfügen derzeit über keinen Gasnetzanschluss. Die Darstellung des Gasnetzes erfolgt im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung baublockbezogen und nicht leitungsbezogen. Auf eine detaillierte grafische Darstellung des Leitungsverlaufs wird aus Gründen des Schutzes kritischer Infrastrukturen verzichtet.

Das bestehende Gasnetz wird derzeit mit Erdgas betrieben und stellt damit gegenwärtig eine überwiegend fossile Versorgungsinfrastruktur dar. Im Rahmen der Akteursbeteiligung hat der zuständige Netzbetreiber jedoch darauf hingewiesen, dass perspektivisch Entwicklungen im Bereich Wasserstoff und grüne Gase möglich erscheinen. Hervorgehoben wurde insbesondere das geplante Wasserstoffprojekt „H2Ried“ im nahegelegenen Markt Indersdorf, bei dem grüner Wasserstoff erzeugt und über bestehende Netzabschnitte der sogenannten „Glonntal-Leitung“ unter anderem auch durch Vierkirchen transportiert werden könnte. Die Planungen sehen eine Inbetriebnahme des Elektrolyseurs im Quartal 4 im Jahr 2027 vor. Zudem verweist der Netzbetreiber auf geplante Wasserstoff-Transformationsmaßnahmen des vorgelagerten Fernleitungsnetzbetreibers bayernets sowie auf Erfahrungen aus dem Pilotprojekt „H2direkt“.

Derzeit stehen jedoch keine belastbaren Aussagen zur tatsächlichen zukünftigen Verfügbarkeit von Wasserstoff für Endverbraucher im Gemeindegebiet vor. Der Gasnetzbetreiber weist jedoch darauf hin, dass die durchgeführte Netztauglichkeitsprüfung bestätigt habe, dass eine Wasserstoffbeimischung von bis zu 20 % technisch umsetzbar und sicher betreibbar ist.

Das Verteilnetz besteht ausschließlich aus Leitungen der Druckstufe A mit einem Betriebsdruck von bis zu 1 bar. Die Gesamtlänge des Gasnetzes in Vierkirchen beträgt rund 15,6 km. Insgesamt bestehen 384 Netzanschlüsse, unabhängig davon, ob aktuell eine Gasentnahme erfolgt. Die vergleichsweise hohe Anschlussdichte in den zentralen Ortslagen verdeutlicht die historisch gewachsene Bedeutung des Gasnetzes für die Wärmeversorgung innerhalb des Gemeindegebiets.

Die Inbetriebnahme der einzelnen Netzabschnitte erfolgte überwiegend im Zeitraum zwischen 1999 und 2001. Weitere Erweiterungen wurden bis etwa 2010 sowie vereinzelt bis 2021 umgesetzt. Der überwiegende Teil des Netzes weist somit ein Alter von rund 25 Jahren auf.

2.2.2. Wärmenetz

Im Ortsteil Pasenbach der Gemeinde Vierkirchen besteht ein Nahwärmenetz, das von der Grossmann-Neuhäusler Energie GmbH betrieben wird. Das Netz ist räumlich auf den südlichen und zentralen Bereich Pasenbachs konzentriert und verläuft überwiegend entlang der Röhrmooser Straße sowie angrenzender Wohn- und Gewerbestraßen. Die kartografische Darstellung erfolgt auf Straßenabschnittsebene und bildet die Trassenführung des Wärmenetzes ab (Abb. 3).

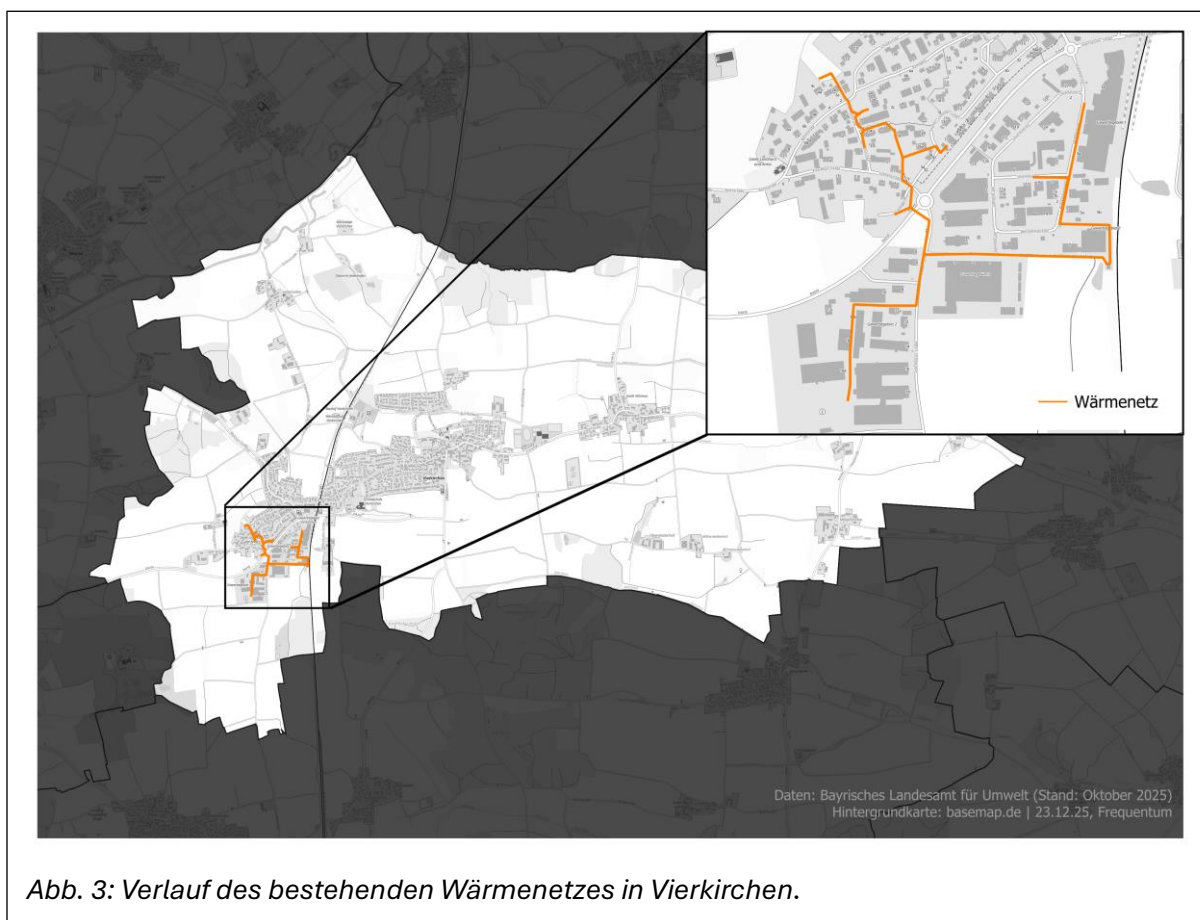


Abb. 3: Verlauf des bestehenden Wärmenetzes in Vierkirchen.

Es handelt sich um ein wassergeführtes Nahwärmenetz, dessen Wärmeherzeugung auf der Nutzung von Abwärme aus der Verstromung von Biogas basiert. Das eingesetzte Biogas wird aus regionalen Substraten wie Mais, Kleeergras, Gülle und Mist erzeugt. Die einspeisende Biogasanlage wurde im Jahr 2006 in Betrieb genommen; eine weitere Anlage mit ergänzender Leistung folgte im Jahr 2010. Die elektrische Nennleistung der Anlagen beträgt insgesamt rund 1,37 MW. Die thermisch nutzbare Abwärme beläuft sich auf etwa 6,5 GWh pro Jahr. Ein Teil dieser Wärmemenge fällt ganzjährig an und wird betriebsintern genutzt, insbesondere zur Beheizung der Fermenter sowie zur Trocknung landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Für die externe Wärmeversorgung stehen derzeit rund 2,8 GWh pro Jahr zur Verfügung, sodass rechnerisch noch ein Potenzial von etwa 1,5 GWh besteht. Die tatsächliche Nutzbarkeit dieses Potenzials ist jedoch stark von der saisonalen Verfügbarkeit, insbesondere im Winterhalbjahr, abhängig.

Aktuell sind insgesamt 44 Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen, darunter Wohngebäude, landwirtschaftliche Betriebe sowie gewerbliche und industrielle



Abnehmer. Die im Jahr 2024 tatsächlich abgesetzte Wärmemenge beträgt rund 2,8 GWh, wobei ein erheblicher Anteil auf wenige größere Einzelabnehmer entfällt. Die Gesamtlänge des Wärmenetzes ist begrenzt und an die bestehende Siedlungsstruktur angepasst; ein flächendeckender Ausbau über den Ortsteil Pasenbach hinaus besteht derzeit nicht.

Aus Sicht der kommunalen Wärmeplanung stellt das Wärmenetz in Pasenbach eine etablierte und erneuerbare Wärmeinfrastruktur dar, die auf regional erzeugtem Biogas basiert. Ein Ausbaupotenzial wird vom Betreiber grundsätzlich gesehen, jedoch nur unter der Voraussetzung ausreichender Wärmedichten, etwa im Zusammenhang mit größeren Neubaugebieten oder zusätzlichen gewerblichen Ankerkunden. Eine Erweiterung zur Versorgung einzelner, kleinteiliger Neubauten mit geringem Wärmebedarf wird als wirtschaftlich nicht tragfähig eingeschätzt. Insgesamt nimmt das Wärmenetz damit eine lokal begrenzte, aber strategisch relevante Rolle innerhalb der zukünftigen Wärmeversorgung der Gemeinde Vierkirchen ein.

2.2.3. Heizzentralen

In Vierkirchen befinden sich, wie in Abb. 4 dargestellt, mehrere kleine und mittlere Heizzentralen, die zur lokalen Energieversorgung beitragen. Die **Biomasseanlage am Sportheim wird nicht mehr betrieben**. Weitere vier Biogasanlagen sind im Südwesten Pasenbachs registriert. Diese erzeugen sowohl Strom als auch Wärme und haben zusammen eine elektrische Leistung von 2.571 kW. Eine weitere Biogasanlage im Südosten in Milbertshofen erzeugt nur Strom mit einer Leistung von 950 kW.

Ergänzt werden Biogas und Biomasseanlagen durch drei kleinere fossile Heizkraftwerke mit einer Leistung von bis zu 30 kWp (aufgrund von Datenschutz aggregiert). Zusammengenommen verfügen sie über eine installierte thermische Gesamtleistung von rund 35 kW und eine elektrische Gesamtleistung von 8 kW. Ein weiteres fossiles Heizkraftwerk (Heizöl) befindet sich im Gewerbegebiet und unterstützt die Versorgung des Fernwärmenetzes mit 2 MW.



2.2.4. Speicher

Im Gemeindegebiet Vierkirchen sind derzeit keine größeren Wärmespeicher oder saisonalen Großwärmespeicher bekannt. Auch im Zusammenhang mit bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen, insbesondere der Biogasanlage mit angeschlossenem Nahwärmenetz im Ortsteil Paserbach, liegen keine Hinweise auf installierte Wärmespeicher vor. Eine systematische Nutzung von Wärmespeichern zur Optimierung des Netzbetriebs oder zur Erhöhung der Versorgungssicherheit ist in Vierkirchen bislang nicht realisiert.

Auch im Bereich der Gasinfrastruktur besteht im Gemeindegebiet Vierkirchen aktuell keine Speicherinfrastruktur. Der zuständige Gasnetzbetreiber betreibt weder Erdgas- noch Wasserstoffspeicher, und es sind auch keine entsprechenden Anlagen im Gemeindegebiet vorhanden. Nach Angaben des Netzbetreibers bestehen derzeit keine konkreten Planungen für den Bau oder die Ansiedlung von Gasspeichern in Vierkirchen.

Insgesamt zeigt sich, dass Speicherlösungen derzeit weder in der Wärme- noch in der Gasinfrastruktur der Gemeinde Vierkirchen eine relevante Rolle spielen. Perspektivisch könnte insbesondere die Integration von Wärmespeichern, etwa zur Zwischenspeicherung von Abwärme oder zur Flexibilisierung bestehender oder zukünftiger Wärmenetze, an Bedeutung gewinnen. Voraussetzung hierfür wären jedoch konkrete Planungen zur Verdichtung bestehender Netze oder zum Ausbau zentraler, leitungsgebundener Wärmestrukturen.



2.2.5. Analyse von Wasserstoff- und synthetischen Gasanlagen

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde untersucht, inwieweit Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen im Gemeindegebiet Vierkirchen vorhanden sind, beziehungsweise perspektivisch eine Rolle für die zukünftige Wärmeversorgung einnehmen könnten. Zum Zeitpunkt der Bestandsanalyse befinden sich im Gemeindegebiet selbst keine Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen. Ebenso bestehen derzeit keine konkreten Planungen für entsprechende Erzeugungsanlagen innerhalb des Gemeindegebiets.

Im Zuge der Akteursbeteiligung hat der zuständige Gasnetzbetreiber jedoch auf mehrere regionale Entwicklungen hingewiesen, die mittel- bis langfristig Relevanz für die zukünftige Gas- und Wärmeversorgung in Vierkirchen besitzen könnten. Hervorzuheben ist hierbei insbesondere das geplante Wasserstoffprojekt „H2Ried“ im Ortsteil Ried der Gemeinde Markt Indersdorf. Dort ist die Errichtung eines Elektrolyseurs vorgesehen, der mit lokal erzeugtem erneuerbarem Strom grünen Wasserstoff erzeugen und in das bestehende Erdgasverteilnetz einspeisen soll. Nach Angaben des Netzbetreibers ist vorgesehen, den Wasserstoff über die sogenannte „Glonntal-Leitung“ unter anderem durch Vierkirchen weiterzuleiten. Die Inbetriebnahme des Projekts ist derzeit für Ende 2027 vorgesehen.

Darüber hinaus verweist der Netzbetreiber auf die Wasserstoff-Transformationsplanungen des vorgelagerten Fernleitungsnetzbetreibers bayernets sowie auf Erfahrungen aus dem Pilotprojekt „H2direkt“, in dessen Rahmen die Nutzung bestehender Gasnetze für Wasserstoffanwendungen erprobt wurde.

Unabhängig von diesen perspektivischen Entwicklungen besitzen aktuell ausschließlich Biogasanlagen eine praktische Relevanz für die Nutzung gasförmiger Energieträger im Gemeindegebiet. Insbesondere im Ortsteil Pasenbach sowie im näheren Umfeld werden Biogasanlagen betrieben, deren Biogas überwiegend zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung genutzt wird. Die dabei anfallende Abwärme wird teilweise über bestehende Nahwärmenetze genutzt und in den vorherigen Kapiteln näher beschrieben. Eine Aufbereitung des Biogases zu Biomethan mit Einspeisung in das öffentliche Gasnetz erfolgt derzeit nicht.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Wasserstoff und synthetische Gase gegenwärtig noch keine tragende Rolle für die Wärmeversorgung der Gemeinde Vierkirchen spielen. Die derzeitige Bedeutung gasförmiger erneuerbarer Energieträger beschränkt sich auf die energetische Nutzung von Biogas im Rahmen bestehender Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Perspektivisch könnten jedoch regionale Wasserstoffprojekte sowie übergeordnete Infrastrukturentwicklungen zusätzliche Optionen für eine teilweise Dekarbonisierung der Gasversorgung eröffnen. Zum jetzigen Zeitpunkt bestehen hierfür jedoch noch keine belastbaren Umsetzungs- oder Versorgungsperspektiven für das Gemeindegebiet.



2.2.6. Darstellung der Abwassernetze und -leitungen

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde das bestehende Abwassernetz der Gemeinde Vierkirchen hinsichtlich seiner grundsätzlichen Eignung für eine mögliche energetische Nutzung (Abwasserwärme) untersucht. Betrachtet wurden dabei ausschließlich Netzabschnitte mit größeren Nennweiten ($DN \geq 800$), da nur diese aus technischer Sicht für eine Wärmerückgewinnung relevant sind.

Im Gemeindegebiet Vierkirchen sind mehrere größere Abwasserkanäle mit Nennweiten ab DN 800 vorhanden. Diese verlaufen schwerpunktmäßig durch die Hauptorte und dienen der Sammlung und Ableitung der kommunalen Abwässer (s. Abb. 5). Die räumliche Lage der entsprechenden Haltungen ist in der beigefügten Karte dargestellt.

Die Gesamtlänge der Abwasserhaltungen mit $DN \geq 800$ beträgt rund 4,6 km. Die Verteilung auf die Ortsteile stellt sich wie folgt dar:

- Pasenbach: ca. 2,67 km
- Vierkirchen: ca. 1,42 km
- Giebing: ca. 0,14 km
- Rettenbach: ca. 0,20 km
- Ramelsbach: ca. 0,15 km

Der Schwerpunkt der großdimensionierten Abwasserinfrastruktur liegt damit klar in Pasenbach und im Hauptort Vierkirchen. Die übrigen Ortsteile weisen lediglich kurze Einzelabschnitte mit entsprechenden Nennweiten auf.

Für das Jahr 2024 liegen monatliche Temperaturdaten des kommunalen Abwassers vor. Diese zeigen ein für Abwasser typisches, relativ stabiles Temperaturniveau über das Jahr hinweg:

- Jahresmittelwerte: ca. 8-19 °C
- Wintermonate (Januar/Februar): durchschnittlich ca. 8-9 °C
- Sommermonate (Juli/August): durchschnittlich ca. 18-20 °C
- Maximalwerte: bis ca. 21-22 °C
- Minimalwerte: rund 5-7 °C

Damit liegen die Temperaturen grundsätzlich in einem Bereich, der den technischen Betrieb von Abwasserwärmepumpen ermöglicht.

Für das Abwassernetz der Gemeinde Vierkirchen liegen keine belastbaren Daten zum Trockenwetterabfluss (TWA) vor. Entsprechende Messungen oder systematische Auswertungen sind aktuell nicht vorhanden bzw. nicht bekannt.



Abb. 5: Verlauf des Abwasserkanalnetzes (> 800DN) in Vierkirchen.

2.3. Wärmebedarf

Die Ermittlung des Wärmebedarfs erfolgte für leitungsgebundene Heizsysteme – also Wärme- und Gasnetz sowie Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen – vorrangig auf Grundlage verfügbarer Verbrauchsdaten (Endenergieverbräuche). Für Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (wie Heizöl, Holz oder Flüssiggas) sowie für solche, bei denen keine Informationen zum eingesetzten Heizsystem vorlagen, wurden Daten des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie genutzt. Dieses stellt eigene Berechnungen der Nutzenergie für die Eignungsprüfung der kommunalen Wärmeplanung bereit.

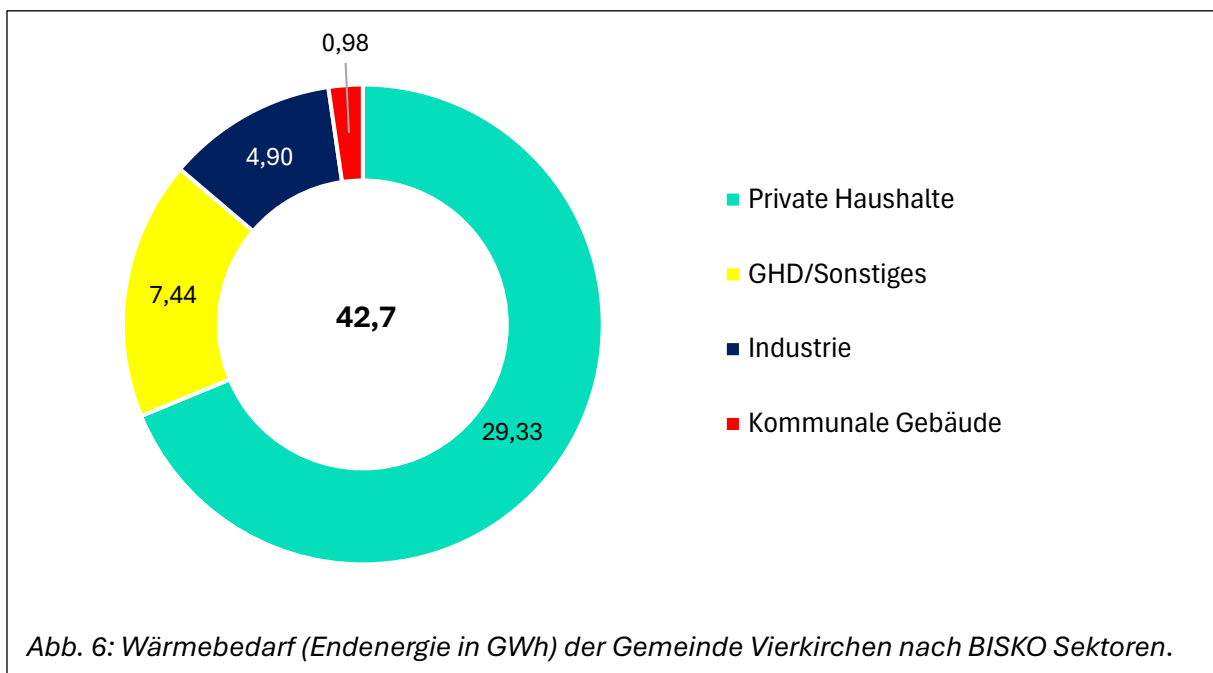
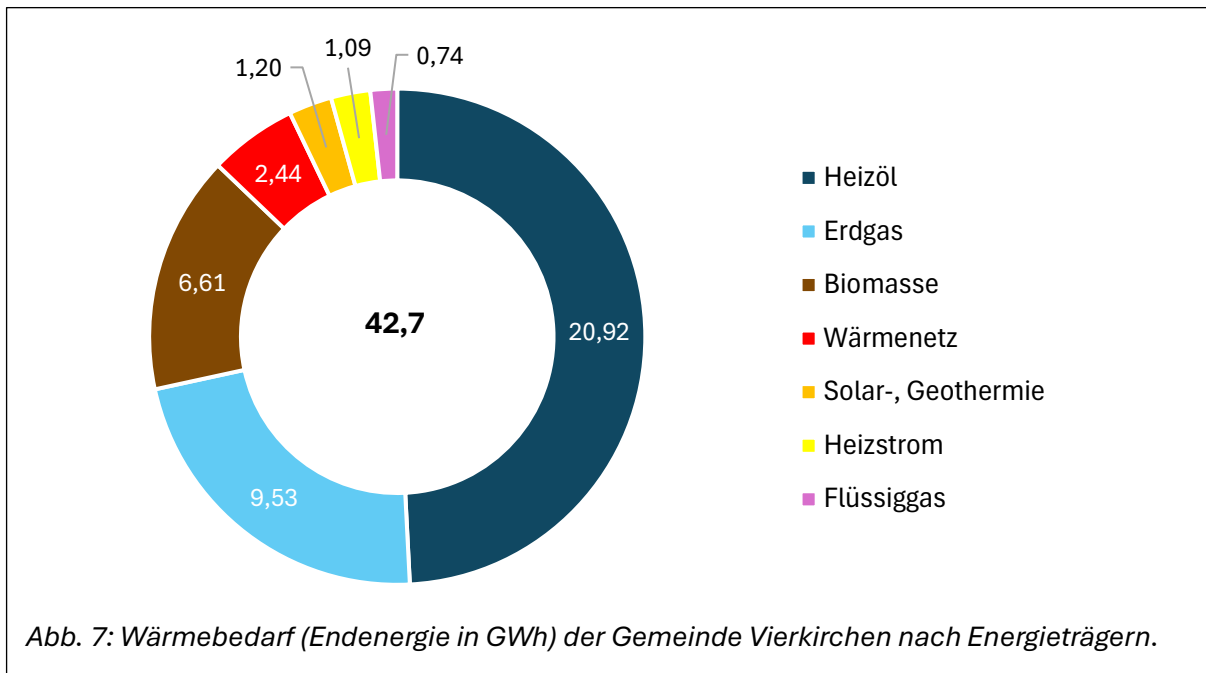


Abb. 6: Wärmebedarf (Endenergie in GWh) der Gemeinde Vierkirchen nach BSKO Sektoren.



Der aktuelle Endenergiebedarf für Wärmeerzeugung in Vierkirchen beträgt insgesamt 42,7 GWh. Hierbei entfällt der Großteil des Endenergiebedarfs mit 69 % auf die privaten Haushalte (29,33 GWh), gefolgt von GHD/Sonstiges mit 17,4 % (7,44 GWh) und Industrie mit 11,5 % (4,90 GWh). Kommunale Einrichtungen (0,98 GWh) machen nur einen geringen Anteil von etwa 2,3 % aus (Abb. 6). Abb. 7 zeigt zusätzlich die Verteilung der jährlich für den Wärmebedarf aufgewendeten Endenergie nach Anteilen der aktuellen Energieträger.



Die Deckung des Endenergiebedarfs erfolgt in Vierkirchen überwiegend durch fossile Energieträger, deren räumliche Verteilung im Gemeindegebiet in Abb. 8 auf Baublockebene dargestellt ist. Deutlich erkennbar ist eine starke Dominanz von Gas und Heizöl in den dichter bebauten Ortskernen, während in den Randbereichen vermehrt Biomasse sowie vereinzelt Umweltwärme und Solar- oder Geothermie auftreten. Das Wärmenetz im Industriegebiet versorgt bisher nur einen kleinen Teil der Gemeinde im Südwesten. Strom ist punktuell konzentriert, insbesondere in zentralen Siedlungsbereichen, was auf lokale Versorgungsstrukturen hinweist. Insgesamt ist die Energieversorgung innerhalb der Gemeinde heterogen, aber dominiert von fossilen Energieträgern.

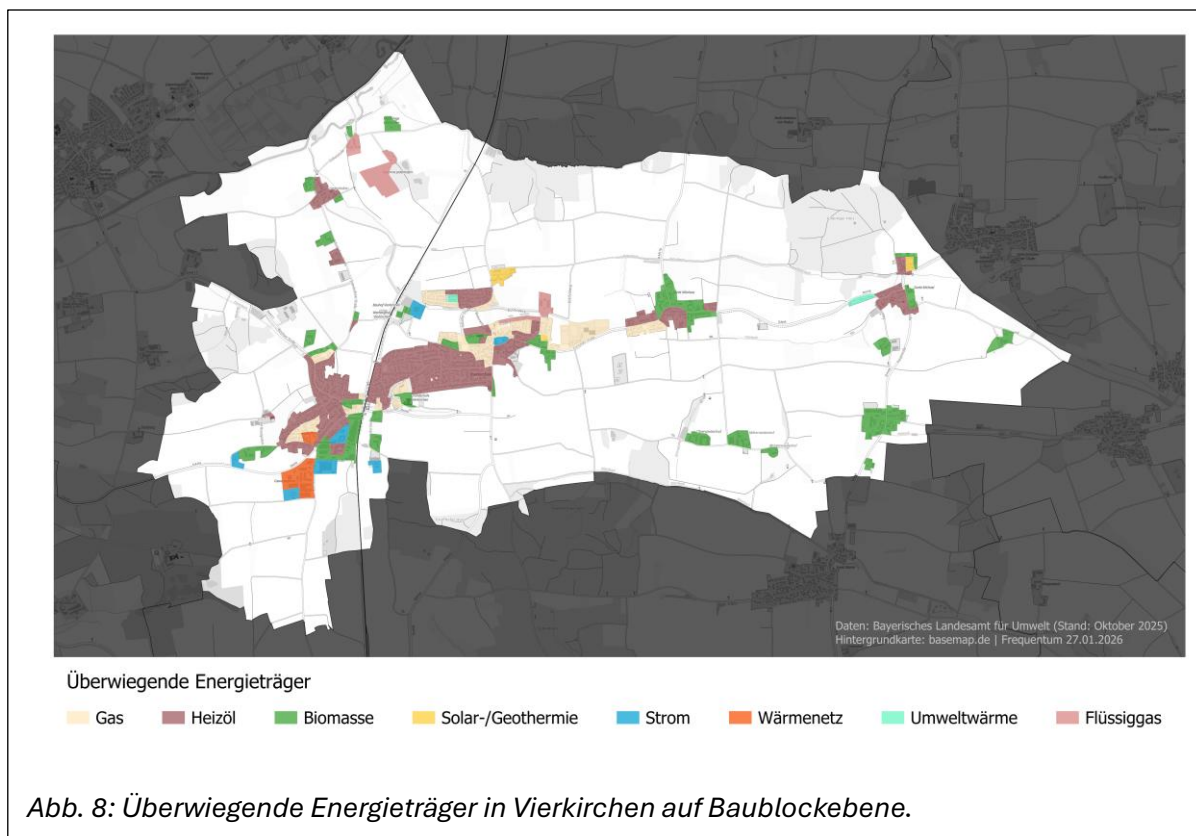


Abb. 8: Überwiegende Energieträger in Vierkirchen auf Baublockebene.

