

KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

WOLFRATSHAUSEN

Wärme

- Biomasse
- Fossil/KWK
- tiefe Geothermie • Tiefengeothermie



Basis-Typen

1860 ... 1918

1919 ... 1948

1949 ... 1957

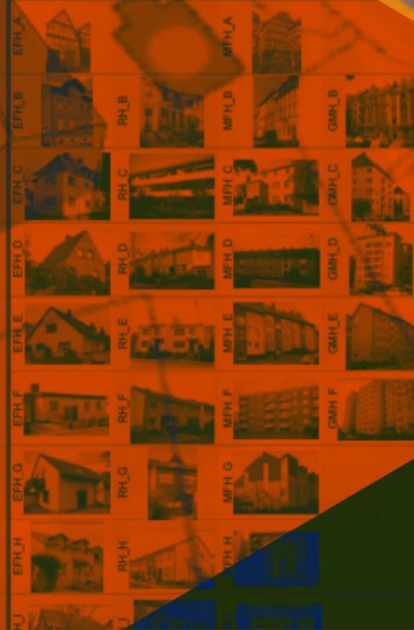
1958 ... 1968

1969 ... 1978

1979 ... 1983

1984 ... 1994

1995 ... 2004



Auftraggeber

Stadt Wolfratshausen

Auftragnehmer

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e.V., Penzberg

Dank

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadt Wolfratshausen und den Stadtwerken Wolfratshausen, sowie Energieversorgern, Handwerkern, Planern, engagierten Bürgerinnen und Bürgern und dem für die Stadt Wolfratshausen zuständigen Forstrevier. Durch die Bereitstellung des umfangreichen Datenmaterials und Hintergrundwissens konnte das vorliegende Konzept und die darin enthaltenen Maßnahmen entwickelt werden.

Titelbild

Felix Schneider

Impressum

EWO-Kompetenzzentrum Energie EKO e. V.
Am Alten Kraftwerk 4
82377 Penzberg

Tel.: 08856 80536-0

Fax: 08856 80536-29

E-Mail: info@kompetenzzentrum-energie.info

Web: www.kompetenzzentrum-energie.info

Vertretungsberechtigter Vorstand: Stefan Drexelmeier

Registergericht: Amtsgericht München

Registernummer: VR 204261

Autoren:

Andreas Scharli, Christiane Regauer, Ludwig Hagelstein, Benedikt Beinhofer, Felix Schneider, Felix Gross

Jahr: 2026

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt,
Klimaschutz, Naturschutz und
nukleare Sicherheit

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungen	IX
1 Zusammenfassung	1
2 Ausgangslage	4
2.1 Übersicht Wolfratshausen.....	5
2.2 Demographie.....	6
2.3 Wirtschaft und Flächennutzung	7
2.4 Klima	8
3 Akteursbeteiligung	10
3.1 Identifizierte Fachakteure	10
3.2 Formate und Ablauf der Akteursbeteiligung.....	11
4 Vorgehensweise und Methodik.....	13
5 Eignungsprüfung	17
5.1 Methodik der Eignungsprüfung.....	17
5.2 Ergebnisse der Eignungsprüfung.....	18
6 Bestandsanalyse Wärme	19
6.1 Energie- und Treibhausgasbilanz des beplanten Gebietes	19
6.2 Gebäudebestand und Wärmekataster.....	25
6.3 Räumliche Verteilung der Energieträger	28
6.4 Energieinfrastruktur.....	28
7 Potenzialanalyse	32
7.1 Flächenanalyse.....	33
7.2 Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden	35
7.3 Tiefe und mittlere Geothermie	40

7.4	Oberflächennahe Geothermie	42
7.4.1	Lokale Gegebenheiten für oberflächennahe Geothermie.....	45
7.4.2	Potenziale für Erdwärmesonden (EWS)	47
7.4.3	Potenziale für Grundwasserwärmepumpen (GWWP)	50
7.4.4	Potenziale für Erdwärmekollektoren	51
7.5	Umweltwärme	52
7.5.1	Oberflächengewässer	52
7.5.2	Luft	53
7.6	Abwasser.....	55
7.7	Biomasse.....	56
7.7.1	Energieholz	56
7.7.2	Biogas	57
7.8	Unvermeidbare Abwärme	58
7.9	Grüner Wasserstoff	60
7.10	Solarenergie auf Dachflächen.....	65
7.10.1	Solarthermie	65
7.10.2	Photovoltaik.....	67
7.11	Weitere Erzeugungspotenziale: Solarenergie auf Freiflächen	68
7.12	Großwärmespeicher.....	70
7.12.1	Kurzzeitspeicher: Thermische Heißwasserspeicher	70
7.12.2	Saisonalspeicher	70
7.12.3	Innovative Hochtemperatur- und Sonderkonzepte:.....	72
7.13	Darstellung der Ergebnisse	73
8	Zielszenario	75
8.1	Entwicklung des Wärmeverbrauchs	75
8.2	Entwicklung des Endenergieverbrauchs und CO ₂ -Bilanz	79
9	Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	82

9.1	Perspektiven und Unsicherheiten der Wasserstoffnutzung in der Wärmeversorgung	82
9.2	Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungen.....	83
9.3	Vorgehen bei der Einteilung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete ...	83
9.4	Ergebnis der Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	84
10	Strategie für die lokale Wärmewende	87
10.1	Kategorisierung der Maßnahmen.....	87
10.2	Erarbeitete Maßnahmen.....	88
10.2.1	Umfassende energetische Sanierung und technisches Repowering der Grundschule Weidach.....	88
10.2.2	Vergleichsrechnung zum Austausch einer bestehenden Gasheizung	91
10.2.3	Gemeinschaftliche Nutzung von Grundwasser zum Betrieb von Wärmepumpen.....	94
10.2.4	Fernwärmeerschließung durch Geothermie.....	96
10.2.5	Wärmeversorgung im historischen Stadtkern.....	98
10.2.6	Gewässerthermie Wärmeverbund Weidachmühle	100
10.2.7	Gewässerthermie Wärmeverbund Waldram	104
10.2.8	Regenerative Wärmeversorgung durch Pyrolyse-Technologie im Gewerbegebiet an der Loisach.....	106
10.2.9	Optimierung der Heizungsregelung	109
10.3	Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde	111
10.3.1	Wärmewende er-fahren – Die Vor-Ort-Fahrradtour.....	111
10.3.2	Tag der offenen Heizungstüre.....	112
10.3.3	Thermografie Spaziergang	113
10.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	114
10.5	Verstetigungsstrategie und Controlling-Konzept.....	115
10.5.1	Verstetigungsstrategie.....	115
10.5.2	Controlling-Konzept.....	116

11 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte	118
11.1 Verbraucherzentrale Bayern.....	118
11.2 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)	119
11.3 KfW-Programm 261 (Wohngebäude-Kredit).....	123
11.4 KfW-Programm 270 (Erneuerbare Energien – Standard)	125
11.5 Programme für Unternehmen	126
11.1 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)	127
11.2 Biowärme Bayern.....	127
12 Fazit	129
13 Literaturverzeichnis	131

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Übersicht über das Stadtgebiet von Wolfratshausen.....	5
Abbildung 2-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Wolfratshausen von 1960-2023 und Vorausberechnung für den 31.12.2039 (LfStat, 2025b).....	6
Abbildung 2-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Wolfratshausen (LfStat, 2025a)...	6
Abbildung 2-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Wolfratshausen (LfStat, 2025e).	7
Abbildung 2-5: Entwicklung der Wohnfläche in Wolfratshausen (LfStat, 2025f).	8
Abbildung 2-6: Monatsmitteltemperaturen (links) und mittlerer Monatsniederschlags (rechts) 1961-1990 und 1991-2020. Datengrundlage: Monatsmittelwerte Observatorium Hohenpeißenberg, DWD (Emeis, 2022).....	9
Abbildung 4-1: Methodik eines Kommunalen Wärmeplans.	13
Abbildung 5-1: Eignungsprüfung auf potenzielle Wärmenetze in der Stadt Wolfratshausen.	18
Abbildung 6-1: Verteilung des Endenergieverbrauch in Wolfratshausen nach Energieträgern, Sektoren und Gebäudeart.....	19
Abbildung 6-2: Anteilsmäßige Verteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern (links) und Nutzwärmeverbrauch nach Energieträgern (rechts) in Wolfratshausen.	20
Abbildung 6-3: CO ₂ -Ausstoß in Tonnen CO ₂ -Äquivalenten in Wolfratshausen.	21
Abbildung 6-4: Endenergieverbrauch leitungsgebunden nach Energieträgern.	22
Abbildung 6-5: Entwicklung des Gas- und Pellet Verbrauch in den städtischen Gebäuden und Liegenschaften 2014 – 2023 (nicht witterungsbereinigt).....	23
Abbildung 6-6: Spezifischer Wärmebedarf [kWh/m ²] der kommunalen Liegenschaften, witterungsbereinigt	24
Abbildung 6-7: Exemplarischer Ausschnitt aus einem gebäudescharfen Wärmekataster.....	25
Abbildung 6-8: Darstellung der Wärmebedarfsdichten in der Stadt Wolfratshausen.	26
Abbildung 6-9: Darstellung der Wärmelinien-dichte in der Stadt Wolfratshausen.	27
Abbildung 6-10: Anzahl und Anteil der Feuerstätten in der Stadt Wolfratshausen.	27
Abbildung 6-11: Räumliche Verteilung der Energieträger im Stadtbereich Wolfratshausen.	28
Abbildung 6-12: Energieinfrastruktur in der Gemeinde Wolfratshausen.	30
Abbildung 7-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG et al. 2011).	32
Abbildung 7-2: Flächenscreening: Flächen, die mögliche Technologien einschränken oder ausschließen.....	34
Abbildung 7-3: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung Nutzwärme bei konservativem (T45RedEff) bzw. ambitioniertem (T45Strom) Sanierungsszenario in Wolfratshausen.	38
Abbildung 7-4: Wärmeeinsparpotenzial durch Sanierung in der Stadt Wolfratshausen 2045 gegenüber 2022 nach konservativem Szenario in Prozent.	39

Abbildung 7-5: Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen für tiefengeothermische Energiegewinnung (Karte nach Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, 2022).	40
Abbildung 7-6: Skizze eines Eavor-Loops (https://www.eavor.com/).	42
Abbildung 7-7: Bohrdaten im Stadtgebiet Wolfratshausen.	46
Abbildung 7-8 Grundwasserstände im Gesamtzeitraum (1982-2026) an der Messtelle im Norden des Wolfratshauser Gewerbegebiets (HHW: höchster jemals gemessener Wasserstand, MW: mittlerer Wasserstand aller Einzelwerte, NNW: niedrigster jemals gemessener Wasserstand)	47
Abbildung 7-9: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden in Wolfratshausen (Stand 01/2024).	48
Abbildung 7-10: Methodik der Potenzialerhebung für EWS. Pro Grundstück wird mit maximal vier Sonden gerechnet.	49
Abbildung 7-11: möglicher Deckungsgrad durch EWS in Wolfratshausen zum Zieljahr 2045 bei Wärmebedarfs-reduktion nach Bundesziel.	49
Abbildung 7-12: möglicher Deckungsgrad durch GWWP in Wolfratshausen zum Zieljahr 2045 bei Wärmebedarfsreduktion nach Bundesziel.	51
Abbildung 7-13: Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2019-2025 nach Wärmepumpentypen (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2026).	54
Abbildung 7-14: Geplantes Wasserstoffkernnetz Deutschland (Bundesnetzagentur, 2024).	61
Abbildung 7-15: Heizen mit grünem Wasserstoff - Energieverluste bei einzelnen Prozessschritten.	63
Abbildung 7-16: ST-Potenzial auf Dachflächen in Wolfratshausen unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzialflächen von PV/ST mit 95/5%.	66
Abbildung 7-17: PV-Potenzial auf Dachflächen in Wolfratshausen unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzial-flächen PV/ST mit 95/5%.	67
Abbildung 7-18: Theoretisch geeignete Flächen für Solarenergieerzeugung auf Freiflächen inkl. EEG-Kriterien für PV-Freiflächen in Wolfratshausen.	69
Abbildung 7-19: Übersicht über die verschiedenen Geothermischen Speichertypen (HIC Hamburg Institut Consulting GmbH, o. J.)	71
Abbildung 7-20: Technische und wirtschaftliche Wärmepotenziale für die Stadt Wolfratshausen. .	73
Abbildung 8-1: Entwicklung des Wärmemix der Nutzenergie in Wolfratshausen bei konservativem Szenario mit Fernwärme (1,7 %) und ambitionierten Szenario ohne Fernwärme (2,85 %)	78
Abbildung 8-2: Entwicklung des Endenergiebedarfs in Wolfratshausen bei konservativem Szenario mit Fernwärme (1,7 %) und ambitionierten Szenario ohne Fernwärme (2,85 %)	80
Abbildung 8-3 Entwicklung der Emissionen in CO ₂ -Äquivalenten in Wolfratshausen bei konservativem Szenario mit Fernwärme (1,7 %) und ambitionierten Szenario ohne Fernwärme (2,85 %)	81

Abbildung 9-1: Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in der Gemeinde Wolfratshausen bis 2045.....	86
Abbildung 10-1: Veraltete Wärmeverteilung und Regelungstechnik.....	89
Abbildung 10-2: Veraltetes Fenster.....	89
Abbildung 10-3: Platz für einen möglichen Eisspeicher – Das stillgelegte Schwimmbad in der Schule Weidach.....	90
Abbildung 10-4: Die täglich maximalen und minimalen Wassertemperaturen in °C an der Messstelle Beuerberg (LfU, 2026)	101
Abbildung 10-5: Prinzip der Wärmeentnahme aus Flusswasser mittels Wärmetauscher für eine Großwärmepumpe. Das Flusswasser wird mit einem Volumenstrom von 224 l/s entnommen, von 2,0 °C auf 0,3 °C abgekühlt und anschließend wieder in das Gewässer zurückgeführt. Die gewonnene Umweltwärme wird über einen sekundären Kreislauf an die Wärmepumpe übertragen (Abbildung nach (www.thi.de, 2024)).	101
Abbildung 10-6: Wärmeverbund Gewässerthermie Weidachmühle, Ausbaustufe A	102
Abbildung 10-7: Wärmeverbund Gewässerthermie Weidachmühle, Ausbaustufe A & B.....	103
Abbildung 10-8: Wärmeverbund Gewässerthermie Weidachmühle, Ausbaustufe A,B & C	103
Abbildung 10-9: Die täglich maximalen und minimalen Wassertemperaturen in °C an der Messstelle Beuerberg (LfU, 2026).	105
Abbildung 10-10: Wärmeverbund Gewässerthermie Waldram, Ausbaustufe A	105
Abbildung 10-11: Wärmeverbund Gewässerthermie Waldram, Ausbaustufe A & B	106
Abbildung 10-12: Beispielrechnung Energieverbrauchswert.	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 7-1: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga et al., 2015, S. 153 ff)	36
Tabelle 7-2: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Stadt Wolfratshausen.....	66
Tabelle 7-3: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Wolfratshausen	67
Tabelle 10-1: Kategorisierung der Maßnahmen nach Kosten, Dauer und Wirkung.....	88
Tabelle 10-2: Gegenüberstellung von Investitionskosten, Förderung, jährl. Betriebskosten und CO ₂ - Emissionen verschiedener Wärmeerzeuger im Einfamilienhaus (Datenquelle: Verbraucherzentrale Energieberatung).....	93
Tabelle 10-3: Zusammenfassung der erarbeiteten Maßnahmen für Wolfratshausen.....	114
Tabelle 11-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern.	118
Tabelle 11-2: Förderübersicht Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM). Quelle: BAFA	121
Tabelle 11-3: Förderübersicht BEG WG.....	123

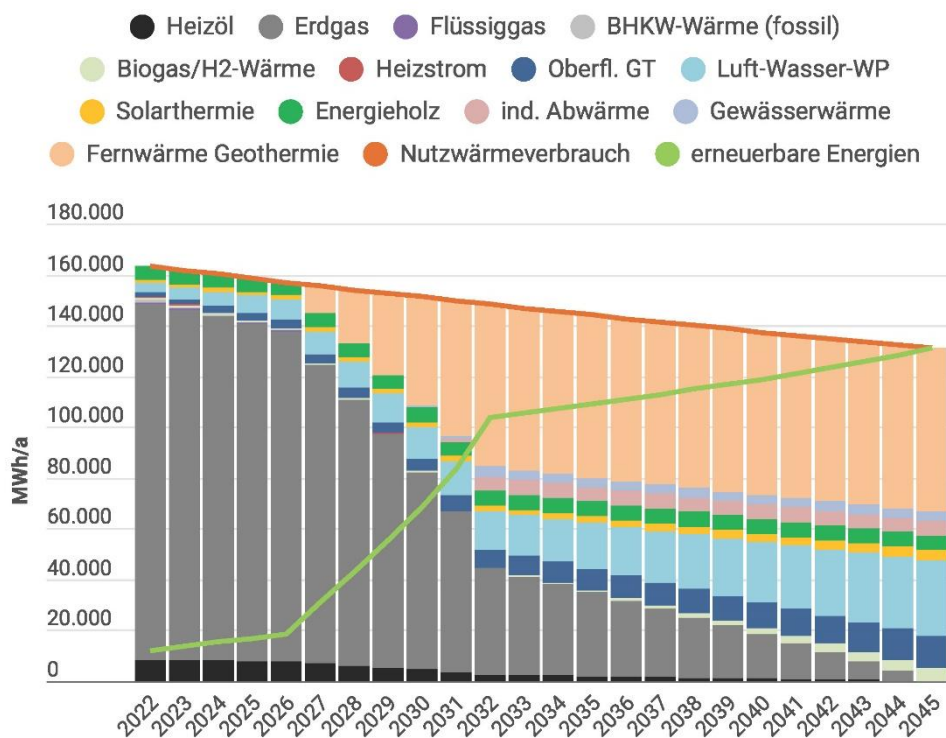
Abkürzungen

ALKIS	A mtliches L iegenschafts k ataster i nformationssystem
LWF	B ayerische Landesanstalt für W ald und F orstwirtschaft
BAFA	B undesamt für Wirtschaft und A usfuhrkontrolle
BImSchG	B undesimmissionss sch utz g esetz
BISKO	B ilanzierungs- S ystematik K ommunal
BMWK	B undes m inisterium für W irtschaft und K limaschutz
BSW	B undesverband S olarwirtschaft e.V.
BWE	B undesverband W ind E nergie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Dena	D eutsche E nergie A gentur
DGS	D eutsche G esellschaft für S onnenenergie e.V.
DWD	D eutscher W etter d ienst
Efm	E rntefest m eter
EFZH	E in- und Z weifamilien h aus
EKO	Energiewende Oberland – Kompetenzzentrum Energie EKO e.V.
EW	E in w ohner
EWO	Energiewende O berland
EWS	E rd w ärme s onde
Fm	F est m eter
GEG	G ebäude e nergie g esetz
GW	G igawatt
GWh	G igawatt s tunde
GWWP	G rund w asser W ärme p umpe
INOLA	Innovationen für ein nachhaltiges Land- und Energiemanagement
K	K elvin
KBA	K raftfahrt- B undesamt
KfW	K reditanstalt für W iederaufbau
KU	K ommunal u nternehmen
kW	K ilowatt
kWh	K ilowatt s tunde
KWK	K raft- W ärme- K opplung
LfL	Bayerische L andesanstalt für L andwirtschaft
LfU	L andesamt für U mweltschutz
LfStat	Bayerisches L andesamt für S tatistik
LMU	L udwigs- M aximilians- U niversität München
MFH	M ehrfamilien h aus
m ²	Quadratmeter
MW	M egawatt
MWh	M egawatt s tunde
PV	P hoto v oltaik
Srm	S chüttraum m eter
ST	S olar t hermie
THG	T reib h ausgasemissionen
TUM	T echnische U niversität M ünchen
VDI	V erein D eutscher I ngenieure
WPG	W ärme p lanungs g esetz
k.A.	Keine Angabe

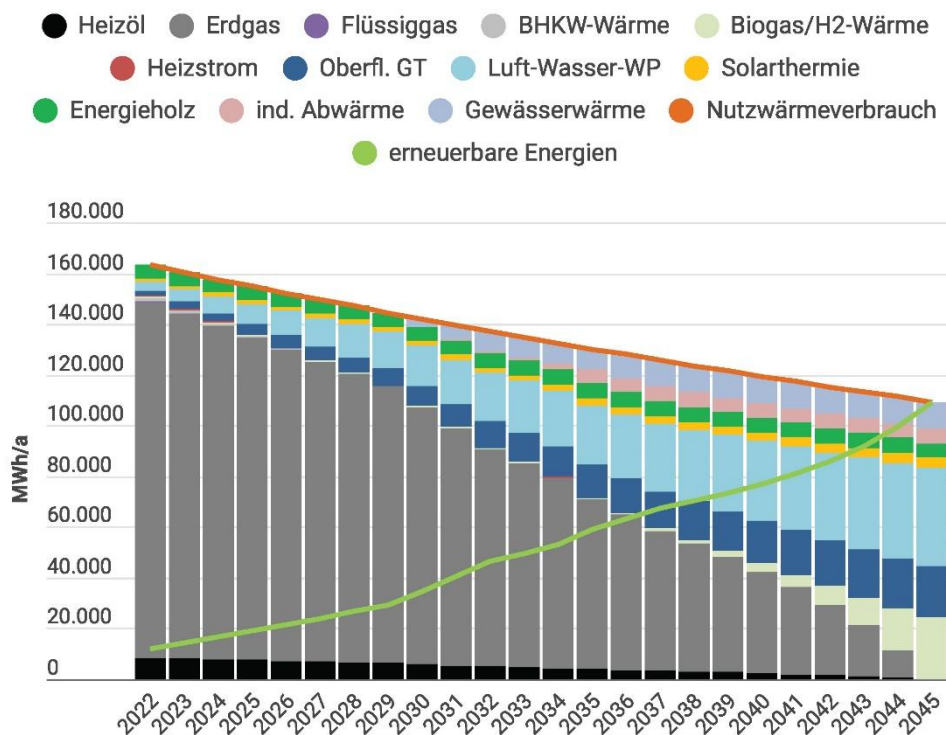
1 Zusammenfassung

Entwicklungsszenarien Energieträgerverteilung bei Nutzwärme

Sanierungsrate 1,7 %



Sanierungsrate 2,85 %



Bestandsanalyse Endenergie (Bilanzjahr 2022)

Einwohner	Einwohnerdichte	Gemeindefläche
19.499	2.136 EW/km ²	9,1 km ²

Wärmeverbrauch nach Sektoren	MWh/a	Anteil
Private Haushalte	119.051	63,30%
Gewerbe	57.005	30,31%
Kommunale Liegenschaften	12.018	6,39%
Gesamt	254 485	

Wärmeverbrauch nach Energieträger	MWh/a	Anteil
Energieholz	7.057	3,8%
Solarthermie	1.319	0,7%
Wärmepumpe (Luft-Wasser)	1.132	0,6%
Wärmepumpe (Oberflächennahe Geothermie)	599	0,3%
Biogas - Wärme	388	0,2%
Erneuerbarer Wärmeverbrauch gesamt	10.495	5,6%
Heizöl	9.845	5,2%
Erdgas	164.935	87,7%
Flüssiggas	500	0,3%
BHKW - Wärme	1.501	0,8%
Heizstrom	798	0,4%
Fossiler Wärmeverbrauch gesamt	177.579	94,4%

CO ₂ -Emissionen	t/a	Anteil
Erneuerbarer Wärmeverbrauch	1.059	2,4%
Fossiler Wärmeverbrauch	43.470	97,6%
Gesamt	44.529	
Pro Einwohner	2,28	

Potenzialanalyse Endenergie

Wärmebedarf 2045	MWh/a	Veränderung zu 2022
Szenario Sanierungsquote 0,96 %	130.852	-20%
Szenario Sanierungsquote 1,73 %	106 096	-58%
Wärmeverbrauch nach Energieträger 2045 (Szenario 0,96 %)	MWh/a	Veränderung zu 2022
Energieholz	7.872	12%
Solarthermie	4.135	214%
Biogas/H2-Wärme	6.521	1580%
Wärmepumpe (Oberflächennahe Geothermie)	3.113	593%
Wärmepumpe (Luft-Wasser)	9.826	768%
Ind. Abwärme	5.712	
Gewässerwärme	1.487	
Fernwärme Geothermie	959	
CO ₂ -Emissionen 2045	t/a	Veränderung zu 2022
Sanierungsquote 0,96 %	1.495	-97 %
Sanierungsquote 1,73 %	4.646	-90 %

Eine Kurzfassung des vorliegenden Wärmeplans ist auch unter folgender Webadresse mit dynamischen Karten abrufbar: <https://arcg.is/1Lz0if1>

2 Ausgangslage

Der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen unserer Zeit dar. Ein wesentlicher Treiber sind die durch den Menschen verursachten Treibhausgasemissionen, insbesondere CO₂. In Deutschland entfallen rund 50 % des gesamten Endenergieverbrauchs auf den Wärmesektor (AEE, 2023). Um die Klimaziele zu erreichen, hat die EU eine Reihe von Richtlinien verabschiedet, die in Deutschland im Wärmeplanungsgesetz (WPG) umgesetzt wurden.

Das WPG verpflichtet Kommunen wie Wolfratshausen, eine nachhaltige und klimaneutrale Wärmeversorgung zu planen. Ziel ist es, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren und den Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung deutlich zu erhöhen. Bis 2045 soll eine Netto-Treibhausgasneutralität nach dem bayrischen Klimaschutzgesetz erreicht werden (BayKlimaG, 2020). Die Stadt Wolfratshausen hat im Herbst 2024 mit der Erstellung eines Wärmeplans begonnen.

Die vorliegende Wärmeplanung stellt eine umfassende Analyse des Ist-Standes der Energieversorgung der Stadt Wolfratshausen dar und erfasst zudem alle auf dem Stadtgebiet vorhandenen und nach derzeitigem Stand der Technik nutzbaren Potenziale erneuerbarer Energieträger für eine nachhaltige Energieversorgung.

Um die mit der Energiewende einhergehenden Veränderungen abzustimmen, wurden die Maßnahmenvorschläge im Gemeindegebiet in Zusammenarbeit mit zahlreichen lokalen Akteuren erstellt. Daraus entstehen besonders wichtige Bausteine bei der Konzeptentwicklung.

Klimaschutz und Energiewende auf kommunaler Ebene sind eng verzahnt mit den naturräumlichen sowie den sozioökonomischen Gegebenheiten der Region. Eine wichtige Arbeitsgrundlage für den Wärmeplan der Stadt Wolfratshausen ist deshalb die Erfassung folgender Rahmendaten:

- Demographie
- Siedlungs- und Gebäudestruktur
- Natur- und Landschaftsschutz
- Klimatische Rahmenbedingungen

Diesen Kapiteln vorangestellt ist eine kurze Übersicht über die Stadt Wolfratshausen.

2.1 Übersicht Wolfratshausen



Abbildung 2-1: Übersicht über das Stadtgebiet von Wolfratshausen.

Wolfratshausen liegt im bayerischen Voralpenland, etwa 30 km südlich von München, und gehört zum Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen im Regierungsbezirk Oberbayern. Das Stadtgebiet erstreckt sich über eine Fläche von 9,13 km² und umfasst 4 Stadtteile. Das Gebiet liegt auf einer Höhe von etwa 576 m über dem Meeresspiegel. Durch die Flößerstadt fließt die Loisach – nördlich der Stadt mündet sie in die Isar. Die Nachbargemeinden sind Icking, Geretsried und Münsing und Egling mit der Pupplinger Au.

2.2 Demographie

In Wolfratshausen leben aktuell 19.499 Einwohner (EW) (Stand: 31.12.2023). Das entspricht einer Bevölkerungsdichte von 2.136 EW/km². Wie Abbildung 2-2 verdeutlicht, ist die Bevölkerungszahl seit 1960 bis 2000 recht kontinuierlich gewachsen und steigt seitdem nur noch leicht an. Insgesamt hat sich die Anzahl der Einwohner in Wolfratshausen in den letzten sechs Jahrzehnten um 128 % vermehrt und damit mehr als verdoppelt. Unter Annahme der Bevölkerungsvorausberechnung des Landesamtes für Statistik (LfStat, 2025b) ist mit einem weiteren Wachstum der Einwohnerzahlen bis zum Jahr 2039 auf etwa 21.280 EW zu rechnen.

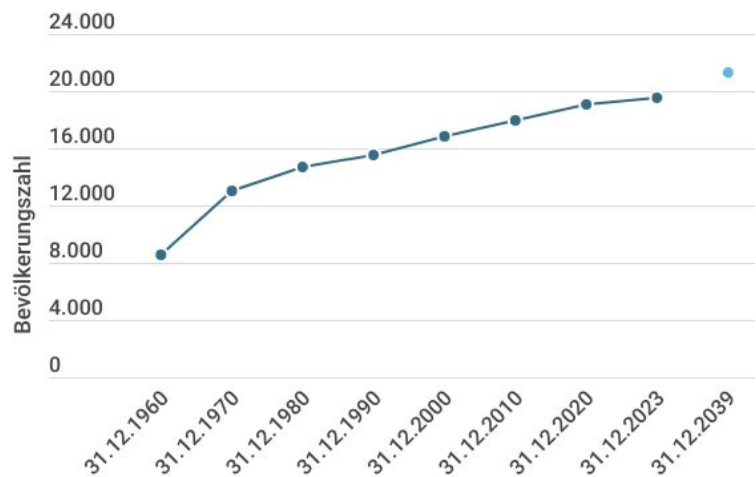


Abbildung 2-2: Entwicklung der Bevölkerungszahl in Wolfratshausen von 1960-2023 und Vorausberechnung für den 31.12.2039 (LfStat, 2025b).

Auch in der Altersstruktur der Bevölkerung ist ein Wandel festzustellen, wenn man die Jahre 1987 und 2023 vergleicht. Abbildung 2-3 zeigt, dass die Altersgruppen zwischen „18 bis unter 50 Jahre“ von 1987 bis 2023 deutlich abgenommen haben. Gleich geblieben ist die Altersgruppe von „15 bis unter 18 Jahre“. Die Gruppen „unter 6“ und „6 bis unter 15“ sind leicht zugenommen. Die Altersgruppen „50 bis unter 65 Jahre“ und „65 Jahre oder älter“ stellen dagegen nicht nur die mit Abstand größten Bevölkerungsgruppen dar, sondern weisen auch die höchsten prozentualen Zuwächse gegenüber dem Vergleichsjahr 1987 auf (LfStat, 2025a).

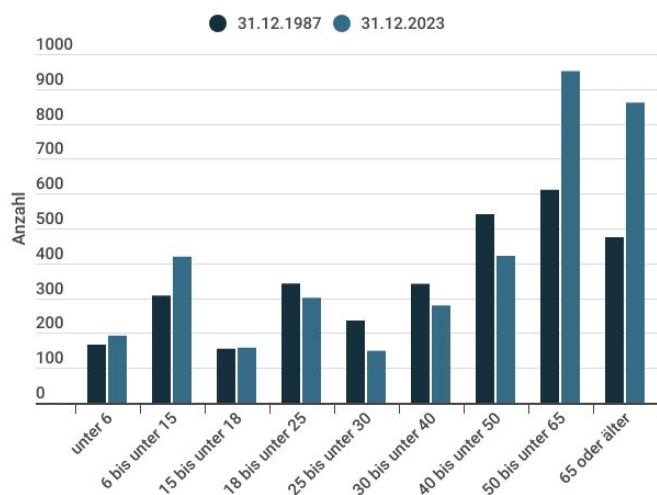


Abbildung 2-3: Bevölkerungsentwicklung nach Altersgruppen in Wolfratshausen (LfStat, 2025a).

Sowohl das zu erwartende Bevölkerungswachstum als auch der demographische Wandel sind in Bezug auf die Entwicklung von zukünftigen Szenarien oder Kampagnen zu berücksichtigen. Nicht nur wird sich dadurch der Energiebedarf verändern, auch die Zielaltersgruppen und das Entscheidungsverhalten von Akteuren, beispielsweise bei der Gebäudesanierung oder beim Einsatz neuer Technologien, können sich verschieben.

2.3 Wirtschaft und Flächennutzung

Mit Stand vom 30.06.2023 sind in der Stadt Wolfratshausen 8.171 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte gemeldet. Mit rund 56 % stellt das produzierende Gewerbe den dominierenden Wirtschaftssektor der Beschäftigten in Wolfratshausen dar. Die restlichen 44 % arbeiten im Dienstleistungssektor.

Betrachtet man die **Flächennutzung** (Abbildung 2-4) des gesamten Stadtgebietes so zeigt sich, dass die Siedlungs- und Verkehrsflächen mit 54,2 % den größten Anteil an der Gesamtfläche einnehmen. Knapp ein Viertel der Stadtfläche ist mit Wald bedeckt (22,1 %). Landwirtschaftlich genutzte Flächen spielen mit 18,1 % eine untergeordnete Rolle. Die Gewässer Loisach und Isar machen 2,6 % der Flächennutzung aus. Flächen anderer Nutzung spielen im Stadtgebiet mit 3,0 % eine untergeordnete Rolle (LfStat, 2025e). In Anbetracht der weiterhin abnehmenden Zahl landwirtschaftlicher Betriebe werden sich auch die Kulturlandschaft und die Flächennutzung verändern. Dabei können Flächen entstehen, die unter nachhaltigen Gesichtspunkten für die Erzeugung erneuerbarer Energien genutzt werden können.

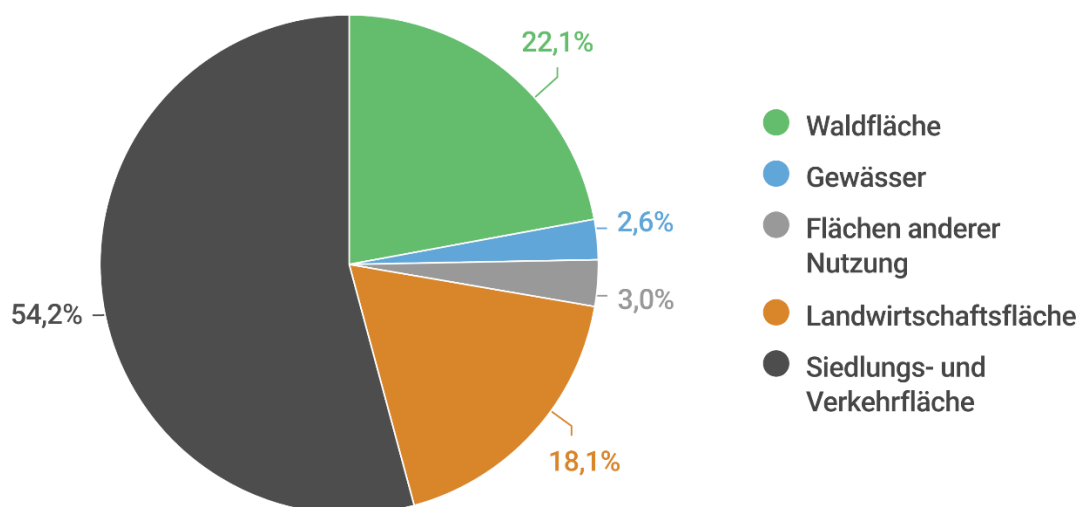


Abbildung 2-4: Übersicht der Flächennutzung gemäß amtlichem Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) in Wolfratshausen (LfStat, 2025e).

Auch die **Wohnbebauung** hat in Wolfratshausen in den letzten Jahrzehnten zugenommen (siehe Abbildung 2-5). Wohnfläche und Anzahl der Wohngebäude haben sich kontinuierlich erhöht. Gleichzeitig steigt die Wohnfläche pro Einwohner in den letzten Jahrzehnten nahezu durchgehend an, was auch auf die Tendenz, Eigenheime bei schrumpfender Haushaltsgröße beizubehalten, zurückzuführen ist. Heute existieren in Wolfratshausen insgesamt 4095 Wohngebäude mit einer Gesamtwohnfläche von über 850.903 m² (LfStat, 2025f). Das Verhältnis von Wohnfläche zur Einwohnerzahl muss weiter beobachtet werden. Prinzipiell ist mit der Zunahme dieses Verhältnisses auch eine Erhöhung des Heizwärmebedarfes pro Einwohner (EW) verbunden. Diese Größen sind für die vorliegende Wärmeplanung insbesondere bei der Ermittlung von Einsparmöglichkeiten im Wärmebereich relevant.

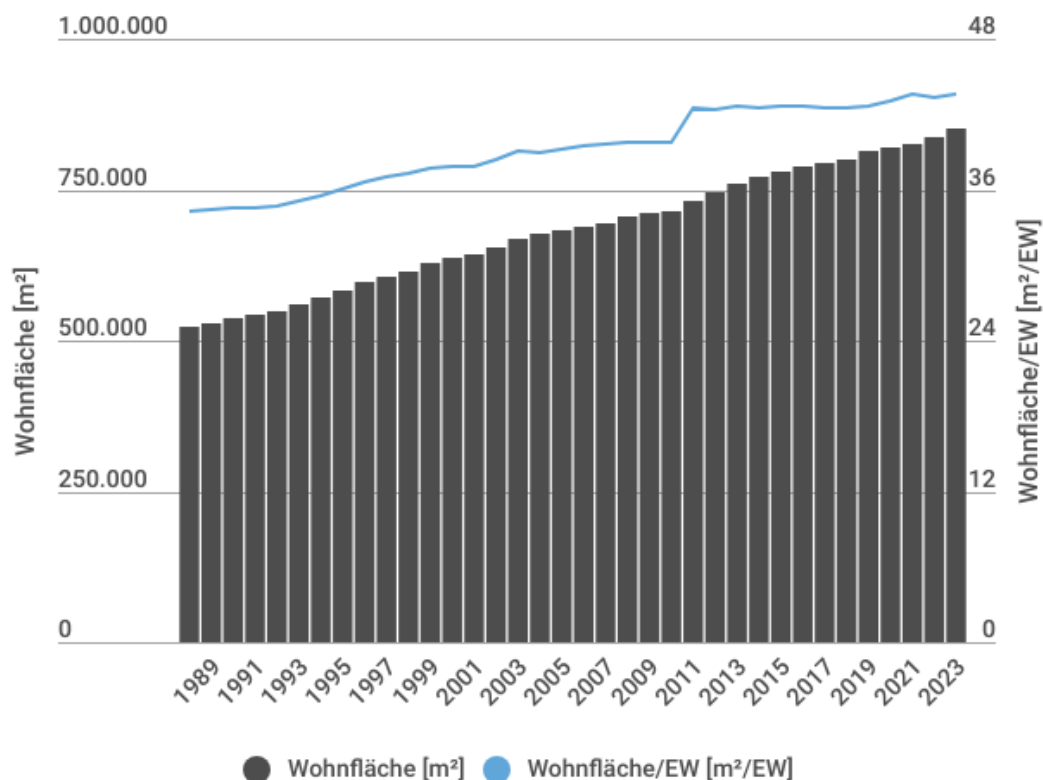


Abbildung 2-5: Entwicklung der Wohnfläche in Wolfratshausen (LfStat, 2025f).

2.4 Klima

Die klimatischen Rahmenbedingungen haben entscheidenden Einfluss auf den Heizenergiebedarf jeder Kommune sowie auf die meisten Potenziale für erneuerbare Energien, wie z.B. Sonne, Wind und Bioenergie. Im Folgenden werden deshalb die für die vorliegende Wärmeplanung wichtigsten Klimadaten und projizierten Klimaveränderungen dargestellt.

Dafür wurden zunächst die Daten der Klimastation Hohenpeißenberg ausgewertet, welche die nächstgelegene Klimastation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ist und seit 1950 Messdaten liefert. Wie aus Abbildung 2-6 hervorgeht, sind bereits deutliche Anstiege der Monatsmitteltemperaturen zu beobachten. Die Werte der Messdatenreihe 1991-2020 liegen (mit Ausnahme in den Herbstmonaten) um 1-2°C über denen des Zeitraums 1961-1990. Während das langjährige Mittel der Lufttemperatur 1961-1990 bei 6,5 °C lag, stieg die Jahresmitteltemperatur in den vergangenen Jahren bereits über 8,0 °C. Die Sonnenscheindauer in Wolfratshausen beträgt im Mittel circa 1.750 h/a, bei einer Globalstrahlung von 1.165 kWh/m² im Jahresmittel (LfU & StMWi, 2025).

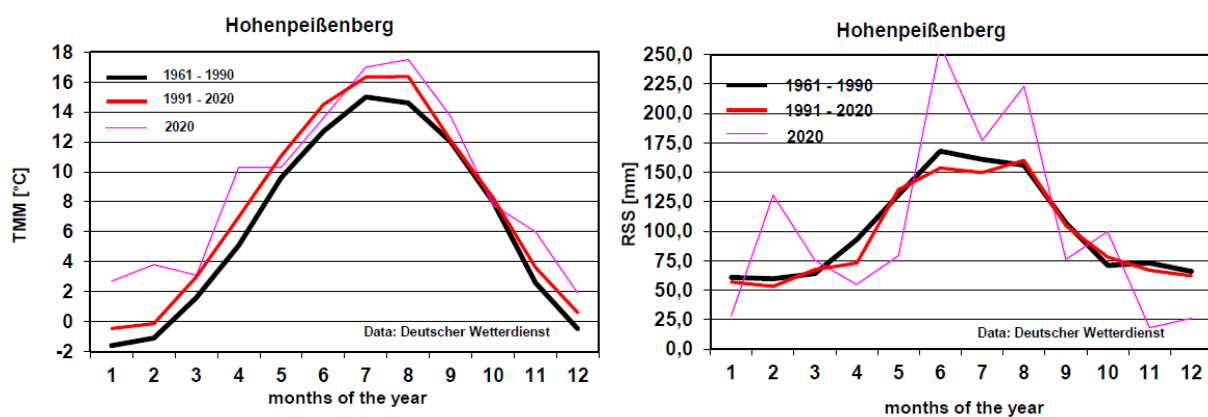


Abbildung 2-6: Monatsmitteltemperaturen (links) und mittlerer Monatsniederschlags (rechts) 1961-1990 und 1991-2020. Datengrundlage: Monatsmittelwerte Observatorium Hohenpeißenberg, DWD (Emeis, 2022).

Die Jahresniederschlagsmengen liegen bei der nächstgelegenen Messstation in Attenkam im langjährigen Mittel seit 1938 bei etwa 11.020 mm pro Jahr (Deutscher Wetterdienst, 2024). Aus regionalen Messdaten können derzeit noch keine signifikanten Veränderungen bei den Niederschlagsmengen festgestellt werden, aus dem Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2000 ist eine geringe Abnahme der mittleren Monatsniederschläge im April, Juni und Juli zu erkennen (Abbildung 2-6). Im Allgemeinen ist in Folge des Klimawandels in Zukunft mit länger anhaltenden Wetterlagen, welche sich in Dürre oder Überschwemmungen auswirken können und einer Zunahme von Extremereignissen beispielsweise in Form von Starkniederschlägen zu rechnen. Die Monatsmittelwerte des Jahres 2020 in Abbildung 2-6 zeigen eindrücklich starke Abweichungen von den langjährigen Durchschnittswerten.

3 Akteursbeteiligung

Die kommunale Wärmeplanung der Stadt Wolfratshausen wurde als kooperativer Prozess gestaltet, der auf eine enge Abstimmung zwischen Stadtverwaltung, politischen Gremien, Energieversorgern, Fachplanung und regionalen Marktakteuren setzt. Ziel war es, fachliche Expertise frühzeitig einzubinden, bestehende Vorarbeiten zu berücksichtigen und die Planung konsequent an den örtlichen Rahmenbedingungen auszurichten. Durch die strukturierte Beteiligung der relevanten Akteure wurde sichergestellt, dass technische, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Gleichzeitig stärkt die transparente Einbindung der Beteiligten die Verankerung der Wärmeplanung in den kommunalen Entscheidungsstrukturen und schafft eine belastbare Grundlage für die anschließende Umsetzung.

