Energieeffizienz Experten
für Förderprogramme des Bundes

DEUTSCHLAND MACHT'S EFFIZIENT.

veit-ingenieure.de
beraten-planen-optimieren

Kommunale Wärmeplanung
Gemeinde Hofstetten

Angaben zum Beratungsempfänger:

Beratungsempfänger:	Gemeinde Hofstetten
Straße und Hausnummer:	Landsberger Str. 53
Postleitzahl / Ort	86928 Hofstetten

Autor: AS

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Hofstetten wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung durch Mittel des Bundeministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert.

Projekttitel: „KSI: Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Hofstetten“

- Förderkennzeichen: 67K27664

Zuwendungsbescheid Projektträger Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH;
vom 28.06.2024

Inhaltsverzeichnis:

1. Hintergrund ..... - 4 -
1.1 Rechtliche Grundlagen ..... - 6 -
1.2 Die kommunale Wärmeplanung ..... - 8 -
1.3 Schlüsselakteure und Stakeholder ..... - 9 -
2. Bestandsaufnahme ..... - 10 -
2.1 Datengrundlage ..... - 11 -
2.2 Gebäudestruktur ..... - 12 -
2.3 Wärmeversorgungsstruktur ..... - 13 -
2.4 Energie- und CO2- Bilanz ..... - 15 -
2.5 Räumliche Darstellung des Wärmebedarfs ..... - 17 -
2.6 Zwischenfazit Bestandsanalyse ..... - 20 -
3. Potenzialanalyse Erneuerbare Wärme und Abwärme ..... - 21 -
3.1 Solarenergie ..... - 22 -
3.2 Luft ..... - 27 -
3.3. Tiefe Geothermie ..... - 28 -
3.4 Oberflächennahe Geothermie ..... - 29 -
3.5 Grundwasser ..... - 31 -
3.6 Oberflächenwasser ..... - 33 -
3.7 Biomasse und Biogas ..... - 34 -
3.8 Industrielle Abwärme ..... - 36 -
3.9 Abwärme aus Abwasser ..... - 36 -
3.10 Potenzialanalyse energetische Gebäudesanierung ..... - 37 -
4. Eignungsprüfung ..... - 38 -
4.1 Eignungsgebiet für Wärmenetze ..... - 40 -
4.2 Eignungsgebiete für Wasserstoffnetze ..... - 41 -
4.3 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung ..... - 42 -
5. Zielszenarien ..... - 43 -
5.1 Voraussetzungen und Annahmen ..... - 43 -
5.2 Bevölkerungsentwicklung ..... - 43 -
5.3 Verbrauchsentwicklung ..... - 43 -
5.3.1 Raumwärme und Warmwasser ..... - 43 -
5.4. Zielszenario 2045 ..... - 45 -

5.4.1 Grundlagen ..... - 45 -
5.4.2 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern ..... - 46 -
5.4.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen ..... - 48 -
5.4.4 Räumliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur ..... - 49 -
5.4.5 Räumliche Darstellung der notwendigen Energieeinsparung ..... - 50 -
5.5 Identifizierung von Fokusgebieten ..... - 51 -
5.5.1 Historischer Siedlungsteil Hofstetten ..... - 51 -
5.5.2 Historischer Siedlungsteil Hagenheim ..... - 53 -
6. Maßnahmenkatalog ..... - 54 -
7. Controlling und Verstetigung ..... - 60 -
7.1 Allgemeines Controlling ..... - 60 -
7.2 Fortschreibung des Wärmeplans ..... - 61 -
7.3 Verstetigung ..... - 62 -
7.4 Kommunikationsstrategie ..... - 64 -
8. Steckbriefe der Wärmeversorgungsgebiete ..... - 65 -
8.1 Hofstetten-Siedlung ..... - 65 -
8.2 Hofstetten-Gewerbegebiet ..... - 68 -
8.3 Hagenheim ..... - 70 -
9. Steckbriefe Wirtschaftlichkeit typischer Versorgungsfälle ..... - 73 -
9.1 Steckbrief Einfamilienhaus unsaniert ..... - 73 -
9.2 Steckbrief Einfamilienhaus saniert ..... - 75 -
9.3 Steckbrief Mehrfamilienhaus unsaniert ..... - 77 -
9.4 Steckbrief Mehrfamilienhaus saniert ..... - 79 -
10. Verzeichnis ..... - 81 -

1. *Hintergrund*

Im Übereinkommen von Paris beschloss die Klimarahmenkonferenz völkerrechtlich verbindlich im Jahr 2015 das Klimaschutzübereinkommen von Paris mit dem Ziel den Anstieg der Durchschnittstemperatur deutlich unter zwei Grad Celsius, im Vergleich zur vorindustriellen Zeit, zu deckeln. Deutschland verpflichtete sich dabei sogar zu einer Treibhausgasneutralität bis 2050. Zur Erreichung der gesteckten nationale Ziele wurde das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, der Klimaschutzplan 2030 sowie der Klimaschutzplan 2050 ins Leben gerufen. Die internationalen Zusagen wurden in Deutschland 2019 im Klimaschutzgesetz verankert, in welchem verbindliche Treibhausgasminderungsziele für einzelne Sektoren vorgegeben werden. Bis 2030 sollte die Emission demnach als erster Zwischenschritt in den Sektoren Energie, Gebäude, Verkehr, Industrie, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft um 55 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden. Im jährlichen Klimaschutzbericht wird der Fortschritt dokumentiert und bei Verfehlen der Ziele müssen die zuständigen Minister mit Sofortprogrammen nachsteuern.

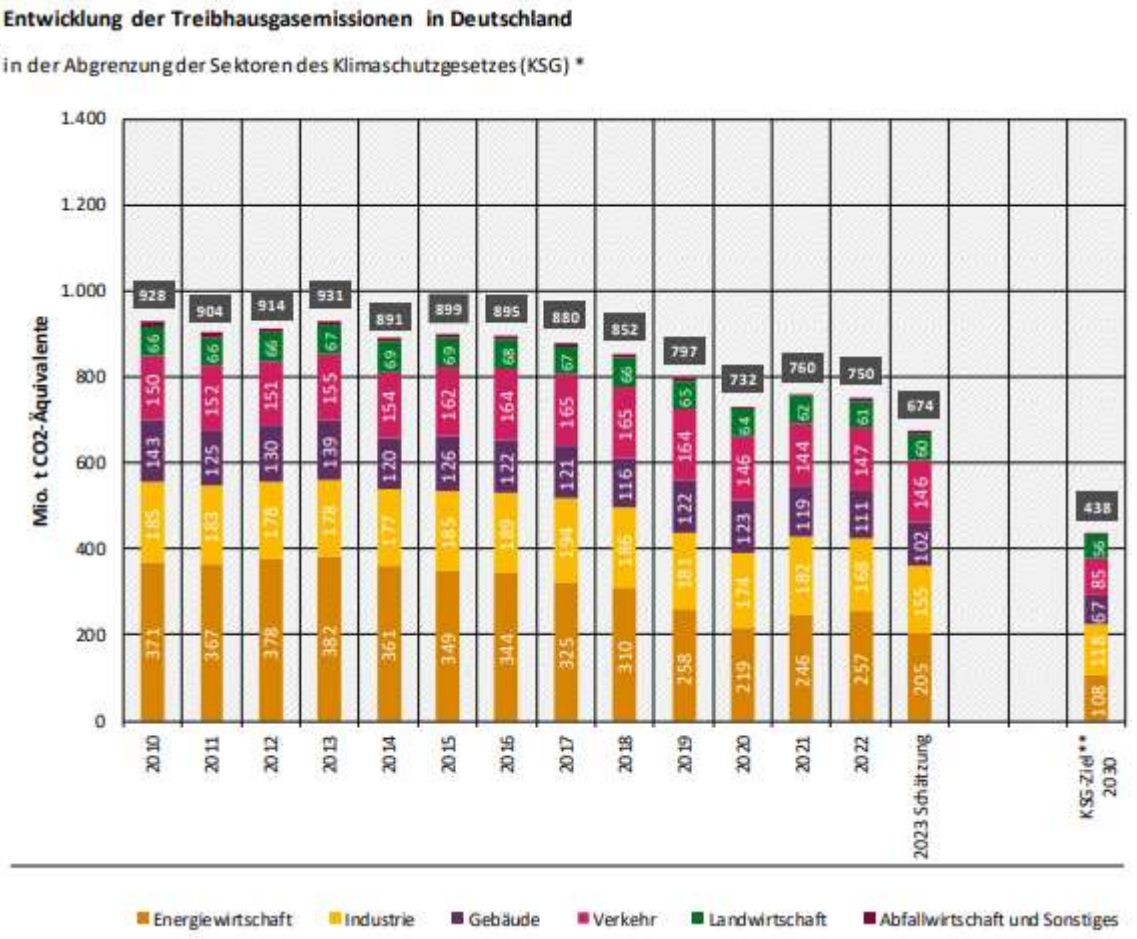


Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung)

Gerade der Sektor Gebäude verfehlte dabei seit 2020 regelmäßig die Reduktionsziele, wodurch die Minderungsgeschwindigkeit aus den letzten Jahren erhöht werden muss.

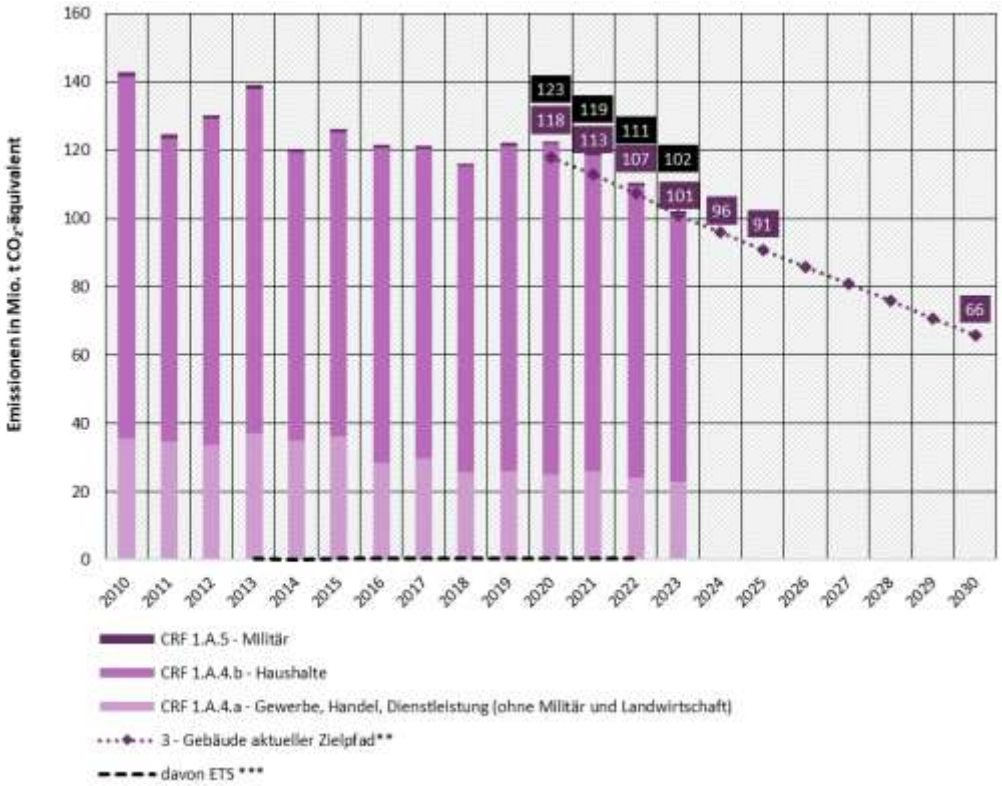


Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Sektor Wärme; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung)

Die Politik setzt dazu auf einen Instrumentenmix aus Ordnungsrecht, Förderung, CO_2-Bepreisung, Information und Beratung.

1.1 Rechtliche Grundlagen

Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze

Das am 20.Dezember 2023 vom Bundestag beschlossene „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ (WPG), was im folgenden Wärmeplanungsgesetz genannt wird, schafft die Grundlage für eine flächendeckende Einführung einer systematischen Wärmeplanung. Das Gesetz regelt unter anderem:

Fristen für die Erstellung von Wärmeplänen:
Gemeinden sind verpflichtet, Wärmepläne zu erstellen, die auf die lokalen Gegebenheiten und Bedarfe abgestimmt sind. Es gibt festgelegte Fristen, bis wann diese Pläne aufgestellt werden müssen.

Mindestinhalte der Wärmepläne:
Diese Pläne müssen bestimmte Anforderungen erfüllen, wie eine Analyse des aktuellen Wärmebedarfs, eine Strategie zur Senkung der CO_2-Emissionen und Vorschläge für klimafreundliche Wärmeerzeugung und -verteilung.

Veröffentlichung und Fortschreibungspflichten:
Die Wärmepläne müssen öffentlich zugänglich gemacht und regelmäßig aktualisiert werden, um den Fortschritt in der Dekarbonisierung zu gewährleisten und Anpassungen an neue technologische oder regulatorische Entwicklungen zu ermöglichen.

Gebäudeenergiegesetzes (GEG)

Das Gebäudeenergiegesetz trat erst zum 01. November 2020 in Kraft und bündelt die bisherigen energetischen Anforderungen an Gebäude des Energieeinspargesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeeG).
Ab 2024 muss jede neu eingebaute Heizung zu 65 Prozent mit Erneuerbaren Energien betrieben werden. In Neubaugebieten greift diese Regel direkt ab 1. Januar 2024. Für bestehende Gebäude und Neubauten außerhalb von Neubaugebieten gibt es längere Übergangsfristen: In Großstädten (mehr als 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner) werden klimafreundliche Energien beim Heizungswechsel spätestens nach dem 30. Juni 2026 Pflicht. In kleineren Städten ist der Stichtag der 30. Juni 2028. Gibt es in den Kommunen bereits vorab eine Entscheidung zur Gebietsausweisung für ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetzausbaugebiet greifen frühere Fristen. Hinweis: Diese kommunalen Gebietseinteilungen unterscheiden sich von den im Wärmeplan dargestellten voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten.

EU-Richtlinie 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)

Die EU-Richtlinie 2024/1275 zur Erreichung des Green Deals im Gebäudesektor zielt darauf ab, die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern und einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Ab 2030 wird für Neubauten die Berechnung des Lebenszyklus-Treibhauspotenzials verpflichtend. Gleichzeitig wird die Einführung eines Null-Emissions-Gebäudes als Mindeststandard vorgeschrieben, um eine nachhaltige Reduktion der Treibhausgasemissionen zu gewährleisten. In den öffentlichen Neubauten greift die Pflicht des Nullemissionsgebäudes schon ab 2028.

Die Mitgliedstaaten sind darüber hinaus verpflichtet, bis zum 31.12.2025 einen nationalen Gebäudesanierungsplan zu erstellen. Dieser Plan muss konkrete nationale Ziele enthalten, etwa zur jährlichen Sanierungsrate, zum Primär- und Endenergieverbrauch des nationalen Gebäudebestands sowie zur Verringerung der Treibhausgasemissionen. Zudem sind darin Strategien und Maßnahmen festzulegen, um diese Ziele zu erreichen.

Für den Nichtwohngebäudebereich schreibt die Richtlinie vor, dass bis 2030 die energetisch schlechtesten 16 % saniert werden müssen, wobei dieser Anteil bis 2033 sogar auf 26 % steigen soll. Im Wohngebäudebereich ist der durchschnittliche Primärenergiebedarf des gesamten Bestands bis 2030 im Vergleich zu 2020 um mindestens 16 % und bis 2035 um mindestens 20 % zu senken.

Bei Nichteinhaltung der Richtlinie oder das Verfehlen der Reduktionsziele wäre theoretisch auch eine Strafzahlung für das betreffende Land möglich. Ebenso wäre es grundsätzlich denkbar, dass eine Nation im Gebäudesanierungsplan eine Sanierungspflicht für besonders ineffiziente Gebäude festlegt, wenn die Reduktionsziele verfehlt werden.

1.2 Die kommunale Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Instrument, das Städten und Gemeinden ermöglicht, die Wärmeversorgung im Kontext einer nachhaltigen Stadtentwicklung systematisch zu gestalten. Durch einen ganzheitlichen Ansatz, der die spezifischen lokalen Gegebenheiten berücksichtigt, stellt sie einen bedeutenden Hebel für die Umsetzung der Wärmewende dar. Der Plan beinhaltet eine umfassende Analyse des regionalen Wärmebedarfs und definiert Maßnahmen zur zukünftigen Deckung dieses Bedarfs durch erneuerbare und emissionsfreie Energien. Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich dabei auf das gesamte Gemeindegebiet. Es ist jedoch zu beachten, dass die Wärmeplanung keine detaillierte Planung eines lokalen Wärmenetzes oder eine tiefgehende Betrachtung einzelner Stadtgebiete ersetzt.

Die Kommunale Wärmeplanung ist in vier Arbeitsphasen unterteilt:

Bestandsanalyse:
Im Zuge der Bestandsanalyse werden Daten zur Gebäude-, Siedlungs- und Energieinfrastruktur systematisch erfasst und ausgewertet. Dabei wird der Wärmebedarf bzw. -verbrauch detailliert ermittelt und auf dieser Grundlage eine Treibhausgasbilanz erstellt. Das Ziel der Bestandsanalyse ist es, einen umfassenden Überblick über den aktuellen Zustand des Wärmebedarfs sowie der bestehenden Wärmeversorgungsstruktur zu erhalten.
Potenzialanalyse:
Die Potenzialanalyse zielt darauf ab, zukünftige Entwicklungen des Wärme- und Kältebedarfs zu untersuchen, die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energiequellen darzulegen und potenzielle Abwärmequellen zu identifizieren. Sie dient als Grundlage, um Chancen und Handlungsoptionen für eine klimafreundliche Wärmeversorgung aufzuzeigen.
Zielszenario:
Auf Grundlage des aktuellen IST-Zustands sowie der Potenziale zur Reduzierung des Energiebedarfs und der Nutzung erneuerbarer Energien werden Szenarien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung entwickelt. Dabei werden Fokusgebiete festgelegt, für die spezifische Maßnahmen erforderlich sind. Diese Maßnahmen sollen in ihrer Gesamtheit sicherstellen, dass die Wärmeversorgung im gesamten Gemeindegebiet bis zum festgelegten Zieljahr klimaneutral gestaltet wird.
Umsetzungsphase:
Der kommunale Wärmeplan soll in der Umsetzungsphase als Orientierungshilfe dienen. Auf Basis der ausgewählten Zielszenarien sind konkrete Maßnahmenpakete zu entwickeln, die detailliert ausgearbeitet und nach Priorität geordnet werden müssen. Um die angestrebten Ziele zu erreichen, müssen die erarbeiteten Maßnahmen in die praktische Umsetzung überführt und die Ergebnisse kontinuierlich mit dem festgelegten Zielszenario abgeglichen und überwacht werden.

1.3 Schlüsselakteure und Stakeholder

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist eine frühzeitige angemessene Beteiligung der verschiedenen Akteure notwendig, um möglichst alle Interessen mit zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Übersicht Gruppen Schlüsselakteure

Gruppe:	Beteiligung:
Gemeindeverwaltung	partizipativ
Netzbetreiber	partizipativ
Energieunternehmer	partizipativ
Schornsteinfeger	informativ
Großverbraucher	informativ
Liegenschaftsbesitzer	informativ
sonstige	informativ
Gemeinderat	Partizipativ und beschließend

Akteursgruppen mit partizipativer Beteiligung wurden aktiv in die Arbeit eingebunden, um deren aktuellen Planungsstand zur zukünftigen Wärmeversorgung zu erfahren, Möglichkeiten zu identifizieren und die Konsequenzen verschiedener Szenarien zu erläutern.
Akteursgruppen mit Informativer Beteiligung wurden über den Stand sowie den Inhalten der kommunalen Wärmeplanung informiert.

2. *Bestandsaufnahme*

Die Gemeinde Hofstetten befindet sich im oberbayerischen Landkreis Landsberg am Lech und umfasst die Ortsteile Hofstetten und Hagenheim. Sie liegt im Voralpenland und erstreckt sich über eine Fläche von etwa 17,02 km². Mit rund 1.850 Einwohnern (Stand 2023) ist Hofstetten eine ländlich geprägte Gemeinde, die sowohl durch ihre naturnahe Umgebung als auch durch ihre gute Anbindung an Landsberg am Lech und die Region charakterisiert wird.

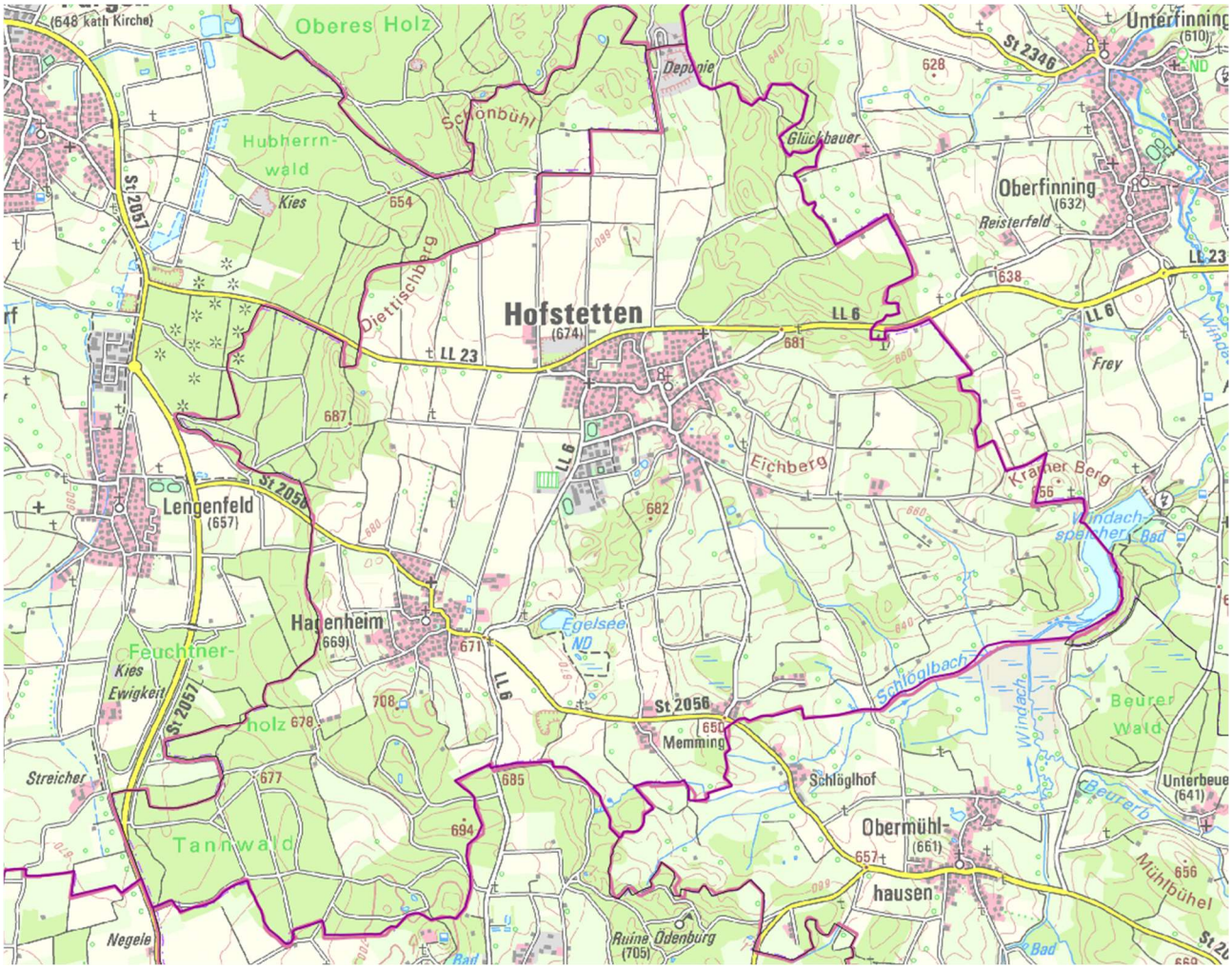


Abbildung 3: Gemeindegebiet Hofstetten; Quelle: Riwa GIS

Das Gemeindegebiet umfasst ca. 1.733 Gebäude, von denen rund 649 als beheizt eingestuft werden und 1.084 als unbeheizt.

Ein wesentliches Ziel der Bestandsanalyse ist die Ermittlung des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen, die auf den Wärmesektor zurückzuführen sind. Durch die räumliche Zuordnung der Verbräuche, können diese mit dem ebenfalls erhobenen Wärmepotenzial potenziellen zukünftigen Wärmedeckungen abgeschätzt werden.

2.1 Datengrundlage

Um eine hohe Qualität der kommunalen Wärmeplanung zu gewährleisten, wurden die Kommunen durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG) zur Datenerhebung relevanter Daten ermächtigt.
Die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten erfolgte mit Hilfe eines digitalen Zwillings der Firma ENEKA Energiekartografie.

2.1.1 Daten der Kommunalverwaltung

Die Gemeinde Hofstetten hat das digitale Liegenschaftskataster bereitgestellt, welches Informationen über die Gebäudegrundfläche, die Gebäudefunktion, die Lagebezeichnung mit Adresse sowie weitere Angaben zu Flurstücken und Flächennutzungen enthält.

2.1.2 Daten der Schornsteinfeger

Auf Grundlage des Bayerischen Klimaschutzgesetzes (BayKlimaG) melden die bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger seit dem Berichtsjahr 2022 jährlich die in den Kehrbüchern erfassten Heizungsanlagen an das Bayerische Landesamt für Statistik. Die Daten werden vom Landesamt anschließend straßenbezogen weitergeleitet, um den Schutz personenbezogener Daten sicherzustellen. Zur Verfügung gestellt werden folgende Informationen:

- Art und Anzahl der Heizungen (Zentralheizung/Einzelraumheizung)
- Feuerstättenart nach Brennstoff (straßenbezogen)
- Mittlere Nennwärmeleistung (straßenbezogen)
- Durchschnittsalter der Heizung (straßenbezogen)

2.1.3 Daten der Netzbetreiber

Den Netzbetreibern liegen die gebäudescharfen Verbrauchsdaten im Bereich Strom (Heizstrom, Wärmepumpenstrom) vor. In Hofstetten betreibt die Lechwerke AG das Stromnetz. Die Verbrauchsdaten wurden uns, unter Einhaltung der Datenschutzregeln, zur Verfügung gestellt. Ein Gasnetz ist in der Gemeinde Hofstetten nicht vorhanden.

2.2 Gebäudestruktur

Etwa 28% der Gebäude in Hofstetten wurde vor 1977 und somit vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Ein Großteil der bestehenden Gebäude in Hofstetten wird für Wohnzwecke genutzt. Die Gesamtnutzfläche aller beheizten Gebäude konnte mit etwa 17.080 m² ermittelt werden, wobei der überwiegende Teil ebenfalls für Wohnzwecke verwendet wird.