Die in Tab. 1, Abb. 7 und Abb. 9 aufgelisteten bzw. grafisch dargestellten Werte basieren auf einer Verschneidung von echten Verbrauchsdaten mit den oben bereits erwähnten Daten des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie. Dadurch errechnen sich folgende Ergebnisse: Heizöl, Erdgas und Flüssiggas machen zusammen mehr als 73 % der Energiemenge aus, während erneuerbare Energieträger wie Umweltwärme (aus Luft), Biomasse und Solar-/Geothermie nur etwa 19 % des aktuellen Bedarfs decken. Biogas wird in Vierkirchen nicht in Einzelgebäuden genutzt, sondern für das Wärmenetz im Industriegebiet. Dieses deckt bereits ca. 6 % des Wärmebedarfs ab (2,44 GWh).

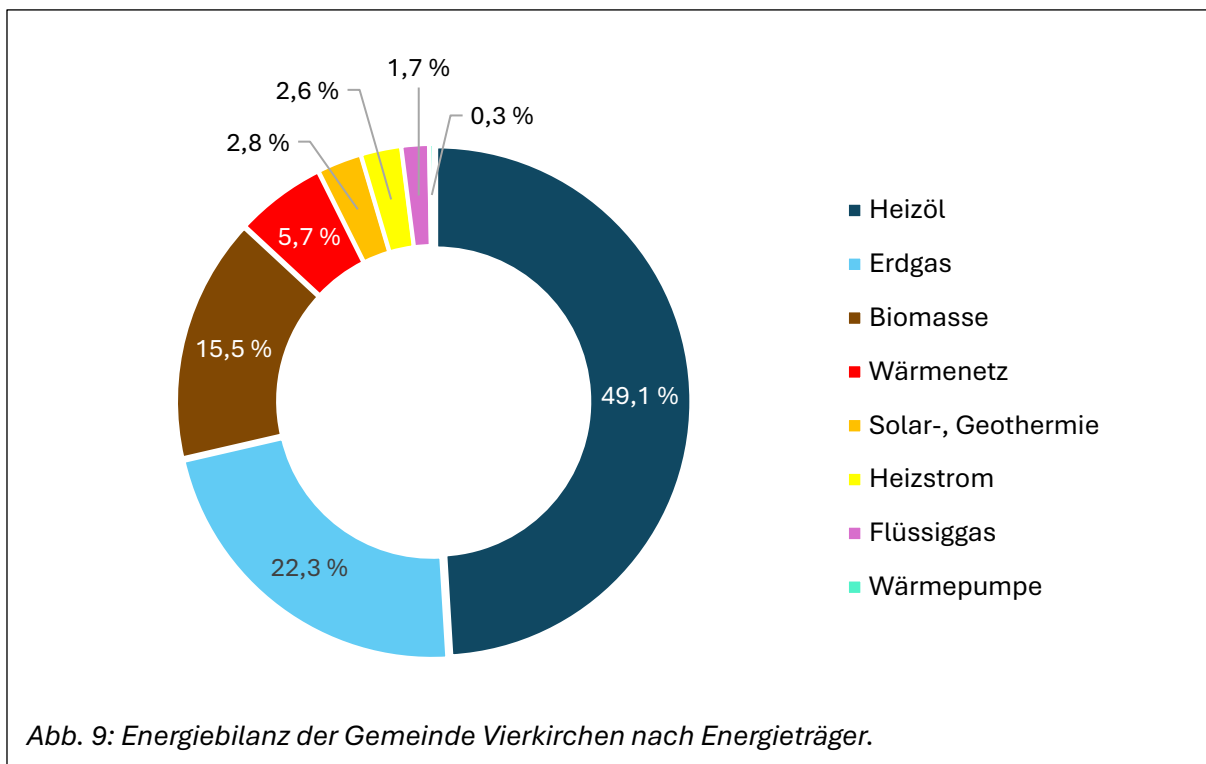
Die Energieträgerverteilung in Vierkirchen auf Baublockebene zeigt eine deutliche Dominanz fossiler Heizsysteme, insbesondere Heizöl und Erdgas, vor allem in den gewachsenen Ortskernen. Biomasse und Wärmenetze treten punktuell auf, insbesondere in einzelnen Ortsteilen und bei größeren Liegenschaften, während strombasierte Systeme und Umweltwärme bislang nur vereinzelt vertreten sind. Insgesamt weist die Verteilung auf eine bislang heterogene und überwiegend fossil geprägte Wärmeversorgung hin.

Um die klimaneutrale Wärmeversorgung in der Gemeinde zu erreichen, müssen bis 2045 alle Heizungen mit fossilen Energieträgern durch erneuerbare Systeme ausgetauscht werden. In den dezentralen Gebieten bedeutet dies eine Umstellung auf Luftwärme (Umweltwärme), Biomasse, Solarthermie oder Geothermie. In den Netzgebieten wird von einem Anschluss an ein Wärmenetz ausgegangen, welches von einem Heizwerk mit Wärme aus erneuerbaren Energieträgern wie beispielsweise Biogas oder Biomasse gespeist wird.



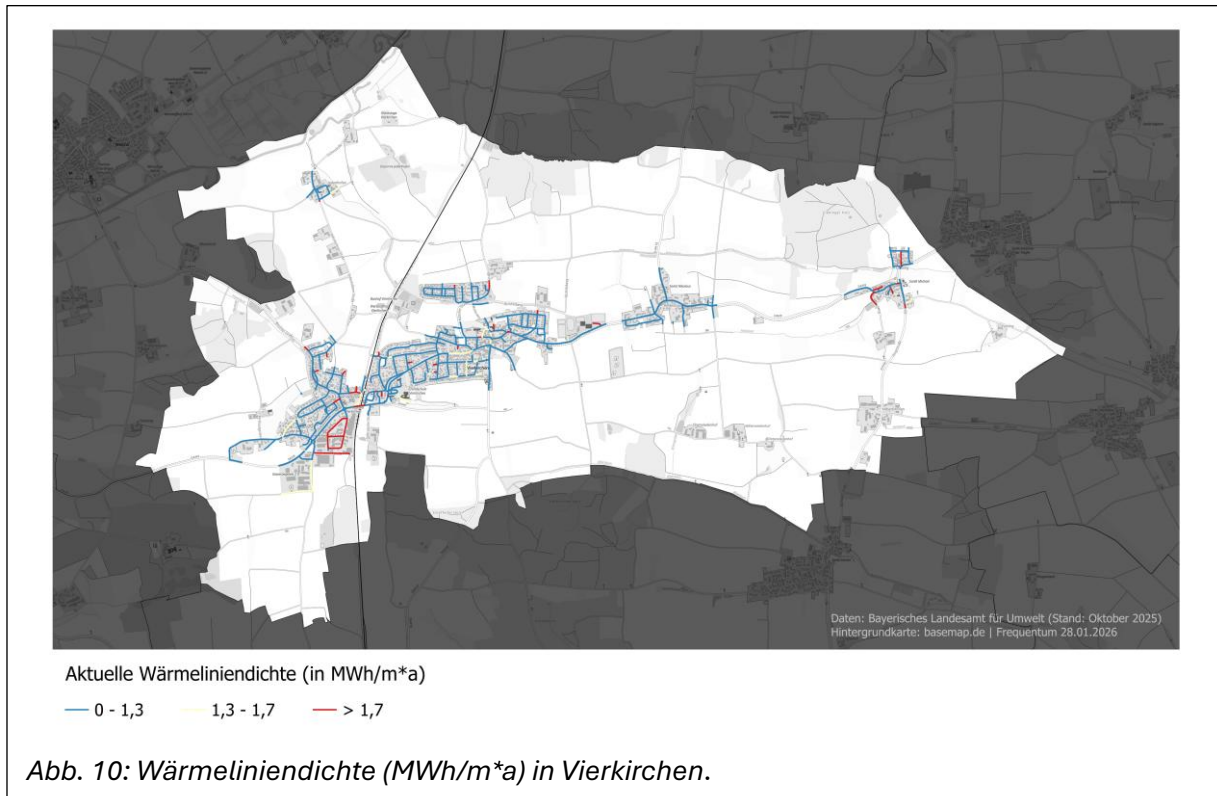
Tab. 1: Energieträgerverteilung nach Versorgungsart und Energiemenge.

Versorgungsart Wärme	Energiemenge (GWh)	Anteil (%)
Heizöl	20,92	49,1 %
Erdgas	9,53	22,3 %
Biomasse	6,61	15,5 %
Wärmenetz	2,44	5,7 %
Solar-, Geothermie	1,20	2,8 %
Heizstrom	1,09	2,6 %
Flüssiggas	0,74	1,7 %
Wärmepumpe	0,12	0,3 %
Biogas	0,00	0,0 %
Gesamt	42,65	100,0 %

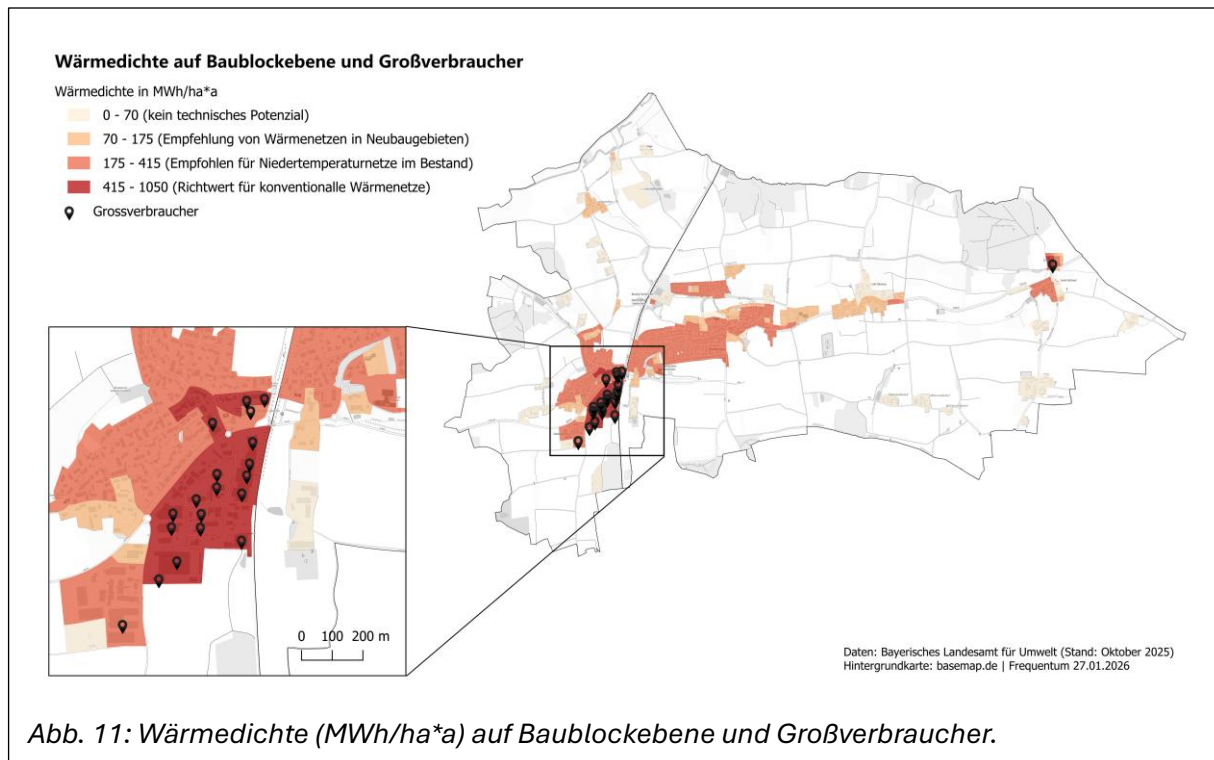




Die aktuelle Wärmeliniendichte (Abb. 10) in Vierkirchen ist überwiegend niedrig bis mittel ausgeprägt. Hohe Wärmeliniendichten ($> 1,7 \text{ MWh/m}^2\text{a}$) treten nur punktuell auf, insbesondere im Bereich einzelner größerer Verbraucher und verdichteter Ortslagen, wie in Pasenbach, während der Großteil des Gemeindegebiets Werte unter $1,3 \text{ MWh/m}^2\text{a}$ aufweist. Insgesamt deutet die Verteilung auf begrenzte, lokal konzentrierte Potenziale für leitungsgebundene Wärmenetze hin.



Die Wärmedichte auf Baublockebene (Abb. 11) zeigt in Vierkirchen ein ähnliches Muster mit klar abgegrenzten Bereichen mit erhöhtem Wärmebedarf, insbesondere in Pasenbach mit einigen Großverbrauchern. Eine hohe Wärmedichte tritt nur dort auf, während der Rest des Gemeindegebiets geringe bis sehr geringe Wärmedichten aufweist. Insgesamt bestätigt die Verteilung, dass leitungsgebundene Wärmenetze nur lokal und an größere Verbraucher gekoppelt sinnvoll realisierbar sind.



2.4. Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

Die fossilen Energieträger Heizöl, Erdgas und Flüssiggas verursachen in Vierkirchen knapp 93 % der Treibhausgasemissionen. Die erneuerbaren Energieträger Biomasse (netzgebunden und individuell) und Umweltwärme decken einen deutlich geringeren Anteil von 1,5 % ab. Heizstrom nimmt einen etwas höheren Anteil von 4,5 % ein, welcher in der Zukunft jedoch einfach durch eine Umstellung auf Ökostrom reduziert werden kann (aufgelistet Tab. 2 und grafisch dargestellt in Abb. 12).

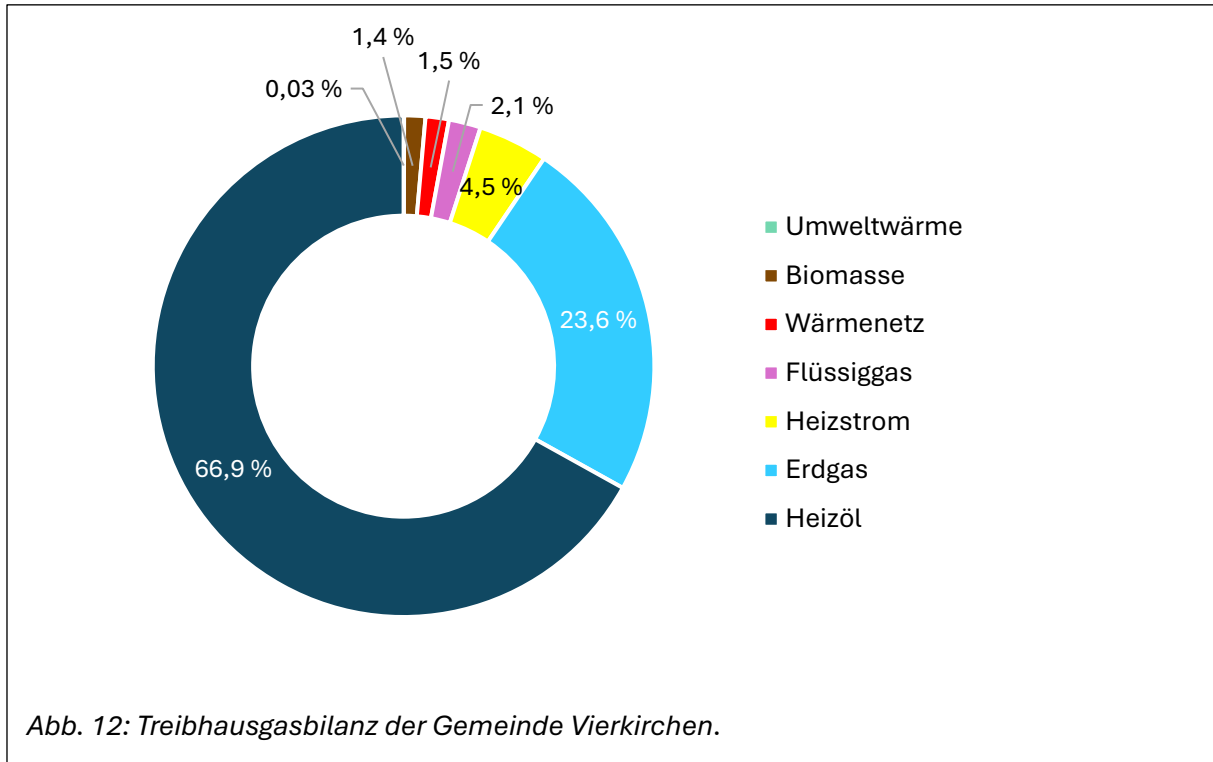
Um eine klimaneutrale Wärmeversorgung in der Gemeinde bis zum Zieljahr umzusetzen, ist die Umstellung auf strombasierte Systeme wie Wärmepumpen unverzichtbar. Um diese jedoch emissionsfrei betreiben zu können, muss auch die Umstellung der Stromversorgung der Gemeinde komplett auf Ökostrom erfolgen.

Tab. 2: Treibhausgasbilanz nach Energieträger

Versorgungsart Wärme	Emissionen (Tonnen CO ₂)	Anteil (%)
Heizöl	6486	66,9 %
Erdgas	2286	23,6 %
Heizstrom	436	4,5 %
Flüssiggas	200	2,1 %
Biomasse	132	1,4 %



Wärmenetz	146	1,5 %
Umweltwärme Luft	3,3	0,03 %
Solar/Geothermie	0	0,0 %
Summe	9.690	100,0 %





3. Potenzialanalyse

3.1. Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien

Die Potenzialanalyse bildet eine zentrale Grundlage für die strategische Wärmeplanung in der Gemeinde Vierkirchen. Ziel ist es, nutzbare erneuerbare Wärmequellen sowie Einsparpotenziale systematisch zu identifizieren und hinsichtlich ihrer technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Machbarkeit zu bewerten. Dabei wird eine nachhaltige, klimafreundliche und zukunftsfähige Wärmeversorgung bis spätestens 2045 angestrebt.

Im Fokus der Analyse stehen sowohl natürliche Energiequellen als auch energetische Reststoffe und industrielle Abwärme. Zu den untersuchten Potenzialen zählen insbesondere:

- **Solarthermie und Photovoltaik** (auf Dach- und Freiflächen),
- **oberflächennahe und tiefe Geothermie**,
- **Umgebungswärme** (z. B. über Luftwärmepumpen oder Grundwasser),
- **Biomasse** (einschließlich biogener Reststoffe),
- **industrielle und gewerbliche Abwärme** sowie
- **Abwärme aus Abwasser und Kläranlagen**.

Zur Identifizierung dieser Potenziale wurde eine detaillierte Flächenanalyse unter Berücksichtigung von Ausschluss- und Eignungskriterien durchgeführt. Öffentliche Geodaten, Infrastrukturinformationen und Umweltauflagen bildeten dabei die Datengrundlage. Die Resultate wurden geografisch verortet und räumlich quantifiziert, um planungsrelevante Aussagen zur möglichen Energiegewinnung treffen zu können. In Abb. 13 ist eine Übersicht der Potenziale und ihrer Einschätzung dargestellt.

Darüber hinaus wurde auch die **Möglichkeit eines Wärme- bzw. Gebäudenetzbaus** bewertet – unter Berücksichtigung bestehender Siedlungsdichten, Wärmebedarfsverteilungen und technischer Anschlussmöglichkeiten. Die Potenzialanalyse berücksichtigt nicht nur die Erzeugung erneuerbarer Wärme, sondern auch Optionen zur Reduktion des Endenergiebedarfs durch Effizienzsteigerungen im Gebäudebestand und durch energetische Sanierung.

Zur Einordnung der Ergebnisse wird zwischen vier Potenzialstufen unterschieden:

1. **Physikalisches Potenzial** – die theoretisch maximal mögliche Energieverfügbarkeit einer Quelle,
2. **Technisches Potenzial** – der technisch erschließbare Anteil unter aktuellen Rahmenbedingungen,
3. **Wirtschaftliches Potenzial** – jener Teil, dessen Nutzung sich unter gegebenen Marktbedingungen rechnet,



4. Erschließbares Potenzial – das tatsächlich umsetzbare Potenzial, unter Einbeziehung rechtlicher, sozialer und politischer Einflussfaktoren.

Die Ergebnisse dieser Analyse bilden die Grundlage für die Ausarbeitung eines möglichen Zielszenarios zur zukünftigen klimaneutralen Wärmeversorgung der Gemeinde.

Luft und Sonne	Wasser	Erde	Rohstoffe
Luft-Wärmepumpe Großes Potenzial, 66 % der Objekte für Luft-WP geeignet	Flusswasser/Seewasser Keine geeigneten Flüsse/Seen vorhanden	Oberflächennahe Geothermie Nur Potenzial im Neubau	Biomasse Aktuell nur dezentral, könnte Basis für Wärme-/Gebäudenetz(e) werden
Photovoltaik Viele Dächer geeignet, Strom für Wärmepumpen und Direktheizungen	Abwärme Keine Abwärme im Gemeindegebiet vorhanden (Abwärme aus Biogas ist unter Biogas aufgelistet)	Erdsonden Einsatz möglich aber Entzugsleistung zu gering	Biogas Hohes Potenzial, aktuell 5 Biogas Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion vorhanden
Solarthermie Potenzial als Ergänzungstechnologie, wirtschaftlich 20 %, erschließbar 7 % des Wärmebedarfes möglich	Abwasser Gemeinde zu wenig Einwohner	Tiefen-Geothermie Theoretisch im Eignungsgebiet, aber teuer und aufwendig in Umsetzung	Wasserstoff-Gas Elektrolyseur-Projekt Ried

relevant
teilweise relevant
ungeeignet

Abb. 13: Potenzialübersicht für Vierkirchen.

3.1.1. Solarthermiepotenzial

Solarthermieanlagen nutzen die Energie der Sonne zur Erzeugung von Wärme, die in Gebäuden zur Raumheizung und Warmwasserbereitung oder in Wärmenetzen zur zentralen Versorgung eingesetzt werden kann. Dabei handelt es sich um eine bewährte und ausgereifte Technologie, die sowohl auf Dachflächen als auch auf geeigneten Freiflächen installiert werden kann.

Dachflächen-Solarthermie

Auf privaten, gewerblichen und öffentlichen Dachflächen kann Solarthermie effizient eingesetzt werden – insbesondere zur Trinkwassererwärmung und als Ergänzung zu anderen Heizsystemen. In der Regel kommen solche Anlagen in Kombination mit z. B. Gasthermen, Holzheizungen oder Wärmepumpen zum Einsatz, um den solaren Ertrag in den sonnenreichen Monaten optimal zu nutzen. Für die Deckung des Wärmebedarfes in den Wintermonaten sind sie aufgrund der geringen Solarstrahlung in Deutschland nicht geeignet.

Die verfügbare Dachfläche hängt von Faktoren wie Dachausrichtung, Dachneigung und Verschattung ab. Südlich ausgerichtete, geneigte Dächer sind am besten geeignet. In vielen Fällen konkurriert Solarthermie mit der Photovoltaik um Dachflächen, was eine Abwägung zwischen Strom- und Wärmeerzeugung erforderlich macht. Für Vierkirchen wurde die Berechnung des Potenzials auf folgende Annahmen gestützt:



- Geeignete Gebäude: >60 und <1000 m² Nutzfläche
- Anlagengröße: 10 m² Flachkollektoren
- Jährliche Globalstrahlung von 1.100 kWh/m² und
- Wirkungsgrad von 50 %

Daraus ergibt sich nach Umrechnung des theoretischen Potenzials ein realistisches Potenzial von 3,3 GWh pro Jahr, welches etwa 7 % des gesamten Wärmebedarfs der Gemeinde entspricht (Tab. 3).

Tab. 3: Theoretisches, wirtschaftliches und realistisches Potenzial für eine Muster-Solarthermieanlage von 10 qm, die 5.500 kWh jährlich beisteuert (eigene Berechnung)

Art des Potenzials	Ertrag (GWh/a)	Anteil an Gesamtwärmebedarf
Theoretisches Potenzial (jedes Dach bestückt)	9,4	20 %
Wirtschaftliches Potenzial (70 % von theoretischem Pot.)	6,6	14 %
Realistisches Potenzial (50 % von wirtschaftlichem Pot.)	3,3	7 %

Freiflächen-Solarthermie

Für eine zentrale Wärmeversorgung im Rahmen von Nah- oder Fernwärmenetzen kann auch die Installation größerer solarthermischer Anlagen auf Freiflächen sinnvoll sein. Diese sogenannten solaren Großanlagen benötigen ausreichend große, unverschattete Flächen in unmittelbarer Nähe zu bestehenden oder geplanten Wärmenetzen. Da die Transportfähigkeit von Wärme begrenzt ist, sollte die Entfernung zur Verbrauchsstelle idealerweise gering sein. Bei erfolgreich umgesetzten Großprojekten dieser Art in Dänemark betragen die solaren Erträge typischerweise rund 440-550 kWh pro m² Kollektorfläche und Jahr (CSP 2015).

Freiflächenanlagen lassen sich auch als sogenannte Agri-Solarthermie konzipieren, bei denen die Fläche zusätzlich landwirtschaftlich (z. B. als Weidefläche) genutzt werden kann. Dies verringert Nutzungskonflikte und kann durch die Beschattung zudem positive Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften haben, indem beispielsweise die Verdunstung reduziert wird.

Für das Gemeindegebiet Vierkirchen wird die Nutzung von Solarthermie-Freiflächenanlagen derzeit nicht aktiv weiterverfolgt, da das bestehende Wärmenetz in Pasenbach aktuell primär über die Abwärme aus Biogasanlagen versorgt wird und kein konkreter Ausbau oder Neubau weiterer Wärmenetze festgelegt ist. Im derzeitigen Status quo stellt Solarthermie auf Freiflächen daher keine prioritäre Option der Wärmeversorgung dar.



Im Falle eines zukünftigen Ausbaus des bestehenden Wärmenetzes in Pasenbach oder beim Neubau weiterer Nahwärmenetze sollte das Potenzial von solarthermischen Freiflächenanlagen jedoch grundsätzlich geprüft werden. Solarthermie kann in diesem Zusammenhang eine sinnvolle ergänzende erneuerbare Wärmequelle zu den bestehenden Biogasanlagen darstellen, insbesondere zur Deckung sommerlicher Lasten oder zur Entlastung der biogenen Wärmeerzeugung. In Kombination mit zentralen Wärmeerzeugern und gegebenenfalls Wärmespeichern kann so der Anteil erneuerbarer Wärme weiter erhöht und der Einsatz fossiler Energieträger zusätzlich reduziert werden.

Eine frühzeitige Berücksichtigung von Solarthermie-Freiflächenanlagen im Rahmen von Machbarkeitsstudien oder Vorplanungen für Wärmenetze ist daher fachlich sinnvoll.

Solarthermie kann in Vierkirchen insbesondere als dezentrale Ergänzungstechnologie in Einzelgebäuden und als Erzeugungsquelle für Nahwärmekonzepte im Neubau dienen. Die Integration in hybride Systeme (z. B. Kombination mit Wärmepumpen oder Biomasse) ermöglicht eine flexible und nachhaltige Wärmeversorgung – insbesondere dann, wenn saisonale Speicher oder lastangepasste Steuerungen zum Einsatz kommen.