3.1 Identifizierte Fachakteure

Für die Stadt Wolfratshausen wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung eine umfassende Akteursanalyse durchgeführt. Ziel war es, alle für die Wärmeversorgung relevanten Institutionen, Unternehmen und Fachstellen gemäß § 7 Abs. 2 Wärmeplanungsgesetz (WPG) systematisch zu identifizieren und frühzeitig in den Planungsprozess einzubinden.

Auf kommunaler Ebene wurden die zuständigen Organisationseinheiten der Stadtverwaltung sowie politische Entscheidungsträger berücksichtigt. Hierzu zählen insbesondere Bürgermeister, Stadtrat sowie verwaltungsinterne Fachbereiche mit Bezug zu Bauleitplanung, Infrastruktur, Liegenschaften und Umwelt. Damit wurde sichergestellt, dass die Wärmeplanung eng mit bestehenden kommunalen Entscheidungs- und Planungsstrukturen verzahnt ist.

Darüber hinaus wurden die für das Stadtgebiet relevanten Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber identifiziert und einbezogen. Dies umfasst insbesondere Betreiber von Strom-, Gas- und Wärmenetzen sowie potenzielle Wärmenetzbetreiber. Auch Akteure aus dem Bereich Abwasserinfrastruktur – einschließlich Kläranlage, Abwassernetz und zuständigem Verband – wurden berücksichtigt, um mögliche Potenziale aus Abwärme oder Infrastrukturskopplungen prüfen zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Einbindung regionaler Fachbetriebe und Planungsakteure. Hierzu zählen Heizungs- und Sanitärbetriebe, Elektrotechnikunternehmen, Ingeni-

eurbüros, Energieberatende sowie Architekten und Fachplaner. Diese Akteursgruppe ist für die praktische Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, dezentralen Versorgungslösungen und möglichen Netzanschlüssen von zentraler Bedeutung. Von Beginn an erfolgte zudem eine enge Zusammenarbeit mit Ingenieurbüros, die bereits frühere Planungen und Machbarkeitsstudien für Wolfratshausen erarbeitet haben. Dadurch konnten bestehende Erkenntnisse systematisch in die Wärmeplanung integriert und auf vorhandene Vorarbeiten aufgebaut werden.

3.2 Formate und Ablauf der Akteursbeteiligung

Den Auftakt bildete ein Strategietreffen mit den verantwortlichen Vertreterinnen und Vertretern der Stadt sowie den mit der Wärmeplanung befassten Fachstellen. In diesem Termin wurde das methodische Vorgehen abgestimmt, die Ergebnisse der Akteursanalyse besprochen und die aus Sicht der Stadt prioritären Themen und Fragestellungen definiert. Damit wurde die Grundlage für eine zielgerichtete und umsetzungsorientierte Bearbeitung geschaffen.

Im Anschluss fand ein erster Akteursworkshop statt, der den inhaltlichen Austausch mit den identifizierten Fachakteuren eröffnete. Vorgestellt wurden die Zielsetzung der kommunalen Wärmeplanung, das geplante Vorgehen sowie erste Analyseergebnisse. Der Workshop diente der fachlichen Rückkopplung und der Sammlung von Hinweisen zu lokalen Rahmenbedingungen und Entwicklungsperspektiven. In einem weiteren Akteurstreffen wurde der fortgeschrittene Stand der Wärmeplanung präsentiert. Im Mittelpunkt standen dabei insbesondere mögliche Entwicklungen im Bereich Fernwärme sowie die Diskussion von Erwartungen und Rahmenbedingungen aus Sicht der beteiligten Akteure. Aufbauend auf den vorliegenden Analysen wurde zudem die Maßnahmenplanung gemeinsam erörtert und eine Orientierung für die nächsten Planungsschritte gegeben.

Im Rahmen der strategischen Phase fand ein weiteres Strategiegespräch mit den Verantwortlichen der Stadt und der Stadtwerke statt, in dem die vorgesehenen Versorgungsgebiete sowie die Ausgestaltung des Zielszenarios abgestimmt wurden. Ziel dieses Termins war es, die fachlichen Ergebnisse mit den infrastrukturellen und betrieblichen Rahmenbedingungen abzugleichen und eine tragfähige Entscheidungsgrundlage für die Gebietsausweisung zu schaffen.

Ergänzend wurde eine Besichtigung ausgewählter kommunaler Einrichtungen durchgeführt, um die bestehende Wärmeversorgung vor Ort zu erfassen und mögliche Optimierungs- bzw. Entwicklungspotenziale praxisnah zu bewerten.

Den Abschluss des Beteiligungsprozesses bildet die Vorstellung der Ergebnisse im Stadtrat, sowie eine 30-tägige Veröffentlichung des Entwurfs der Wärmeplanung zur allgemeinen Stellungnahme.

4 Vorgehensweise und Methodik

Die kommunale Wärmeplanung umfasst vier zentrale Phasen: **Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenarien und Handlungsstrategie**.

In der Bestandsanalyse werden Daten zur Gebäude-, Siedlungs- und Energieinfrastruktur erhoben und ausgewertet. Grundlage sind gebäudescharfe Informationen, etwa Verbrauchsdaten von Schornsteinfegern und Energieunternehmen sowie lokale Planungsdaten wie Bebauungspläne oder Klimaschutzkonzepte.

Die Potenzialanalyse untersucht anschließend Möglichkeiten zur Senkung des Wärmebedarfs und ermittelt das naturräumliche Energiepotenzial der Stadt. Darauf aufbauend definieren Zielszenarien langfristige Perspektiven für eine klimaneutrale Wärmeversorgung.

Abschließend wird eine Handlungsstrategie mit Maßnahmenkatalog entwickelt, die die Umsetzung der lokalen Wärmewende konkretisiert. Eine regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Maßnahmen stellen ihre langfristige Wirksamkeit sicher.

Diese Wärmeplanung orientiert sich im Wesentlichen am Leitfaden Wärmeplanung und dem zugrundeliegenden Wärmeplanungsgesetz (BMWK & BMWSB, 2024; WPG, 2023).

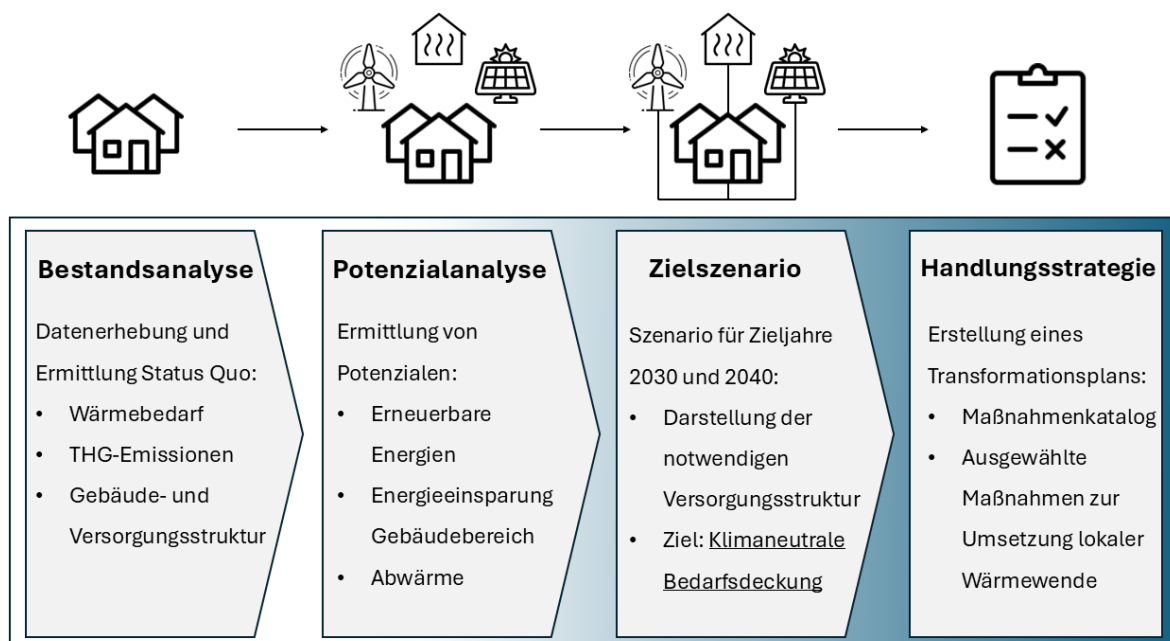


Abbildung 4-1: Methodik eines Kommunalen Wärmeplans.

Datengrundlagen

Zur folgenden Analyse der energetischen Situation der Stadt Wolfratshausen werden verschiedene Daten herangezogen, um eine möglichst vollumfängliche Darstellung der einzelnen Teilbereiche zu ermöglichen. Die Analyse fokussiert sich auf das gesamte Stadtgebiet und folgt der bundesweit einheitlichen Methode zur Erstellung kommunaler Energie- und Treibhausgasbilanzen, dem BSKO-Standard (Bilanzierungssystematik Kommunal). Dabei werden nach dem Territorialprinzip alle Energieverbräuche und daraus entstehenden CO₂-Emissionen erfasst, die innerhalb der Stadtgrenzen entstehen, sodass Energie- und Emissionsdaten zwischen Kommunen vergleichbar ausgewertet werden können. Gleiches gilt für die Erhebung der naturräumlichen Potenziale.

Die Verbrauchergruppen werden in diesem Wärmeplan nach Art und Größenordnung in verschiedene Gruppen aufgeteilt. Die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ umfasst alle zu Wohnzwecken genutzten Objekte und deren Verbrauch. Diese schließen sowohl Wohnungen in Wohngebäuden als auch in Nicht-Wohngebäuden (z. B. hauptsächlich gewerblich genutzte Gebäude mit integrierten Wohnungen) ein. In der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ werden die in Kapitel 6.1 genannten Liegenschaften der Kommune zusammengefasst. Hierfür konnte auf gebäudescharfe Energieverbrauchsdaten zurückgegriffen werden. Zum „Gewerbe“ werden Betriebe aus Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie und Landwirtschaft gezählt.

Generelles Bezugsjahr der in diesem Wärmeplan durchgeführten Analysen ist das Jahr 2022. Für dieses Jahr lag bei Arbeitsaufnahme im Jahr 2024 eine weitgehend vollständige Datenbasis vor. Aufgrund unterschiedlicher Datengrundlagen variieren die Bezugszeiträume einzelner Datensätze leicht, sofern keine genauere zeitliche Zuordnung möglich ist und die Abweichungen zum Bezugsjahr als gering eingeschätzt werden.

Die Erstellung eines kommunalen Wärmeplanes setzt zum Teil die Berechnung von Daten voraus, die zumindest mittelbar einen Personenbezug aufweisen können. Auch wenn es sich bei den Daten ausschließlich um energierelevante Informationen handelt und nicht um Informationen zu Personen selbst, wurde bei der Erstellung des Wärmeplans darauf geachtet, keine personenbezogenen Daten darzustellen.

Die Analyse von Energieverbrauch und -erzeugung stützt sich auf die nachfolgenden Datenquellen.

Statistische Daten

- Statistische Daten zu Bevölkerung, Arbeitsbeschäftigungen, Flächennutzung, Tierbestand, etc. aus der GENESIS-Online Datenbank des bayerischen Landesamtes für Statistik (LfStat, 2025c, 2025e, 2025f, 2025a).

Wärmebedarf und -potenziale

- Energieträgerverteilung und installierte Kesselleistung aus den Kkehrbuchdaten des bayrischen Landesamts für Statistik auf Baublockebene (LfStat, 2025d).
- Installierte Solarthermie Kollektorflächen in Wolfratshausen aus dem Solaratlas (BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e.V. et al., 2024).
- Die Wärmerzeugung aus Wärmepumpen wird über die Verbraucherdiffenzierten Daten des Stromnetzbetreibers (Bayernwerk, 2022) und das Wärmekataster erhoben.
- Die Wärmerzeugung aus oberflächennaher Geothermie wird über die Bohrungsdaten des Landesamt für Umwelt (LfU, 2025) und den Wärmekataster erhoben.
- Von der Stadt zur Verfügung gestellte Verbrauchs- und Erzeugerdaten der kommunalen Liegenschaften.
- Energieabsatzdaten, Informationen zur Netzinfrastruktur, sowie Potenzialen der lokal tätigen Betreiber von Wärme- und Gasnetzen (ENB, 2025).
- Informationen zur lokalen Abwasserinfrastruktur vom Abwasserverband Isar-Loisachgruppe.
- Informationen zur Erzeugerstruktur und Energieinfrastruktur aus dem Energieatlas und z.T. aus direkten Befragungen (LfU & StMWi, 2025).
- Das Wärmekataster wird anhand verschiedener Datenquellen (3D-Gebäudemodell der bayerischen Vermessungsanstalten, Datenpaket Wärmeplanung, Kaminkehrer Daten, OpenStreetMap) und Richtwerten zu spezifischen Wärmebedarfen u.a. aus dem Technikkatalog und Leitfaden Wärmeplanung (BMWK & BMWSB, 2024; dena, 2025; Hamann, 2014) im Rahmen dieses Wärmeplans in einem teilautomatisierten GIS-Verfahren berechnet. Anschließend wurden die Bedarfswerte durch die Daten aus dem Wärmekataster des Ingenieurbüro Sendl, den Erdgasverbrauchsdaten von ENB und die kommunalen Verbräuche angereichert.

- Globalstrahlungs- und Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Abschätzung des Solarpotenzials
- Geodaten zu Schutzgebieten und Flächennutzung (z. B. Landschaftsschutzgebiete, FFH-Gebiete, Wasserschutzgebiete) zur Identifikation geeigneter bzw. ausgeschlossener Flächen für Energieanlagen.
- Abschätzung von Biomasse- und Energieholzpotenzialen durch Auskünfte des regionalen Försters, Energieholzstudie, Energieatlas (LfU & StMWi, 2025)
- Berechnung Potenziale oberflächennahe Geothermie aus Potenzialstudie des LfU (2024a)

5 Eignungsprüfung

Vor einer detaillierten Bestands- und Potenzialanalyse wird in der Stadt eine Eignungsprüfung durchgeführt, um den Untersuchungsfokus effizient zu bündeln.

5.1 Methodik der Eignungsprüfung

Anhand verschiedener Kriterien wird in der Eignungsprüfung analysiert, ob in einem Teilgebiet die Versorgung durch ein Wärmenetz oder Wasserstoff- bzw. Biomethanetz sehr unwahrscheinlich ist. In einem solchen Gebiet kann sich im Vorherein auf dezentrale Lösungen konzentriert werden. Ein Teilgebiet ist ein Bereich des Siedlungsbereiches, der aus mehreren Grundstücken oder Gebäudeblöcken besteht und von der zuständigen Stelle untersucht wird, um die passende Wärmeversorgung zu planen. Dabei wird auch geprüft, ob Gebäude durch Hindernisse wie Straßen, Bahnstrecken, Gewässer oder Tunnel getrennt sind. Auf dieser Grundlage wird das Planungsgebiet in kleinere Bereiche unterteilt.

Für jedes Teilgebiet werden die folgenden Kriterien untersucht:

- Art und Baualter der Siedlungsstruktur
- Bestehende Wärmenetze
- Wärmedichte [MWh/(ha*a)]
- Potenzielle Ankerkunden & Großabnehmer
- Konkrete lokale Erzeugungsquellen für erneuerbare Energien
- Konkrete Abwärmepotenziale
- Konkrete vorhandene Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Biomethan/Wasserstoff

Besteht in Gebieten bereits eine vollständig erneuerbare Versorgung, so kann dort die Wärmeplanung entfallen. Gebiete in denen die Gebäude überwiegend vor 1975 gebaut wurden, werden aufgrund des potenziell höheren Einsparpotenzials farblich abgehoben. Da jedoch neben dem Baualter auch weitere wichtige Faktoren zum Tragen kommen, werden in Kapitel 7.2 alle Teilgebiete auf ihre Einsparpotenziale untersucht.

5.2 Ergebnisse der Eignungsprüfung

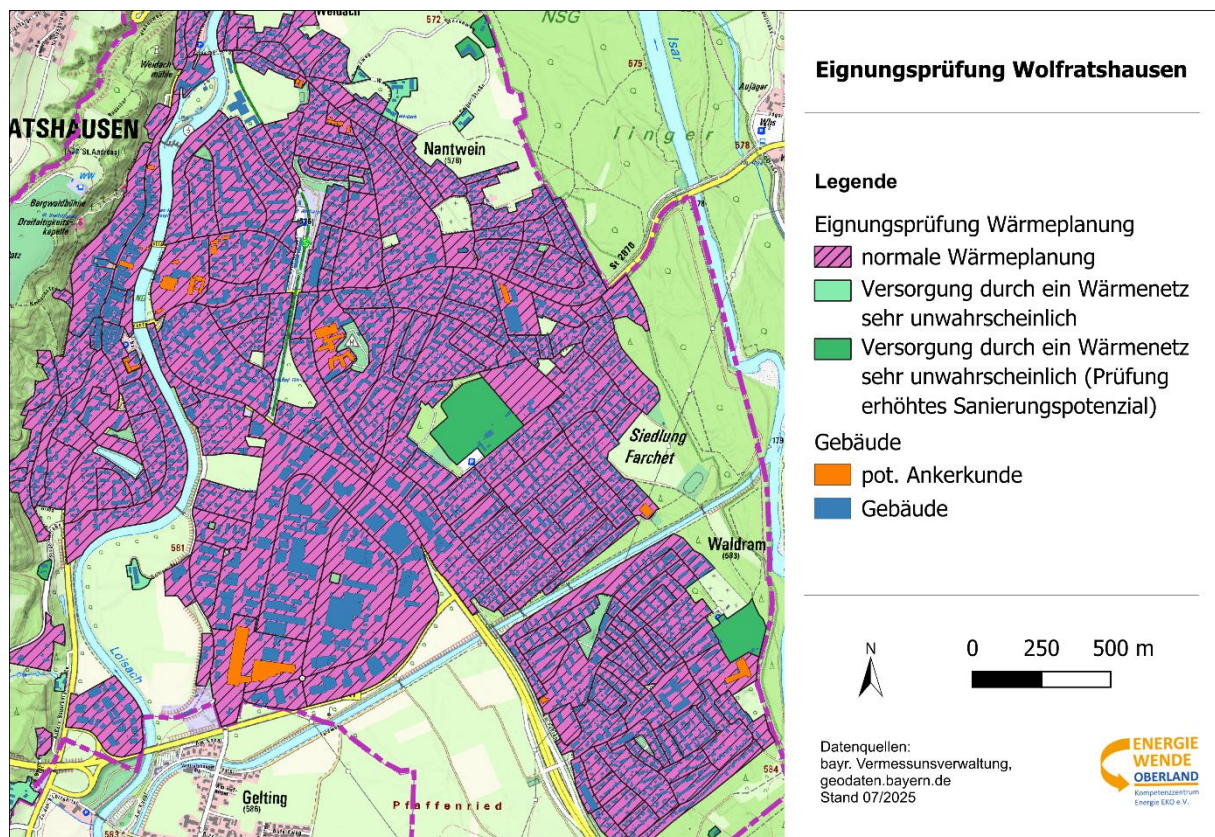


Abbildung 5-1: Eignungsprüfung auf potenzielle Wärmenetze in der Stadt Wolfratshausen.

Für die Eignungsprüfung werden die Siedlungsgebiete von Wolfratshausen in Teilgebiete zur genaueren Analyse unterteilt. Es zeigt sich, dass in einem Großteil der Gebiete in Wolfratshausen die Versorgung durch ein Wärmenetz geprüft werden sollte. Für die violett eingefärbten Gebiete in Abbildung 5-1 werden alle Schritte der Bestands- und Potenzialanalyse zur Identifikation von Wärmeversorgungsgebieten durchgeführt. Nur in ganz wenigen Randteilgebieten zeigt die Eignungsprüfung, dass eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz sehr unwahrscheinlich ist. Bei diesen Gebieten gilt es, die besten Lösungen für dezentrale Wärmeversorgung herauszuarbeiten. Die gesamte Übersicht befindet sich im Anhang „Eignungsprüfung“.

6 Bestandsanalyse Wärme

In der Bestandsanalyse werden die aktuelle Energieversorgung und -infrastruktur sowie bestehende Energieerzeugungsanlagen dargestellt. Zudem wird eine Treibhausgasbilanz erstellt. Den folgenden Auswertungen liegen Daten aus dem Bilanzjahr 2022 zugrunde.

6.1 Energie- und Treibhausgasbilanz des beplanten Gebietes

Endenergieverbrauch im Basisjahr nach Anwendung, Gebäudetyp und Sektor

Am Anfang einer Bestandsanalyse ist es entscheidend, den Wärmeenergieverbrauch in den verschiedenen Sektoren zu ermitteln. Zusätzlich wird untersucht, welche Gebäudetypen vorliegen, da diese Informationen eine zentrale Bedeutung für die weitere Wärmeplanung haben. Wie zu erwarten, ergibt sich in Wolfratshausen eine Dominanz der Wärmenutzung in privatgenutzten Einfamilienhäusern.

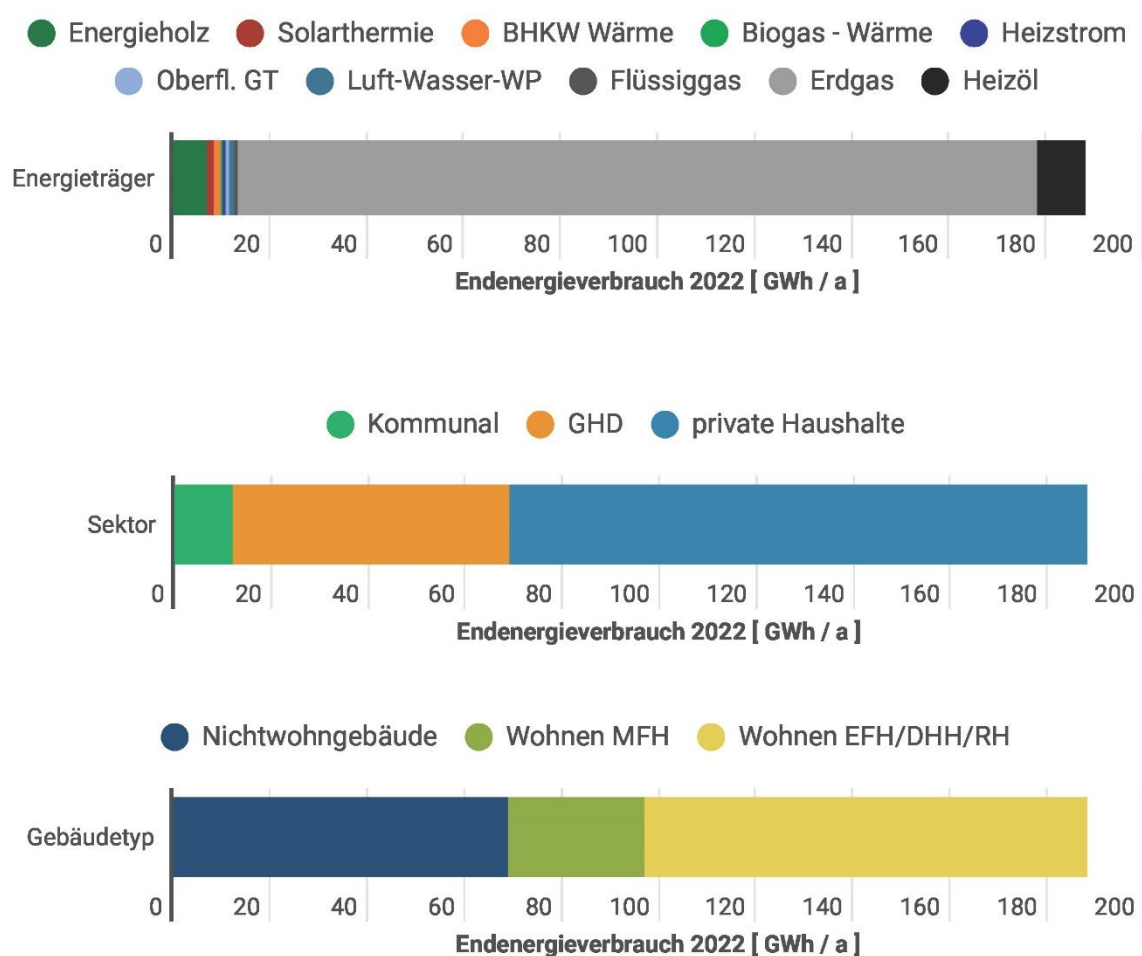


Abbildung 6-1: Verteilung des Endenergieverbrauch in Wolfratshausen nach Energieträgern, Sektoren und Gebäudeart.

Wärmebedarf

Für das Stadtgebiet Wolfratshausen wurde ein gebäudescharfer Wärmekataster erstellt. Zur Deckung des gesamten Wärmebedarfs in Wolfratshausen werden pro Jahr rund **189 GWh** Endenergie benötigt. Den benötigten Wärmebedarf zu reduzieren und den verbleibenden Anteil durch erneuerbare Energien zu decken ist folglich entscheidend, um sich weiter in Richtung Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu entwickeln.

Endenergie- und Nutzwärmeverbrauch nach Energieträgern

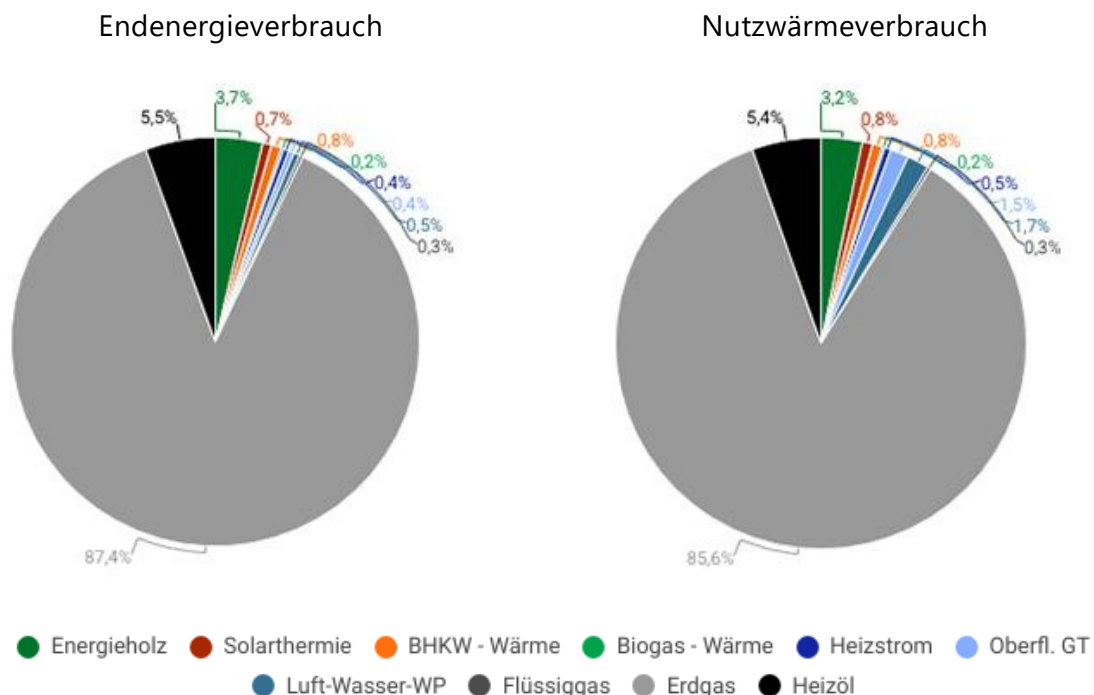


Abbildung 6-2: Anteilsmäßige Verteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern (links) und Nutzwärmeverbrauch nach Energieträgern (rechts) in Wolfratshausen.

Im Jahr 2022 konnten 6,7 % des Endenergiebedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Den größten Anteil davon mit rund 7.057 MWh (3,7 %) trug dabei der Energieträger Holz in Form von Hackschnitzeln, Pellets und Scheitholz bei. Wärmepumpen (Oberfl. GT und Luft-Wasser-WP in Abbildung 6-2) tragen mit gut 0,9 % zur regenerativen Wärmeversorgung bei. 0,2 % des Wärmebedarfs werden durch Biogas erzeugt. Heizstrom, Solarthermie und Wärme aus BHKW machen insgesamt einen kleinen Anteil von 1,9 % aus. Der größte Anteil der Wärmeversorgung stammt auch in Wolfratshausen noch aus fossilen Energieträgern mit 87,4 % Erdgas, 5,5 % Heizöl und 0,3 % Flüssiggas.

Der Anteil von Wärmepumpen am Nutzwärmeverbrauch (vgl. Abbildung 6-2, rechts) ist mit 3,2 % größer, da sie deutlich effizienter arbeiten als konventionelle Heizsysteme (siehe Kapitel 7.4 und 7.5). Dadurch wird weniger Energie benötigt, um die gleiche Wärmemenge zu erzeugen.

Endenergieverbrauch und CO₂ -Ausstoß nach Energieträgern

Betrachtet man die CO₂-Äquivalente der Energieträger so zeigt sich, dass die 93,3 % fossilen Energieträger für 96,1 % der Emissionen im Sektor Wärme verantwortlich sind. Eine Transformation hin zu erneuerbarer Wärmeinfrastruktur sollte daher ein zentrales Ziel der Gemeinde sein.

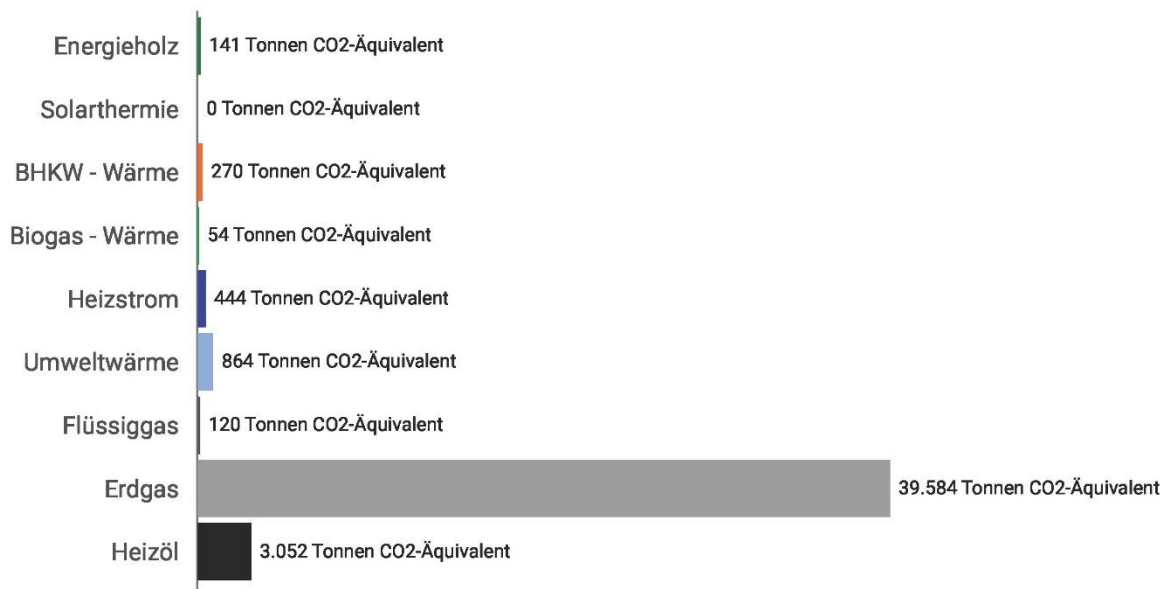


Abbildung 6-3: CO₂-Ausstoß in Tonnen CO₂-Äquivalenten in Wolfratshausen.

Endenergieverbrauch von leitungsgebundenen Energieträgern

Die leitungsgebundene Wärme in Wolfratshausen wird von Erdgas dominiert. Zudem werden wenige Gebäude mit Biogas und Pellets versorgt (1 %).

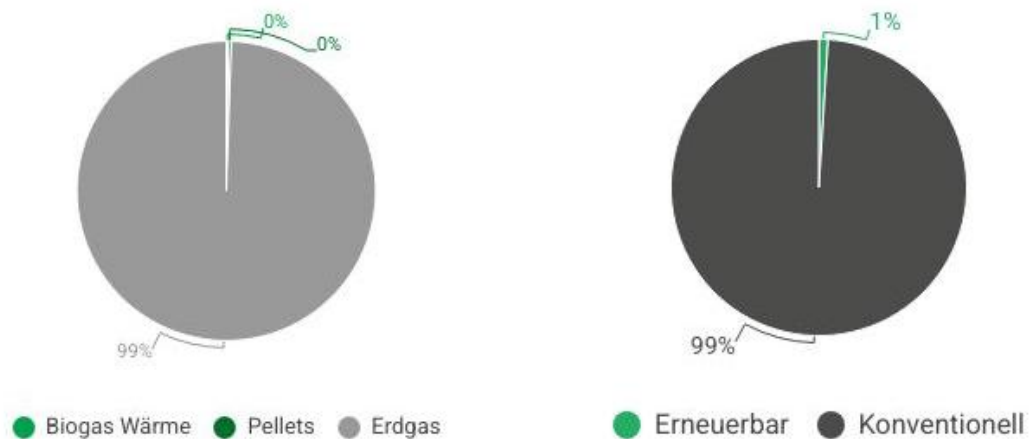


Abbildung 6-4: Endenergieverbrauch leitungsgebunden nach Energieträgern.

Kommunale Liegenschaften

Großes Handlungspotenzial hat die Stadt bei ihren eigenen Liegenschaften, weshalb ein genauer Kenntnisstand sowohl der verbraucherseitigen Struktur besonders wichtig ist. Dies ist wiederum auch die Grundlage zur Ermittlung konkreter Maßnahmenvorschläge für die kommunalen Liegenschaften.

Energie-Benchmarking ist dabei ein wirkungsvolles Instrument, um Schwachstellen und Optimierungspotenziale bei Energieversorgung und –verbrauch von Gebäuden zu identifizieren. In der Betriebswirtschaft ist das Benchmarking als Instrument der Wettbewerbsanalyse bekannt. Mehrere Unternehmen werden im Hinblick auf bestimmte Aspekte miteinander verglichen. Beim Energie-Benchmarking werden die Energieverbräuche von Gebäuden mit gleicher Nutzungsart, wie beispielsweise Schulen, Turnhallen, Rathäuser, Kindertagesstätten, miteinander verglichen, um ggf. Abweichungen feststellen zu können. Dabei werden die spezifischen Energieverbrauchswerte der Gebäudekategorie entsprechenden bundesweit gültigen Vergleichswerten gegenübergestellt. Diese Vergleichswerte wurden der Richtlinie VDI 3807 Blatt 2 (Verein Deutscher Ingenieure, 2014) entnommen und werden in den Abbildungen als Ziel- und Grenzwerte angegeben.

Der Heizenergieverbrauch zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser der kommunalen Liegenschaften in Wolfratshausen schwankte, bei Gas- und Pellet versorgten Gebäuden, in den letzten Jahren zwischen knapp 2.600 und 3.600 MWh (Abbildung 6-5). Nicht darin enthalten in der Auswertung ist die Wärmebereitstellung mit Wärmepumpen, da diese im Gesamtstromverbrauch enthalten ist.

2022 wurde im Quartier Bahnhofstraße die Pelletheizung in Betrieb genommen, was zu einer deutlichen Minderung des Gasbedarfs führte. Anfang 2023 wurde die alte Heizung in der Musikschule durch einen neuen Gasbrennwertkessel (Spitzenlast) und eine Luft/Wasser Split-Wärmepumpe (Grundlast) ersetzt. Im Juli 2023 wurde das BHKW im Quartier Bahnhofstraße in Betrieb genommen. Ende 2023 wurde die Heizung im Rathaus vollständig erneuert (Gasheizung plus Pelletheizung). Zudem eröffnete, ebenfalls 2023, das städtische Heimatmuseum.

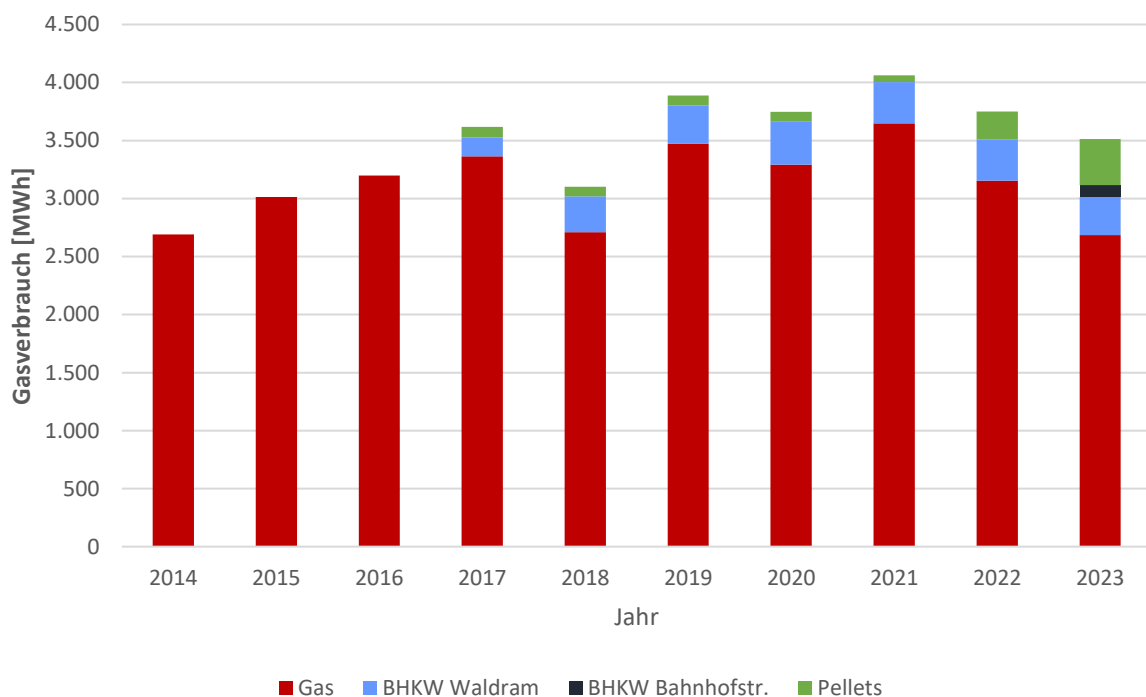


Abbildung 6-5: Entwicklung des Gas- und Pellet Verbrauch in den städtischen Gebäuden und Liegenschaften 2014 – 2023 (nicht witterungsbereinigt).

Die Auswertung in Abbildung 6-6 zeigt die Wärmeverbräuche der einzelnen Gebäude im Vergleich zu den Verbrauchskennwerten und den Vorjahresverbräuchen.

Bis auf die Feuerwehrgerätehäuser in Wolfratshausen und in Weidach haben alle Gebäude in der Tendenz einen sinkenden spezifischen Wärmebedarf. Mehrere Liegenschaften überschreiten sowohl den dargestellten Grenzwert als auch den Zielwert deutlich. Insbesondere Gebäude mit sehr hohen spezifischen Wärmebedarfen sollten prioritär betrachtet werden, da hier das größte Einsparpotenzial besteht. Liegenschaften, die sich bereits im Bereich oder unterhalb des Zielwertes bewegen, können als energetisch vergleichsweise effizient eingestuft werden.

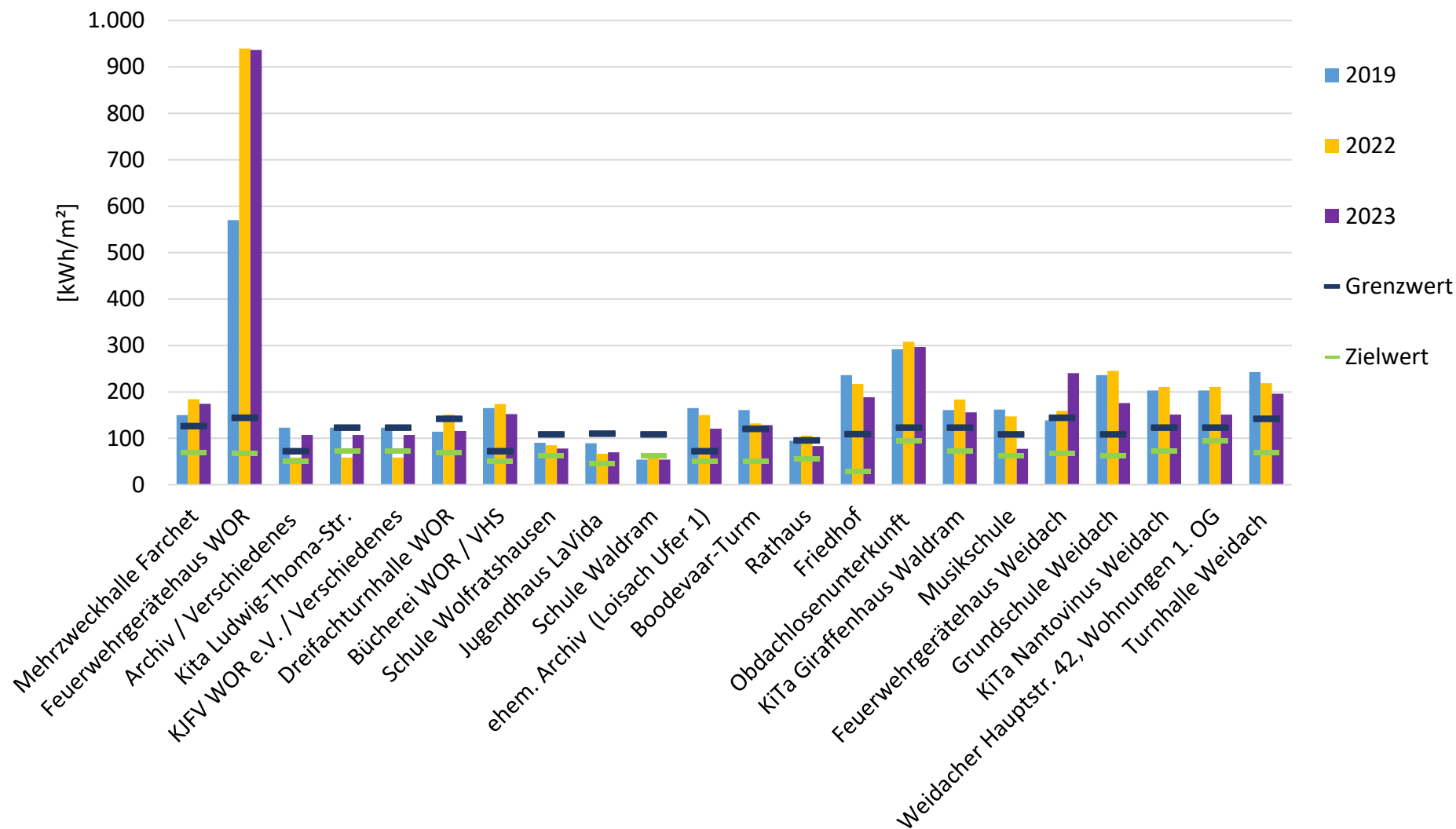


Abbildung 6-6: Spezifischer Wärmebedarf [kWh/m²] der kommunalen Liegenschaften, witterungsbereinigt

6.2 Gebäudebestand und Wärmekataster

Kenntnisse über den Gebäudebestand und ein gebäudescharfes Wärmekataster sind eine wesentliche Grundlage des vorliegenden Wärmeplans. Ein exemplarischer Ausschnitt ist in Abbildung 6-7 dargestellt. Auf dieser Auswertung basieren die Energiebilanzen und die Ermittlung der Potenziale, sowohl zur Erzeugung erneuerbarer Energien als auch zur Energieeinsparung durch energetische Gebäudesanierung. Zudem dient das Wärmekataster als Basis für die Entwicklung möglicher Umsetzungsprojekte, wie Nah- oder Fernwärmenetze.