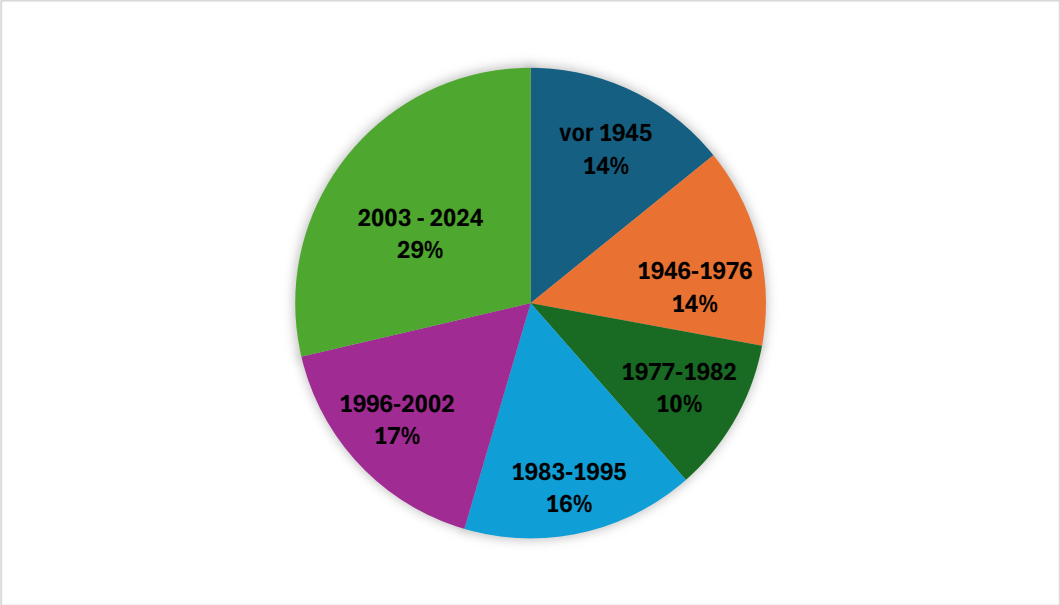


Abbildung 4: Verteilung des Gebäudebestands nach Baualterklassen

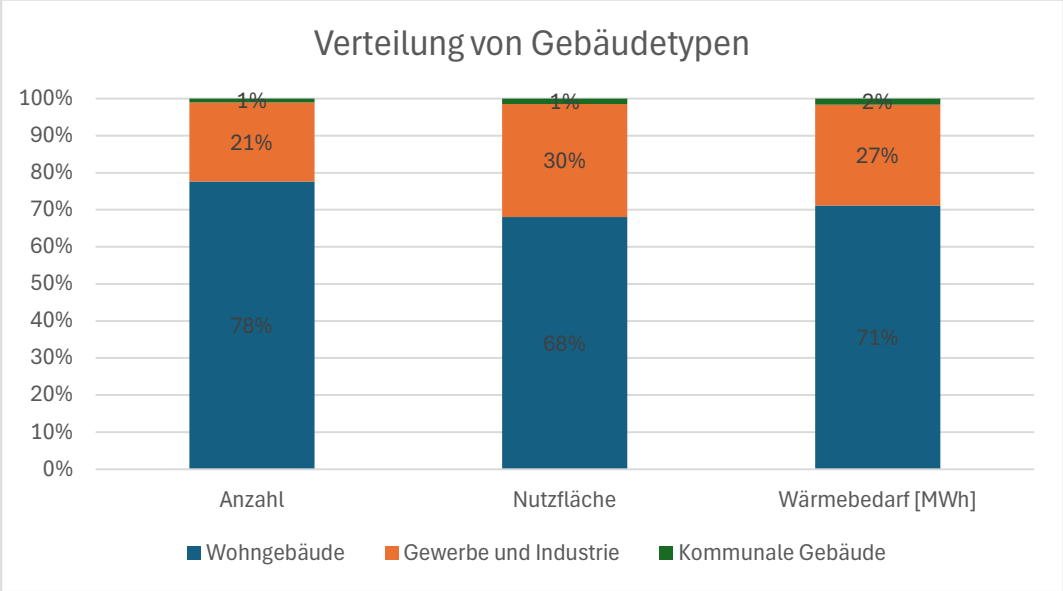


Abbildung 5: Verteilung der Gebäudetypen nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf

2.3 Wärmeversorgungsstruktur

Die Auswertung der Kehrbuchdaten zeigt, dass rund 51 % der beheizten Gebäude mit Heizöl versorgt werden. Etwa 16 % der Gebäude nutzen Flüssiggas als Hauptheizquelle, während weitere 14 % durch zentrale Biomassekessel beheizt werden. Zusätzlich zur zentralen Wärmeversorgung gibt es zahlreiche Gebäude, die über dezentrale Einzelraumfeuerstätten beheizt werden, wie Umlaufwasserheizer, Raumheizer, Herde oder Kamine. Im Gemeindegebiet sind beispielsweise 718 Kaminöfen für stückiges Holz installiert, die häufig zur Unterstützung der zentralen Heizanlagen dienen.
Das Durchschnittsalter aller Wärmeerzeuger beträgt 22,7 Jahre, wobei insbesondere die zentralen Ölheizungen mit einem Durchschnittsalter von 24,1 Jahren deutlich älter sind. Es ist davon auszugehen, dass bis 2030 ein erheblicher Teil der Feuerungsanlagen altersbedingt erneuert werden muss.

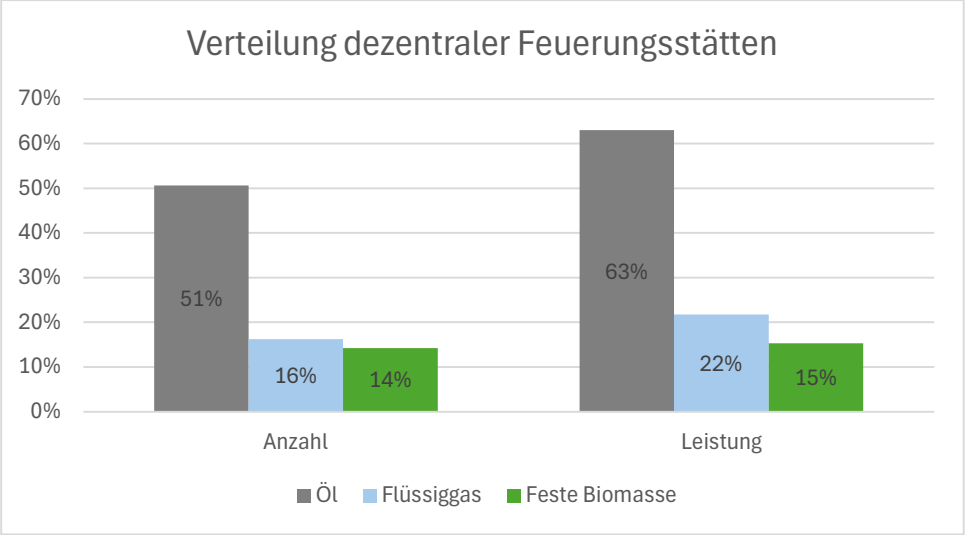


Abbildung 6: Verteilung der Energieträger von zentralen Wärmeerzeugern

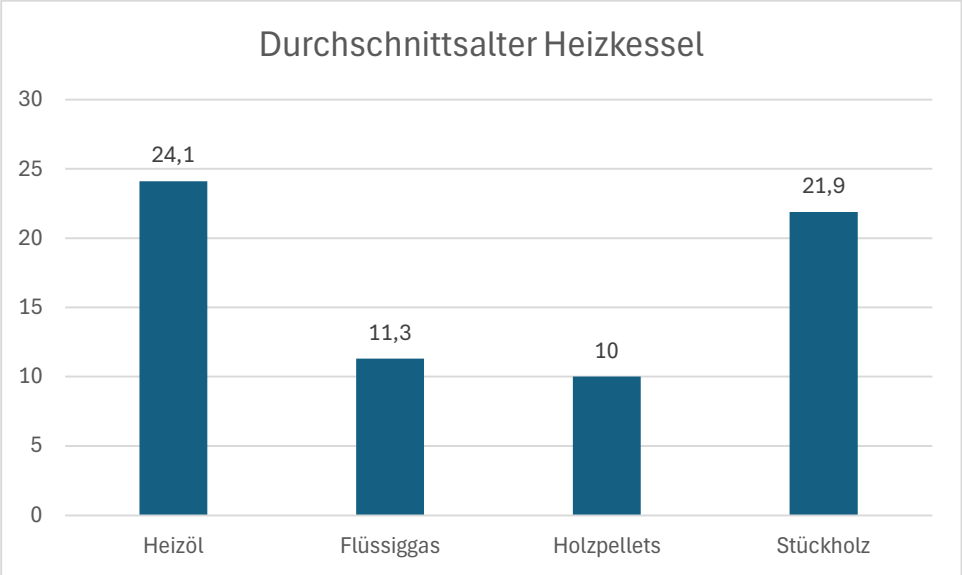


Abbildung 7: Durchschnittsalter Heizkessel

2.3.1 Gasnetz Infrastruktur

Im Gemeindegebiet Hofstetten ist nach Rücksprache mit der Gemeindeverwaltung derzeit kein Gasnetz vorhanden.

2.3.2 Wärmenetz Infrastruktur

Im Gewerbegebiet Hofstetten ist ein Wärmenetz vorhanden, das im Jahr 2023 durch die EZS GmbH errichtet und in Betrieb genommen wurde. Das Netz hat eine Länge von etwa 1.700 m (Vor- und Rücklauf) und arbeitet mit einer Vorlauftemperatur von 75 °C sowie einer Rücklauftemperatur von 55 °C. Insgesamt werden derzeit 18 Abnehmer versorgt.
Zur Wärmebereitstellung sind vier Biomassekessel mit einer Leistung von jeweils 200 kW im Einsatz. Die aktuelle Spitzenlast beträgt rund 600 kW.
Das auf dem Luftbild grün markierte Gebiet zeigt das derzeitige Versorgungsgebiet des Wärmenetzes. Laut Auskunft des Netzbetreibers ist keine Erweiterung des Leitungsgebiets geplant. Eine Verdichtung innerhalb des bestehenden Versorgungsbereichs ist jedoch möglich und erwünscht.

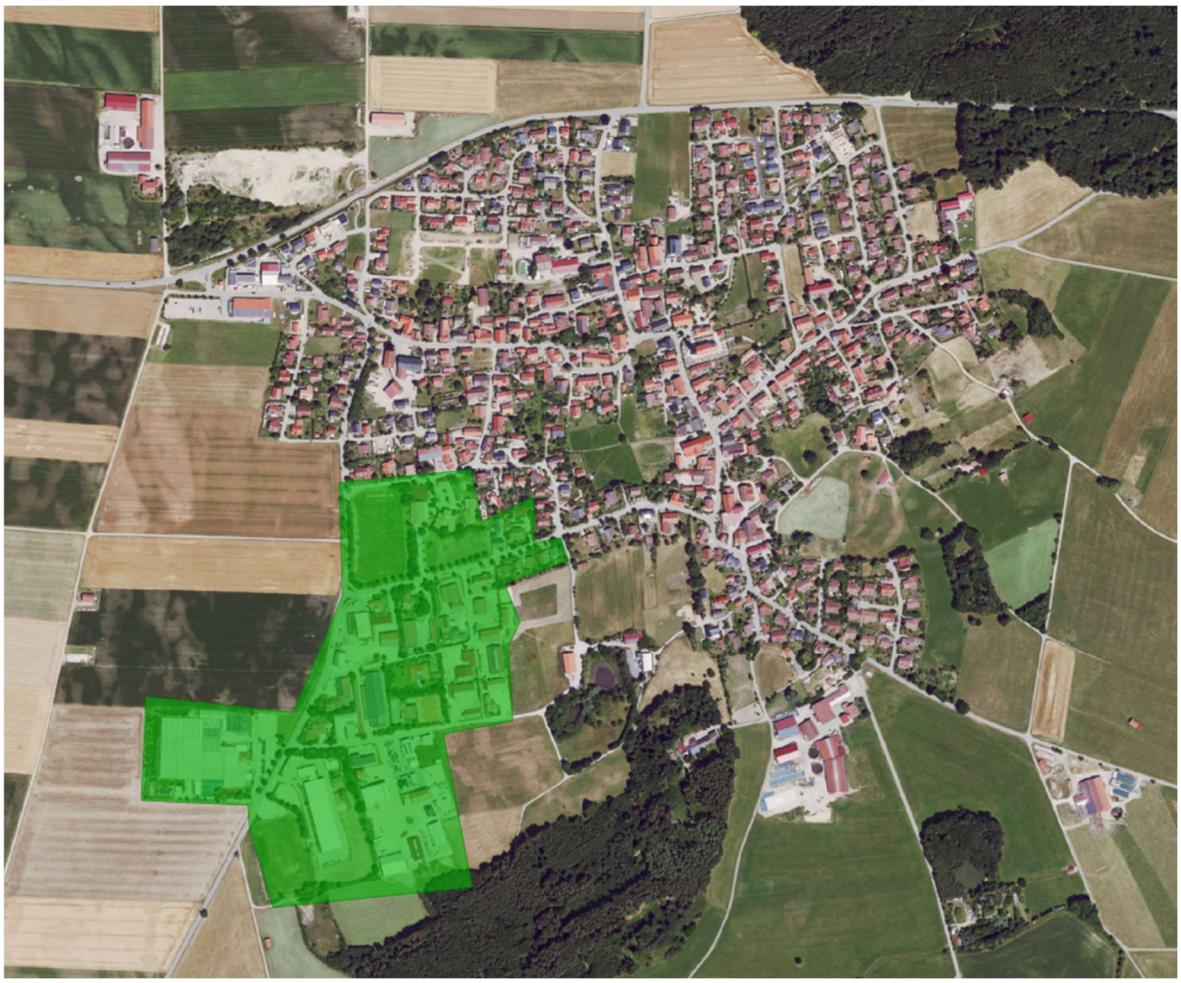


Abbildung 8: Wärmenetz Hofstetten

2.4 Energie- und CO_2- Bilanz

2.4.1 Energiebilanz

Die erhobenen Daten der Netzbetreiber und Schornsteinfeger ermöglichen eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs nach Art, Sektoren und Energieträgern. Der Sektor "Öffentliche Gebäude" umfasst Gebäude der Gemeinde Hofstetten sowie weitere Einrichtungen wie die Feuerwehr und Schule. Der Energiebedarf wird größtenteils dezentral durch den Energieträger Heizöl gedeckt. Der Wärmebedarf in Hofstetten wird hauptsächlich durch den Bedarf an Raumwärme und Warmwasser bestimmt. Der Gesamtenergieverbrauch im Wärmesektor beläuft sich dabei auf ca. 25,31 Gigawattstunden.

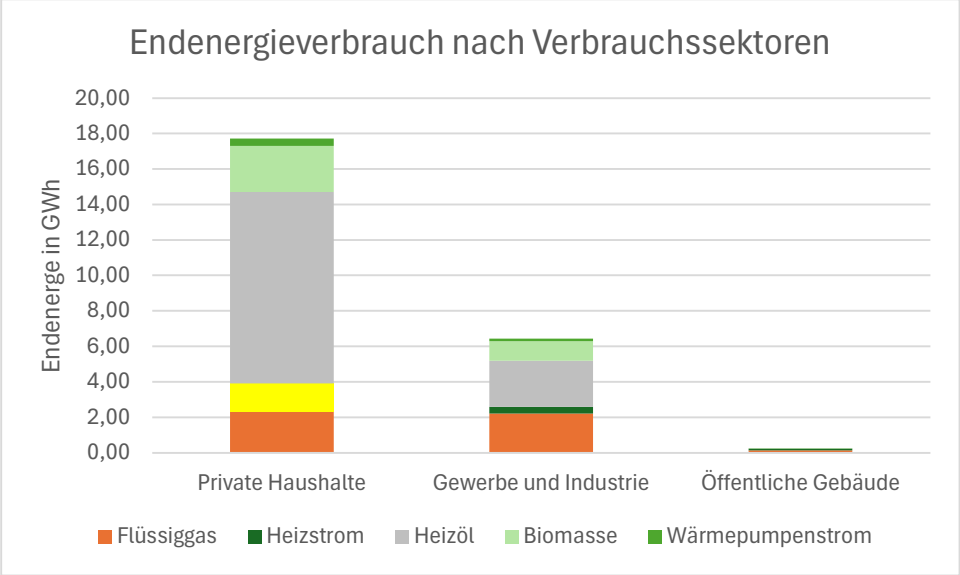


Abbildung 9: Energieverbrauch nach Verbrauchssektoren

2.4.2 CO2-Bilanz

Die Berechnung der Treibhausgasbilanz basiert auf dem ermittelten Wärmeenergiebedarf. Dabei wurden die entsprechenden Energieverbräuche mit den jeweiligen Emissionsfaktoren aus dem Technikkatalog des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW) multipliziert. Sowohl die direkten CO_2-Äquivalente als auch die vorgelagerten Emissionen (Vorketten) sind hierin berücksichtigt. Erdgas und Heizöl als dominierende Energieträger tragen dabei maßgeblich zu den CO_2-Emissionen bei.

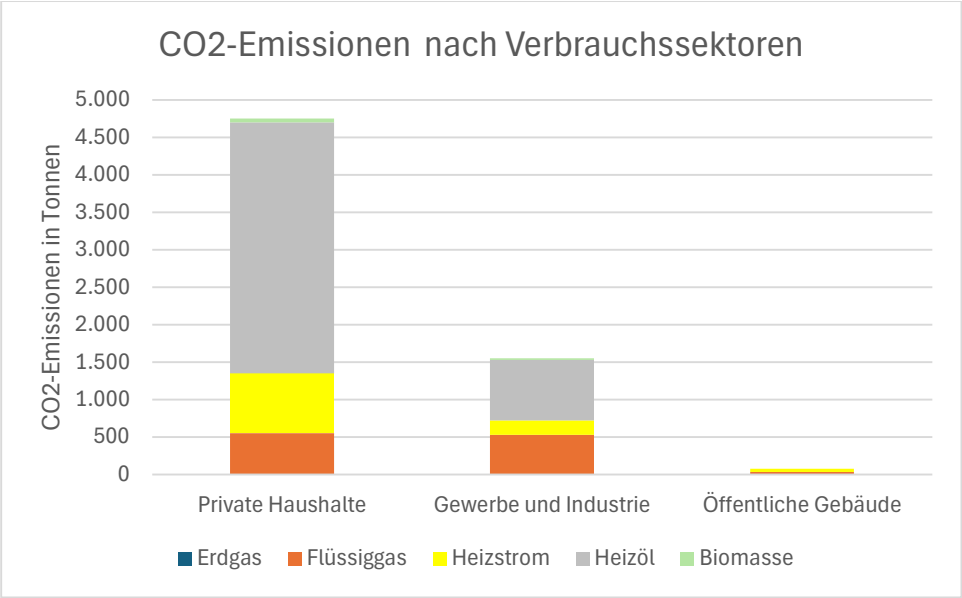


Abbildung 10: CO2-Emissionen nach Verbrauchssektoren

Die gesamten CO_2-Emissionen im Wärmesektor können für Hofstetten auf 6.378 Tonnen berechnet werden, was einem Pro-Kopf-Ausstoß von 3,45 Tonnen entspricht. Um eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen, müssen diese Emissionen auf nahezu null reduziert werden.

2.5 Räumliche Darstellung des Wärmebedarfs

Die räumliche Analyse des Wärmebedarfs zeigt, dass nur im Gewerbegebiet Hofstettens eine höhere Wärmebedarfsdichte vorliegt.

Gewerbegebiet-Hofstetten:

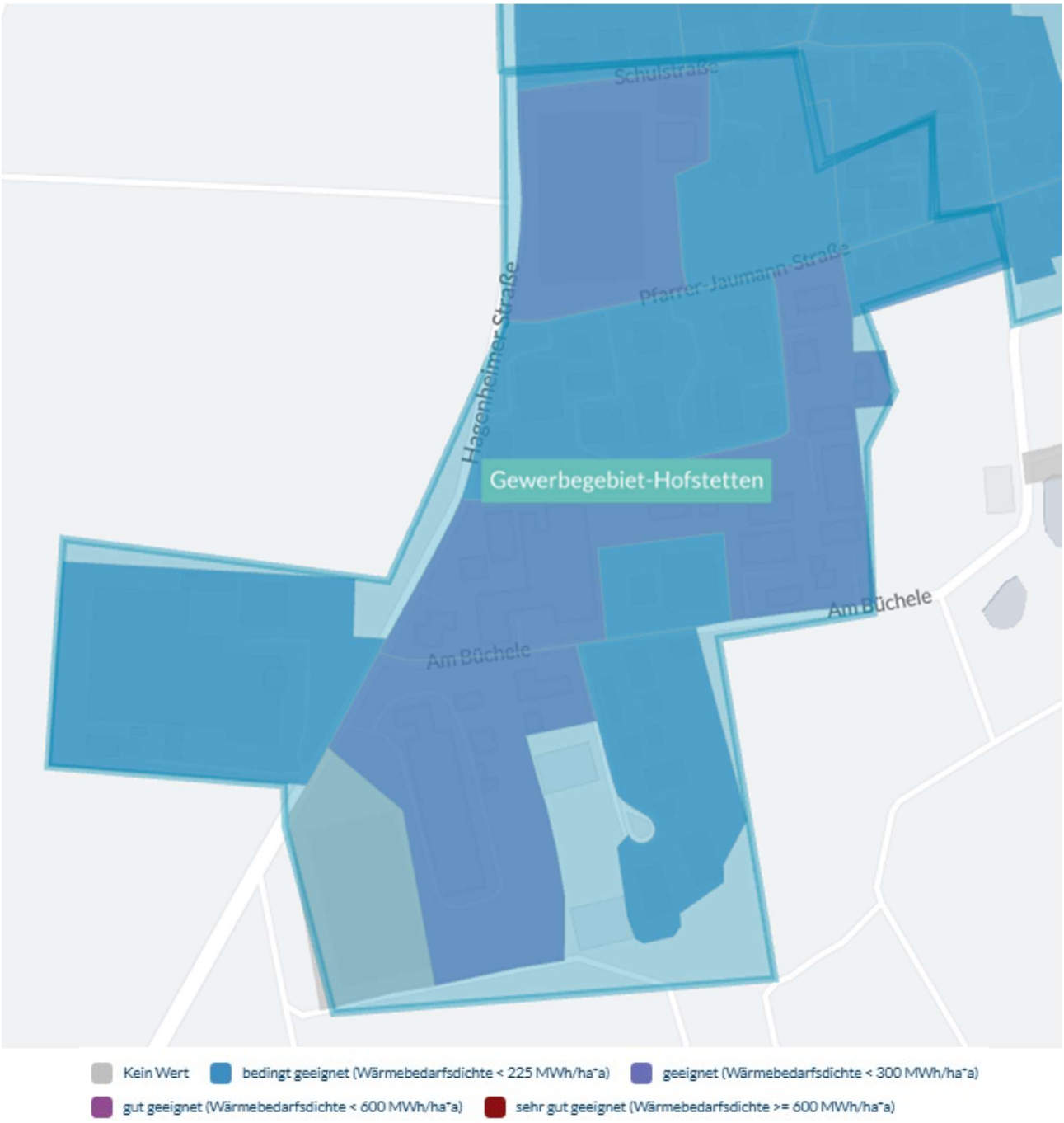


Abbildung 11: Wärmebedarfsdichte Gewerbegebiet-Hofstetten

Hofstetten-Siedlung:

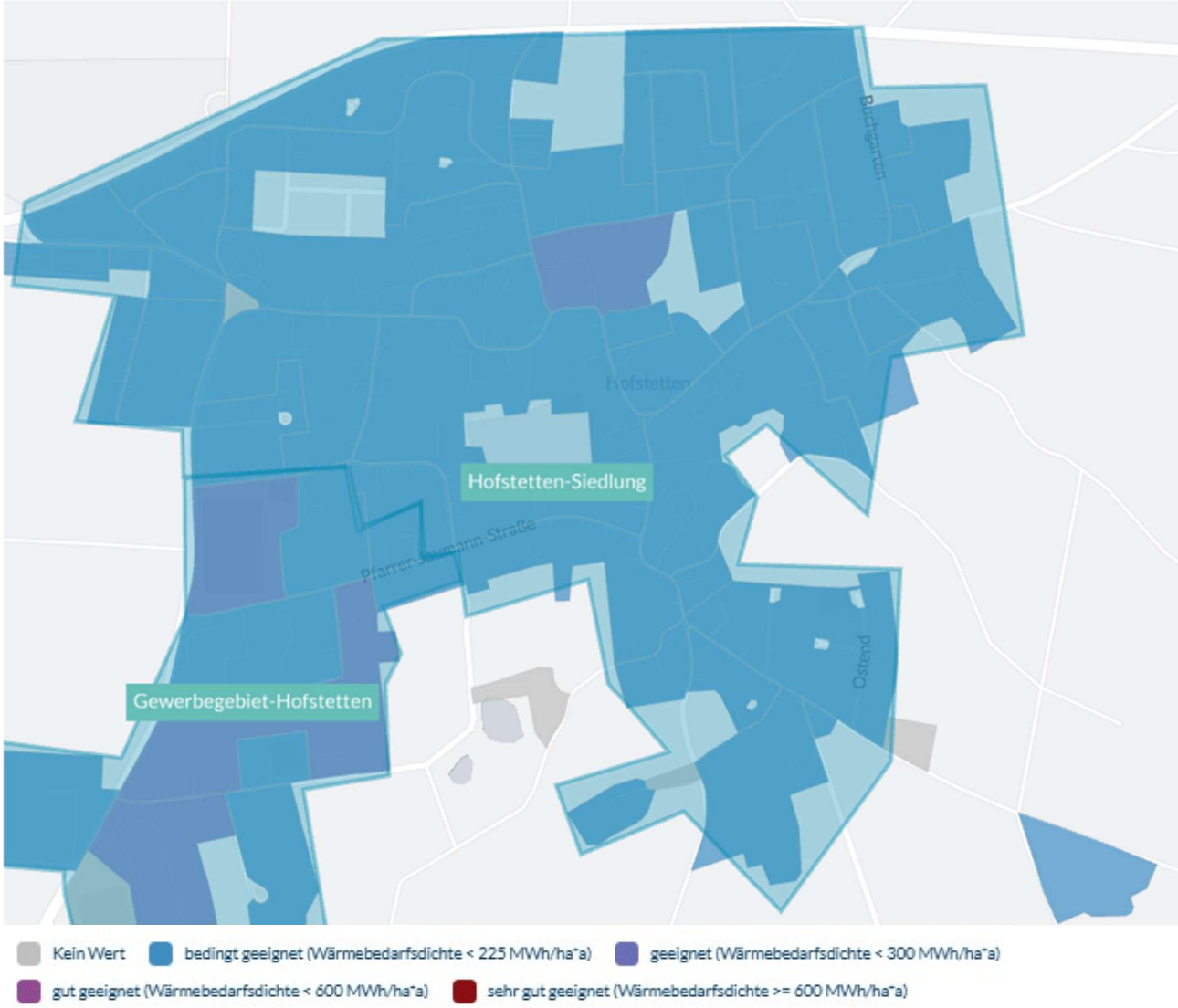


Abbildung 12: Wärmebedarfsdichte Hofstetten-Siedlung

Hagenheim:

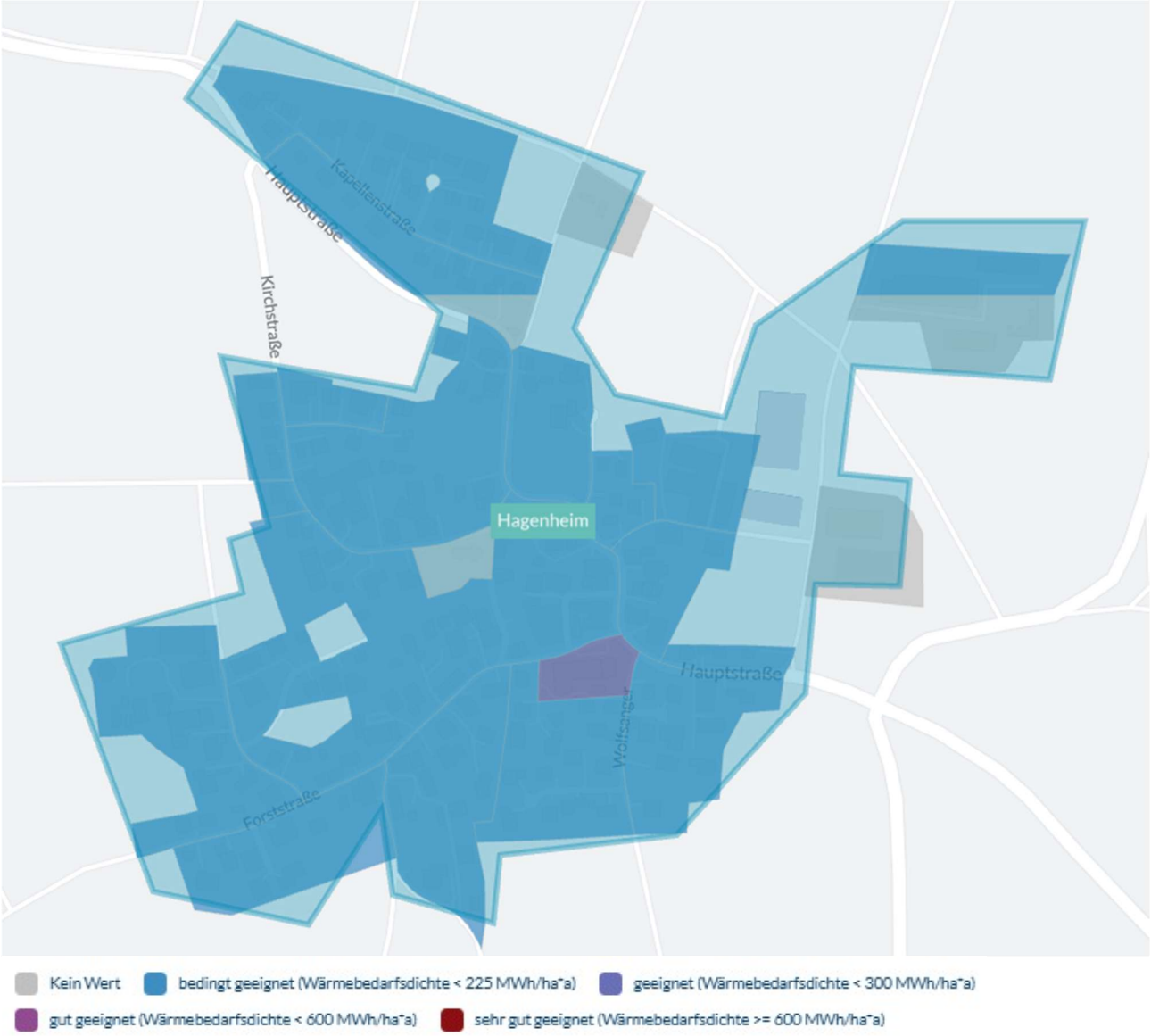


Abbildung 13: Wärmebedarfsdichte Hagenheim

2.6 Zwischenfazit Bestandsanalyse

Die Gemeinde Hofstetten ist durch eine geringe Bebauungs- und Wärmebedarfsdichte geprägt. Der Gebäudebestand umfasst rund 1.733 Gebäude, von denen 661 beheizt werden. Etwa 71 % der Gebäude werden für Wohnzwecke genutzt, die mit ca. 71 % auch den größten Anteil am Wärmebedarf ausmachen. Hinsichtlich des Baualters wurden 28 % der Gebäude vor der zweiten Wärmeschutzverordnung (1977) errichtet, was auf einen höheren Energiebedarf dieser Gebäude hinweist. Gleichzeitig wurden etwa 29 % der Gebäude ab dem Jahr 2003 gebaut, sodass ein bedeutender Teil des Bestands über eine verbesserte energetische Qualität verfügt.
Die Wärmeversorgung erfolgt größtenteils dezentral über verschiedene Heizsysteme. Heizöl ist mit einem Anteil von 51 % der zentralen Feuerungsstätten der dominierende Energieträger. Weitere 16 % der Gebäude nutzen Flüssiggas, während 14 % mit zentralen Biomassekesseln beheizt werden. Zusätzlich sind zahlreiche Einzelraumfeuerstätten vorhanden, darunter 744 Kaminöfen für stückiges Holz. Das Durchschnittsalter aller Heizungsanlagen liegt bei 22,7 Jahren, wobei insbesondere die 303 Ölheizungen mit einem Durchschnittsalter von 24,1 Jahren das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreichen.
Im Gemeindegebiet sind keine Abwärmequellen im Abwärmekataster hinterlegt, und nach Rückfrage sind keine relevanten Industrieunternehmen mit nutzbarer Abwärme vorhanden.
Im Bereich des Gemeindegebiets ist ein Wärmenetz vorhanden, das durch Hackschnitzel versorgt wird. Laut Betreiber des Wärmenetzes ist eine Verdichtung des Netzes möglich – eine Leitungserweiterung ist aber nicht geplant.

3. *Potenzialanalyse Erneuerbare Wärme und Abwärme*

Bislang basiert die Wärmeversorgung überwiegend auf importierten, weitgehend nicht erneuerbaren Ressourcen wie Flüssiggas und Heizöl. Die anstehende Potenzialanalyse soll ermitteln, welche erneuerbaren Energiequellen vor Ort zur Substitution fossiler Energieträger zur Verfügung stehen. Dabei können erneuerbare Energien sowohl in zentralen Wärmenetzen als auch in dezentralen Versorgungssystemen genutzt werden.
Ergänzend werden Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung für die zukünftige, elektrifizierte Wärmebereitstellung untersucht. Der Aufbau einer klimaneutralen Wärmeversorgung ist eng mit der Senkung des Wärmeverbrauchs verknüpft. Die Reduzierung des Energieverbrauchs sowie der gezielte Ausbau von grünen Strom- und Wärmeerzeugungsquellen bilden zentrale Elemente der Wärmewendestrategie.

Der Begriff des Potenzials unterteilt sich in vier Stufen:
Das theoretische Potenzial beschreibt die gesamte erneuerbare Wärmemenge, die in einer Region vorhanden ist, unabhängig von Einschränkungen. Eine Stadt könnte beispielsweise über große geothermische Ressourcen verfügen oder viel Sonnenenergie auf Dachflächen einfangen.
Beim technischen Potenzial wird geprüft, wie viel davon tatsächlich genutzt werden kann. Eine Tiefengeothermiequelle könnte beispielsweise 100 Megawatt liefern, aber nur 50 Megawatt sind technisch nutzbar, weil Bohrungen nur bis zu einer bestimmten Tiefe möglich sind oder weil sie sich in einem Wasserschutzgebiet befinden, wo Tiefenbohrungen zum Schutz des Grundwassers nicht erlaubt sind. Auch bei Solarthermie könnten nicht alle geeigneten Dächer genutzt werden, wenn statische Einschränkungen oder Verschattungen bestehen.
Das wirtschaftliche Potenzial berücksichtigt zusätzlich die Wirtschaftlichkeit. Eine geothermische Quelle könnte technisch erschließbar sein, aber wenn Bohrungen in einem Wasserschutzgebiet aufwendige Genehmigungsverfahren und hohe zusätzliche Schutzmaßnahmen erfordern, kann die Nutzung unwirtschaftlich werden. Ebenso könnte Abwärme aus der Industrie technisch nutzbar sein, aber wenn der Anschluss an ein Wärmenetz durch geringe Wärmebedarfsdichten zu hohen Kosten führt, bleibt das wirtschaftliche Potenzial gering.
Das realisierbare Potenzial beschreibt die Wärmemenge, die unter realen Bedingungen tatsächlich genutzt wird. Eine Gemeinde könnte beispielsweise eine Geothermieanlage planen, aber durch strenge Umweltauflagen in einem Wasserschutzgebiet keine Genehmigung erhalten. Auch wenn ein Projekt technisch und wirtschaftlich sinnvoll wäre, können regulatorische Hürden oder fehlende Akzeptanz der Bevölkerung die Umsetzung verhindern.

Die kommunale Wärmeplanung erstreckt sich in der Regel bis zur Beurteilung des technischen Potenzials. Da keine gebäudescharfen Daten aufgrund des Datenschutzes vorliegen, ist eine wirtschaftliche Betrachtung ohne reale Daten zu Wärmebedarfen, Gebäudeeffizienz und Investitionskosten nicht möglich. Ebenso kann bei bestimmten Technologien, wie der oberflächennahen Geothermie, auch die Beurteilung des technischen Potenzials erschwert sein, da bei Erdwärmekollektoren oder Erdsonden geologische Bedingungen, Platzverfügbarkeit und Bohrbeschränkungen gebäudescharf untersucht werden muss.

3.1 Solarenergie

Die Nutzung von Sonnenenergie kann in die direkte thermische Nutzung sowie der Umwandlung in elektrische Energie eingeteilt werden. Bei der Umwandlung in elektrische Energie wird in der Regel nur der nicht für anderweitige Zwecke genutzte Strom wieder zurück in Wärme umgewandelt. Sonnenenergie kann des Weiteren zentral, zum Beispiel in Photovoltaikfreiflächenanlage oder dezentral auf Dachflächen genutzt werden.
Grundsätzlich bietet die Gemeinde Hofstetten mit einer Globalstrahlung von über ca. 1.150 kWh/m² gute Voraussetzungen für die Nutzung von Sonnenenergie.

3.1.1 Photovoltaik

Dezentrale Photovoltaik:
Derzeit ist, gemäß den Daten des Marktstammdatenregisters, in Hofstetten eine Photovoltaikleistung von 4,79 Megawatt installiert oder zum Anschluss an das Stromnetz angemeldet. Dies entspricht einer installierten Leistung von etwa 2.586 Kilowattpeak pro 1.000 Einwohner und somit den 3,6-fachen Durchschnittswert von Deutschland.

Das dezentrale Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen kann gemäß GIS-Daten mit 23,33 GWh abgeschätzt werden, was in etwa einer installierten Leistung von 20,29 MW entspricht. Abzüglich der vorhandenen Dachanlagen mit einer installierten Leistung von 4,8 MWp wird das nutzbare Potenzial an Photovoltaikdachanlagen derzeit zu etwa 23,59 % genutzt.

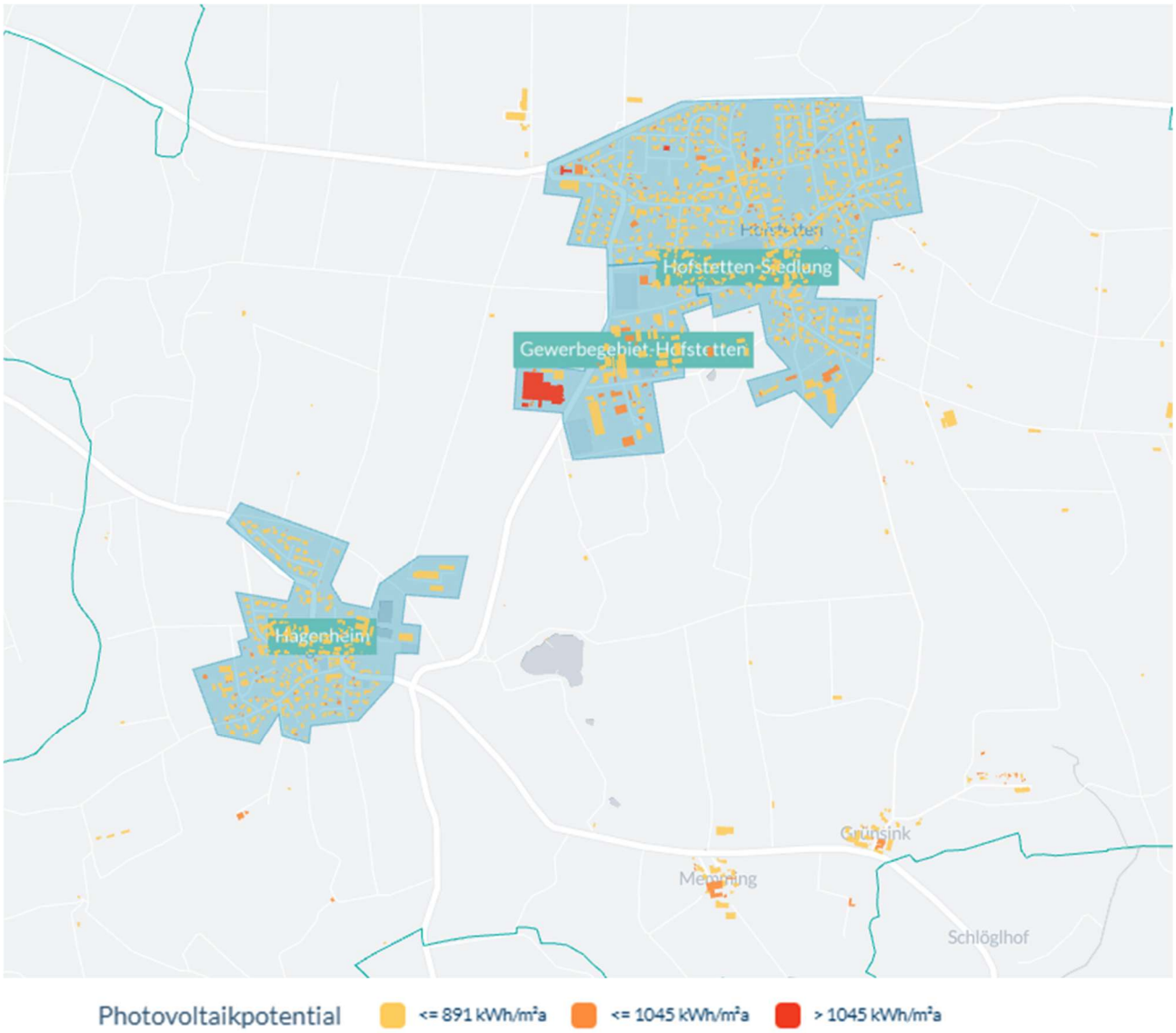


Abbildung 14: Photovoltaikpotenzial Dachflächen (Ausschnitt)

Zentrale Photovoltaik:

Grundsätzlich sind bestehende Ackerflächen für die Installation großer Photovoltaikanlagen geeignet, die in der Regel direkt in das Stromnetz einspeisen und zur Versorgung von Wärmepumpen genutzt werden können. Die Einteilung der Gebiete erfolgte durch einen Kriterienkatalog der bayerischen Staatsregierung. In diesem ist beschrieben, welche Flächen zu einem Ausschluss oder zu einer bedingten Eignung des Gebiets führen. Alle Flächen, die von keinen der Restriktionen betroffen sind, fallen in die Kategorie voraussichtlich geeignet. Auch sind Schutzabstände zu manchen Gebieten festgesetzt. Beispielsweise ist ein Schutzabstand von 10 Metern zu Natur- und Schutzwald einzuhalten. Trinkwasserschutzgebiete der Zone Ⅲ führen zu einer bedingt geeigneten Fläche, ebenso gibt es Restriktionen für Überschwemmungsgebiete. Kein Vergleich ist hier mit einem vorhandenen Stromnetz getroffen worden. Es handelt sich hierbei um das theoretische verfügbare Potenzial außerhalb aller Restriktionsflächen, vorgegeben von der bayerischen Staatsregierung innerhalb des Energie-Atlas Bayern.

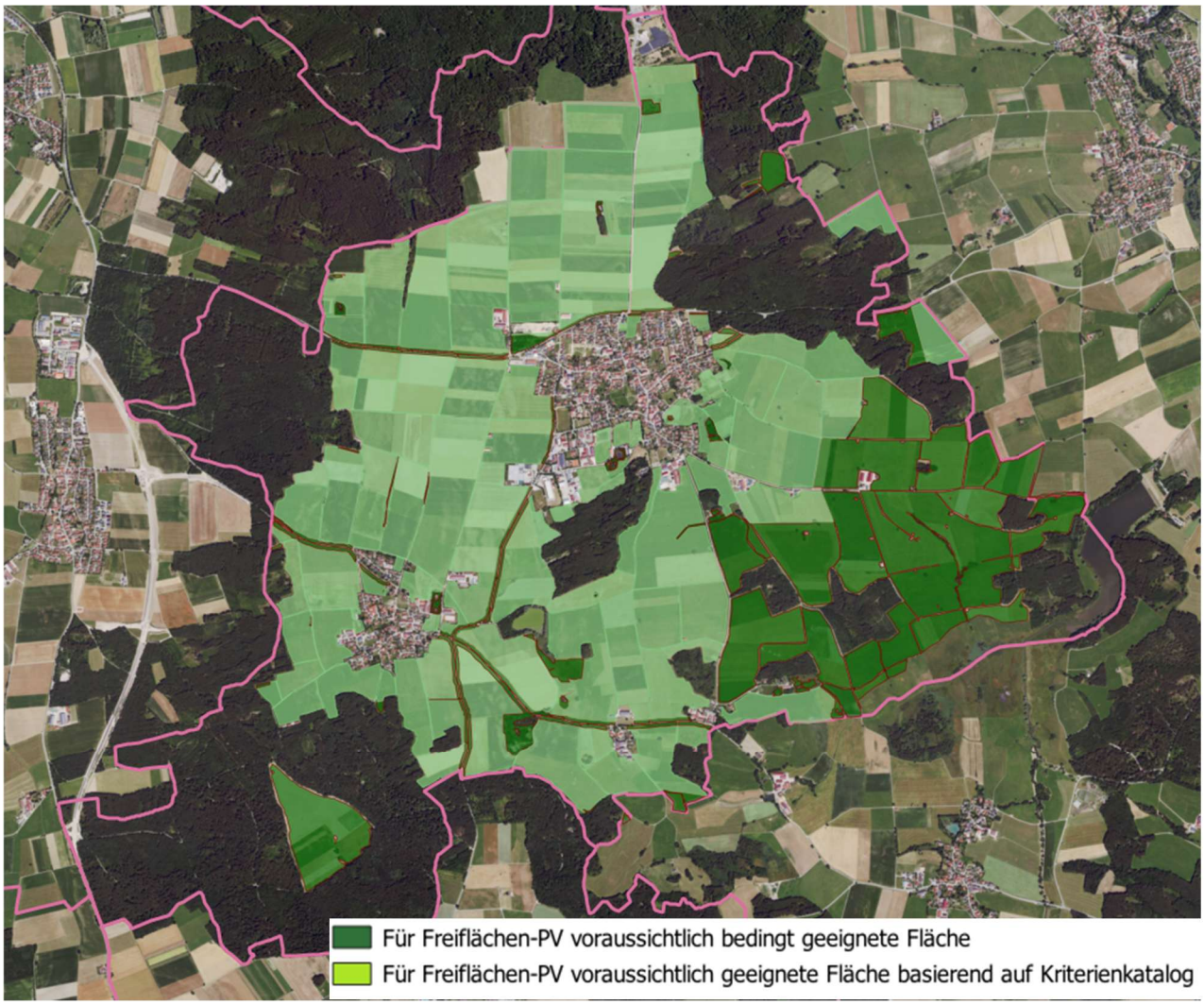


Abbildung 15: Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik; Quelle: Energie Atlas Bayern

3.1.2 Solarthermie

Dezentrale Solarthermie:

Solarkollektoren (Solarthermie) wandeln die Energie der solaren Strahlung in nutzbare Wärme zur Brauchwassererwärmung, Heizungsunterstützung und Prozesswärmeerzeugung um. Der Ertrag der Module hängt maßgeblich von deren Ausrichtung und Neigungswinkel ab. Eine optimale Ausrichtung erfolgt idealerweise nach Süden. Der empfohlene Neigungswinkel variiert je nach Anwendung zwischen 30 und 60 Grad. Dabei sorgt ein steilerer Anstellwinkel insbesondere in den Übergangszeiten und Wintermonaten für eine höhere Energieausbeute.
Auf Dachflächen von Gebäuden, in denen auch ein Wärmebedarf vorhanden ist, können diese auch zur Wärmegewinnung mittels Solarthermischen Kollektoren verwendet werden.
Das Wärmepotenzial von Dachflächen zur Wärmenutzung kann auf etwa 9,9 GWh abgeschätzt werden. Die dafür notwendigen Flächen überschneiden sich zum Teil mit den Potenzialflächen der dezentralen Photovoltaik. Nicht berücksichtigt werden konnten die Punkte Denkmalschutz und Statische Eignung der Dachflächen.

Freiflächenanlagen:

Solarthermieanlagen können Temperaturen von über 100 °C erreichen und somit sowohl zur Wärmeversorgung von Gebäuden als auch zur Integration in Wärmenetze genutzt werden. Grundsätzlich können Flächen, die für Photovoltaik geeignet sind, auch für Solarthermieanlagen genutzt werden.
Für eine wirtschaftliche Nutzung der Wärme aus einer Solarthermie-Freiflächenanlage ist eine Nähe zum Wärmebedarf entscheidend. Daher wurde eine maximale Entfernung von 300 Metern zum Eignungsgebiet festgelegt. Geeignete Standorte sollten eine optimale Ausrichtung aufweisen, keine Nutzungskonflikte verursachen und in der Nähe potenzieller Wärmenetze liegen. Hierbei handelt es sich um ein theoretisches Potenzial.

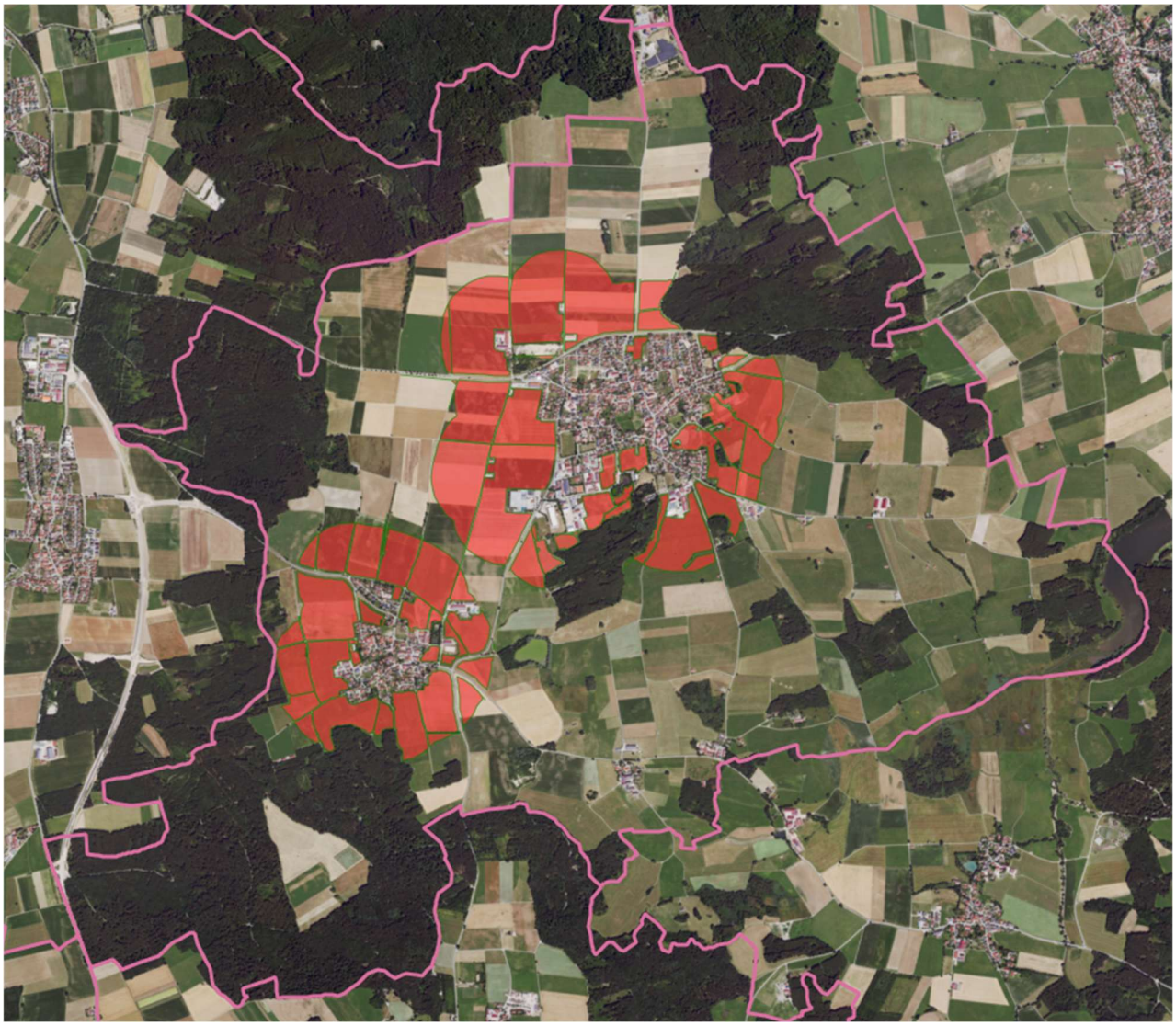


Abbildung 16: potenzielle zentrale Solarthermiefläche mit 300m Abstand zum Eignungsgebiet

Unter Berücksichtigung der Leistungsdichten und der Wärmeerträge von zentralen Solarthermieanlagen bereits umgesetzter Großprojekte ergibt sich für die Gemeinde ein theoretisches Freiflächenpotenzial für Solarthermie von bis zu 731 GWh. Das realistisch nutzbare Potenzial liegt auch hier deutlich darunter.
Eine Nutzung von ca. 1 Hektar Fläche würde zu einer Wärmemenge von 3,0 GWh beziehungsweise Leistung von 3.600 kW führen.