3.1.2. Oberflächengeothermisches Potenzial

Die oberflächennahe Geothermie bietet ein beträchtliches Potenzial für eine dezentrale, nachhaltige und nahezu emissionsfreie Wärmeversorgung in der Gemeinde Vierkirchen. Sie nutzt die in den oberen Erdschichten gespeicherte Wärme bis zu einer Tiefe von ca. 400 Metern. Im Gegensatz zur volatilen Stromerzeugung aus Wind oder Sonne steht geothermische Energie das ganze Jahr über wetterunabhängig zur Verfügung und ist grundlastfähig.

Für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie kommen überwiegend drei Systeme infrage:

- **Erdwärmesonden**, die vertikal in den Boden eingebracht werden und das Erdreich in größeren Tiefen (bis etwa 100 m) erschließen,
- **Erdwärmekollektoren**, die horizontal in geringer Tiefe (ca. 1,2–1,5 m) verlegt werden und die oberflächennahe Wärme aufnehmen, sowie
- **Grundwasserwärmepumpen**, die Grundwasser aus einem Grundwasserspeicher entnehmen und diesem Wärme entziehen, bevor es wieder zurückgeleitet wird.

Die beiden erdbasierten Systeme arbeiten in der Regel mit geschlossenen Rohrkreisläufen, in denen ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Über eine angeschlossene Wärmepumpe wird die aufgenommene Wärme auf ein nutzbares Temperaturniveau gebracht und für Heizzwecke oder Warmwasser genutzt.

Die Effizienz der Erdwärmekollektoren und -sonden hängt stark von den geologischen Bedingungen, insbesondere der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds, ab. Ab einer Tiefe



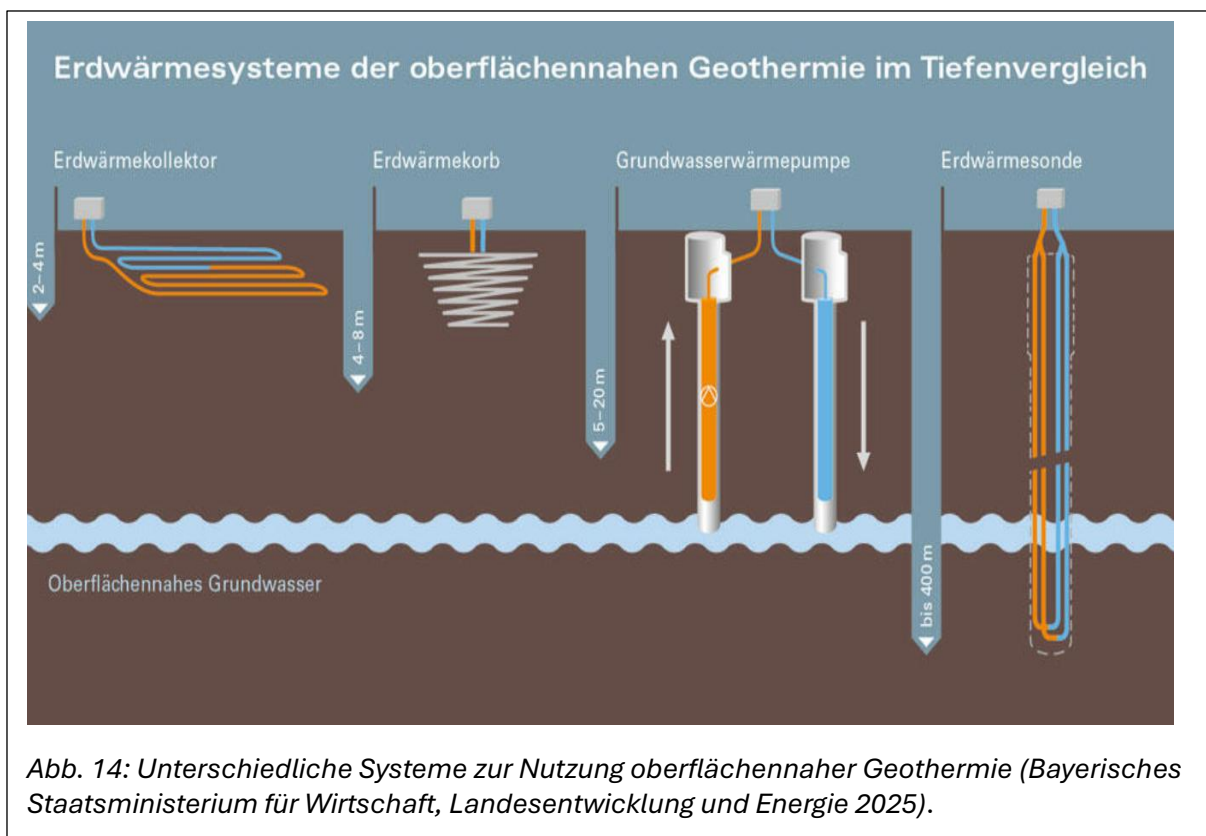
von etwa 15–20 Metern ist die Temperatur weitgehend konstant und nimmt mit zunehmender Tiefe um ca. 3 °C pro 100 m zu – dieser sogenannte geothermische Gradient bietet stabile Betriebsbedingungen.

Bei Grundwasserwärmepumpen ist die Temperatur und Tiefe des Grundwassers entscheidend, sowie die Konstanz des Temperaturniveaus über das Jahr hinweg.

Die Auswahl geeigneter Flächen in Vierkirchen erfolgt auf Basis geologischer Karten (z. B. Energie-Atlas Bayern, Umwelt Atlas Bayern) und berücksichtigt technische Rahmenbedingungen wie:

- Mindestabstände zu Grundstücksgrenzen und Gebäuden,
- Grundwasserschutzgebiete,
- Nutzungskonkurrenzen mit anderen Infrastrukturen,
- Sowie die Genehmigungsfähigkeit von Bohrungen.

Während Erdwärmesonden genehmigungspflichtig sind und in bestimmten Gebieten (z. B. Karstregionen) ausgeschlossen sein können, lassen sich Erdwärmekollektoren meist unkomplizierter installieren. Insbesondere horizontale Kollektoren eignen sich jedoch nur auf Grundstücken mit ausreichend Fläche, während Grabenkollektoren weiter in die Tiefe gegraben werden und damit weniger Fläche in Anspruch nehmen. In beiden Fällen muss die jeweilige Fläche unbebaut bleiben, um Wärme erzeugen zu können. Ein Vergleich der unterschiedlichen Systeme ist in Abb. 14 dargestellt.



Die oberflächennahe Geothermie eignet sich sowohl für Einzelgebäude als auch für Quartierslösungen, z. B. in Form kalter Nahwärmenetze. Sie kann einen wertvollen Beitrag zur Reduzierung fossiler Heizsysteme leisten und ist insbesondere in Neubaugebieten oder bei Sanierungen einsetzbar.

Die konkreten Potenzialflächen und realisierbaren Energiemengen für Vierkirchen werden auf Grundlage der örtlichen Gegebenheiten berechnet und in den folgenden Abschnitten detailliert dargestellt.

Erdwärmesonden

Wie in Abb. 15 kartographisch dargestellt, gibt es in Vierkirchen einige Ausschlussflächen für die Nutzung von Erdwärmesonden. Ein Großteil des Gemeindegebiets ist für die Nutzung von Wärmesonden geeignet, unterliegt jedoch einer Einzelprüfung durch die zuständige Fachbehörde (in der Karte gelb). Teile im Westen und Nordwesten, sowie um die Gewässer herum im Osten und Süden sind aufgrund wasserwirtschaftlicher oder geologischer Gegebenheiten komplett ausgeschlossen (in der Karte orange).

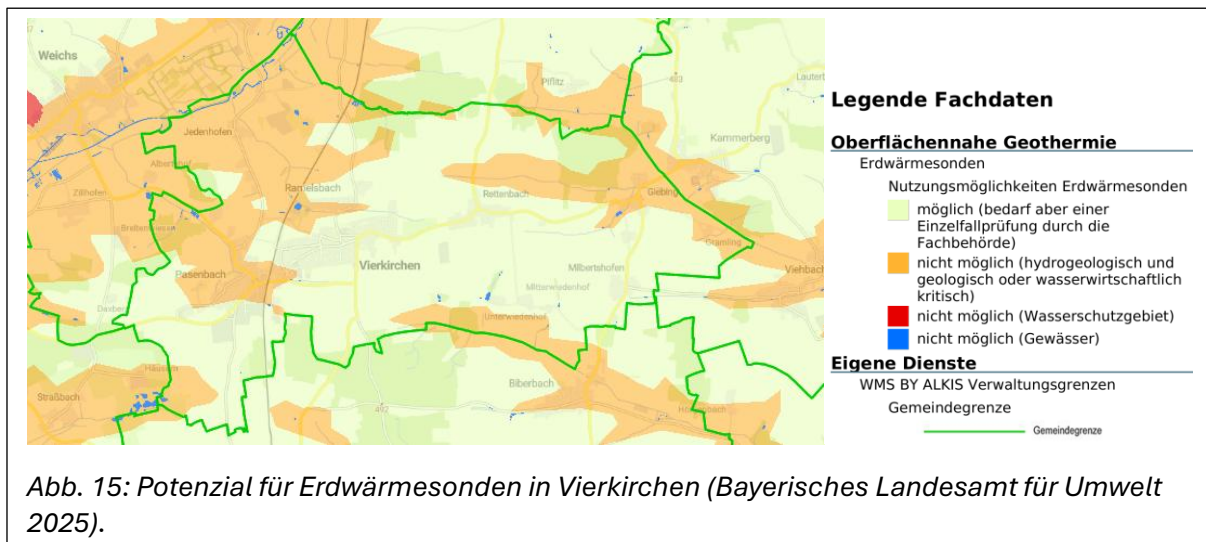
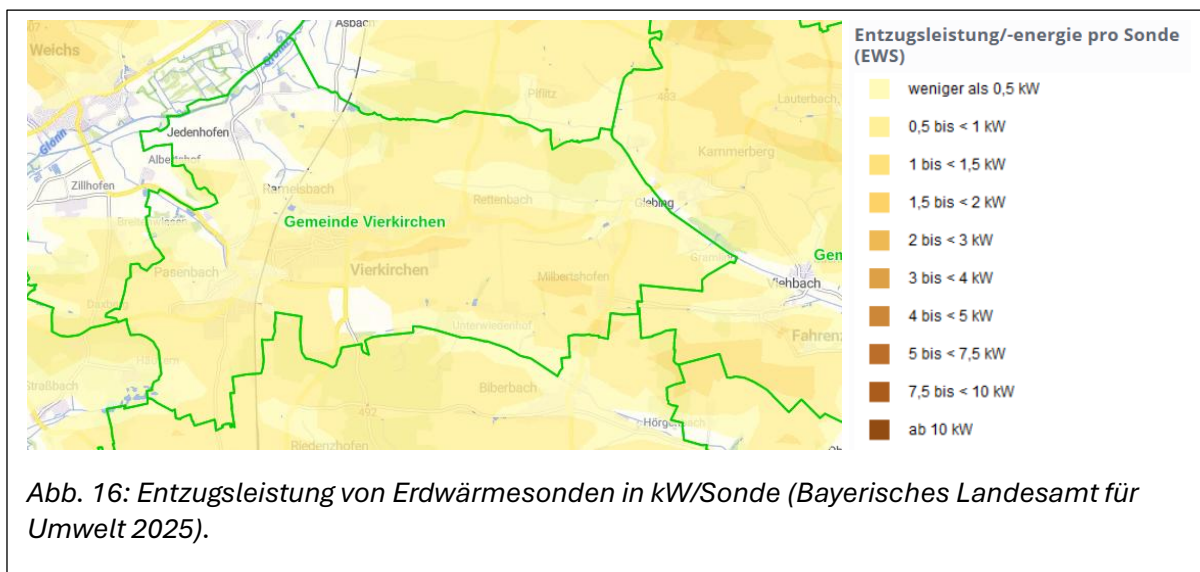


Abb. 15: Potenzial für Erdwärmesonden in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025).

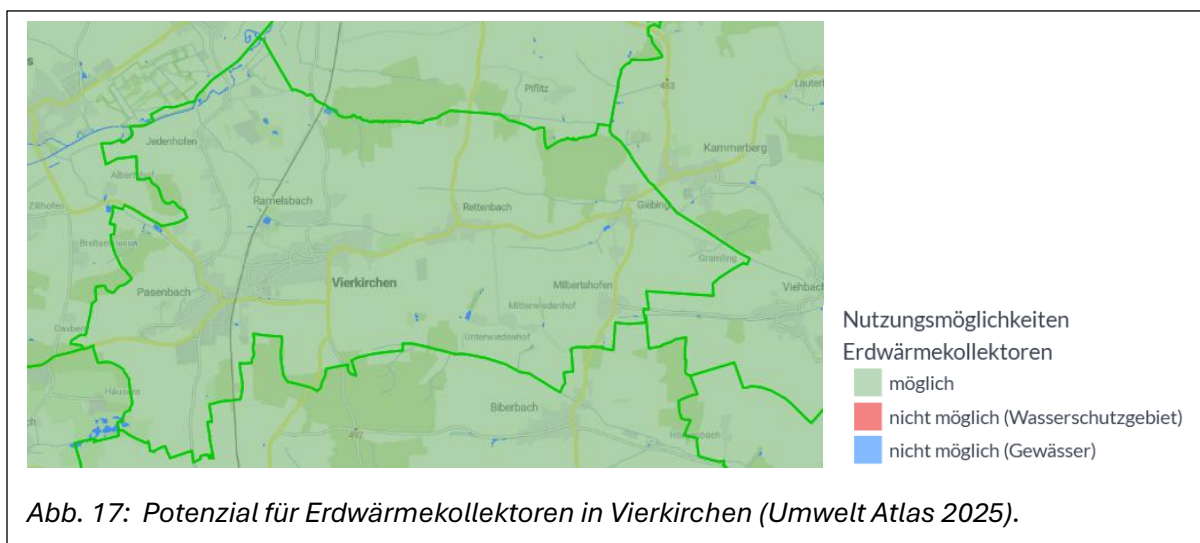
Neben der rechtlich möglichen Umsetzung müssen zusätzlich die technischen und wirtschaftlichen Grenzen betrachtet werden. Wie Abb. 16 zu entnehmen ist, liegt die Entzugsleistung von Wärmesonden im Gemeindegebiet Vierkirchen bei Werten zwischen 0,3 und 1,1 kW pro Sonde. In der Regel besitzen technisch und wirtschaftlich umsetzbare Erdwärmesonden eine Tiefe von 80-100 m und eine Entzugsleistung von 30-70 W/m (Bundesverband Geothermie 2025), was einer Entzugsleistung von 2,4-7 kW pro Sonde entspricht.



Unter Miteinberechnung der hohen Bohr- und Planungskosten, ist von einem **Mindestwert von ca. 4-5 kW/Sonde** auszugehen, um eine Wärmeversorgung mittels Erdwärmesonde wirtschaftlich umzusetzen. **Da die Entzugsleistung in Vierkirchen mit 0,3-1,1 kW deutlich unter dieser Schwelle liegen, lohnen sich hier in den meisten Fällen andere Systeme.**

Erdwärmekollektoren

Im Gegensatz zu Erdwärmesonden, für die tiefere Bohrungen nötig sind, können die flacheren Erdwärmekollektoren ohne eine Prüfung der Fachbehörde eingesetzt werden. Außerdem sind die geologischen und wasserrechtlichen Einschränkungen geringer und die einzigen Gebiete, welche ausgeschlossen werden müssen, sind Gewässer und Wasserschutzgebiete. In Vierkirchen ist nach diesen Ausschlusskriterien theoretisch das gesamte Gemeindegebiet für Erdwärmekollektoren geeignet (Abb. 17).





Auch hier muss neben der theoretisch möglichen Umsetzung wieder die Wirtschaftlichkeit betrachtet werden. Typische Entzugsleistungen für Erdwärmekollektoren liegen für ein System mit 1.800 bis 2.400 Stunden pro Jahr bei $10\text{--}40\text{ W/m}^2$, abhängig von Höhenlage, Geologie und Art des Kollektors (StMUGV 2005).

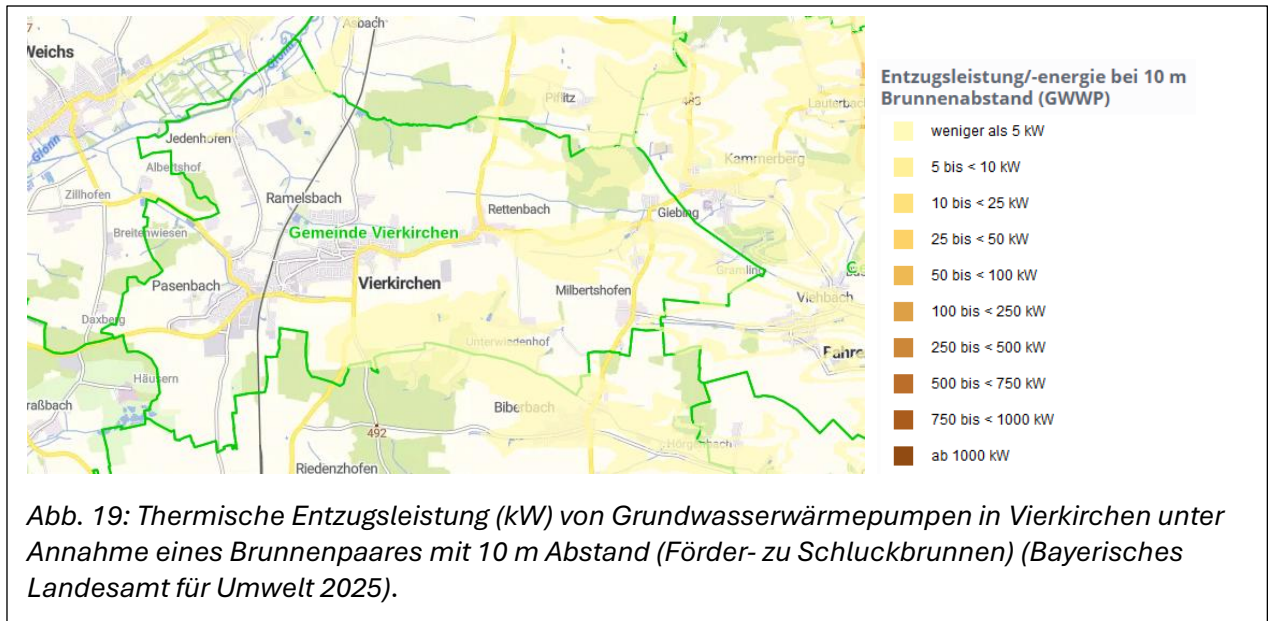
In Vierkirchen sind laut Energieatlas Bayern für horizontale Kollektoren $23\text{--}24\text{ W/m}^2$ und für Grabenkollektoren $52\text{--}53\text{ W/m}^2$ Entzugsleistungen möglich. Da diese Werte im üblichen Bereich bzw. sogar darüber liegen, **kann geschlossen werden, dass Erdwärmekollektoren dort ein hohes wirtschaftliches Potenzial besitzen, wo unbebaute und ausreichend große Grundstücksflächen verfügbar sind.**

Grundwasserwärmepumpen

Für die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen sind Moorgebiete ausgeschlossen. Die Eignungsgebiete für Vierkirchen laut Umweltatlas Bayern sind in Abb. 18 kartografisch dargestellt. Grundsätzlich ist die Nutzung von Grundwasser zur Wärmeengewinnung im Gemeindegebiet möglich, in den meisten Fällen ist jedoch eine Prüfung durch die Fachbehörde verpflichtend.



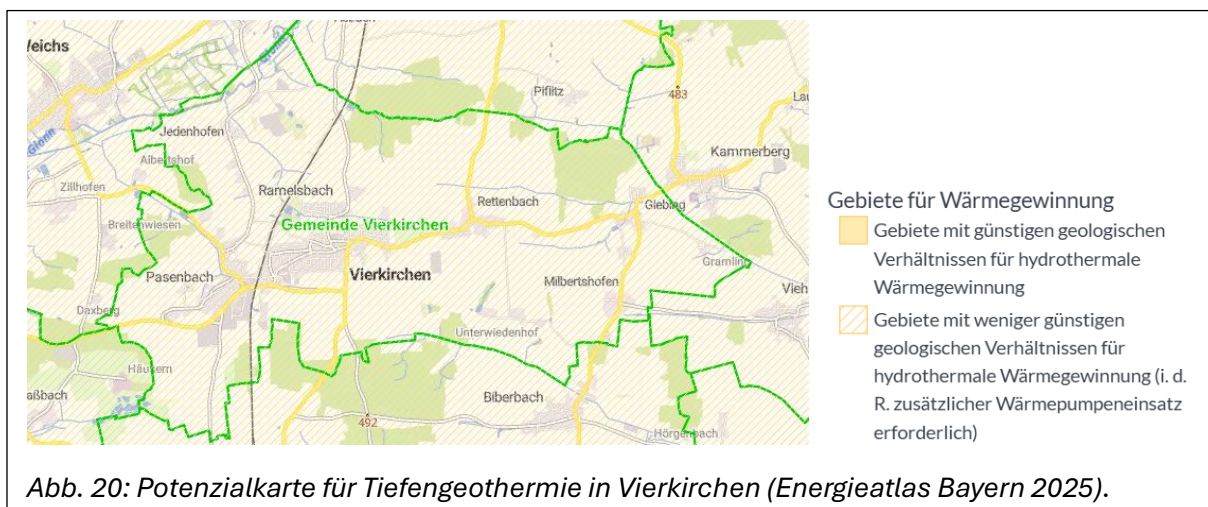
In Abb. 19 ist zusätzlich die thermische Entzugsleistung laut Energie Atlas Bayern unter Annahme eines Brunnenpaares mit 10 m Abstand angegeben. Wie in der Karte erkennbar, ist nur ein Teil des westlichen Gemeindegebiets Vierkirchens geeignet, da sich unter dem Rest des Gebietes kein Grundwasserspeicher befindet. Im Großteil des Eignungsgebietes sind sehr niedrige Entzugsleistungen von $<0,1\text{--}0,2\text{ kW}$ ausgewiesen, die für die Versorgung nicht ausreichend sind.



Grundwasserwärmepumpen sind im gesamten Teil des Gemeindegebiets Vierkirchen nicht wirtschaftlich einsetzbar. Die Entzugsleistung von ca. 0 - 0,2 kW für ein Grundwasserwärmepumpen-Brunnenpaar ist für den Betrieb einer typischen Gebäudeheizung viel zu gering und deutet auf eine sehr ungünstige hydrogeologische Situation in Vierkirchen hin.

3.1.3. Tiefengeothermisches Potenzial

Wie in Abb. 20 dargestellt, befindet sich das Gemeindegebiet Vierkirchen laut Energieatlas Bayern im Einzugsgebiet für hydrothermale Wärmegegewinnung. Die geologischen Voraussetzungen sind in Vierkirchen zwar weniger günstig, doch mit zusätzlichem Einsatz einer Wärmepumpe könnte das Potenzial genutzt werden.



In der Praxis ist die Umsetzung einer Geothermie Anlage jedoch aufwendig und mit hohen Investitionen verbunden. Außerdem wird ein Wärmenetz benötigt, um die gewonnene Wärme in der Gemeinde zu verteilen. Dieses ist in Vierkirchen bereits vorhanden und wird derzeit mit Biogas gespeist.



Grundsätzlich wäre es möglich mit den Nachbargemeinden im Verbund in eine Tiefengeothermie Anlage zu investieren, **der Nutzen für kleinere Gemeinden mit verstreuten Siedlungsgebieten wie Vierkirchen und Umgebung ist allerdings fraglich, da ein Großteil des Gemeindegebietes dezentral versorgt werden muss** und dementsprechend nicht für den Anschluss an ein Wärmenetz in Frage kommt. Das vorhandene Wärmenetz wird zudem bereits mit erneuerbarer Energie aus der Region gespeist.

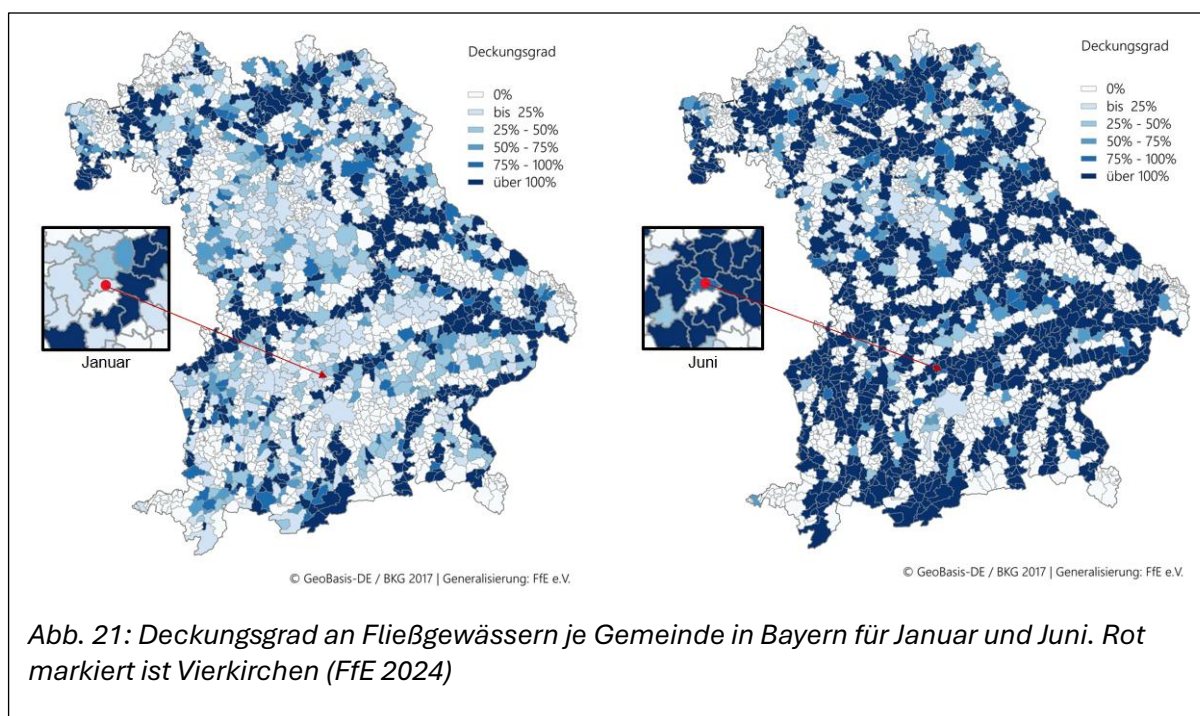
3.1.4. Potenzial für oberflächennahe Gewässer

Im Gemeindegebiet Vierkirchen verlaufen keine größeren Gewässer mit relevantem Potenzial für eine wirtschaftliche Nutzung von oberflächennaher Gewässerwärme. Entlang der nordwestlichen Gemeindegrenze verläuft zwar der Fluss Glonn, dieser weist grundsätzlich ein theoretisches energetisches Potenzial auf. Allerdings fehlt es in diesem Bereich an einer ausreichenden Siedlungs- und Wärmedichte, die für eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung von Flusswasserwärme erforderlich wäre. Eine leitungsgebundene Anbindung potenzieller Abnehmer über größere Distanzen wäre mit hohen Investitionskosten verbunden und daher nicht wirtschaftlich darstellbar.

Studien zur Nutzung von Fließgewässern mittels Wärmepumpen, unter anderem die Potenzialanalyse der Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE), weisen für Vierkirchen einen relevanten theoretischen Deckungsgrad aus. Zwar werden in der genannten Studie im Winter Deckungsgrade von bis zu etwa 25 % sowie 75-100 % im Sommer ausgewiesen, diese Werte basieren jedoch auf idealisierten Annahmen einer maximalen Wasserentnahme (s. Abb. 21). Solche Entnahmemengen sind in der Praxis aus wasserrechtlichen, ökologischen und genehmigungsrechtlichen Gründen nicht zulässig und daher nicht realisierbar.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Nutzung von Flusswasserwärme im Gemeindegebiet Vierkirchen aufgrund der fehlenden räumlichen Nähe zu geeigneten Wärmesenken, der geringen Bebauungsdichte entlang der Glonn sowie der rechtlichen Rahmenbedingungen derzeit als nicht geeignet einzustufen ist. Eine weitere vertiefte Betrachtung dieses Potenzials erfolgt daher im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht.