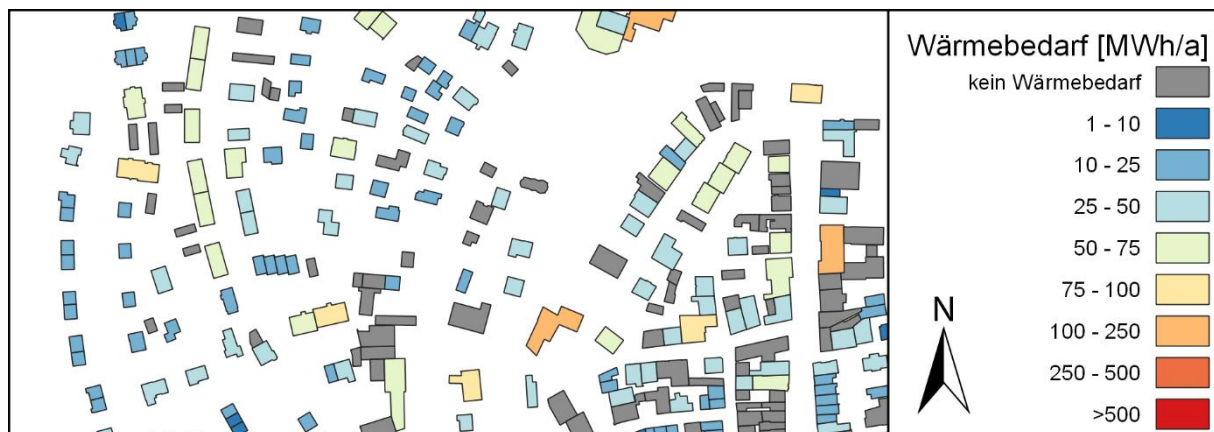


Abbildung 6-7: Exemplarischer Ausschnitt aus einem gebäudescharfen Wärmekataster.

Mit Hilfe des 3D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2), Informationen zur Gebäudenutzung und der Baualtersstruktur wurde für jedes Bestandsgebäude der spezifische Jahreswärmebedarf ermittelt (Nutzenergie). Dieser setzt sich zusammen aus dem jeweiligen Heiz- und Warmwasserbedarf. In Wolfratshausen bestehen rund 3.899 beheizte Gebäude mit einem Endenergiebedarf von 163 GWh pro Jahr. In den folgenden Karten finden sich nähere Informationen zur Verteilung des Wärmebedarfs im Stadtgebiet.

Ausgehend vom gebäudescharfen Wärmeverbrauch wurde anschließend unter Einbezug des Flächennutzungsplans und der Flurkarte eine Wärmedichtekarte erstellt, welche den Jahreswärmebedarf mehrerer Gebäude zusammenfasst. Durch die Darstellung des Wärmebedarfs in Megawattstunden pro Hektar und Jahr wird deutlich, in welchen Gebieten ein hoher Wärmebedarf besteht und daher eine Überprüfung der Möglichkeiten von Wärmenetzen sinnvoll sein kann. Als grober Richtwert macht je nach Betreibermodell und verfügbaren Wärmequellen ab einer Wärmedichte von 175 MWh/(ha*a) eine nähere Untersuchung zu einem Wärmeverbund Sinn. Die räumliche Verteilung des Wärmebedarfs wird in

Abbildung 6-8 für das Stadtgebiet visualisiert. Die gesamte Übersicht befindet sich in Anhang „Wärmedichte“.

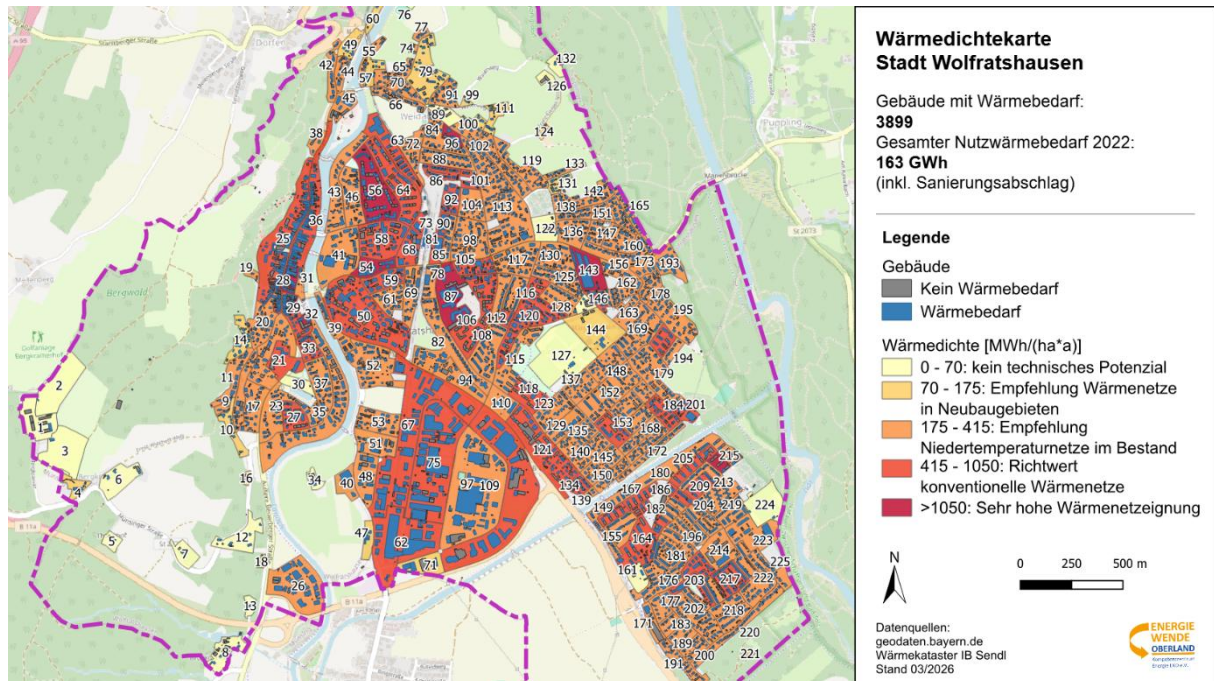


Abbildung 6-8: Darstellung der Wärmebedarfsdichten in der Stadt Wolfratshausen.

Die Wärmelinienindichte beschreibt die Verteilung des Wärmebedarfs entlang von theoretischen Leitungen in einem Wärmenetz. Sie wird in Megawattstunden pro Meter und Jahr angegeben und ist ein zentraler Faktor für die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. Eine höhere Wärmelinienindichte bedeutet, dass mehr Wärme pro Meter Leitung transportiert wird, was zu geringeren spezifischen Verteilverlusten und Kosten führt. Als Richtwert gilt, dass eine Wärmelinienindichte von mindestens 1–2 MWh/(m*a) erforderlich ist, damit der Betrieb eines Wärmenetzes wirtschaftlich sinnvoll sein kann. Die Wärmelinienindichte wird in Abbildung 6-9 für das Stadtgebiet visualisiert. Dabei wurde für jeden Straßenabschnitt die Wärmelinienindichte berechnet, die sich ergibt, wenn jedes Gebäude in dem jeweiligen Abschnitt angeschlossen wird. Die gesamte Stadtübersicht befindet sich im Anhang „Wärmelinienindichte“.

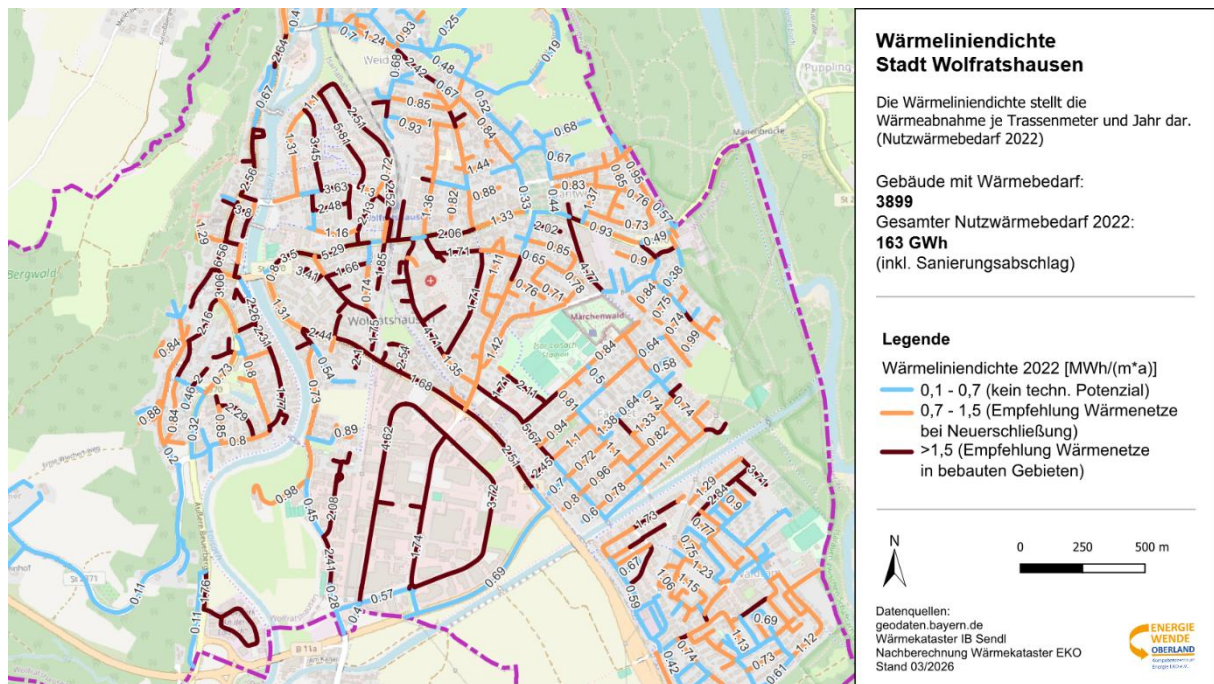


Abbildung 6-9: Darstellung der Wärmelinien-dichte in der Stadt Wolfratshausen.

Anzahl und Anteil der Feuerstätten

Um ein weiteres Verständnis der Wärmeversorgung im Stadtgebiet zu bekommen, wurde weiterhin die Anzahl und die Energieträgerverteilung aller Feuerstätten in der Stadt ausgewertet. Bei den Zentralheizungen, welche Hauptversorger eines Gebäudes sind, dominieren Erdgasheizungen. Die zweithäufigste Heizungsform in Wolfratshausen sind Ölkessel. Auffällig ist, dass zudem eine hohe Zahl an Einzelraumfeuerstätten in Wolfratshausen registriert ist, welche fast zur Gänze mit Scheitholz befeuert werden. Hierbei handelt es sich in der Regel um klassische Kachel- und Kaminöfen.

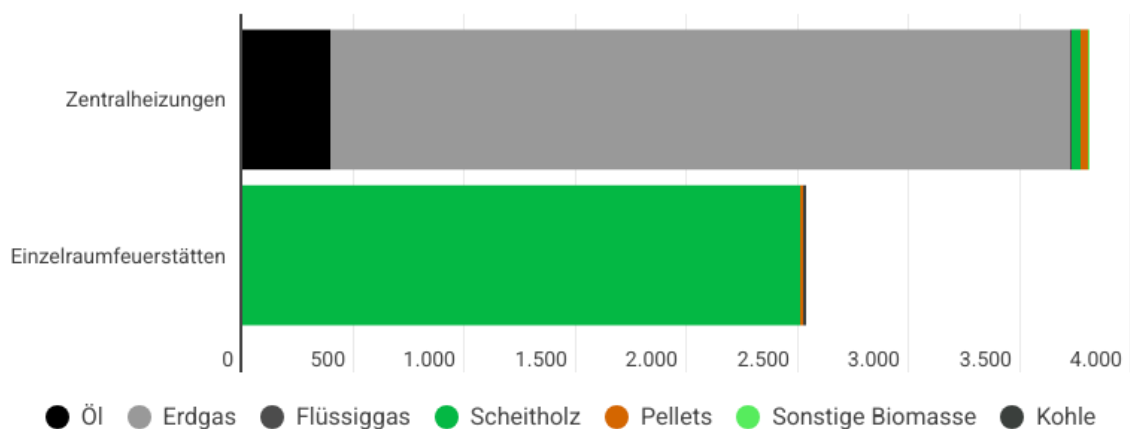


Abbildung 6-10: Anzahl und Anteil der Feuerstätten in der Stadt Wolfratshausen.

6.3 Räumliche Verteilung der Energieträger

Interessant für die Entwicklung von zukünftigen Wärmeinfrastrukturszenarien ist auch die räumliche Verteilung der Energieträger zur Wärmeerzeugung. Auf der Karte in Abbildung 6-11 ist die Verteilung der Wärmeerzeuger von Zentral- und Einzelraumheizungen aggregiert auf Straßenebene dargestellt. Aus Datenschutzgründen wurden gewisse Straßen zusammengelegt. Die farbliche Wahl dient dabei ausschließlich der Unterscheidung der Straßenzüge, inhaltlich trägt die Farbgebung dabei keine Bedeutung. Die Analyse der einzelnen Ortsteile zeigt eine Dominanz des Energieträgers Erdgas in nahezu allen Stadtgebieten. In vereinzelt Straßen im Zentrum finden Wärmepumpen schon einen beachtlichen Anteil an den Heizungsanlagen von Wolfratshausen. Die abgelegeneren Randteile der Stadt zeigen einen prozentual höheren Anteil an eingesetztem Heizöl. Die gesamte Übersicht befindet sich im Anhang „Energieträgerverteilung“.

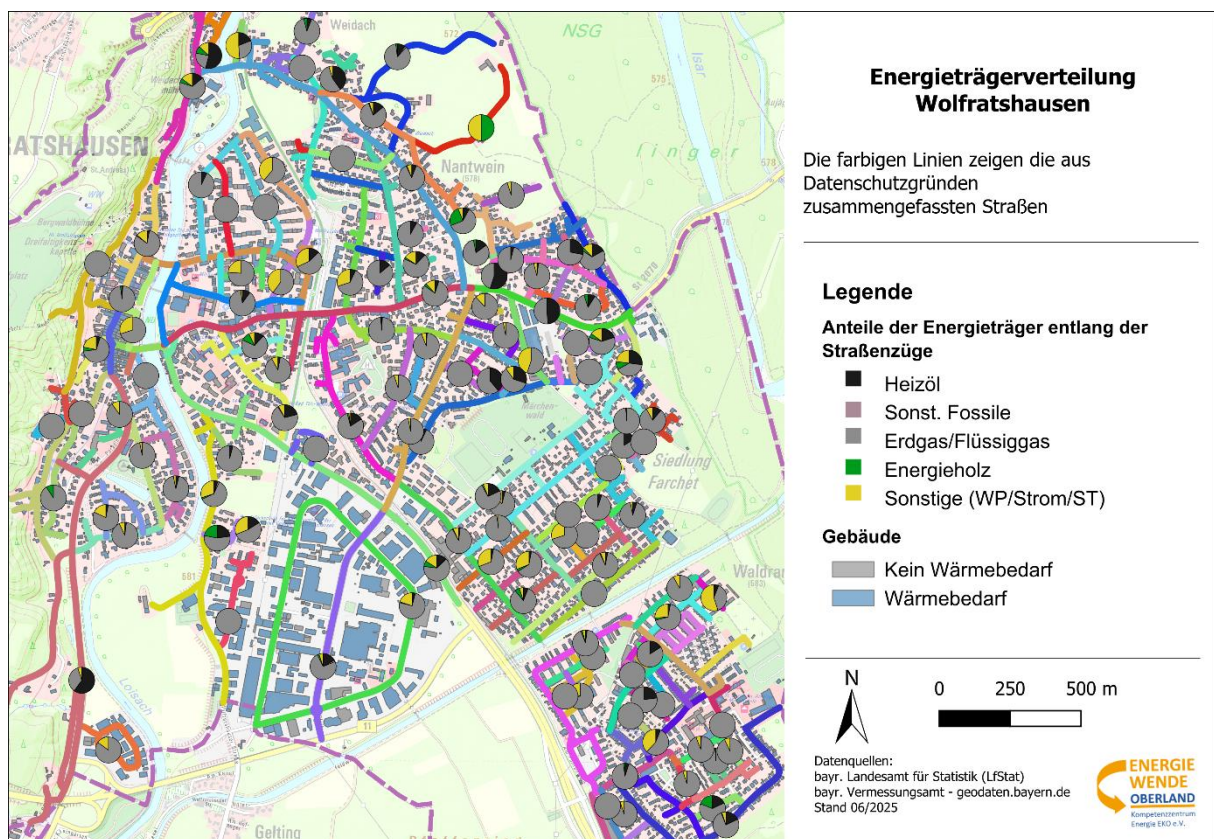


Abbildung 6-11: Räumliche Verteilung der Energieträger im Stadtbereich Wolfratshausen.

6.4 Energieinfrastruktur

Für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans ist es essenziell, die Energieinfrastruktur der Stadt genau zu kennen, da sie die Grundlage für eine effiziente und nachhaltige Wär-

meerversorgung bildet. Die vorhandene Infrastruktur – wie Fernwärmenetze, Gasleitungen, Stromnetze sowie mögliche erneuerbare Energiequellen – beeinflusst maßgeblich die Potenziale für die Nutzung und Umstellung auf klimafreundliche Technologien. Nur durch ein umfassendes Verständnis der bestehenden Gegebenheiten können konkrete, auf die lokalen Anforderungen abgestimmte Maßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.

Die Energieinfrastruktur der Stadt Wolfratshausen ist vielfältig und bildet eine wichtige Grundlage für die Wärmeplanung. Eine eigens erstellte Karte veranschaulicht die Verteilung der Strom-, Gas- und Abwasserinfrastruktur sowie zentrale Anlagen der Wärmeversorgung (Abbildung 6-12). Das Gasnetz von Wolfratshausen wurde in den 1960er Jahren über einen Großteil der Stadtfläche erbaut. In den 1970ern wurde unter anderem das südlich gelegene Industriegebiet erschlossen. Seitdem wurde sukzessive fast das restliche Stadtgebiet mit Ausnahme von einigen außen gelegenen bebauten Flächen für die Gasversorgung erschlossen. In der Druckstufe bis 1 bar bestehen in Wolfratshausen über 3.100 Anschlüsse bei einer gesamten Leitungslänge von gut 110 km. Außerdem verläuft auch eine überregionale Leitung durch das Stadtgebiet.

Im südlichen Teil Wolfratshausens liegt im Gebiet Angerwiese ein Nahwärmenetz, das etwa zu einer Hälfte aus Pellets und zur anderen mit Biomethan aus einem Blockheizkraftwerk mit einer Leistung von 500 kW gespeist wird. Etwa 750 MWh Wärme werden in dem Neubaugebiet jährlich für 50 Ein- und Mehrfamilienhäuser über ein Trassennetz mit Vor- und Rücklauftemperatur von 85 °C bzw. 65 °C bereitgestellt. Eine Erweiterung des Netzes mit neuen Anschlüssen ist dabei nicht vorgesehen.

Im Stadtgebiet sind drei fossile Blockheizkraftwerke verortet, wobei eines bei der Klinik und ein zweites im Industriegebiet genutzt wird. An der städtischen Kläranlage wird vor Ort gewonnenes Klärgas bereits zur regenerativen Wärme- und Stromversorgung für interne Prozesse und Gebäude genutzt. Das Abwassersystem führt sämtliches Abwasser aus der Stadt und umliegenden Gemeinden zusammen, wo es in Leitungen mit Durchmessern von bis zu 1.200 mm, vor allem entlang der nordöstlichen Stadtteile, zur städtischen Kläranlage geführt wird.

An der Weidachmühle befinden sich zwei Wasserkraftwerke, die jährlich etwa 6 GWh Strom erzeugen. Über die gesamte Siedlungsfläche verteilt sind Photovoltaikanlagen zu finden. Der Großteil der installierten PV-Anlagen wird jedoch aus Datenschutzgründen in der Karte nicht dargestellt

Im Bereich der Strominfrastruktur sind Kabelstationen flächendeckend verteilt, während sich ein primäres Umspannwerk im Südosten der Stadt befindet. Die Mittelspannungsleitungen des Stromnetzes erstrecken sich ebenso über das gesamte Stadtgebiet. Im Rahmen des geplanten Netzausbaus in und um Wolfratshausen sind weitere wichtige Veränderungen in der Energieinfrastruktur zu erwarten. Laut Netzausbauplan von Bayernwerk wird das Mittelspannungsnetz (MS) in den kommenden fünf Jahren verstärkt, um prognostizierte Engpässe in der Region zu bewältigen, die aktuell eine Betroffenheit von 20–30 % aufweisen. Zusätzlich ist der Ersatzneubau des Umspannwerks Föhrenwald (HS auf MS) vorgesehen, um die Übertragungskapazität um 40 MVA zu erhöhen und mögliche zukünftige Engpässe zu verhindern. Langfristig wird außerdem der Bau eines neuen Umspannwerks in Deining (HS auf MS) geplant, um die Übertragungskapazität im Hinblick auf den wachsenden Zubau erneuerbarer Energien um 150 MVA zu steigern. Die Fertigstellung dieses Projekts ist für 2029 bis 2034 vorgesehen. Die Isar Loisach Stromnetz GmbH hält 51 % des Eigentums am Stromnetz, die Bayernwerke Netz GmbH 49 %. Das Stromnetz wird vollständig durch die Bayernwerk Netz GmbH als Pächterin betrieben.

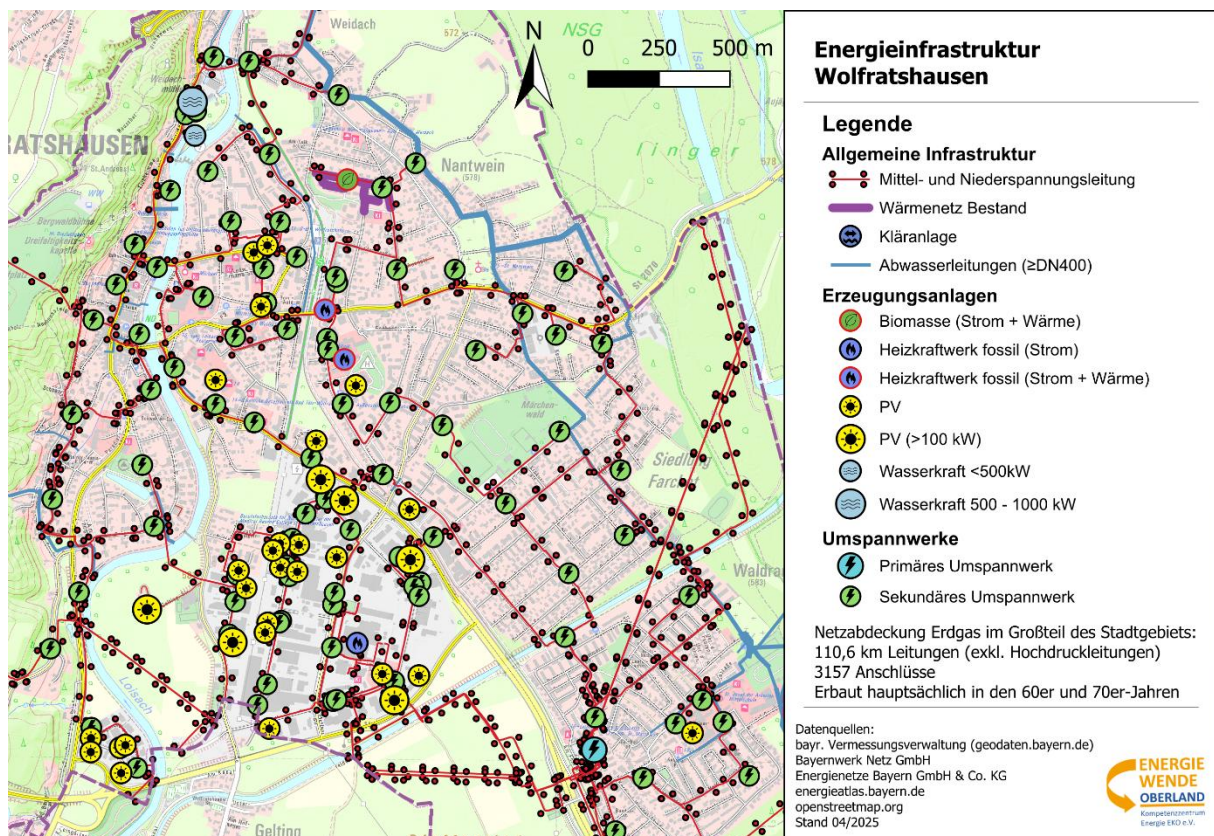


Abbildung 6-12: Energieinfrastruktur in der Gemeinde Wolfratshausen.

Diese Infrastruktur bildet eine solide Basis für die weitere Planung einer nachhaltigen und effizienten Wärmeversorgung in Wolfratshausen und ist entscheidend für die Identifizierung und Umsetzung von Maßnahmen zur Energiewende.

7 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse zeigt auf, welche Möglichkeiten im Stadtgebiet existieren, um mittels Energieeinsparung, regenerativer Energieerzeugung sowie der Nutzung vorhandener Abwärme-Quellen das Klimaschutzziel „Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern bis 2035“ zu erreichen. Zusammen mit der in Kapitel 6 erfassten Bestandsanalyse bildet die Potenzialanalyse damit eine wichtige Grundlage zur Erarbeitung einer intelligenten Energiestrategie für Wolfratshausen. Da die beste Energie diejenige ist, die gar nicht erst verbraucht wird, werden zu Beginn des Kapitels die Energieeinsparpotenziale für Wolfratshausen aufgezeigt. Im zweiten Teil werden die Potenziale der regenerativen Energieerzeugung im Stadtgebiet von Wolfratshausen erhoben. Wichtig für die Umsetzbarkeit von Energieprojekten ist der Teil des theoretischen Potenzials, welcher technisch realisierbar ist und unter Berücksichtigung von natur- und wasserschutzrechtlichen Vorgaben wirtschaftlich erschlossen werden kann (Abbildung 7-1). Um eine langfristige Aktualität dieses Berichts zu gewährleisten, werden in den folgenden Kapiteln die technischen Potenziale dargestellt, da sich langfristig immer technologische Entwicklungen sowie Änderungen der wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen ergeben können.

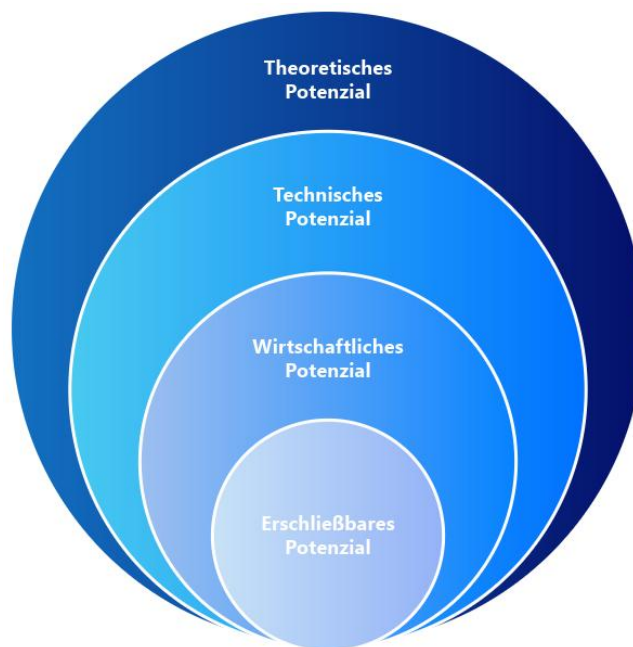


Abbildung 7-1: Übersicht der Betrachtungsebenen von Energiepotenziale (StMUG et al. 2011).



Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2023 betont die besondere Bedeutung erneuerbarer Energien. Errichtung und Betrieb entsprechender Anlagen liegen im überragenden öffentlichen Interesse und dienen der öffentlichen Sicherheit. Ihr Ausbau hat daher in Genehmigungs- und Planungsverfahren grundsätzlich Vorrang und darf nur ausnahmsweise zurückgestellt werden.

7.1 Flächenanalyse

Der Ausbau von Wärmeinfrastruktur und erneuerbaren Energien erfordert in der Regel die Berücksichtigung von Flächennutzung und potenziellen Restriktionen. Dabei ist es entscheidend, landschaftliche und ökologische Aspekte zu wahren und rechtliche Rahmenbedingungen einzuhalten. Im Rahmen der Erstellung des Wärmeplans für die Stadt Wolfratshausen wurden daher alle relevanten Schutzgebiete sorgfältig analysiert, um sowohl die Erschließung nachhaltiger Energiepotenziale als auch den Schutz von Natur und Landschaft sicherzustellen.

Die Flächenverfügbarkeit spielt in der Praxis eine zentrale Rolle für die erfolgreiche Nutzung von Wärmequellen. Technologien wie Erdwärmekollektoren oder Freiflächen-Solarthermie benötigen Flächen, während andere Technologien wie Flusswärmepumpen Standorte in unmittelbarer Nähe zur Wärmequelle erfordern. Standorte für Heizzentralen und Wärmespeicher für Wärmenetze müssen ebenfalls sorgfältig geprüft werden. Ein umfassendes Flächenscreening, das potenzielle Einschränkungen und Ausschlussflächen erfasst, ist daher unverzichtbar.

Das Stadtgebiet von Wolfratshausen weist mehrere schützenswerte Bereiche auf, die sowohl naturschutzrechtlich als auch ökologisch von Bedeutung sind (Abbildung 7-2). Das Flächenscreening zeigt einen übergeordneten Einfluss der durch das Gebiet fließenden Loisach und des am Ostrand des Stadtgebietes angrenzenden Isarlaufs. Der Hang westlich der Loisach Richtung Dorfen zeigt zudem Hangneigungen von mehr als 30 Grad, was für die Bestimmung von Potenzialen einiger Infrastrukturen zu beachten ist. Im Osten Richtung der Isar befinden sich Teile der Pupplinger Au mit dem Naturschutzgebiet „Isarauen“ im Stadtgebiet. Diese sind wie der Verlauf der Loisach als besonderer Arten- und Lebensraum sowie FFH-Gebiet (Natura2000) gekennzeichnet und stehen unter europäischem Schutz. In diesem Bereich sind Eingriffe in das Landschaftsbild sowie bauliche Maßnahmen für Energieinfrastruktur nur sehr eingeschränkt möglich. Zudem befinden sich in diesen Gebieten, speziell im Norden zusätzlich wertvolle und zu schützende Biotope. Diese Biotope zeichnen sich durch eine hohe ökologische Vielfalt aus

und sind ein bedeutender Lebensraum für geschützte Arten, was die Nutzungsmöglichkeiten ebenfalls deutlich einschränkt. Wolfratshausen verfügt des Weiteren über ein Trinkwasserschutzgebiet nördlich des Ernst-Wiechert-Wegs. Dieses Gebiet dient der Sicherung der Trinkwasserversorgung und unterliegt daher besonders strengen Regelungen, die bauliche Maßnahmen erheblich einschränken. Darüber hinaus finden sich im nordwestlichen Teil von Wolfratshausen drei großflächige Bodendenkmäler, die von kultureller und historischer Bedeutung sind und bei Planungen entsprechend berücksichtigt werden müssen. Zusätzlich gibt es kleinere im Ökoflächenkataster hinterlegte Ausgleichs- und Ersatzflächen. Diese dient der Kompensation von Eingriffen in die Natur und ist für Baumaßnahmen nicht verfügbar.

Im Vergleich zu anderen Kommunen weist Wolfratshausen speziell entlang der zwei großen Flüsse diverse Nutzungseinschränkungen auf. Betrachtet man die restlichen Flächen, besteht nach der Flächenanalyse ein hoher Handlungsspielraum im Stadtgebiet. Die sorgfältige Berücksichtigung der genannten Flächenrestriktionen ist jedoch essenziell, um den Wärmeplan nachhaltig und im Einklang mit dem Umweltschutz umzusetzen.

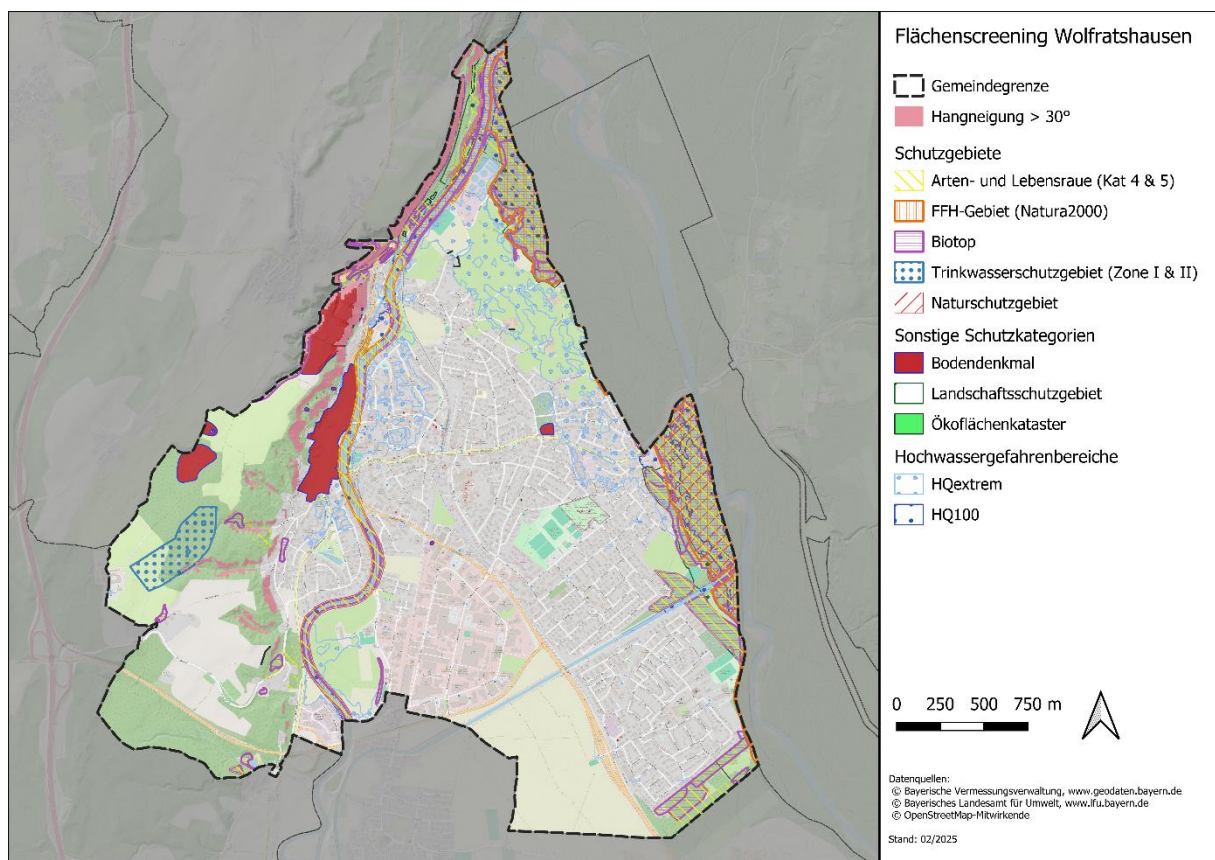


Abbildung 7-2: Flächenscreening: Flächen, die mögliche Technologien einschränken oder ausschließen.

7.2 Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Die Berücksichtigung des Potenzials zur Einsparung von Energie durch ein verantwortungsvolles Verbrauchsverhalten sollte stets an erster Stelle stehen. Von der technischen Sichtweise her erscheint „Energie sparen“ einfach, vergleicht man Energieeinsparmaßnahmen z.B. mit der Errichtung eines hochtechnisierten Biomasseheizkraftwerks. Die vergangenen Jahrzehnte haben jedoch gezeigt, dass es eine große Herausforderung ist, bestehende Verhaltensmuster nachhaltig zu verändern. Im Gegensatz zur Energieerzeugung ist beim Energieeinsparen die gesamte Bandbreite gesellschaftlicher Akteure gefragt. Unternehmen, Politik, Verwaltungen sowie alle Bürgerinnen und Bürger sind dazu aufgefordert entsprechend ihrer Möglichkeiten einen sparsamen Energieumgang umzusetzen. Die EU-Energieeffizienzrichtlinie (EU) 2023/1791 sieht vor, dass die Mitgliedstaaten im Zeitraum von 2021 bis 2030 kumulierte Endenergieeinsparungen erzielen, wobei die jährliche Einsparrate ab 2024 auf 1,3 %, ab 2026 auf 1,5 % und ab 2028 auf 1,9 % des gemittelten Endenergieverbrauchs ansteigt. (EED, 2023).

Lag die energetische Sanierungsquote in Bayern früher bei etwa 0,8 bis 1,0 % (Nemeth et al., 2012) so ist die bundesweite Quote für Wohngebäude im Jahr 2025 auf einen neuen Tiefpunkt von 0,67 % gesunken (BuVEG, 2026). Für das bayerische Ziel, den Primärenergieverbrauch bis 2040 um 60 % zu senken, müsste die Sanierungsquote allerdings auf 2 bis 2,5 % gesteigert werden. Bei diesen Quoten wird der Gebäudebestand im Durchschnitt einmal komplett in 50 bzw. 40 Jahren saniert. Zwar sind für Bayern keine aktuellen Zahlen bekannt, jedoch zeigt eine aktuelle Erhebung, dass Deutschland mit einer Sanierungsquote von 0,72 % in 2023 nicht die angestrebten Zielvorgaben erreicht und die Quote im Vergleich zu den Vorjahren sogar noch gesunken ist (BuVEG, 2023).

Als Referenz für ein saniertes Gebäude kann das Niveau eines KfW-Effizienzhauses 100 (d.h. ein Energiebedarf von ca. $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) herangezogen werden. Zu berücksichtigen ist, dass es weder wirtschaftlich noch bauphysikalisch bei allen Gebäuden möglich ist, eine vollständige Sanierung durchzuführen. Das größte Potenzial liegt insbesondere bei Bestandsgebäuden aus den 60er bis 80er Jahren. Wohngebäude dieser Baualtersklassen sind aus energetischen Gesichtspunkten meist ungünstig. Allerdings sind diese in der Regel bauphysikalisch einfach zu sanieren und erzielen aufgrund der älteren Bausubstanz sehr hohe Einsparungen. Einzelmaßnahmen wie z.B. Fenstertausch oder Dachsanierungen sind zudem Investitionen, die ohnehin zum Erhalt der Wohnqualität erforderlich sind.

Da ein großer Teil der Gebäude in Wolfratshausen vor Mitte der 80er Jahre errichtet wurde, können durch gezielte Sanierungsmaßnahmen gute Einsparergebnisse erzielt werden. Vor allem die Dämmung des Daches sowie der Austausch der Fenster erzielen eine hohe Einsparung und eine Steigerung der Wohnqualität. Ein Überblick über die mögliche Reduzierung des Energiebedarfs durch Sanierung ergibt sich aus Tabelle 7-1.

Tabelle 7-1: Reduzierung des Netto-Heizwärmebedarfs pro Jahr je Baualtersklasse für Einfamilienhäuser nach unterschiedlichen Modernisierungszielen (Loga et al., 2015, S. 153 ff)

Baualtersklasse	EnEV 2014	Passivhausstandard
C (1919-1948)	- 44 %	- 79 %
D (1949-1957)	- 33 %	- 74 %
E (1958-1968)	- 28 %	- 69 %
F (1969-1978)	- 35 %	- 72 %

Eine derart vereinfachte Darstellung der Einsparungswerte nach aktuellem Gebäudeenergiegesetzes (GEG) ist derzeit nicht möglich, da sich die Bewertungsmetrik weiterentwickelt hat. Dennoch wird ersichtlich, dass die Gebäudesanierung ein erhebliches Einsparpotenzial bietet.

Einordnung der Szenarien T45-Strom und T45-RedEff

Die Szenarien T45-Strom und T45-RedEff stammen aus den „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“ und zeigen alternative Pfade zur Klimaneutralität im Gebäudesektor bis 2045 auf.

- **T45-Strom** verfolgt einen ambitionierten Pfad mit einem starken Fokus auf **elektrische Wärmepumpen** und eine **hohe Gebäudeeffizienz**. Der Sanierungsgrad ist deutlich erhöht, und Maßnahmen wie der vorgezogene Austausch von Bauteilen sowie der verstärkte Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung steigern die Energieeffizienz erheblich.
- **T45-RedEff** ist ein **Sensitivitätsszenario** zu T45-Strom. Es geht vom gleichen Energiesystem aus, reduziert jedoch die Annahmen zur Gebäudeeffizienz auf ein moderateres Niveau (ähnlich wie in den Szenarien T45-PtG/PtL und T45-H2) und adressiert stärker Hemmnisse wie Fachkräftemangel und Baukosten. Der Fokus liegt weiterhin auf elektrischen Wärmepumpen, allerdings ohne die tiefgreifenden Sanierungsmaßnahmen wie in T45-Strom.

Die unterschiedliche Ambition bei der Gebäudeeffizienz führt zu deutlich verschiedenen Ergebnissen in der deutschen Gesamtbetrachtung:

- In T45-Strom sinkt der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser bis 2045 um 48 % im Vergleich zu 2008.
- In T45-RedEff beträgt die Reduktion nur 35 %.

Dies liegt daran, dass in T45-Strom durch bessere Dämmung, Luftdichtheit und optimierte Heiztechnik (z. B. Fußbodenheizungen) sowohl der Wärmebedarf als auch die Effizienz der Wärmepumpen gesteigert werden. In T45-RedEff hingegen ist der Energiebedarf höher, was zu mehr Wärmepumpen mit schlechterer Effizienz führt. Der Stromverbrauch im Gebäudesektor ist deshalb in T45-RedEff im Jahr 2045 um 37 % höher als in T45-Strom. Mithilfe dieser Datenbasis kann der Wärmeverbrauch des Gebäudebestands differenziert nach Gebäudesektor, Gebäudeart und Baualtersklasse modelliert werden und bildet die Grundlage für eine zukunftsorientierte Wärmeplanung (BMWK, 2022).

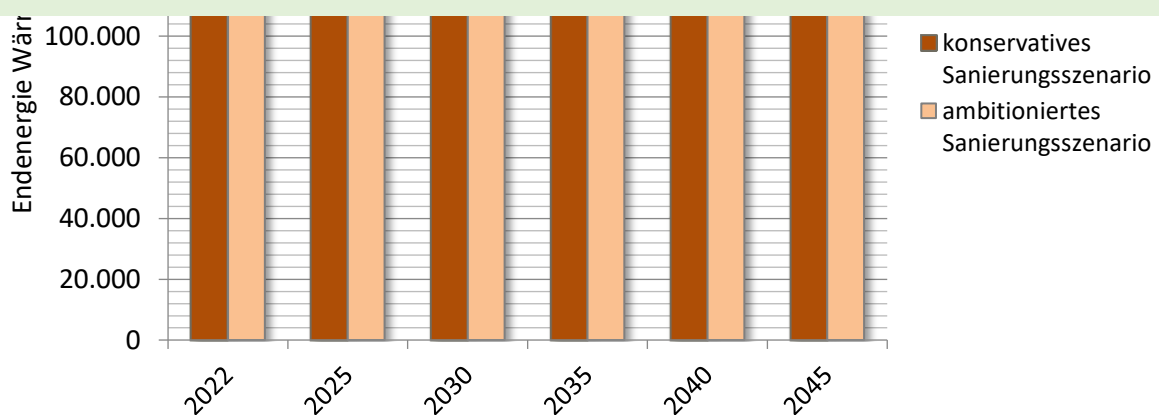


Abbildung 7-3: Mögliche Wärmebedarfsentwicklung Nutzwärme bei konservativem (T45RedEff) bzw. ambitioniertem (T45Strom) Sanierungsszenario in Wolfratshausen.