3.2 Luft

Die Außenluft als Wärmequelle für Wärmepumpen ist grundsätzlich überall verfügbar und kann kostengünstig erschlossen werden.
Wärmepumpen arbeiten hierbei nach dem linksgängigen Kreisprozess, bei dem ein Kältemittel mithilfe aufgenommener Umweltwärme verdampft. Durch die Umwandlung des Aggregatszustands von flüssig auf gasförmig nimmt das Volumen im Verdampfer zu, der Druck sinkt leicht und die Temperatur bleibt unverändert. Danach wird im Verdichter der Wärmepumpe das Gas komprimiert, wodurch der Druck steigt, das Volumen sinkt und die Temperatur des Gases auf die benötigte Heiztemperatur steigt. Im Verflüssiger kühlt das gasförmige Kältemittel ab und kondensiert, wobei es wieder flüssig wird und seine Kondensationswärme abgibt. Es wird bei konstanter Temperatur Wärme entzogen, wodurch das Volumen sinkt, aber der Druck maximal ansteigt. Im Expansionsventil entspannt sich das Kältemittel auf den Anfangszustand und der Kreislauf schließt sich.

Ein Nachteil bei der Nutzung von Umweltwärme aus der Luft ist jedoch die abnehmende Anlageneffizienz bei sinkenden Außentemperaturen, während gleichzeitig der Heizbedarf steigt. Die Anlageneffizienz der Wärmepumpe ist hierbei abhängig vom Energiebedarf im Verdichter. Je größer der Temperaturunterschied ist, die durch das Verdichten des Gases erzielt werden muss, desto mehr elektrische Energie wird vom Verdichter benötigt. Dadurch sind zur Steigerung der Anlageneffizienz von Wärmepumpen grundsätzlich zwei Möglichkeiten vorhanden:
Das Senken der Vorlauftemperatur im Heizkreis oder das Erhöhen der verfügbaren Anfangstemperatur.

Die Wärmeübertragungsgleichung der Konvektion beschreibt hierbei die Möglichkeiten der Senkung der Vorlauftemperatur. Einerseits kann durch energetische Sanierung der Wärmebedarf des Gebäudes gesenkt werden, wodurch der benötigte Wärmestrom $\dot{Q}$ reduziert wird. Andererseits kann die benötigte Temperaturdifferenz ΔT durch eine Vergrößerung der Wärmeübertragungsfläche A verringert werden. Dies geschieht beispielsweise bei gängigen Fußboden- und Wandheizungen. Im Bestand können aber, wenn nachträglich keine Fußbodenheizung installiert wird, hierfür auch flächigere Radiatoren verwendet werden. Grundsätzlich sollte eine gebäudescharfe Heizlastberechnung erfolgen, um die Möglichkeit einer Wärmepumpe im Altbau zu untersuchen. In dieser wird raumweise eruiert, ob die bestehenden Radiatoren bei einer geringeren Vorlauftemperatur die notwendige Heizlast decken können und welche Radiatoren hierfür modernisiert werden müssten. Ebenso wird die gesamte Heizlast des Gebäudes erfasst und analysiert, um zu erläutern, in welchem Umfang diese durch verschiedene Modernisierungsmaßnahmen reduziert werden kann.

$$\dot{Q} = \alpha * A * \Delta T$$

Zusätzlich erfordert die Verdampfereinheit einen Platz außerhalb der Gebäudehülle, was insbesondere in dicht bebauten Gebieten aufgrund der Geräuschentwicklung zu Problemen führen kann.

3.3. Tiefe Geothermie

Erdwärme, die aus einer Tiefe von mehr als 400 Metern gewonnen wird, wird als tiefe Geothermie bezeichnet. Es wird zwischen hydrothermalen und petrothermalen Systemen unterschieden. Bei der hydrothermalen Geothermie werden vorhandene warme oder heiße Wasserleiter, in der Regel tiefe Grundwasserleiter (Aquifere), angezapft und das warme Wasser zur Energiegewinnung an die Oberfläche gepumpt. Wenn keine warmen Wasserleiter vorhanden sind, kann die im Gestein gespeicherte Energie genutzt werden. Diese Systeme werden als Enhanced Geothermal Systems (EGS) oder tiefe Erdwärmesonden bezeichnet.

Die Gemeinde Hofstetten befindet sich laut dem Energieatlas Bayern im äußeren Bereich des süddeutschen Molassebeckens, das ein grundsätzliches Potenzial für Tiefengeothermie aufweist. Aufgrund des Ergebnisses einer Machbarkeitsstudie vom Ingenieurbüro GEF Ingenieur AG kann aber erläutert werden, das die errechneten Wärmegestehungskosten nicht wettbewerbsfähig sind und somit kein Potenzial für die Nutzung der Tiefengeothermie ausgewiesen werden kann.

3.4 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie lässt sich in die Nutzung der gespeicherten Sonnenenergie sowie der Erdwärme, die sowohl im Boden als auch im Grundwasser vorhanden ist, unterteilen. Die Möglichkeiten zur Nutzung von Grundwasser werden jedoch erst im folgenden Kapitel näher erläutert. Man spricht grundsätzlich bei der oberflächennahen Geothermie bis zu einer maximalen Tiefe von 400 Metern. Diese Energie kann durch vertikale und auch horizontale Wärmeübertrager, in welchem ein Wärmeträgermedium zirkuliert und eine Wärmepumpe mit Umweltwärme versorgt nutzbar gemacht werden.
Die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds im ganzen Gemeindegebiet beträgt in etwa 1,2-2,0 (W/mK). Im gesamten Gemeindegebiet ist eine gute Grabbarkeit des Bodens vorhanden. In Bayern sind Bohrungen und damit auch Erdwärmesonden, Grundwasserwärmepumpen sowie Erdwärmekollektoranlagen in Wasserschutzgebieten in der Regel untersagt.

Erdwärmesonden:
Bei Erdwärmesonden ist die Regenerationsfähigkeit des Bodens, sprich die Fähigkeit des Untergrunds die entzogene Wärme durch natürliche Prozesse wieder auszugleichen, zu beachten. Ebenso sollte die thermische Beeinflussung von Nachbargrundstücken bzw. anderen Sonden vermieden werden. Hierdurch ergibt sich ein Mindestabstand zu benachbarten Sonden sowie zu bestehenden Gebäuden.
Derzeit sind im Gesamten Stadtgebiet derzeit 5 Standorte für Erdwärmesonden mit einer maximalen Tiefe von 90 Metern laut Energieatlas bekannt.
Die Entzugsenergie pro Sonde ist im Gemeindegebiet unterschiedlich. Diese variiert von 3.583 kWh/a in Hofstetten bis zu 3.851 kWh/a im Nordwesten Hagenheims. Die Entzugsleistung einer Sonde liegt bei ca. 2,0-2,1 kW.
Bei einer maximalen Belegung der gesamten Siedlungsfläche mit Erdsonden (100 Sonden/ha) ergäbe sich ein großes, theoretisches Wärmepotenzial von 29 GWh bei einer maximal möglichen Sondenanzahl von 7.985 Sonden.
Die tatsächliche realistisch nutzbare Wärmemenge ist von individuellen wirtschaftlichen und technischen Voraussetzungen abhängig. Dies betrifft beispielsweise den Wärmebedarf vom Gebäude, da bei einem höheren Wärmebedarf die Erhöhung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe eine größere Wirkung auf die Amortisation der Mehrkosten hat als bei kleinerem Wärmebedarf. Ebenso sind noch die spezifische Wärmekapazität des Bodens, die Grabbarkeit sowie die maximale Bohrtiefe des Standorts zu nennen.

Erdwärmekollektoren:
Erdwärmekollektoren kommen in geringer Tiefe bis zu 1,5 m zum Einsatz. Ein Nachteil solcher Kollektoren kann der Platzbedarf sein, den solche Systeme benötigen. Der Flächenbedarf liegt bei etwa 1,5 bis 2,5-Fache der beheizten Wohnfläche.
Bei einer maximalen Belegung der gesamten, nicht bebauten Siedlungsfläche außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete mit Kollektoren ergäbe sich aufgrund einer Entzugsenergie von, laut Energieatlas vorhandenen, 100 kWh pro m² Kollektorfläche ein großes theoretisches Wärmepotenzial von 61 GWh.
Im Zuge der Einzelfallprüfung müsste geprüft werden, ob eine genügend große Fläche mit geringem Gefälle und geeigneten Bodeneigenschaften vorhanden ist. Ebenso sollte diese Fläche auch zukünftig nicht bepflastert werden. Ebenso kommen zunehmend Sonderformen der oberflächennahen Geothermie zum Einsatz. Dies wären beispielsweise Grabenkollektoren, Künettenkollektoren und Erdwärmekörbe. In diesen sind die Kosten sowie der Platzbedarf geringer. Diese sind aber für Radiatorsysteme mit einer Vorlauftemperatur > 50°C ungeeignet.

3.5 Grundwasser

Das Wärmepotenzial des Grundwassers wird durch Entnahme über einen Förderbrunnen dem Grundwasserleiter entzogen und dem Wärmeübertrager einer Wärmepumpe zugeführt. Nach der thermischen Nutzung, bei der die Wassertemperatur abgesenkt wird, wird das abgekühlte Wasser über einen Injektionsbrunnen wieder in den Grundwasserleiter zurückgeführt. Da mit Grundwasser die, für Wärmepumpen nutzbare Quelle, höchste mittlere Temperatur zur Verfügung steht, ist die Jahresarbeitszahl dieser Variante in der Regel auch höher als bei den anderen Wärmepumpenarten.
Die erforderliche Wassermenge hängt von den thermischen Anforderungen des Gebäudes ab, die wiederum durch Faktoren wie Gebäudedämmung, Größe und Heizsystem beeinflusst werden. In der Regel werden etwa 1,5 bis 3 Kubikmeter Wasser pro Stunde je 10 kW Heizleistung benötigt. Die tatsächliche Fördermenge ist standortabhängig und wird durch eine Probebohrung ermittelt. Dabei wird das Potenzial des Grundwasserleiters geprüft, insbesondere seine Mächtigkeit und Durchlässigkeit.
Der Brunnenstandort muss mindestens 3 Meter vom Gebäude und der Grundstücksgrenze entfernt sein. Eine Einschränkung bei der Standortwahl ergibt sich aus der maximal zulässigen Absenkung des Wasserspiegels im Entnahmebrunnen, die nicht mehr als ein Drittel der Mächtigkeit des Grundwassers betragen darf. Ein weiteres Kriterium ist der Aufstau im Schluckbrunnen, also der Punkt, an dem das entnommene Wasser wieder in den Untergrund zurückgeführt wird. Die Wiedereinleitung darf den Grundwasserstand nicht übermäßig ansteigen lassen, um Oberflächenüberflutungen oder eine Erhöhung des Kellerspiegels zu vermeiden. Der Grundwasserspiegel sollte dabei maximal 0,5 Meter unterhalb der Geländeoberkante verbleiben. Ein entscheidender Punkt bei der Planung ist die Vermeidung eines hydraulischen Kurzschlusses zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen. Dabei darf es zu keinem thermischen Durchbruch zwischen der Förder- und Wiedereinleitung kommen. Dies wird maßgeblich durch den Abstand der Brunnenpaare beeinflusst. Der minimale Volumenstrom der drei betrachteten Parameter - Absenkung im Entnahmebrunnen, Aufstau im Schluckbrunnen und Vermeidung des hydraulischen Kurzschlusses - entspricht der maximalen nachhaltig förderbaren Wassermenge. Diese bestimmt die thermische Entzugsleistung des Systems.
Veränderbare Stellschrauben sind beispielsweise der Abstand zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen, die Dimensionierung der Brunnen sowie die Regelung des Volumenstroms. Standortbedingte Fixwerte sind hingegen die geologische Beschaffenheit, insbesondere der Durchlässigkeitsbeiwert und die Grundwassermächtigkeit, die nicht beeinflusst werden können. Ebenso ist eine chemische Untersuchung des Grundwassers notwendig.

Die chemischen Eigenschaften des Grundwassers sind ein entscheidender Faktor für die Anlagenstandzeit. Hohe Eisen- und Manganwerte können zu Ablagerungen in den Rohrleitungen und der Wärmepumpe führen. Korrosionsrisiken bestehen bei einem niedrigen pH-Wert oder hohem CO_2-Gehalt. Weitere Einflussfaktoren sind die Härte des Wassers sowie gelöste Gase, die das Material der Anlage angreifen können. Eine detaillierte Wasseranalyse vor der Installation der Anlage ist erforderlich, um die langfristige Funktionsfähigkeit der Wärmepumpe sicherzustellen.
Bei der Anbindung der Grundwasserwärmepumpe an das Heizsystem gibt es zwei grundlegende Konzepte: den Direktbetrieb und den Betrieb mit einem Zwischenwärmeübertrager. Im Direktbetrieb wird das Grundwasser direkt durch die Wärmepumpe geführt. Dies führt zu einer höheren Effizienz, setzt jedoch eine geringe Korrosionsgefahr durch das Grundwasser voraus. Bei kritischen Wasserqualitäten wird stattdessen ein Wärmeübertrager zwischengeschaltet, um die Wärmepumpe vor Ablagerungen und Korrosion zu schützen. Ebenso kann dies zum Schutz des Grundwassers, damit das Grundwasser keinen direkten Kontakt mit Betriebsmitteln wie Öl hat, gefordert sein.
In Hofstetten ist im Energieatlas Bayern ein Potenzial ausgewiesen. Die Entzugsleistung pro Brunnenpaar mit 10 m Abstand zwischen Förder- und Schluckbrunnen liegt hierbei bei 32 kW, die Entzugsenergie bei 58 MWh/a. Im betreffenden Siedlungsgebiet liegen ca. 26 Gebäude. Das theoretische Wärmepotenzial dieser Gebäude liegt bei 1,51 GWh. Im Gemeindegebiet ist derzeit keine Grundwasserwärmepumpe vorhanden.

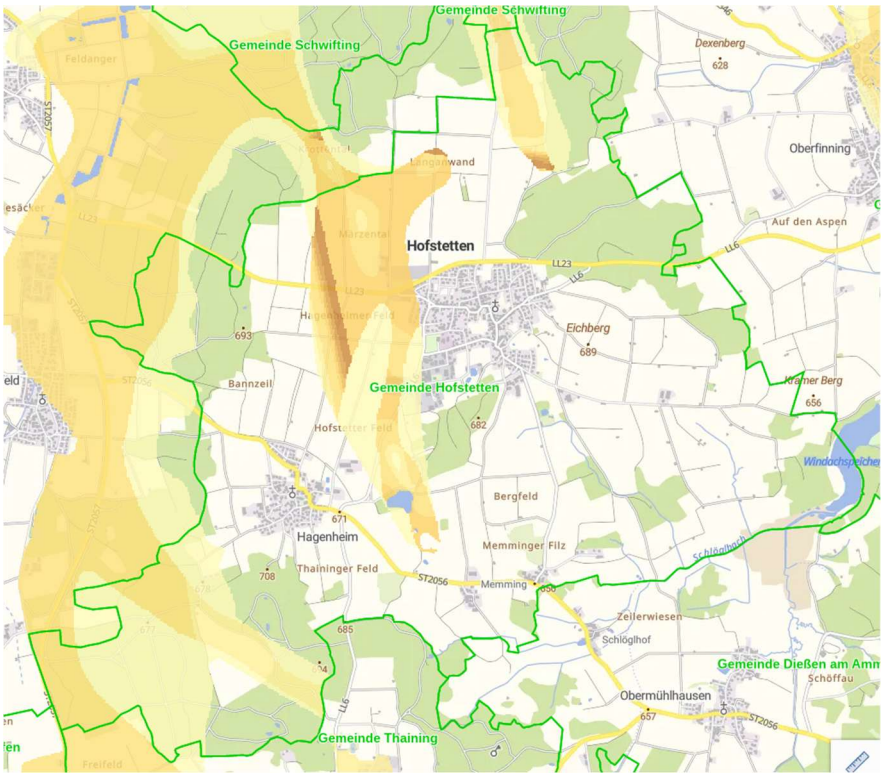


Abbildung 17: Grundwasserpotenzial

3.6 Oberflächenwasser

Dank der etwa vierfach höheren Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu Luft erwärmt sich Wasser bei Sonneneinstrahlung deutlich langsamer, kann jedoch bei sinkenden Außentemperaturen Wärme länger speichern. Diese gespeicherte Energie lässt sich theoretisch mittels Wärmeübertrager dem Wasser entziehen und durch eine Wärmepumpe nutzbar machen. Die potenziell verfügbare Wärmemenge aus Oberflächengewässern hängt dabei vom Temperaturverlauf des Gewässers, der vorhandenen Wassermenge sowie der Temperaturspreizung bei der Entnahme ab.

Bei der Nutzung von Oberflächengewässern zur Wärmeerzeugung wird das Wasser abgekühlt. Aktuell existieren keine spezifischen Vorgaben für die Einleitung von Wasser, dessen Temperatur unterhalb derjenigen des Gewässers liegt. Als Orientierung kann jedoch eine maximale zulässige Gewässertemperaturänderung von 1,5 bis 3,0 °C herangezogen werden. Die Energiemenge, die dem Oberflächenwasser entzogen werden darf, ist somit begrenzt.
Aus Frostschutzgründen sollte die Rücklauftemperatur des Wärmeübertragers nicht unter 1,5 °C sinken.

Im Gemeindegebiet von Hofstetten ist kein siedlungsnahes Oberflächenwasser vorhanden, sodass kein Potenzial hierfür ausgewiesen werden kann.

3.7 Biomasse und Biogas

Biomasse ist derzeit der einzige erneuerbare Energieträger, der kurzfristig breit verfügbar ist und hohe Temperaturen erzeugen kann. Zudem lässt es sich transportieren und lagern, was eine flexible und überregionale Nutzung ermöglicht. Für die Wärmeerzeugung sollten jedoch aus Naturschutzgründen, zur Ressourcenschonung und angesichts der Bedeutung der stofflichen Holzverwertung bevorzugt nur Waldrestholz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sowie holzartige Abfälle aus Haushalten, Gewerbe und Landschaftspflege eingesetzt werden.

Die Schätzung des Potenzials zur Biomassenutzung basiert auf Daten der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

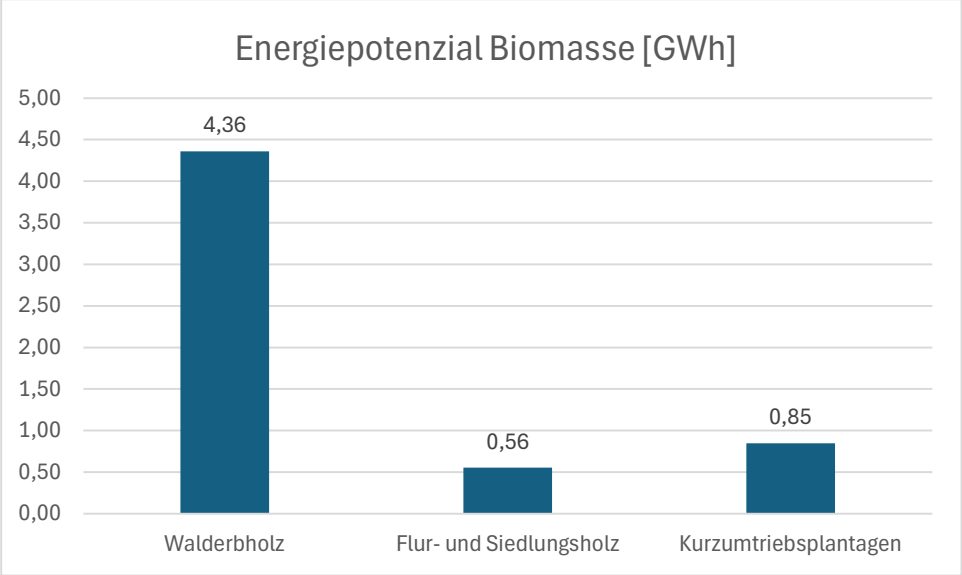
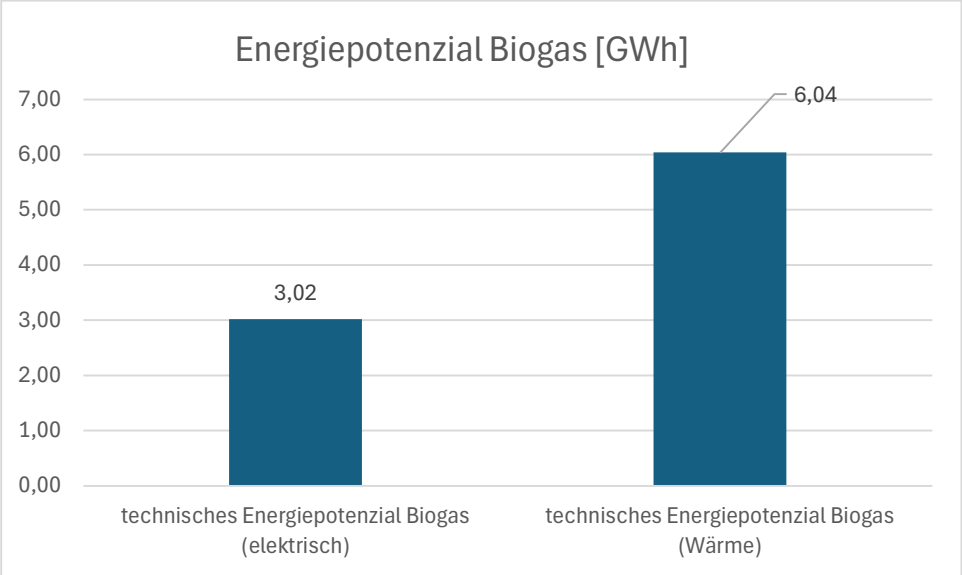


Abbildung 18: Energiepotenzial Biomasse

Die Energiepotenziale aus Waldderbholz geben die jährlich verfügbare Energiemenge des Holzes oberhalb der Derbholzgrenze (Durchmesser >7 cm) an. Die Berechnung dieser Energiemenge erfolgt anhand des durchschnittlichen Holzvorrats pro Hektar Gemeindefläche. Dabei werden sowohl der Waldumbau als auch die Zusammensetzung des Baumbestands nach Masse und Art überschlägig berücksichtigt.
Das Energiepotenzial aus Flur- und Siedlungsholz wird ebenfalls als Mittelwert pro Hektar berechnet und umfasst Gehölze, Hecken und Bäume im Offenland. Das Potenzial zur Nutzung von Ackerflächen für Kurzumtriebsplantagen (KUP) wurde in einer Studie der LWF auf geeigneten Flächen mit niedriger Bodenwertzahl und guter Wasserversorgung ermittelt.

Alle Werte stellen theoretisch jährlich verfügbare Energiepotenziale dar. Abzüglich der bereits genutzten Energiemengen aus Biomasse von 3,70 GWh verbleibt ein Potenzial von 2,06 GWh für Biomasse.

Das technische Energiepotenzial von Biogas wurde gemeindescharf von der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) sowie dem Fraunhofer Institut ermittelt. Auf Grundlage, der aus den verfügbaren zur Flächennutzung und zur Tierhaltung ermittelten Massenpotenziale, lässt sich schlussfolgern, dass die Produktion im IST-Stand um fast 80 % gesteigert werden kann. Hierbei ist keine Ausdehnung des derzeitigen Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen notwendig. Zur Steigerung tragen im Wesentlichen Wirtschaftsdünger und Nebenprodukte mit derzeit ungenutztem Potenzial bei.



In der Gemeinde Hofstetten besteht ein technisches Wärmeenergiepotenzial von 6,04 GWh. Dieses ergibt sich aus pflanzlichen Haupt- und Nebenprodukten, organischen Abfällen sowie Gülle und Festmist.

Aus technischer Sicht ist für die Nutzung des Biogaspotenzials eine Leitungsinfrastruktur für gasförmige Energieträger erforderlich. Alternativ wäre auch eine Aufbereitung zu Flüssiggas denkbar. Aufgrund der derzeitigen Marktentwicklung ist jedoch davon auszugehen, dass Flüssiggas wegen der langen Erzeugungskette im Vergleich zu anderen Energieträgern kostenintensiver ist.

3.8 Industrielle Abwärme

Laut Abwärmekataster sowie nach Rücksprache mit der Gemeinde liegt derzeit kein industriell nutzbares Abwärmepotenzial vor.

3.9 Abwärme aus Abwasser

Um einen Wärmeübertrager in die Abwasserleitung einzubauen, ist ausreichender Platz erforderlich, und der Wärmeübertrager muss für Reinigungsarbeiten zugänglich sein. Daher wurde als Mindestkriterium eine Nennweite von DN800 sowie ein Mindestabfluss von 15 Liter pro Sekunde festgelegt.
Da eine dauerhafte Abkühlung des Klärwassers negative Auswirkungen auf die Nitrifikationsleistung der Kläranlage und somit einem erhöhten Stickstoffgehalt im Ablauf zur Folge hat, kann die Temperatur des Abwassers nicht unbegrenzt reduziert werden. Die tatsächlich mögliche Temperaturabsenkung muss anhand der Dimensionierung der Kläranlage überprüft werden. Eine dauerhafte Temperaturabsenkung von 0,5 Kelvin gilt allerdings als unproblematisch. In großzügig dimensionierten Kläranlagen kann sogar eine Temperaturabsenkung bis zu 4 Kelvin erreicht werden, ohne die Funktionsweise der Kläranlage zu beeinträchtigen.

Im Gemeindegebiet Hofstetten ist keine Kläranlage vorhanden. Das Abwasser wird derzeit in die Kläranlage von Landsberg weitergeleitet. Ebenso sind keine ausreichend dimensionierte Leitungen vorhanden. Somit kann in der Gemeinde Hofstetten kein Potenzial für Abwasserwärme ausgewiesen werden.

3.10 Potenzialanalyse energetische Gebäudesanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands ist ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele. Das damit verbundene Potenzial ermöglicht nicht nur signifikante Einsparungen beim Energiebedarf, sondern auch eine Steigerung des Wohnkomforts sowie eine Aufwertung der Immobilien. Im Gemeindegebiet Hofstetten besteht Sanierungspotenzial bei älteren Gebäuden, insbesondere jenen, die vor der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet wurden.
Für die Abschätzung des Einsparpotenzials im Raumwärmebedarf wird angenommen, dass der spezifische Wärmebedarf von Gebäuden, die bis 1982 errichtet wurden, auf 100 kWh/m² und von Gebäuden ab 1983 auf 50 kWh/m² reduziert werden kann. Diese konservative Annahme berücksichtigt, dass durch umfassendere Sanierungsmaßnahmen auch bei älteren Gebäuden noch niedrigere Werte erreichbar sind.
Somit könnten allein im Wohnsektor durch umfassende Sanierungsmaßnahmen etwa 13,70 GWh eingespart werden – dies entspricht rund 54 % des aktuellen Wärmebedarfs der Wohngebäude.