Dementsprechend bieten **oberflächennahe Gewässer in Vierkirchen kein Potenzial zur Wärmeerzeugung** und werden deshalb aus der weiteren Analyse ausgeschlossen.



3.1.5. Potenzial für Luftwärme

Luftwärmepumpen sind eine etablierte Technologie zur Nutzung von Umweltwärme, die insbesondere für kleinere Kommunen wie Vierkirchen ein hohes Potenzial zur nachhaltigen Wärmeversorgung bieten. Sie nutzen die in der Außenluft enthaltene thermische Energie, um Gebäude zu beheizen oder mit Warmwasser zu versorgen. Die Umwandlung erfolgt über einen thermodynamischen Kreisprozess, bei dem ein Kältemittel die Umgebungswärme aufnimmt, verdampft und durch Kompression auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird. Diese Wärme kann dann über Heizsysteme im Gebäude genutzt werden.

Ein zentraler Vorteil von Luftwärmepumpen ist ihre hohe Flexibilität und die vergleichsweise einfache Installation – ohne aufwendige Erdarbeiten, wie sie z. B. bei geothermischen Systemen notwendig sind. Dies macht sie sowohl für Bestandsgebäude als auch für Neubaugebiete geeignet. In Vierkirchen, wo viele Einfamilienhäuser und kleinere Mehrfamilienhäuser bestehen, stellt dies eine wirtschaftlich realistische und umsetzbare Option dar. Laut der Wärmepumpen Ampel der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) beträgt das Potenzial für Luftwärmepumpen in Vierkirchen 66 % (Abb. 22). Freistehende Gebäude wie Ein- und Zweifamilienhäuser sind demnach am besten für diese Art der Wärmegewinnung geeignet (86 % könnten mit Wärmepumpe ausgestattet werden), doch auch ein großer Teil der kleineren (76 %) und über ein Drittel der größeren (33 %) Mehrfamilienhäuser könnten mit Luftwärmepumpe beheizt werden.

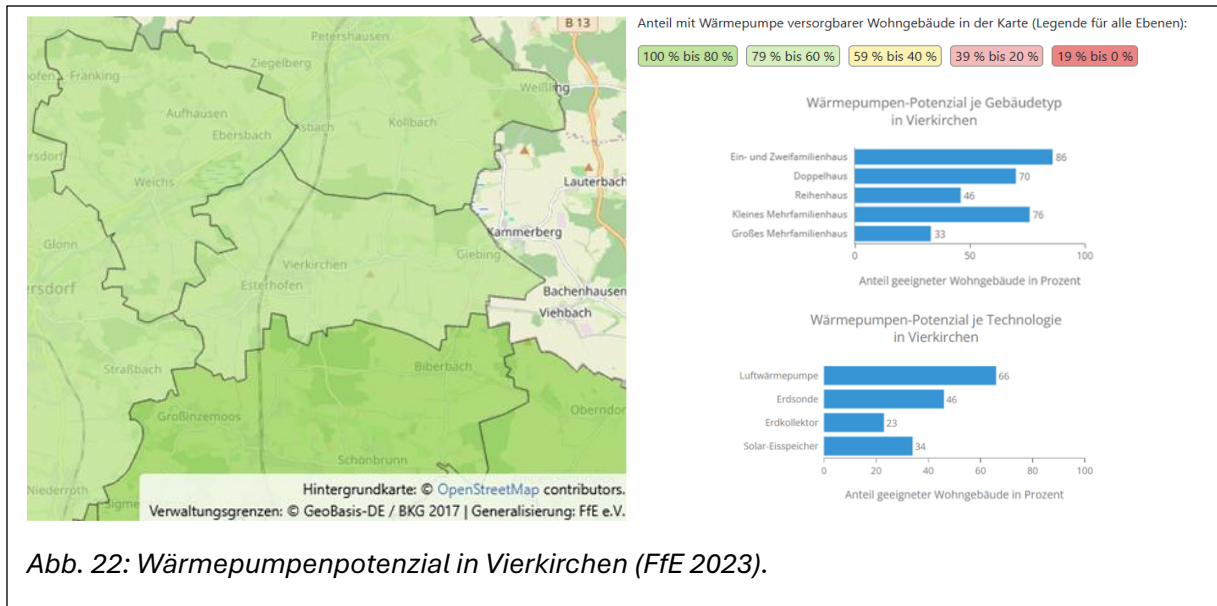


Abb. 22: Wärmepumpenpotenzial in Vierkirchen (FfE 2023).

Da Luftwärmepumpen elektrisch betrieben werden, hängt ihr Beitrag zur Dekarbonisierung entscheidend von der Herkunft des eingesetzten Stroms ab. Im Idealfall wird dieser durch Photovoltaikanlagen auf den eigenen Dächern und/oder über einen regionalen, grünen Strommix gedeckt. Intelligente Steuerungssysteme ermöglichen es zudem, den Betrieb auf Zeiten mit hoher Stromverfügbarkeit, z. B. bei PV-Einspeisung, zu optimieren.

In der Bewertung der Umweltwirkung ist insbesondere hervorzuheben, dass Luftwärmepumpen keine lokalen Emissionen verursachen und keine Brennstoffe benötigen. Sie gelten daher als Schlüsseltechnologie für die Wärmewende im Gebäudesektor. Die Effizienz einer Luftwärmepumpe wird vor allem durch den sogenannten Temperaturhub bestimmt, also die Differenz zwischen Außenlufttemperatur und der gewünschten Vorlauftemperatur im Heizsystem. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) gibt an, wie viel Nutzwärme im Verhältnis zum eingesetzten Strom über ein Jahr bereitgestellt wird.

Durch den zunehmenden Einsatz von Luftwärmepumpen, sowohl im Einzelgebäudebereich als auch in Kombination mit Quartierslösungen oder Nahwärmenetzen, entsteht jedoch zusätzlicher Strombedarf. Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung ist für Vierkirchen zu prüfen, inwieweit das bestehende Stromnetz eine netzverträgliche Integration dezentraler, strombasierter Wärmeerzeugung unterstützen kann. Dies betrifft insbesondere Technologien wie Wärmepumpen, Heizstäbe und andere stromgeführte Systeme, deren Einsatz in Zukunft voraussichtlich deutlich zunehmen wird, vor allem in Bestandsgebäuden ohne Anschluss an ein Wärmenetz.

Aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung des Wärmesektors ist eine enge Abstimmung mit dem zuständigen Stromnetzbetreiber unerlässlich. Dieser muss im weiteren Prozess prüfen, welche zusätzlichen elektrischen Lasten durch den Ausbau strombasierter Wärmeerzeugung entstehen und ob diese durch das vorhandene Netz aufgenommen werden können. Besonders wichtig ist hierbei die Bewertung der gleichzeitigen Nutzung und saisonalen Lastspitzen, etwa im Winter bei erhöhtem Heizbedarf.



Auch die vorhandenen und potenziell auszubauenden Photovoltaikanlagen sind im Kontext der Stromnetzverträglichkeit zu berücksichtigen. Zwar können sie im Sommer zur Entlastung des Netzes beitragen, decken den winterlichen Wärmebedarf jedoch nur bedingt. Daher muss in der Netzplanung berücksichtigt werden, inwieweit PV-Erzeugung und Wärmeerzeugung zeitlich zusammenfallen und welche Speicher- oder Steuerungskonzepte ggf. erforderlich sind.

Die Stromnetzprüfung sollte daher nicht isoliert, sondern integrativ unter Berücksichtigung des geplanten Anteils stromgeführter Wärmetechnologien erfolgen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die angestrebte Dekarbonisierung der Wärmeversorgung nicht zu lokalen Netzengpässen führt und wirtschaftlich sowie technisch tragfähig umgesetzt werden kann.

Insgesamt bietet der Einsatz von Luftwärmepumpen in Vierkirchen eine realistische und technisch bewährte Option zur Reduktion fossiler Heizsysteme – insbesondere in Kombination mit Energieeffizienzmaßnahmen und dem Ausbau regenerativer Stromerzeugung.

3.1.6. Potenzial aus Biomasse und Biogas

Biomasse und Biogas zählen zu den vielseitigsten erneuerbaren Energiequellen und könnten in Vierkirchen einen wertvollen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung leisten. Ihr Einsatz ist sowohl im kleinmaßstäblichen Bereich (z. B. Einzelheizungen) als auch in zentralen Wärmeerzeugungssystemen möglich und besonders für grundlastfähige Versorgungskonzepte geeignet.

Biomasse

Zur energetischen Nutzung von Biomasse werden hauptsächlich drei Quellen unterschieden:

- **Wald- und Landschaftspflegeholz**, einschließlich Rest- und Abfallholz,
- **landwirtschaftliche Biomasse**, etwa aus Kurzumtriebsplantagen oder Ernterückständen,
- **biogene Abfälle**, wie Grüngut oder Altholz aus Haushalten und Gewerbebetrieben.

In Tab. 4 sind die Energiepotenziale und entsprechenden jährlichen Wärmeerträge für unterschiedliche Holzarten aufgeführt. Diese entsprechen einem theoretischen Potenzial, welches von der Nutzung aller Ressourcen dieser Art ausgeht. Aus den Potenzialen des Energieatlas Bayern wurden mittels eines Wirkungsgrades von 76 %, welcher einem typischen Biomasseheizwerk entspricht, die jährlichen Wärmeerträge berechnet (AG, ifeu und IER 2024).

Sowohl für feste Biomasse als auch Biogas sollte, wenn möglich, eine Nutzung von Abfallprodukten (wie Bioabfälle, Holzabfälle, Gülle, etc.) der Nutzung von frisch



geernteten Holz- und Landwirtschaftsprodukten vorgezogen werden, um sowohl negative ökologische Beeinträchtigung als auch Landnutzungskonflikte zu vermeiden.

Tab. 4: Energiepotenziale und jährliche Wärmeerträge unterschiedlicher Holzarten in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025)

Art der Biomasse	Energiepotenzial GJ/Jahr	Energiepotenzial MWh/Jahr	Jährlicher Wärmeertrag (MWh)
Waldderbholz	3.800	1.056	792
Flur- und Siedlungsholz	1.900	528	396
Kurzumtriebs- plantagen	7.010	1.947	1.460
Gesamt			2.648 MWh

Die Nutzung fester Biomasse erfolgt überwiegend in Form von Holzhackschnitzeln, Pellets oder Stückholz in Heizwerken, Nahwärmenetzen oder Einzelanlagen. In Vierkirchen kann insbesondere naturbelassenes Restholz aus der Umgebung zur Deckung lokaler Wärmebedarfe beitragen. Dabei sind Nachhaltigkeitsaspekte zentral: Es sollte nur so viel Holz energetisch genutzt werden, wie nachwächst, um eine Übernutzung der regionalen Wälder zu vermeiden.

Besonders für Anwendungen mit hohem Temperaturbedarf ist die Nutzung fester Biomasse vorteilhaft und bietet durch Lager- und Transportfähigkeit zusätzliche Flexibilität. Ein effizienter Einsatz wird insbesondere dann erreicht, wenn Biomasseanlagen mit Wärmenetzen gekoppelt oder in Kombination mit Wärmespeichern betrieben werden.

Biogas

Biogas entsteht durch die anaerobe Vergärung von organischen Stoffen, vorwiegend in der Landwirtschaft (z. B. aus Gülle, Festmist oder Energiepflanzen) sowie in der Abfallwirtschaft (z. B. aus Bioabfällen und Lebensmittelresten). In Biogasanlagen erzeugtes Rohbiogas kann auf zwei Arten genutzt werden:

- **Direkte Verwertung in Blockheizkraftwerken (BHKW)** zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme, wobei die entstehende Abwärme lokal genutzt werden kann.
- **Aufbereitung zu Biomethan** und Einspeisung ins Erdgasnetz. Dieses kann bilanziell an einem anderen Ort zur Wärmeerzeugung genutzt werden, z. B. in Biomethan-BHKW oder Gasthermen.

Der Einsatz von Biogas ist grundlastfähig und besonders interessant für Orte mit vorhandener Landwirtschaft, entsprechenden Reststoffen und Nähe zu Wärmenetzen. Auch kleinere Nahwärmesysteme lassen sich effizient mit Biogasanlagen betreiben, sofern der Wärmeanschluss lokal realisierbar ist.



In der Gemeinde Vierkirchen werden derzeit fünf Biogasanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung betrieben. Zwei dieser Anlagen speisen ihre Abwärme in das bestehende Nahwärmenetz im Ortsteil Pasenbach ein und leisten damit bereits heute einen relevanten Beitrag zur erneuerbaren Wärmeversorgung. Detaillierte Angaben zu Standorten, Leistungen und zur bestehenden Wärmeeinspeisung der Biogasanlagen sind im Kapitel Heizzentralen dargestellt.

Die Potenziale für Biogas in Vierkirchen aus unterschiedlichen Sektoren lassen sich Tab. 5 entnehmen. Insgesamt liegt das Potenzial für Vierkirchen bei **knapp 17 GWh pro Jahr**.

Tab. 5: Potenziale für Biogas aus unterschiedlichen Sektoren in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025)

Sektor	CH ₄ /m ³ /a	Energie (MWh/a)
Pflanzliche Biomasse - Erntehauptprodukte	835.466	8.354,7
Pflanzliche Biomasse - Erntenebenprodukte	210.524	2.105,2
Organische Abfälle gesamt	56.267	562,7
Kommunales Biogut (Biotonne)	18,5 %	104,1
Kommunales Grüngut (Garten- und Parkabfälle)	9,4 %	52,9
Organik im Hausmüll	26,9 %	151,4
Gewerbliche org. Abfälle	34,7 %	195,2
Landschaftspflegeabfälle	10,5 %	59,1
Gülle und Festmist	594.367	5.943,7
Gülle	56,7 %	3.370,1
Festmist	43,3 %	2.573,6
Gesamt (thermisch)	1.696.624	16.966,2

In Vierkirchen gibt es bereits fünf Biogasanlagen, die der Strom- und Wärmeerzeugung dienen und umliegende Gebäude mit Abwärme versorgen. Es sollte deshalb geprüft werden, ob bestehende landwirtschaftliche Betriebe oder Reststoffquellen das Potenzial bieten, weitere Biogasanlagen wirtschaftlich zu betreiben oder die vorhandenen Anlagen effizienter in die kommunale Wärmeversorgung einzubinden und zu erweitern, denn **Biogas ist ein vielversprechender und potenzialreicher Wärmelieferant in der Gemeinde. Das Potenzial für die Nutzung von Biomasse ist dagegen als eher gering einzuschätzen.**



3.1.7. Potenzial für Wasserstoff

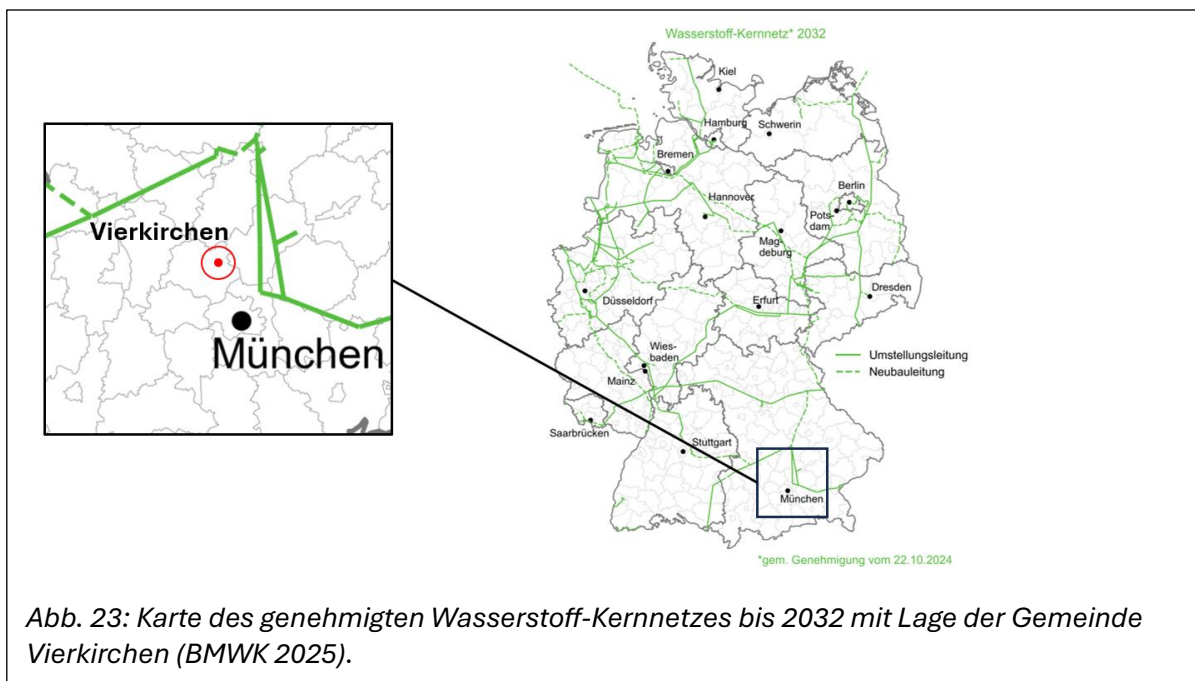
Wasserstoff gilt als vielversprechender Energieträger der Zukunft für Industrie, Mobilität und Anwendungen mit hohen Temperaturanforderungen. Für den kommunalen Wärmesektor und die dezentrale Gebäudebeheizung spielen Wasserstofftechnologien jedoch aktuell nur eine untergeordnete Rolle.

Grüner Wasserstoff, der durch Elektrolyse mit erneuerbarem Strom erzeugt wird, steht derzeit nur in begrenzten Mengen zur Verfügung. Die Herstellung ist energieintensiv und kostenaufwendig. Im Vergleich zu effizienteren Wärmeerzeugungstechnologien, wie etwa Wärmepumpen, weist der Einsatz von Wasserstoff im Gebäudebereich deutliche Wirkungsgradnachteile auf. Je nach System sind für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Raumwärme mit Wasserstoff fünf- bis achtmal mehr Strom erforderlich als für eine Wärmepumpe (Gerhard, et al. 2020).

Im Rahmen der Akteursbeteiligung hat der zuständige Gasnetzbetreiber jedoch auf regionale Entwicklungen im Bereich Wasserstoff hingewiesen. Insbesondere wurde das geplante Elektrolyseur-Projekt „H2Ried“ im nahegelegenen Markt Indersdorf genannt, bei dem perspektivisch grüner Wasserstoff in bestehende Gasnetze eingespeist werden soll. Zudem verweist der Netzbetreiber auf langfristige Wasserstoff-Transformationsplanungen des vorgelagerten Fernleitungsnetzbetreibers sowie auf positive Erfahrungen aus Pilotprojekten zur Wasserstoffnutzung in bestehenden Gasnetzen.

Die nationale Wasserstoffstrategie sieht den Einsatz von Wasserstoff prioritär in Bereichen vor, in denen keine alternativen Technologien zur Verfügung stehen, etwa in der Stahlindustrie, der chemischen Industrie oder im Schwerlastverkehr. Für den Gebäudesektor wird die Wasserstoffnutzung derzeit nicht als wirtschaftlich oder ökologisch sinnvoll eingeschätzt.

Ein Einsatz von Wasserstoff zur Wärmeversorgung ist für die Gemeinde Vierkirchen derzeit nicht vorgesehen. Aktuell liegt nur das eben erwähnte Projekte vor welches die Inbetriebnahme des Elektrolyseurs Ende 2027 vorsieht. Zwar besteht im Gemeindegebiet ein Gasnetz, das theoretisch perspektivisch auf Wasserstoff umgestellt bzw. beigemischt werden könnte. Zudem ist eine wirtschaftlich und zeitlich absehbare Anbindung Vierkirchens an das Wasserstoffkernnetz aufgrund der großen räumlichen Entfernung derzeit nicht gegeben. In Abb. 23 ist zu erkennen, wo Vierkirchen am zukünftigen Wasserstoffnetz verortet ist.



Insgesamt ist Wasserstoff für die Wärmeversorgung der Gemeinde Vierkirchen derzeit **keine realistische Versorgungsoption, perspektivische Entwicklungen** und **regionale Pilotprojekte** werden jedoch im Sinne eines **technologieoffenen Ansatzes** zur Kenntnis genommen.

3.1.8. Potenziale zur Nutzung von Abwasserwärme

Abwasser stellt grundsätzlich eine kontinuierlich verfügbare Wärmequelle dar, da es ganzjährig Temperaturen oberhalb der Außenluft aufweist. Die thermische Energie stammt überwiegend aus Haushalts-, Gewerbe- und gegebenenfalls industriellen Nutzungen und bleibt im konventionellen Abwassersystem ungenutzt. Über geeignete Wärmetauscher Systeme kann diese Wärme dem Abwasser entzogen und mittels Wärmepumpen auf ein für die Raumwärme nutzbares Temperaturniveau angehoben werden.

Technisch erfolgt die Nutzung in der Regel über Wärmetauscher, die entweder direkt in Abwasserkanäle integriert oder an geeigneten Sammelstellen installiert werden. Die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme hängt maßgeblich von der verfügbaren Abwassermenge, stabilen Temperaturen sowie der räumlichen Nähe zwischen Kanal und Wärmeabnehmern ab.

Für eine wirtschaftliche Nutzung von Abwasserwärme werden in der Fachliteratur unter anderem folgende Voraussetzungen genannt:

- eine ausreichend große angeschlossene Abwassermenge (häufig genannte Größenordnung: \geq ca. 5.000 Einwohnerwerte),
- Abwasserkanäle mit einem Mindestdurchmesser von $DN \geq 800$,
- ein Trockenwetterabfluss von mindestens ca. 15 l/s,



- sowie kurze Entfernungen zwischen Abwasserkanal und potenziellen Wärmesenken (i. d. R. ≤ 100 m im bebauten Bereich) (bwp 2009).

Die Gemeinde Vierkirchen weist insgesamt knapp unter 5.000 Einwohner auf. Damit liegt die Einwohnerzahl bereits unterhalb der in der Fachliteratur häufig genannten Mindestgröße, die für eine ausreichend große und kontinuierliche Abwassermenge erforderlich ist. Unabhängig von der räumlichen Ausprägung des Netzes stellt dies bereits ein wesentliches strukturelles Ausschlusskriterium für eine wirtschaftliche Abwasserwärmenutzung dar.

Zwar sind im Gemeindegebiet einzelne Abwasserkanäle mit Nennweiten \geq DN 800 vorhanden, insbesondere in den Ortsteilen Pasenbach und Vierkirchen, und die vorliegenden Temperaturdaten zeigen ein grundsätzlich geeignetes thermisches Niveau. Allerdings liegen keine belastbaren Daten zum Trockenwetterabfluss (TWA) vor.

Der TWA ist eine zentrale Kenngröße zur Bewertung der dauerhaft verfügbaren Abwassermengen. Ohne diese Information ist eine quantitative Abschätzung des nutzbaren Abwasserwärmepotenzials (z. B. Volumenströme, thermische Leistungen oder Jahresarbeitszahlen) nicht möglich. In Kombination mit der geringen Einwohnerzahl ist daher davon auszugehen, dass bereits heute kein ausreichend großes Abwasserwärmepotenzial vorliegt.

Zusätzlich verlaufen die großdimensionierten Kanalabschnitte überwiegend entlang linearer Hauptachsen und befinden sich nicht durchgehend in unmittelbarer Nähe größerer, kontinuierlicher Wärmesenken, was die Wirtschaftlichkeit weiter einschränkt.

Aus Sicht der kommunalen Wärmeplanung ist das Abwasserwärmepotenzial in Vierkirchen wie folgt einzuordnen:

- Die Einwohnerzahl unter 5.000 stellt bereits ein wahrscheinliches KO-Kriterium für eine wirtschaftliche Abwasserwärmenutzung dar.
- Eine belastbare Potenzialquantifizierung ist aufgrund fehlender Trockenwetterabflussdaten derzeit nicht möglich.
- Abwasserwärme ist daher nicht als prioritäre oder flächendeckende Wärmequelle für Vierkirchen geeignet.
- Eine Nutzung wäre allenfalls im Rahmen einzelner, standortbezogener Sonderfälle denkbar, sofern künftig belastbare Abflussdaten vorliegen und geeignete Wärmesenken in unmittelbarer Nähe vorhanden sind.

Im Rahmen zukünftiger Fortschreibungen der kommunalen Wärmeplanung sollte die Abwasserwärmenutzung erneut geprüft werden, sofern bis dahin zusätzliche Betriebs- oder Abflussdaten verfügbar werden. **Eine weitergehende Betrachtung ist jedoch erst bei veränderter Datenlage fachlich sinnvoll.**



3.1.9. Potenziale zur Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme

Abwärme entsteht als Nebenprodukt bei industriellen, gewerblichen oder kommunalen Prozessen – etwa in Produktionsanlagen, Rechenzentren, Blockheizkraftwerken oder Kläranlagen. Sie stellt ein wertvolles, bislang häufig ungenutztes Potenzial zur Wärmeerzeugung dar und kann – je nach Temperaturniveau und räumlicher Lage – in die Wärmeversorgung integriert werden.

Für eine wirtschaftliche Nutzung ist entscheidend, dass die Abwärmequelle ausreichend hohe Temperaturen, ein konstantes Betriebsprofil und eine gewisse räumliche Nähe zu Wärmesenken aufweist. Zudem spielen chemische Eigenschaften des Abwärmestroms sowie die Möglichkeit zur Bündelung mehrerer Quellen eine Rolle. Wo die Abwärmetemperatur nicht direkt nutzbar ist, kann sie durch Wärmepumpen auf das erforderliche Niveau angehoben werden. Die Verteilung kann über Nahwärmenetze erfolgen oder direkt auf dem Betriebsgelände zur Wärmerückgewinnung eingesetzt werden.

Die Nutzung industrieller Abwärme ist besonders effizient, wenn sie direkt am Entstehungsort verwendet wird, etwa zur Vorerwärmung von Produktionsprozessen oder zur Beheizung von Gebäuden. Rechenzentren bieten ebenfalls potenzielle Wärmequellen, sofern sie in der Nähe geeigneter Abnehmer liegen und eine Wärmenutzung vor Ort technisch möglich ist. Auch KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung), wie sie in Kläranlagen oder Biomasse-, Biogasheiz(kraft)werken vorkommen, können relevante Abwärmemengen bereitstellen. Das Potenzial der Wärmenutzung aus Abwärme von Biogasanlagen wird im entsprechenden Kapitel Biogas näher betrachtet.

In Vierkirchen **konnten zum aktuellen Zeitpunkt keine relevanten Abwärmequellen identifiziert werden**. Dieser Punkt sollte in der Fortschreibung der Wärmeplanung jedoch erneut bewertet werden - insbesondere, wenn sich neue Betriebe ansiedeln oder bestehende ihre Prozesse umstellen.

3.1.10. Potenziale für Strom aus Photovoltaik und Wind

In der Energiewende spielt die Kopplung von erneuerbarem Strom mit der Wärmeerzeugung eine entscheidende Rolle. Besonders durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen, die in Zukunft eine der wichtigsten dezentralen Heizarten darstellen könnten, muss die Versorgung mit grünem Strom sichergestellt werden. Photovoltaik (PV)-Anlagen können in Freiflächenanlagen und Gebäudeanlagen unterteilt werden.