Dabei wird angenommen, dass mit jeder Komplettsanierung der jeweilige Wärmebedarf durchschnittlich um die Hälfte reduziert wird. Bezogen auf den Gesamtwärmebedarf aller Bestandsgebäude würde sich bis 2045 mit einer ambitionierten Sanierungsquote ein Einsparpotenzial von 53.900 MWh (33,0 %) und mit einer etwas geringeren Effizienzsteigerung ein Einsparpotenzial von 32.300 MWh (19,8 %) gegenüber dem Jahr 2022 ergeben.

Räumliche Verteilung und Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Mit Ausnahme der Gebiete mit einer Bebauung ab 2001 (IWU Baualtersklasse J) ist in vielen Bereichen der Stadt eine stärkere Sanierung anzustreben. In Abbildung 7-4 ist dargestellt, in welchen Teilgebieten sich rechnerisch bei Erreichung der Bundesziele im Gebäudesektor eine besonders hohe Energieeinsparung durch Sanierung zu erreichen ist. Dies sind insbesondere Bereiche, in denen sich die Baualtersklassen bis 1980 häufen und daher Sanierungsmaßnahmen besonders große Einsparungen bringen. Daten zu bereits getätigten Sanierungsmaßnahmen können dabei nur pauschal auf den gesamten Gebäudebestand umgelegt berücksichtigt werden.

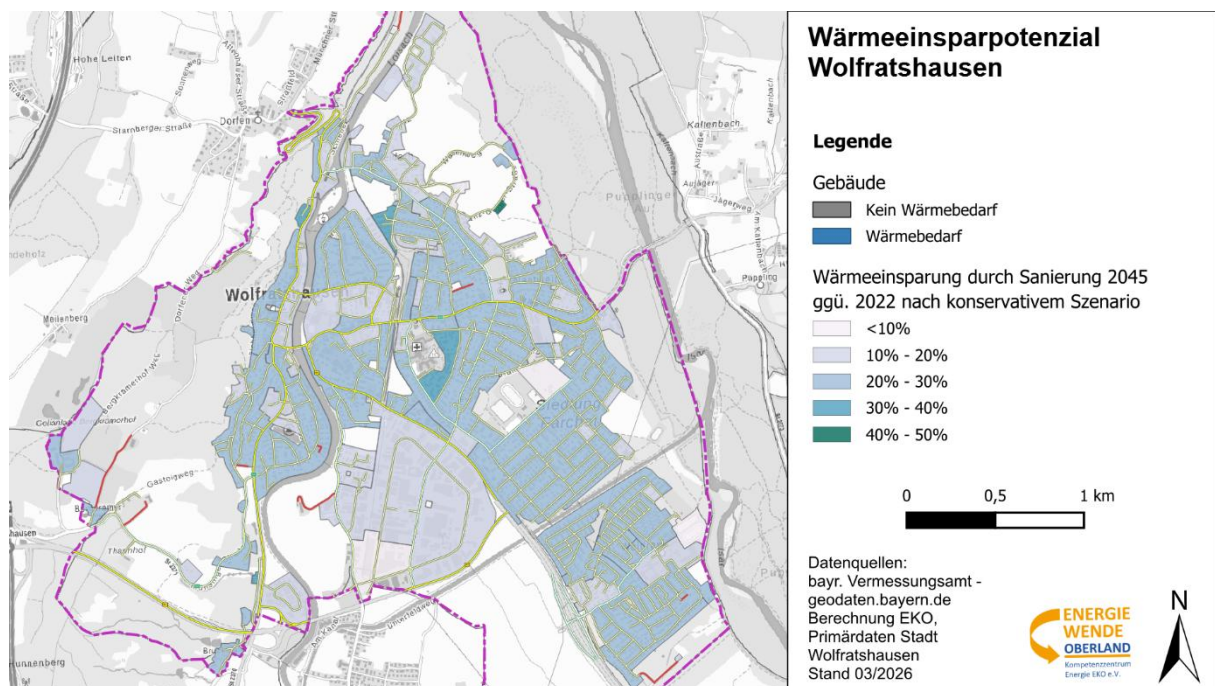


Abbildung 7-4: Wärmeeinsparpotenzial durch Sanierung in der Stadt Wolfratshausen 2045 gegenüber 2022 nach konservativem Szenario in Prozent.

Durch die Sanierung eines Beispiel-Einfamilienhauses der 60er Jahre mit einem Netto-Heizwärmebedarf von etwa 180 kWh/(m²*a) kann durch eine Dämmung der obersten Geschossdecke, der Kellerdecke und der Außenwand, sowie Erneuerung und Dämmung der Fenster und modernem Heizsystem mit Lüftungsanlage ein Heizwärmebedarf von etwa

60 kWh/(m²*a) erreicht werden. (Loga et al., 2015). Ein niedriger Heizwärmebedarf eröffnet neue Möglichkeiten bei der Wahl des Wärmeerzeugers und bringt finanzielle Entlastung und geringere Abhängigkeit von steigenden Energiepreisen.

7.3 Tiefe und mittlere Geothermie

Die Erschließung und Nutzung von Geothermie-Vorkommen in Tiefen zwischen 400 und 5.000 Metern in Oberbayern ist in zentralen und östlichen Regionen schon seit einigen Jahren im Aufbruch begriffen, wie Aktivitäten rund um München, Holzkirchen, Traunreut oder Waldkraiburg zeigen. All diese Projekte liegen in einer hydrogeologischen Zone des Malm Aquifers, wo ausreichende Entnahmemengen für eine hydrothermale Wärme- oder Stromerzeugung realisiert werden können.

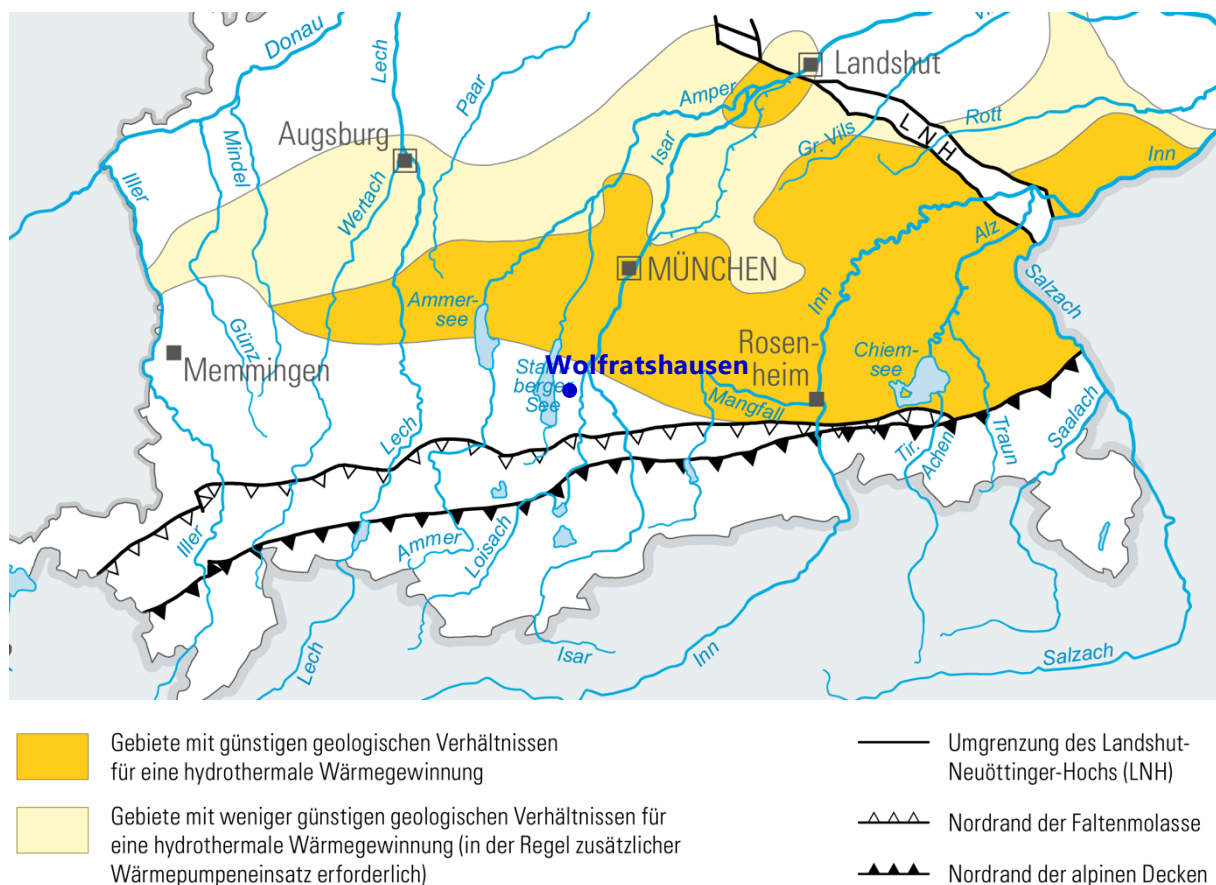


Abbildung 7-5: Gebiete mit günstigen geologischen Verhältnissen für tiefengeothermische Energiegewinnung (Karte nach Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, 2022).

Im Stadtgebiet von Wolfratshausen herrschen dagegen keine günstigen geologischen Verhältnisse zur Erschließung von Tiefenerdwärme durch hydrothermale Becken, wie (Abbildung 7-5) zeigt. Wolfratshausen liegt zwar nördlich der Faltenmolasse und damit in einem

Gebiet indem tendenziell bessere Potenziale vorherrschen, nichtsdestotrotz befindet sich das Stadtgebiet in einer eher ungeeigneten Region.

Trotz der bisherigen Einschätzung, dass bestimmte Regionen für die Tiefengeothermie ungeeignet sind, wird im Oberland aktuell ein innovatives Projekt durchgeführt, das neue technische Möglichkeiten erprobt und damit neue Energiepotenziale erschließen soll. Nach zwei gescheiterten Versuchen in Geretsried (der Bohrplatz in Gelting ist unweit von Wolfratshausen entfernt), Energie aus Tiefengeothermie zu erschließen, finden dort aktuell weitere Bohrungen statt. Bei dieser Technologie zirkuliert das Arbeitsmedium in einem geschlossenen Kreislauf (sog. Loop) ohne Austausch mit dem Tiefenwasser. Nach den erfolgreichen senkrechten Bohrungen bis in ca. 4.500 m wird der erste Loop in der Waagrechten erstellt. Insgesamt sind in Geretsried vier Loops geplant. Das zugehörige Kraftwerk zur Stromproduktion und Wärmeübergabe wird aktuell fertiggestellt. Die Anlage ist ausgelegt für eine elektrische Leistung von 8,2 MW oder eine thermische Leistung von 64 MW und ist je nach Anforderungen regelbar: Die Fließgeschwindigkeit des Wärmemediums kann ggf. reduziert werden, ebenso ist es möglich, die Stromproduktion im Zusammenspiel mit anderen regenerativen Energien auszugleichen. Besonders diese netzdienliche Funktion stellt für die Energiewende einen wesentlichen Vorteil der Technik dar. Anders als die herkömmliche Tiefengeothermie setzt die Eavor-Loop -Technologie kein hydrothermisches Reservoir voraus und hat außerdem einen weit geringeren Flächenbedarf als andere erneuerbare Energien (Abbildung 7-6). So kann diese Form der Erschließung von Erdwärme fast überall am Bedarfsort nutzbar gemacht werden.

Am Standort Geretsried werden durch den Bau der Anlage je nach Bohrgeschwindigkeit ca. 200 bis 350 Millionen Euro investiert. Der Europäische Investitionsfond fördert das Projekt mit 91,6 Millionen Euro. Es bestehen Überlegungen, die gewonnene Wärme unter anderem in naheliegende Viertel (inkl. Stadtgebiet Wolfratshausen) in Form von Wärmenetzen an Endkunden zu verteilen. Je nach Betreibermodell könnte dieses Geothermieprojekt zukünftig auch wertvolle Wärme für Wärmenetze in Wolfratshausen liefern.

Für das Stadtgebiet besteht hierbei ein erhebliches Potenzial: Nach aktuellen Planungsständen wird das durch die Fernwärme erschließbare Nutzwärmepotenzial auf ca. 63,9 GWh/a geschätzt. Dieses Potenzial bezieht sich auf eine wirtschaftlich optimierte Netzvariante mit rund 429 Hausanschlüssen. Derzeit wird das Projekt derzeit im Rahmen einer Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) detailliert auf seine technische und wirtschaftliche Machbarkeit hin untersucht.

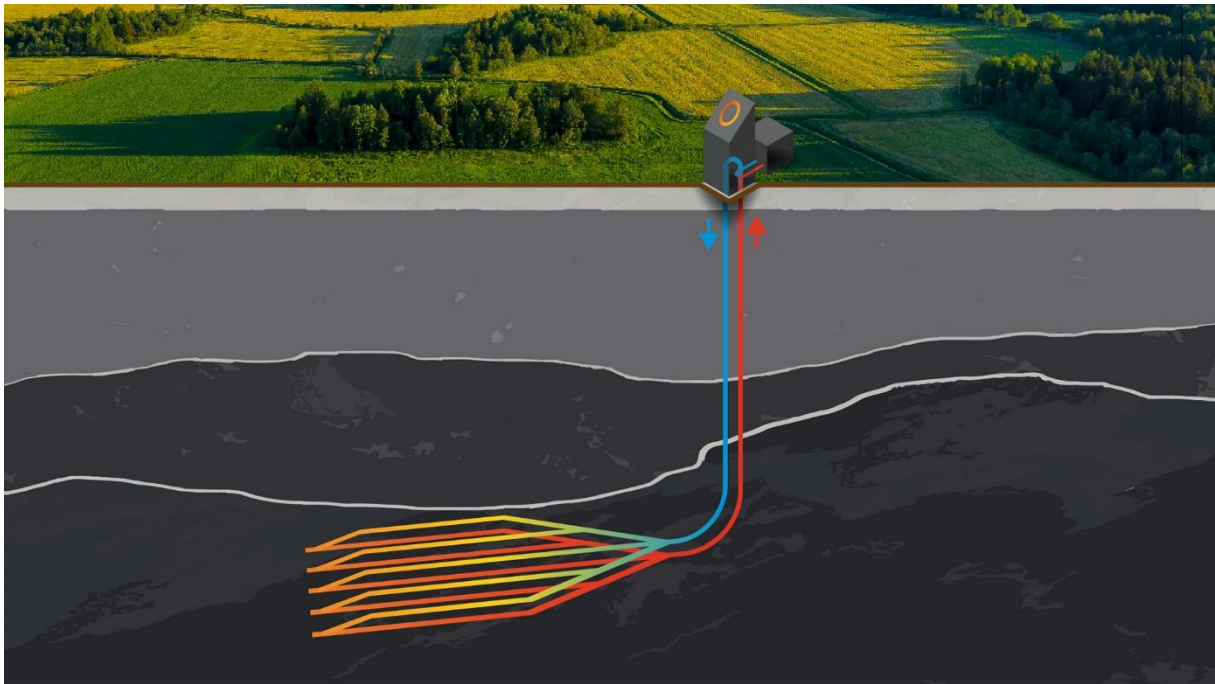


Abbildung 7-6: Skizze eines Eavor-Loops (<https://www.eavor.com/>).

7.4 Oberflächennahe Geothermie

Die Nutzung oberflächennaher geothermischer Energie als umweltfreundliche Alternative hat in den letzten Jahren durch technologische Fortschritte und eine grundlegende rechtliche Neuausrichtung massiv an Bedeutung gewonnen. Als grundlastfähige Energiequelle ist Erdwärme krisensicher und konstant verfügbar; im Gegensatz zu Solar- und Windenergie ist sie unabhängig von tages- und jahreszeitlichen Schwankungen. Zudem ist die Technologie flächeneffizient und erfolgt ohne sichtbare Eingriffe in das Landschaftsbild.

Der Entzug der Wärme erfolgt mittels Wärmepumpen, die dem Erdreich oder dem Grundwasser Energie entziehen und über einen Wärmetauscher für die Gebäudeheizung nutzbar machen. Gemäß der aktuellen gesetzlichen Definition (GeoBG, 2025) umfasst die oberflächennahe Geothermie Erschließungen bis zu einer Tiefe von 400 m. Während Bohrungen historisch oft auf 100 m begrenzt wurden, um bergrechtliche Anzeige- und Erlaubnispflichten zu vermeiden, hat das im Jahr 2026 vollumfänglich wirksame Geothermie-Beschleunigungsgesetz die Hürden deutlich gesenkt: Bohrungen bis 400 m Tiefe sind nun unter vereinfachten Bedingungen möglich, sofern sie primär der Wärmeversorgung dienen (§ 127 BBergG n.F.). Zudem ist der Ausbau der Geothermie gesetzlich als „überragendes öffentliches Interesse“ verankert, was Genehmigungsverfahren auf maximal drei Monate verkürzt.

Neben der Beheizung erlaubt die Technologie durch eine Umkehrung des Prozesses auch die effiziente Kühlung von Gebäuden im Sommer („Geocooling“). Im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen, die aufgrund der schwankenden Außenlufttemperaturen einen höheren Stromeinsatz erfordern, weisen erdgekoppelte Systeme durch das stabile Temperaturniveau im Untergrund eine deutlich höhere Jahresarbeitszahl (JAZ) und somit eine bessere Primärenergieeffizienz auf.

Prinzipiell ist die Nutzung von Erdwärme nur dann nachhaltig sinnvoll, wenn niedrige Vorlauftemperaturen zur Beheizung von Gebäuden erforderlich sind. Denn die Wärmepumpe arbeitet umso besser, je niedriger das Temperaturniveau ist, auf das diese das Heizwasser aufheizen muss. Je kleiner der Temperaturunterschied zwischen dem Medium und der Vorlauftemperatur, desto höher ist der Wirkungsgrad. Eine Aussage über die Energieeffizienz der eingesetzten Wärmepumpe gibt die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ). Gut geeignet ist der Einsatz von Wärmepumpen bei Neubauten mit Flächenheizungen, aber auch bei älteren Gebäuden, deren Wärmebedarf durch Sanierungsmaßnahmen reduziert wurde. Mit Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen können Vorlauftemperaturen von bis zu 55°C mit akzeptablen Jahresarbeitszahlen (>3) bereitgestellt werden. Der zum Betrieb von Wärmepumpen notwendige Strom sollte möglichst gering sein und durch regenerative Energien, wie z.B. durch eine PV-Anlage bereitgestellt werden. Beim Kauf wichtig zu beachten ist, dass der vom Hersteller angegebene Coefficient of Performance (COP) die Leistungszahl der Wärmepumpe unter festgelegten Normbedingungen angibt, wohingegen die JAZ die tatsächlichen Betriebsbedingungen über das ganze Jahr berücksichtigt und somit die realistische Angabe zur Effizienz ist. Auf der Website des Bundesverband Wärmepumpe können die JAZ verschiedener Wärmepumpen berechnet werden: www.waermepumpe.de/jazrechner/



Die Jahresarbeitszahl (JAZ) beschreibt das Verhältnis zwischen der jährlich erzeugten Nutzwärme und der dafür eingesetzten elektrischen Energie.

Effiziente oberflächennahe geothermische Anlagen erreichen eine JAZ von über 4. Das bedeutet: Mit einem Teil Strom (ca. 25 %) und drei Teilen Umweltwärme aus dem Erdreich (ca. 75 %) erzeugt die Wärmepumpe insgesamt vier Teile Nutzwärme (100 %) für Heizung und Warmwasser.

Prinzipiell gibt es verschiedene Systeme, wie dem Erdreich oberflächennah Wärme entzogen werden kann. Dazu zählen:

- **Erdwärmekollektoren (Sole-Wasser Wärmepumpe):**



Erdwärmekollektoren sind flache, oberflächennahe Erdwärmenutzungssysteme, die in Tiefen bis 5 m die Erdwärme nutzen. Jahresarbeitszahlen von bis zu 4, welche einen effizienten Betrieb darstellen, sind möglich, die Witterung kann sich im Winter minimal auf die Leistung auswirken. Für diese Technologie ergibt sich ein hoher Flächenbedarf und erhöhte Anschaffungskosten.

- **Erdwärmesonden (EWS, Sole-Wasser Wärmepumpe):**



Eine Erdwärmesonde wird im Gegensatz zu den Erdwärmekollektoren in tiefere Erdschichten eingebracht. Diese kommen mit einem deutlich geringeren Platzbedarf aus. Für die Verlegung von Erdwärmesonden werden Erdbohrungen bis zu 100 Meter Tiefe durchgeführt. Bei solch tiefen Bohrungen kann neben der Wärmeenergie auch Energie zur Stromproduktion gewonnen werden. Erdwärmesonden sind weitaus effektiver als Erdwärmekollektoren. Dies hängt damit zusammen, dass die Temperatur mit zunehmender Bohrtiefe wärmer und konstanter wird. Ab 15 Meter liegt die Temperatur bei konstanten 10 °C. Danach steigt die Temperatur pro 30 Meter um 1 °C. Die Bohrtiefe und Anzahl der Erdwärmesonden hängt vom erforderlichen Wärmebedarf ab. Jahresarbeitszahlen von über 4 sind möglich und garantieren einen sehr effizienten Betrieb bei geringem Platzbedarf. Aufgrund der erforderlichen Bohrungen ist jedoch mit höheren Anschaffungskosten zu rechnen.

- **Grundwasser-Wärmepumpen (GWWP, Wasser-Wasser Wärmepumpe):**



Eine Grundwasser-Wärmepumpe benutzt die im Grundwasser enthaltene Wärme, um damit zu heizen. Da Grundwasser im Jahresverlauf eine konstant hohe Temperatur aufweist, ist es als Wärmequelle hervorragend geeignet. Die Tiefe der Bohrung richtet sich nach der Höhe des Grundwasserspiegels. Aus dem Förderbrunnen wird das Grundwasser nach oben gepumpt und durch Rohre zur Wärmepumpe geleitet. Das abgekühlte Wasser wird dann in einem zweiten Brunnen

(Schluckbrunnen) wieder abgeleitet. Bei dieser Variante müssen Gewässerschutzrichtlinien eingehalten und eine Genehmigung beantragt werden. Auch hier ist die Möglichkeit gegeben im Sommer das Grundwasser zur Kühlung zu nutzen (LfU, 2020). Bei der GWWP sind die höchsten Jahresarbeitszahlen von bis zu 5 möglich, der Platzbedarf beschränkt sich auf zwei Brunen, welche mindestens 10 m voneinander entfernt sein sollten. Die Investitionskosten sind hier i.d.R. geringer als bei einer EWS. Ein hoher und konstanter Grundwasserspiegel erleichtert die Erschließung.

Wo der Einsatz der dargestellten Erdwärmesysteme in Wolfratshausen möglich ist und in welchen Gebieten Einschränkungen existieren, wird in den folgenden Abschnitten im Detail dargestellt. Nutzungseinschränkungen ergeben sich vorwiegend aus wasserschutzrechtlichen Gründen. Beispielsweise ist in der Zone I bis III/IIIA von Wasserschutzgebieten der Bau und Betrieb von Erdwärmesonden i.d.R. verboten. Vor Auftragsvergabe sind von Planern, Handwerksbetrieben oder Wärmepumpenherstellern die Gegebenheiten am Standort unbedingt zu prüfen. Für weiterführende Informationen sei insbesondere auf die Publikation „Oberflächennahe Geothermie“ (LfU, 2020) verwiesen.

7.4.1 Lokale Gegebenheiten für oberflächennahe Geothermie

Für die Bohrungen einer Wärmepumpe mit Erdwärmesonden oder Grundwasser ist eine Bohranzeige beim bayrischen Landesamt für Umwelt nötig. Die Daten zu den Bestandsbohrungen sind öffentlich einsehbar und werden in Abbildung 7-7 dargestellt. Auf Wolfratshausener Flur sind 532 Bohrungen dokumentiert, darunter 77 Bohrungen mit Erdwärmesonden. In Abbildung 7-7 sind alle Bohrungen im Ortskern mit ihrer Endteufe dargestellt. Bohrungen bei denen Grundwasser erreicht wurde sind blau umrandet, wenn bekannt, steht zusätzlich die Tiefe des Ruhewasserspiegels in Klammern. Wolfratshausen ist eingekesselt von Loisach und Isar, was sich auch in den Bohrungsdaten widerspiegelt. Die bestehenden Bohrungen für Erdwärmesonden weisen Endteufen von etwa 70 bis 130 m auf und konzentrieren sich überwiegend auf die östlichen Siedlungsbereiche des Stadtgebiets. Demgegenüber liegen die erfassten Bohrungen für Grundwasserwärmepumpen größtenteils in vergleichsweise geringen Tiefen von rund 10 m und sind über nahezu das gesamte bebaute Stadtgebiet verteilt. Angegebene Werte zum Ruhewasserspiegel zeigen Werte im Bereich von etwa 2 bis 10 m auf. Für den Ortsteil Waldram wurden bislang keine GWWP-Bohrungen dokumentiert. Dies ist auf die hydrogeologisch sensible Lage im Isar-Auenbereich mit hohen und stark schwankenden Grundwasserständen sowie auf daraus resultierende wasser-

rechtliche Restriktionen zurückzuführen. Eine Karte in größerem Format für eine bessere Übersichtlichkeit ist im Anhang zu finden.

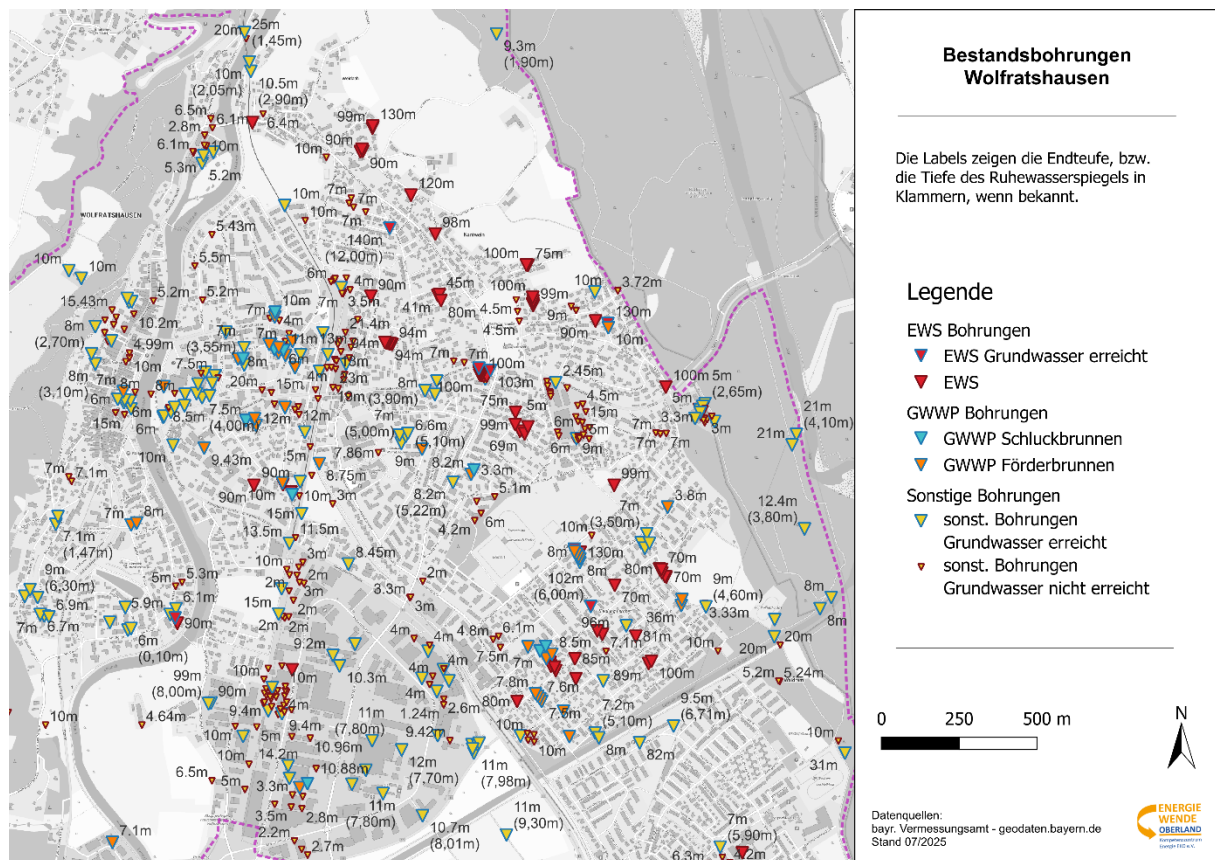


Abbildung 7-7: Bohrdaten im Stadtgebiet Wolfratshausen.

Vor-Ort Untersuchungen zur Grundwasserentnahme

Aus dem Bereich des östlichen Gewerbegebiets wurde eine ausführliche Machbarkeitsstudie zur Nutzung von Grundwasserwärme zur Verfügung gestellt. Die Untersuchungen belegen ein hohes Potenzial für die thermische Nutzung des quartären Porengrundwasserleiters. Der Aquifer zeichnet sich durch eine sehr hohe Durchlässigkeit und stabile Temperaturen von ganzjährig etwa 11°C aus, während die chemische Zusammensetzung des Wassers aufgrund niedriger Eisen- und Manganwerte als technisch unbedenklich eingestuft wird. Die natürliche Grundwasserfließrichtung verläuft am Standort von Südsüdost nach Nordnordwest parallel zur Isar in Richtung der Vorflut Loisach. Wegen der natürlichen Wasserspiegelschwankungen von bis zu 2,6 m im Jahresgang sind ausreichende Eintauchtiefen der Pumpen zu berücksichtigen. In Abbildung 7-8 ist der langjährige Verlauf des Grundwasserspiegels an der Messtelle im Norden des Gewerbegebiets zu sehen. Zudem belegen die Daten, dass ab Fördermengen von ca. 15 l/s bei Hochwasserverhältnissen das Risiko

eines hydraulischen und damit thermischen Kurzschlusses besteht, weshalb die Versickerung zur Effizienzsicherung bei großen Leistungen über mehrere, weiträumig verteilte Schluckbrunnen statt über eine einzelne Anlage erfolgen sollte. Bei ausreichend gut verteilten Sickerbrunnen sind je nach Wasserstand bis zu 30 l/s für eine nachhaltige thermische Grundwassernutzung möglich, was einer thermischer Entzugsleistung von knapp 1 MW entspricht.

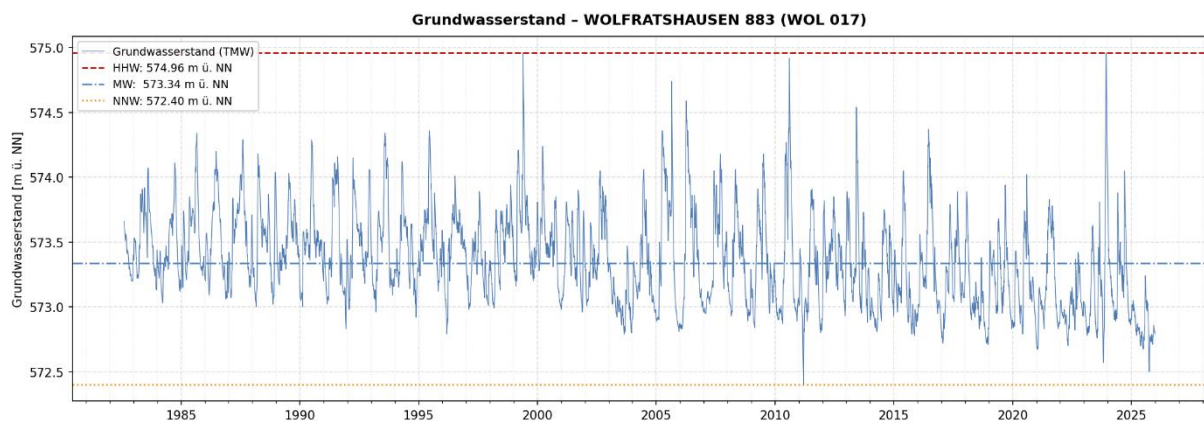


Abbildung 7-8 Grundwasserstände im Gesamtzeitraum (1982-2026) an der Messtelle im Norden des Wolfratshauser Gewerbegebiets (HHW: höchster jemals gemessener Wasserstand, MW: mittlerer Wasserstand aller Einzelwerte, NNW: niedrigster jemals gemessener Wasserstand)

7.4.2 Potenziale für Erdwärmesonden (EWS)

Gegenüber Erdwärmekollektoren haben Erdwärmesonden den entscheidenden Vorteil, dass diese mehr oder weniger unabhängig von Witterungseinflüssen sind, die an der Erdoberfläche herrschen. Besonders im Neubaubereich mit geringem Wärmebedarf kann diese Technologie eine interessante Option zur Wärmebereitstellung darstellen.

Wie in Abbildung 7-9 dargestellt, ist die Nutzung von Erdwärmesonden in den östlichen Teilen von Wolfratshausen Ortsbereichen möglich. Vermutlich günstige Verhältnisse befinden sich in Bohrtiefen von 120-140 m Tiefe. In den Gebieten mit potenziell möglicher Nutzung sind Einzelfallprüfungen durch die Untere Wasserbehörde in der örtlich zuständigen Kreisverwaltungsbehörde durchzuführen. Im Bereich der Altstadt ist die Wärmeengewinnung durch Sonden ebenfalls nicht ausgeschlossen. Allerdings ist hier durch die Nähe an die Loisach in großen Teilen eine Einzelfallprüfung schon ab 65 m Bohrtiefe nötig. Das dicht besiedelte Gebiet rund um die Altstadt könnte grundsätzlich Herausforderungen für den Einsatz und die Installation von Erdwärmesonden mit sich bringen. Das westlich gelegene Wasserschutzgebiet ist vollkommen für die Nutzung von Erdwärmesonden ausgeschlossen.

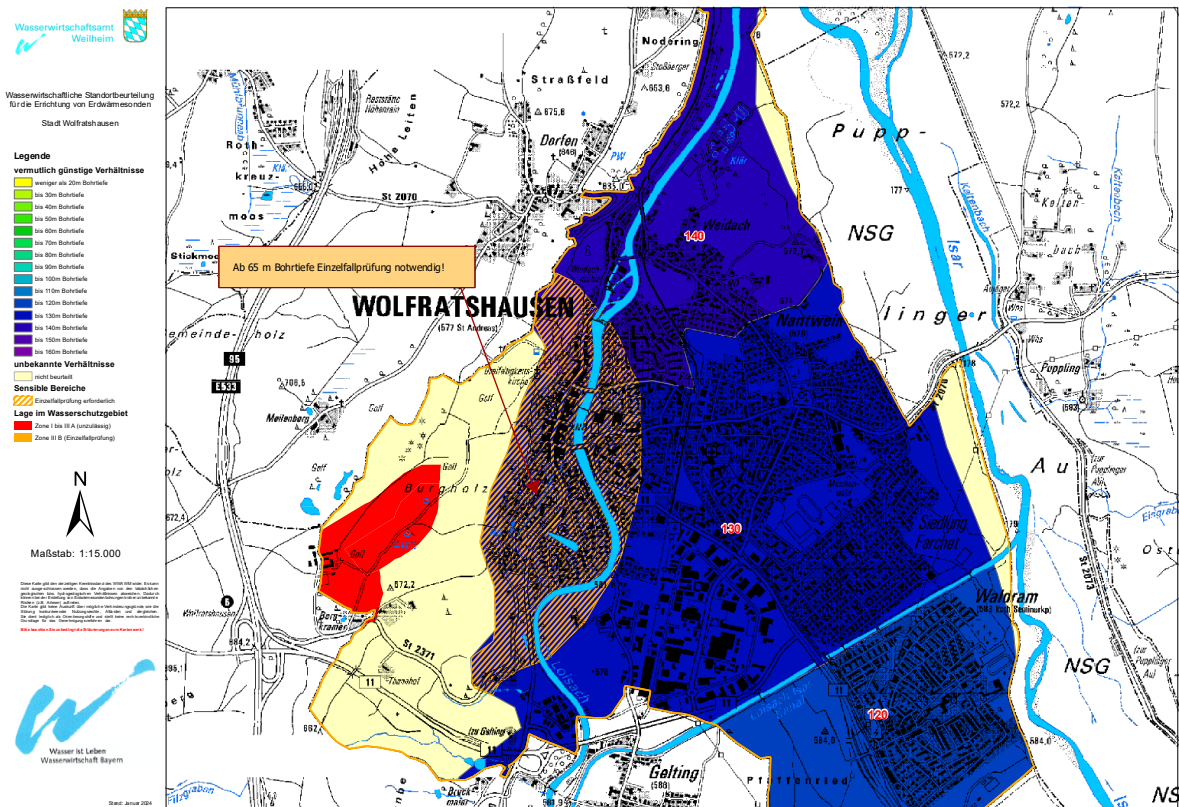


Abbildung 7-9: Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden in Wolfratshausen (Stand 01/2024).

In einem aufwändigen Verfahren wurden vom LfU (2024a) unter Berücksichtigung der lokalen Wärmeleitfähigkeit im Boden, der örtlichen Bohrtiefenbegrenzung, sowie den rechtlichen Ausschlussgebieten (Wasserschutzgebiete, etc.) die minimal möglichen Entzugsleistungen von Erdwärmesonden in Wolfratshausen ermittelt. Mit einem Abstand vom 1 m zu den Gebäuden und 3 m zur Flurstücksgrenze, sowie 6 m Abstand zwischen den Sonden, zur Vermeidung einer gegenseitigen Beeinträchtigung der Entzugsleistung wurden im Rahmen der Potenzialerhebung auf den relevanten Flurstücken fiktive Sonden platziert und so eine maximal mögliche Entzugsleistung pro Flurstück ermittelt. Von der maximal möglichen Anzahl an Sonden wurden bis zu vier Erdwärmesonden pro Grundstück platziert, da die Wirtschaftlichkeit der Anlage sonst i.d.R. nicht mehr gegeben ist. Im Folgeschritt wurde geprüft, ob der Wärmebedarf eines Flurstücks durch die Entzugsleistung der EWS darstellbar wäre.

Auf insgesamt 1.456 Flurstücken in der Stadt könnte der Wärmebedarf von insgesamt rund **22.078 MWh** durch Erdwärmesonden gedeckt werden. In Abbildung 7-11 sind entsprechend die möglichen Deckungsgrade des Wärmebedarfs 2045 durch Erdwärmesonden in den Teilgebieten dargestellt.

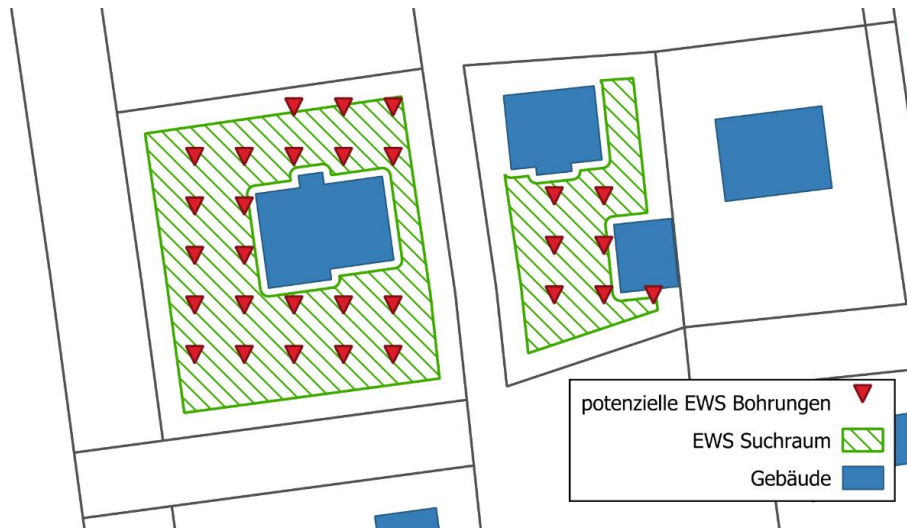


Abbildung 7-10: Methodik der Potenzialerhebung für EWS. Pro Grundstück wird mit maximal vier Sonden gerechnet.

Für einen effizienten Betrieb bedarf es im versorgten Gebäude einen gewissen energetischen Standard. Betrachtet man das heute darstellbare Potenzial für Gebäude, die nach 1995 und somit nach Inkrafttreten der letzten Novelle der Wärmeschutzverordnung (WSchVO, 1994) errichtet wurden, so ergibt sich ein Potenzial von **2.422 MWh** auf 124 Flurstücken. Etwa 10 Prozent des Potenzials ist also bereits mit dem aktuellen Sanierungsstand umsetzbar, die Hälfte davon sind zum Bilanzjahr umgesetzt.

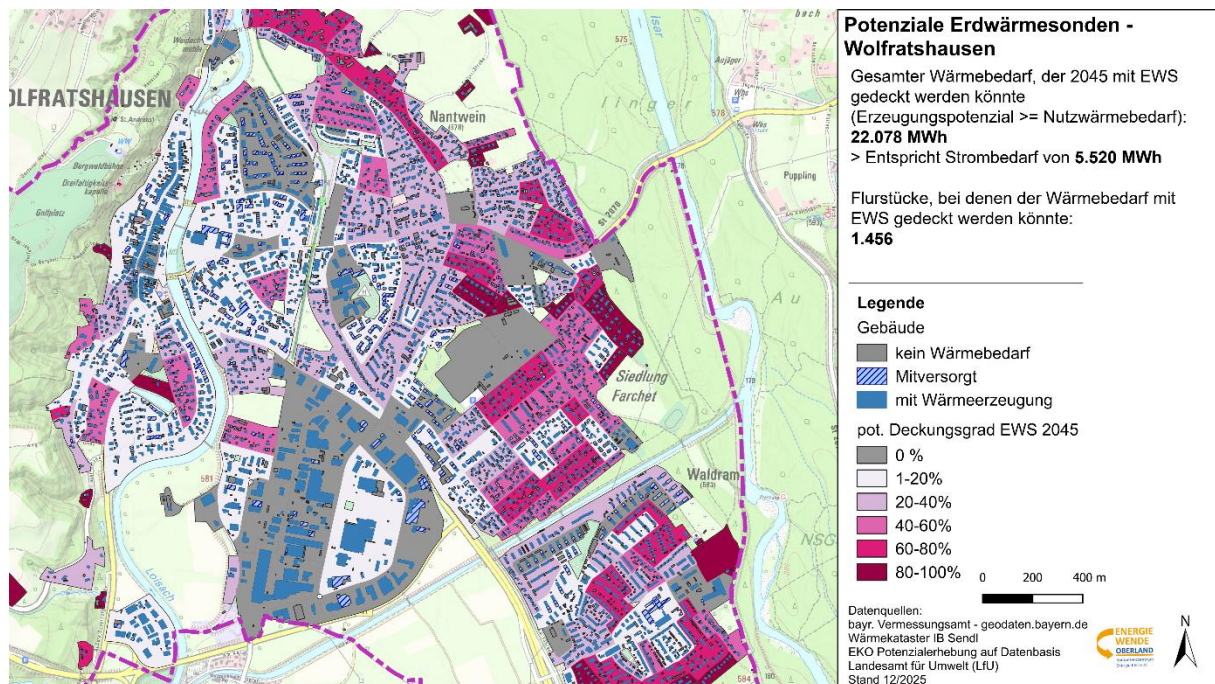


Abbildung 7-11: möglicher Deckungsgrad durch EWS in Wolfratshausen zum Zieljahr 2045 bei Wärmebedarfs-reduktion nach Bundesziel.

FAZIT: Insbesondere bei Neubauten oder gut sanierten Bestandsgebäuden können Erdwärmesonden in Wolfratshausen effizient eingesetzt werden.

7.4.3 Potenziale für Grundwasserwärmepumpen (GWWP)

Wie bereits oben beschrieben, bestehen im Stadtgebiet Wolfratshausen aufgrund der topografischen Lage im Isar- und Loisachtal sowie der damit verbundenen hydrogeologischen Verhältnisse grundsätzlich gute Voraussetzungen für die Nutzung von Grundwasserwärmepumpen (GWWP). Insbesondere die flach anstehenden, gut durchlässigen Grundwasserleiter führen zu günstigen thermischen und hydraulischen Bedingungen. Auch wenn im Siedlungsgebiet derzeit keine generellen rechtlichen Ausschlusskriterien für die Nutzung von Grundwasser bestehen, sind im Einzelfall wasserrechtliche Prüfungen erforderlich, etwa im Hinblick auf Grundwasserschutz, hydraulische Beeinflussungen oder thermische Rückwirkungen.