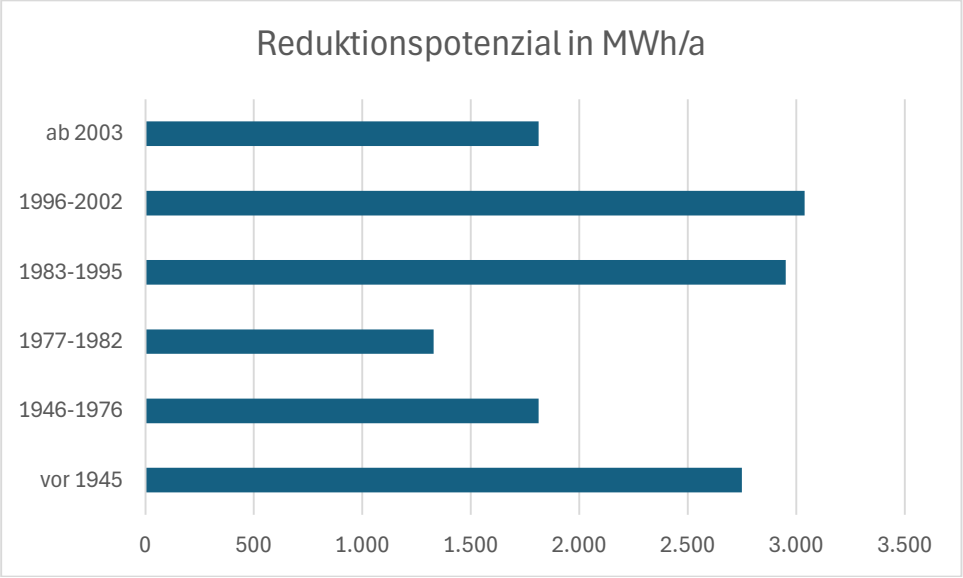


Abbildung 19: Reduktionspotenzial Sanierung

4. *Eignungsprüfung*

Die Analyse der Wärmebelegungsdichte für das gesamte Gemeindegebiet zeigt, dass der Wärmebedarf hauptsächlich in den Siedlungsgebieten Hofstetten und Hagenheim, sowie dem Gewerbegebiet Hofstettens, liegt. In den außerhalb gelegener, überwiegend locker bebauter Bereiche besteht hingegen keine ausreichenden Potenziale für eine wirtschaftliche Versorgung durch eine Netzstruktur.

Abbildung 20: Eignungsgebiet Wärmeplanung Hofstetten

Die außerhalb des definierten Eignungsgebiets liegenden Bereiche werden im Wärmeplan als potenzielle Gebiete für eine dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Diese Klassifizierung impliziert, dass seitens der Gemeinde keine Planung für die Errichtung eines zentralen Wärmenetzes oder eines Wasserstoffnetzes vorgesehen ist. Es besteht jedoch weiterhin die Möglichkeit, dass private Akteure eigenständig Wärme- oder Wasserstoffnetze entwickeln und betreiben.

4.1 Eignungsgebiet für Wärmenetze

Die Identifikation von Eignungsgebieten für Wärmenetze bildet einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung und dient als Grundlage für weiterführende Planungen sowie Investitionsentscheidungen. Für eine fundierte Entscheidungsbasis zur endgültigen Festlegung von Wärmenetzversorgungsgebieten sind jedoch ergänzende Untersuchungen, etwa in Form von Machbarkeitsstudien, erforderlich. Für die Bewertung der Eignung von Wärmenetzen kommen insbesondere folgende Kriterien zum Tragen:

- Wärmedichte
- Vorhandene Ankergebäude (Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf)
- Bebauungsstruktur und dichte, Denkmalschutz
- Bestehende Wärmenetze oder entsprechende Planungen

Auf Basis der vorliegenden Daten kann die Eignung von Wärmenetzgebieten wie folgt beurteilt werden:

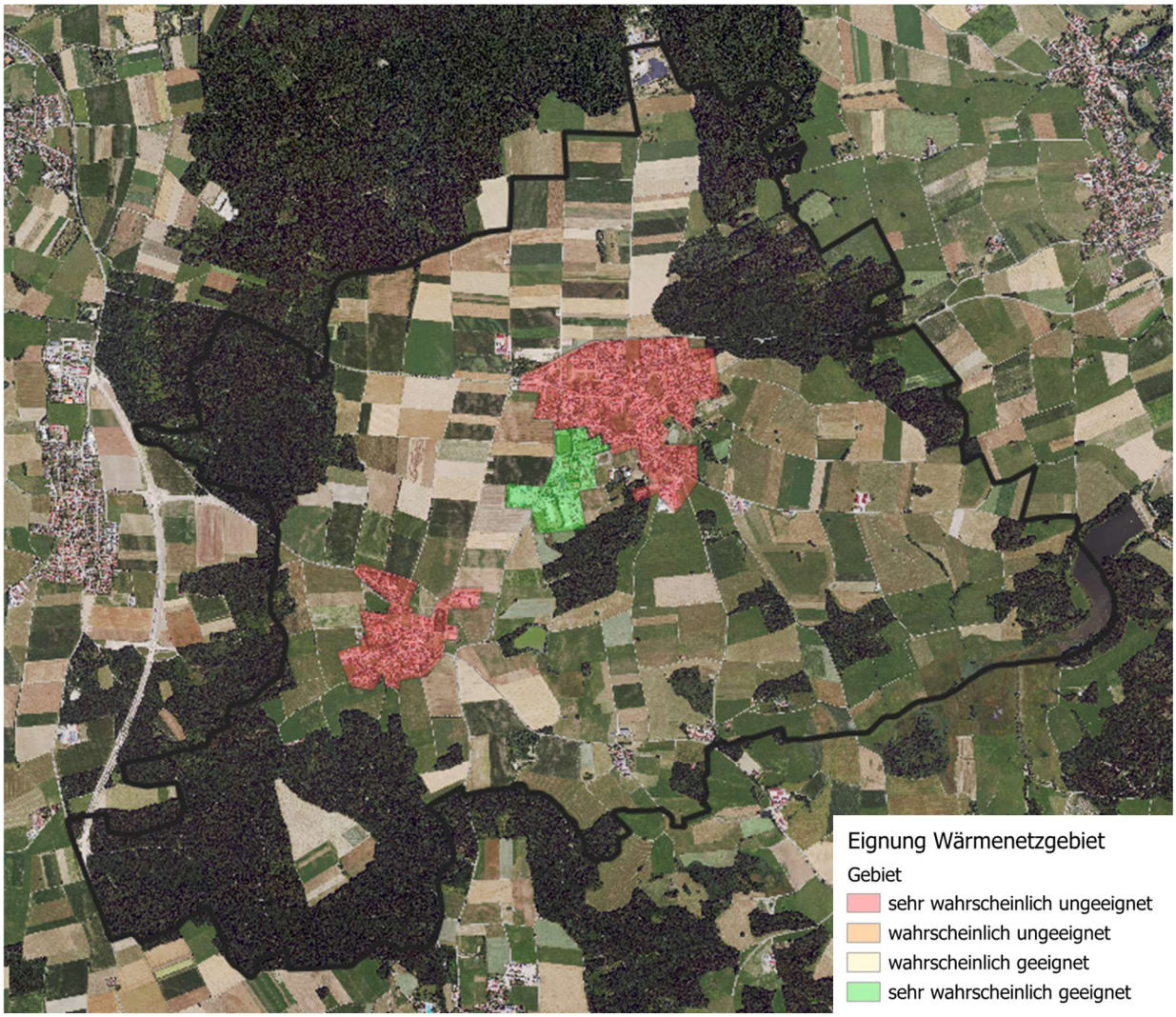


Abbildung 21: Eignung Wärmenetzgebiet

4.2 Eignungsgebiete für Wasserstoffnetze

Technisch wäre die Nutzung eines bestehenden Gasnetzes für den Transport von Biomethan, synthetischem Methan oder Wasserstoff grundsätzlich möglich. Da in der Gemeinde Hofstetten derzeit aber kein bestehendes Gasnetz vorhanden ist, scheint eine Eignung für ein Wasserstoffnetz im gesamten Gemeindegebiet sehr unwahrscheinlich.

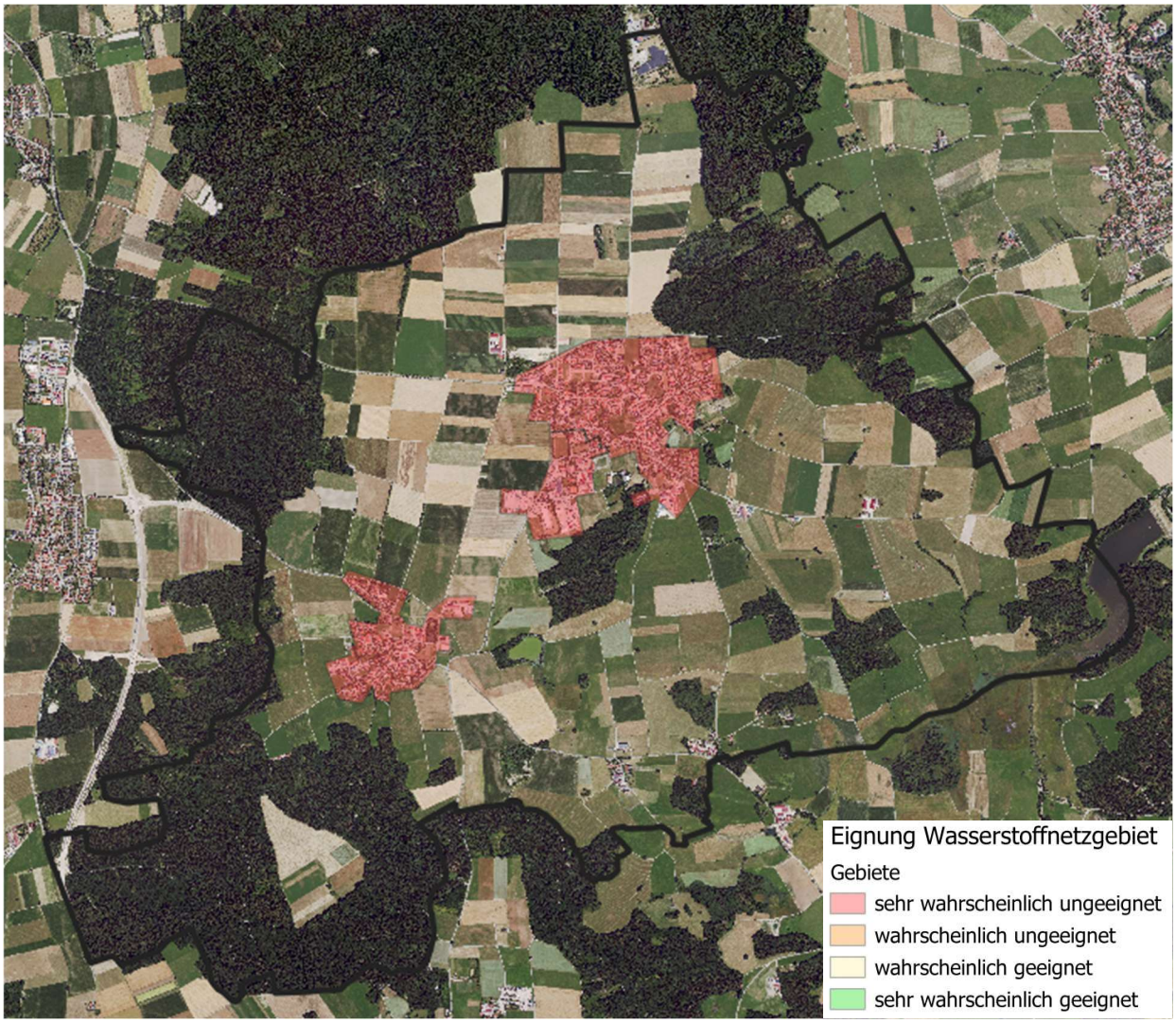


Abbildung 22: Eignung Wasserstoffnetzgebiet

4.3 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung

In Gebieten, in denen eine leitungsgebundene Wärmeversorgung aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten unwirtschaftlich erscheint, bieten dezentrale Wärmeversorgungslösungen in der Regel eine attraktive Alternative. Dies liegt vor allem daran, dass in diesen Gebieten meist nur eine geringe Wärmebedarfsdichte vorherrscht, die lokal beispielsweise durch Wärmepumpen oder Biomasse gedeckt werden kann.
Für die Bewertung der Eignung für dezentrale Wärmeversorgung wurden im Wesentlichen folgende Kriterien herangezogen:

- Wärmedichte
- Vorhandene Ankergebäude (Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf bzw. Prozesswärme)
- Bebauungsstruktur sowie die Dichte denkmalgeschützter Objekte
- Eignung für die Nutzung von Wärmenetzen und/oder Wasserstoff

Abbildung 23: Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung

5. *Zielszenarien*

5.1 Voraussetzungen und Annahmen

Gemäß dem Wärmeplanungsgesetz in Verbindung mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sollen die Treibhausgasemissionen so weit gemindert werden, dass eine Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 erreicht wird. Das Bayerische Klimaschutzgesetz (BayklimaG) fordert sogar eine Klimaneutralität bis 2040. Öffentlichkeitswirksam ist die bayerische Staatsregierung mittlerweile von diesem Ziel abgerückt. Somit gilt, dass in Hofstetten im Jahr 2045 keine Treibhausgas-Emissionen im Wärmesektor mehr verursacht, werden dürfen. Die in dieser Wärmeplanung beschriebenen Zielszenarien unterliegen folgenden Annahmen:

5.2 Bevölkerungsentwicklung

Für die Gemeinde Hofstetten liegen keine spezifischen Bevölkerungsprognosen bis 2045 vor. Allerdings hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) eine Bevölkerungsprognose für alle Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland veröffentlicht. Laut der BBSR-Prognose wird für den Landkreis Landsberg bis 2045 ein Bevölkerungszuwachs von etwa 7% erwartet. Dies deutet darauf hin, dass auch Hofstetten von einem Bevölkerungszuwachs betroffen sein könnte.

5.3 Verbrauchsentwicklung

5.3.1 Raumwärme und Warmwasser

Die energetische Sanierungsrate in Deutschland liegt aktuell bei etwa 1 % und ist in den Jahren 2023 und 2024 auf rund 0,7 % gesunken. Dabei basiert diese Einschätzung auf einer begrenzten Datengrundlage, da präzise Erhebungen fehlen.
Experten schätzen, dass eine Sanierungsrate von 2–4 % erforderlich wäre, um die Klimaziele des Pariser Abkommens zu erreichen.
Die Sanierungsrate beschreibt den Anteil der Gebäude, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums energetisch saniert wurden. Zu den Maßnahmen einer energetischen Sanierung zählen unter anderem die Dämmung des Dachs und der Fassade sowie der Austausch von Fenstern und Außentüren.

Für die Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Hofstetten bis 2045 wurden für Wohngebäude Annahmen in Abhängigkeit des Baualters der Gebäude getroffen:

Tabelle 2:Sanierungsrate nach Baualtersklasse

Baualterklasse	Jährliche Sanierungsrate	Zielwert spez. Energieverbrauch [kWh/m²]
Vor 1945	2,0 %	100
1946-1976	3,0 %	100
1977-1982	2,5 %	100
1983-1995	1,5 %	50
1996-2002	1,0 %	50
Ab 2003	0,0 %	/

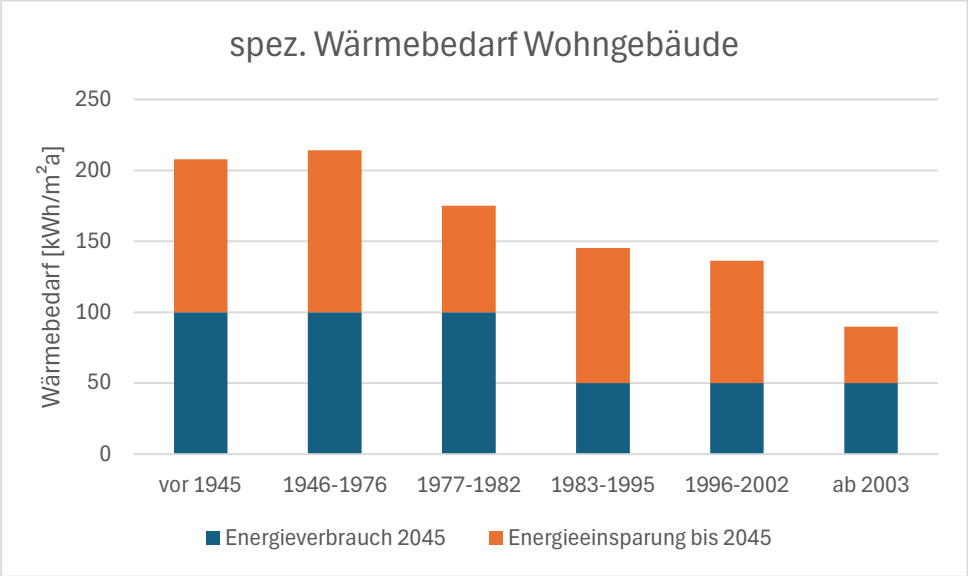


Abbildung 24: Spezifischer Wärmebedarf Wohngebäude Hofstetten

Für öffentliche Gebäude wird eine Sanierungsrate von 1% und ein energetischer Zielwert von 70 kWh/m² angenommen. Der Raumwärmebedarf von Gewerbe und Industrie ist stark von der Nutzung der Gebäude abhängig. Es wurde hier pauschal eine jährliche Einsparung von 1% angenommen.

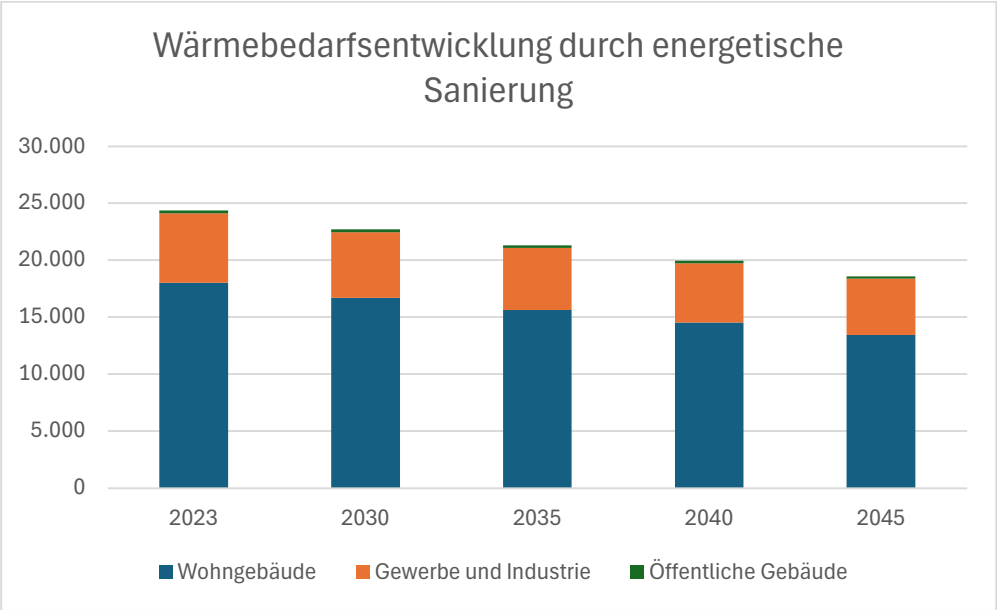


Abbildung 25: Entwicklung Wärmebedarf durch energetische Sanierung

Mit den getroffenen Annahmen kann eine Wärmebedarfsreduzierung gegenüber dem Jahr 2023 von 22,87 % erreicht werden. Dieser Wert ist zwar in Hinblick auf die notwendige Einsparung gemäß Klimaschutzgesetz wenig ambitioniert, erscheint aber aufgrund der Erfahrungswerte der Vergangenheit realistisch.

5.4 Zielszenario 2045

5.4.1 Grundlagen

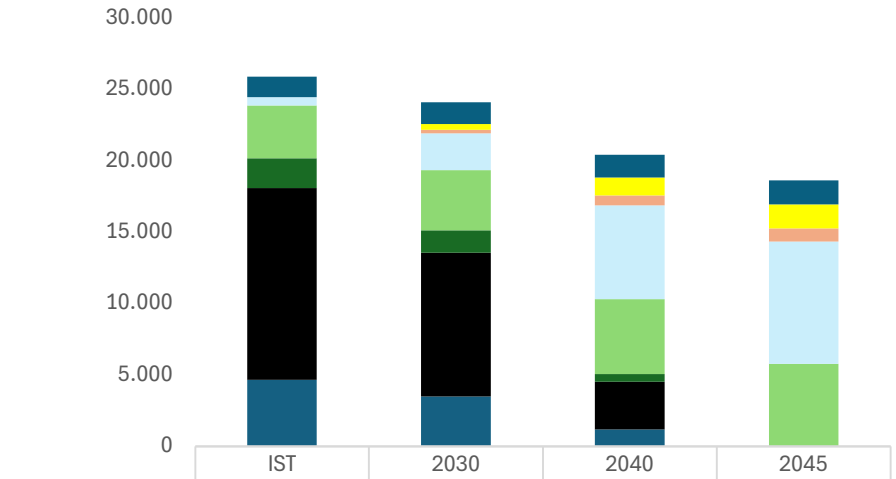
Das Zielszenario beschreibt den Endzustand einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Basierend auf den angenommenen Verbrauchsreduktionen wurde für Hofstetten ein Versorgungszenario 2045 entwickelt, bei dem die Wärmeversorgung gänzlich ohne den Einsatz von fossilen Energieträgern erfolgt.

Es ergaben sich folgende Leitplanken der Szenarienerstellung:

- Biomasse soll nur in Höhe des lokal verfügbaren Potenzials genutzt werden.
- Für dezentrale Wärmeversorgung sollten für Gebäude mit tendenziell niedrigeren Wärmebedarf Luft-Wasser-Wärmepumpen vorgesehen werden.
- Gebäude mit höherem Wärmebedarf sollten mit Sole-Wasser-Wärmepumpen, Wasser-Wasser-Wärmepumpen oder Biomasse versorgt werden.
- Ca. 15% des Wärmebedarfs von Luft-Wasser-Wärmepumpen sollte durch Solarthermie gestützt werden.
- Verdichtung des Wärmenetzgebiets

5.4.2 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern

Die Bestands- und Potenzialanalyse zeigt, dass in Hofstetten künftig ein hoher Anteil der Gebäude mittels Wärmepumpen versorgt werden muss. Im Zielszenario wird für Gebäude mit moderatem Wärmeverbrauch (z. B. Einfamilienhäusern), bei denen prinzipiell die Möglichkeit besteht, den Wärmebedarf über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zu decken, diese Technologie vorgesehen. Sollten die Daten zu Bauzustand, Wärmeverbrauch und den angenommenen Sanierungsmaßnahmen ergeben, dass der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nicht realisierbar ist, wird alternativ eine Biomasseheizung, Sole-Wasser-Wärmepumpe oder Wasser-Wasser-Wärmepumpe implementiert.
Für das Wärmenetzgebiet wurde eine Verdichtung des Netzgebiets mit maximaler Anschlussleistung von 100 kW vorgesehen.
Der Nutzenergiebedarf nach Energieträgern für das Zieljahr 2045 sowie für die Zwischenjahre 2030 und 2040 wird in der folgenden Abbildung dargestellt. Zur Vereinfachung wird in der Grafik die Nutzenergie der Wärmepumpen (Außenluft und Geothermie) anstelle der Endenergie ausgewiesen. Aufgrund der hohen Effizienz von Wärmepumpen reduziert sich der Endenergiebedarf (konkret der Strombedarf) hier deutlich. Es werden ausschließlich Raum- und Warmwasserbedarf abgebildet.



	IST	2030	2040	2045
Wärmenetz	1.430	1.512	1.596	1.680
Solarenergie	0	418	1.254	1.672
Geothermie	0	229	688	917
Abwasser	0			0
Außenluft	580	2.572	6.555	8.547
Abwärme	0			0
Biomasse	3.700	4.216	5.248	5.764
Stromheizungen	2.077	1.558	519	0
Heizöl	13.400	10.050	3.350	0
Flüssiggas	4.640	3.480	1.160	0

Abbildung 26: Entwicklung Energieträger Raumwärme

In diesem Szenario einer klimaneutralen Wärmeversorgung durch dezentrale Wärmeerzeugung wird der Wärmebedarf durch eine Kombination verschiedener regenerativer Energiequellen gedeckt. Etwa 46 % der Wärme stammen aus Luft-Wasser-Wärmepumpen. Für größere Liegenschaften kommt Geothermie zum Einsatz, die 5 % des Bedarfs abdeckt. Unterstützend stehen zur Deckung des Wärmebedarfs noch ca. 9% des gesamten Wärmebedarfs durch dezentrale Solarthermie zur Verfügung. Zudem steht für 31 % des Wärmebedarfs lokal verfügbare Biomasse zur Verfügung. Diese dezentrale Struktur ermöglicht eine klimaneutrale Wärmeversorgung, indem fossile Energieträger weitgehend ersetzt und regionale Ressourcen effizient genutzt werden. Ebenso ist eine Verdichtung der zentralen Struktur im Gewerbegebiet vorgesehen, die insgesamt 9 % des Endenergiebedarfs deckt.

5.4.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Die geplanten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger – insbesondere der schrittweise Rückgang von Flüssiggas und Heizöl zugunsten von Biomasse und Strom – werden zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen führen.
Aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung der Wärmeversorgung hängen die künftigen Emissionen stark von der Entwicklung des bundesweiten Strommixes ab. Es wird angenommen, dass der spezifische CO_2-Ausstoß im Stromsektor wie geplant bis 2045 deutlich sinkt. Die Berechnungen basieren auf den Vorgaben des Technikkatalogs

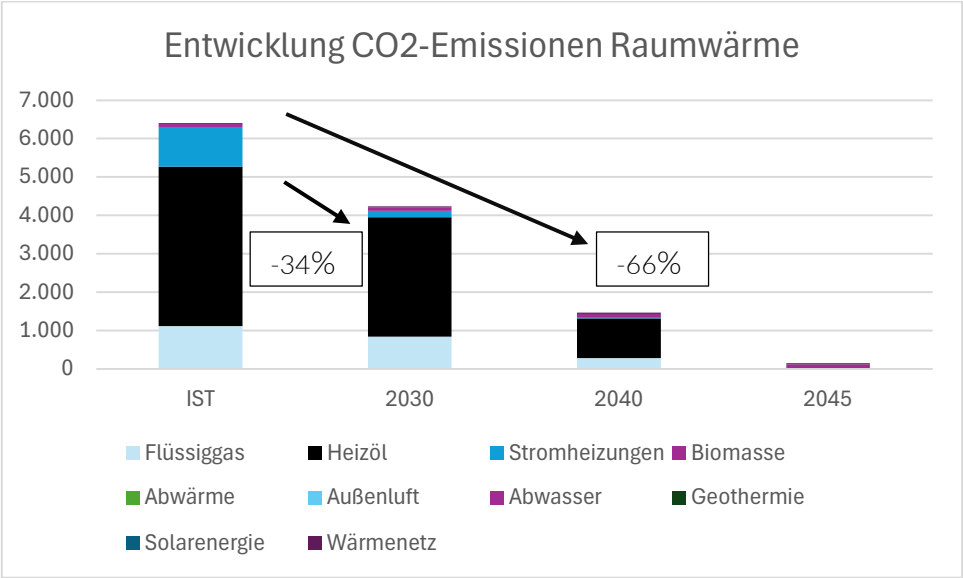


Abbildung 27: Entwicklung CO2-Emissionen

Bis 2030 ist eine CO_2-Einsparung von rund 34 % erforderlich, bis 2040 sollten 66% erreicht werden.