PV – Freiflächen

Freiflächenanlagen können ebenso wie freistehende Solarthermieanlagen (s. Kapitel 3.1.1) auf ungenutzten Brach- oder Industrieflächen sowie in Kombination mit landwirtschaftlicher Nutzung (Agri-PV) installiert werden. Sie ermöglichen hohe spezifische Stromerträge durch eine optimale Ausrichtung zur Sonneneinstrahlung. Im Gegensatz zu Solarthermieanlagen können Photovoltaik-Freiflächenanlagen auch in



größerer Entfernung zu Siedlungsflächen realisiert werden, da Strom – anders als Wärme – verlustarm über größere Distanzen transportiert werden kann.

Seitens der Gemeinde Vierkirchen wurde jedoch politisch festgelegt, dass vorerst keine weiteren Freiflächen-Photovoltaikanlagen genehmigt werden, sofern diese nicht unter die privilegierten Vorhaben gemäß Baugesetzbuch fallen. Hintergrund dieser Entscheidung ist der bereits hohe Flächenanteil: Die bestehende sowie sich in Planung befindliche Freiflächen-PV entspricht derzeit rund 2,3 % der Gesamtfläche des Gemeindegebiets.

Damit verfolgt die Kommune das Ziel, den weiteren Ausbau von Photovoltaik stärker auf Dachflächen, Konversionsflächen sowie privilegierte Standorte zu konzentrieren und zusätzliche Flächeninanspruchnahmen im Außenbereich aktuell zu begrenzen.

In Vierkirchen läuft der Ausbau von PV-Freiflächenanlagen bereits. Es gibt eine seit 2010 laufende Anlage am Bergäcker und eine weitere Freiflächen-PV Anlage ist für den nördlichen Bereich an der Bahnstrecke geplant. Weitere Anlagen sind aktuell im Westen in Bau.

PV – Dachflächen

Gebäudeanlagen werden in der Regel auf Hausdächern oder Wänden installiert und dienen der direkten Versorgung des jeweiligen Gebäudes. Besonders in Kombination mit Stromspeichern können sowohl freistehende als auch Gebäudeanlagen einen Großteil der Stromversorgung decken, indem an Tagen mit hoher Sonneneinstrahlung überschüssiger Strom gespeichert wird, welcher nachts oder an Tagen mit geringer Strahlung genutzt werden kann. Die Potenziale für Vierkirchen sind in Tab. 6 aufgelistet.

Tab. 6: PV-Potenziale für Dachflächen in Vierkirchen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2025)

Potenziale	Strommenge/Anteil
PV-Potenzial auf Dachflächen (Stromproduktion)	29.053 MWh
PV-Ausbaustand auf Dachflächen (Stromproduktion)	6.421 MWh
Verbleibendes PV-Potenzial auf Dachflächen (Stromproduktion)	22.632 MWh
Ausbaugrad (PV)	22,1 %

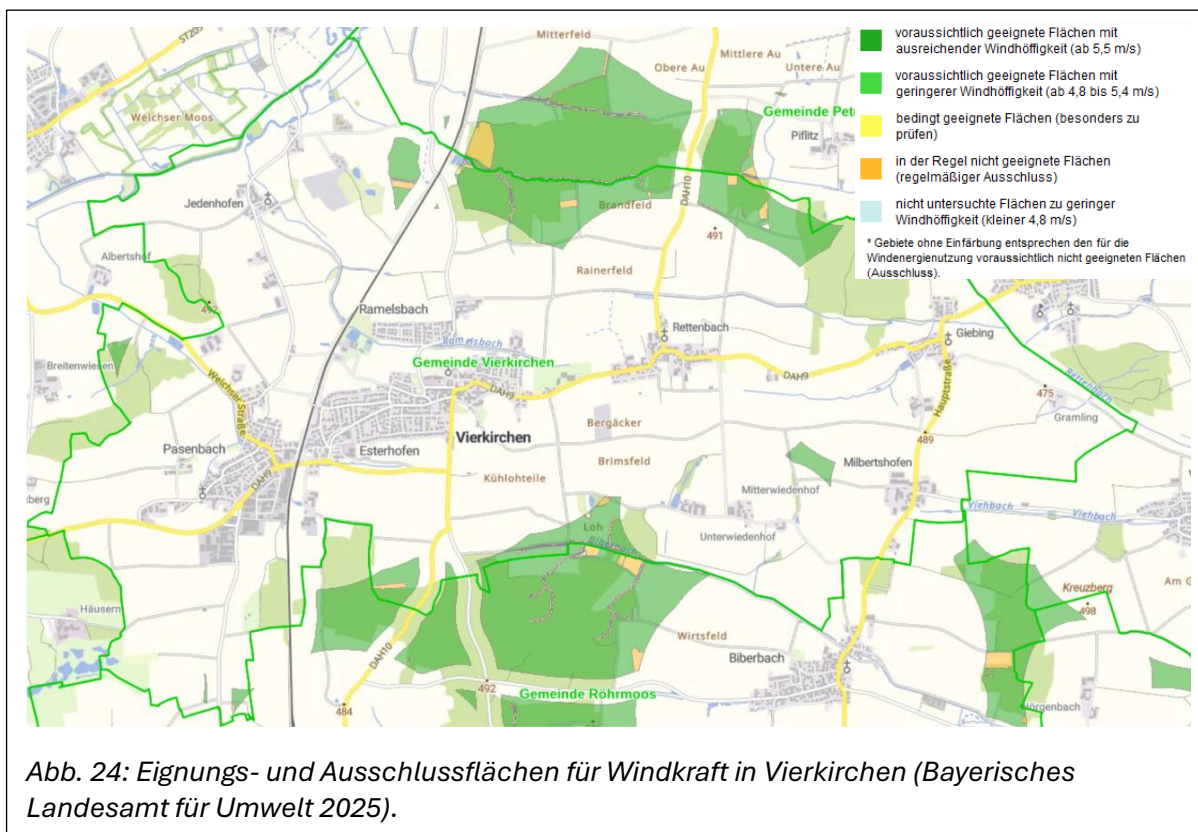
Die Kopplung von Photovoltaik (PV) und Wärmepumpen ist ein zentraler Baustein für eine nachhaltige und dezentrale Wärmeversorgung. Trotz der saisonalen und tageszeitlichen Unterschiede zwischen der Stromerzeugung der PV-Anlagen (Hoch im Sommer) und dem Strombedarf von Wärmepumpen (Hoch im Winter) besteht dennoch eine grundlegende Überschneidung. Selbst ohne den Einsatz von Batteriespeichern oder intelligenten Steuerungssystemen kann im Durchschnitt 20 bis 33 Prozent des jährlichen Strombedarfs für Heizung und Haushalt direkt durch selbst erzeugten PV-Strom gedeckt werden. Mit technologischen Weiterentwicklungen wie Stromspeichern und intelligenten

Energiemanagementsystemen kann dieser Anteil zudem signifikant auf über 50 Prozent gesteigert werden, was die Effizienz und Wirtschaftlichkeit dieser Kombination weiter erhöht.

Laut Energieatlas Bayern beträgt der bisherige Ausbaugrad an Dachflächen-PV in Vierkirchen 22,2 % (Stand: 2023). **Das bisher ungenutzte Potenzial addiert sich auf ca. 22.600 MWh.** Ca. 80 % des Dachflächenpotenzials fällt auf Wohngebäude oder unbeheizte Gebäude.

Wind

Neben Photovoltaik könnte ein Teil des Strombedarfs Vierkirchen auch durch Windenergie gedeckt werden. Die Einschätzung des Windkraftpotenzials erfolgte auf Basis der „Gebietskulisse Windkraft“ des Bayernatlas. Auf der Karte in Abb. 24 ist zu erkennen, dass in Vierkirchen ein kleiner Teil der Waldfläche Dorner Holz im Norden des Gemeindegebiets geeignet sein könnte. Ebenfalls eignet sich ein kleiner Bereich bei Milbertshofen und noch drei kleinere Teilflächen im Westen und Südwesten. Der südliche Eignungsbereich fällt weg, da im Vierkirchner Moos auf dem Gemeindegebiet Röhrmoos bereits mehrere Windkraftanlagen geplant sind.



Unter Annahme eines Mindestabstandes von mindestens 3-Mal der Länge des Rotordurchmessers in Nebenwindrichtung und 4 bis 5-Mal in Hauptwindrichtung (DLG 2014), sowie eines Rotordurchmessers von 146 m (Durchschnitt in Deutschland 2024 (Fachagentur Wind und Solar e.V. 2025)), ergibt sich ein benötigter Abstand von mindestens 438 m in Nebenwindrichtung und 584 m in Hauptwindrichtung zwischen zwei



Windrädern. Da der Abstand zwischen den beiden kleinsten Flächen im Südwesten nur etwa 250 m beträgt, kann hier maximal ein Windrad aufgestellt werden. Auch die anderen kleinen Flächen im Westen und Osten, sowie die etwas Größere im Nordwesten sind nur für jeweils eine Anlage geeignet. Auf den beiden großen Potenzialflächen im Norden und Nordosten, welche jeweils ca. 46 ha bzw. 30 ha umfassen, bestände mit Einhaltung der Abstände Potenzial für nochmal maximal 3 bzw. 2 Windkraftanlagen. Dementsprechend könnten in der Gemeinde unter idealen Bedingungen bis zu 9 Windräder gebaut werden. Bestehende Windkraftanlagen in Bayern erzeugen bei einer durchschnittlichen Leistung von 2,3 MW und 1.500 Vollaststunden jährlich ca. 3.450 MWh Strom, womit 1.100 Haushalte versorgt werden könnten (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2025). Es wäre also, ausgehend von einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von 2 Personen (bayernweiter Durchschnitt 2024 (Bayerisches Landesamt für Statistik 2025)) bereits mit zwei bis drei Windkraftanlagen die Versorgung aller Privathaushalte in Vierkirchen gedeckt.

In Vierkirchen gibt es im Norden mehrere große, aber auch in anderen Teilen der Gemeinde kleinere **Eignungsflächen für insgesamt bis zu neun Windkraftanlagen. Bereits zwei bis drei Anlagen könnten jedoch einen Großteil des Strombedarfs der Privathaushalte decken.** Eine Einzelprüfung ist deshalb zu empfehlen.

3.2. Potenzial zur Wärmebedarfsreduktion

Die Analyse der Baualtersklassen und des Sanierungspotenzials in der Gemeinde Vierkirchen zeigt ein deutliches Einsparpotenzial im Gebäudebereich. Insbesondere Gebäude, die vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet wurden, weisen einen erhöhten Wärmebedarf auf und bieten damit erhebliches Potenzial zur Reduktion des Energieverbrauchs.

Die räumliche Verteilung der Baualtersklassen zeigt, dass der überwiegende Teil des Gebäudebestands in Vierkirchen in den Baualtersklassen 1949-1978 errichtet wurde. Den zweitgrößten Anteil stellen Gebäude aus den Baujahren 1979-1995 dar. Damit stammt ein Großteil des heutigen Gebäudebestands aus einer Zeit vor Einführung verschärfter energetischer Anforderungen und ist grundsätzlich für energetische Sanierungsmaßnahmen relevant. (Abb. 2).

Gebäude aus den Baualtersklassen vor 1978 verfügen in der Regel über eine unzureichende Wärmedämmung der Gebäudehülle und sind häufig mit veralteten Heizsystemen ausgestattet. Entsprechend hoch ist das energetische Einsparpotenzial. Für diese Gebäude kann, abhängig vom Sanierungsumfang, ein Reduktionspotenzial des Wärmebedarfs von teils über 50 % angenommen werden (Abb. 25). Wesentliche Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs sind die nachträgliche Dämmung von Dach, Fassade und Kellerdecke, der Austausch älterer Fenster sowie die Erneuerung ineffizienter Heizungsanlagen.

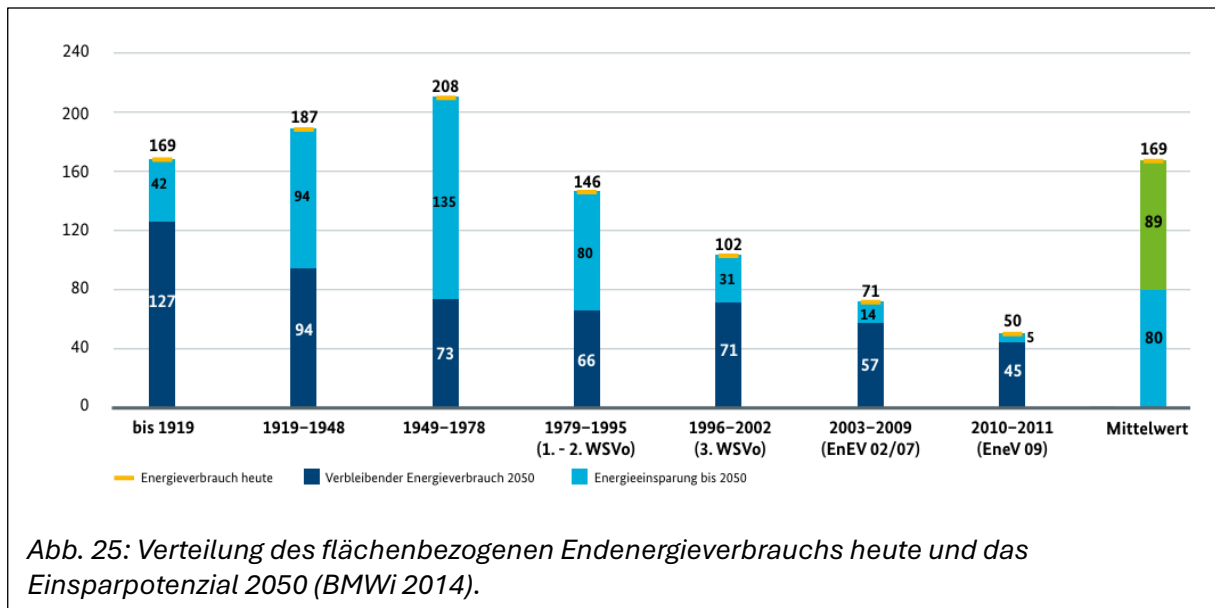


Abb. 25: Verteilung des flächenbezogenen Endenergieverbrauchs heute und das Einsparpotenzial 2050 (BMWi 2014).

Sie verfügen häufig über unzureichend gedämmte Gebäudehüllen und sind vielfach noch mit Öl- oder Gasheizungen ausgestattet, die nicht dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Aber auch Gebäude aus den Baujahren 1979-1995 bieten weiterhin relevante Effizienzpotenziale, insbesondere durch Maßnahmen an der Heiztechnik und der Gebäudehülle.

Besonders hohe Energieeinsparungen lassen sich durch eine Kombination aus Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Modernisierung der Heiztechnik erzielen. Bei Gebäuden jüngerer Baualtersklassen, insbesondere ab Mitte der 1990er Jahre, liegt der Fokus weniger auf umfassenden baulichen Maßnahmen, sondern vor allem auf der Optimierung der Heizungs- und Regelungstechnik. Dazu zählen beispielsweise der hydraulische Abgleich, der Einsatz moderner Steuerungssysteme oder der Umstieg auf effizientere und erneuerbare Wärmeerzeuger.

Zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand lassen sich grundsätzlich drei zentrale Ansätze unterscheiden:

1. Erneuerung der bestehenden Heizungsanlage ohne Systemwechsel

In vielen Bestandsgebäuden können bereits durch den Austausch alter Heizungsanlagen erhebliche Effizienzgewinne erzielt werden. Der Ersatz veralteter Öl- oder Gasheizungen durch moderne Brennwerttechnik reduziert den Energieverbrauch spürbar und stellt insbesondere dort eine Übergangslösung dar, wo ein vollständiger Systemwechsel kurzfristig nicht realisierbar ist.

2. Hydraulischer Abgleich zur Optimierung der Wärmeverteilung

Ein hydraulischer Abgleich verbessert die Wärmeverteilung im Gebäude und reduziert unnötige Energieverluste. Ungleichmäßig beheizte Räume, Überversorgung einzelner Heizkörper und ein erhöhter Pumpenstromverbrauch können so vermieden werden. Diese Maßnahme ist vergleichsweise kostengünstig und bietet ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis.



3. Technikwechsel hin zu modernen, erneuerbaren Heizsystemen

Das größte langfristige Einsparpotenzial ergibt sich aus dem Wechsel zu erneuerbaren Wärmeerzeugern. Wärmepumpen, Biomasseheizungen oder hybride Systeme ermöglichen eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen. Ergänzend kann der Einsatz von Solarthermie oder Photovoltaik zur Eigenstromnutzung die Effizienz weiter erhöhen und Betriebskosten senken. Förderprogramme auf Bundesebene unterstützen diese Maßnahmen finanziell.

Für die Abschätzung der zukünftigen Wärmebedarfsentwicklung wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung von einer jährlichen Sanierungsquote von 2 % ausgegangen. Diese Annahme liegt über der aktuellen bundesweiten Sanierungsquote von etwa 1 % und trägt der Notwendigkeit Rechnung, die Klimaziele im Gebäudesektor zu erreichen.

Auch im Bereich von Gewerbe und Industrie bestehen Einsparpotenziale durch Effizienzsteigerungen und Prozessoptimierungen. Aufgrund der heterogenen Strukturen wurde hierfür konservativ von einer jährlichen Einsparung von 1 % ausgegangen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Gemeinde Vierkirchen über ein relevantes Potenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs verfügt. Durch gezielte energetische Sanierungen im Bestandsgebäudebereich, die Modernisierung der Heiztechnik und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien kann der Energieverbrauch deutlich gesenkt und ein wesentlicher Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung geleistet werden.

Vierkirchen verfügt insbesondere im Gebäudebestand der **Baujahre vor 1995** über erhebliche **Effizienz- und Einsparpotenziale**. Durch konsequente **Sanierung** der Gebäudehülle, **Optimierung bzw. Austausch der Heiztechnik** und einen verstärkten Umstieg auf **erneuerbare Wärmesysteme** kann der Wärmebedarf deutlich reduziert und ein zentraler Beitrag zur Erreichung der Klimaziele geleistet werden.



4. Zielszenario und Eignungsgebiete

4.1. Ausweisung von Wärmenetzeignungsgebieten

Ein zentrales Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist die sinnvolle räumliche Einteilung des Gemeindegebiets in geeignete Versorgungsformen. Dabei wird auf Basis der Bestands- und Potenzialanalyse bewertet, ob Gebiete grundsätzlich für eine zentrale, leitungsgebundene Wärmeversorgung (z. B. durch Nah- oder Fernwärmenetze) geeignet sind oder ob dezentrale Einzelversorgungen vorzuziehen sind.

Wärmenetze gelten als Schlüsseltechnologie für die Wärmewende, da sie den effizienten Transport von erneuerbarer Wärme – etwa aus Biomasse/-gas, Abwärme oder Wärmepumpe – ermöglichen. Sie sind jedoch mit hohen Investitions- und Erschließungskosten verbunden und daher nur in bestimmten räumlichen und wirtschaftlichen Kontexten sinnvoll umsetzbar. Die Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze erfolgte deshalb basierend auf den im Leitfaden Wärmeplanung des BMWK und BMWSB aufgelisteten Kriterien. Die genutzten Indikatoren sind:

- die **Wärmeliniendichte**,
- das Vorhandensein (und Interesse) von potenziellen **Ankerkunden**,
- der erwartete **Anschlussgrad** an das geplante Netz,
- ob im Planungsgebiet oder unmittelbarer Nähe bereits **Wärmenetze vorhanden** sind,
- ob und wie hoch das **Potenzial für erneuerbare Energien oder Abwärme** ist und
- wie hoch die **Anschaffungs-/ bzw. Investitionskosten** ausfallen würden.

Eine detaillierte Bewertung dieser Faktoren ist in den folgenden Kapiteln ausgeführt. Anschließend werden die Flächen in verschiedene Versorgungskategorien eingeteilt:

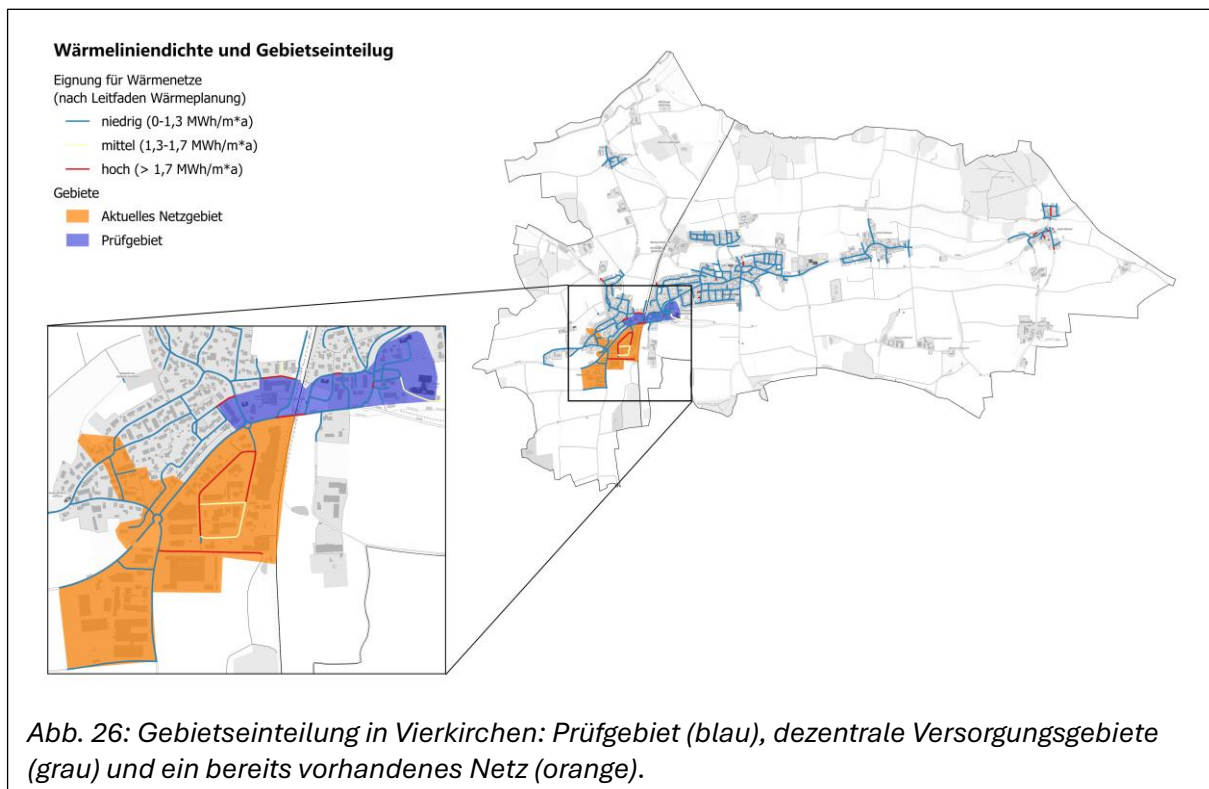
- **Eignungsgebiete für Wärmenetze:**
Bereiche, in denen eine zentrale Wärmeversorgung technisch und wirtschaftlich als grundsätzlich umsetzbar gilt. Hier wird empfohlen, weiterführende Machbarkeitsstudien zu veranlassen.
- **Gebiete für dezentrale Versorgung:**
Zonen, in denen die Wärmeversorgung aus heutiger Sicht vorzugsweise dezentral und gebäudeindividuell erfolgen sollte – etwa mit Wärmepumpen, Biomasse oder anderen Einzellösungen.
- **Prüfgebiete:**
Teilräume mit besonderen Bedingungen oder laufenden Untersuchungen (z. B. Biogasnutzung, Abwärmequellen, Rechenzentren), bei denen noch keine abschließende Bewertung möglich ist.

In Abb. 26 ist die Gebietseinteilung räumlich verortet. Dezentrale Versorgungsgebiete sind grau eingefärbt, während das Eignungsgebiet bzw. vorhandene Wärmenetz orange gekennzeichnet ist, welches durch die Abwärme zweier Biogasanlagen in Pasenbach

versorgt wird. Nördlich vom Eignungsgebiet befindet sich zudem ein Prüfgebiet, welches in blau dargestellt wird.

Für das identifizierte Eignungsgebiet und Prüfgebiet sind weiterführende Einzeluntersuchungen erforderlich, insbesondere hinsichtlich der wirtschaftlichen und technischen Realisierbarkeit. Die flächenhafte Betrachtung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung dient lediglich als erste, richtungsweisende Orientierung und kann keine belastbare Aussage über die tatsächliche Umsetzbarkeit einzelner Projekte leisten.

In einem anschließenden, vertiefenden Planungsschritt sollen auf Basis dieser Gebietseinteilung durch Projektentwickler und potenzielle Netzbetreiber konkrete Ausbaukonzepte erarbeitet werden.



Hinsichtlich der gesetzlichen Anforderungen zu den Fristen nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) gilt Folgendes:

„Wird in einer Kommune eine Entscheidung über die Ausweisung als Gebiet zum Neu- oder Ausbau eines Wärmenetzes oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet auf der Grundlage eines Wärmeplans schon vor Mitte 2026 bzw. Mitte 2028 getroffen, wird der Einbau von Heizungen mit 65 Prozent Erneuerbaren Energien schon dann verbindlich. Der Wärmeplan allein löst diese frühere Geltung der Pflichten des GEG jedoch nicht aus. Vielmehr braucht es auf dieser Grundlage eine zusätzliche Entscheidung der Kommune über die Gebietsausweisung, die veröffentlicht sein muss.“ (BMWE, 2024).

Für die Anwendung der vorgezogenen Fristen gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist also nicht der Wärmeplan selbst ausschlaggebend, sondern ausschließlich der formelle kommunale Beschluss zur Ausweisung eines Gebietes als Wärmenetzausbau- oder



Wasserstoffnetzausbaugbiet. Erst mit einem solchen Beschluss und dessen veröffentlichter Bekanntmachung beginnt die gesetzliche Übergangsfrist von einem Monat, nach deren Ablauf die Pflicht zur Nutzung von mindestens 65 % erneuerbarer Energien beim Heizungseinbau im Bestand greift. Der Wärmeplan bildet hierfür lediglich die fachliche Grundlage – er entfaltet **keine rechtliche Außenwirkung** im Sinne des GEG, solange keine explizite Gebietsausweisung durch die Kommune erfolgt.

Für Vierkirchen bedeutet das konkret: wird vor dem 1. Juli 2028 die Ausweisung eines Wärmenetz- (oder Wasserstoffnetzausbau)gebiets beschlossen, greift die 65 %-Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien für Bestandsgebäude bereits einen Monat nach Veröffentlichung. Erfolgt keine frühzeitige Gebietsausweisung, tritt die Pflicht gemäß GEG regulär zum 1. Juli 2028 in Kraft.

Diese räumliche Einteilung stellt **keine unmittelbare Umsetzungsverpflichtung** dar, sondern dient als strategische Grundlage für die künftige Wärmeinfrastrukturentwicklung. Eine verpflichtende Entscheidung zum Bau eines Wärme- oder Gebäudenetzes kann nur vom Gemeinderat gefällt werden. Die eigentliche Detailplanung (Netzlayout, Trassen, Technik, Wirtschaftlichkeitsrechnung) erfolgt dann in nachgelagerten Planungsschritten, z. B. durch Machbarkeitsstudien oder Projektentwicklung.

4.1.1. Eignungsgebiet: Pasenbach

Das Eignungsgebiet Pasenbach weist eine hohe Wärmelinien-dichte auf. Diese basiert auf den prognostizierten Wärmebedarfen des Zieljahres 2045 unter Annahme einer Sanierungsquote von 2 % pro Jahr. Auf Basis der prognostizierten Wärmebedarfe ergibt sich eine Wärmelinien-dichte von über 1,7 MWh/m*a, was auf eine kompakte Siedlungsstruktur mit hohem Wärmebedarf pro Trassenmeter hinweist. Damit sind günstige Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes gegeben.

Als Ankerkunden sind insbesondere Gewerbe- und Industriebetriebe vorhanden, die durch ihren kontinuierlichen und vergleichsweise hohen Wärmebedarf zur Grundlast des Netzes beitragen können. Die Bewertung der Ankerkunden wird daher als hoch eingestuft.