Die Potenzialerhebung des LfU (2024a) weist für das Stadtgebiet Entzugsleistungen von etwa 20 bis 50 kW pro Brunnenpaar bei einem typischen Brunnenabstand von 10 m aus. Diese Bandbreite ermöglicht sowohl den Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern als auch in kleineren Quartierslösungen. Die Bestandsdaten (vgl. Abbildung 7-7) bestätigen zudem, dass an verschiedenen Standorten im Stadtgebiet Grundwasser bereits in vergleichsweise geringer Tiefe angetroffen wurde, was die grundsätzliche technische Umsetzbarkeit unterstreicht.

Abbildung 7-12 zeigt den potenziellen Deckungsgrad des Wärmebedarfs je Bauabschnitt, der unter Berücksichtigung des Reduzierungspfads bis 2045 durch GWWP gedeckt werden könnte. Dabei wird insbesondere in weiten Teilen des Stadtgebiets ein hohes Potenzial sichtbar, das sich in der Kartendarstellung durch dunkle Blautöne ausdrückt. In Summe ergibt sich bei Betrachtung aller potenziell geeigneten Flurstücke (**2.154 Stück**) ein jährliches Wärmeerzeugungspotenzial von rund **78.250 MWh**. Zur Bereitstellung dieser Wärmemenge wäre – abhängig von der Effizienz der eingesetzten Anlagen – ein Strombedarf von knapp **20.000 MWh** erforderlich, was auf Jahresarbeitszahlen im Bereich von etwa 4 hinweist.

Flurstücke, die aufgrund geltender Abstandsvorgaben, technischer Restriktionen oder fehlender Brunnenstandorte nicht für die Installation von Grundwasserwärmepumpen geeignet sind, wurden bei der Potenzialermittlung ausgeschlossen.

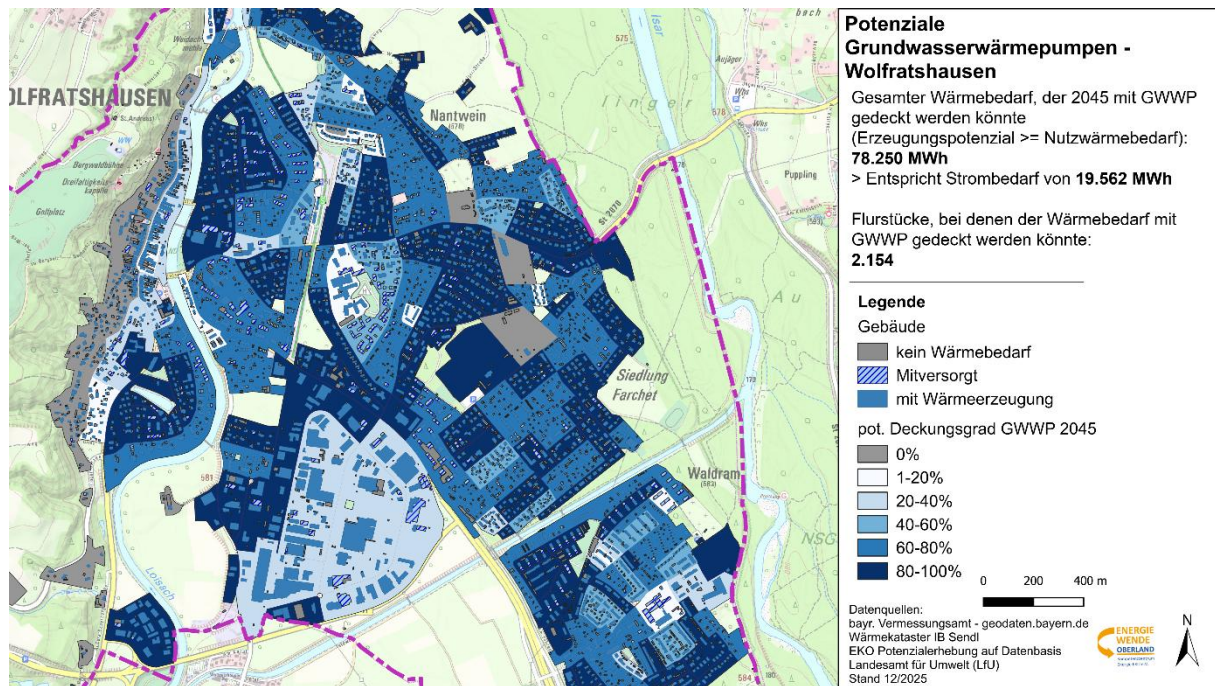


Abbildung 7-12: möglicher Deckungsgrad durch GWWP in Wolfratshausen zum Zieljahr 2045 bei Wärmebedarfsreduktion nach Bundesziel.

FAZIT: Die Analyse zeigt, dass Grundwasserwärmepumpen im Stadtgebiet Wolfratshausen aufgrund der günstigen hydrogeologischen und topografischen Rahmenbedingungen ein erhebliches Potenzial für die erneuerbare Wärmeversorgung besitzen. Insbesondere in weiten Teilen der Wohnbebauung können sie einen relevanten Beitrag zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs leisten. Unter Berücksichtigung technischer, rechtlicher und räumlicher Restriktionen stellen Grundwasserwärmepumpen damit eine zentrale Option für die Umsetzung der Wärmewende in Wolfratshausen bis 2045 dar.

7.4.4 Potenziale für Erdwärmekollektoren

Die Nutzung von Erdwärmekollektoren ist im besiedelten Stadtgebiet von Wolfratshausen überall möglich und durch keine gesetzlichen Einschränkungen betroffen. Lediglich im Wasserschutzgebiet am Golfplatz am westlichen Stadtrand, was ohnehin kein Siedlungsgebiet ist, sind Bohrungen grundsätzlich nicht zulässig sind. Im gesamten Stadtgebiet ist bei konservativer Betrachtung mit gut **22 W/m² Entzugsleistung** zu rechnen (StMWi; LfU, 2025).

FAZIT: Erdwärmekollektoren oder –körbe können bei Neubauten effizient eingesetzt werden, im Bestand ist der Aufwand für den Tiefbau in der Regel zu hoch.

7.5 Umweltwärme

Unter dem Begriff Umweltwärme werden die Nutzungspotenziale von Oberflächengewässern und der Luft zusammengefasst. In Verbindung mit Wärmepumpen können beide Wärmequellen einen bedeutenden Beitrag zur Umsetzung der Wärmewende leisten.

7.5.1 Oberflächengewässer

Im Zuge der fortschreitenden Wärmewende gewinnt die Erschließung aller verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen zunehmend an Bedeutung. Eine vielversprechende Möglichkeit stellt dabei die thermische Nutzung von Oberflächengewässern dar. In Ländern wie der Schweiz, Norwegen oder Schweden wird diese Technologie bereits seit Jahren erfolgreich im großtechnischen Maßstab eingesetzt. In Deutschland hingegen befindet sich die Nutzung von Gewässerwärme noch in der Entwicklungsphase – dennoch zeigen Pilotprojekte in Städten wie Mannheim oder Rosenheim, dass sich mit Großwärmepumpen erhebliche Wärmemengen aus Flüssen für lokale Wärmenetze gewinnen lassen (Ferstl et al., 2024). Aspekte wie die verfügbare Wassermenge, Temperaturstabilität, hydrologische Anbindung sowie mögliche Eingriffe in das lokale Ökosystem müssen dabei mit der zuständigen Gewässerbehörde abgestimmt werden.

Die Loisach sowie der Isar-Loisach-Kanal durchqueren Siedlungsgebiete von Wolfratshausen. Beide Flüsse tragen aufgrund ihres großen Volumenstroms und auch in den Wintermonaten bei durchschnittlich über 4 °C liegenden Wassertemperaturen ein hohes Wärmeentnahmepotenzial. Bereits bei einer Abkühlung des Gesamtvolumenstroms um 3 °C lassen sich theoretisch mehrere Terrawattstunden Wärme aus den beiden Gewässern entziehen. Wird lediglich ein Hundertstel des Gewässerstroms unter Berücksichtigung der monatlichen Minstdurchschnittstemperaturen der letzten Jahre und einer maximalen Abkühlung um 3 °C auf mindestens 1°C reduziert, so können bereits **83.400 MWh/a** Wärme mithilfe von Wärmepumpen (COP = 2,5) für die lokalen Wärmeversorgung genutzt werden. Der Jahresverlauf des Wärmebedarfs verläuft in der Regel gegenläufig zu Volumenstrom und Temperaturen von Fließgewässern, das heißt, wenn im Winter viel Heizenergie benötigt wird, fließt tendenziell weniger Wasser mit niedrigeren Temperaturen durch die Flüsse. Werden die lokalen Mindesttemperatur- und Durchflussverläufe in Relation zu einem durchschnittlichen Jahresbedarfsverlauf (nach Bundesnetzagentur, 2024) gesetzt und angenommen, dass mindestens 60 % des Gesamtbedarfs in jedem Monat durch Flusswärme gedeckt werden soll, können insgesamt noch gut **16.600 MWh/a** Wärme zur Verfügung gestellt werden.

In Wolfratshausen bestehen zwei potenzielle Standorte, die sich besonders für den Bau einer Flusswärmanlage und deren Integration in ein lokales Wärmenetz eignen. Einerseits bei der Weidachmühle an der Loisach. Da sich an diesem Standort bereits ein Wasserkraftwerk befindet, könnten Entnahmestelle sowie gegebenenfalls eine Heizzentrale in die bestehende Infrastruktur integriert werden. Auch sind Genehmigungsverfahren an bereits verbauten Flussabschnitten oftmals einfacher durchzuführen als an unberührten Standorten. An weiterer Stelle könnte sich der Abschnitt des Isar-Loisach-Kanals zwischen Farchet und WalDRAM besonders eignen, da hier aktuell Planungen zum Umbau des Kanals laufen, in dessen Zuge gleichzeitig auch die thermische Nutzung des Kanalwassers und der Einbau einer Flusswärmanlage durchgeführt werden könnte. Zudem befinden sich entlang des Ufers in unmittelbarer Nähe Siedlungsflächen, wodurch weitläufige Verteilstrukturen zu möglichen Wärmeabnehmern nicht benötigt werden. Aufgrund des geringeren Durchflusses des Kanals im Vergleich zur Loisach könnte hier etwa ein Drittel des Gesamtpotenzials zur Verfügung gestellt werden.

FAZIT: Die thermische Nutzung von Loisach und Isar-Loisach-Kanal bietet grundsätzlich erhebliche Potenziale für die nachhaltige Wärmeversorgung aus der Umgebung. Allerdings weist die Umsetzung der thermischen Nutzung von Fließgewässern einige rechtliche und ökologische Hürden auf, weshalb die Realisierbarkeit an den jeweiligen Standorten den gegebenen Bedingungen entsprechend spezifisch bewertet werden muss.

7.5.2 Luft

Die Nutzung von Umgebungsluft als Wärmequelle ist grundsätzlich überall verfügbar und wird durch Luft-Wärmepumpen (Luft-Wasser-Wärmepumpe) nutzbar gemacht. Diese Aggregate können der Umgebungsluft Wärme entziehen und Wärme für Heizung und Warmwasser zur Verfügung stellen. Im Vergleich zu in Kapitel 7.4 angeführten Wärmequellen ist eine Luftwärmepumpe mit weniger Aufwand zu installieren. Der Nachteil ist eine geringere Arbeitszahl gerade bei kalter Witterung. Die Jahresarbeitszahlen liegen in der Praxis meist unter 3, was zu hohen Stromkosten führen kann. Ein fortgeschrittener Sanierungsstand sowie große Heizkörper (Verringerung der nötigen Vorlauftemperatur) sind von Vorteil. Allerdings ist nach aktuellem technischen Stand eine Installation auch in weniger sanierten Bestandsgebäuden mit kleinen Anpassungen möglich. Dadurch kann eine Minderung der Effizienz der Wärmepumpe eintreten, was trotzdem noch eine sinnvolle dezentrale Lösung darstellen kann. Einzelanwendungen sind durch Energieberater oder Heizungsbaufirmen

zu analysieren. Größere Gebäude vor allem mit Warmwasserbereitung sollten zusätzlich eine Heizquelle für höhere Vorlauftemperaturen oder zur hygienischen Warmwasserbereitung vorhalten. Ebenfalls zu berücksichtigen ist die erhöhte Geräuschentwicklung, wobei bei durchdachter Installation kaum Geräuschprobleme auftreten. Zudem sind moderne Modelle sehr geräuscharm, sofern sie auch stabil über eine Bodenplatte im Grund montiert sind. In Bayern ist kein Mindestabstand zum Nachbargrundstück vorgegeben.

Nach einem deutlichen Rückgang der Zubaurate im Jahr 2024, der maßgeblich durch die Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Heizungsgesetz verursacht wurde, ist 2025 wieder ein klarer Anstieg der Absatzzahlen zu verzeichnen. Vor diesem Hintergrund ist von einer erneuten Zunahme der Zubaurate sowohl im Neubau als auch im Gebäudebestand auszugehen.

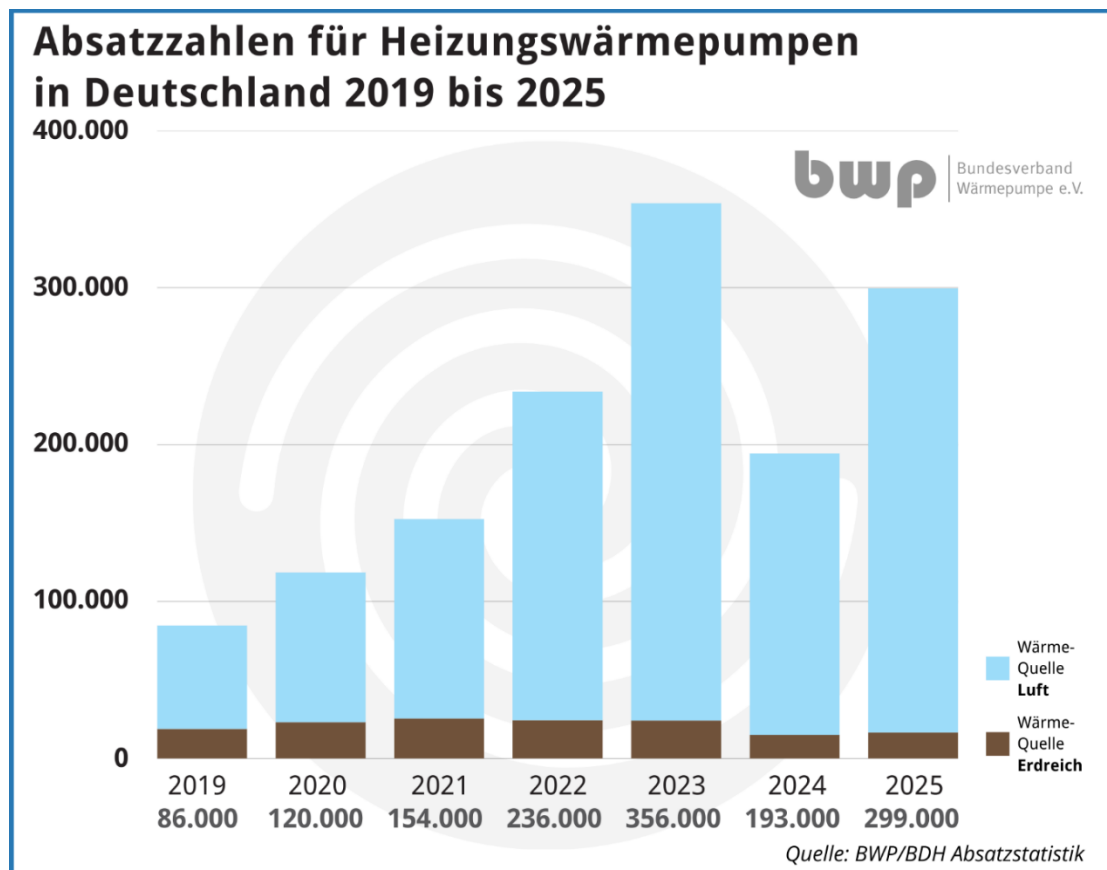


Abbildung 7-13: Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2019-2025 nach Wärmepumpentypen (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2026).

Abbildung 7-13 stellt die Entwicklung der Absatzzahlen an Wärmepumpen pro Jahr ab 2019 dar (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2026). Unter der Annahme, dass jedes Gebäude, das nach 1995 gebaut wurde, soweit saniert werden kann, dass die Vorlauftemperaturen einen effizienten betrieb einer Luftwärmepumpe gewährleisten, ergibt sich für die Stadt Wolfratshausen ein Potenzial von rund **48.590 MWh**. Das zum Bilanzjahr umsetzbare Po-

tenzial aller Bauten mit Wärmebedarf, die nach 2001 gebaut wurden umfasst etwa 287 Gebäude mit einem Wärmebedarf von rund **3.397 MWh**. Etwa 1.132 MWh Wärme werden zum Bilanzjahr bereits durch Luft-Wasser-Wärmepumpen bereitgestellt.

7.6 Abwasser

Abwasserwärmenutzung bietet eine effiziente Möglichkeit, Energie aus kommunalen Abwässern zu gewinnen, die auch während der Heizperiode Temperaturen von 10 bis 15 °C aufweisen. Diese Wärmequelle ist ideal für den Einsatz von Wärmepumpen und kann auf verschiedene Arten genutzt werden, etwa durch die Entnahme aus der Kanalisation, in Kläranlagen oder aus gereinigtem Abwasser. Besonders in dichter besiedelten Gebieten mit ausreichend hohem Abwasserfluss ist die Nutzung technisch und wirtschaftlich sinnvoll. Das Landesamt für Umwelt schlägt im Leitfaden zur Abwassernutzung Rahmenbedingungen vor, ab denen eine Nutzung dieses Potenzials sinnvoll ist: Demnach sollte die Abwassermenge mindestens von 5.000 Einwohnern zusammenlaufen. Des Weiteren sollte zwischen der Entnahmestelle und dem möglichen Nutzer eine maximale Entfernung von 300 m liegen. Die Heizlast des Wärmeabnehmers sollte mindestens 150 kW betragen (LfU, 2022). Im Leitfaden kommunale Wärmeplanung werden ein Mindestdurchmesser von DN400 und ein Mindestabflussvolumen von 10 l/s für die effiziente thermische Nutzung von Kanalnetzen angegeben (BMWK & BMWSB, 2024).

In Wolfratshausen befindet sich nördlich von Weidach die städtische Kläranlage, in der täglich im Mittel circa 12.000 m³ Abwasser aus Wolfratshausen und den umliegenden Gemeinden anlangen, wovon etwa 4.200 m³ aus den gemeindeinternen Sammlern stammen. Aus den mittleren Abflüssen von circa 49 bzw. 139 l/s ergeben sich geschätzte Wärmepotenziale von rund **7.000** bzw. insgesamt **20.000 MWh pro Jahr**, die über Wärmepumpen nutzbar gemacht werden könnten. An mehreren Stellen befinden sich im Stadtgebiet Abwassersammler mit Mindestnenndurchmessern von 400 mm (vgl. Abbildung 6-12). Besonders entlang der nordöstlichen Stadtränder von Wolfratshausen führen Hauptkanalsammler entlang, die aufgrund ihrer hohen Abflussraten besonders geeignet sein könnten. Ebenso bietet sich das Gebiet Weidach durch die Nähe zur Kläranlage prinzipiell an.

Der bauliche Eingriff in die bestehende Kanalisation gestaltet sich oftmals als herausfordernd. Eine Nutzung wird daher in der Regel empfohlen, wenn für den entsprechenden Abschnitt bereits Um- oder Neubauplanungen bestehen. Die konkrete Abschätzung lokaler

Potenziale sollte auf der Grundlage detaillierter Abfluss- und Temperaturdaten sowie unter Berücksichtigung der Abnehmerstruktur erfolgen.

FAZIT: Besonders entlang der Hauptsammler in den nordöstlichen Stadtgebieten als auch in der Nähe der Kläranlage kann die thermische Nutzung der Abwässer in Wolfratshausen große Potenziale aufweisen. Da die städtische Kläranlage auch Abwässer aus umliegenden Gemeinden aufnimmt, könnte an einigen Standorten mit erhöhten Abflussmengen und somit relevanten thermischen Entzugsraten zu rechnen sein. Die Realisierung setzt jedoch detaillierte Analysen und Planungen voraus, insbesondere zur Bewertung technischer, wasserwirtschaftlicher und betrieblich-prozessualer Effekte, sodass die bestehenden Prozesse in der Kläranlage gewährleistet werden können.

7.7 Biomasse

Biomasse umfasst organische Stoffe wie Abfälle aus Land- und Forstwirtschaft, Siedlungsabfälle und Landschaftspflege, die zur Energiegewinnung genutzt werden können. Aufgrund begrenzter Flächen und Nutzungskonkurrenzen sollte der Fokus auf Rest- und Abfallstoffen liegen, die keine höherwertige Nutzung haben.

7.7.1 Energieholz

Aufgrund des Waldreichtums in der Region kommt dem Energieträger Holz eine besondere Rolle zu. Dabei stehen mit Hackschnitzel-, Pellet- und Scheitholzheizungen verschiedene Möglichkeiten zur thermischen Energiegewinnung zu Verfügung. Alle drei Formen haben eines gemeinsam: Als erneuerbarer und nachwachsender Energieträger ist die CO₂-Bilanz um ein Vielfaches besser als im Vergleich zu den fossilen Energieträgern wie Öl und Gas. Kurze Transportwege sind für den Klimaschutz Voraussetzung und sorgen für die regionale Wertschöpfung. Ein großer Teil des Gemeindegebietes entfällt auf landwirtschaftliche Flächen, knapp ein Viertel der Fläche in Wolfratshausen ist von Wald bedeckt (vgl. Abbildung 2-4).

Entscheidend zur Ermittlung des noch ungenutzten Potenzials für Energieholz ist die Kenntnis über die Waldeigentumsverhältnisse sowie über die regionale Sortierungspraxis (stoffliche Nutzung, Energieholz, Industrieholz). Die gesamten Waldflächen in Wolfratshausen sind Privatwälder, in denen meist noch Potenziale für die nachhaltige Nutzung von Energieholz vorhanden sind.

Die aktuelle Sortierungspraxis der Privat- und Körperschaftswälder setzt sich in etwa aus rund 44 % Stammholz, 13 % Industrie- und 44 % Energieholz zusammen. Dabei ist das Energieholz stets als „Abfallprodukt“ der stofflichen Nutzung zu sehen. Zudem ist im Sinne einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung zu beachten, dass ein gewisser Teil des verfügbaren Holzes als Totholzlebensraum und zur Aufrechterhaltung der Nährstoffverfügbarkeit und langfristigen Gesundheit des Ökosystem im Wald verbleiben soll.

Insgesamt ergeben sich in den Privatwäldern von Wolfratshausen rund 8 Efm/ha*a, woraus sich bei 44 % Energieholzanteil 1.800 srm/a bzw. 1.170 Ster pro Jahr ergeben. Bei der Nadel- und Laubholzverteilung von 40 % Nadel- und 60 % Laubholz entspricht das 1.900 MWh Wärme. Durch diese Menge lassen sich 191.000 Liter Heizöl pro Jahr ersetzen. Aktuell wird jedoch bereits ein Großteil des Potenzials genutzt (Försterauskunft AELF Holzkirchen), aufgrund des Klimawandels und u.a. daraus zu erwartenden zunehmenden Schädereignissen wird in den nächsten Jahrzehnten jedoch mehr Schadholz in den Wäldern anfallen und somit energetisch nutzbar sein.

Zu den Energieholzpotenzialen aus den Privatwäldern kommen zusätzlich das nutzbare Material aus Flur- und Siedlungsholz, wie z.B. Straßenbegleitgrün. Im Energieatlas Bayern wird für das Flur- und Siedlungsholz eine Menge von **1.110 MWh** angegeben (BayFoV, 2023). Insgesamt ist damit für größere Wärmenetze ein strategischer Einsatz von Energieholz zu überdenken und in mit weiteren erneuerbaren Energiequellen zu kombinieren. So wird gewährleistet, dass in den Übergangs- und Sommermonaten verbrennungsfrei Wärme bereitgestellt werden kann. Kleinere Verbundlösungen können aber weiterhin realisiert werden. (LfU, 2024b; LWF Bayern, 2023).

7.7.2 Biogas

Die Energiegewinnung durch Biogas gilt als innovativ, ist aber auch mit großen Herausforderungen verbunden. Durch Verbrennung von Biogas in BHKWs kann neben Strom auch die anfallende Wärme genutzt werden. Somit kann eine besonders energetisch effiziente Nutzung des regenerativen Energieträgers stattfinden. Die Verwertung zur Biogasherstellung aus organischen Abfallstoffen in Haushalt, Gewerbe, etc. ist lokal relativ schwer abzuschätzen, da Sammlung und Verarbeitung meist überregional geschehen. Daher wurde der Fokus für das voraussichtlich umsetzbare Potenzial im Folgenden auf die Nutzung von in der Landwirtschaft anfallende Gülle- und Festmistmengen gesetzt. Nach der Vergärung kann die Biogasgülle sogar mit teils verbesserten Düngeeigenschaften wie vor der Vergä-

rung auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden (Biogas Forum Bayern, 2017). Auf die Ausweisung eines Biogaspotenzials durch Maisvergärung wurde verzichtet, da Maismonokulturen zahlreiche ökologische Nachteile mit sich bringen. Da in der Stadt Wolfratshausen eine Kläranlage ansässig ist, besteht zudem die Möglichkeit der Gewinnung von Klärgas aus den Abwasserresten. In der lokalen Anlage wird der Klärschlamm jedoch bereits genutzt, um hausinterne Prozesse und Gebäude mit Wärme zu versorgen, wodurch dieses Potenzial bereits aufgebraucht ist.

Welche Biogaspotenziale innerhalb von Wolfratshausen bestehen, um das in der Nutztierhaltung anfallende Düngematerial zum Vergären in Biogasanlagen und zur anschließenden Wärmeversorgung zu nutzen, kann aus dem Nutztierbestand des kommunalen Raumes abgeleitet werden. Gemäß einer Studie der Fraunhofer IEE werden für bayerische Gemeinden im Energieatlas Bayern Potenziale zur Stromerzeugung aus Gülle und Festmist ausgewiesen (Fraunhofer IEE et al., 2024; LfU & StMWi, 2025). Die thermischen Wirkungsgrade gewöhnlicher BHKWs können etwa doppelt so hoch wie deren elektrischer Umwandlungsgrad ausfallen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2025). Die ausgewiesenen Biogaspotenziale zur Stromerzeugung wurden daher für die Berechnung verdoppelt, wobei daraus ein thermisches Potenzial von gut **80 MWh/a** ausgewiesen werden kann.

Bei angenommenen 5.740 Vollbenutzungsstunden pro Jahr (Hauptstadtbüro Bioenergie, 2024) könnte hiermit eine Anlage mit **14,3 kW_{th}** Leistung betrieben werden, gewöhnlich bieten Biogasanlagen mit so geringen Leistungen jedoch keine wirtschaftliche Tragbarkeit. Zählt man das Potenzial aus organischen Abfallstoffen mit, so bestünde theoretisch ein vielfach größeres Potenzial von 2.249 MWh/a.

FAZIT: Die lokal vorhandenen Biogaspotenziale aus der Nutztierhaltung sind sehr gering und daher zur praktischen Nutzung tendenziell zu vernachlässigen.

7.8 Unvermeidbare Abwärme

Unvermeidbare Abwärme bezeichnet thermische Energie, die bei industriellen oder gewerblichen Prozessen zwangsläufig anfällt, jedoch bislang nicht genutzt wird und stattdessen an die Umgebungsluft oder an das Abwasser abgegeben wird. Diese Energie stellt aus Sicht der kommunalen Wärmeplanung ein lokal verfügbares, klimafreundliches Zusatzpotenzial dar, da sie ohne zusätzlichen Primärenergieeinsatz genutzt werden kann. Voraus-

setzung für eine sinnvolle Nutzung ist jedoch, dass Erzeugung und Nutzung räumlich, zeitlich und technisch aufeinander abgestimmt werden können.

Zur systematischen Erfassung solcher Potenziale steht seit Anfang 2025 auf Bundesebene eine Abwärmeplattform zur Verfügung, die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle betrieben wird (BAFA, 2026). Energieintensive Unternehmen sind verpflichtet, relevante Abwärmepotenziale dort zu melden. Die Plattform schafft Transparenz über grundsätzlich verfügbare Wärmemengen, begründet jedoch keine Verpflichtung zur tatsächlichen Bereitstellung der Abwärme und ersetzt keine standortspezifischen Machbarkeitsprüfungen.

Abwärmepotenziale in Wolfratshausen

Für das Stadtgebiet Wolfratshausen sind derzeit vier industrielle Abwärmepotenziale in der Abwärmeplattform gemeldet. Die bisher erfassten Quellen befinden sich im Gewerbepark an der Loisach, wodurch grundsätzlich eine räumliche Bündelung der Potenziale gegeben ist. Aus den gemeldeten Daten ergibt sich ein Gesamtpotenzial von **5.712 MWh pro Jahr**. Gut die Hälfte dieses Potenzials wird mit einem durchschnittlichen Temperaturniveau von etwa **30 °C** bereitgestellt und ist damit vor allem unter Einsatz von Wärmepumpen nutzbar. Die übrigen Abwärmepotenziale erreichen deutlich höhere Temperaturniveaus im Bereich von **80 bis 110 °C** und wären grundsätzlich direkt für eine Wärmenutzung geeignet.

Für eine tatsächliche Nutzung industrieller Abwärme sind jedoch verschiedene Rahmenbedingungen zu klären. Wesentlich ist insbesondere die zeitliche Übereinstimmung zwischen dem Anfall der Abwärme und dem Wärmebedarf potenzieller Abnehmer, sowohl auf Jahres- als auch auf Tagesebene. Darüber hinaus spielen die Kontinuität und Betriebssicherheit der zugrunde liegenden industriellen Prozesse eine zentrale Rolle. Ergänzend sind wirtschaftliche Aspekte wie Investitionskosten, Betreiber- und Geschäftsmodelle sowie die grundsätzliche Bereitschaft der beteiligten Betriebe zu einer langfristigen Zusammenarbeit entscheidend für die Realisierbarkeit entsprechender Nutzungskonzepte.

Es ist zu klären, auf Basis welcher Energieträger die industrielle Abwärme entsteht. Abwärmepotenziale sind häufig an bestimmte Produktionsprozesse oder Energieeinsätze, etwa Erdgas, Strom oder Prozessdampf, gekoppelt. Sollten diese Prozesse im Zuge von Dekarbonisierungsmaßnahmen künftig umgestellt, elektrifiziert oder reduziert werden, kann sich das verfügbare Abwärmepotenzial in seiner Höhe, seinem Temperaturniveau oder seiner zeitlichen Verfügbarkeit deutlich verändern oder vollständig entfallen. Diese potenziellen

Strukturveränderungen sind insbesondere bei langfristigen Investitionsentscheidungen, wie dem Aufbau von Wärmenetzen oder zentralen Erzeugungsanlagen, zu berücksichtigen. Abwärmquellen sind daher stets im Kontext der zukünftigen Transformationspfade der jeweiligen Betriebe zu bewerten.

Unabhängig davon gilt, dass jede genutzte Abwärmemenge einen Mehrwert gegenüber einer ungenutzten Abgabe an die Umwelt darstellt und einen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen leisten kann.

FAZIT: Die in Wolfratshausen identifizierten industriellen Abwärmepotenziale weisen mit einem gemeldeten Gesamtumfang von 5.712 MWh pro Jahr ein relevantes, jedoch quantitativ begrenztes Zusatzpotenzial für die lokale Wärmeversorgung auf. Durch die räumliche Konzentration der Quellen im Gewerbepark an der Loisach bestehen grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine gebündelte Nutzung, insbesondere in Kombination mit Wärmepumpen sowie im Zusammenhang mit gewerblichen Nahwärmelösungen oder einem möglichen Wärmenetz. Gleichzeitig ist die tatsächliche Nutzbarkeit stark von betrieblichen, zeitlichen und technologischen Rahmenbedingungen abhängig und erfordert weiterführende Abstimmungen sowie vertiefende Prüfungen.

7.9 Grüner Wasserstoff

Grüner Wasserstoff im Gebäudesektor

Nach der nationalen Wasserstoffstrategie wird der Einsatz von Wasserstoff für Gebäudewärme nach derzeitigem Erkenntnisstand eine nachgeordnete Rolle spielen. Mit Blick auf die Nutzungskonkurrenz zwischen den Sektoren Industrie, Verkehr und Gebäude ist davon auszugehen, dass in den Sektoren Industrie und Verkehr die Nachfrage nach Wasserstoff vermutlich auch bei relativ hohen oder steigenden Preisen konstant bleibt, während bei vielen Gebäuden und Quartieren Ausweichmöglichkeiten bestehen und diese dann vorrangig zur Anwendung kommen.

Ein direkter Wasserstoffeinsatz in der Raumwärme wird außer in Pilotprojekten nur nach dem Jahr 2030 gesehen. Ob die Umrüstung von Erdgasverteilnetzen auf Wasserstoff und deren Betrieb für die Nachfragemengen im Gebäudesektor wirtschaftlich sinnvoll ist, ist nach der nationalen Wasserstoffstrategie noch zu prüfen. (BMWK, 2023)

Überörtliche Bereitstellung von grünem Wasserstoff für die lokale Nutzung für Wärme in Wolfratshausen

Die zuverlässige Versorgung mit grünem Wasserstoff wird derzeit sowohl national als auch international entwickelt. Der Markthochlauf ist mit der nationalen Wasserstoffstrategie, der Planung des Wasserstoff Kernnetzes, sowie dem Beschluss des Wasserstoffbeschleunigungsgesetz auf den Weg gebracht. In der Verteilung werden in der Wasserstoffstrategie die Sektoren Industrie und der Verkehr (insbesondere Luft- und Seeverkehr, sowie Schwerlastverkehr) priorisiert. Im Wärmemarkt soll der Bedarf nach Ausschöpfung der Effizienz- und Elektrifizierungspotenziale bei der Prozesswärmeerstellung oder im Gebäudesektor gedeckt werden und ist demnach im privaten Gebäudesektor als nachrangig zu bewerten (BMWK, 2023). Das Wasserstoff Kernnetz (European Hydrogen Backbone – Europäische Wasserstoff-Infrastruktur) soll schrittweise bis 2032 umgesetzt werden.

Genehmigtes Wasserstoffkernnetz

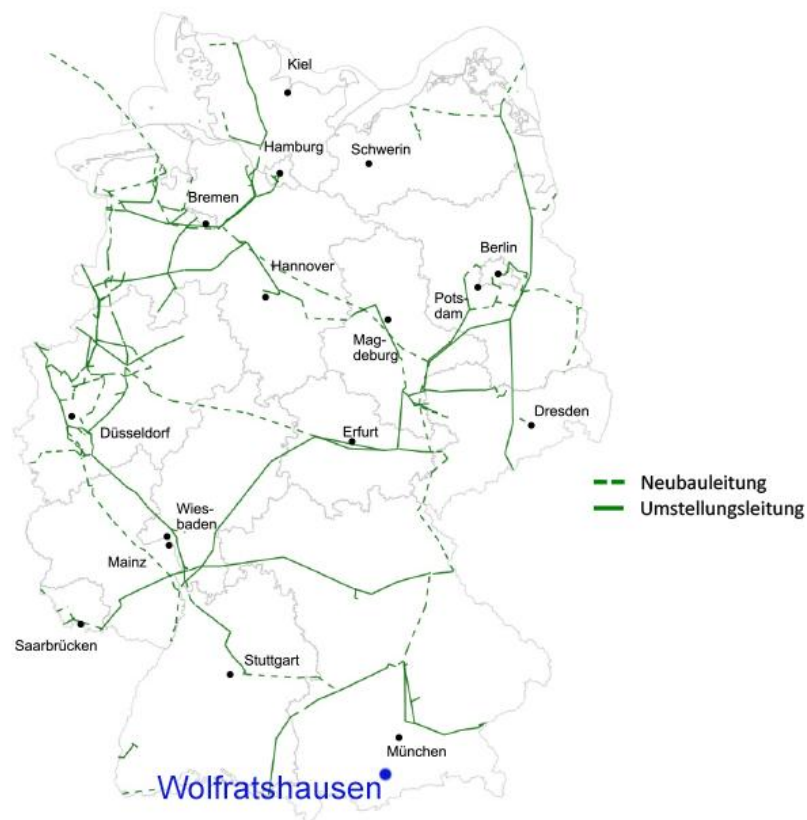


Abbildung 7-14: Geplantes Wasserstoffkernnetz Deutschland (Bundesnetzagentur, 2024).

Das geplante Kernnetz wird zunächst nicht in der Nähe der Stadt Wolfratshausen verlaufen (siehe Abbildung 7-14). Laut Aussage des Netzbetreibers sind je nach Bedarfslage Stränge in die Region Oberland und bis nach Garmisch geplant, diese jedoch eher mit Zeithorizont

2040. Dieser Zeithorizont macht es nicht wahrscheinlich, dass eine Transformation hin zu einer Wärmeerzeugung aus importiertem grünem Wasserstoff in Wolfratshausen zur Erreichung der gesetzlichen Ziele bis 2045 gelingen kann.

Die Umrüstkosten für die Umstellung auf Wasserstoffversorgung im Vergleich zu Sondenbohrungen o.ä. würden für den Kunden überschaubar bleiben. Deutlich größer ist die Unsicherheit der Wasserstoffverfügbarkeit und der zukünftigen Preise, welche die Verbraucher letztlich tragen müssen. Über die Bereitstellung der Netzinfrastruktur hinaus müsste auch die entsprechende bedarfsdeckende Menge an Wasserstoff bereitstehen. Der Markthochlauf auf Basis der Nationalen Wasserstoffstrategie sieht die Bedarfsdeckung durch einen Mix an Import und heimischer Elektrolyse vorrangig für die Bereiche Industrie, Schwerlastmobilität und der Entlastung des Stromsystems vor. Anders als im Gebäudesektor gibt es hier oft keine vergleichbaren wirtschaftlichen Alternativen zur Dekarbonisierung. In Deutschland wird hierfür eine Elektrolysekapazität von mindestens 10 Gigawatt bis 2030 angestrebt, bis zum Jahr 2026 sind 0,154 Gigawatt davon realisiert (Wasserstoff Kompass, 2025). Dies entspricht 1,54 Prozent der bis 2030 angestrebten Menge. Auch bezüglich der nationalen Bedarfsdeckung mit Wasserstoff muss deshalb damit gerechnet werden, dass eine wasserstoffbasierte Wärmeerzeugung über überörtlich bereitgestellten Wasserstoff bis 2045 unwahrscheinlich ist.

Erzeugung von lokalem grünem Wasserstoff

Ein Wasserstoffnetzwerk, was nur auf Importe baut, bringt die gleichen Abhängigkeiten wie das aktuelle Öl- und Gas-System mit sich. Eine funktionierende Wasserstoff-Infrastruktur ist auf viele dezentrale Erzeuger angewiesen. Der Energieträger bringt einen grundlegend wertvollen Aspekt mit sich, er eignet sich dazu, regional erzeugten erneuerbaren Strom zu speichern und später bei Bedarf zu verwenden. Die Effizienz ist durch verschiedene Prozessschritte mit Energieverlusten nicht ideal, allerdings könnte somit ein in Zukunft wichtiges Thema, das Problem des Überschussstroms von Wind- und Sonnenenergie angegangen werden. Überschussstrom kann durch das Elektrolyseverfahren in Wasserstoff umgewandelt und gespeichert werden. Bei Bedarf kann dieses Gas theoretisch auch zum Heizen verwendet werden.

Dieser Prozess enthält drei wesentliche Schritte:

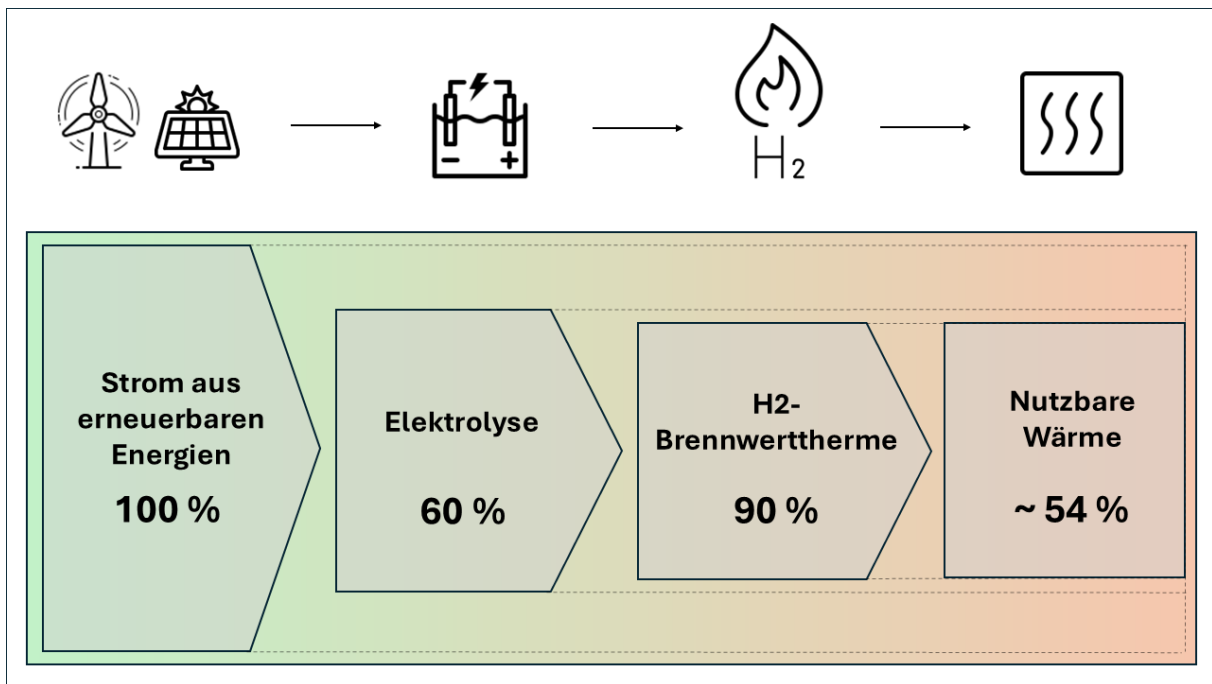


Abbildung 7-15: Heizen mit grünem Wasserstoff - Energieverluste bei einzelnen Prozessschritten.

Wie Abbildung 7-15 erkennen lässt, geht bei den Umwandlungsprozessen einiges an Energie verloren. Bei der Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, kann nur etwa 60 % der eingesetzten elektrischen Energie in Form von Wasserstoff gespeichert werden. Bei der Verbrennung gehen weitere 10 % in der Therme verloren, wodurch lediglich gut die Hälfte des erneuerbar gewonnenen Stroms in nutzbare Wärme umgewandelt werden kann. Moderne Wärmepumpen zum Vergleich erzeugen aus einer Kilowattstunde elektrischer Energie sogar 3–5-mal so viel Wärmenergie (300-500%).

Beispiel Wolfratshausen – Erzeugung von lokalem Wasserstoff für Wärmenutzung

Aus energiewirtschaftlicher Sicht ist die Erzeugung von Wasserstoff dann sinnvoll, wenn überschüssiger Strom aus erneuerbaren Quellen verfügbar ist, der anderweitig nicht genutzt werden kann – oder wenn Wasserstoff als Speichermedium dient, um zeitliche Lücken zwischen Energieerzeugung und -verbrauch zu überbrücken. Um das Potenzial einer lokalen Wasserstoffproduktion zur Wärmeversorgung in Wolfratshausen abschätzen zu können, wird im Folgenden eine vereinfachte Beispielrechnung vorgestellt.