5.4.4 Räumliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur

Die räumliche Darstellung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur zeigt, dass in Gebieten mit vorwiegender Einfamilienhausbebauung künftig die Nutzung von Umweltwärme in Kombination mit Wärmepumpen dominieren wird. In Gebieten mit höherem Wärmebedarf ist mit der Nutzung von Biomasse zu rechnen.

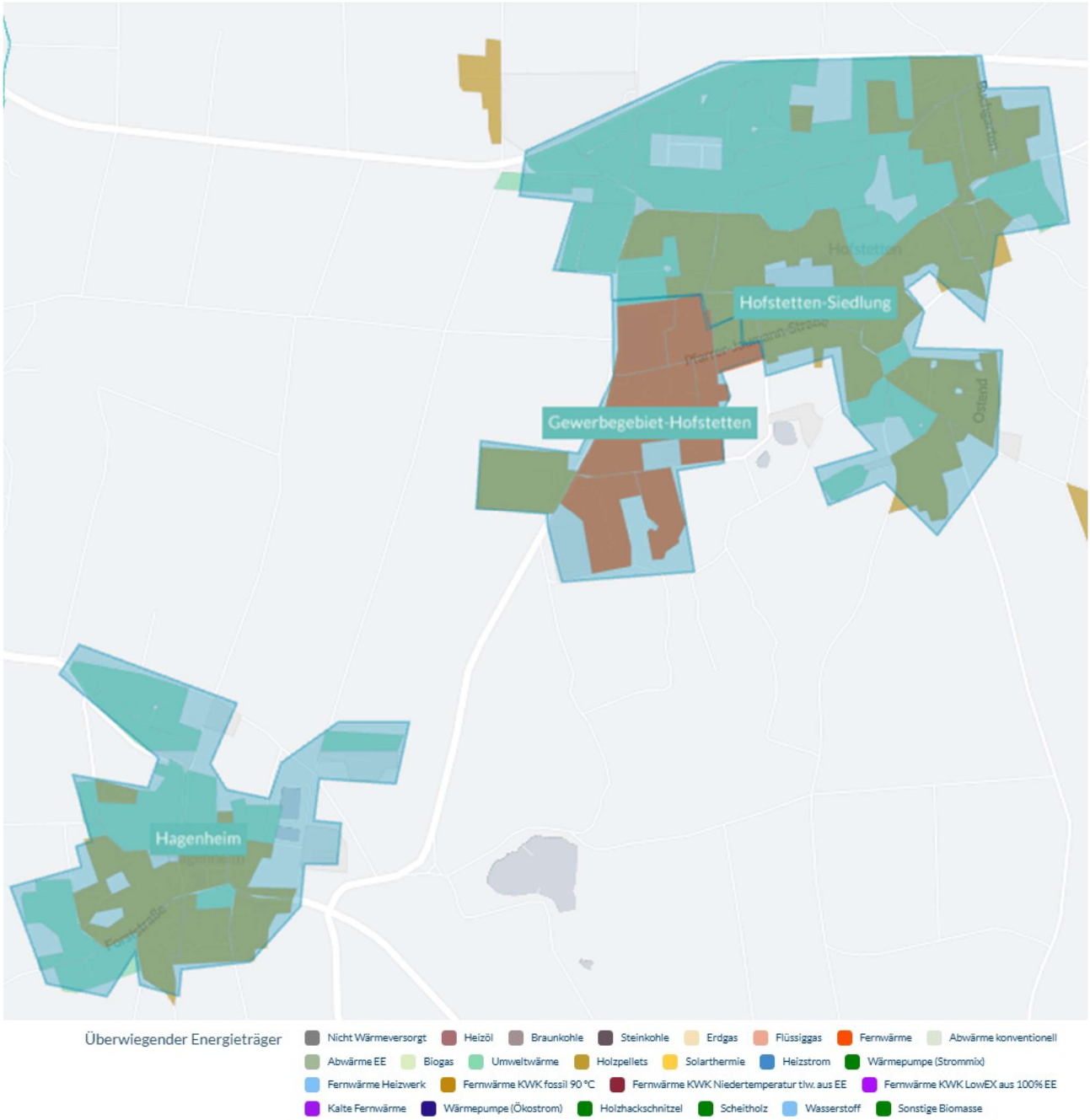


Abbildung 28: Räumliche Darstellung überwiegender Energieträger

5.4.5 Räumliche Darstellung der notwendigen Energieeinsparung

Zur Erreichung der konservativen Annahmen des Zielszenarios ist eine zumindest teilweise energetische Sanierung des überwiegenden Gebäudebestands erforderlich – etwa durch Dachdämmung oder Fensteraustausch. Eine flächendeckende, vollständige Sanierung wäre aus energetischer Sicht wünschenswert.

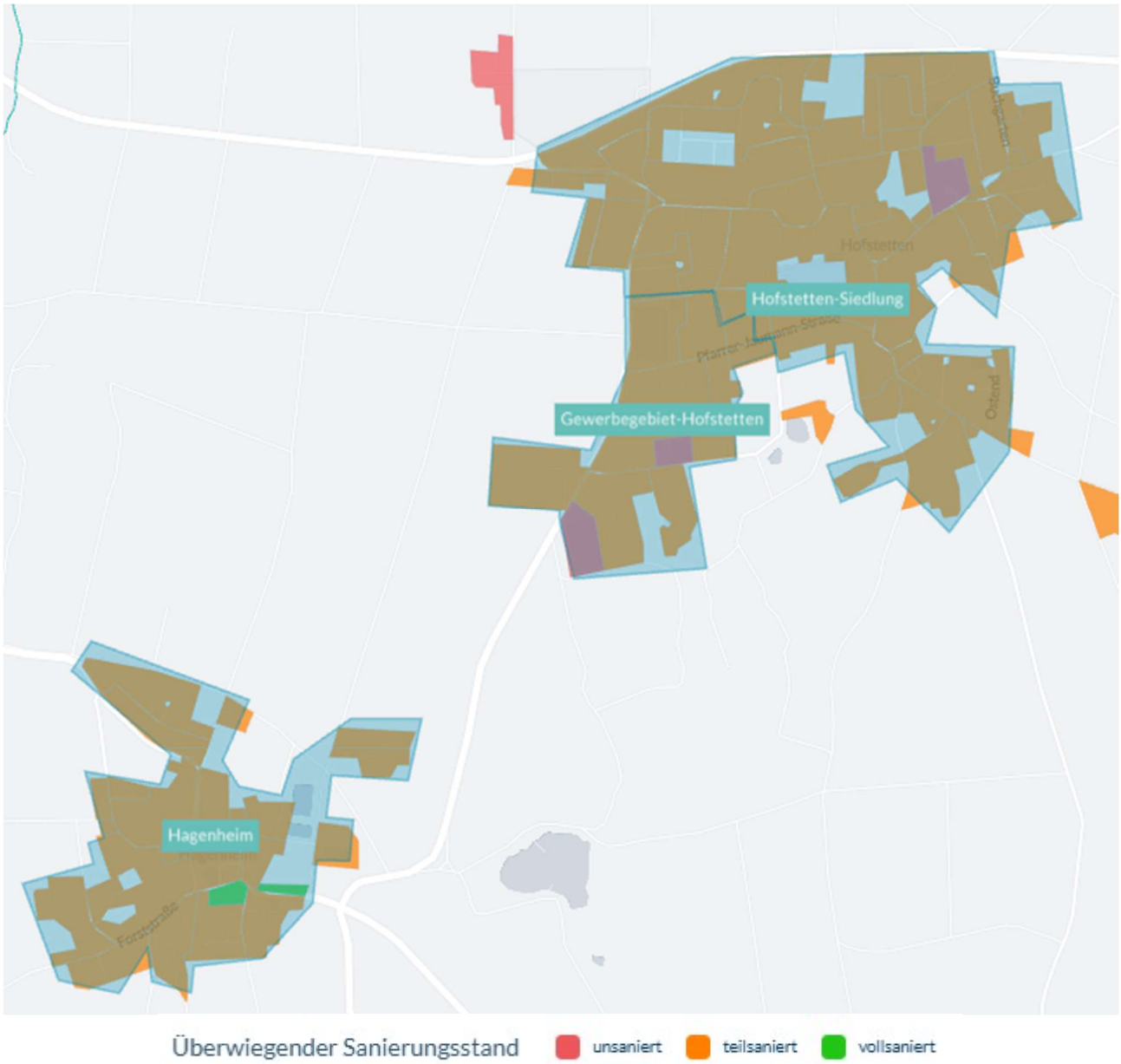


Abbildung 29: Räumliche Darstellung benötigte Energieeinsparung

5.5 Identifizierung von Fokusgebieten

Für die weitere Planung sind zwei bis drei Fokusgebiete zu identifizieren, die kurz- bis mittelfristig prioritär im Hinblick auf eine klimafreundliche Wärmeversorgung behandelt werden sollen.

5.5.1 Historischer Siedlungsteil Hofstetten

Das Fokusgebiet „Historischer Siedlungsteil Hofstetten“ umfasst den historischen Siedlungsteil der Gemeinde Hofstetten und stellt ein Teilgebiet des Plangebiets „Hofstetten-Siedlung“ dar. Es handelt sich um einen Bereich mit überwiegend älterem Gebäudebestand, der das Ortsbild wesentlich prägt und zugleich einen hohen kulturellen und städtebaulichen Wert besitzt. In diesem Gebiet besteht bereits eine kommunale Sanierungssatzung mit zugehörigem Förderprogramm, das Eigentümerinnen und Eigentümer bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen unterstützt. Diese Instrumente schaffen gezielte Anreize, um bauliche Erneuerungen unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Anforderungen umzusetzen. Dadurch wird nicht nur der Erhalt der historischen Bausubstanz gefördert, sondern auch ein Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebestand geleistet. Durch eine erhöhte Sanierungsaktivität können Energieverbrauch und CO_2-Emissionen im Bestand deutlich reduziert werden. Zudem ermöglicht die Kombination von energetischen und gestalterischen Maßnahmen eine nachhaltige Aufwertung des historischen Ortskerns. Die Gemeinde ist mit der bestehenden Sanierungssatzung und dem kommunalen Förderprogramm bereits gut aufgestellt. Eine Weiterführung und kontinuierliche Aktualisierung dieses Instruments wäre im Hinblick auf die Wärmeplanung empfehlenswert, um den eingeschlagenen Weg der energieeffizienten und zugleich ortsbildgerechten Entwicklung fortzuführen.

Abbildung 30: Fokusgebiet „Historischer Siedlungsteil Hofstetten“

5.5.2 Historischer Siedlungsteil Hagenheim

Das Fokusgebiet „Historischer Siedlungsteil Hagenheim“ umfasst den älteren, historisch gewachsenen Siedlungsteil Hagenheims und ist Teil des Plangebiets „Hagenheim“ der kommunalen Wärmeplanung. Der Bereich ist, ähnlich wie im Fokusgebiet „Siedlung-Hofstetten“, durch einen älteren Gebäudebestand mit ortsbildprägender und teilweise denkmalgeschützter Bausubstanz geprägt. Auch in Hagenheim besteht eine kommunale Sanierungssatzung mit zugehörigem Förderprogramm, das Sanierungsmaßnahmen auf privater und kommunaler Ebene gezielt unterstützt. Dieses Instrument schafft – wie in Hofstetten – wirkungsvolle Anreize, um energetische Modernisierungen und bauliche Erhaltungsmaßnahmen im Einklang mit dem historischen Ortsbild umzusetzen. Ziel des Fokusgebiets ist, analog zu Hofstetten, die Steigerung der Sanierungsquote. Durch eine verstärkte Aktivierung der bestehenden Fördermöglichkeiten kann der Energieverbrauch im Gebäudebestand reduziert und die Basis für eine langfristig klimafreundliche Wärmeversorgung geschaffen werden. Die Gemeinde ist mit der bestehenden Sanierungssatzung bereits gut aufgestellt. Eine Weiterführung und bedarfsgerechte Anpassung des Programms wäre im Hinblick auf die Wärmeplanung empfehlenswert, um die energetische und städtebauliche Entwicklung des historischen Ortsbereichs fortzuführen.

Abbildung 31: Fokusgebiet "Historischer Siedlungsteil Hagenheim"

6. *Maßnahmenkatalog*

Um das angestrebte Zielszenario möglichst effizient zu erreichen, ist in der kommunalen Wärmeplanung ein Maßnahmenkatalog zu erstellen. In diesem Maßnahmenkatalog ist beschrieben, wie die Rahmenbedingungen für klimaneutrale Wärmeerzeugung auf kommunaler Ebene geschaffen werden können. Grundlage des Maßnahmenkatalogs sind folgende Punkte:

- Austausch fossiler Heizungsanlagen durch erneuerbare Wärmeerzeuger
- Maßnahmen zur Steigerung der Sanierungsquote und Energieeffizienz
- Unterstützende Information und Beratung der Bürgerinnen und Bürger zum Themenfeld Energie sowie Heizung

Da für eine zentrale Wärmeversorgung die technischen Gegebenheiten ungünstig sind, ist der gestalterische Spielraum und die kommunale Einflussmöglichkeit gering. Direkte Einflussmöglichkeit besteht bei den kommunalen Liegenschaften, in denen die Kommune eine Vorbildfunktion im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit einnehmen solle. Größtenteils tritt die Gemeinde aber als Regulator sowie Motivator auf.

Folgende Maßnahmen sind im kommunalen Wärmeplan vorgesehen:

Tabelle 3: Maßnahmenplan

Maßnahme	Zeithorizont
Erstellung einer Sanierungsstrategie für kommunale Liegenschaften	kurzfristig
Beratung zu energetischen Gebäudesanierungen	mittelfristig
Veröffentlichung der Ergebnisse des Wärmeplans und Aufzeigen etwaiger Wärmeerzeugungsmöglichkeiten im Gemeindegebiet	kurzfristig
Informationsveranstaltungen mit Fachfirmen der erneuerbaren Wärmeerzeugung; in Kombination mit aufgebauter Struktur des Landkreises	mittelfristig
Weiterführung der Sanierungssatzung „Ortskern Hofstetten“ sowie „Ortskern Hagenheim“ und des kommunalen Förderprogramms	mittelfristig

#Maßnahme 1	Handlungsfeld Gemeinde	Einführungszeitraum kurzfristig	Dauer 12 Monate
Erstellung einer Sanierungsstrategie für kommunale Liegenschaften			
Ziel/Strategie • Kommunale Liegenschaften ertüchtigen			
Beschreibung Die Gemeindeverwaltung nimmt eine Vorbildfunktion beim Klimaschutz wahr. Um das Ziel einer klimaneutralen Verwaltung erreichen zu können, sollten die kommunalen Liegenschaften alsbald auf einem hohen energetischen Stand gebracht werden. Grundlegend lässt sich erschließen, dass ein Großteil der kommunalen Liegenschaften schon durch erneuerbare Energieträger beheizt werden. Für die restlichen Liegenschaften sollte eine Sanierungsstrategie erarbeitet werden, bei welchen Liegenschaften priorisiert gehandelt werden sollte. Die Erstellung von Sanierungskonzepten könnte ein grundlegender Baustein sein, um etwaige Sanierungsmaßnahmen für einzelne Gebäude planen zu können, sowie dessen Umsetzbarkeit festzulegen. Bei der Priorisierung könnte anhand verschiedener Faktoren gewichtet werden. Diese wären beispielsweise absehbarer und dringender Handlungsbedarf, Gebäude mit besonders hohen spezifischen Wärmebedarf sowie möglicher vorhandener Potenziale zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energien.			
Initiator Gemeindeverwaltung, Bauamt		Akteure Energieberater Handwerksfirmen bzw. Heizungsbauer	
Zielgruppe Gemeinde			
Handlungsschritte 1. Energetische Bestandsaufnahme kommunaler Liegenschaften 2. Festlegung von Priorisierungskriterien und Auswahl sanierungsbedürftiger Gebäude 3. Erstellung von Sanierungskonzepten einzelner Liegenschaften 4. Entwicklung eines Sanierungsfahrplans für alle Liegenschaften 5. Vorbereitung der Umsetzung durch Zeit- und Kostenplan 6. Ausschreibung und Beauftragung externer Fachfirmen 7. Öffentlichkeitsarbeit			
Meilensteine • Abschluss der einzelnen Sanierungen der Liegenschaften			
Kostenpunkte Abhängig von Art und Umfang		1 2 3 **4** 5	

#Maßnahme 2	Handlungsfeld Private Haushalte	Einführungszeitraum mittelfristig	Dauer laufend
Beratung zu energetischen Gebäudesanierungen			
Ziel/Strategie • Qualität und Anzahl der Sanierung steigern • Erhöhung der Anzahl an regenerativen Heizungsanlagen			
Beschreibung Um die Klimaziele im Gebäudesektor zu erreichen, ist eine deutliche Steigerung der Sanierungsaktivitäten erforderlich. Daher muss die jährliche Sanierungsquote in Deutschland bis 2028 auf mindestens 2 % erhöht werden. Die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Vorlage nationaler Gebäuderenovierungspläne, in denen dargelegt wird, wie die Energieeffizienz im Gebäudebestand verbessert und die Klimaziele umgesetzt werden sollen. Bis 2030 muss der Primärenergieverbrauch im Wohngebäudesektor laut EU-Gebäuderichtlinie um mindestens 16 % gesenkt werden. Sollten die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichen, sind weitergehende Regelungen – etwa ein möglicher Sanierungszwang für ineffiziente Gebäude – theoretisch möglich. Deshalb ist es besonders wichtig, die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig und umfassend zu informieren – auch auf kommunaler Ebene.			
Initiator Klimaschutzmanagement		Akteure Liegenschaftsbesitzer Landkreis Landsberg Örtliche Energieberater Gemeindeverwaltung	
Zielgruppe Hausbesitzer			
Handlungsschritte 1. Kooperationsverträge mit örtlichen Energieberatern für kostenlose Erstberatung 2. Kooperation mit dem Klimaschutzmanager des Landkreises 3. Aufklärungsarbeit zu energetischen Sanierungszielen			
Meilensteine • Definition von Art und Umfang der Kampagne • Kooperationsvertrag mit Landkreis und Energieberatern			
Kostenpunkte Abhängig von Art und Umfang		1 2 3 4 5	

#Maßnahme 3	Handlungsfeld Gemeinde	Einführungszeitraum kurzfristig	Dauer 12 Monate
Veröffentlichung der Ergebnisse des Wärmeplans und Aufzeigen etwaiger Wärmeerzeugungsmöglichkeiten im Gemeindegebiet			
Ziel/Strategie • Lokale Möglichkeiten der regenerativen Wärmeerzeugung darlegen • Erhöhung der Anzahl an regenerativen Heizungsanlagen • Planungssicherheit für Bürgerinnen und Bürger schaffen			
Beschreibung Die Ergebnisse des Wärmeplans sollten für die Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde transparent veröffentlicht und dargestellt werden. In diesem werden potenzielle Wärmeerzeugungsmöglichkeiten aufgezeigt – beispielsweise das Vorhandensein des Potenzials für Grundwasserwärmepumpen in Teilen Hofstettens. Dies könnte durch verschiedene Formen geschehen, z.B. durch das Gemeindeblatt oder Aufbaus einer Internetpräsenz.			
Initiator Gemeinde		Akteure Ingenieurbüro Gemeindeverwaltung Liegenschaftsbesitzer	
Zielgruppe Hausbesitzer			
Handlungsschritte 1. Überreichung des kommunalen Wärmeplans sowie Präsentation der Ergebnisse durch Ingenieurbüro 2. Aufbau einer Schnittstelle auf der Gemeindehomepage für die kommunale Wärmeplanung 3. Erstellung eines Berichts im Gemeindeblatt 4. Beantwortung offener Fragen der Bürgerinnen und Bürger durch Ingenieurbüro			
Meilensteine • Abschluss der kommunalen Wärmeplanung • Festsetzung des Darstellungslayouts auf Homepage • Berichtsverfassung für Gemeindeblatt			
Kostenpunkte Abhängig von Art und Umfang		1 2 3 4 5	

#Maßnahme 4	Handlungsfeld Gemeinde	Einführungszeitraum mittelfristig	Dauer laufend
Informationsveranstaltungen mit Fachfirmen der erneuerbaren Wärmeerzeugung; in Kombination mit aufgebauter Struktur des Landkreises			
Ziel/Strategie • Möglichkeiten der regenerativen Wärmeerzeugung darlegen • Erhöhung der Anzahl an regenerativen Heizungsanlagen			
Beschreibung Zur Erreichung der Ziele des kommunalen Wärmeplans, durch den altersbedingten, notwendigen Ersatz fossiler Heizanlagen sowie der Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes ist in den nächsten Jahren eine hohe Anzahl an erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen zu installieren. Viele Bürgerinnen und Bürger sind derzeit verunsichert, für welches System sie sich entscheiden sollen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden mehrere dezentrale Heizsysteme vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eignung für das Gemeindegebiet geprüft. Daher sollte die Gemeinde in Abstimmung mit dem bereits bestehenden Klimaschutzmanagements des Landkreises Informationsveranstaltungen mit verschiedenen Fachfirmen organisieren, die diese Systeme detailliert erläutern. Beispielsweise könnte eine geologische Untersuchungsfirma den Ablauf einer Probebohrung im Bereich der oberflächennahen Geothermie näher erläutern.			
Initiator Gemeinde/Landkreis		Akteure Fachfirmen Gemeindeverwaltung Liegenschaftsbesitzer Landkreis Klimaschutzmanagement	
Zielgruppe Hausbesitzer			
Handlungsschritte 1. Festlegung der präsentierten Themen 2. Auswahl und Einbindung von Fachfirmen 3. Termine und Veranstaltungsort festlegen 4. Kommunikations- und Einladungsmanagement 5. Nachbereitung durch Feedback und Evaluation			
Meilensteine • Erstellung der Themenauflistung • Terminbestimmung • Veröffentlichung von Veranstaltungen • Durchführung von Veranstaltungen			
Kostenpunkte Abhängig von Art und Umfang		1 2 3 4 5	

#Maßnahme 5	Handlungsfeld Gemeinde	Einführungszeitraum /	Dauer laufend
Weiterführung der Sanierungssatzung „Ortskern Hofstetten“ sowie „Ortskern Hagenheim“ und des kommunalen Förderprogramms			
Ziel/Strategie • Qualität und Anzahl der Sanierungen steigern			
Beschreibung Die Weiterführung der Sanierungssatzung „Ortskern Hofstetten“ und „Ortskern Hagenheim“ sowie des dazugehörigen kommunalen Förderprogramms stellt eine zentrale Maßnahme zur Effizienzsteigerung des Gebäudebestands im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung dar. Ziel ist die nachhaltige Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle unter Berücksichtigung ortsbildprägender und denkmalpflegerischer Aspekte. Mit der seit 19.12.2023 gültigen Richtlinie schafft die Gemeinde Hofstetten einen gezielten finanziellen Anreiz für private Eigentümer, energetische Sanierungsmaßnahmen mit gestalterischem Mehrwert umzusetzen. Förderfähig sind insbesondere Maßnahmen an der Gebäudeaußenhaut wie Fassade, Dach und Geschossdecke, sofern diese eine Energieeinsparung bewirken und gleichzeitig zur gestalterischen Aufwertung des Ortsbildes beitragen. Maßnahmen, die ausschließlich eine technische Dämmung ohne gestalterische Verbesserung beinhalten, sind von der Förderung ausgeschlossen. Die Fortführung des Programms gewährleistet eine kontinuierliche Aktivierung privater Investitionen in den Gebäudebestand und trägt zur Reduktion des Wärmebedarfs in den Ortskernen bei. Dadurch wird die Anschlussfähigkeit an zukünftige, effiziente Wärmenetze verbessert und die Zielerreichung der kommunalen Wärmewende unterstützt. Neben der energetischen Wirkung leistet die Maßnahme einen Beitrag zur Erhaltung und Aufwertung der historischen Bausubstanz und stärkt die Identität der Ortskerne.			
Initiator Gemeindeverwaltung		Akteure Gemeinde Liegenschaftsbesitzer	
Zielgruppe Liegenschaftsbesitzer			
Handlungsschritte /			
Meilensteine • Abschluss der einzelnen Sanierungen der Liegenschaften			
Kostenpunkte Abhängig von Art und Umfang		1 2 3 4 5	

7. *Controlling und Verstetigung*

7.1 Allgemeines Controlling

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist eine fortlaufende Überprüfung der gesetzten Ziele und Zwischenziele erforderlich. So können Maßnahmen gezielt weiterentwickelt oder frühzeitig angepasst werden. Ein strukturiertes Controlling ermöglicht es, den Fortschritt bei der Umsetzung der Wärmewende in der Gemeinde Hofstetten messbar zu machen. Die Ergebnisse dienen sowohl der internen Steuerung als auch der externen Kommunikation und Transparenz.
Wesentlich ist dabei die nutzerorientierte Aufbereitung der Controlling-Daten, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für Verwaltung und Politik zu schaffen. Das Controlling orientiert sich am PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act).
Abbildung 30 zeigt den Ablauf eines effektiven Maßnahmencontrollings, welcher auf die spezifischen Anforderungen der kommunalen Wärmeplanung angepasst und implementiert werden sollte.

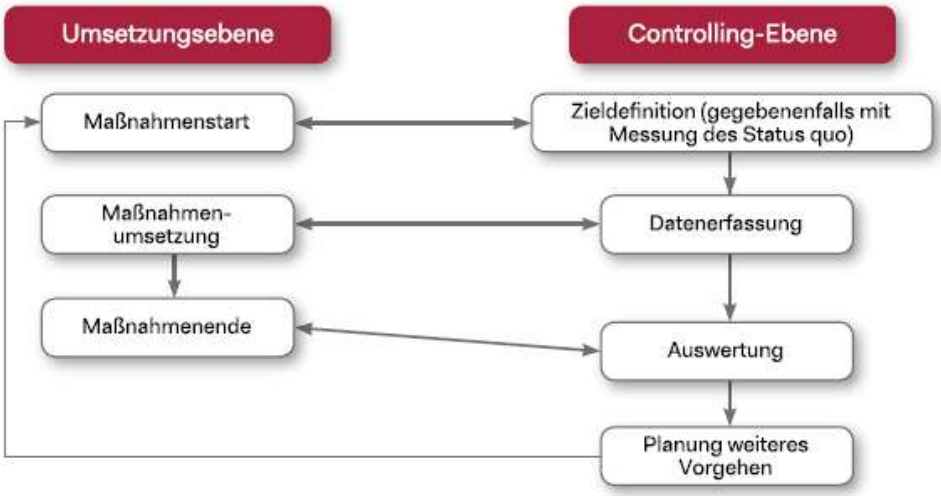


Abbildung 32: Ablauf Maßnahmencontrolling

Die Planung von Maßnahmen erfolgt auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse sowie des erarbeiteten Maßnahmenkatalogs der kommunalen Wärmeplanung. Je nach Umfang werden Maßnahmen durch die zuständige Verwaltung initiiert, von Fachabteilungen (z. B. Bauamt) oder externen Fachplanern konkret ausgearbeitet, durch Entscheidungsträger wie Liegenschaftsverwaltung, Gemeinderat oder Verwaltungsspitze beschlossen und über die Kämmerei finanziert.