Der erwartete Anschlussgrad wird ebenfalls als hoch bewertet. Grundlage hierfür ist die aktuell bereits erreichte Anschlussquote von rund 35 %, die auf eine grundsätzliche Akzeptanz der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Gebiet hinweist und eine weitere Verdichtung des Netzes erwarten lässt.

Im Eignungsgebiet Pasenbach ist zudem bereits ein Wärmenetz vorhanden, was die infrastrukturellen Voraussetzungen deutlich verbessert. Der Ausbau bzw. die Erweiterung bestehender Netze ist in der Regel mit geringeren technischen und wirtschaftlichen Risiken verbunden als ein vollständiger Neubau.

Hinsichtlich der Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärme bestehen im Gebiet günstige Rahmenbedingungen. Insbesondere die Abwärme aus Biogasanlagen stellt eine



lokal verfügbare und grundlastfähige Wärmequelle dar. Dieser Indikator wird daher ebenfalls als hoch bewertet.

Die Anschaffungs- und Investitionskosten werden im Vergleich als niedrig eingeschätzt, da im Wesentlichen Hausanschlüsse erforderlich sind und keine umfangreichen Neuerschließungen oder zentrale Großinfrastrukturen notwendig sind.

Gesamtbewertung (Tab. 7): Aufgrund der hohen Wärmeliniendichte, der vorhandenen Ankerkunden, des bereits bestehenden Wärmenetzes sowie der guten Potenziale aus erneuerbaren Energien und Abwärme wird die Eignung des Gebiets Pasenbach für ein Wärmenetz insgesamt als hoch bewertet. Das Gebiet stellt damit ein prioritäres Eignungsgebiet für die Weiterentwicklung bzw. den Ausbau leitungsgebundener Wärmeversorgung dar.

Tab. 7: Kriterien für die Einteilung in Wärmenetzgebiete Pasenbach nach Wärmeentstehungskosten

Indikator	Eignung	Bemerkungen
Wärmeliniendichte	hoch	> 1,7 MWh/m*a
Ankerkunden	hoch	Gewerbe und Industrie
Erwarteter Anschlussgrad	hoch	aktuelle Anschlussquote 35 %
Vorhandene Wärmenetze	hoch	Wärmenetz vorhanden
Potenziale EE und Abwärme	hoch	Abwärme aus Biogasanlagen
Anschaffungs-/Investitionskosten	niedrig	nur Hausanschlüsse
Gesamtbewertung	hoch	

4.1.2. Prüfgebiet

Die Wärmeliniendichte wird im Prüfgebiet insgesamt als mittel eingestuft. Zwar treten im Bereich einzelner Ankerkunden punktuell hohe Wärmebedarfe auf, außerhalb dieser Standorte ist die Wärmeliniendichte jedoch überwiegend niedrig. In der Gesamtbetrachtung ergibt sich damit eine gemittelte Wärmeliniendichte im Bereich von 1,0 bis 2,0 MWh/m-a. Für einen wirtschaftlichen Netzbetrieb sind damit grundsätzlich Voraussetzungen gegeben, allerdings nur bei einer gezielten Erschließung der größeren Verbraucher und nicht flächendeckend im gesamten Gebiet.

Hinsichtlich der Ankerkunden weist das Prüfgebiet günstige Rahmenbedingungen auf. Vorhanden sind mehrere kommunale Liegenschaften, ein Wohnheim sowie Gewerbe, die aufgrund ihres kontinuierlichen Wärmebedarfs als potenzielle Grundlastträger fungieren können. Der Indikator Ankerkunden wird daher als hoch bewertet.

Der erwartete Anschlussgrad wird als mittel eingeschätzt. Es wird von einer realistischen Anschlussquote zwischen 40 und 60 % ausgegangen. Dies deutet auf ein grundsätzliches



Interesse an einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung hin, lässt jedoch keine vollständige Netzdurchdringung erwarten.

Ein bestehendes Wärmenetz ist im Prüfgebiet selbst nicht vorhanden, jedoch grenzt im südlichen Bereich ein Wärmenetz an. Diese Nähe wirkt sich positiv auf die Erschließung aus, da perspektivisch ein Anschluss oder eine Netzerweiterung denkbar ist. Der Indikator vorhandene Wärmenetze wird daher als mittel bewertet.

Bei den Potenzialen erneuerbarer Energien und Abwärme bestehen günstige Voraussetzungen. Insbesondere die Abwärme aus Biogasanlagen stellt eine lokal verfügbare Wärmequelle dar, weshalb dieser Indikator als hoch eingestuft wird.

Die Anschaffungs- und Investitionskosten werden insgesamt als mittel bewertet. Für eine Erschließung des Prüfgebiets wären ein Ausbau bzw. Neubau von Wärmenetzinfrastruktur erforderlich, jedoch ohne die Notwendigkeit umfangreicher zentraler Großanlagen.

Gesamtbewertung (Tab. 8): Aufgrund der mittleren Wärmeliniendichte, des moderaten Anschlussgrads sowie des erforderlichen Netzausbaus wird die Eignung des Prüfgebiets insgesamt als mittel bewertet. Das Gebiet eignet sich damit für eine vertiefte Prüfung im Rahmen nachgelagerter Machbarkeitsuntersuchungen, insbesondere bei konkretem Ausbauinteresse oder im Zusammenhang mit einer Erweiterung bestehender Wärmenetze.

Tab. 8: Kriterien für die Einteilung in Wärmenetzgebiete im Prüfgebiet nach Wärmeentstehungskosten

Indikator	Eignung	Bemerkungen
Wärmeliniendichte	mittel	Zw. 1-2 MWh/m*a
Ankerkunden	hoch	Kommunale Liegenschaften, Wohnheim, Gewerbe
Erwarteter Anschlussgrad	mittel	40-60 % Anschlussquote
Vorhandene Wärmenetze	mittel	Angrenzendes Wärmenetz im Süden
Potenziale EE und Abwärme	hoch	Abwärme aus Biogasanlagen
Anschaffungs-/Investitionskosten	mittel	Nur Ausbau/Neubau Wärmenetz
Gesamtbewertung	mittel	



4.2. Zielszenario bis 2045

4.2.1. Entwicklung des Wärmebedarfs und der Treibhausgasemissionen

Die Entwicklung des Wärmebedarfs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen in der Gemeinde Vierkirchen bis zum Zieljahr 2045 wurden unter folgenden Annahmen modelliert:

- **Sanierungsquote** von 2 % pro Jahr (private Haushalte),
- **Energieeinsparung im Gewerbe** durch Prozessoptimierung von 1 % pro Jahr,
- **Heizungstausch in dezentralen Versorgungsgebieten** zu Biomasse oder Wärmepumpe und
- **Heizungstausch in Wärmenetzgebieten** zu Fernwärme (versorgt mit erneuerbaren Energien).

Der Wärmebedarf und die Energieträgerzusammensetzung basieren in den Berechnungen des Zielszenarios auf Berechnungen von Frequentum, welche in der open source Software QGIS durchgeführt wurden.

Die aktuelle Sanierungsquote beträgt in Deutschland etwa 1 %, laut einer Studie der Deutschen Energie-Agentur aus dem Jahr 2021 wäre jedoch eine Quote von 1,7-1,9 % notwendig, um die Klimaziele 2030 zu erreichen (dena 2021). Deshalb wurde für die vereinfachte Berechnung in der Wärmeplanung für Vierkirchen von einer optimistischen Sanierungsquote von 2 % ausgegangen.

In den Sektoren Gewerbe und Industrie kann zudem durch Prozessoptimierungen und Effizienzgewinne eine Einsparung des Bedarfs erfolgen. Hier wurde von einer konservativeren Annahme einer Einsparung von 1 % pro Jahr ausgegangen, da die technischen Fortschritte schwer abzuschätzen sind und sich je nach Branche unterscheiden.

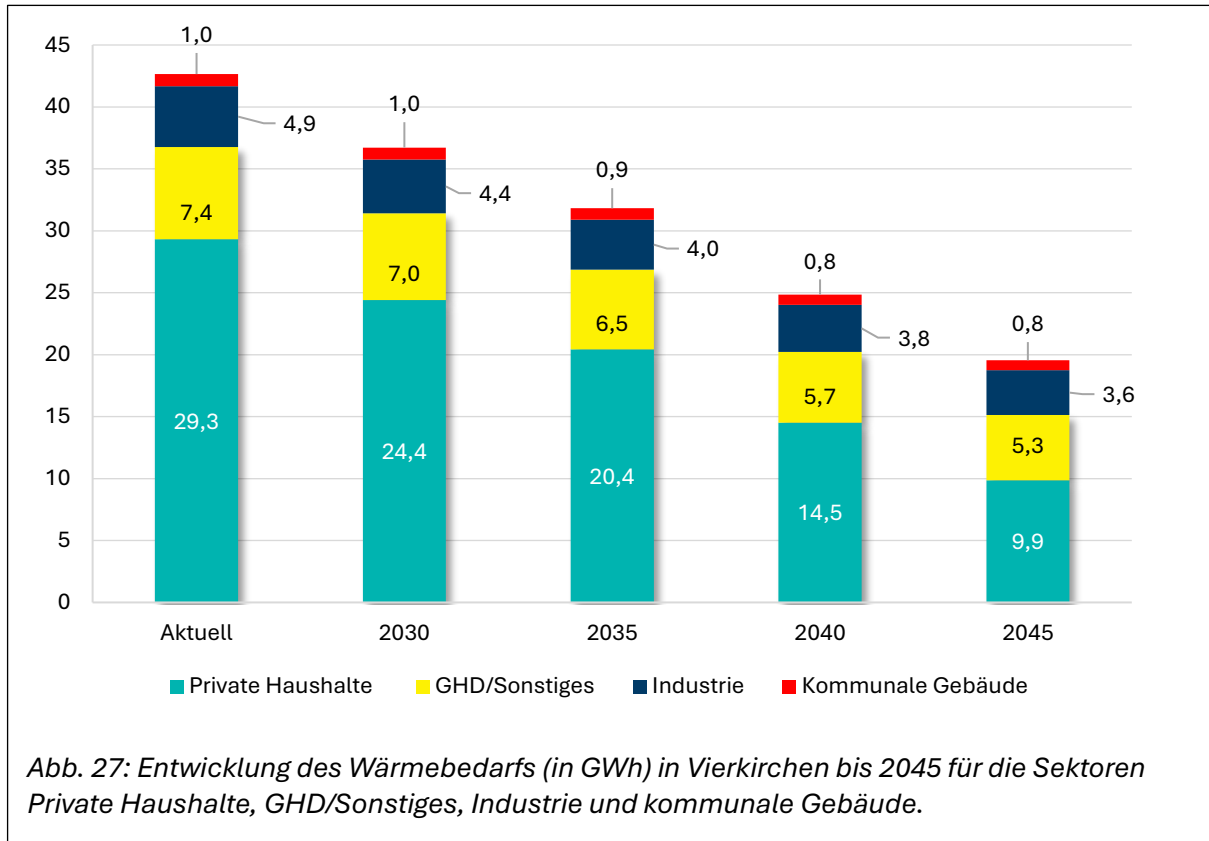
Wärmebedarf

Der gesamte Wärmebedarf in Vierkirchen beträgt aktuell 42,7 GWh, wovon der Großteil auf private Haushalte (29,33 GWh), sowie Gewerbe (7,44 GWh) und Industrie (4,9 GWh) fällt. Deshalb können in diesen Bereichen, wie in Abb. 27 grafisch dargestellt, die meisten Einsparungen durch Sanierung und Prozessoptimierung erreicht werden. Hinzu kommt ein Wechsel der Energieträger und Heizungsarten auf erneuerbare Energien, welcher zusätzlich die Reduktion des Wärmebedarfs erhöht.

Für 2.2.1. Gasnetz kann somit eine Reduktion um mehr als 66 % auf 9,9 GWh erreicht werden, in Gewerbe und Industrie um ca. 28 % auf 5,1 GWh. Der Sektor kommunale Gebäude verbraucht aktuell nur 0,98 GWh und sein Anteil verringert sich bis 2045 auf 0,81 GWh (Tab. 9). Ein Großteil der Einsparungen vor allem im privaten Sektor ist auf den simulierten Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern (vor allem Wärmepumpen) zurückzuführen. In den Berechnungen der Endenergie wird z.B. bei Luftwärmepumpen der Anteil der Wärme, welcher aus der Luft gewonnen wird, nicht in die Bilanz



miteinberechnet, da dieser „Rohstoff“ quasi immer und unendlich verfügbar ist. Es wird also nur die Menge an für den Betrieb der Wärmepumpe aufgewendetem Strom in den Wärmebedarf miteinberechnet, welche im Vergleich zu anderen Energieträgern sehr niedrig ist, da Luftwärmepumpen hohe Wirkungsgrade besitzen (s. Anhang für alle in der Berechnung verwendeten Wirkungsgrade). Die Endenergie ist folglich bei dieser Wärmeversorgungsart deutlich geringer als die Nutzenergie.



Tab. 9: Entwicklung des Wärmebedarfs (in GWh) in Vierkirchen bis 2045 in GWh nach BSKO-Sektoren

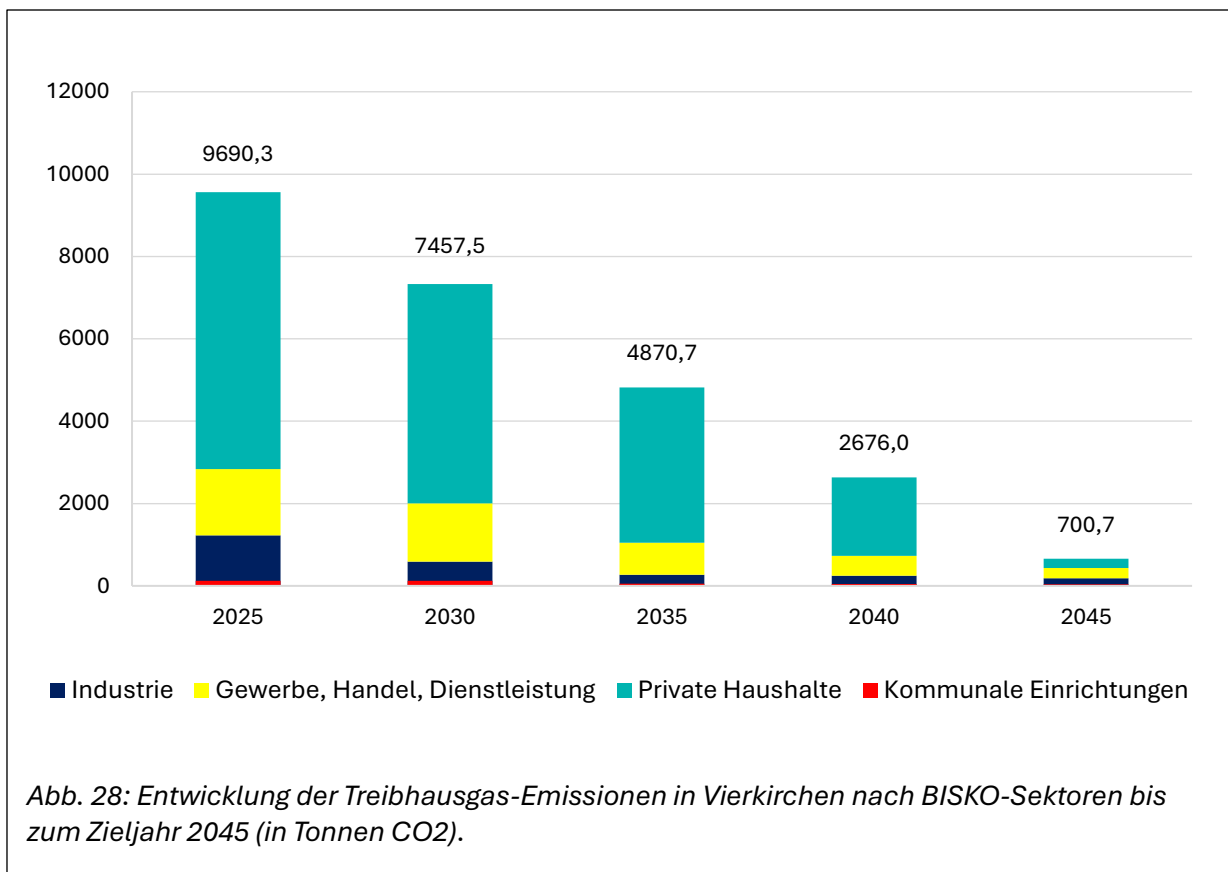
BSKO-Sektor	Aktuell	2030	2035	2040	2045
Private Haushalte	29,33	24,40	20,42	14,51	9,9
GHD/Sonstiges	7,44	7,01	6,45	5,71	5,3
Industrie	4,90	4,35	4,03	3,81	3,6
Kommunale Gebäude	0,98	0,96	0,92	0,83	0,81
Gesamt	42,7	36,7	31,8	24,9	19,6



Treibhausgasemissionen

Das Ziel der Senkung des Wärmebedarfs und der Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energieträger ist eine Reduktion der CO₂-Emissionen. Neben der Wärmeversorgung soll bis 2045 auch die Stromversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien erfolgen, wodurch auch Strom-basierte Wärmeerzeugung klimaneutral wird. Abb. 28 zeigt die Entwicklung der Emissionen über die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 hinweg bis zum Zieljahr 2045.

Die aktuellen Treibhausgasemissionen in Vierkirchen von ca. 9.700 t CO₂ können bis zum Jahr 2045 um ca. 93 % auf etwas über 700 t reduziert werden (Tab. 10). Dieser Wert ist den Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energieträger zuzuschreiben und in der Regel auf Installations- und Fertigungsprozesse zurückzuführen. Nach aktuellem Technologiestand lassen sich deshalb die Emissionen also nicht komplett auf 0 reduzieren und müssen mit anderen Klimaschutzmaßnahmen ausgeglichen werden. Dies kann sich durch zukünftigen technischen Fortschritt jedoch ändern und muss in der Fortschreibung des Wärmeplans berücksichtigt werden.



Tab. 10: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Vierkirchen bis 2045 (in Tonnen CO₂)

BISKO-Sektor	Aktuell	2030	2035	2040	2045
Private Haushalte	6725,6	5330,4	3768,2	1899,4	231
GHD, sonst.	1608,7	1413,8	775,6	482,3	248,5
Industrie	1229,2	589,7	273,0	249,2	182,6
Kommunale Einrichtungen	126,8	123,6	53,9	45,1	39,0
Gesamt	9690,3	7457,5	4870,7	2676,0	700,7

4.2.2. Entwicklung der Wärmeerzeugungsstruktur

Neben der Bedarfsreduktion ist die Transformation der Wärmeerzeugungsstruktur ein zentrales Element auf dem Weg zur Klimaneutralität der Gemeinde Vierkirchen. Derzeit ist die Wärmeversorgung im Gemeindegebiet noch stark durch den Einsatz fossiler Energieträger wie Heizöl und Erdgas geprägt. Ziel ist es, diesen Anteil schrittweise durch klimaneutrale Technologien zu ersetzen und gleichzeitig die Energieeffizienz im Gebäudebestand signifikant zu verbessern.

Die Entwicklung erfolgt dabei in drei aufeinander abgestimmten Schritten:

1. Kurzfristige Phase (bis 2030): Grundlagen schaffen

- Förderung dezentraler Heizsysteme auf Basis erneuerbarer Energien, insbesondere Wärmepumpen und Biomasseanlagen.
- Einbindung regenerativer Wärmequellen wie Umweltwärme (Luft, Grundwasser), Solarthermie und oberflächennahe Geothermie.
- Erarbeitung von Machbarkeitsstudien für Wärmenetze in identifizierten Eignungsgebieten.

2. Mittelfristige Phase (2030–2040): Strukturwandel beschleunigen

- Erste Pilotprojekte für Nahwärmenetze mit lokalen Erzeugern (z. B. Hackschnitzelanlagen).
- Rückbau fossiler Einzelheizungen durch gezielte Beratungs- und Förderangebote.
- Einführung eines kommunalen Transformationsfahrplans mit klaren Prioritäten für Investitionen und Infrastrukturentwicklung.

3. Langfristige Phase (2040–2045): Vollständige Dekarbonisierung

- Abschluss der Umstellung auf eine 100 % erneuerbare Wärmeerzeugung.



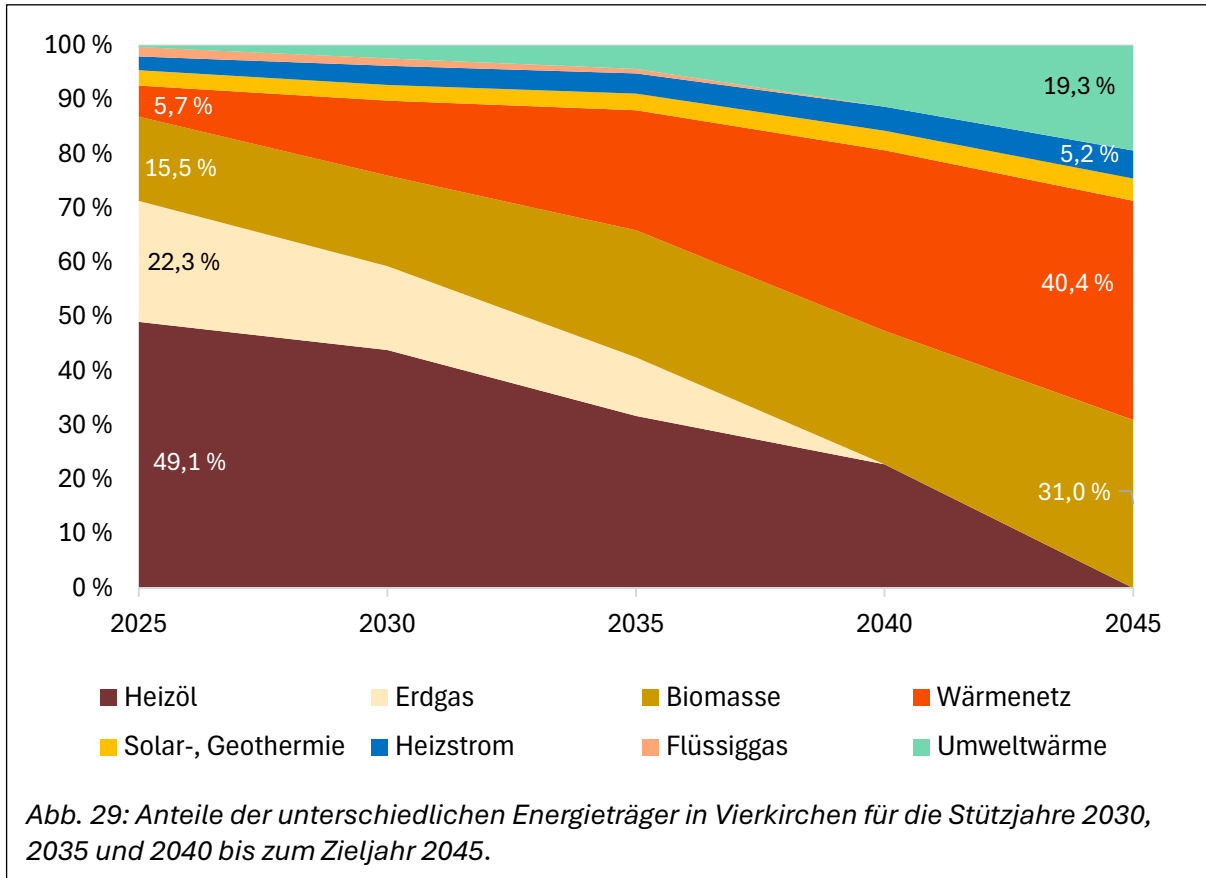
- Versorgung über ein integriertes System aus dezentralen Lösungen (z. B. Wärmepumpen, Holz(pellet)heizungen) und zentralen Netzen mit erneuerbaren Quellen.
- Etablierung einer sicherheits- und resilienzorientierten Versorgungsstruktur, die auch auf volatile Rahmenbedingungen reagieren kann.

Basierend auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse wurde für die Wärmeplanung ein Szenario gewählt, welches am wahrscheinlichsten und in der Praxis am ehesten umsetzbar ist: In dezentralen Versorgungsgebieten, die derzeit mit Gas versorgt werden, ist bei 95 % der Gebäude eine Umstellung auf Wärmepumpen vorgesehen und in den restlichen 5 % eine Umstellung auf Biomasse. Bei Gebäuden, die derzeit mit Öl heizen, wird eine Umstellung von 90 % auf Wärmepumpen, 5 % auf Biomasse und 5 % auf Heizstrom angenommen. Der Anteil an Biomasse fällt aufgrund des sehr limitierten Biomassepotenzials in Vierkirchen insgesamt gering aus.

In den Wärmenetzgebieten erfolgt je nach Anschlussquote schrittweise ein Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz, welches mit Abwärme aus der bereits vorhandenen Biogasanlage gespeist wird. Da der Anschluss bereits aktuell bei ca. 35 % liegt, wird bis 2045 eine Anschlussquote von 60 % simuliert. Für das Prüfgebiet gilt ebenfalls die Annahme von 60 % Anschluss bis 2045, dieses wird jedoch in der Berechnung erst ab 2040 an ein Netz angeschlossen.

Dieses Vorgehen resultiert in der Bilanz, die Abb. 29 und

Tab. 11 zu entnehmen ist. Wie hier zu erkennen, sinkt der Heizölanteil am Gesamtendenergieverbrauch, welcher 2025 noch bei 49 % liegt bis 2035 auf ca. 32 % und wird bis 2045 auf 0 % reduziert. Auch Erdgas, welches aktuell einen Anteil von 22 % ausmacht, wird bis 2035 stark reduziert (auf ca. 11 %) und bis 2040 komplett ersetzt. Anstelle der fossilen Energieträger werden in diesem Szenario bis 2045 erneuerbare Wärmeträger wie Umweltwärme (19 %), Biomasse (31 %) und Wärmenetze (auf Biogas basierend, 40 %) eingesetzt.