Da es im Stadtgebiet Wolfratshausen bislang keine größeren Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien gibt, die sich für die Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse eignen würden, wird exemplarisch auf die Daten einer Photovoltaik-Freiflächenanlage in der benachbarten Gemeinde Icking zurückgegriffen. Diese Anlage im Westen der Gemeinde erzeugt

jährlich rund 320.000 kWh Strom (LfU, 2024b). Da keine belastbaren Daten zum überschüssigen Strom vorliegen, wird für die Berechnung vereinfacht angenommen, dass die gesamte erzeugte Strommenge zur Wasserstoffproduktion per Elektrolyse genutzt wird – auch wenn dies in der praktischen Umsetzung nicht realistisch ist.

Schritt 1: Elektrolyse und Wasserstofferzeugung

Die Umwandlung von Strom in Wasserstoff erfolgt mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von **60-70 %**. Damit kann aus der jährlichen Stromproduktion von 320.000 kWh ein Energieäquivalent in Form von Wasserstoff von etwa **224.000 kWh** erzeugt werden.

Schritt 2: Wärmeerzeugung durch Wasserstoffverbrennung

Der erzeugte Wasserstoff könnte in einer Therme verbrannt werden, um Wärme bereitzustellen. Unter der Annahme eines Nutzungsgrades von **90%** bei der Verbrennung ergibt sich eine nutzbare Wärmeleistung von **201.600 kWh pro Jahr**.

Ergebnis

Eine vergleichbare PV-Freiflächenanlage wie in Icking könnte somit jährlich **201.600 kWh** Wärmeenergie für kommunale Gebäude, ein Nahwärmenetz oder andere Wärmebedarfe in Wolfratshausen bereitstellen. Diese Menge entspricht in etwa **0,1 % des aktuellen Wärmeenergieverbrauchs in Wolfratshausen**.

Diese Rechnung soll kein theoretisches Potenzial aufzeigen, vielmehr soll dadurch einzuordnen sein, wie es um die Sinnhaftigkeit der Erzeugung von lokalem Wasserstoff für die Wärmebereitstellung in der Stadt steht. Sollten die Kapazitäten der erneuerbaren Erzeugungsmöglichkeiten in Wolfratshausen in Zukunft weiter ausgebaut werden, könnte überschüssiger Strom für die Umwandlung in Wasserstoff verwendet werden, ob dieser schließlich für Heizzwecke verwendet wird, ist fraglich. Mit der Firma Tyczka im Nachbarort gibt es einen innovativen Wirtschaftspartner in der Nähe (Geretsried), welcher bereits stark an nachhaltigen Wasserstofflösungen entlang der Wertschöpfungskette arbeitet.

FAZIT: Wasserstoff sollte derzeit als langfristige Ergänzung in der Wärmeversorgung betrachtet werden. Eine künftige Rolle ist vor allem denkbar, wenn der Ausbau erneuerbarer Energien voranschreitet und überschüssiger Strom besser genutzt werden kann. Auch als Spitzenlastträger in Wärmenetzen könnte Wasserstoff zur Minderung von Treibhausgasemissionen beitragen. Allerdings ist der Einsatz mit Unsicherheiten verbunden: Importabhängigkeiten können neue geopolitische Risiken schaffen, und

die künftige Preisentwicklung ist schwer vorhersehbar. Hohe Kosten und Marktunsicherheiten erschweren langfristige Planungen. Daher sollten potenzielle Anwendungen im Wärmesektor regelmäßig überprüft und bei Bedarf flexibel in die kommunale Wärmeplanung integriert werden – etwa im Rahmen der Fortschreibung des Wärmeplans.

7.10 Solarenergie auf Dachflächen

Mit den Dachflächen stehen theoretisch große Flächen zur Energieerzeugung zur Verfügung. Hier kann noch erhebliches Potenzial ausgeschöpft werden. Bei der vorliegenden Analyse wurde berücksichtigt, dass auf den Dachflächen sowohl Solarthermieranlagen (ST) zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung als auch Photovoltaik (PV)-Anlagen zur Stromerzeugung installiert werden könnten. Unter Berücksichtigung des aktuellen Trends, dass überwiegend PV-Anlagen zugebaut werden, wurden die Gewichtung der Flächen so vorgenommen, dass 95 % der Flächen für PV- und 5 % für ST-Anlagen zur Verfügung stehen.

Die Ermittlung der solarenergetischen Potenziale erfolgt auf Basis eines 3-D-Gebäudemodells der bayerischen Vermessungsverwaltung (LoD2) und den Globalstrahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Diese Methode erlaubt eine gebäudescharfe Ableitung des Potenzials für Photovoltaik und Solarthermie unter genauer Berücksichtigung der Dachlandschaft von Wolfratshausen. Da sich Globalstrahlungsdaten auf horizontale Flächen beziehen, sind die Daten zusätzlich nach Dachneigung und -ausrichtung korrigiert, um damit die auf den einzelnen Dachflächen tatsächlich verfügbare Energiemenge zu ermitteln. Von der Potenzialermittlung ausgeschlossen sind N-, NO-, und NW- ausgerichtete Dachflächen. Bereits bestehende PV- und ST-Anlagen werden bei der Analyse ebenso berücksichtigt und werden als nicht mehr verfügbare Dachflächen von den Potenzialflächen abgezogen.

Dabei sind alle bestehenden solarthermischen Anlagen berücksichtigt, die im Rahmen des MAP in Deutschland gefördert wurden (LfU, 2018). Die Daten über die bestehenden PV-Anlagen wurden dem Energieatlas Bayern entnommen.

7.10.1 Solarthermie

Für die Ermittlung des ST-Potenzials wurden bereits geeignete Dachflächen ab einem Potenzial für 9 m² Kollektorfläche berücksichtigt. Die Richtlinien zur BAFA-Förderung enthal-

ten zwar keine Mindest-Kollektorfläche, in der Praxis werden jedoch kaum mehr Anlage zur reinen Brauchwasserspeicherung gebaut, sondern Anlagen mit Frischwasserstationen und Pufferspeicher. Diese können auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden, sie sind meist erst ab dieser Größe und unter Einbeziehung der Fördermittel wirtschaftlich. Es wurden nur die Dachflächen von Wohn- und Hauptgebäuden sowie die der Kindergärten berücksichtigt. Flachdächer sowie die Dächer der übrigen Gebäudekategorien wurden von der ST-Potenzialanalyse ausgeschlossen, da bei diesen Gebäuden die erzeugte Wärme erfahrungsgemäß oft nicht genutzt werden kann. Die im Einzelfall durchaus vorhandene wirtschaftliche Rentabilität von ST-Anlagen muss individuell vor Ort geprüft werden und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Potenzialermittlung.

Tabelle 7-2: Übersicht über das ST-Potenzial auf den Dachflächen der Stadt Wolfratshausen.

Ertragspotenzial ST [MWh/a]	Kollektorflächenpotenzial ST [m ²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m ² a]
10.249	38.812	264

Wie in Tabelle 7-2 dargestellt, konnte insgesamt für die Stadt ein Potenzial von knapp 38.800 m² geeigneter und verfügbarer ST-Kollektorfläche ermittelt werden. Damit ergibt sich für die Stadt ein solarthermisches Potenzial in der Größenordnung von **10.200 MWh** pro Jahr bei einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 25 % (Valentin Energiesoftware GmbH, 2024).

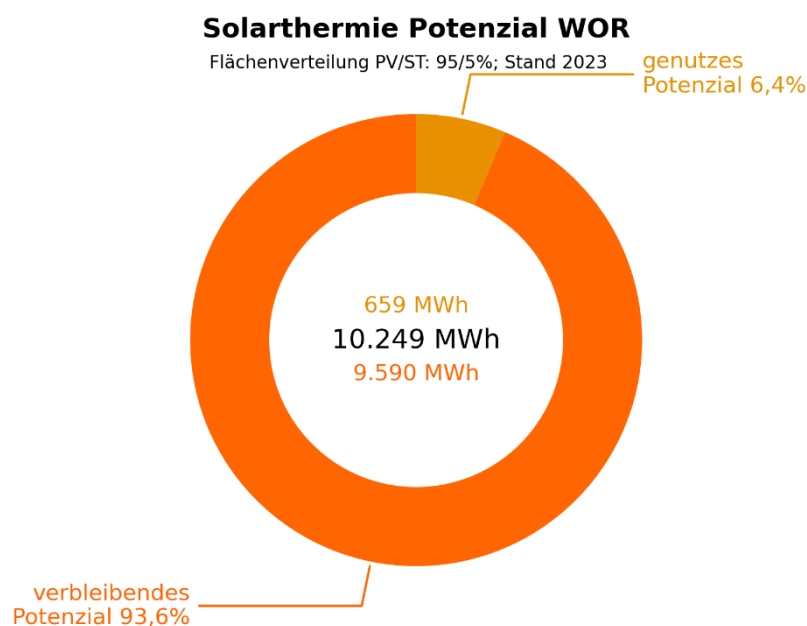


Abbildung 7-16: ST-Potenzial auf Dachflächen in Wolfratshausen unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzialflächen von PV/ST mit 95/5%.

7.10.2 Photovoltaik

Für die Ermittlung des PV-Dachflächenpotenzials sind lediglich Dächer berücksichtigt, die mindestens ein Modulflächenpotenzial von 20 m² aufweisen. Eine Wirtschaftlichkeit ist i.d.R. erst ab dieser Größenordnung gegeben. Wie in Tabelle 7-3 zusammenfassend dargestellt wird, ist auf den geeigneten und noch nicht belegten Dachflächen der Stadt maximal noch Platz für knapp 1.176.399 m² PV-Modulfläche. Bei vollständiger Nutzung dieser Fläche ergäbe sich ein PV-Gesamtpotenzial in der Größenordnung von **121.916 MWh** pro Jahr.

Tabelle 7-3: Übersicht über das PV-Potenzial auf den Dachflächen der Gemeinde Wolfratshausen

Ertragspotenzial PV [MWh/a]	Modulflächenpotenzial PV [m ²]	Durchschnittsertrag pro Fläche [kWh/m ² a]
121.916	1.176.399	104

Knapp 50 % des Potenzials entfällt auf Dachflächen von Gewerbebetrieben (inkl. landwirtschaftlich genutzter Gebäude) und gut 44 % auf Wohngebäude. Die Dächer der öffentlichen Gebäude machen knapp 6 % aus.

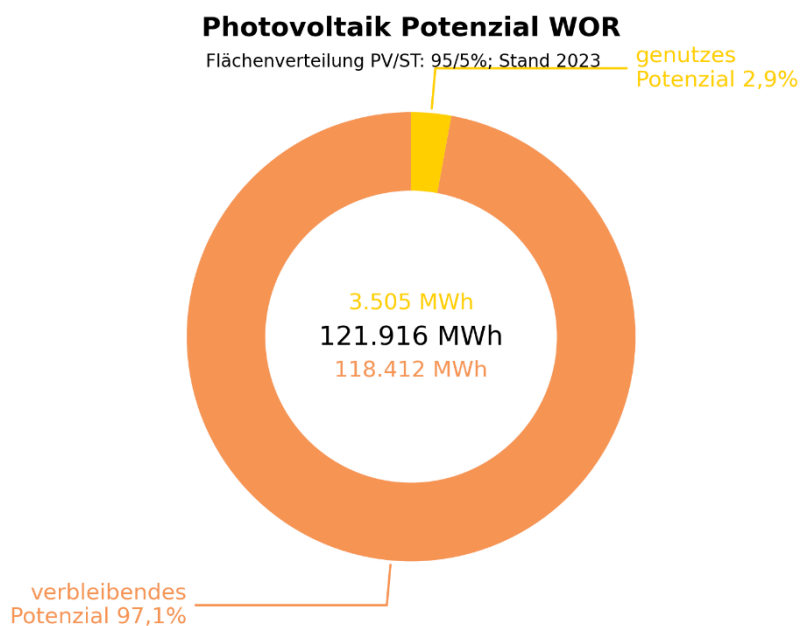
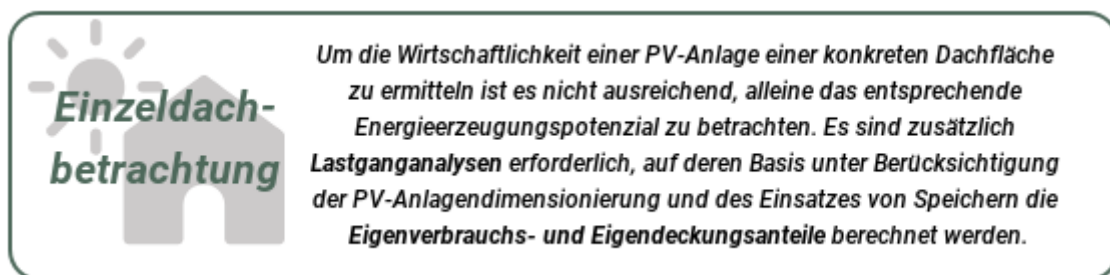


Abbildung 7-17: PV-Potenzial auf Dachflächen in Wolfratshausen unter Berücksichtigung einer Verteilung der Potenzial-flächen PV/ST mit 95/5%.

Besonders geeignet für PV-Anlagen sind die Expositionen Südsüdost, Süd und Südsüdwest. Allerdings sind auch PV-Anlagen, die Richtung Ost und West ausgerichtet sind, vor allem für Privathaushalte attraktiv. Beim typischen Verbraucherverhalten können mit der

Sonneneinstrahlung in den Morgen und Abendstunden gute Eigenverbrauchsanteile erreicht werden.

Mit steigender Anzahl an installierten Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung, wird auch der Strombedarf steigen. Die Kombination von Wärmepumpe und PV-Anlage ist somit sehr zu empfehlen. Ein Teil des erzeugten Solarstroms kann direkt für den Betrieb der Wärmepumpe verwendet werden, was gleichzeitig zu einer Erhöhung des Eigenverbrauchs, weniger Strombezug aus dem Netz und damit einer besseren Wirtschaftlichkeit der Anlage führt.



7.11 Weitere Erzeugungspotenziale: Solarenergie auf Freiflächen

Für die Ermittlung der Solar-Freiflächen Potenziale wird das Flächenscreening (Abbildung 7-2) herangezogen. Zunächst gelten alle Flächen, bei denen es sich nicht um Gewässer, bewaldete oder bebaute (Siedlungs-, Gewerbe-, Infrastruktur-) Flächen handelt und die nicht aufgrund einer bestimmten Schutzgebietskategorie für die Entwicklung von PV-Freiflächenanlagen ausgeschlossen werden, als theoretisch geeignet (Abbildung 7-18).

Insgesamt würden somit 155 ha auf Wolfratshauser Flur zur Verfügung stehen. Der Flächendruck durch verschiedene Nutzungen ist allerdings hoch, so dass die tatsächlich erschließbaren Flächen deutlich geringer sein dürften.

PV-Freiflächen

Derzeit liegt die Deckung des Strombedarfs durch vor-Ort erzeugte erneuerbare Energien bei 16 %. Vorrangiges Ziel der Stadt ist es, 100 % des Energiebedarfs durch Erneuerbare Energien zu decken. Um dieses Ziel durch den Ausbau von Freiflächen-PV-Anlagen zu decken, wären ca. 60 ha nötig, was 40 % der theoretisch verfügbaren Fläche entspricht. Durch Sektorenkopplung und damit der steigenden Nachfrage nach Strom auch in den Sektoren Mobilität und Wärme, ist perspektivisch mit einem Anstieg des Strombedarfs zu rechnen.

Um diese Effekte zu berücksichtigen, sollte eine Deckung des derzeitigen Stromverbrauchs durch regenerativ erzeugten Strom trotz Flächendruck angestrebt werden.

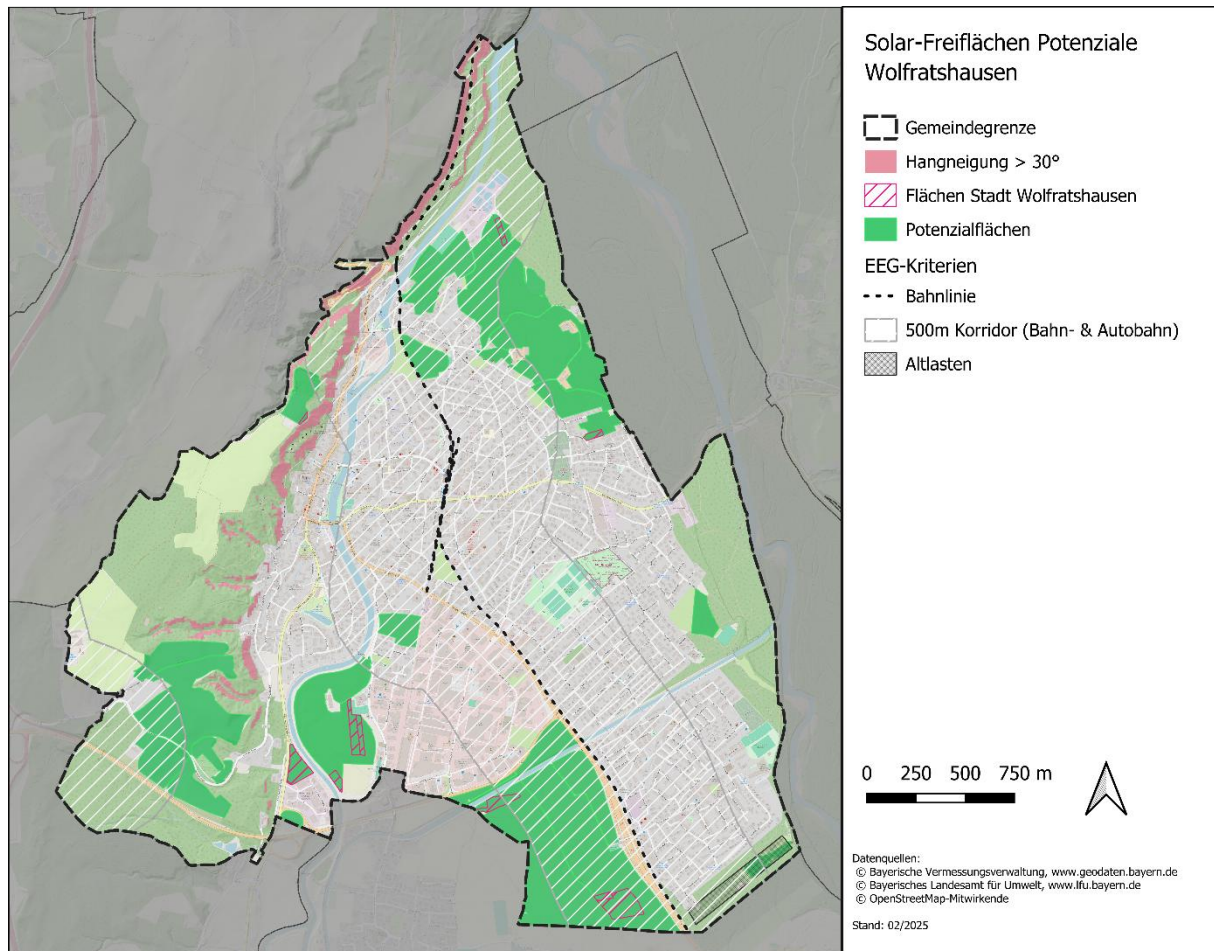


Abbildung 7-18: Theoretisch geeignete Flächen für Solarenergieerzeugung auf Freiflächen inkl. EEG-Kriterien für PV-Freiflächen in Wolfratshausen.

Wie in Kapitel 6.4 beschrieben neben dem Ersatzneubau des Umspannwerks Föhrenwald in den nächsten Jahren der Netzausbau des Mittelspannungsnetzes geplant, so dass bei einem weiteren Ausbau der PV-Freiflächenanlagen nicht mehr mit Kapazitätsengpässen zu rechnen ist.

Solarthermie

Neben dem Flächendruck reduzieren Faktoren wie die nötige Anbindung an ein Wärmenetz (und damit einhergehend die räumliche Nähe an das Heizhaus) und der variable Ertrag im jahreszeitlichen Verlauf dieses Potenzial um ein Vielfaches. Aus diesen Gründen ist kein Potenzial für Solarthermie-Freiflächenanlagen wirtschaftlich darstellbar und tatsächlich erschließbar.

7.12 Großwärmespeicher

Eine tragende Säule der klimaneutralen Wärmeversorgung werden Wärmenetze spielen. Um diese effizient und ganzjährig mit erneuerbaren Energien versorgen zu können gewinnen großvolumige Wärmespeicher an Bedeutung. Diese sind unverzichtbar, um Wärmeerzeugung und -verbrauch zeitlich zu entkoppeln. Sie nehmen Wärme auf, wenn sie günstig anfällt (z. B. bei hohem Strompreis oder viel erneuerbarer Erzeugung) und geben sie später wieder ab. Dadurch werden Spitzenlasten geglättet und erneuerbare Quellen besser integriert, was insgesamt zu einer höheren Effizienz des Gesamtsystems führt. Das gilt besonders für den Betrieb von Großwärmepumpen und KWK-Anlagen. Grundsätzlich kann zwischen Kurzzeitspeichern (Speicherung für Tage bis Wochen) und Saisonalspeichern (Speicherung über mehrere Monate) unterschieden werden:

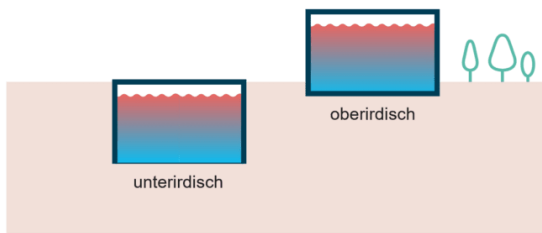
7.12.1 Kurzzeitspeicher: Thermische Heißwasserspeicher

Dabei handelt es sich um große, gut gedämmte Stahltanks mit Wasser als Medium. Die Technologie ist bewährt, unkompliziert und flexibel in Leistung und Temperatur (80 - 130 °C). Sie eignen sich für Tages- bis Wochenpufferung zur Abdeckung von Lastspitzen. Der Flächenbedarf ist relativ gering, da die Tanks hoch gebaut werden können. Diese Speicher dienen z.B. dazu, überschüssige Abwärme, die bei der Stromproduktion durch KWK-Anlagen entsteht, zu speichern oder um Energie, die aus erneuerbaren Quellen erzeugt wird, zu einem späteren Zeitpunkt zu nutzen. Eingesetzt wird diese Art des Speichers bereits im Fernwärmenetz der Stadtwerke Rosenheim (Kremsmüller Anlagenbau GmbH, o. J.; Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG, o. J.).

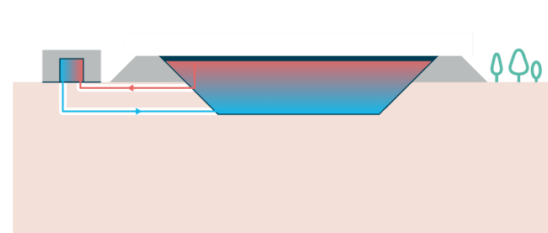
7.12.2 Saisonalspeicher

- **Geothermische Speicher:** Es werden vier verschiedene Speichertypen unterschieden (Abbildung 7-19):

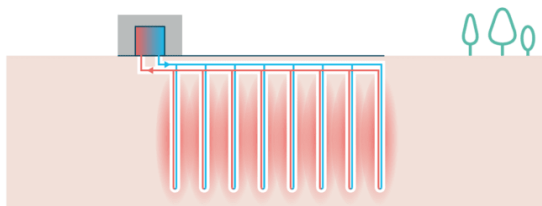
Behälter-Wärmespeicher (TTES)



Erdbecken-Wärmespeicher (PTES)



Erdsonden-Wärmespeicher (BTES)



Aquifer-Wärmespeicher (ATES)

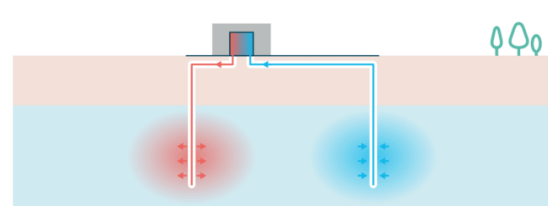


Abbildung 7-19: Übersicht über die verschiedenen Geothermischen Speichertypen (HIC Hamburg Institut Consulting GmbH, o. J.)

- **Behälter-Wärmespeicher (TTES)**

In natürlichen oder künstlich geschaffenen Kavernen (meist Stahlbetonbehälter) wird heißes Wasser gespeichert. Oft werden auch ehemalige Bergbauinfrastrukturen einer Nachnutzung zugeführt. Für Fernwärmenetze eignen sich diese Speicher mit einem Temperaturniveau im Bereich von 80-90 °C, wobei mindestens 1.000 m³ Wasservolumen für eine energetisch effiziente Speicherung notwendig ist.

- **Erdbecken-Wärmespeicher (PTES)**

Dabei handelt es sich um große, mit Wasser oder einem Wasser-Kies-Gemisch gefüllte Erdbecken. Sie sind flacher als TTES und weisen eine größere Oberfläche auf. Sie werden durch einen festen begehbaren oder schwimmenden Deckel verschlossen. Sie zeichnen sich durch relativ niedrige Kosten pro m³ aus, allerdings ist der Flächenbedarf hoch.

- **Erdsonden/Bohrloch-Wärmespeicher (BTES)**

Hierbei wird ein dichtes Feld von vertikalen Bohrlochsonden in den Boden eingebracht. Ein Wärmeträgermedium zirkuliert durch die Sonden und lädt bzw. entlädt den umliegenden Untergrund mit Wärme. Sie können auch mit Großwärmepumpen kombiniert werden, um die Effizienz des Systems zu steigern. Der Flächenbedarf ist mittel – es wird ein Bohrfeld benötigt, oberirdisch ist es jedoch kaum sichtbar. Voraussetzung ist, dass der Untergrund

geologisch geeignet ist. Die Sonden können bis zu 80 °C beladen werden, mindestens 20.000 m³ Speichervolumen sind für einen energetisch effizienten Betrieb nötig.

- ***Aquifer-Wärmespeicher (ATES)***

Diese Technologie nutzt natürliche, wasserführende Schichten (Aquifere) tief im Untergrund als Speichermedium. Dabei wird über ein Brunnenpaar im Sommer warmes Wasser oder Sole in den Aquifer gepresst und im Winter über den anderen Brunnen wieder entnommen. Anforderungen an den Untergrund ist ein geringer Wasserfluss und geeignete geologische Bedingungen. Die Untergrundbedingungen und die Bohrtiefe bestimmen Größe und Wirtschaftlichkeit des Speichers. Der Flächenbedarf ist gering – oberirdisch sind nur Brunnen und Technikgebäude erforderlich (Bauverlag BV GmbH, o. J.; Mennel & Fischer, 2024).

7.12.3 Innovative Hochtemperatur- und Sonderkonzepte:

- ***Sand-Batterie***

Bei dieser neuen Technologie dient Sand als Speichermedium. Dabei wird der Sand mit Überschussstrom auf 500–600 °C erhitzt, der die Wärme über Monate speichert. Wärme kann ebenfalls über einen Wärmetauscher eingebracht werden. Ein solcher Speicher kann kompakt in Silo- oder Containerbauweise errichtet werden. Ein Container mit einer Größe von 4 m x 7 m kann 100 Tonnen Sand fassen, womit eine Energiekapazität von 800 MWh und eine Heizleistung von 100 kW erreicht werden können. Der Vorteil von Sand ist, dass er sich sehr schnell mit Wärmeenergie be- und entladen lässt und ein sehr hohes Temperaturniveau annehmen kann. Dadurch könnte er auch für die Anwendung in Industriebetrieben interessant werden (Bürgi, 2023).

- ***Keramikspeicher***

Bei dieser Technologie dient Keramik als Speichermaterial. Die Elemente – meist Kugeln, Platten oder Blöcke – werden mit Überschussstrom oder Abwärme auf 800–1000 °C erhitzt und speichern Wärme stunden- bis tage- oder wochenlang, je nach Isolation und Größe. Wärme wird über Luft- oder Gas-Wärmetauscher eingebracht und entnommen. Solche kompakt in Silo- oder Containerbauweise realisierbaren Speicher liefern hohe Energiekapazitäten bei Leistungen von 100 kW bis MW. Vorteile sind extreme Temperaturbeständig-

keit, Zyklenfestigkeit und schnelle Be-/Entladung, ideal für Solarthermie, Industrie und Sektorkopplung (DLR, 2020).

7.13 Darstellung der Ergebnisse

Für Wolfratshausen ergibt sich ein breites Spektrum an Möglichkeiten, den Wärmebedarf der Gebäude nachhaltig zu decken.

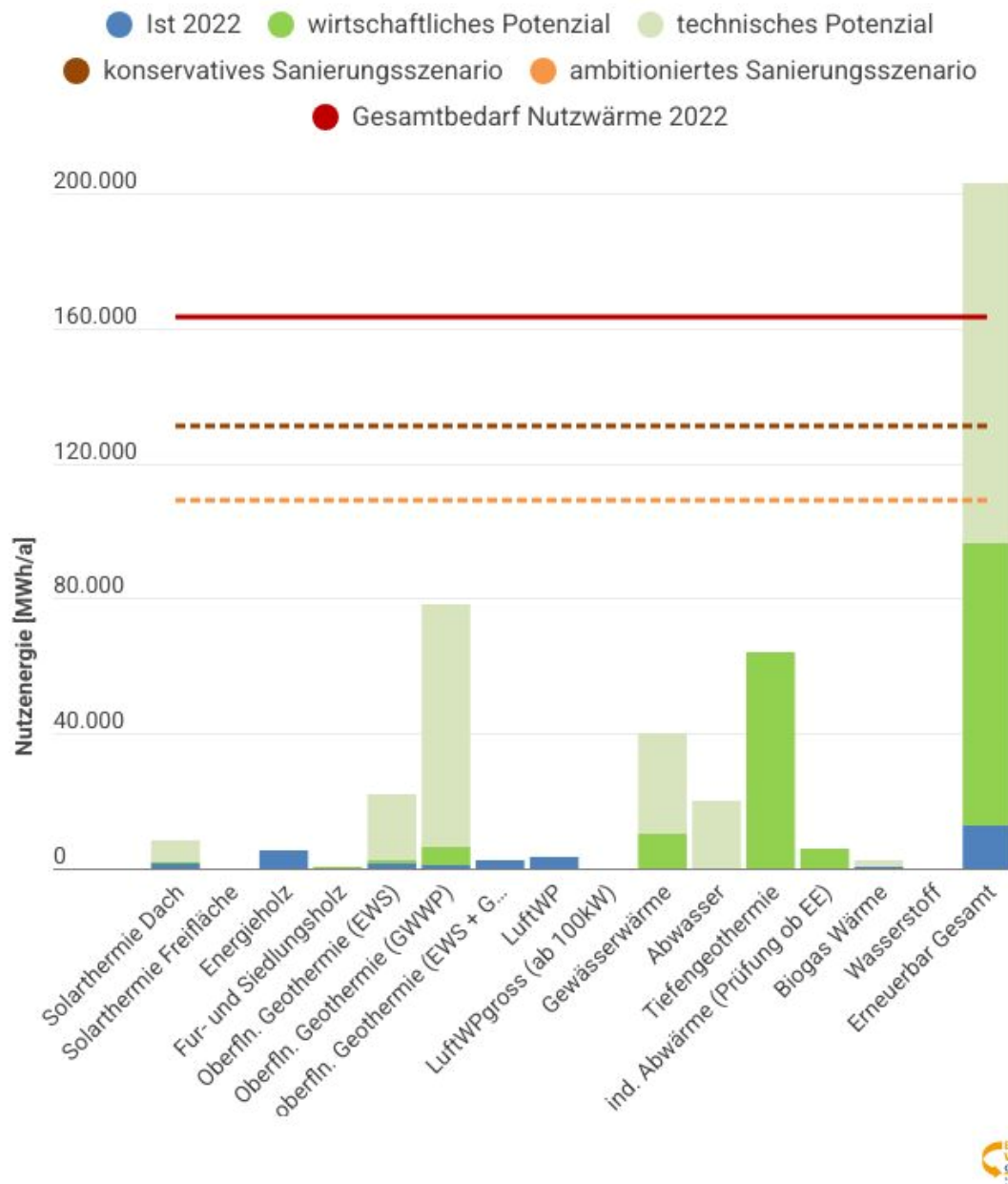


Abbildung 7-20: Technische und wirtschaftliche Wärmepotenziale für die Stadt Wolfratshausen.

Abbildung 7-20 zeigt aufgeteilt nach Energieträgern die jeweiligen technischen Potenziale sowie die derzeit realistisch realisierbaren wirtschaftlichen Potenziale. Bereits genutzte Po-

tenziale sind blau hervorgehoben. Um die verfügbaren Potenziale dem Wärmebedarf gegenüberzustellen, sind als rote Linie der derzeitige Wärmebedarf (Stand 2022) und als gestrichelte Linien der zukünftige Wärmebedarf gemäß verschiedener Sanierungsszenarien im Jahr 2045 eingezeichnet.

Es ist klar ersichtlich, dass eine Reduzierung des Wärmebedarfs essenziell ist, um eine möglichst hohe Deckung durch erneuerbare Energien zu erreichen. Mit dem aktuellen Gesamtwärmebedarf von **352.023 MWh/a** wäre heute eine Deckung von rund **59 %** allein durch die wirtschaftlichen Potenziale im Gemeindegebiet zu erreichen (ca. **207 GWh/a**).

Der Sanierungszustand der Gebäude ist jeweils der Schlüssel, um das gesamte notwendige Potenzial der **oberflächennahen Geothermie (110 GWh/a)** und der **Umweltwärme aus Luft (49 GWh/a)** vollumfänglich und effizient nutzbar zu machen. Auch stehen diese Potenziale teils in Konkurrenz zueinander, was in der Szenarienentwicklung in Kapitel 7 detailliert berücksichtigt wird. Neben der Umweltwärme leisten auch die **Abwärme (24 GWh/a)** sowie **Biomasse** und **Solarthermie** wichtige Beiträge.

Eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien in der Stadt Wolfratshausen mit den im Stadtgebiet vorhandenen Potenzialen ist bis 2045 möglich, sofern die Sanierungsraten gesteigert werden. Zudem muss bei der Ausschöpfung der Potenziale beachtet werden, dass auch soziale und gesellschaftliche Faktoren, wie z. B. die Akzeptanz einer Technologie oder die wirtschaftliche Lage der Eigentümer:innen, eine große Rolle für die tatsächliche Umsetzung spielen.

8 Zielszenario

Die Wärmeplanung zielt darauf ab, die Vorgaben des Bundes-Klimaschutzgesetz zu erfüllen und somit eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2045 sicherzustellen. Sollten die Ankündigungen bezüglich der Änderung des Zieljahres im bayrischen Klimaschutzgesetz von 2040 auf 2045 nicht umgesetzt werden, so müssen die Zielszenarien rechtzeitig angepasst werden. Die Emissionen werden schrittweise reduziert, mit ambitionierten Zwischenzielen bis 2030 und 2035. Grundlage der Szenarienentwicklung ist der Grundsatz, fossile Energieträger konsequent zu ersetzen, Energie möglichst effizient zu nutzen und unnötigen Verbrauch zu vermeiden. Darüber hinaus fließen aktuelle Strategien auf Bundesebene, wie die nationale Wasserstoffstrategie oder die Systementwicklungsstrategie mit ein, um sicherzustellen, dass die Wärmeplanung im Einklang mit der übergeordneten Transformation des Energiesystems steht. Außerdem hat sich die Stadt Wolfratshausen dem Stiftungsziel der Energiewende Oberland verpflichtet bis 2035 ihren Energiebedarf vollständig mit erneuerbaren Energien aus der Region decken zu können. Die folgenden Kapitel beschreiben die Entwicklung von Ziel- und Szenarienpfaden, die den Weg zu einer nachhaltigen und treibhausgasneutralen Wärmeversorgung aufzeigen.

8.1 Entwicklung des Wärmeverbrauchs

Die Entwicklung des zukünftigen Wärmeverbrauchs in Wolfratshausen wurde auf Grundlage zweier Szenarien modelliert. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der angenommenen Sanierungsrate im Gebäudebestand sowie hinsichtlich des Ausbaus eines Fernwärmenetzes. Während im ersten Szenario eine stärkere Reduktion des Wärmebedarfs durch Gebäudesanierungen erfolgt, basiert das zweite Szenario stärker auf einer zentralen erneuerbaren Wärmeversorgung über ein Wärmenetz.

Der gesamte Nutzwärmebedarf beträgt im Ausgangsjahr 2022 rund 160 GWh pro Jahr.

Im Szenario ohne Fernwärme wird eine durchschnittliche jährliche Sanierungsquote von 2,85 % angenommen. Dadurch sinkt der Wärmebedarf bis zum Jahr 2035 auf rund 130 GWh/a und reduziert sich bis 2045 auf etwa 109 GWh/a. Gegenüber dem Ausgangsjahr entspricht dies einer Reduktion des Wärmebedarfs von rund 33 %.

Im Szenario mit Fernwärme wird eine geringere Sanierungsrate von 1,7 % pro Jahr angenommen. Der Nutzwärmebedarf sinkt in diesem Szenario bis 2035 auf rund 144 GWh/a und

bis 2045 auf etwa 131 GWh/a. Die Reduktion des Wärmebedarfs fällt damit mit rund 20 % geringer aus, da ein größerer Anteil der Transformation über eine zentrale erneuerbare Wärmeversorgung erfolgt.

Parallel zur Reduktion des Wärmebedarfs erfolgt eine grundlegende Veränderung der Energieträgerstruktur. Während **im Jahr 2022 noch rund 90 % der Wärmeversorgung auf fossilen Energieträgern** basiert, sinkt dieser Anteil bis zum Zwischenzieljahr 2035 deutlich. Im Szenario ohne Fernwärme können bis dahin rund 45 % der Wärme aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. Im Szenario mit Fernwärme steigt der **Anteil erneuerbarer Energien bereits bis 2035 auf etwa 76 %**, da ein erheblicher Teil der Wärmeversorgung über ein erneuerbar gespeistes Wärmenetz bereitgestellt wird. In beiden Szenarien wird die Wärmeversorgung bis 2045 vollständig dekarbonisiert.

Der größte Teil der Transformation erfolgt durch den Ersatz der derzeit dominierenden Energieträger Erdgas, Heizöl und Flüssiggas, die im Ausgangsjahr den überwiegenden Anteil der Wärmeversorgung darstellen. Diese werden im Szenario schrittweise durch erneuerbare Wärmetechnologien sowie lokale Energiequellen substituiert.

Im Szenario ohne Fernwärme erfolgt die Transformation überwiegend über dezentrale Wärmepumpensysteme. Insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen stellen einen zentralen Baustein der zukünftigen Wärmeversorgung dar und erreichen im Zieljahr 2045 eine bereitgestellte Nutzwärme von rund 38,6 GWh/a. Ergänzend wird die Nutzung der oberflächennahen Geothermie ausgebaut, die im Zieljahr etwa 20,5 GWh/a zur Wärmebereitstellung beiträgt. Weitere lokale Energiequellen ergänzen die Wärmeversorgung, darunter Gewässerwärme mit rund 10,3 GWh/a, Biogas beziehungsweise erneuerbare Gase mit etwa 24,2 GWh/a, Energieholz mit rund 5,9 GWh/a, industrielle Abwärme mit etwa 5,7 GWh/a sowie Solarthermie mit rund 4,1 GWh/a.

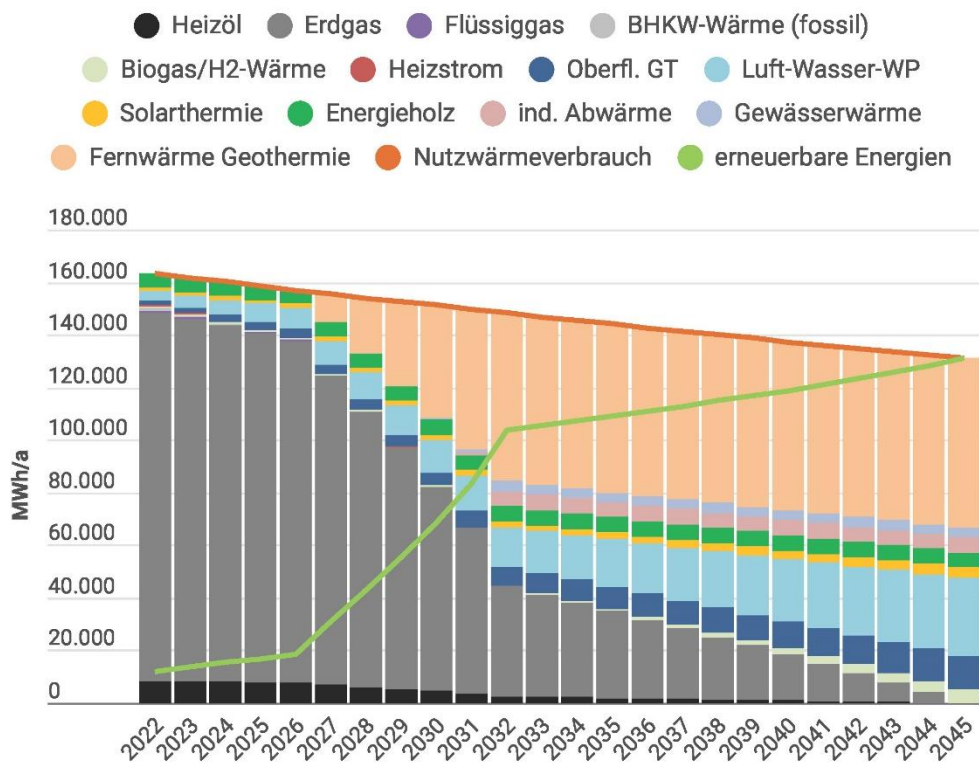
Im Szenario mit Fernwärme übernimmt zusätzlich ein geothermisch gespeistes Wärmenetz eine zentrale Rolle bei der Transformation der Wärmeversorgung. Durch die Bündelung erneuerbarer Wärmequellen kann ein erheblicher Anteil des städtischen Wärmebedarfs zentral bereitgestellt werden. Dies führt zu einer stärkeren Systemintegration erneuerbarer Energiequellen und reduziert gleichzeitig den erforderlichen Ausbau dezentraler Wärmeerzeugung im Gebäudebestand.

Insgesamt zeigen beide Szenarien, dass die vollständige Umstellung der Wärmeversorgung in Wolfratshausen bis zum Jahr 2045 grundsätzlich erreichbar ist. Während im Szenario

ohne Fernwärme insbesondere Gebäudesanierungen und dezentrale Wärmepumpensysteme die Transformation tragen, basiert das Szenario mit Fernwärme stärker auf einer zentralen erneuerbaren Wärmeversorgung über ein geothermisch gespeistes Wärmenetz.

Durch die Kombination aus Reduktion des Wärmebedarfs, Ausbau erneuerbarer Wärmetechnologien sowie der Erschließung lokaler erneuerbarer Energiepotenziale kann die Wärmeversorgung langfristig vollständig dekarbonisiert und klimaneutral gestaltet werden.