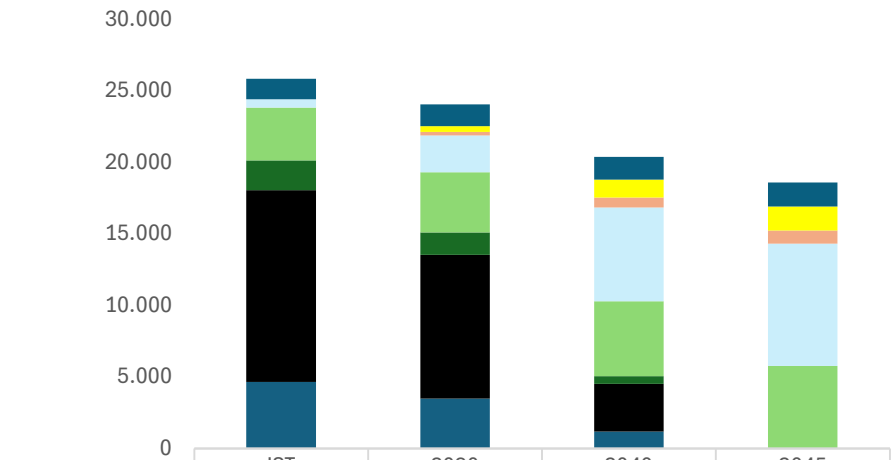
7.2 Fortschreibung des Wärmeplans

Die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung ist gesetzlich alle fünf Jahre vorgesehen. Grundlage dafür bildet die Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanz, mit der langfristige Entwicklungen im Energieverbrauch sowie die Minderung von Emissionen bewertet werden.
Mithilfe dieser Bilanz und der zugrunde liegenden Daten lassen sich Entwicklungstrends für die Gemeinde Hofstetten und einzelne Sektoren aufzeigen. Insbesondere die Daten der Netzbetreiber und der Schornsteinfeger liefern wichtige Hinweise zum Stand der Wärmewende vor Ort.
Alle erhobenen Informationen sind in der Fortschreibung systematisch aufzugreifen, mit früheren Erhebungen zu vergleichen und hinsichtlich ihrer Entwicklung zu bewerten. Dabei ist auch der Umsetzungsstand der festgelegten Maßnahmen zu überwachen und deren Wirkung zu analysieren.
Ergeben sich daraus relevante Veränderungen oder neue Rahmenbedingungen, ist der Wärmeplan entsprechend anzupassen und zu aktualisieren.
Unabhängig davon sind im Zuge jeder Fortschreibung auch die ausgewiesenen Prüfgebiete erneut zu bewerten und entsprechend darzustellen.

Für die Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans können folgende Indikatoren herangezogen und mit früheren Erhebungen verglichen werden:

Bereich	Indikatoren
Energieverbrauch	- Endenergieverbrauch für Wärme - Treibhausgasemissionen aus der Wärmeerzeugung - Stromverbrauch für die Wärmeversorgung
Wärmeerzeugungs-anlagen	- Anzahl installierter Wärmepumpen - Anzahl installierter Biomassekessel - Anzahl und Altersstruktur von Gas- und Ölkesseln
Netzinfrastruktur	- Aufbau des Stromnetzes
Erneuerbare Energien	- Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch - Installierte Leistung regenerativer Wärmeerzeuger - Installierte Leistung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen
Sonstige	- Sanierungsrate des Gebäudebestands - Anzahl in Anspruch genommener Energieberatungen (z. B. über den Landkreis) - Endenergiebedarf für Wärme pro m^2 Wohnfläche

Über das Controlling kann beispielsweise die Anzahl der installierten zentralen Heizungsanlagen im gesamten Stadtgebiet erfasst und mit dem definierten Ausgangswert sowie dem angestrebten Zielwert verglichen werden. Weichen die festgestellten Daten deutlich von den Zielwerten ab, können die Ursachen hierfür systematisch analysiert werden. Auf dieser Grundlage lassen sich gegebenenfalls konkrete Maßnahmen ableiten, festlegen und anschließend gezielt umsetzen.



	IST	2030	2040	2045
Wärmenetz	1.430	1.512	1.596	1.680
Solarenergie	0	418	1.254	1.672
Geothermie	0	229	688	917
Abwasser	0			0
Außenluft	580	2.572	6.555	8.547
Abwärme	0			0
Biomasse	3.700	4.216	5.248	5.764
Stromheizungen	2.077	1.558	519	0
Heizöl	13.400	10.050	3.350	0
Flüssiggas	4.640	3.480	1.160	0

Abbildung 33: Zielwerte Entwicklung Wärmeerzeuger

7.3 Verstetigung

Obwohl die kommunale Wärmeplanung nach ihrer Fertigstellung vom Gemeinderat beschlossen wird, entfaltet sie keine unmittelbare rechtliche Verbindlichkeit. Aus juristischer Sicht handelt es sich um ein Instrument mit empfehlendem Charakter. Um die angestrebte Dekarbonisierung des Wärmesektors jedoch möglichst zügig zu erreichen, sind eine konsequente, zeitnahe Umsetzung, eine kontinuierliche Weiterverfolgung sowie eine regelmäßige Aktualisierung der vorgesehenen Maßnahmen erforderlich.
Ein zentraler Erfolgsfaktor für die kommunale Wärmeplanung ist die dauerhafte Verankerung der zugehörigen Prozesse innerhalb der Verwaltungsstruktur. Dabei ist es essenziell, dass ein zentraler Ansprechpartner innerhalb der Gemeinde zur Verfügung steht, der den Prozess eigenverantwortlich steuert und kontinuierlich vorantreibt.
Die Wärmeplanung darf nicht als einmaliges Projekt verstanden werden, sondern ist als fortlaufender Prozess im Rahmen der kommunalen Wärmewende zu begreifen. Die initial erstellte Planung stellt dabei sowohl die Erhebung der Gemeinde quo als auch die Definition der angestrebten Zielzustände dar.

Die Gemeinde Hofstetten hat im Zuge der neuen Aufgabe der kommunalen Wärmeplanung Anspruch auf einen Ausgleich der hieraus resultierenden Mehrbelastung. Da die derzeit vorgesehene Konnexitätszahlung jedoch als einmalige Leistung einzustufen ist, müssen für die zukünftige Fortschreibung und Verstetigung der Wärmeplanung entsprechende Haushaltsmittel dauerhaft eingeplant werden.
Angesichts der Vielzahl an Gebäuden, bei denen eine dezentrale Wärmeversorgung als die effizienteste Lösung erscheint, liegt ein erheblicher Teil der Verantwortung für die praktische Umsetzung zudem bei den jeweiligen Liegenschaftseigentümern.
Folgende Akteure sind für die Umsetzung der Wärmeplanung relevant und sollten in die Verstetigung eingebunden werden.

Akteure	Aufgabe
Gemeinde	- Zentraler Ansprechpartner - Organisation und Koordination - Monitoring und Controlling
Energieversorger, Netzbetreiber und Wärmelieferanten	- Datenbereitstellung - Erschließung erneuerbarer Wärmequellen und Abwärme - Ausbau der Stromnetzinfrastruktur
Gemeindeverwaltung	- Öffentlichkeitsarbeit, - Verstetigung der Wärmeplanung
Bauamt	- Berücksichtigung des Maßnahmenkatalogs beim Bau- und Unterhalt kommunaler Liegenschaften
Liegenschaftsbesitzer	- Energetische Sanierung der Gebäude - Installation regenerativer Heizungssysteme, - Installation von PV-Anlagen

Zur Koordination der benannten Akteure und Maßnahmen kann eine verwaltungsinterne Steuerungsgruppe eingerichtet werden. Diese dient der regelmäßigen Abstimmung, Priorisierung und Fortschrittskontrolle im Rahmen der Wärmeplanung. Das Klimaschutzmanagement des Landkreises sollte hier der Gemeinde unterstützend zur Seite stehen.
Auch wenn der Schwerpunkt derzeit auf der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung liegt, ist perspektivisch zu berücksichtigen, dass deren erfolgreiche Umsetzung eine gewisse institutionelle Begleitung voraussetzt. Dazu gehört auch, dass bestehende Prozesse bei Bedarf fortgeführt und weiterentwickelt werden können.
Im Sinne einer geordneten Weiterverfolgung der entwickelten Maßnahmen sollte daher geprüft werden, inwiefern bestehende Strukturen innerhalb der Stadtverwaltung genutzt oder punktuell ergänzt werden können. Die Abstimmung mit relevanten Akteuren sowie eine bedarfsgerechte Kommunikation – intern wie extern – tragen zur fachlichen Einbindung bei.

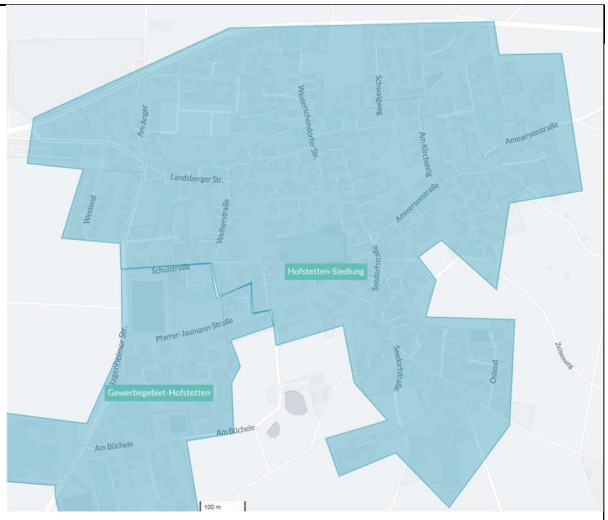
7.4 Kommunikationsstrategie

Die Akzeptanz der kommunalen Wärmeplanung in Hofstetten hängt maßgeblich von einer klaren, sachlichen und kontinuierlichen Kommunikation ab. Ziel ist es, die Bürger frühzeitig zu informieren, Transparenz zu schaffen und die Möglichkeit zur Beteiligung zu geben.
Etwaige Entscheidungen wurden direkt im Mitteilungsblatt der Gemeinde erläutert und auch auf der Homepage der Gemeinde veröffentlicht.
Eine direkte Möglichkeit der Informierung für die Bürger waren die Präsentationen des Ingenieurbüros in den öffentlichen Sitzungen des Gemeinderats. Ebenso war es den Bürgerinnen und Bürgern jederzeit möglich, den direkten Ansprechpartner des Ingenieurbüros zu kontaktieren.
Die Gemeinde Hofstetten wird ihre Vorbildfunktion durch die Sanierung eigener Liegenschaften und die aktive Umsetzung empfohlener Maßnahmen sichtbar machen. Die Beteiligung weiterer Akteure – etwa durch Eigentümerdialoge oder potenzielle Wärmenetzgenossenschaften – wird aktiv geprüft. Ziel ist ein breites, lokal verankertes Bündnis für eine zukunftsfähige, klimaneutrale Wärmeversorgung.

8. *Steckbriefe der Wärmeversorgungsgebiete*

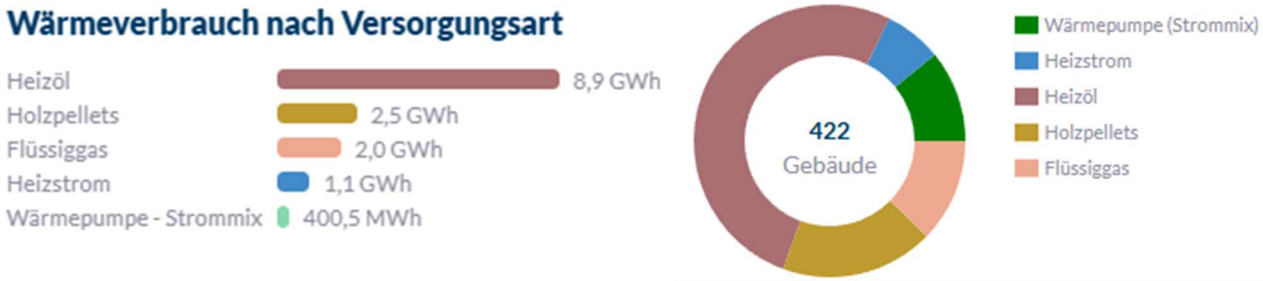
8.1 Hofstetten-Siedlung

Steckbrief Hofstetten-Siedlung	
Anzahl beheizter Gebäude:	422
Wärmebedarf 2023:	15,0 GWh/a
Überwiegender Gebäudetyp	Einfamilienhaus



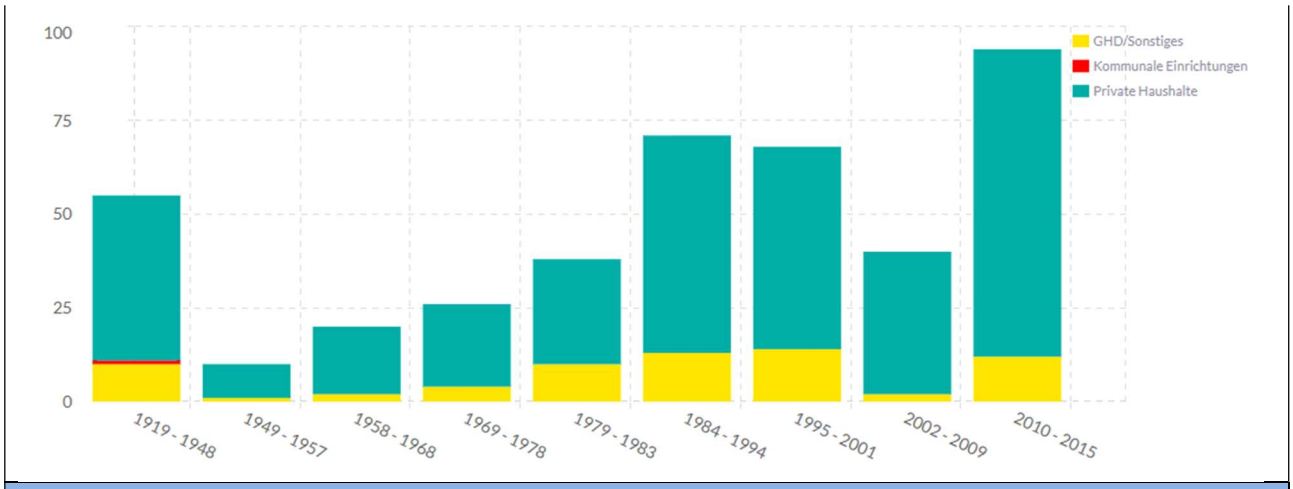
Energieverbrauch nach Energieträgern

Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl decken ca. 60% des Wärmebedarfs.



Gebäudealter:

Der überwiegende Teil der Gebäude im Plangebiet Hofstetten-Siedlung wurde nach 1984 errichtet, mit dem größten Anteil ab dem Jahr 2010. Durch die Einführung der 2. Wärmeschutzverordnung (1982), der 3. Wärmeschutzverordnung (1995) sowie der Energieeinsparverordnung (2009) verfügen diese Gebäude über einen vergleichsweise hohen energetischen Standard. Dadurch ist der Energiebedarf insgesamt als gering einzustufen.



Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet – Hofstetten-Siedlung

Dezentrale Wärmeversorgung

Aufgrund der geringen Wärmedichte wird im Plangebiet Hofstetten-Siedlung eine dezentrale Wärmeversorgung als sinnvoll für eine klimaneutrale Energieversorgung angesehen. Ein Großteil der Gebäude ist aufgrund des überwiegenden Gebäudetyps als Einfamilienhaus sowie des Baualters grundsätzlich für den Einsatz von Wärmepumpen geeignet. Große Wärmeverbraucher könnten mit Biomasse, in kleinen Teilen des Gebiets mit Wasser-Wasser-Wärmepumpen oder Sole-Wasser-Wärmepumpen versorgt werden.

Besonderheiten

Im historischen Bereich der Siedlung Hofstetten, dies entspricht einem Teilgebiet des Plangebiets „Hofstetten-Siedlung“ der Wärmeplanung, besteht ein kommunales Förderprogramm mit zugehöriger Sanierungssatzung. Dieses Programm schafft Anreize zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, auch auf kommunaler Ebene. Weitere Informationen sind der Richtlinie für das kommunale Förderprogramm der Gemeinde Hofstetten zu entnehmen.

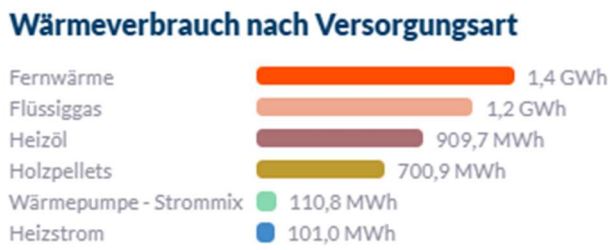
Abbildung 34: Auszug aus der Sanierungssatzung "Ortskern Hofstetten"

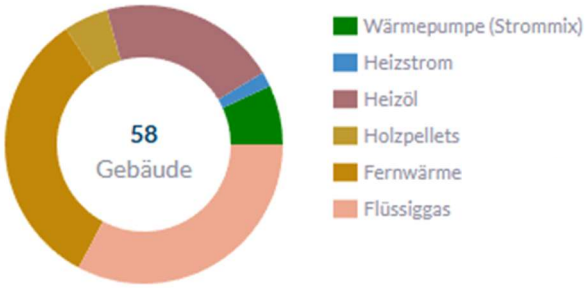
8.2 Hofstetten-Gewerbegebiet

Steckbrief Ortsteil Hofstetten-Gewerbegebiet	
Anzahl beheizter Gebäude:	58
Wärmebedarf 2023:	3,7 GWh/a
Überwiegender Gebäudetyp	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Energieverbrauch nach Energieträgern

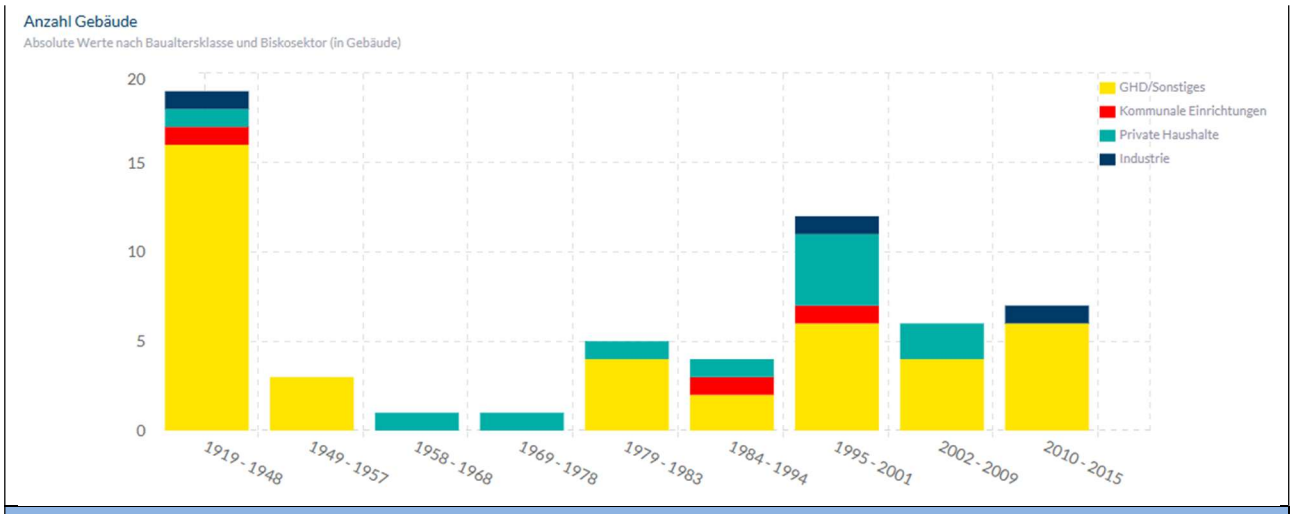
Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl decken ca. 48% des Wärmebedarfs.





Gebäudealter:

Ein Großteil der Gebäude im Plangebiet Hofstetten-Gewerbegebiet wurde in früheren Baualtersklassen errichtet und entspricht daher überwiegend älteren energetischen Standards. Die energetischen Anforderungen waren zu diesen Bauzeiten deutlich geringer, was zu einem insgesamt höheren spezifischen Energiebedarf führt. Zudem handelt es sich um ein Gewerbegebiet, in dem aufgrund der Nutzungsart und der vorhandenen Gebäudestruktur ein überdurchschnittlicher Wärmebedarf zu erwarten ist.



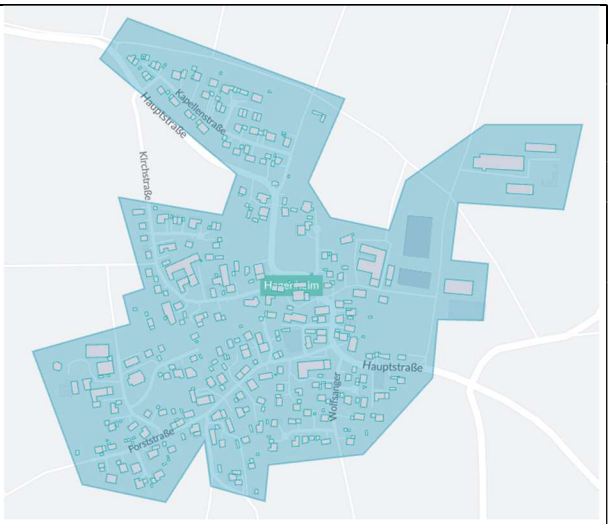
Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet - Gewerbegebiet Hofstetten

Wärmenetzverdichtungsgebiet

Im Gewerbegebiet Hofstetten ist ein Wärmenetz vorhanden, das durch die EZS GmbH betrieben wird. Verbraucher in Nähe zum bestehenden Wärmenetz können an die Leitungsstruktur noch anschließen und das Netz verdichten.

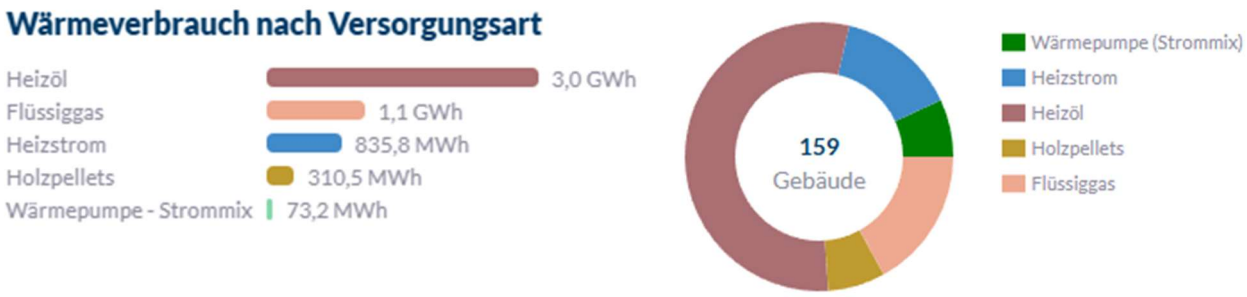
8.3 Hagenheim

Steckbrief Hagenheim	
Anzahl beheizter Gebäude:	159
Wärmebedarf 2023:	5,3 GWh/a
Überwiegender Wohngebäudetyp	Einfamilienhaus



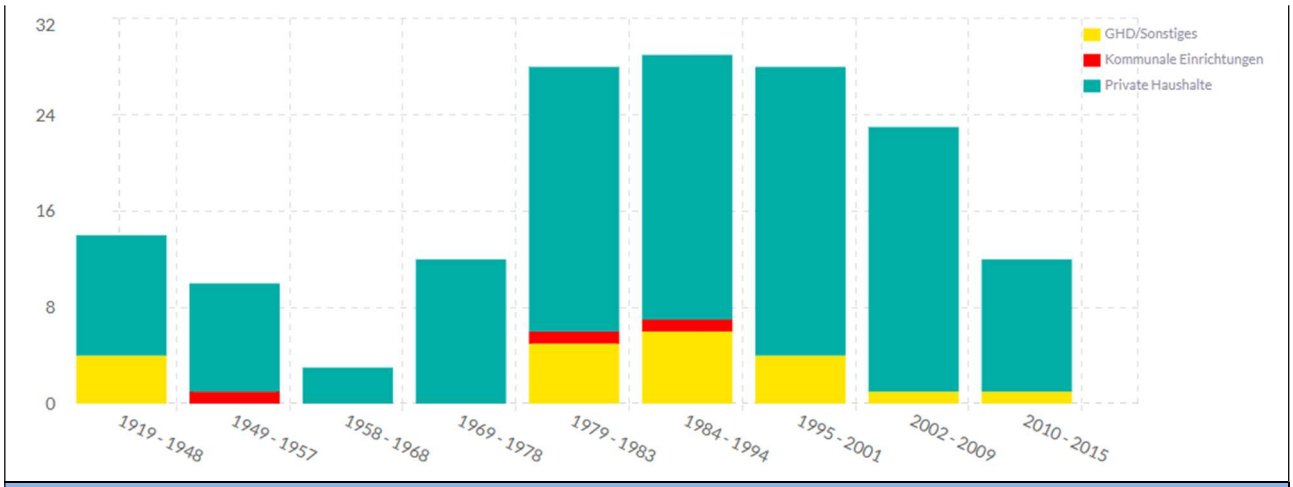
Energieverbrauch nach Energieträgern

Die fossilen Energieträger Flüssiggas und Heizöl decken ca. 77% des Wärmebedarfs.



Gebäudealter:

Ein Großteil der beheizten Gebäude im Plangebiet Hagenheim wurde zwischen 1979-2008 errichtet. Die meisten Gebäude wurden im Zeitraum 1984-1994 errichtet. Im Vergleich zum Siedlungsgebiet in Hofstetten ist der Gebäudebestand historischer geprägt. Anteilig wurden weniger Gebäude nach 2002 errichtet. Daher weist das Planungsgebiet einen mittleren, spezifischen Wärmebedarf auf.



Eignungsgebiet Ummendorf

Dezentrale Wärmeversorgung

Aufgrund der geringen Wärmedichte wird im Plangebiet Hagenheim eine dezentrale Wärmeversorgung als sinnvoll für eine klimaneutrale Energieversorgung angesehen. Ein Großteil der Gebäude ist aufgrund des überwiegenden Gebäudetyps als Einfamilienhaus grundsätzlich für den Einsatz von Wärmepumpen geeignet. Große Wärmeverbraucher könnten mit Biomasse oder Sole-Wasser-Wärmepumpen versorgt werden. Für Grundwasserwärmepumpen ist in Hagenheim kein Potenzial ausgewiesen.