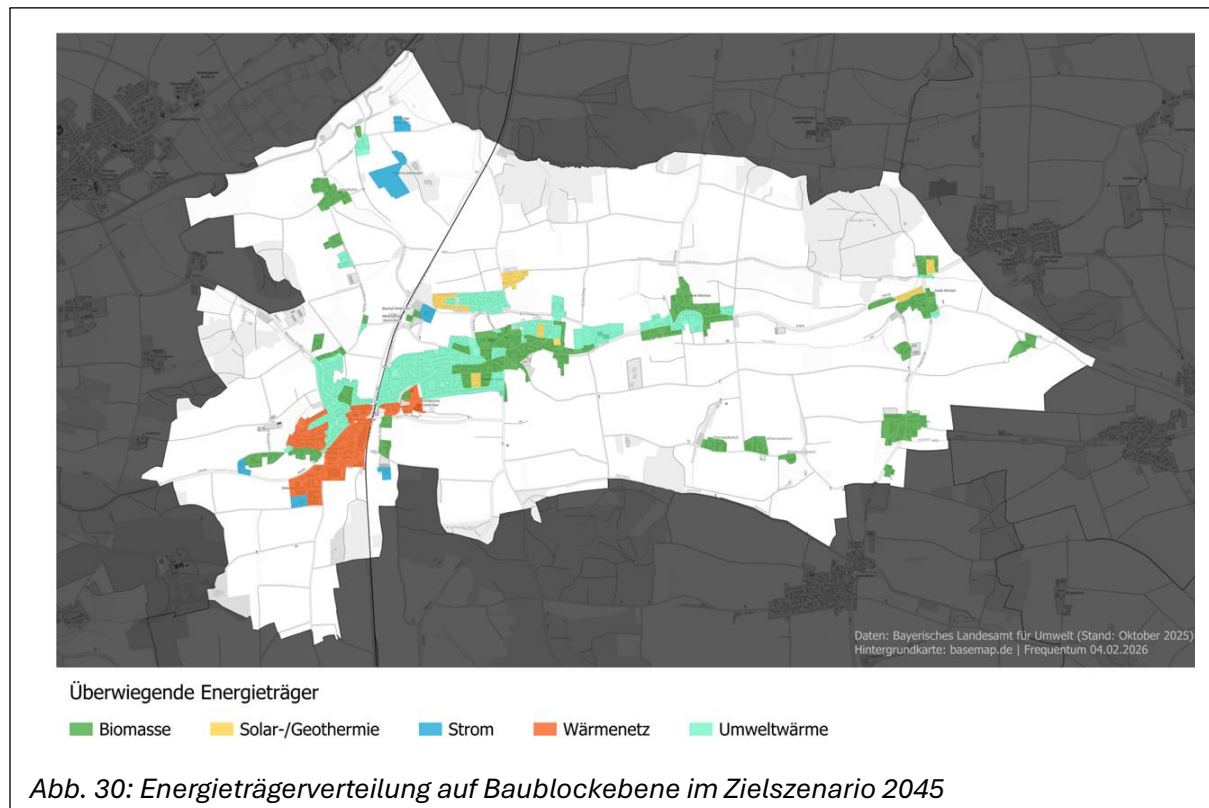


Tab. 11: Anteile der unterschiedlichen Energieträger in Vierkirchen für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 bis zum Zieljahr 2045

Energieträger	2025	2030	2035	2040	2045
Heizöl	49,1 %	43,9 %	31,7 %	22,8 %	0,0 %
Erdgas	22,3 %	15,5 %	10,8 %	0,0 %	0,0 %
Biomasse	15,5 %	16,7 %	23,4 %	24,6 %	31,0 %
Wärmenetz	5,7 %	13,8 %	22,1 %	33,3 %	40,4 %
Solar-, Geothermie	2,8 %	2,9 %	3,1 %	3,6 %	4,1 %
Heizstrom	2,6 %	3,5 %	3,7 %	4,4 %	5,2 %
Flüssiggas	1,7 %	1,3 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %
Umweltwärme	0,3 %	2,4 %	4,3 %	11,3 %	19,3 %
Gesamt	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Im Zielszenario 2045 zeigt sich eine klare Verschiebung hin zu erneuerbaren und leitungsgebundenen Versorgungslösungen. Im Gewerbegebiet dominiert ein zusammenhängendes Wärmenetz (orange), das insbesondere Gewerbebetriebe und Sondergebäude versorgt.

Ergänzend dazu spielt Umweltwärme in Form von Luftwärmepumpen (türkis) eine zentrale Rolle. Sie kommt vor allem in den angrenzenden Wohngebieten mit geringer Wärmedichte zum Einsatz und wird dort überwiegend für private Haushalte genutzt.



Biomasse (grün) wird punktuell in den ländlich geprägten Ortsteilen eingesetzt und dient dort als dezentrale Versorgungsoption. Strombasierte Lösungen (blau) sind vereinzelt über das Gemeindegebiet verteilt. Solar- und Geothermie (gelb) treten lediglich ergänzend in einzelnen Teilbereichen auf. Insgesamt wird deutlich, dass die Wärmeversorgung im Jahr 2045 überwiegend auf Umweltwärme und Wärmenetze gestützt ist, während Biomasse und weitere erneuerbare Energieträger eine ergänzende, standortabhängige Rolle übernehmen.

4.3. Kostenprognosen für typische Versorgungsfälle in Vierkirchen – Wärmevollkostenvergleich bei Heizungsmodernisierung

Steht die Erneuerung oder Umstellung des Heizsystems an, so haben Hauseigentümerinnen und -eigentümer in Vierkirchen heute eine große Auswahl an Heizungstechnologien. Die Entscheidung fällt angesichts regulatorischer Vorgaben, steigender Energiepreise und unterschiedlicher technischer Anforderungen jedoch zunehmend schwer. Eine Heizungsmodernisierung ist immer auch eine langfristige Investition, entsprechend sorgfältig sollte sie vorbereitet sein.

Ein zentraler Aspekt bei der Entscheidungsfindung ist die Kostenprognose über die Nutzungsdauer des neuen Systems. Dabei reicht es nicht aus, nur auf die Brennstoffpreise zu blicken oder den Anschaffungspreis zu vergleichen. Für einen



aussagekräftigen wirtschaftlichen Vergleich müssen alle relevanten Kostenbestandteile berücksichtigt werden – also Investitions-, Verbrauchs- und Betriebskosten. Eine solche Wärmevollkostenbetrachtung liefert belastbare Grundlagen für individuelle Entscheidungen und für die Bewertung zentraler Wärmeversorgungsoptionen wie Nahwärmenetze.

Vollkostenvergleich – Beispielhafter Versorgungsfall: Einfamilienhaus

Der folgende Kostenvergleich wurde von C.A.R.M.E.N. e.V. erarbeitet (C.A.R.M.E.N. e.V. 2025) und basiert auf einem typischen unsanierten Einfamilienhaus in Vierkirchen mit 150 m² Wohnfläche, 25.000 kWh Jahreswärmebedarf und 15 kW Heizlast. Das angenommene Gebäude wird aktuell mit Heizöl beheizt. Betrachtet werden die jährlichen Vollkosten folgender Heizsysteme:

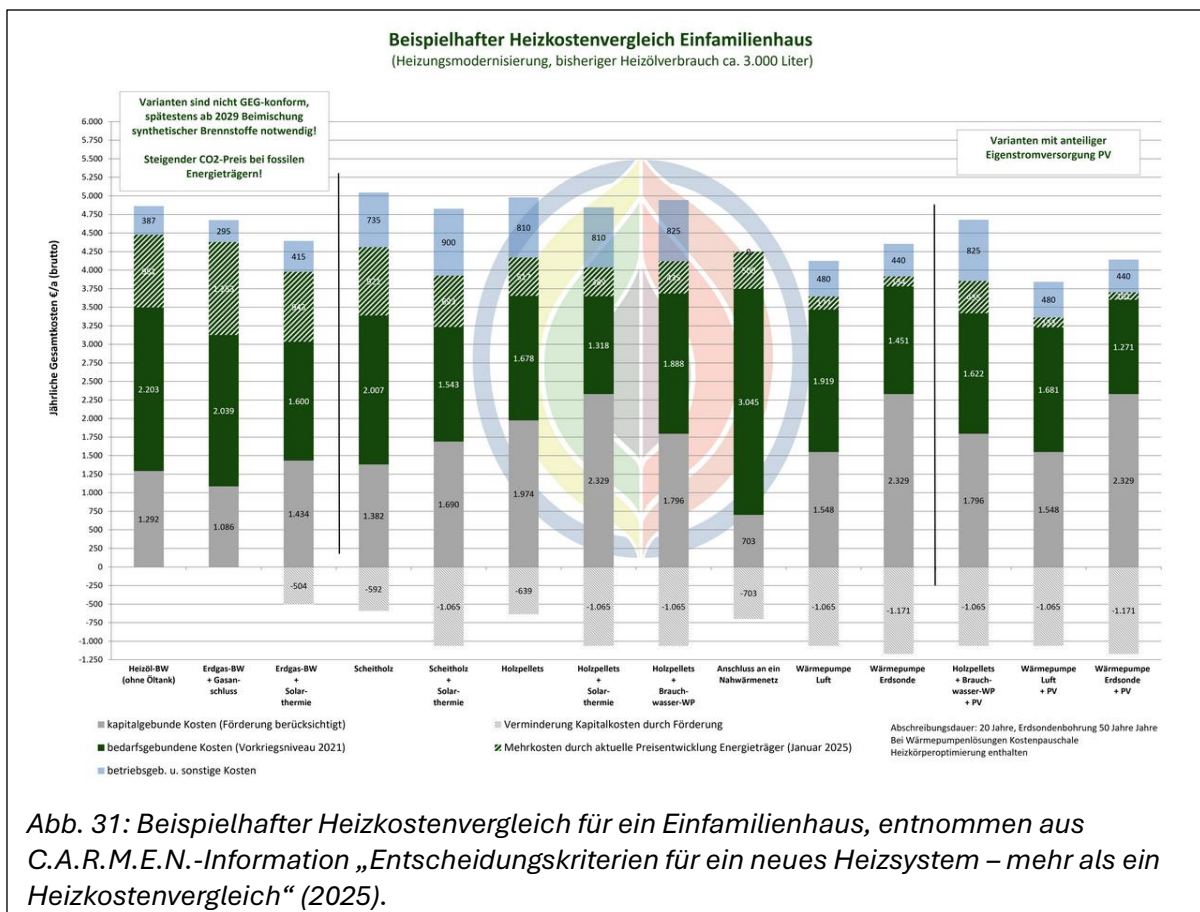
- Luft/Wasser-Wärmepumpe mit und ohne PV-Unterstützung
- Sole/Wasser-Wärmepumpe
- Pelletkessel mit optionaler Kombination aus Brauchwasser-Wärmepumpe oder PV
- Anschluss an ein biomassebasiertes Nahwärmenetz
- fossile Alternativen (Öl, Gas) als Referenz

Die Vollkosten setzen sich zusammen aus:

- Kapitalgebundenen Kosten (Investitionen über 20 Jahre)
- Bedarfsgebundenen Kosten (Brennstoffe, Strom, CO₂-Abgaben)
- Betriebsgebundenen Kosten (Wartung, Schornsteinfeger, Grundgebühren)

Zusätzlich berücksichtigt:

- Förderungen gemäß Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) (Stand Januar 2025)
- Preisniveaus für Energie (Stand Januar 2025, inkl. CO₂-Preis)



Kernaussagen aus dem Kostenvergleich

1. Wärme hat ihren Preis – aber erneuerbare Wärme ist konkurrenzfähig

Bei aktuellen Energiepreisen liegen die durchschnittlichen Heizkosten je nach System zwischen ca. 3.800 und 5.000 €/jährlich. Daraus ergeben sich Vollkosten zwischen 15 und 20 ct/kWh. Besonders günstig schneiden Wärmepumpen in Kombination mit Photovoltaik und der Anschluss an ein regeneratives Nahwärmenetz ab. Heizöl und Erdgas zeigen hingegen die höchsten laufenden Kosten, vor allem aufgrund der CO₂-Bepreisung.

2. Energiekosten bleiben dauerhaft hoch

Fossile Energieträger und Holzbrennstoffe haben sich auf einem neuen Preisniveau stabilisiert, das teils deutlich über dem der Vorkriegsjahre liegt. Während Scheitholz regional starken Preisschwankungen unterliegt, profitieren strombetriebene Systeme wie Wärmepumpen mittlerweile wieder von speziellen Heizstromtarifen.

3. CO₂-Bepreisung belastet fossile Heizsysteme spürbar

Im Jahr 2025 beträgt der CO₂-Preis bereits 55 €/t CO₂, mit Mehrkosten von ca. 517 € bei Ölheizungen und 330 € bei Erdgas. Bis 2030 könnten sich diese Zusatzkosten auf das Zwei- bis Dreifache erhöhen. Regenerative Heizsysteme sind davon nicht betroffen und bieten daher langfristige Planungssicherheit.



4. Gesetzliche Vorgaben machen fossile Systeme unattraktiv

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) verpflichtet seit 2024 zur Nutzung von mindestens 65 % erneuerbarer Energien beim Heizungsaustausch. Fossile Heizungen gelten damit nicht mehr als zukunftsfähig – auch wenn Übergangsfristen gelten. Holzheizungen, Wärmepumpen und Nahwärme erfüllen diese Vorgabe problemlos.

5. Förderung macht den Umstieg wirtschaftlich attraktiv

Die BEG-Förderung ermöglicht Zuschüsse bis zu 70 %, insbesondere für Wärmepumpen, Pelletheizungen und Wärmenetzanschlüsse. Die Förderung reduziert die kapitalgebundenen Kosten deutlich. Teure Hybridsysteme profitieren aufgrund abgesenkter Förderhöchstgrenzen hingegen weniger.

6. Wärmepumpe oder Pellets – die besten Optionen im Bestand

Wärmepumpen sind besonders wirtschaftlich, wenn sie in gut gedämmten Gebäuden mit geeigneten Heizflächen eingesetzt werden oder PV-Strom genutzt wird. Pelletheizungen punkten im Altbau, da sie keine besonderen Anforderungen an die Vorlauftemperatur stellen.

7. PV und Wärmepumpe: ein starkes Team

Die Nutzung von PV-Strom zur Versorgung der Wärmepumpe senkt die Strombezugskosten erheblich. In der Kombination ergibt sich ein hoher Autarkiegrad und eine attraktive Gesamtkostenbilanz. Mit Speicherlösungen lässt sich der Eigenverbrauch weiter steigern.

8. Nahwärme – sicher, komfortabel und stabil im Preis

Ein Anschluss an ein regenerativ gespeistes Nahwärmenetz ist eine komfortable Lösung ohne Investitionsrisiken. Preisstabilität, keine Wartungskosten und der geringe Platzbedarf im Gebäude machen Nahwärme zur wirtschaftlich wie technisch interessanten Option für viele Haushalte in Vierkirchen.

Die Analyse zeigt: Regenerative Heizsysteme sind nicht nur ökologisch sinnvoll, sondern auch wirtschaftlich konkurrenzfähig, insbesondere unter Berücksichtigung der CO₂-Bepreisung, der Förderung und der Preisentwicklung am Energiemarkt. Die tatsächlichen Kosten können je nach Gebäude, Technik und Umsetzung variieren, doch die Tendenz ist klar: Wärmepumpe, Pelletheizung und Nahwärme sind die Heizsysteme der Zukunft auch in Vierkirchen.

Wer den Heizungsaustausch frühzeitig plant, sich informiert und Fördertöpfe nutzt, kann langfristig Kosten sparen – und leistet zugleich einen aktiven Beitrag zur lokalen Wärmewende.

4.4. Nicht-lokale Ressourcen in der Wärmeplanung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde auch geprüft, inwieweit nicht-lokale Ressourcen einen Beitrag zur zukünftigen Wärmeversorgung leisten können. Dazu zählen



insbesondere Strom aus dem überregionalen Netz für strombasierte Heiztechnologien (z. B. Wärmepumpen), sowie überregional bezogene Biomasse.

Diese Ressourcen können kurzfristig oder ergänzend zur lokalen Wärmebereitstellung eingesetzt werden, bieten jedoch auch Herausforderungen hinsichtlich Umweltwirkungen, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Beispielsweise ist Strom aus dem allgemeinen Netz derzeit noch nicht vollständig klimaneutral. Auch importierte Biomasse kann durch Transportemissionen und Preisschwankungen ökologische und ökonomische Nachteile mit sich bringen.

Im Zielszenario 2045 sollen rund 7,9 GWh Wärme im Wärmenetz aus Biogas bereitgestellt werden. Derzeit liegt die tatsächliche Wärmeerzeugung der Biogasanlage für das Wärmenetz bei rund 2,4 GWh pro Jahr. Der Biomasseeinsatz in dezentralen Heizsystemen beträgt aktuell etwa 6,6 GWh. Das in Kapitel 3.1.6 ermittelte Potenzial aus Kurzumtriebsplantagen, Flur- und Siedlungsholz sowie Waldderholz von insgesamt rund 2,7 GWh liegt bereits unter dem derzeitigen Biomasseverbrauch und kann daher nicht vollständig aus lokalen Ressourcen gedeckt werden, sodass eine überregionale Beschaffung erforderlich ist.

Demgegenüber weist das in Kapitel 3.1.6 dargestellte Biogaspotenzial aus regionalen Betrieben mit rund 17 GWh ein deutlich höheres Ausbaupotenzial auf. Dieses bietet die Möglichkeit, den zukünftigen Biogasbedarf der Wärmenetze auch bei einem Maximalausbau langfristig regional und nachhaltig zu decken.

Die kommunale Wärmeplanung in Vierkirchen fokussiert sich vorrangig auf lokal verfügbare erneuerbare Energien sowie auf dezentral installierte Wärmepumpen mit perspektivischem Bezug von erneuerbarem Strom. In Bezug auf Biomasse muss in der Gemeinde jedoch teilweise auf überregionalen Import gesetzt werden, da das Potenzial in diesem Bereich zu gering ist.

4.5. Hinweise des Gasnetzbetreibers zum geplanten Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG)

Im Rahmen der Akteursbeteiligung hat der zuständige Gasnetzbetreiber auf die derzeit geplanten gesetzlichen Änderungen im Bereich der Gebäudeenergieversorgung hingewiesen. Nach Angaben des Netzbetreibers soll das geplante Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) perspektivisch das bisherige Gebäudeenergiegesetz (GEG) ablösen. Das Inkrafttreten des Gesetzes ist nach aktuellem Stand zum 01.07.2026 vorgesehen.

Der Netzbetreiber verweist insbesondere darauf, dass für bestehende Gasheizungen weiterhin ein Bestandsschutz vorgesehen sei. Vor dem 01.01.2024 installierte Gaskessel könnten demnach weiterhin betrieben werden, bis ein Austausch der Heizungsanlage erforderlich wird.

Darüber hinaus sieht der aktuelle Gesetzesentwurf laut Stellungnahme eine Abkehr von der bisherigen „65-Prozent-Regel“ vor. Stattdessen soll künftig eine sogenannte „Biomethan-Treppe“ gelten. Diese sieht vor, dass bei neu installierten gasbasierten



Heizsystemen schrittweise steigende Anteile erneuerbarer Gase im gelieferten Brennstoff enthalten sein müssen. Genannt werden Mindestanteile von 10 % Biomethan ab 2029, 15 % ab 2030, 30 % ab 2035 sowie 60 % ab 2040.

Zusätzlich weist der Netzbetreiber darauf hin, dass künftig wieder verstärkt hybride Versorgungslösungen möglich sein sollen, beispielsweise Kombinationen aus Gasheizung und Solarthermie oder Gasheizung und Wärmepumpe. Zudem ist laut Stellungnahme ab 2028 die Einführung einer Grüngasquote vorgesehen, um die Verfügbarkeit erneuerbarer Gase im Gasnetz zu erhöhen.

Die genannten Hinweise wurden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zur Kenntnis genommen. Da sich das Gebäudemodernisierungsgesetz zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans jedoch noch im Gesetzgebungsverfahren befindet, können sich Inhalte und regulatorische Rahmenbedingungen bis zum Inkrafttreten weiterhin ändern.



5. Maßnahmen und Wärmewendestrategie

5.1. Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie der Gemeinde Vierkirchen beschreibt den Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis spätestens 2045. Sie baut auf den Ergebnissen der Bestands-, Potenzial- und Eignungsanalyse auf und konkretisiert, mit welchen Schritten und Prioritäten der Übergang von fossilen zu erneuerbaren Wärmeerzeugungssystemen erreicht werden kann. Sie wird in drei unterschiedliche Phasen unterteilt:

Phasen der Umsetzung

- **Kurzfristig (bis 2030):**
Fokus auf die Machbarkeitsprüfung und frühzeitige Planung von Wärmenetzen in Eignungsgebieten. Parallel erfolgt die Förderung dezentraler, erneuerbarer Heizsysteme und die gezielte energetische Sanierung kommunaler Gebäude. Verwaltung und Politik schaffen die organisatorischen und personellen Voraussetzungen für eine kontinuierliche Umsetzungsbegleitung.
- **Mittelfristig (2030-2040):**
Schrittweiser Ausbau priorisierter Wärmenetzgebiete, Integration erneuerbarer Quellen wie Solarthermie, Biomasse oder Abwasserwärme. Weitere Dekarbonisierung des Gebäudebestands durch Sanierungsförderung und Beratung.
- **Langfristig (2040-2045):**
Vollständige Umstellung aller verbleibenden fossilen Heizsysteme, Fertigstellung des strategischen Netzausbaus, Integration von Wärmespeichern sowie mögliche Ergänzung durch grüne Gase oder Wasserstoff bei Bedarf.

Begleitende Maßnahmen

Die Wärmewendestrategie sieht außerdem vor:

- Aufbau eines kommunalen Energiemanagements und kontinuierliche Fortschreibung des Wärmeplans,
- Intensivierung der Energieberatung für private Haushalte,
- Nutzung von Synergien mit anderen Infrastrukturprojekten (z. B. Straßensanierung, Glasfaser),
- Einbindung regionaler Akteure und Handwerksbetriebe zur Stärkung der lokalen Wertschöpfung,
- Aktive Kommunikation mit (potenziellen) Investoren für Wärmenetze,
- Bildung von Wärmegenossenschaften als Zusammenschluss mehrerer Eigentümer für eine gemeinsame Wärmeversorgung.



Zielbild

Die Wärmewende in Vierkirchen ist mehr als ein technischer Transformationsprozess: Sie ist ein wirtschaftliches, soziales und ökologisches Gemeinschaftsprojekt. Ihre Umsetzung schafft langfristige Versorgungssicherheit, reduziert Abhängigkeiten von fossilen Energieträgern und leistet einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz und zur regionalen Wertschöpfung.

5.2. Maßnahmen zur Umsetzung der Wärmewende

Um eine erfolgreiche Wärmewende in Vierkirchen durchsetzen zu können, wurden die im Folgenden aufgelisteten Maßnahmen erarbeitet. Sie basieren auf den lokalen Gegebenheiten und Möglichkeiten der Gemeinde und können in die Handlungsfelder **Information, Energieeinsparung und -effizienz, Energieerzeugung und -verteilung**, sowie **Stromerzeugung** eingeteilt werden. Die Maßnahmen und ihre Handlungsfelder können der Übersicht in Tab. 12 entnommen werden und sind anschließend in Steckbriefen ausgearbeitet.

Tab. 12: Übersicht über die Handlungsfelder und zugehörigen Maßnahmen

1.	Information
	Bewerbung der Energieberatungsangebote für Wohngebäude
	Jährliche Fortschrittsprüfung
	Informationsabend PV, Speicher und Heizung für Gewerbebetriebe
2.	Energieeinsparung und -effizienz
	Prämierung vorbildlicher Projekte
	Heizungsoptimierung/hydraulischer Abgleich
	Strategie Klimaneutralität Kommunale Liegenschaften
3.	Energieerzeugung und -verteilung
	Heizungstausch in Richtung dezentraler erneuerbarer Energien
	Wärmenetz-Erweiterung 1 Pasenbach
	Wärmenetz-Erweiterung/Neubau 2 Prüfgebiet
4.	Stromerzeugung
	Initiative Photovoltaik



Maßnahme 1 – Bewerbung der Energieberatungsangebote für Wohngebäude	
Information	
Ziel der Maßnahme	Beratung von Gebäudeeigentümern, um Reduktion des Energieverbrauchs von Wohngebäuden durch erhöhte Sanierungsquoten und den Umstieg auf erneuerbare Energien zu erreichen.
Beschreibung der Maßnahme	Im Bereich gibt es vielfältige Beratungsangebote, die der Bevölkerung oft nicht hinreichend bekannt sind. Die Gemeinde bewirbt die bestehenden Beratungsangebote und ergänzt sie durch Informationsveranstaltungen.
Zeitliche Einordnung	kurzfristig
Dauer der Maßnahme	dauerhafte Informationsangebote bis zum Zieljahr
Verantwortung / Akteure	Kommune, Energieberatung Landkreis Dachau, C.A.R.M.E.N. e.V., Verbraucherzentrale Bayern, örtliche Fachhandwerker
Zielgruppe	Gebäudeeigentümer
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Keine Förderung bekannt
Herausforderungen	Erreichbarkeit der Zielgruppe
Erfolgsindikator	Anzahl Beratungstermine
Energie- und Klimawirkung	Indirekt; Beratung fördert energetische Sanierungen und senkt langfristig Emissionen
Nützliche Links:	<ul style="list-style-type: none">• C.A.R.M.E.N. e.V. - Serviceangebot• Verbraucherzentrale Bayern Verbraucherzentrale Bayern - Vorträge



Maßnahme 2 – Jährliche Fortschrittsprüfung	
Information	
Ziel der Maßnahme	
Ziel der Maßnahme ist die kontinuierliche Überprüfung des Fortschritts der kommunalen Wärmeplanung auf Basis jährlich erhobener Wärmedaten. Hierzu werden Energieträger, Wärmebedarfe und relevante Versorgungsdaten jährlich abgefragt.	
Beschreibung der Maßnahme	
Die jährliche Datenerhebung dient dazu, Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, Abweichungen von den Zielpfaden festzustellen und bei der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung im Fünfjahresrhythmus nicht erneut bei null beginnen zu müssen.	
Zeitliche Einordnung	langfristig
Dauer der Maßnahme	Jährlich (dauerhafte Maßnahme)
Verantwortung / Akteure	Kommune und externe Dienstleister (z. B. Ingenieurbüros)
Zielgruppe	Kommune
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Kosten für Dienstleister
Herausforderungen	Zugänglichkeit, Qualität und Kontinuität der erforderlichen Daten
Erfolgsindikator	Regelmäßiges Monitoring relevanter Kennzahlen (Tracking)
Energie- und Klimawirkung	Indirekt Ermöglicht eine gezielte Nachsteuerung von Maßnahmen mit CO ₂ -Minderungswirkung

**Maßnahme 3 – Informationsabend PV, Speicher und Heizung für Gewerbebetriebe****Information****Ziel der Maßnahme**

Ziel der Maßnahme ist die **gezielte Information von Gewerbebetrieben** zu technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der **Eigenversorgung und Dekarbonisierung der Wärme- und Stromversorgung**.

Beschreibung der Maßnahme

Der Informationsabend soll praxisnah aufzeigen, **welche Lösungen für unterschiedliche Gewerbestrukturen sinnvoll sind** und welche Rolle Gewerbebetriebe im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung einnehmen können.