Sanierungsrate 1,7 %



Sanierungsrate 2,85 %

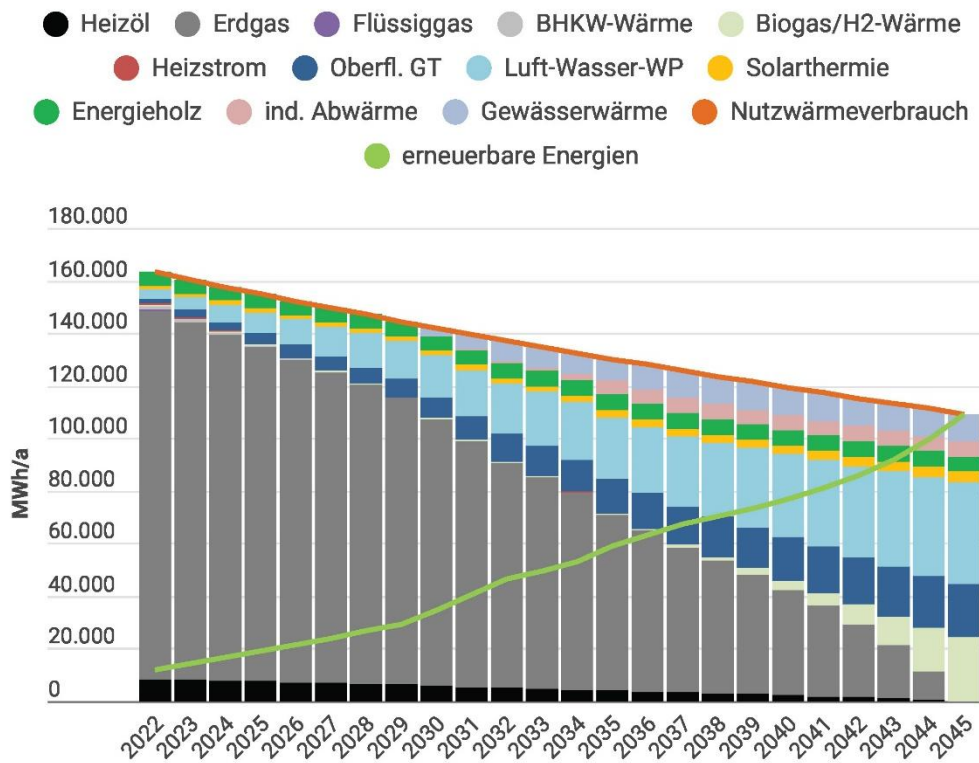


Abbildung 8-1: Entwicklung des Wärmemix der Nutzenergie in Wolfratshausen bei konservativem Szenario mit Fernwärme (1,7 %) und ambitionierten Szenario ohne Fernwärme (2,85 %)

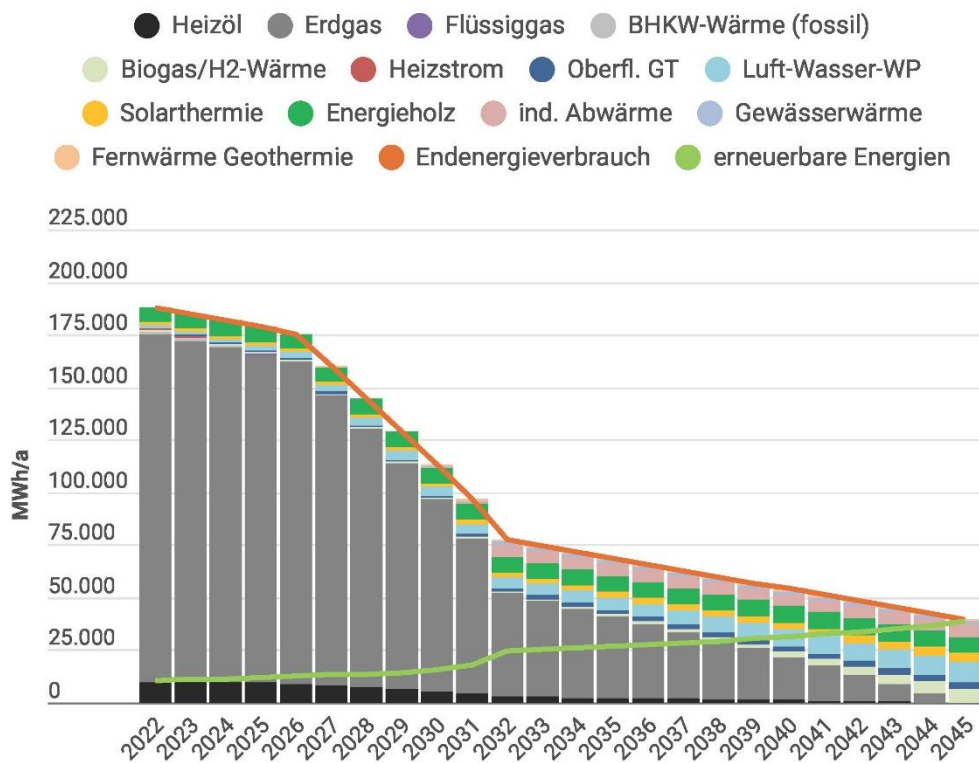
8.2 Entwicklung des Endenergieverbrauchs und CO₂-Bilanz

Auf der Erzeugerseite spielt der zukünftige Endenergiebedarf eine entscheidende Rolle für die Planung der benötigten Ressourcen, wie etwa der Bestimmung der notwendigen Mengen an Energieholz zur Deckung des Nutzwärmebedarfs. Ein Vergleich der Szenarien verdeutlicht, dass der Endenergiebedarf bis zum Jahr 2045 signifikant sinkt, da der Nutzenergieertrag moderner Wärmepumpentechnologien die Effizienz fossiler Verbrennungssysteme um ein Vielfaches übertrifft. Während im Referenzjahr 2022 in Wolfratshausen noch etwa 187,9 GWh Endenergie benötigt wurden, reduziert sich dieser Bedarf im Zieljahr 2045 bei einer konservativen Sanierungsquote von 1,7 % auf rund 39,6 GWh. Diese Entwicklung führt zu einer massiven Steigerung der Systemeffizienz durch die konsequente Energieträgertransformation (siehe Abbildung 8-2).

Die positiven Auswirkungen dieser Umstellung schlagen sich auch sehr deutlich in der CO₂-Bilanz der Stadt nieder (siehe Abbildung 8-3). Ausgehend von rund 44.409 t CO₂-Äquivalente im Referenzjahr 2022 verringert sich der Ausstoß bis zum Jahr 2035 im konservativen Szenario auf ca. 11.011 t CO₂-Äquivalente und im ambitionierten Szenario mit einer Sanierungsquote von 2,85 % auf ca. 21.464 t CO₂-Äquivalente. Bis zum Zieljahr 2045 sinken die Emissionen weiter auf jährlich etwa 1.495 t CO₂-Äquivalente im konservativen bzw. 4.646 t CO₂-Äquivalente im ambitionierten Pfad, was einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um bis zu 97 % gegenüber dem Basisjahr entspricht.

Die Szenarien belegen, dass das Erreichen einer nahezu treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis 2045 ein realistisches Ziel darstellt. Bereits bis zum Zieljahr der Energiewende Oberland im Jahr 2035 können die Emissionen im konservativen Pfad um rund 75 % gesenkt werden. Entscheidend für diesen Erfolg sind die konsequente Erschließung lokaler Potenziale – insbesondere in den Bereichen Geothermie, Abwärme und Umweltwärme – sowie eine zukunftsweisende Sanierung des Gebäudebestands zur nachhaltigen Reduktion des Nutzwärmebedarfs. Unter diesen Prämissen ist die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Wolfratshausen zielführend realisierbar.

Sanierungsrate 1,7 %



Sanierungsrate 2,85 %

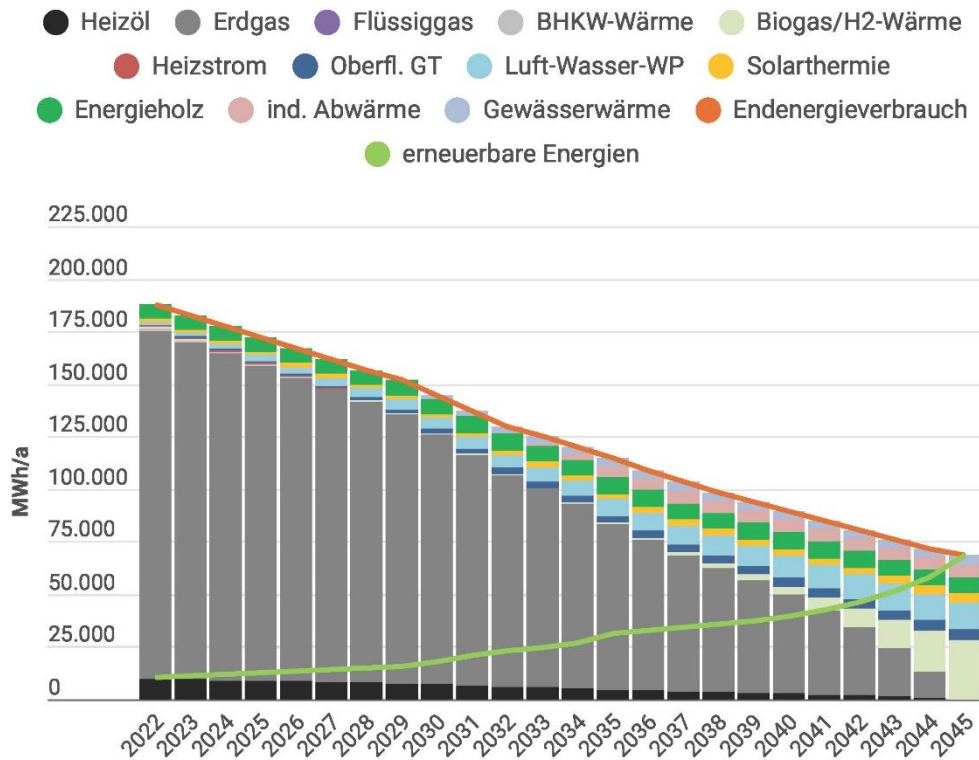
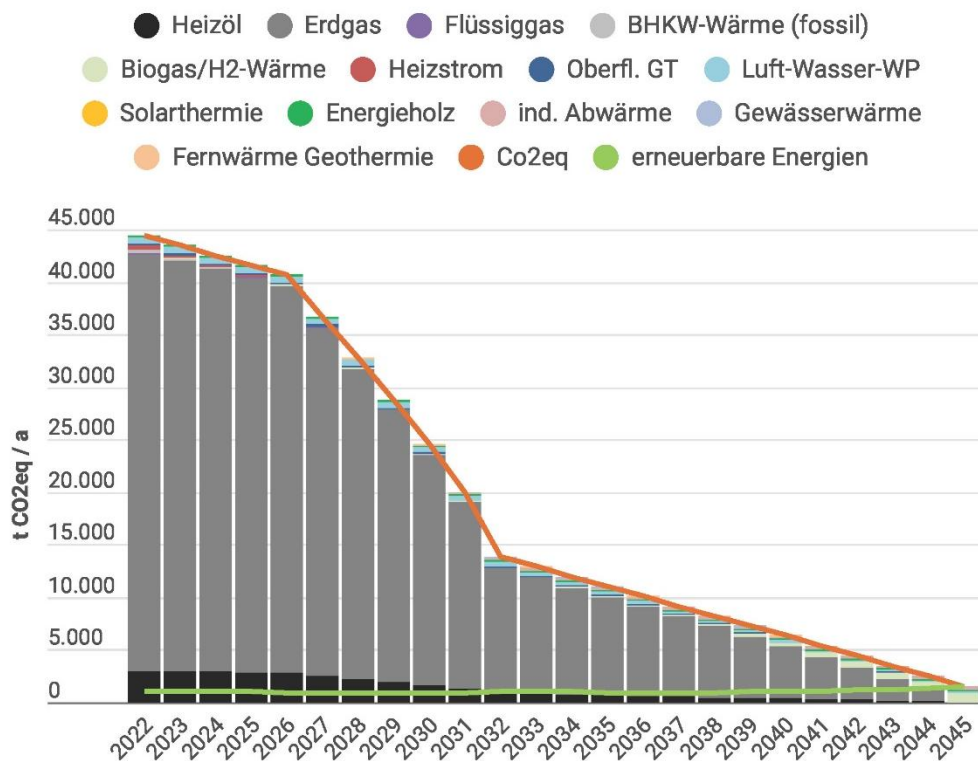


Abbildung 8-2: Entwicklung des Endenergiebedarfs in Wolfratshausen bei konservativem Szenario mit Fernwärme (1,7 %) und ambitionierten Szenario ohne Fernwärme (2,85 %)

Sanierungsrate 1,7 %



Sanierungsrate 2,85 %

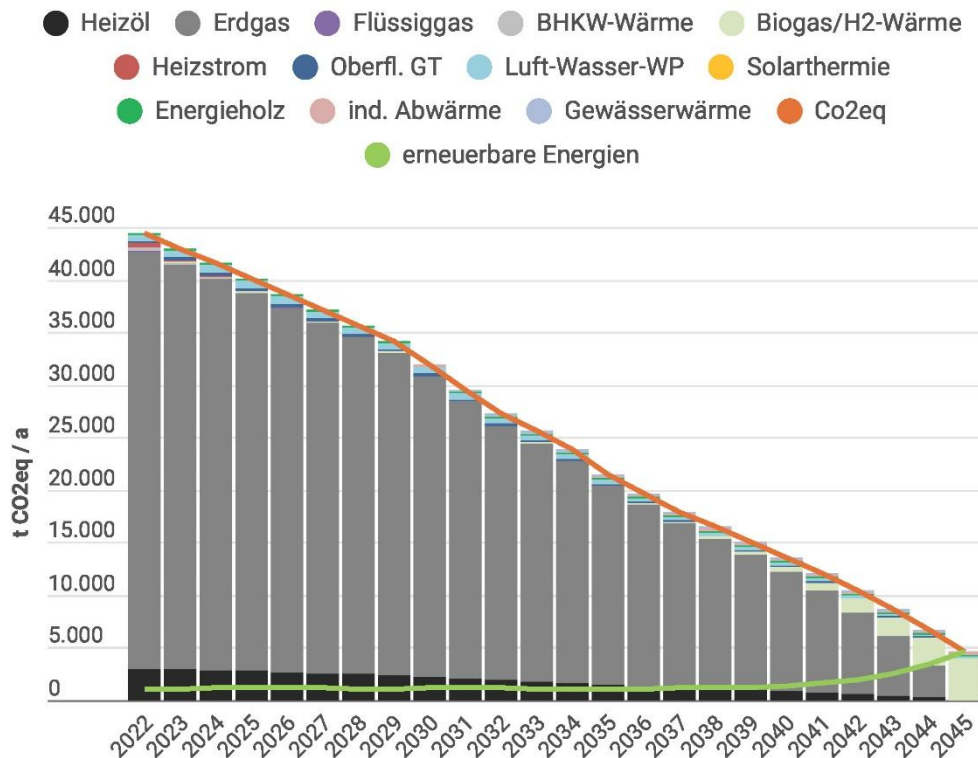


Abbildung 8-3 Entwicklung der Emissionen in CO₂-Äquivalenten in Wolfratshausen bei konservativem Szenario mit Fernwärme (1,7 %) und ambitionierten Szenario ohne Fernwärme (2,85 %)

9 Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Die Einteilung des Planungsgebiets in Wärmeversorgungsgebiete ist ein zentrales Element der Wärmeplanung. Ziel ist es, die jeweils geeignetste Wärmeversorgungsart für bestimmte Teilgebiete zu identifizieren und umfasst:

- Wärmenetzgebiete
- Wasserstoffnetzgebiete
- Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung.

Zusätzlich können Teilgebiete als Prüfgebiete ausgewiesen werden, falls die Voraussetzungen für eine Einteilung unklar sind oder alternative Wärmeversorgungsarten, wie z. B. leitungsgebundenes grünes Methan, in Betracht kommen. Die Zuordnung eines Gebiets zeigt, welche Infrastrukturen (z. B. Wärmenetze) dort zu den festgelegten Zeitpunkten umgesetzt werden sollen.

9.1 Perspektiven und Unsicherheiten der Wasserstoffnutzung in der Wärmeversorgung

Wie bereits in Kapitel 7.9 beschrieben ist die Versorgung mit Wasserstoff derzeit noch mit großer Unsicherheit behaftet. Zwar gibt der Netzbetreiber an, dass eine Umstellung des bestehenden Gasnetzes auf Wasserstoff in weiten Teilen mit geringem technischem Aufwand möglich wäre. Allerdings können aktuell auf Grundlage der vorliegenden Bewertungsmetrik keine Teilgebiete identifiziert werden, die für eine verlässliche und wirtschaftlich tragfähige Versorgung mit Wasserstoff aus heutiger Perspektive wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet sind. Dies würde einen klaren und verbindlichen Fahrplan für die Transformation der Gasnetze voraussetzen, der durch die Bundesnetzagentur genehmigt werden muss. Dabei ist zu beachten, dass ein solcher Fahrplan nicht mit aktuell bestehenden Gasnetztransformationsplänen gleichzusetzen ist. In jedem Fall sollte der Fortschritt der Planungen in diesem Bereich bei einer künftigen Überarbeitung des Wärmeplans erneut geprüft werden, um mögliche Entwicklungen im Bereich Wasserstoff und grüne Gase nach aktuellem Erkenntnisstand in die Planungen einzubeziehen.

9.2 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungen

Der vorliegende Wärmeplan für die Stadt Wolfratshausen hat keine unmittelbare rechtliche Bindung und begründet weder Rechte noch Pflichten für private Akteure. Er dient vielmehr als strategisches Planungsinstrument für die zukünftige Entwicklung der Wärmeinfrastruktur in der Stadt. Grundlage hierfür sind die bundespolitischen Zielvorgaben zur Treibhausgasneutralität sowie gesetzliche Regelungen wie das Wärmeplanungsgesetz und das Gebäudeenergiegesetz (GEG, oft als „Heizungsgesetz“ bezeichnet). Das GEG sieht vor, dass jede neu eingebaute Heizung zukünftig zu mindestens 65 Prozent mit erneuerbaren Energien betrieben werden soll. Bestehende Heizungen und Reparaturen sind davon nicht betroffen. Diese Regelung gilt in der Stadt Wolfratshausen ab dem 30.6.2028. Auch der Beschluss des Wärmeplans setzt diese 65-Prozent-Regel des GEG nicht vorzeitig in Kraft.

Die Stadtvertretung kann Beschlüsse fassen, etwa zur Ausweisung von Neu- und Ausbaugebieten für Wärmenetze, die rechtliche Auswirkungen haben. Solche Entscheidungen können durch Satzungen, Rechtsverordnungen oder Verwaltungsakte (z.B. Allgemeinverfügungen gemäß § 35 Satz 2 VwVfG) umgesetzt werden. Für den Wärmeplan gilt in Bezug auf das GEG: Wenn der Stadtrat vor 2028 beschließt, Neu- oder Ausbaugebiete für Wärmenetze oder Wasserstoff auszuweisen, dürfen in diesen Gebieten nur neue Heizanlagen installiert werden, die einen Mindestanteil von 65 % erneuerbarer Energien erfüllen. Ein solcher Beschluss ist in der Stadt Wolfratshausen nicht vorgesehen. Eine erneuerbare Heizung ist allein schon aus wirtschaftlicher Sicht für die Verbraucher empfehlenswert.

9.3 Vorgehen bei der Einteilung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete

Zunächst werden alle Teilgebiete auf Basis von zahlreichen Indikatoren wie Wärmelinien-dichte, bereits bestehende Netze, das Vorhandensein potenzieller Ankerkunden, Baualtersklassen, Gebäudekategorien, Heizungsanlagenalter sowie lokale Strom- und Wärmeerzeugungspotenziale aus Bestands- und Potenzialanalyse im digitalen Zwilling (Storymap) bewertet. Im zweiten Schritt wurden die Teilgebiete hinsichtlich voraussichtlicher Wärmege-stehungskosten, Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit, bestehender Vorplanungen sowie im Betrachtungszeitraum kumulierten Treibhausgasemissionen analysiert. Anhand dessen wurden die Gebiete in Eignungsstufen je Wärmeversorgungsart unter Berücksichtigung der im Laufe der Wärmeplanung erhobenen Informationen und dem Input von Stadtwerken und Stadt für das Zieljahr 2045 eingeteilt. Das Ergebnis ist im Anhang „Eig-

nungsstufen der Teilgebiete für die jeweiligen Versorgungsarten“ abgebildet. In weiterer Folge wurden die Eignungsstufen zu einer Karte zusammengefasst, in der die deklarierte Versorgungsart, sowie die identifizierten Ausbau Bereiche für Fernwärme dargestellt sind. Die Nummerierung dient dabei nur der Identifikation, nicht der Priorisierung.

9.4 Ergebnis der Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Das Ergebnis der Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete ist in Abbildung 9-1 dargestellt. Die gesamte Karte befindet sich im Anhang „voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete“.

Gemäß der strategischen Planung für die Stadt Wolfratshausen könnte ein Großteil des Stadtgebiets perspektivisch durch Fernwärme erschlossen werden. Im Rahmen der fachgutachterlichen Untersuchung wurde das Stadtgebiet hierfür in verschiedene Erschließungsbereiche unterteilt. Die in der Planung verwendeten Nummerierungen der Wärmenetzgebiete (Bereiche 2 bis 6) dienen dabei rein der Identifikation der Teilgebiete und stellen ausdrücklich keine Priorisierung der zeitlichen Umsetzung dar.

Potenziale der leitungsgebundenen Versorgung

Die voraussichtlichen Wärmenetzgebiete umfassen große Teile des Gewerbegebiets, die Stadtmitte sowie den Ober- und Untermarkt. Auch die Bereiche entlang des Loisachkanals bis hin zur Mehrzweckhalle weisen eine Eignung für eine leitungsgebundene Versorgung auf. Entscheidend für die Erschließung ist jeweils eine ausreichend hohe Wärmedichte bei gleichzeitig möglichst kurzer Trassenlänge, um die wirtschaftliche Tragfähigkeit zu gewährleisten. In diesen Quartieren können insbesondere sogenannte Ankerkunden als Stabilisatoren für den Netzausbau fungieren.

Gerade im Bereich des Ober- und Untermarkts stellt die dichte Bebauungsstruktur den Netzausbau zwar vor große bautechnische Herausforderungen, aufgrund der dort vorhandenen hohen Wärmedichte und weniger Alternativen ist eine Erschließung jedoch von Interesse. Im Ortsteil Waldram machen die Gegebenheiten voraussichtlich eine Erschließung bis zur Grund- und Mittelschule möglich. Bereits bestehende Strukturen, wie das Wärmenetz an der Angerwiese (siehe Kapitel 6.4) sollten auch in Zukunft bestehen bleiben.

Prüfgebiete und Projektentwicklungen

In bestimmten Stadtbereichen, wie in Weidach ist eine Entscheidung über die finale Versorgungsart noch ausstehend. Hier wird eine Versorgung mittels Gewässerthermie als ebenso denkbar eingestuft wie dezentrale Lösungen. Auch in den Bereichen nördlich der Sauerlacherstraße sind sowohl eine Erschließung durch die Fernwärme als auch dezentrale Lösungen sinnvoll. In diesen als Prüfgebiete markierten Bereichen muss die Projektentwicklung zunächst weiter fortschreiten, um belastbare Aussagen über die Ausdehnung eines möglichen Netzes treffen zu können (siehe Maßnahmen in Kapitel 10.2).

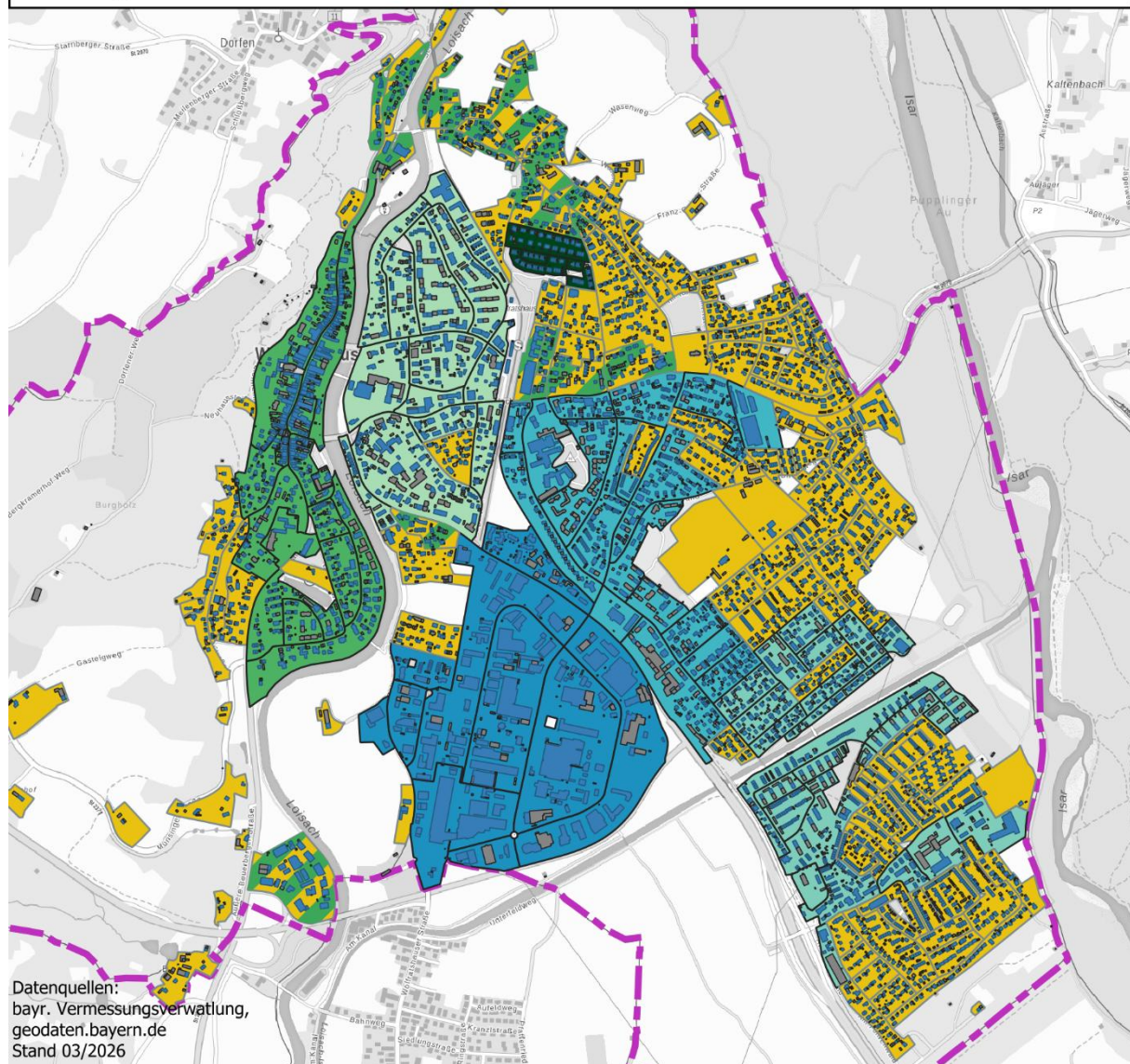
Dezentrale Wärmeversorgung

Die gelb markierten Bereiche in Waldram, Farchet, Nantwein und am Mühlbach sind aufgrund ihrer eher lockeren Bebauungsstruktur vorrangig für die dezentrale Wärmeversorgung vorgesehen. Bei ausreichend großen Flurstücken sind die Potenziale für Erdwärmesonden oder Grundwasserwärmepumpen als gut zu bewerten. In den Randbereichen des Stadtgebiets können ergänzend Biomasseheizungen (Pellets oder Hackschnitzel) eine geeignete Option darstellen. In dichter bebauten Reihenhaussiedlungen bilden hingegen Luft-Wasser-Wärmepumpen oder gemeinschaftlich genutzte Brunnenanlagen die technologische Basis.

Ausblick und Wasserstoff

Eine Wärmeversorgung über ein Wasserstoffnetz wird nach aktuellem Kenntnisstand aufgrund der hohen Unsicherheiten bezüglich Verfügbarkeit und Kosten nicht als primäre Option für das Zieljahr 2045 ausgewiesen. Diese Einschätzung muss im Rahmen der regelmäßigen Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung überprüft und an die technologischen sowie wirtschaftlichen Entwicklungen angepasst.

Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045 nach §18 WPG in Wolfratshausen



Gebäude

Kein Wärmebedarf

Wärmebedarf

Gemeindegrenze

voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

dezentrale Wärmeversorgung

Wärmenetzgebiet Bestand

Wärmenetzverdichtungsgebiet

Wärmenetzgebiet - Bereich 2

Wärmenetzgebiet - Bereich 3

Wärmenetzgebiet - Bereich 4

Wärmenetzgebiet - Bereich 5

Wärmenetzgebiet - Bereich 6

dezentrale Wärmeversorgung/ Wärmenetzgebiet (Prüfgebiet)

Wasserstoffnetzgebiet



0 200 400 m

Abbildung 9-1: Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in der Gemeinde Wolfratshausen bis 2045.

10 Strategie für die lokale Wärmewende

Um die angestrebten Zielsetzungen effizient und kostengünstig zu erreichen, ist es notwendig, in verschiedenen Bereichen gezielte Maßnahmen umzusetzen. Die Umsetzungsstrategie basiert auf den folgenden Schwerpunkten:

Ausbau und Neubau von Wärmenetzen

Erschließung neuer Potenziale
Anschluss weiterer Verbraucher

Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeuger

Austausch von Heizungsanlagen, insbesondere in dezentralen Versorgungsgebieten

Sanierung und Effizienzsteigerung

Maßnahmen zur energetischen Optimierung bestehender Gebäude und Infrastruktur

Begleitmaßnahmen zur Transformation bestehender Strukturen

Unterstützung und Anpassung bei der Umstellung auf nachhaltige Lösungen

Stärkung von Information und Beratung

Intensivierung der Bürgeraufklärung zu relevanten Energiethemen

Im nächsten Schritt werden zu diesen Bereichen konkrete Maßnahmen entwickelt, die zeitnah von der Kommune und den beteiligten Akteuren umgesetzt werden können.

10.1 Kategorisierung der Maßnahmen

Die erarbeiteten Maßnahmen werden zusätzlich anhand von Kriterien eingeordnet: Kosten, Umsetzungsdauer und Wirkung.

- **Kosten:** Die Maßnahmen werden in drei Kategorien unterteilt: niedrig (< 50.000 €), mittel (50.000 - 200.000 €) und hoch (> 200.000 €).
- **Dauer:** Die Umsetzung wird in kurz (< 1 Jahr), mittel (1-3 Jahre) und lang (> 3 Jahre) eingestuft.
- **Wirkung:** Das erwartete CO₂-Einsparungspotenzial wird in gering (< 100 t CO₂/a), mittel (100 t CO₂/a bis 500 t CO₂/a) und hoch (> 500 t CO₂/a) klassifiziert.

Zur besseren Übersicht wird die Kategorisierung der Maßnahmen in Tabelle 10-1 zusammengefasst und dargestellt.

Tabelle 10-1: Kategorisierung der Maßnahmen nach Kosten, Dauer und Wirkung

Kriterium	Einstufung	Quantifizierung
<i>Kosten</i>	Niedrig	< 50.000 €
	Mittel	50.000 – 200.000 €
	Hoch	> 200.000 €
<i>Dauer</i>	Kurz	< 1 Jahr
	Mittel	1 – 3 Jahre
	Lang	> 3 Jahre
<i>Wirkung</i>	Hoch	> 500 t CO ₂ /a
	Mittel	100-500 t CO ₂ /a
	Gering	< 100 t CO ₂ /a

10.2 Erarbeitete Maßnahmen

Im Folgenden werden Maßnahmen vorgestellt, die im Austausch mit den lokalen Akteuren als relevant und umsetzbar eingestuft wurden. Diese Maßnahmen lassen sich bei Bedarf auch auf andere Bereiche oder Gebäude innerhalb des Gemeindegebiets von Wolfratshausen übertragen, wodurch ein Multiplikatoreffekt erzielt werden kann.

10.2.1 Umfassende energetische Sanierung und technisches Repowering der Grundschule Weidach

Die Maßnahme umfasst die energetische Optimierung der Gebäudehülle, die grundlegende Erneuerung der Regelungstechnik sowie die Implementierung eines modernen Eigenstromkonzepts unter Einbindung eines innovativen Wärmequellensystems (Eisspeicher).

Ausgangslage und Problemanalyse

Die Grundschule Weidach sowie das angeschlossene Bürgerhaus werden derzeit über eine Gas-Kaskadenanlage (2 x 150 kW) aus dem Jahr 2003 versorgt. Trotz der Zuverlässigkeit der Erzeugung weist das System folgende gravierende Mängel auf:

- **Anlagentechnik:** Veralterte Wärmeverteilung und Regelungstechnik führen zu Ineffizienzen, wie z.B. Heizkreispumpen, die im Sommer unter Voll-Last laufen. Dies wurde auch in der bereits sanierten Sporthalle beobachtet.



Abbildung 10-1: Veralterte Wärmeverteilung und Regelungstechnik

- **Gebäudehülle:** Fenster und Dachdämmung entsprechen nicht mehr aktuellen energetischen Standards und weisen einen erheblichen Sanierungsbedarf auf.



Abbildung 10-2: Veraltetes Fenster

- **Photovoltaik:** Die bestehende PV-Anlage am Schuldach ist aus der EEG-Förderung gefallen und wird derzeit nur zum Marktpreis vergütet, anstatt zur Eigenverbrauchsdeckung genutzt zu werden.

Technisches Konzept und Zielsetzung

Ziel ist die Transformation zu einer hocheffizienten Liegenschaft mit minimierten Betriebskosten durch ein übergeordnetes Energiekonzept.

- **Kurzfristig (Betriebsoptimierung & PV):** Umstellung der Zählerstruktur für die PV-Anlage, um ein Eigenstromkonzept (ggf. gemeinschaftliche Gebäudeversorgung nach Solarpaket 1) zu realisieren. Parallel dazu erfolgt die Optimierung der Heizungsregelung zur Vermeidung unnötiger Pumpenlaufzeiten im Sommer.
- **Mittelfristig (Hüllsanierung):** Grundlegende Sanierung von Dach und Fenstern sowie Integration von Lüftungs- und Barrierefreiheitskonzepten.
- **Langfristig (Innovatives Wärmesystem):** In Anlehnung an das Beispiel der Schulsanierung in der Gemeinde Tutzing soll das stillgelegte Schwimmbad als Eisspeicher umgenutzt werden. Dieser dient als Wärmequelle für neue Wärmepumpen, die das Gebäude mit niedrigen Systemtemperaturen versorgen.



Abbildung 10-3: Platz für einen möglichen Eisspeicher – Das stillgelegte Schwimmbad in der Schule Weidach

Ökologische und ökonomische Vorteile

- **CO₂-Einsparung:** Sehr große Reduktion durch den Ersatz fossiler Energieträger und die Steigerung der Gebäude-Effizienz.
- **Betriebskostensenkung:** Durch den hohen Eigenverbrauch des PV-Stroms und die effiziente Wärmeerzeugung sinken die laufenden Unterhaltskosten signifikant.
- **Nachhaltigkeit:** Weiternutzung bestehender Baukörper (Schwimmbadbecken als Speicher) reduziert den Bedarf an neuen grauen Energien.

Nächste Schritte (Umsetzungsfahrplan)

1. **Akteursbeteiligung:** Verhandlungen mit den PV-Betreibern zur Ablöse oder Pacht der Anlage.
2. **Detailplanung:** Beauftragung eines Sanierungsfahrplans für die Hülle und eines Konzepts zur Eisspeichernutzung.
3. **Best-Practice-Transfer:** Besichtigung der in ähnlicher Weise realisierten Anlagentechnik in der Schule Tutzing.
4. **Monitoring:** Einführung eines kommunalen Energiemanagementsystems (KEM) zur dauerhaften Überwachung und Optimierung.

10.2.2 Vergleichsrechnung zum Austausch einer bestehenden Gasheizung

Die vorliegende Vergleichsrechnung bietet eine Entscheidungsgrundlage für den Heizungstausch in einem typischen Einfamilienhaus der 90er Jahre mit ca. 150 m² Wohnfläche. Es liegt nicht in einem zukünftigen Erschließungsgebiet der Fernwärme. An der Gebäudehülle wurden noch keine Sanierungsmaßnahmen umgesetzt, d.h. die Fenster sind mit der damals üblichen 2-fach Verglasung und das Dach mit Zwischensparrendämmung ausgestattet. Die bestehenden Heizkörper sind so ausgelegt, dass sie bei winterlicher Witterung mit 50°C Vorlauftemperatur beschickt werden müssen, um die erforderlichen Raumtemperaturen zur Verfügung zu stellen. Der Gasverbrauch mit dem Niedertemperaturkessel aus den 90er Jahren liegt bei 2.500 m³ pro Jahr.

Bei Gebäuden die älter als 40 Jahre sind, ist zunächst das Einsparpotenzial an der Gebäudehülle zu prüfen. Der Austausch der Fenster und / oder die Dämmung des Daches führen

dazu, dass wesentlich weniger Wärme erzeugt werden muss und sich das Gebäude dadurch für den Einsatz einer Wärmepumpe eignet.

Im Folgenden werden verschiedene marktüblichen Systeme hinsichtlich Investitionskosten, Förderungen, Betriebskosten und ökologischem Fußabdruck gegenübergestellt:

1. Die ökologischen Spitzenreiter

Wenn die Reduktion von CO₂-Emissionen das Hauptziel ist, sind die **Pellet-Lösungen** ungeschlagen.

Allerdings bieten die wenigsten Gebäude, die bisher mit Gas beheizt wurden, Lagerplatz für Holzpellets. Ölheizung hingegen können sehr gut durch neue Pelletkessel ersetzt werden.

- Die Kombination Pellet-Kessel mit Solaranlage verursacht lediglich **665 kg CO₂/Jahr**.
- Im Vergleich dazu stößt die alte Niedertemperatur-Heizung mit **5.025 kg** fast das Achtfache aus.
- Wird eine Wärmepumpe mit Ökostrom betrieben, so läge der rechnerische Wert für die CO₂-Emissionen bei 0 kg CO₂/Jahr. In der untenstehenden Tabelle wird ein konventioneller Strommix und dessen Emissionen angenommen.

2. Wirtschaftlichkeit und Investition

Die Tabelle 10-2 verdeutlicht das Spannungsfeld zwischen Anschaffungskosten und laufenden Kosten:

- **Höchste Investition:** Die Wärmepumpe mit Erdsonden-Bohrung ist mit **39.500 €** nach Abzug der Fördermittel am teuersten, bietet aber mit **1.380 €** die geringsten jährlichen Betriebskosten.
- **Günstigste Anschaffung:** Der Brennwert-Kessel (Gas) ist mit **16.000 €** am preiswertesten in der Anschaffung, erhält jedoch 0 € Förderung und hat nach der alten Heizung die **höchsten CO₂-Werte und Betriebskosten**. Eine zukünftige CO₂-Besteuerung sowie die Beimischung von Wasserstoff oder Bioerdgas können die Unterhaltskosten erheblich erhöhen.
- **Förder-Highlight:** Luft-Wasser-Wärmepumpen und Pellet-Systeme profitieren massiv von staatlichen Zuschüssen (**bis zu 16.500 €**), was den hohen Eigenanteil spürbar abfedert.

3. Effizienz-Vergleich der Wärmepumpen

- **Erdsonden** (Sole-Wasser) sowie **Grundwasser** (Wasser-Wasser) als Wärmequelle für Wärmepumpen führen sind effizient und kostengünstig im Betrieb (**1.380 €/Jahr**), sind aber teuer in der Erschließung. Die Kombination mit einer PV-Anlage kann die Kosten zusätzlich senken.
- **Luft-Wasser-Wärmepumpen** sind flexibler installierbar. In Kombination **mit Photovoltaik** (PV) sinken die Betriebskosten auf **1.590 €**, während sie ohne PV bei 1.830 € liegen

Tabelle 10-2: Gegenüberstellung von Investitionskosten, Förderung, jährl. Betriebskosten und CO₂-Emissionen verschiedener Wärmeerzeuger im Einfamilienhaus (Datenquelle: Verbraucherzentrale Energieberatung)

Heiztechnik	Eigenanteil Investition in €	einmalige Förderung in €	jährliche Betriebskosten in €	CO ₂ -Emissionen in kg/Jahr
Niedertemperatur-Kessel (vorhandene Heizung)			2 800	5 025
Pellet-Kessel mit Solaranlage Heizung + Warmwasser	36.000 (2.400 pro Jahr)	15 000	1 740	665
Wärmepumpe (Erdsonde) WP-Tarif	39.500 (2.633 pro Jahr)	16 500	1 380	2 255
Pellet-Kessel	33.000 (2.200 pro Jahr)	9 000	2 020	805
Wärmepumpe (Luft-Wasser) WP-Tarif + PV	36 000	15 000	1 590	2 641
Wärmepumpe (Luft-Wasser) WP-Tarif	21 000	15 000	1 830	3 081
Wärmepumpe (Luft-Wasser) WP-Tarif + Brennwert-Kessel (Gas)	39 000	9 000	1 920	3 324
Brennwert-Kessel (Gas), Solaranlage Heizung + Warmwasser	26 500	4 500	2 090	3 714
Brennwert-Kessel (Gas), Solaranlage Warmwasser	22 300	2 700	2 280	4 068
Brennwert-Kessel (Gas)	16 000	0	2 500	4 496

Die Verbraucherzentrale bietet diesen Vergleich für Privatkunden und Mehrfamilienhäuser an. Beim Eignungs-Check Heizung kommt ein:e Energieberater:in ins Haus und bewertet den Bestand sowie die technischen Möglichkeiten zur zukünftigen Beheizung. Im abschließenden Energiebericht wird eine derartige Tabelle individuell erstellt.

10.2.3 Gemeinschaftliche Nutzung von Grundwasser zum Betrieb von Wärmepumpen

Ziel ist es, die hohen Erschließungskosten und den Platzbedarf von Saug- und Schluckbrunnen durch eine geteilte Infrastruktur zu optimieren

Projektübersicht

Das System nutzt das energetische Potenzial des oberflächennahen Grundwassers. Da Grundwasser ganzjährig konstante Temperaturen von ca. 8 °C bis 12 °C aufweist, erreicht diese Technologie sehr hohe Jahresarbeitszahlen (JAZ). Durch den Zusammenschluss mehrerer Häuser (z. B. eine Reihenhauseinheit oder 3–5 Einfamilienhäuser wie sie in Wolfratshausen häufig auftreten) werden die Fixkosten pro Wohneinheit deutlich gesenkt.

Technische Anlagenkomponenten

1. Brunnensystem (Primärseite)

- **Förderbrunnen (Saugbrunnen):** Entnahme des Grundwassers mittels einer hocheffizienten Unterwasserpumpe. Auslegung auf den Spitzenvolumenstrom aller angeschlossenen Wärmepumpen.
- **Schluckbrunnen (Injektionsbrunnen):** Rückgabe des um ca. 3–5 K abgekühlten Wassers in denselben Aquifer. Der Abstand zum Förderbrunnen muss so gewählt werden, dass ein "thermischer Kurzschluss" vermieden wird (i. d. R. > 10–15 Meter in Fließrichtung).

2. Zentrale Übergabestation & Zwischenkreis

Um die Wärmepumpen der einzelnen Häuser vor Verunreinigung oder Korrosion durch das Grundwasser zu schützen, wird ein **Systemtrenner (Plattenwärmetauscher)** installiert.

- **Primärkreis:** Grundwasser.

- **Sekundärkreis (Quellennetz):** Ein Sole-Wasser-Gemisch oder behandeltes Wasser verteilt die Energie an die einzelnen Häuser.

3. Dezentrale Wärmepumpen

Jedes angeschlossene Gebäude verfügt über eine eigene **Sole-Wasser-Wärmepumpe**. Dies ermöglicht eine individuelle Abrechnung und Steuerung der Raumwärme und Warmwasserbereitung.

Hydraulik und Verteilung

Die Verbindung zwischen der zentralen Übergabestation und den Häusern erfolgt über **Nahwärmeleitungen**, die im Erdreich verlegt werden. Da das Temperaturniveau im Quellennetz niedrig ist (ca. 7–10 °C), sind die Wärmeverluste an das Erdreich vernachlässigbar gering, somit eine Rohrdämmung nicht erforderlich. Die Leitungen sind im frostfreien Bereich (Tiefe mind. 1 m) zu verlegen.