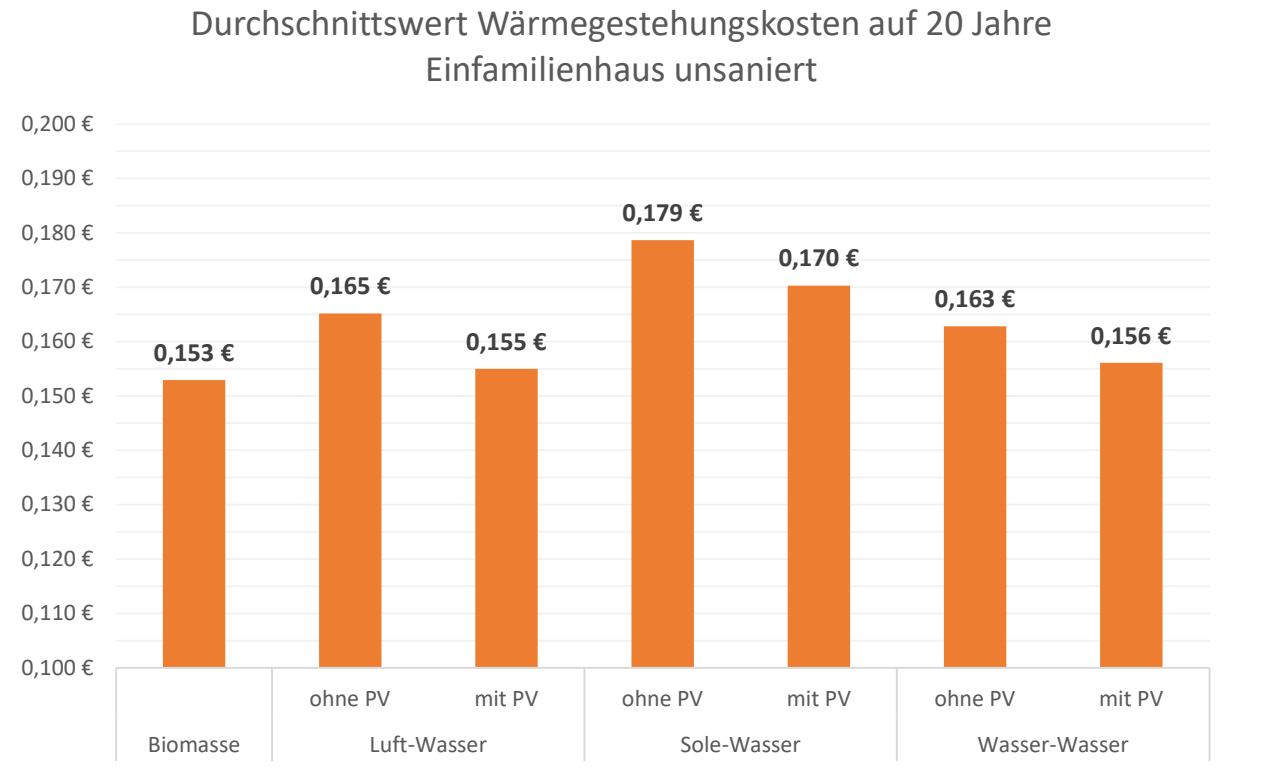
Besonderheiten

Im historischen Bereich Hagenheims, dies entspricht einem Teilgebiet des Plangebiets „Hagenheim“ der Wärmeplanung, besteht ein kommunales Förderprogramm mit zugehöriger Sanierungssatzung. Dieses Programm schafft Anreize zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, auch auf kommunaler Ebene. Weitere Informationen sind der Richtlinie für das kommunale Förderprogramm der Gemeinde Hofstetten zu entnehmen.

9. *Steckbriefe Wirtschaftlichkeit typischer Versorgungsfälle*

9.1 Steckbrief Einfamilienhaus unsaniert

Gebäudetyp	Einfamilienhaus	
Wohnfläche	120 m²	
Energiebedarf (angenommen)	24.000 kWh	
Heizöl	2.400 l	
Flüssiggas	3.653 l	
Biomasse	5.755 kg	
	Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe	9.231 kWh	7.385 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe	7.619 kWh	6.095 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	6.061 kWh	4.849 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	69.502 €	
Flüssiggas	76.554 €	
Biomasse	38.281 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	56.071 €	51.191 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	46.281 €	42.253 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	36.814 €	33.610 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)		
Heizöl	/	
Flüssiggas	/	
Biomasse	15.680 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18.340 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	33.400 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	31.600 €	
Betriebskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	9.719 €	
Flüssiggas	12.149 €	
Biomasse	19.438 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	4.859 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	6.074 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	9.719 €	



Zusammenfassung:

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines unsanierten Einfamilienhauses wurde eine Wohnfläche von 120 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 24.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für unsanierte Einfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 2,6; Sole-Wasser-Wärmepumpe 3,15; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 3,96.

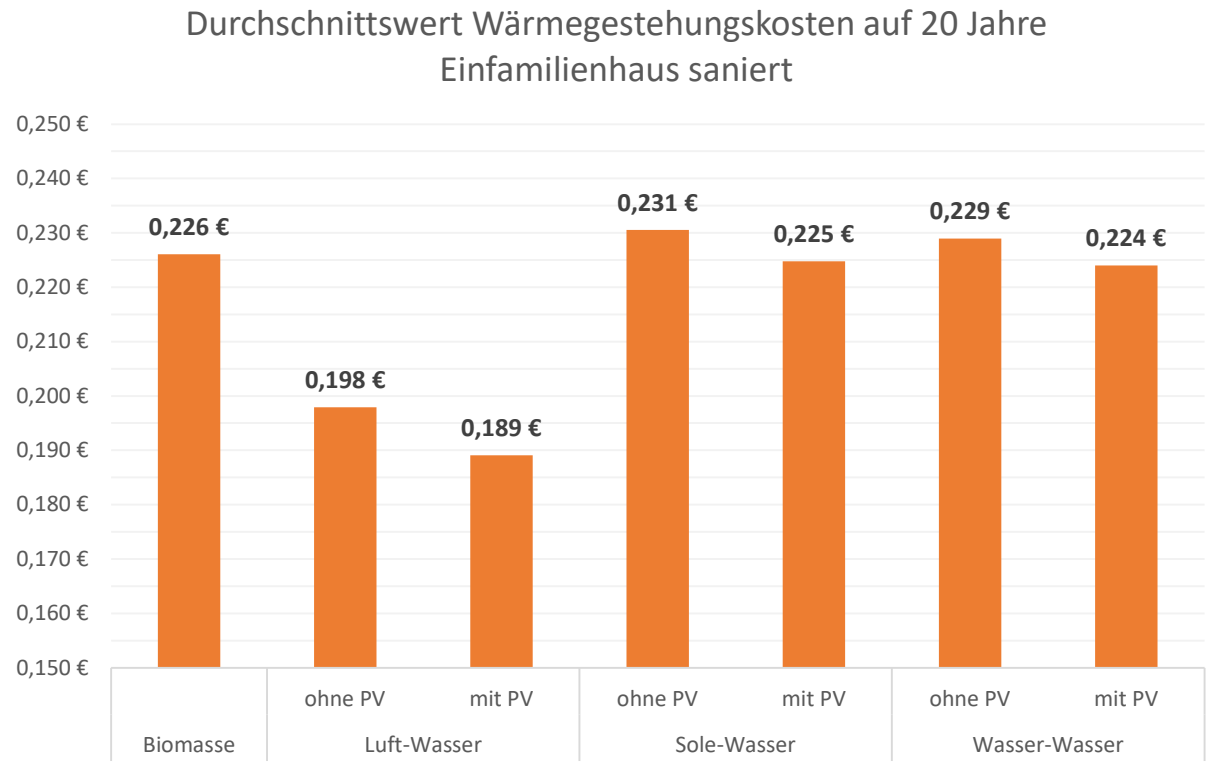
Vergleichend wurden zwei Varianten betrachtet – mit und ohne Photovoltaikanlage bei einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Bei den Investitionskosten wurde eine pauschale Förderung von 30 % angesetzt; bei Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen 35 %. Trotz erhöhter Förderung verbleibt bei diesen Varianten ein deutlich höherer Eigenanteil der Investition. Im Gegenzug zeigen sich im Betrieb niedrigere Bedarfskosten gegenüber einfacheren Systemen.

Ab dem Jahr 2027 ist bei fossilen Energieträgern (z. B. Heizöl, Flüssiggas) ein deutlicher Preissprung zu erwarten. Bei einem angenommenen CO_2-Preis von 100 €/t entstehen jährliche Mehrkosten von rund 638 € gegenüber regenerativen Heizsystemen.

Zusammenfassend zeigen sich die Wärmegestehungskosten über 20 Jahre bei nahezu allen Varianten auf ähnlichem Niveau. Allein bei der Sole-Wasser-Wärmepumpe wird deutlich, dass sich die höheren Investitionskosten unter den getroffenen Annahmen nicht amortisieren. Grundsätzlich gilt: Die dargestellten Ergebnisse basieren auf allgemeinen Annahmen und dienen der Trendbetrachtung. Im Einzelfall ist stets eine individuelle Betrachtung erforderlich, um die wirtschaftlich und technisch sinnvollste Lösung zu identifizieren.

9.2 Steckbrief Einfamilienhaus saniert

Gebäudetyp	Einfamilienhaus	
Wohnfläche	120 m²	
Energiebedarf (angenommen)	12.000 kWh	
Heizöl	1.200 l	
Flüssiggas	1.826 l	
Biomasse	2.878 kg	
	Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe	4.000 kWh	3.200 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe	2.609 kWh	2.087 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	2.243 kWh	1.794 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	34.751 €	
Flüssiggas	38.277 €	
Biomasse	19.141 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	24.297 €	22.183 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	15.846 €	14.467 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	13.625 €	12.439 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)		
Heizöl	/	
Flüssiggas	/	
Biomasse	15.680 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18.340 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	33.400 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	31.600 €	
Betriebskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	9.719 €	
Flüssiggas	12.149 €	
Biomasse	19.438 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	4.859 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	6.074 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	9.719 €	



Zusammenfassung:

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines sanierten Einfamilienhauses wurden eine Wohnfläche von 120 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 12.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für sanierte Einfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 3,0; Sole-Wasser-Wärmepumpe 4,6; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 5,35.

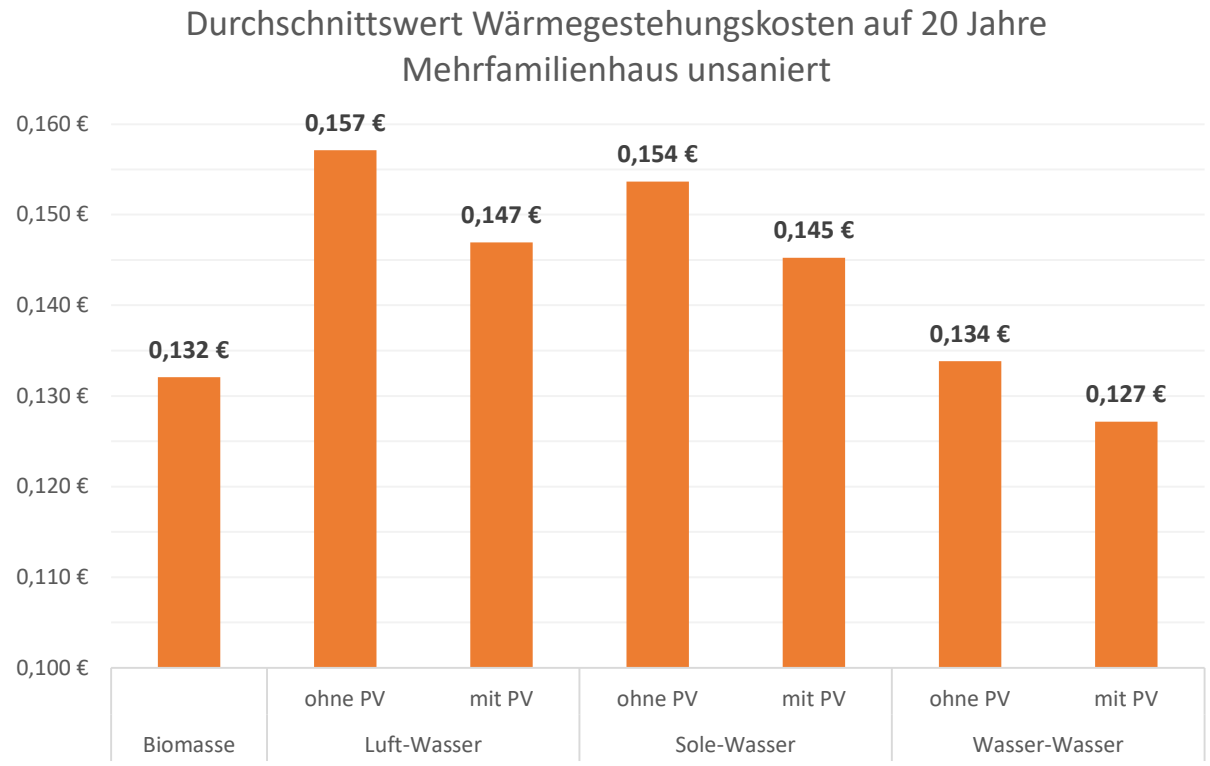
Verglichen wurden erneut zwei Varianten – mit und ohne PV-Anlage mit einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Die Investitionskosten wurden pauschal mit einer Förderung von 30 % - mit maximal förderfähigen Kosten von 30.000 € bei Einfamilienhäuser – angenommen. Bei Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine Förderung von 35 % möglich.

Die laufenden Betriebskosten rücken bei niedrigen Energieverbräuchen stärker in den Fokus. Systeme wie Biomassseheizungen verursachen hier zusätzliche Kosten, etwa für Ascheentsorgung, Schornsteinfeger oder Wartung. Im Gegensatz dazu ist bei Wärmepumpen mit geringeren Betriebskosten zu rechnen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass bei sanierten Einfamilienhäusern die Luft-Wasser-Wärmepumpe die wirtschaftlichste Lösung bereitstellt. Die Mehrinvestitionen in System mit höherer Effizienz – Sole-Wasser sowie Wasser-Wasser – amortisieren sich aufgrund des niedrigen Energiebedarfs nicht. Aber auch hier gilt, dass eine belastbare Entscheidungsgrundlage eine objektspezifische Bewertung erfordert – im Zuge eines solchen Vergleichs sind nur Trends ablesbar.

9.3 Steckbrief Mehrfamilienhaus unsaniert

Gebäudetyp	Mehrfamilienhaus	
Wohnfläche	250 m²	
Energiebedarf (angenommen)	50.000 kWh	
Heizöl	5.000 l	
Flüssiggas	7.610 l	
Biomasse	11.990 kg	
	Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe	19.231 kWh	15.385 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe	15.873 kWh	12.698 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	12.626 kWh	10.101 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	144.796 €	
Flüssiggas	159.488 €	
Biomasse	79.753 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	116.814 €	106.648 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	96.418 €	88.027 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	76.696 €	70.021 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)		
Heizöl	/	
Flüssiggas	/	
Biomasse	28.000 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	31.780 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	47.515 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	44.980 €	
Betriebskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	14.578 €	
Flüssiggas	19.438 €	
Biomasse	24.297 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	8.504 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	9.719 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	12.149 €	



Zusammenfassung:

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines unsanierten Mehrfamilienhauses wurden eine Wohnfläche von 240 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 50.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für unsanierte Mehrfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 2,6; Sole-Wasser-Wärmepumpe 3,15; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 3,96.

Verglichen wurden erneut zwei Varianten – mit und ohne PV-Anlage mit einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Die Investitionskosten wurden pauschal mit einer Förderung von 30 % angenommen. Bei Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine Förderung von 35 % möglich.

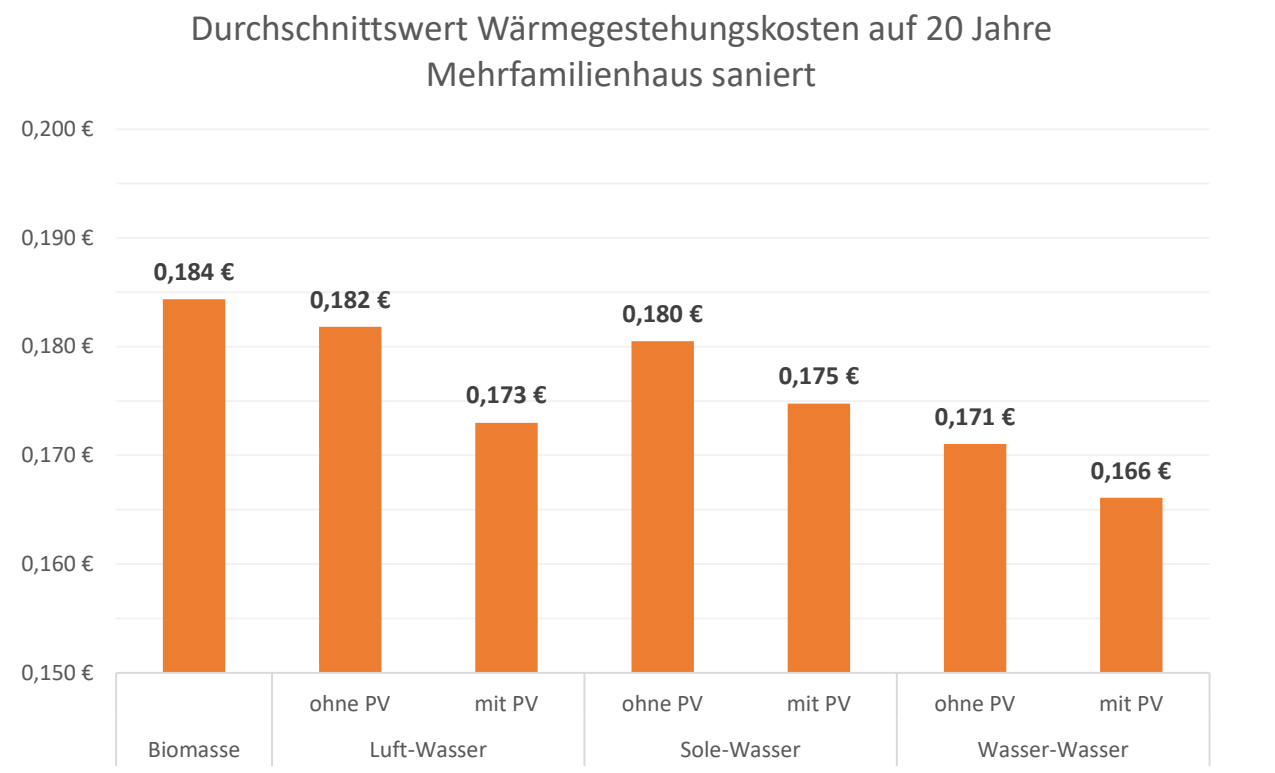
Bei den erhöhtem Energiebedarf der Gebäude ist es ersichtlich, dass höhere Bedarfskosten mehr in den Mittelpunkt rücken. Bei einem CO_2-Preis von 100 €/Tonne CO_2 sind bei fossilen Energieträgern mit erheblichen, jährlichen Mehrkosten zu rechnen. Beispielsweiste steigen die jährlichen Bedarfskosten bei Heizöl auf 6.080 €- eine Steigerung um ca. 1.330 €.

Ebenso wirkt sich eine höhere JAZ von Wärmepumpen, wenn man andere System als Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet, positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit PV sind als wirtschaftlich am Günstigsten zu betrachten. Höhere Investitionen in Systemen mit höherer Effizienz amortisieren sich hierbei.

Aber auch hier gilt, dass eine belastbare Entscheidungsgrundlage eine objektspezifische Bewertung erfordert.

9.4 Steckbrief Mehrfamilienhaus saniert

Gebäudetyp	Mehrfamilienhaus	
Wohnfläche	250 m²	
Energiebedarf (angenommen)	25.000 kWh	
Heizöl	2.500 l	
Flüssiggas	3.805 l	
Biomasse	5.995 kg	
	Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe	8.333 kWh	6.666 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe	5.435 kWh	4.348 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	4.673 kWh	3.738 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	72.398 €	
Flüssiggas	79.744 €	
Biomasse	39.877 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	50.620 €	46.214 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	46.214 €	30.140 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	28.385 €	25.914 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)		
Heizöl	/	
Flüssiggas	/	
Biomasse	28.000 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	31.780 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	47.515 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	44.980 €	
Betriebskosten (auf 20 Jahre)		
Heizöl	14.578 €	
Flüssiggas	19.438 €	
Biomasse	24.297 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	8.504 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe	9.719 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	12.149 €	



Zusammenfassung:

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines sanierten Mehrfamilienhauses wurden eine Wohnfläche von 240 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 25.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für sanierte Mehrfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 3,0; Sole-Wasser-Wärmepumpe 4,6; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 5,35.

Verglichen wurden erneut zwei Varianten – mit und ohne PV-Anlage mit einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Die Investitionskosten wurden pauschal mit einer Förderung von 30 % angenommen. Bei Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine Förderung von 35 % möglich.

Bei den erhöhtem Energiebedarf der Gebäude ist es ersichtlich, dass höhere Bedarfskosten mehr in den Mittelpunkt rücken. Bei einem CO_2-Preis von 100 €/Tonne CO_2 sind bei fossilen Energieträgern mit jährlichen Mehrkosten zu rechnen. Beispielsweiste steigen die jährlichen Bedarfskosten bei Heizöl auf 3.040 €- eine Steigerung um ca. 665 €.

Ebenso wirkt sich eine höhere JAZ von Wärmepumpen, wenn man andere System als Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet, positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit PV sind als wirtschaftlich am Günstigsten zu betrachten. Höhere Investitionen in Systemen mit höherer Effizienz amortisieren sich hierbei. Da bei der sanierten Variante auch höhere Jahresarbeitszahlen, gegenüber der unsanierten Variante vorliegen, sind die Wärmepumpen wirtschaftlich rentabler als eine Biomasseheizung.

Aber auch hier gilt, dass eine belastbare Entscheidungsgrundlage eine objektspezifische Bewertung erfordert.

10. Verzeichnis

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung) - 4 -
Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Sektor Wärme; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung) - 5 -
Abbildung 3: Gemeindegebiet Hofstetten; Quelle: Riwa GIS - 10 -
Abbildung 4: Verteilung des Gebäudebestands nach Baualterklassen - 12 -
Abbildung 5: Verteilung der Gebäudetypen nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf - 12 -
Abbildung 6: Verteilung der Energieträger von zentralen Wärmeerzeugern - 13 -
Abbildung 7: Durchschnittsalter Heizkessel - 13 -
Abbildung 8: Wärmenetz Hofstetten - 14 -
Abbildung 9: Energieverbrauch nach Verbrauchssektoren - 15 -
Abbildung 10: CO2-Emissionen nach Verbrauchssektoren - 16 -
Abbildung 11: Wärmebedarfsdichte Gewerbegebiet-Hofstetten - 17 -
Abbildung 12: Wärmebedarfsdichte Hofstetten-Siedlung - 18 -
Abbildung 13: Wärmebedarfsdichte Hagenheim - 19 -
Abbildung 14: Photovoltaikpotenzial Dachflächen (Ausschnitt) - 23 -
Abbildung 15: Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik; Quelle: Energie Atlas Bayern - 24 -
Abbildung 16: potenzielle zentrale Solarthermiefläche mit 300m Abstand zum Eignungsgebiet - 26 -
Abbildung 17: Grundwasserpotenzial - 32 -
Abbildung 18: Energiepotenzial Biomasse - 34 -
Abbildung 19: Reduktionspotenzial Sanierung - 37 -
Abbildung 20: Eignungsgebiet Wärmeplanung Hofstetten - 38 -
Abbildung 21: Eignung Wärmenetzgebiet - 40 -
Abbildung 22: Eignung Wasserstoffnetzgebiet - 41 -
Abbildung 23: Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung - 42 -
Abbildung 24: Spezifischer Wärmebedarf Wohngebäude Hofstetten - 44 -
Abbildung 25: Entwicklung Wärmebedarf durch energetische Sanierung - 45 -
Abbildung 26: Entwicklung Energieträger Raumwärme - 46 -
Abbildung 27: Entwicklung CO2-Emissionen - 48 -
Abbildung 28: Räumliche Darstellung überwiegender Energieträger - 49 -
Abbildung 29: Räumliche Darstellung benötigte Energieeinsparung - 50 -
Abbildung 30: Fokusgebiet „Historischer Siedlungsteil Hofstetten“ - 52 -
Abbildung 31: Fokusgebiet "Historischer Siedlungsteil Hagenheim" - 53 -
Abbildung 32: Ablauf Maßnahmencontrolling - 60 -
Abbildung 33: Zielwerte Entwicklung Wärmeerzeuger - 62 -
Abbildung 34: Auszug aus der Sanierungssatzung "Ortskern Hofstetten" - 67 -

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht Gruppen Schlüsselakteure ..... - 9 -
Tabelle 2:Sanierungsrate nach Baualtersklasse ..... - 44 -
Tabelle 3: Maßnahmenplan ..... - 54 -

Literaturverzeichnis:

AGFW und DVGW. 2025. *Praxisleitfaden Kommunale Wärmeplanung*. 2025.

Bauer, Mathias, et al. 2018. *Handbuch oberflächennahe Geothermie*. s.l. : Springer Spektrum, 2018.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). 2022. *Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern*. 2022.

Blesl, Markus und Kessler, Alois. 2013. *Energieeffizienz in der Industrie*. s.l. : Springer Vieweg, 2013.

Bundesrepublik Deutschland. 2024. *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz - GEG)*. 2024.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA). 2020. *DWA-M 114 Abwasserwärmenutzung*. 2020.

Europäische Parlament und Rat der Europäischen Union. 2024. *Richtlinie 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäuderichtlinie)*. 2024.

Expertenrat für Klimafragen. 2025. *Prüfbericht zur Berechnung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2024 und zu den Projektionsdaten 2025*. 2025.

Fraunhofer IEE; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH. 2024. *Endbericht Biogaspotenzial Bayern*. 2024.

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, Öko-Institut e.V.; Universität Stuttgart; adelphi consult GmbH; Becker Büttner Held; Prognos AG; Fraunhofer Institut. 2024. *Leitfaden Wärmeplanung*. 2024.

Konstantin, Panon und Konstantin, Margarete. 2021. *Praxisbuch der Fernwärme- und Fernkälteversorgung (2.Auflage)*. s.l. : Springer Vieweg, 2021.

Landesamt für Umwelt (LfU); Technische Universität München (TUM); ENIANO GmbH; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). 2024. *Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern*. 2024.

Quaschning, Volker. 2021. *Erneuerbare Energien und Klimaschutz (6. aktualisierte Auflage)*. s.l. : Carl Hanser Verlag München, 2021.

Sobotta, Stefan. 2022. *Praxis Wärmepumpe: Technik, Planung, Installation*. s.l. : Beuth Verlag, 2022.

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU). 2019. *VDI 4640- Blatt 2: Thermische Nutzung des Untergrunds - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen*. 2019.

Viskup, Dr. Eng. Richard. 2021. *Environmental Emissions*. s.l. : IntechOpen, 2021.