Zeitliche Einordnung

kurzfristig

Dauer der Maßnahme

Einmalig mit optionaler Wiederholung

Verantwortung / Akteure

Kommune, Gewerbe und externe Dienstleister (z. B. Ingenieurbüros)

Zielgruppe

Gewerbe

Finanzierung und Fördermöglichkeiten

Kosten gering für Kommune

Herausforderungen

Einbindung in bestehende Informationsformate sowie Erreichbarkeit der Zielgruppe

Erfolgsindikator

Durchgeführte Infoveranstaltungen und Teilnehmerzahl

Energie- und KlimawirkungIndirekt unterstützt Investitionsentscheidungen in erneuerbare Energien und effiziente Heizsysteme und trägt damit mittelbar zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei



Maßnahme 4 – Prämierung vorbildlicher Projekte	
Energieeinsparung und -effizienz	
Ziel der Maßnahme	
Die Auszeichnung erfolgreicher Projekte im Bereich energetischer Sanierung und nachhaltiger Heizsysteme würdigt das Engagement von Bewohnern und Gebäudeeigentümern und kann gleichzeitig als Anreiz für weitere Nachahmer wirken.	
Beschreibung der Maßnahme	
Jährlich wird ein Wettbewerb ausgelobt und die besten neuen Projekte in Vierkirchen ausgezeichnet.	
Zeitliche Einordnung	mittelfristig
Dauer der Maßnahme	Laufzeit vorerst 4 Jahre, Verstetigung bei anhaltendem Interesse
Verantwortung / Akteure	Kommune, Bewohner, Sponsoren (z.B. Unternehmen, Banken)
Zielgruppe	Einwohner und Gebäudeeigentümer
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Kosten für Prämien
Herausforderungen	Finden von Investoren, Interesse an Teilnahme
Erfolgsindikator	Anzahl der prämierten Projekte
Energie- und Klimawirkung	Nicht quantifizierbar, da informative Maßnahme Ggf. CO ₂ -Minderung durch Motivation zu Sanierung und erneuerbarem Heizen



Maßnahme 5 – Heizungsoptimierung/hydraulischer Abgleich	
Energieeinsparung und -effizienz	
Ziel der Maßnahme	
Optimale Einstellung der vorhandenen Heizungen, um den Energiebedarf zu reduzieren.	
Beschreibung der Maßnahme	
Gebäudeeigentümer erhalten Informationen bei Veranstaltungen oder online zu Anbietern, die einen hydraulischen Abgleich der Heizungen durchführen können. Die Heizanlagen werden nicht ausgebaut, sondern geprüft, um die Heizungseinstellung möglichst energetisch effizient zu setzen.	
Zeitliche Einordnung	mittelfristig
Dauer der Maßnahme	Kann dauerhaft weitergeführt werden, bis zum Zieljahr
Verantwortung / Akteure	Kommune, Heizungsunternehmen der Region, Gebäudeeigentümer
Zielgruppe	Gebäudeeigentümer
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Kosten für Heizungsbauer, Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) <ul style="list-style-type: none">• 15 Prozent der Kosten für hydraulischen Abgleich gefördert• bei Vorliegen eines iSFP weitere 5 Prozent)
Herausforderungen	Interesse der Bürger wecken
Erfolgsindikator	Anzahl der optimierten Heizungen
Energie- und Klimawirkung	Hoch Direkte Senkung des Energieverbrauchs und CO ₂ -Ausstoßes durch effizienteren Heizbetrieb



Maßnahme 6 – Strategie Klimaneutralität Kommunale Liegenschaften	
Energieeinsparung und -effizienz	
Ziel der Maßnahme	
Entwicklung einer Strategie zur Reduktion des Energieverbrauchs und vollständigen Umstellung auf erneuerbare Energien für kommunale Liegenschaften.	
Beschreibung der Maßnahme	
Analyse des energetischen Ist-Zustands aller kommunalen Gebäude und Identifikation von Sanierungspotenzialen (z. B. Wärmedämmung, Fensteraustausch, Dachsanierung). Umsetzung von Steuerungs- und Regelungstechnik zur Effizienzsteigerung.	
Zeitliche Einordnung	langfristig
Dauer der Maßnahme	Sukzessive Sanierung bis Zieljahr, je nach verfügbaren Mitteln
Verantwortung / Akteure	Kommune, Bauamt, Fachplaner für Gebäudetechnik
Zielgruppe	Kommune
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Kosten abhängig von Art der Sanierung Keine Förderungen bekannt
Herausforderungen	Finanzierung
Erfolgsindikator	Anzahl/Art der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen
Energie- und Klimawirkung	Hoch Direkte Reduktion des Energieverbrauchs und der Emissionen im kommunalen Gebäudebestand



Maßnahme 7 – Heizungstausch in Richtung dezentraler erneuerbarer Heizungen	
Energieeinsparung und -effizienz	
Ziel der Maßnahme	
Austausch fossiler Heizungen gegen Heizungen mit erneuerbaren Energien (z.B. Wärmepumpe).	
Beschreibung der Maßnahme	
Infoveranstaltungen zum Thema Heizen mit erneuerbaren Heizungen statt Öl- und Gasheizungen. Insbesondere technische Varianten und das neue Gebäudeenergiegesetz (GEG) sollte im Rahmen von Aktionen im Vordergrund stehen und den Gebäudeeigentümern mögliche Optionen und Förderungen aufzeigen. Eine Kombination mit einer befristeten „Abwrackprämie für Heizöltanks“ wäre möglich, sofern sich ein Prämienfinanzier findet.	
Zeitliche Einordnung	mittelfristig
Dauer der Maßnahme	Bis alle dezentralen fossilen Heizungen ausgetauscht sind
Verantwortung / Akteure	Kommune, Energieberater, Fachhandwerker
Zielgruppe	Gebäudeeigentümer
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Personal für Infoveranstaltungen, Finanzierung der Abwrackprämie, Förderung Heizungstausch: <ul style="list-style-type: none">• Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)
Herausforderungen	Finanzierung der Abwrackprämie, evtl. Mangel an Fachpersonal
Erfolgsindikator	Anzahl der ausgetauschten Heizungen
Energie- und Klimawirkung	Hoch Direkte Reduktion fossiler Energieträger im Gebäudebestand, Beitrag zur Klimaneutralität



Maßnahme 8 – Zentrales erneuerbares Heizsystem – Erweiterung 1: Pasenbach	
Energieeinsparung und -effizienz	
Ziel der Maßnahme	
Ausbau des vorhandenen Wärmenetzes in Pasenbach.	
Beschreibung der Maßnahme	
Anschluss weitere Gewerbe- und Wohngebäude an das bestehende Wärmenetz in Pasenbach.	
Zeitliche Einordnung	mittelfristig
Dauer der Maßnahme	Ausbau des Wärmenetz
Verantwortung / Akteure	Grossmann-Neuhäusler Energie GmbH, Kommune
Zielgruppe	Bewohner und Großverbraucher im Wärmenetzgebiet
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) <ul style="list-style-type: none">• Modul I Transformationsplan: bis zu 50 % der förderfähigen Kosten• Modul II Realisierung: bis zu 40 % der förderfähigen Kosten• Modul IV Betriebskostenförderung: für Wärmepumpen abhängig von Wirtschaftlichkeitslücke BioWärme Bayern (für Biomasseheizwerk)
Herausforderungen	Anschlussinteresse der Verbraucher
Erfolgsindikator	Anzahl der Anschlüsse
Energie- und Klimawirkung	Hoch Wärmebedarf im Eignungsgebiet: <ul style="list-style-type: none">• Aktuell: 10,6 GWh• Im Zieljahr 2045 unter Annahme von Energieträgerwechseln: 8,46 GWh



Maßnahme 9 – Zentrales erneuerbares Heizsystem – Wärmenetz-Erweiterung/Neubau 2 (Prüfgebiet) – Machbarkeitsstudie	
Energieeinsparung und -effizienz	
Ziel der Maßnahme	
Prüfung einer Erweiterung/Neubau des vorhandenen Wärmenetzes in Vierkirchen nach Nordosten, ggf. einhergehender Ausbau des Heizwerkes.	
Beschreibung der Maßnahme	
Mögliche Erweiterung des geplanten Wärmenetzes in Pasenbach nach Nordosten.	
Zeitliche Einordnung	kurzfristig
Dauer der Maßnahme	Min. ein Jahr für Machbarkeitsstudie und Planung
Verantwortung / Akteure	Grossmann-Neuhäusler Energie GmbH, Kommune
Zielgruppe	Bewohner und Großverbraucher im Prüfgebiet
Finanzierung und Fördermöglichkeiten	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) <ul style="list-style-type: none">• Modul I Transformationsplan: bis zu 50 % der förderfähigen Kosten• Modul II Realisierung: bis zu 40 % der förderfähigen Kosten• Modul IV Betriebskostenförderung: für Wärmepumpen abhängig von Wirtschaftlichkeitslücke BioWärme Bayern (für Biomasseheizwerk)
Herausforderungen	Anschlussinteresse der Großverbraucher
Erfolgsindikator	Beauftragung und Durchführung Machbarkeitsstudie
Energie- und Klimawirkung	Mittel <i>Prüfung</i> der klimafreundlichen Wärmeversorgung durch erneuerbare Energie, noch keine Umsetzung

**Maßnahme 10 – Initiative Photovoltaik****Strom****Ziel der Maßnahme**

Erhöhung des Zubaus von PV-Anlagen in Kommune.

Beschreibung der Maßnahme

Veranstaltung von Infoabenden zu Aufdach-PV-Anlagen, Steckersolar und Speichern für Bürger

Zeitliche Einordnung

mittelfristig

Dauer der Maßnahme

Dauerhaft nach Bedarf und Interesse

Verantwortung / Akteure

Kommune, Energieversorger, ggf. Bürgerenergiegenossenschaften und Solarteure

Zielgruppe

Gebäudeeigentümer

Finanzierung und Fördermöglichkeiten

Finanzierung Infoabende

Herausforderungen

Interesse und Investitionswille der Bürger

Erfolgsindikator

Anzahl der neu installierten PV-Anlagen

Energie- und KlimawirkungHoch
Emissionsfreier Strom, CO₂-Einsparung,
lokale Energiewende



6. Verstetigungsstrategie inklusive Organisationsstrukturen

Die Wärmeplanung ist keine einmalige Maßnahme, sondern muss als kontinuierlicher, lernender Prozess verstanden und betrieben werden. Die im vorherigen Kapitel erläuterten Maßnahmen unterstützen die Erreichung der emissionsbezogenen Ziele der kommunalen Wärmeplanung. Ihre Umsetzung ist jedoch nicht allein von lokalen Faktoren abhängig; sie wird maßgeblich durch externe Akteure und übergeordnete Rahmenbedingungen beeinflusst. Hierzu gehören unter anderem gesetzliche Vorgaben auf Bundes- und Landesebene, Fördermöglichkeiten sowie (geo-)politische Trends. Um auf diese Dynamiken angemessen reagieren zu können, den Fortschritt bei der Zielerreichung langfristig zu überwachen und zusätzlichen Handlungsbedarf einschätzen zu können, ist eine regelmäßige Lagebewertung unerlässlich. Die Verstetigungsstrategie verfolgt das Ziel, die kommunale Wärmeplanung langfristig organisatorisch und prozessual in der Verwaltung zu verankern, kontinuierlich zu evaluieren und flexibel an sich wandelnde Rahmenbedingungen anzupassen.

Organisationsstruktur und Zuständigkeiten

Für die dauerhafte Verankerung der kommunalen Wärmeplanung in Vierkirchen wird eine organisatorische Struktur etabliert, die sowohl strategische Steuerung als auch operative Umsetzung gewährleistet.

Um die wachsenden Aufgaben der Wärmeplanung dauerhaft und effizient abzubilden, müssen unter anderem folgende Aufgaben in regelmäßigen Abständen bewältigt werden:

- die Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans und der zugehörigen Indikatoren gemäß § 25 Wärmeplanungsgesetz,
- die Umsetzung, Kommunikation und das Monitoring der Maßnahmen,
- die Koordination von Akteuren aus Verwaltung, Stadtwerken und externer Fachöffentlichkeit,
- die Verzahnung mit kommunalen Planungsinstrumenten (z. B. INSEK, Bebauungspläne),
- die zeitliche Abstimmung mit Straßenbaumaßnahmen und Genehmigungsprozessen,
- sowie die Beantragung und Verwaltung von Fördermitteln.

Die Schaffung einer neuen Personalstelle zur Bearbeitung dieser Aufgaben ist in Vierkirchen aufgrund der geringen Einwohnerzahl nicht zwingend notwendig. Eine klare Koordination und Aufteilung der Aufgaben innerhalb vorhandener Personalstellen sollten jedoch erfolgen, um das fortlaufende Monitoring der Wärmeplanung und die Erreichung der Ziele zu gewährleisten.



Für die strategische Rückkopplung und politische Verankerung sind geeignete Gremienstrukturen erforderlich. Der Gemeinderat beschließt die Wärmeplanung formell gemäß den Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes. Relevante Ausschüsse sollen mindestens einmal jährlich gemeinsam zur Umsetzung der Wärmeplanung tagen. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass politische Entscheidungen systematisch auf ihre Auswirkungen auf die Wärmeplanung geprüft werden.

6.1. Controlling-Konzept

Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet die Kommunen gemäß § 25 zur regelmäßigen Überprüfung und Fortschreibung des Wärmeplans im Fünfjahresrhythmus. Das Controlling umfasst insbesondere die Beobachtung des Umsetzungsfortschritts der entwickelten Strategien und Maßnahmen sowie den Fortschritt bei der Erreichung des Zielszenarios nach § 17, gemessen an den Indikatoren gemäß Anlage 2, Abschnitt III.

Die gesetzlich vorgesehenen Indikatoren umfassen:

1. Jährlicher Endenergieverbrauch der gesamten Wärmeversorgung (in kWh/Jahr), differenziert nach Endenergiesektoren und eingesetzten Energieträgern
2. Jährliche Treibhausgasemissionen (in t CO₂-Äquivalent) gemäß § 2 Nr. 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes für die gesamte Wärmeversorgung im Planungsgebiet
3. Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung (in kWh/Jahr), differenziert nach Energieträgern, sowie deren prozentualer Anteil
4. Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergieverbrauch (in %)
5. Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz sowie deren Anteil an allen Gebäuden im beplanten Gebiet (in %)
6. Endenergieverbrauch aus Gasnetzen (in kWh/Jahr), differenziert nach Energieträgern, sowie deren Anteil am Gesamtverbrauch gasförmiger Energieträger
7. Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz sowie deren Anteil an der Gesamtgebäudemenge (in %)

Ziel der Indikatorensystematik ist es, die Entwicklung hin zu einer weitgehend auf erneuerbaren Energien oder der Nutzung unvermeidbarer Abwärme basierenden Wärmeversorgung messbar und steuerbar zu gestalten. Die Indikatoren sind, sofern nicht anders geregelt, für das gesamte beplante Gebiet und für die Zieljahre 2030, 2035, 2040 und 2045 anzugeben.

Ergänzend zum top-down Ansatz über gesetzliche Regelungen sollte ein bottom-up Controlling, also die aktive Rückmeldung aus der Umsetzungspraxis, erfolgen.

Ein zentrales Element bildet dabei die Einbindung der Bürgerinnen und Bürger: Über Haushaltsbefragungen und Beteiligungsformate wird regelmäßig erhoben, wie Maßnahmen zur Wärmewende angenommen werden, wie hoch die Beteiligungsquote an Förderprogrammen ist und wie zufrieden Haushalte mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen sind. Diese qualitativen und quantitativen Rückmeldungen



dienen als indikatoren-gestützte Grundlage für die Evaluation der Maßnahmen und helfen, lokale Bedürfnisse und Hemmnisse frühzeitig zu erkennen.

Parallel werden technisch-administrative Daten, wie z. B. Anschlussquoten an Wärmenetze, Sanierungsstände oder Energieverbräuche, durch kommunale Stellen oder Netzbetreiber erfasst. Die erhobenen Daten sollten regelmäßig in den digitalen Zwilling implementiert werden, der alle relevanten Informationen – etwa zu CO₂-Emissionen, Energieverbräuchen und Fortschritten bei der Gebäudesanierung – strukturiert erfasst und auswertet.

Durch diese dezentral gestützte Datenbasis entsteht ein realitätsnahes, anpassungsfähiges Monitoring, das sowohl die Wirksamkeit bestehender Maßnahmen überprüft als auch Handlungsbedarfe aufzeigt und so die Zielerreichung der Wärmeplanung langfristig unterstützt.

Ein schlankes, auf das Machbare fokussiertes Controllingkonzept stärkt die Wirkungsorientierung der Wärmeplanung auch in kleineren Gemeinden. Es schafft Transparenz, erhöht die Umsetzungschancen und bereitet die gesetzlich geforderte Fortschreibung strukturiert vor.

6.2. Kommunikationsstrategie

Die Kommunikation im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung in Vierkirchen verfolgt das Ziel, alle relevanten Zielgruppen aktiv in den Prozess einzubinden, über Inhalte und Ziele der Wärmeplanung zu informieren, zur Beteiligung zu motivieren und die Umsetzung konkreter Maßnahmen zu unterstützen. Im Mittelpunkt stehen die langfristige Akzeptanz der Planungsinhalte sowie die Befähigung der Bevölkerung zur eigenständigen Umsetzung von Maßnahmen. Die Strategie basiert auf den Grundprinzipien **Transparenz**, **Verständlichkeit**, **Teilhabe** und **Verstetigung**.

Ziel der Kommunikation ist es insbesondere, **Verständnis für den lokalen Handlungsbedarf und die möglichen Lösungswege** zu schaffen, die **gesellschaftliche Diskussion über die Wärmewende auf kommunaler Ebene** zu fördern und **konkrete Umsetzungsschritte aktiv zu unterstützen**. Dazu zählen Maßnahmen wie die Nutzung von Beratungs- und Förderangeboten oder BEW (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze) geförderte Machbarkeitsstudien (siehe Maßnahmen Kapitel).

Im Zentrum stehen folgende Leitgedanken:

- **Transparenz** über Ausgangslage, Zielsetzungen, Optionen und Entscheidungsprozesse der Wärmeplanung schaffen.
- **Verständnis** für komplexe Themen wie Wärmenetze, Sanierungen, erneuerbare Energieträger oder Förderinstrumente fördern.
- **Akzeptanz** durch sachliche Information, offene Kommunikation, Einbindung lokaler Akteure und Darstellung von Best-Practice-Beispielen erhöhen.
- **Eigeninitiative** zur Umsetzung konkreter Maßnahmen anregen – insbesondere bei Gebäudeeigentümern und Unternehmen.



Die Kommunikationsstrategie orientiert sich zudem an drei zentralen **Kernbotschaften**, die in allen Formaten konsequent vermittelt werden:

1. **Ökonomische Vorteile aufzeigen:** Energieeffizienz und moderne Heiztechnik ermöglichen spürbare Einsparungen bei den Energiekosten und steigern den Gebäudewert.
2. **Lokale Wertschöpfung betonen:** Regionale Energieträger, Investitionen in Sanierung und der Ausbau von Wärmenetzen schaffen Arbeitsplätze und stärken das lokale Handwerk.
3. **Klimaschutz mit Zukunftsperspektive vermitteln:** Eine nachhaltige Wärmeversorgung leistet einen konkreten Beitrag zum Klimaschutz und ist eine Investition in die Lebensqualität kommender Generationen.

Die Kommunikation richtet sich differenziert an verschiedene Zielgruppen: Eigentümer und Mieter von Wohngebäuden, Gewerbetreibende mit relevantem Wärmebedarf, Unternehmen, öffentliche Einrichtungen wie Schulen, Kitas und Verwaltungsgebäude, lokale Energieversorger sowie Akteure aus Handwerk, Beratung, Umweltgruppen und Vereinen. Jede Zielgruppe hat eigene Informationsbedarfe, die über angepasste Formate adressiert werden.

Die **Energieberatung** spielt eine Schlüsselrolle zwischen Planung und praktischer Umsetzung. Sie wird in der kommunalen Kommunikation intensiv beworben, mit dem Ziel, möglichst viele Eigentümer für eine qualifizierte Vor-Ort-Beratung zu gewinnen. Die Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplans soll als niedrighschwelliger Einstieg in die Gebäudesanierung positioniert werden. Die Kooperation mit Partnern wie der Verbraucherzentrale Bayern oder dem örtlichen Handwerk stärkt die Glaubwürdigkeit und Reichweite der Beratung.

Die Kommunikationsmaßnahmen sind **phasenorientiert aufgebaut**:

- In der **Vorbereitungsphase** liegt der Schwerpunkt auf Bekanntmachung und Sensibilisierung.
- In der **Planungsphase** stehen Information, Beteiligung und Aktivierung im Fokus.
- In der **Umsetzungsphase** werden gezielt Eigeninitiative, Beratung und konkrete Umsetzungsschritte unterstützt.
- In der **Verstetigungsphase** wird die Kommunikation genutzt, um Fortschritte sichtbar zu machen, Netzwerke zu stärken und langfristige Akzeptanz zu sichern.

Ein jährliches **Kommunikationsmonitoring** erfasst die Wirksamkeit der Maßnahmen, zum Beispiel anhand von Teilnehmerzahlen, durchgeführten Energieberatungen oder Rückmeldungen aus Veranstaltungen. Die Ergebnisse fließen kontinuierlich in die Weiterentwicklung der Kommunikationsstrategie ein. So wird sichergestellt, dass die Kommunikation nicht nur projektbegleitend, sondern als integraler Bestandteil der Umsetzung verstanden wird – mit dem Ziel, die Wärmewende in Vierkirchen gemeinsam mit der Bevölkerung aktiv zu gestalten.



7. Akteursbeteiligung und Öffentlichkeit

Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit sind zentrale Bestandteile einer erfolgreichen kommunalen Wärmeplanung. Sie gewährleisten, dass relevante Akteure frühzeitig in den Planungsprozess eingebunden werden, ihre Perspektiven und ihr Fachwissen einbringen können und die Öffentlichkeit transparent über Ziele, Maßnahmen und Entscheidungsgrundlagen informiert wird. Eine breite Beteiligung trägt wesentlich dazu bei, die Akzeptanz der Wärmeplanung zu erhöhen und ermöglicht es, potenzielle Zielkonflikte frühzeitig zu erkennen und konstruktiv zu bearbeiten.

Auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Vierkirchen wurde daher großer Wert auf eine konsensorientierte Zusammenarbeit mit den relevanten Akteursgruppen gelegt – insbesondere mit Energieversorger, der Gemeindeverwaltung sowie der Bürgerschaft. Durch gezielte Beteiligungsformate und transparente Kommunikationsmaßnahmen wurde sichergestellt, dass der Planungsprozess nachvollziehbar bleibt.

Akteursbeteiligung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Vierkirchen wurden relevante Akteure frühzeitig und fortlaufend in den Planungsprozess eingebunden. Den Betreibern der Biogasanlagen wurde die Möglichkeit zur Beteiligung in Form einer strukturierten Befragung gegeben. Mit dem Wärmenetzbetreiber im Gewerbegebiet Pasenbach fand ein mehrfacher fachlicher Austausch per Telefon und E-Mail statt, um technische und strategische Fragestellungen abzustimmen. Weitere Energieversorger wurden ebenfalls in die Datenerhebung und Abstimmung einbezogen. Die Gemeindeverwaltung war durch regelmäßige Jour-fixe-Termine kontinuierlich in den gesamten Planungsprozess integriert. Zudem wurden die Hinweise des Gasnetzbetreibers zum Elektrolyseur-Projekt „H2Ried“, zu den Wasserstoff-Ausbauzielen des vorgelagerten Netzbetreibers bayernets, zum Pilotprojekt „H2direkt“ sowie zum geplanten Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) zur Kenntnis genommen und im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt.

Bürgerbeteiligung

Am 11.02.2026 wurde die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Vierkirchen im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung vor Ort vorgestellt. Anwesend waren Herr Harald Dirlenbach (1. Bürgermeister), Frau Katrin Dietmayr (Bauamt), rund 40 Bürgerinnen und Bürger sowie jeweils zwei Vertreter der Energie-Spezialisten GmbH und der Frequentum GmbH. Nach der Begrüßung durch den Bürgermeister präsentierte die Frequentum GmbH in einem rund 30-minütigen Vortrag die zentralen Inhalte und Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung. Dabei wurden insbesondere die Ausgangssituation der Wärmeversorgung, die ermittelten Potenziale sowie mögliche Entwicklungspfade hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung erläutert.

Im Anschluss an die Präsentation wurde eine kurze interaktive Bürgerbefragung über das Tool PINGO durchgeführt, um ein Stimmungsbild sowie erste Rückmeldungen aus der Bürgerschaft einzuholen. Die Ergebnisse wurden direkt ausgewertet und transparent im



Plenum dargestellt. Darauf aufbauend stellte die Energie-Spezialisten GmbH ergänzende fachliche Einschätzungen zu Förderungen sowie konkrete Beratungsangebote vor.

In der anschließenden Fragerunde nutzten zahlreiche Teilnehmende die Gelegenheit, Fragen zu stellen und Anmerkungen zu den vorgestellten Inhalten einzubringen. Die Diskussion verdeutlichte das hohe Interesse an den zukünftigen Entwicklungen der Wärmeversorgung in Vierkirchen sowie an konkreten Umsetzungsoptionen. Abschließend moderierte der Bürgermeister den Ausklang der Veranstaltung, dankte allen Beteiligten für ihr Engagement und verabschiedete die Teilnehmenden. Insgesamt leistete die Veranstaltung einen wichtigen Beitrag zur transparenten Information der Öffentlichkeit und förderte den konstruktiven Dialog zwischen Gemeinde, Fachplanern und Bürgerschaft.



Abb. 32: Bürgerbeteiligung in Vierkirchen



Literaturverzeichnis

AG, Prognos, ifeu, und IER. „Technikkatalog Wärmeplanung.“ 2024.

Bayerisches Landesamt für Statistik. *Pressemitteilung - Jede fünfte Person in Bayern lebt allein.* 19. Mai 2025.

<https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2025/pm125/index.html#:~:text=Wie%20das%20Bayerische%20Landesamt%20f%C3%BCr,Personen%20in%20einem%20Haushalt%20zusammen.> (Zugriff am 28. Mai 2025).

Bayerisches Landesamt für Umwelt. *Energieatlas Bayern.* 2025.

<https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?c=719380,5340378&z=13&r=0&l=atkis,10a6776f-da70-4c61-93d7-9733570f781c,173728cd-1448-49aa-8f5f-af4245e0cb48,local-verwaltungsgrenzen-gemeinde,f0f2f93c-ab15-4ca4-b447-17d947b5ff56,a701a9ef-5af4-453e-8669-fd9> (Zugriff am 4. Mai 2025).

Umwelt Atlas. 2025.

<https://www.umweltatlas.bayern.de/mapapps/resources/apps/umweltatlas/index.html?lang=de> (Zugriff am 5. Mai 2025).

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie. *Energie Atlas Bayern - Arten der Nutzung.* 2025.

https://www.energieatlas.bayern.de/thema_geothermie/oberflaeche/nutzung (Zugriff am 5. Mai 2025).

Energie-Atlas Bayern. 2025.

https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/windenergie_wissen/betrieb-technik-bau (Zugriff am 28. Mai 2025).

BMW. „Leitfaden Wärmeplanung.“ Heidelberg, Freiberg, Stuttgart, Berlin, 2024.

Wasserstoff: Schlüsselement für die Energiewende. 14. März 2025.

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/wasserstoff.html> (Zugriff am 26. Mai 2025).

Bundesverband Geothermie. *Entzugsleistung.* 2025.

<https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/entzugsleistung> (Zugriff am 5. Mai 2025).

bwp. „Heizen und Kühlen mit Abwasser - Ratgeber für Bauträger und Kommunen.“ 2009.

CSP, Aalborg. *Projekte - Fernwärme.* 2015.

<https://www.aalborgcsp.de/projekte/fernwaerme/> (Zugriff am 21. Mai 2025).

dena. „dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität.“ Abschlussbericht, Berlin, 2021.

DLG. „DLG-Merkblatt 395 - Planung von Windenergieanlagen.“ Januar 2014.

https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_395.pdf (Zugriff am 28. Mai 2025).



- Fachagentur Wind und Solar e.V. „Status des Windenergieausbaus and Land in Deutschland - Jahr 2024.“ 2025.
- FfE. „Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern.“ 2024.
- Wärmepumpen-Ampel*. 2023. <https://waermepumpen-ampel.ffe.de/karte> (Zugriff am 4. Mai 2025).
- Gerhard, Norman, Jochen Bard, Richard Schmitz, Michael Beil, Pfennig Maximilian, und Tanja Kneiske. *Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme*. Mai 2020.
- lfu. „Energie aus Abwasser - Ein Leitfaden für Kommunen.“ Augsburg, 2022.
- NRW.Energy4Climate. *Photovoltaik auf Freiflächen - Leitfaden*. März 2023.
- Statistik, Bayerisches Landesamt für. *Statistische Bibliothek des Bundes und der Länder*. 2024.
https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/veroeffentlichungen/statistische_berichte/a1210c_202400.pdf (Zugriff am 4. November 2025).
- StMUGV. „Oberflächennahe Geothermie - Heizen und Kühlen mit Energie aus dem Untergrund.“ München, 2005.
- Umweltbundesamt. *Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme*. 7. Februar 2025. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme#:~:text=W%C3%A4rme%20macht%20mehr%20als%2050,Endenergieverbrauch%20seit%201990%20leicht%20r%C3%BCckl%C3%A4ufig>. (Zugriff am 24. April 2025).



Anhang

Wirkungsgrade der Energieträger für die Wärmeerzeugung

Energieträger	Wirkungsgrad
Wärmenetz	0,9
Heizöl	0,8
Gas	0,8
Solar- /Geothermie	0,7
Holz/Holzpellets	0,85
Umweltwärme	3
Strom	1

Emissionsfaktoren der Energieträger verwendet für die Berechnung der THG-Emissionen

Energieträger	Emissionsfaktor g/kWh
Biogas	60
Umweltwärme Luft	28
Biomasse	20
Flüssiggas	270
Heizöl	310
Wärmenetz	60
Erdgas	240
Strom	400 (2025-2030), 200 (2035-2040), 0 (2045) ¹
Solar/Geothermie	0

¹ Für Strom wurde eine stetige Verringerung des Emissionsfaktors angenommen, unter der Annahme, dass der Strommix bis 2045 auf 100 % erneuerbare Energien umgestellt wird