Parameter	Richtwert
Grundwassertemperatur (Eintritt)	~ 10 °C
Spreizung (Abkühlung)	3 bis 5 K
Erforderlicher Volumenstrom	ca. 0,25 m ³ /h pro kW Entzugsleistung
Gesamtfördermenge (bei 50 kW)	ca. 12,5 m ³ /h

Genehmigungsrechtliche Aspekte

- **Wasserrechtliche Erlaubnis:** Sofern die Entnahme unter 50 kW liegt, erfolgt die Prüfung meist durch die untere Wasserbehörde nach Standardkriterien des Wasserhaushaltsgesetzes.
- **Abstandsvorgaben:** Einhaltung von Grenzabständen und Schutzgebieten.
- **Eigentumsverhältnisse:** Die Anlage wird rechtlich meist über eine Eigentümergemeinschaft oder ein Contractor-Modell betrieben. Grunddienstbarkeiten für die Leitungsführung auf fremden Grundstücken sind zwingend erforderlich.

Förderungen

Aktuell kann die Installation einer Sole-Wasser-Wärmepumpe an eine gemeinschaftliche Brunnenanlage über die Bundesförderung effiziente Gebäude BEG gefördert werden.

Zusammenfassung der Vorteile

1. **Platzersparnis:** Nur zwei Standorte für Bohrungen statt Bohrungen auf jedem Grundstück.
2. **Kosteneffizienz:** Skaleneffekte bei den Bohrkosten und der Wartung der Förderpumpe. Allerdings müssen sich die Anschlussnehmer über die gemeinsame Wartung der Brunnenanlage einig sein.
3. **Effizienz:** Höchste COP-Werte im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen, keine Geräuschbelästigung durch Außeneinheiten

10.2.4 Fernwärmeerschließung durch Geothermie

Basierend auf den im Kapitel Potenzialanalyse für Tiefe und mittlere Geothermie beschriebenen Möglichkeiten (Eavor-Loop), wird die Erschließung des Stadtgebiets Wolfratshausen im Rahmen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze genau untersucht. Ziel ist der Aufbau eines leistungsfähigen Fernwärmenetzes, das in sechs Zonen ausgebaut werden soll.

Technische Umsetzung und Trassenführung

Die aktuelle Planung sieht vor, die Wärmeenergie über eine Hauptleitung in das Stadtgebiet einzuspeisen. Die Erschließung erfolgt über das Gewerbegebiet und würde sich dann über die Heiglstraße und Sauerlacherstraße Richtung Real- und Berufsschule ausdehnen. Die Wärmelinien dichten nördlich der Sauerlacher Straße machen auch eine Erschließung der dortigen großen Mehrfamilienhäuser wahrscheinlich. Im Ober- und Untermarkt ist eine Erschließung aufgrund der hohen Wärmedichte trotz technischer Herausforderungen (fehlende Keller und Dachheizzentralen) grundsätzlich interessant. Hier müssten Sparten im Zuge der Fernwärmeverlegung teilweise neu geordnet werden. Eine Erhebung der bisherigen Spartenverlegung läuft bereits. Das Netz könnte sich Richtung Süden bis in den Loisachbogen erstrecken.

Im Farchet könnte sich die Erschließung entlang größerer Abnehmer bis zur Mehrzweckhalle ausdehnen, im Norden von WalDRAM machen die hohen Wärmelinien dichten bei den großen Mehrfamilienhäusern eine wirtschaftliche Erschließung möglich.

Die Realisierung des Projekts ist an strikte wirtschaftliche Parameter gebunden. Das optimierte Szenario geht von einer Anschlussquote von 70 % aus. Eine hohe Anschlussquote ist das "Non-Plus-Ultra" für den Erfolg des Projekts. Die Leitungsdimensionierung sieht bewusst Reserven vor, um auch zukünftig weitere Anschlüsse über die initial geplanten Gebiete hinaus zu ermöglichen.

Mit der Beauftragung des BEW Modul 1 hat die Stadt Wolfratshausen bereits wichtige Weichen gestellt. Damit die Fernwärme ein wichtiger Baustein für die zukünftige klimaneutrale Wärmeinfrastruktur werden kann, sollte die Stadt folgende unterstützende Maßnahmen für die wirtschaftliche Basis und die technische Umsetzbarkeit des Projekts beisteuern:

Sicherung der Anschlussquote (Akquise-Strategie)

Da die Anschlussquote als „Non-plus-ultra“ für die Wirtschaftlichkeit identifiziert wurde, muss die Stadt eine aktive Rolle in der Überzeugungsarbeit einnehmen:

- **Vertriebsoffensive:** Aufbau einer Akquise-Struktur, um die notwendige Quote von 70 % im erschließbaren Gebiet zu erreichen.
- **Kommunikationskampagne:** Transparente Aufklärung über die Vorteile gegenüber fossilen Heizsystemen, um Verunsicherungen (z. B. durch Verzögerungen am Bohrloch) entgegenzuwirken.
- **Vorbildfunktion:** Verbindliche Prüfung des Anschlusses aller städtischen Liegenschaften (wie dem Schulzentrum) als Ankerkunden, auch wenn hierfür gesonderte Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen notwendig sind.

Koordination der Infrastruktur (Baumanagement)

Um Kosten zu senken und die Belastung für die Bürger:innen zu minimieren, sollte die Stadt die Fernwärme als Leit-Sparte der Stadtentwicklung nutzen:

- **Spartenbündelung:** Systematische Koppelung der Fernwärmeverlegung mit der Sanierung von Trinkwasserleitungen und anderen Sparten, insbesondere dort, wo die Platzverhältnisse eng sind.

- **Baurechtliche Vorbereitung:** Anpassung der Satzungen, um bei Neuverlegungen von Leitungen im öffentlichen Raum die notwendigen Abstände (auch unter 1 m, falls technisch erforderlich) rechtssicher zu ermöglichen.
- **Trassensicherung:** Formelle Freihaltung der geplanten Korridore in der Bauleitplanung, um spätere Konflikte mit privaten Bauvorhaben zu vermeiden.

Technische & Wirtschaftliche Qualitätssicherung

Die Stadt muss sicherstellen, dass die theoretische Planung in ein investitionsfähiges Modell übergeht:

- **Businessplan-Abgleich:** Finalisierung der Wirtschaftlichkeitsbewertung innerhalb, um Deckungsgleichheit mit dem Businessplan der Stadtwerke (StW) und der ESB herzustellen.
- **Schnittstellenmanagement:** Gewährleistung einer einheitlichen Druckstufe und technischer Standards zwischen den verschiedenen Planungsabschnitten der Ingenieurbüros.
- **Fördermittel-Management:** Einhaltung der BEW-Fristen, um die Förderfähigkeit der Bauabschnitte nicht zu gefährden.

Strategische Flächenvorsorge

- **Quartierslösungen:** Für Gebiete wie den Ober- oder Untermarkt, die aufgrund fehlender Keller technisch schwierig zu erschließen sind, müssen Konzepte für alternative Übergabestationen entwickelt werden.
- **Reservesicherung:** Vorhaltung von Kapazitäten in der Leitungsdimensionierung, um langfristig auch Randgebiete oder spätere Interessenten ohne teure Neuverlegung anschließen zu können.

10.2.5 Wärmeversorgung im historischen Stadtkern

Die energetische Sanierung und insbesondere die Heizungserneuerung stellen Eigentümer von Bestandsgebäuden, gerade im historischen Stadtkern von Wolfratshausen vor besondere Herausforderungen. Das am 1. Januar 2024 in Kraft getretene Gebäudeenergiegesetz (GEG), welches in § 71 konkrete Anforderungen an den Einbau und Betrieb neuer Heizungsanlagen stellt, bildet hierbei den rechtlichen Rahmen. Ziel ist die schrittweise Umstellung auf erneuerbare Energien.

Die Vorgaben des §71 GEG

§71 des GEG regelt primär die Pflicht zur Nutzung von mindestens 65 % erneuerbarer Energien beim Einbau neuer Heizungsanlagen. Dies gilt für alle Gebäude, in denen die Heizungsanlage ausgetauscht oder neu eingebaut wird.

Spezifische Herausforderungen in Wolfratshausen

Die historischen Bauten im Skern von Wolfratshausen weisen oft besondere Bauweisen auf, die die Installation moderner Heizsysteme erschweren:

- **Nicht unterkellerte Gebäude:** Das Fehlen von Kellern oder nur geringen Fundamenten erschwert die Platzierung von Speichern, Pufferspeichern oder größeren Anlagenkomponenten im Erdgeschoss oder Souterrain.
- **Dachheizzentralen:** Der Betrieb von Heizanlagen unter dem Dach war früher üblich, um Schornsteinwege zu minimieren. Moderne regenerative Systeme benötigen jedoch oft mehr Platz und haben andere Anforderungen an die Abgasführung (z. B. Soleleitungen, Außengeräte).
- **Denkmalschutz/Ensembleschutz:** Historische Fassaden verbieten oder beschränken oft die Installation von Außeneinheiten (z. B. Split-Klimaanlagen oder Luft-Wasser-Wärmepumpen) oder sichtbaren Leitungen.

Regenerative Vorschläge für Gebäudeeigentümer

1. Wärmenetzanschluss

Optimal wäre der Anschluss der Gebäude an ein zukünftiges Wärmenetz. Die Erschließung mit Fernwärmeleitungen stellt langfristig die beste Lösung dar: Hohe Vorlauftemperaturen sorgen dafür, dass auch alte Gebäude, die energetisch schwer zu sanieren sind, regenerativ beheizt werden könnten. Aktuell ist zeitlich nicht abzusehen, ob und wann eine Erschließung dieses Bereichs mit Fernwärme erfolgen kann.

Angesichts der genannten Rahmenbedingungen und Einschränkungen bieten sich für die Eigentümer in Wolfratshausen folgende alternative Optionen an, die die Anforderungen des GEG erfüllen können:

2. Die Hybrid-Wärmepumpe (Luft-Wasser)

Bei dieser Hybridlösung arbeitet die Wärmepumpe primär und deckt idealerweise über 65 % des Wärmebedarfs. Ein bestehender oder neuer Gas-Brennwertkessel springt nur an sehr kalten Tagen oder zur Spitzenlastabdeckung ein.

GEG-Konformität: Erfüllt die 65 %-Regel, sofern die Deckung durch die Wärmepumpe entsprechend nachgewiesen wird. Diese Variante setzt voraus, dass eine Gasversorgung auch zukünftig sichergestellt werden kann.

Die Außeneinheit kann ggf. im Innenhof oder einer unauffälligen Nische platziert werden, um den Denkmalschutz zu berücksichtigen. Im vergleichbaren Bereich der Tölzer Marktstraße wurde bereits eine Luft-Wasser-Wärmepumpe auf dem Dach eines historischen Gebäudes mit Einvernehmen der Denkmalschutzbehörden errichtet.

3. Die Split-Klimaanlage als Heizsystem (Abluft-Wärmepumpe)

Vor allem in gut gedämmten (sanierten) Altbauten kann die Abluft-Wärmepumpe (eine spezielle Art der Luft-Wasser-Wärmepumpe) genutzt werden. Auch Split-Klimaanlagen (Luft-Luft-Wärmepumpen) zur Teilbeheizung in Verbindung mit einem regenerativen Grundsystem können eine Option sein. Ein früherer Standort der Dachheizzentrale kann möglicherweise für die Platzierung einer kompakten Abluft-Wärmepumpe oder eines kompakten Speichers genutzt werden.

10.2.6 Gewässerthermie Wärmeverbund Weidachmühle

Im Zuge der Energiekrise rückten Potenziale in den Fokus, die zwar lange bekannt sind, jedoch aufgrund von langem planerischem Vorlauf und hohen Investitionskosten bisher kaum genutzt wurden. Der Wärmeentzug aus Oberflächengewässern bietet langfristig hohes Potenzial und kann nahezu ganzjährig genutzt werden. Ausschlaggebend dafür sind die vorhandenen Temperaturen im Gewässer.

Die Wassertemperaturen der Loisach werden vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim aufgezeichnet. In Abbildung 10-4 werden die täglich maximalen und minimalen Wassertemperaturen in °C an der Messstelle Beuerberg aufgezeichnet.

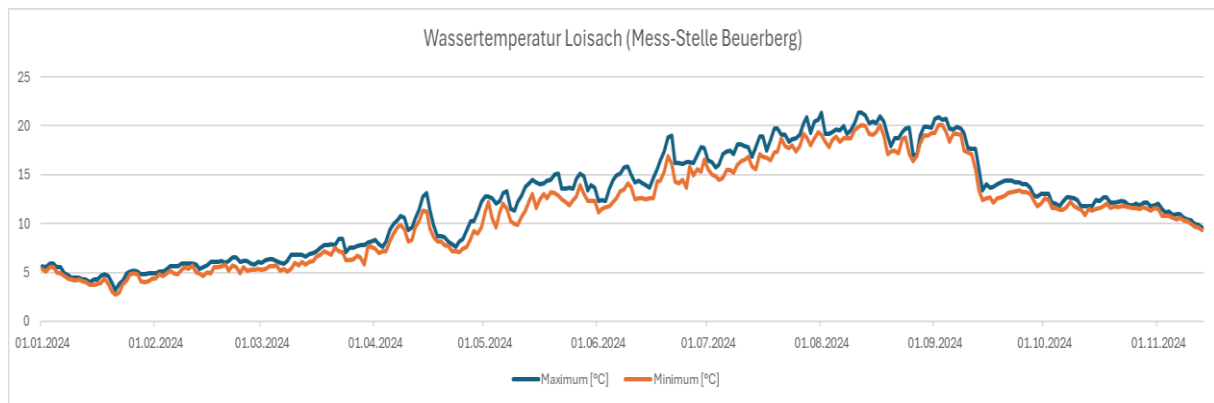


Abbildung 10-4: Die täglich maximalen und minimalen Wassertemperaturen in °C an der Messstelle Beuerberg (LfU, 2026)

Die bestehende Ausleitung der Weidachmühle westlich der Loisach führt mindestens eine Wassermenge von 7 m³/s. Bei einer Nutzung von 1 m³ pro Sekunde stünde allein schon eine thermische Dauerleistung von 4,1 MW zur Verfügung. Hinzu kommt die elektrische Energie zum Betrieb der Wärmepumpe. Diese wird beim Prozess ebenfalls in Wärme umgewandelt. In der Regel werden zwei Aggregate eingesetzt, die sich gegenseitig ergänzen bzw. ersetzen können.

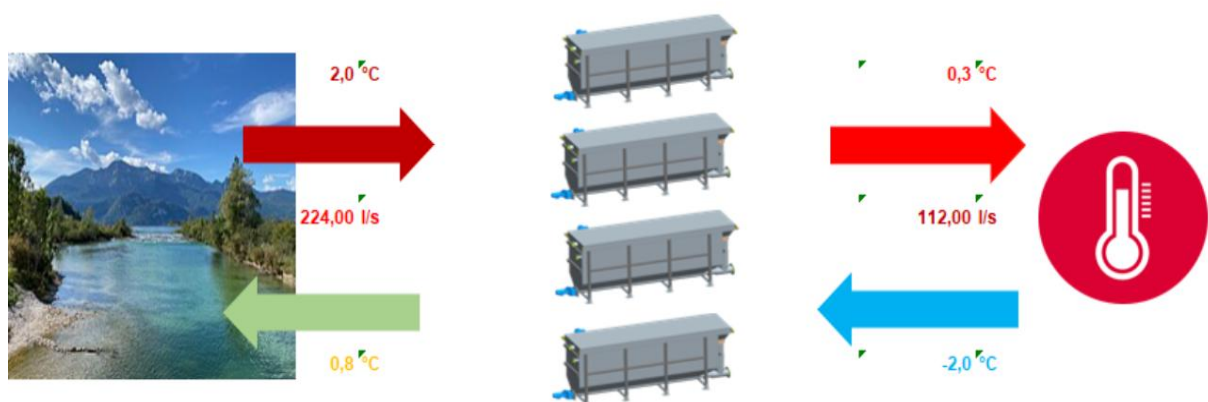


Abbildung 10-5: Prinzip der Wärmeentnahme aus Flusswasser mittels Wärmetauscher für eine Großwärmepumpe. Das Flusswasser wird mit einem Volumenstrom von 224 l/s entnommen, von 2,0 °C auf 0,3 °C abgekühlt und anschließend wieder in das Gewässer zurückgeführt. Die gewonnene Umweltwärme wird über einen sekundären Kreislauf an die Wärmepumpe übertragen (Abbildung nach (www.thi.de, 2024).

Die Einsatzgrenzen der geplanten Wärmepumpen liegen bei 4 °C. Sofern der Wärmetauscher großzügig ausgelegt wird, kann das System ganzjährig betrieben werden. Durch ein spezielles Überwachungs- und Reinigungssystem wird ein Vereisen verhindert. Mit dieser Auslegung kann die Wärmeversorgung für ein potenzielles Fernwärmenetz redundant sichergestellt werden.

Mögliche Erschließungsgebiete

Wie bei konventionellen Wärmenetzen auch ist der Wärmedurchsatz je Trassenmeter und Jahr eine entscheidende Größenordnung für die Wirtschaftlichkeit des Systems. Der lange zeitliche Vorlauf sowie die erforderlichen Genehmigungsverfahren verursachen einen zunächst hohen Planungsaufwand. Dieser ist nur gerechtfertigt, wenn auch ein entsprechend großes Wärmenetz zu beschicken ist. In der folgenden Karte werden die herkömmlichen Rahmenbedingungen dargestellt.



Abbildung 10-6: Wärmeverbund Gewässerthermie Weidachmühle, Ausbaustufe A

Die Erschließung dieses Teilgebiets ist nach aktuellem Stand für die Fernwärme aus Tiefengeothermie nicht interessant. So könnte alternativ diese Wärmegewinnung aus der Loisach eine Technologie darstellen, die die Gebäude dieses Ortsteils langfristig regenerativ beheizt.

In etwas größerem Umgriff könnten zusätzliche Gebäude bis an die nördliche Stadtgrenze versorgt werden. Allerdings sinkt die Wärmebelegungsichte hier aufgrund der weitläufigeren Streckenführung. Um die Investitionskosten etwas geringer zu halten, könnte das Wärmenetz statt mit geschweißtem Stahlrohr mit flexiblem Kunststoffrohr errichtet werden. Östlich der Loisach erstreckt sich ein Wohngebiet, das ebenfalls über dieses System erschlossen werden könnte. Eine Querung der Loisach verursacht jedoch zusätzliche Kosten.

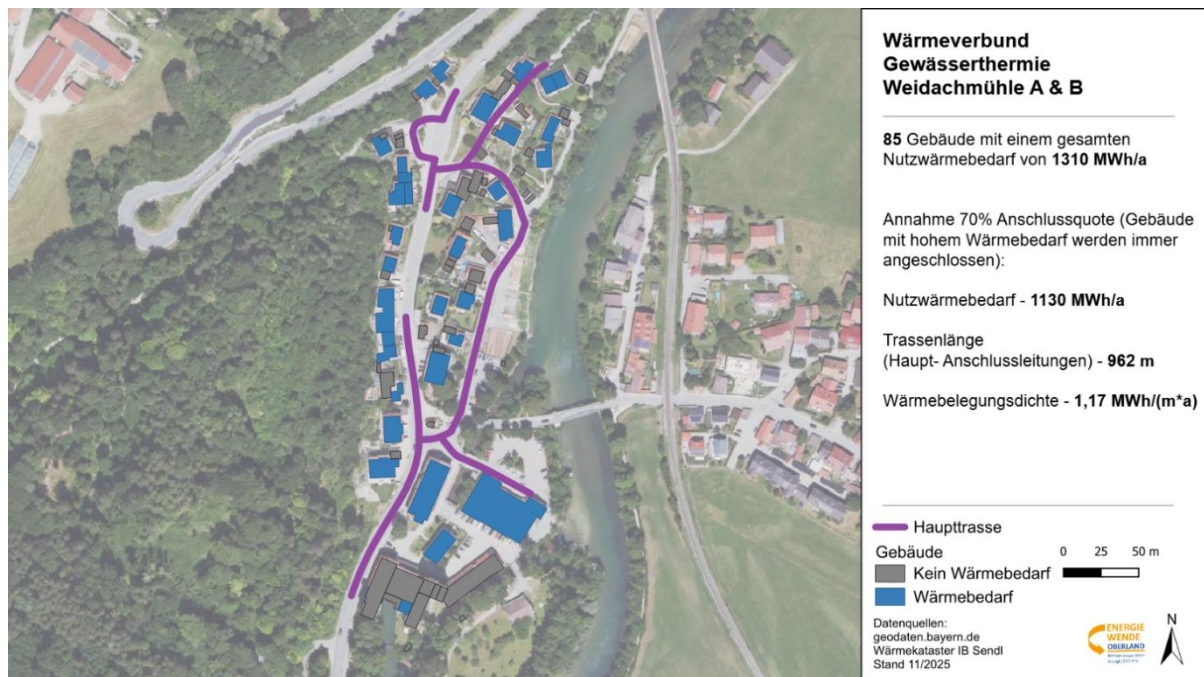


Abbildung 10-7: Wärmeverbund Gewässerthermie Weidachmühle, Ausbaustufe A & B

Großer Vorteil dieser Ausweitung wäre die langfristige Wärmeversorgung der städtischen Grundschule Weidach sowie des angrenzenden Kindergartens. Für das bereits in Planung befindliche Seniorenheim wird der zeitliche Vorlauf aktuell nicht ausreichen. Sollte dieses System zur Umsetzung kommen, so ist von einem langfristigen zeitlichen Horizont auszugehen. Eventuell kann über die Flusswärme eine Grundlast an das Seniorenheim geliefert werden, sodass der erforderliche Anteil von 65 % regenerativer Wärme so sichergestellt werden könnte.

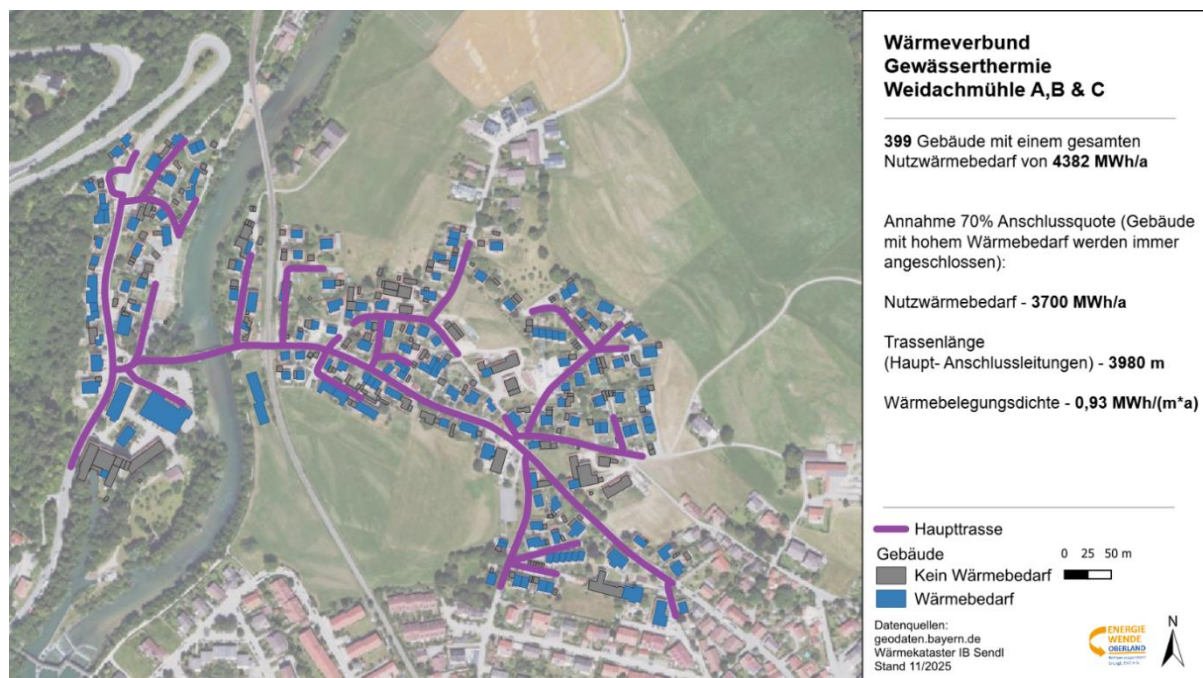


Abbildung 10-8: Wärmeverbund Gewässerthermie Weidachmühle, Ausbaustufe A,B & C

In dieser großen Ausbaustufe sollten drei Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von jeweils 425 kW installiert werden.

Die erzeugte Wärme wird mittels Übergabestation an das Heizsystem im Gebäude geliefert. Zahlreiche Varianten sowie die modulare Ausstattung der Station lassen eine schnelle Montage sowie eine mittels Fernüberwachung wirtschaftlich günstige Betriebsweise zu.

Verlegt werden soll ein Wärmenetz aus vernetztem Polyethylenrohr (PEX) z.T. mit verstärkter Rohrdämmung. Die Hauptleitungen sowie die Leitungen zum größten Wärmeverbraucher werden als Einzelrohr verlegt, die Verteil- und Anschlussleitungen kleiner DN 50 werden als Doppelrohr installiert. Letztere verursachen einen geringeren Wärmeverlust, sind jedoch in der Verlegung aufwendiger. Für die leistungsstarken Haupttrassen werden Vor- und Rücklauf als Einzelleitungen in Frosttiefe verlegt.

Die im GEG festgelegten Primärenergiefaktoren liegen für Heizöl und Erdgas bei 1,1 für den verwendeten Strom aus Wasserkraft ohne Durchleitung durch das öffentliche Stromnetz bei 0. Aus den bisher verbrauchten ca. 450.000 Litern m^3 Erdgas bzw. Litern Heizöl pro Jahr ergibt sich daher ein Primärenergiebedarf von 4.500 MWh/a. Dieser wird durch die Wärme aus der Loisach in Kombination mit dem Strom aus Wasserkraft vor Ort ersetzt.

Mit Erstellung der großen Lösung würde jährlich der Verbrauch von 450.000 m^3 Erdgas entfallen. Bei einem Emissionsfaktor von 0,240 t CO_2 -Äquivalent pro MWh (*GEMIS 4.94*, 2019) werden jährlich Emissionen in Höhe von 1.080 t vermieden.

10.2.7 Gewässerthermie Wärmeverbund Waldram

Analog zum Wärmeentzug an der Loisach könnte auch aus dem Verbindungskanal zwischen Loisach und Isar Wärme entnommen werden. Es ist anzunehmen, dass die Wassertemperaturen nahezu identisch zu den an der Messstelle Beuerberg ermittelten Werten sind (Abbildung 10-9). Im Gegensatz zur bestehende Ausleitung der Weidachmühle wird der Wasserdurchsatz durch die Kraftwerksgruppe Uniper unterschiedlich gesteuert. Im Zuge der aktuellen Sanierungsmaßnahmen wurde die Wassermenge mit regulär 5 m^3/s beschrieben. Bei einer Nutzung von 1 m^3 pro Sekunde stünde allein schon eine thermische Dauerleistung von 4,1 MW zur Verfügung. Hinzu kommt die elektrische Energie zum Betrieb der Wärmepumpe. Diese wird beim Prozess ebenfalls in Wärme umgewandelt. In der Regel werden zwei Aggregate eingesetzt, die sich gegenseitig ergänzen bzw. ersetzen können.

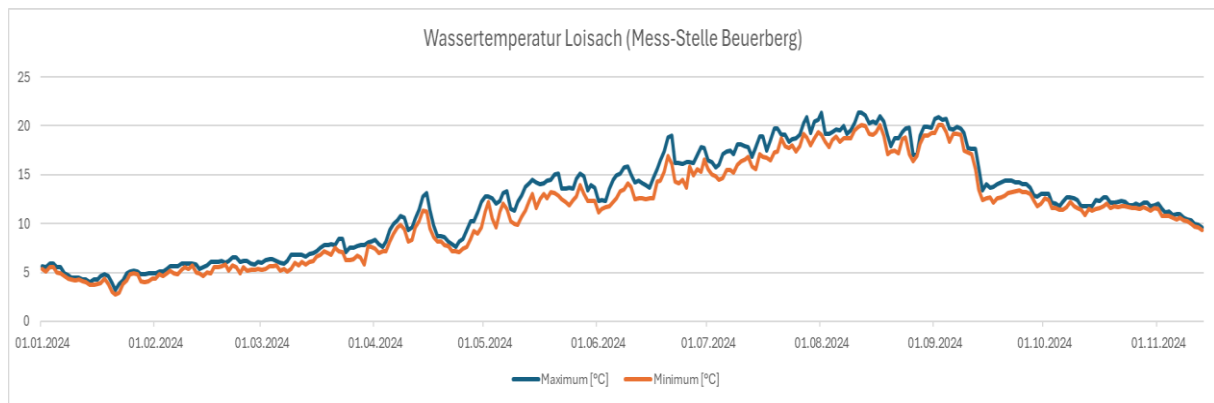


Abbildung 10-9: Die täglich maximalen und minimalen Wassertemperaturen in °C an der Messstelle Beuerberg (LfU, 2026).

Mögliche Erschließungsgebiete

Die Planungen zur Wärmeverteilung aus Tiefengeothermie beinhalten den Ortsteil Waldram. Daher kann dieses Konzept lediglich zum Tragen kommen, sofern das Projekt nicht wie geplant erstellt wird. Nachdem die baulichen Maßnahmen einen weiteren Eingriff in die Schutzgebiete rund um den Kanal gering halten sollten, wäre der Bau einer Energiezentrale im Umgriff der Mehrzweckhalle sinnvoll. Allerdings ist zur Erschließung der Gebäude in Waldram eine Querung des Kanals erforderlich. In einer kleinen Variante könnten folgende, in Abbildung 10-10 gekennzeichneten Straßenzüge erschlossen werden.

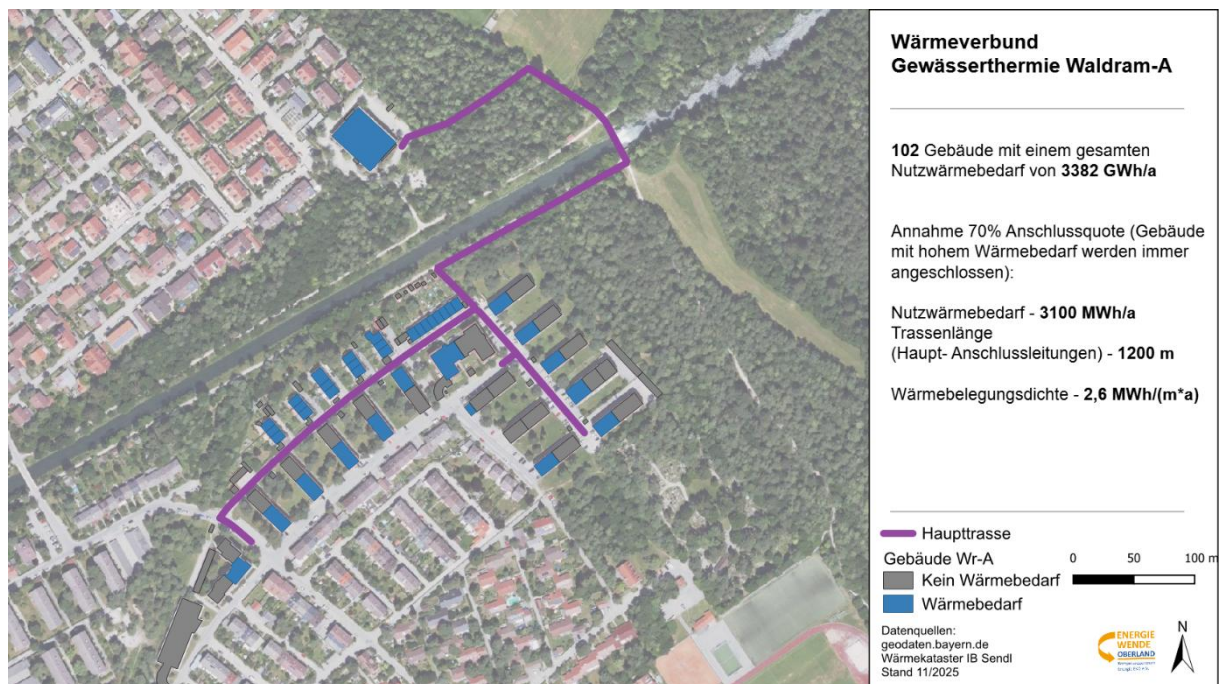


Abbildung 10-10: Wärmeverbund Gewässerthermie Waldram, Ausbaustufe A

Die in der Abbildung grau hinterlegten Gebäudeteile sind ebenfalls Wohngebäude mit Wärmebedarf. Allerdings wird der Wärmeverbrauch immer den jeweiligen Zentralheizungen zugeordnet. Die im blau hinterlegten Teil des Gebäudes installierte Heizung versorgt das gesamte Gebäude. Eine Versorgung mit größerem Umgriff ist in Abbildung 10-11 dargestellt.

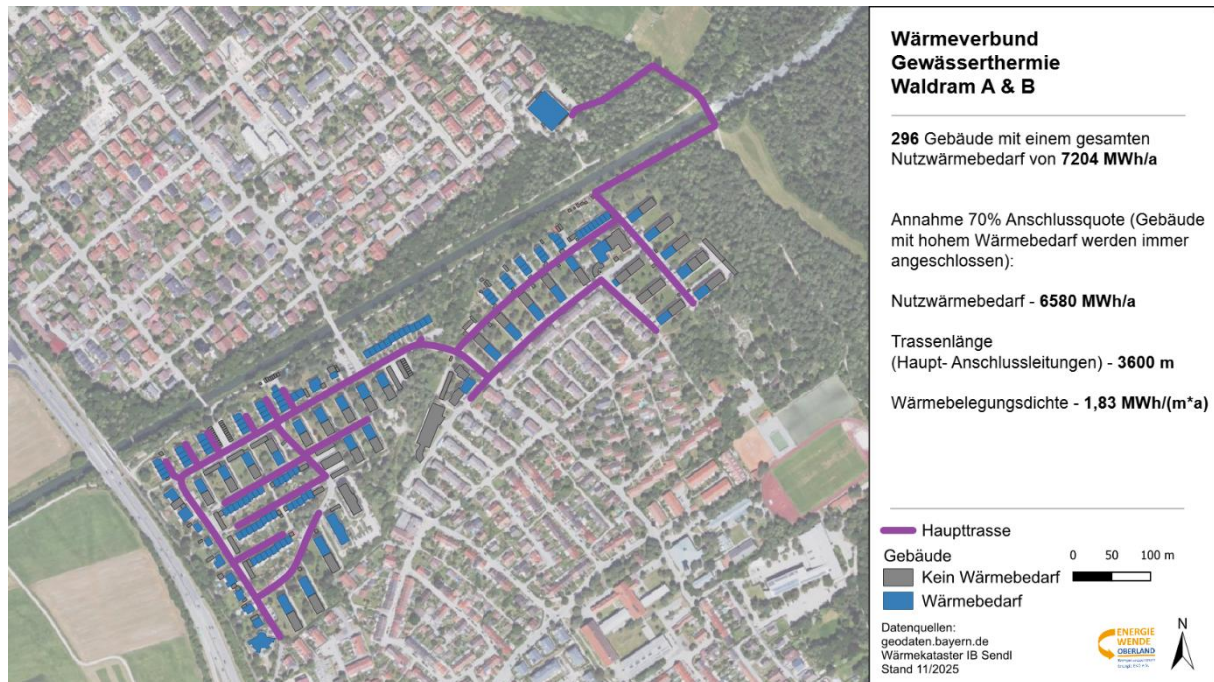


Abbildung 10-11: Wärmeverbund Gewässerthermie Waldram, Ausbaustufe A & B

Wie bei allen Systemen mit Wärmepumpen muss bei der Planung und Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden, dass große Mengen Strom dafür erforderlich sind. Am Standort der Weidachmühle wird bereits seit langem regenerativer Strom in Grundlast erzeugt. Hier am Standort des Loisach – Isar – Kanals ist die Nutzung der Wasserkraft in Planung. Eine Umsetzung hier in Waldram kann nur empfohlen werden, sofern das Wärmenetz über die Tiefengeothermie den Ortsteil Waldram nicht erschließt und eine Wasserkraftanlage am Kanal errichtet werden darf.

10.2.8 Regenerative Wärmeversorgung durch Pyrolyse-Technologie im Gewerbegebiet an der Loisach

Dekarbonisierung des Gewerbegebiets durch dezentrale Biomasse-Vergasung (Pflanzenkohle-Produktion)

1. Ausgangslage & Zielsetzung

Die Stadt Wolfratshausen erarbeitet derzeit ihre kommunale Wärmeplanung mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2045. Das Gewerbegebiet an der Loisach steht aufgrund seiner geplanten Erweiterung und des bestehenden Energiebedarfs im Fokus. Die zentrale Wärmeversorgung mit tiefengeothermischer Wärme scheidet mittelfristig aus, da das Gebiet wirtschaftlich nicht erschlossen werden kann. Eine rein elektrische Lösung (Wärmepumpen) stößt aufgrund des Wärmebedarfs im bestehenden Gewerbegebiet an seine Grenzen.

Vorschlag: Bau einer modularen Pyrolyseanlage als Container-Anlage. Diese wandelt ungenutzte Biomasse-Reststoffe (z.B. Grünschnitt aus der Landschaftspflege, Altholz, Siebreste) in zwei wertvolle Produkte um: Erneuerbare Wärme und Pflanzenkohle.

2. Technisches Konzept

Das System der Pyrolyse nutzt ein Verfahren zur thermochemischen Umwandlung von Biomasse unter Sauerstoffabschluss (Pyrolyse).

- **Wärmeerzeugung:** Es entsteht ein hochwertiges Pyrolysegas, das direkt vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) oder einem Brenner zur Erzeugung von Grundlast-Wärme (bis zu 90°C für Nahwärmenetze oder höhere Temperaturen für Prozesswärme) genutzt wird.
- **Pflanzenkohle-Produktion:** Etwa 50 % des in der Biomasse enthaltenen Kohlenstoffs wird dauerhaft in Pflanzenkohle gebunden. Dies macht die Energieerzeugung CO₂-negativ.
- **Modularität:** Die Anlagen sind in Containern skalierbar und können somit schrittweise mit dem Gewerbegebiet mitwachsen.

3. Strategische Vorteile für Wolfratshausen

A. Klimaschutz und CO₂-Senke

Im Gegensatz zu Pellet- oder Holzhackschnitzelheizungen, die das gebundene CO₂ wieder freisetzen, entzieht die Pyrolyse der Atmosphäre aktiv Kohlenstoff. Die Stadt kann die so generierten CO₂-Senkenzertifikate (CORCs) vermarkten oder zur Erreichung der eigenen Klimaziele anrechnen.

B. Wirtschaftliche Synergien im Gewerbegebiet

- **Regenerative Prozesswärme:** Ansässige Betriebe (z.B. produzierendes Gewerbe) können stabil kalkulierbare Wärme beziehen, unabhängig von Erdgaspreisen.

- **Lokale Wertschöpfung:** Biomasse-Reststoffe aus der Region (z.B. vom städtischen Bauhof oder lokalen Forstbetrieben) werden zu einem wertvollen Rohstoff verarbeitet.
- **Produkt Pflanzkohle:** Die erzeugte Kohle kann als Bodenhilfsstoff in der lokalen Landwirtschaft, als Zuschlagstoff für Beton oder zur Abwasserreinigung (Aktivkohle-Ersatz) genutzt werden.

C. Standortvorteil „Grünes Gewerbegebiet“

Die Ansiedlung einer solch innovativen Technologie wertet das Gewerbegebiet ökologisch auf und wirkt der Kritik an der Flächenversiegelung („XXL-Bau an der Loisach“) durch ein echtes Nachhaltigkeits-Leuchtturmprojekt entgegen.

4. Empfohlene Maßnahmen (Schritt-für-Schritt)

1. **Potenzialanalyse Biomasse:** Prüfung der lokal verfügbaren Reststoffmengen (Grünschnitt, Waldrestholz, holzige Abfälle), um die Anlagengröße zu definieren.
2. **Machbarkeitsstudie Nahwärmenetz:** Untersuchung der Trassenführung im bestehenden Gewerbegebiet zur Anbindung der größten Wärmeabnehmer an die Pyrolyse-Zentrale.
3. **Betreibermodell entwickeln:** Prüfung einer Kooperation der möglichen Wärmeabnehmer, eventuell des Maschinenrings Wolfratshausen oder Logistikunternehmen aus dem land- und forstwirtschaftlichen Umfeld.
4. **Fördermittelakquise:** Beantragung von Fördermitteln (z.B. über die BEW – Bundesförderung für effiziente Wärmenetze), da Pyrolyse-Systeme aufgrund ihrer CO₂-Negativität hochgradig förderfähig sind.
5. **Flächenausweisung:** Reservierung einer zentralen Fläche (ca. 500–1.000 m²) im Erweiterungsgebiet für das Energiezentrum inklusive Brennstofflogistik.

5. Fazit

Die Integration einer Pyrolyse-Anlage im Gewerbegebiet an der Loisach bietet die Chance, Wolfratshausen als Vorreiter der Carbon-Removal-Strategie zu positionieren. Es ist eine technisch ausgereifte Lösung, die Versorgungssicherheit mit aktivem Klimaschutz verbindet und die lokale Kreislaufwirtschaft stärkt.

10.2.9 Optimierung der Heizungsregelung

Die Heizungsregelung spielt eine zentrale Rolle für die Energieeffizienz eines Gebäudes. Durch smarte Anpassungen der Heizkurve, Heizzeiten und Raumsolltemperaturen lässt sich der Energieverbrauch der Heizungsanlage deutlich senken und so auch Kosten einsparen. Die Einstellung der Heizungsregelung ist in den meisten Fällen mithilfe der beiliegenden Bedienungsanleitung der Heizungsanlage problemlos möglich (sh. Infobox auf der folgenden Seite). Ob eine Sanierung bzw. Anpassung der Heizungsregelung im eigenen Gebäude sinnvoll ist, kann auch anhand einer groben Überschlagsrechnung zur Einordnung des Gasverbrauchs festgestellt werden (siehe Abbildung 10-12).

Oftmals befinden sich die Heizungsregelungen noch in der Werkseinstellung, sind also nicht auf die Nutzer:innen und das Gebäude abgestimmt. Die meisten Regelungen lassen in der Benutzerebene Änderungen an den Nutzungszeiten und den Solltemperaturen zu. Um den Verbrauch ohne Komfortverlust zu senken, können folgende Anpassungen vorgenommen werden:

- Absenken der Steilheit der Heizkurve
- Anpassung der Nutzungszeiten für Tag- und Nachtbetrieb von Heizung und Warmwasser
- Absenkung des Sommer-/Winter-Umschaltpunkts

In den jeweiligen Handbüchern der Regelungen finden sich Hinweise dazu. Falls erforderlich, kann die Einstellung der Kennwerte auch im Zuge des Kundendienstes erfolgen.

**Ist mein
Erdgasverbrauch
zu hoch?**

Mit wenigen Schritten kann jeder Hauseigentümer seinen Verbrauchswert über die eingesetzte Energie überschlägig selbst ermitteln:

- 1) Verbrauch von m³ Erdgas x 10 = Energieverbrauch in kWh / a.
- 2) Pro Person werden 1.000 kWh für Warmwasserheizung abgezogen
- 3) Die verbleibenden kWh werden durch die Quadratmeter Wohnfläche geteilt.

Beispielrechnung: 4 – Personen – Haushalt, 160 m² Wohnfläche, 4.000 m³ Erdgas:

- 1) 4.000 m³ Erdgas x 10 = 40.000 kWh/Jahr
- 2) 40.000 kWh/a – 4.000 kWh/ a = 36.000 kWh/a
- 3) 36.000 kWh/a : 160 m² = 225 kWh/m² a

So ergibt sich ungefähr ein Energieverbrauchswert für das jeweilige Gebäude. Nicht berücksichtigt wird dabei der Anteil, der ggf. durch Holz erzeugt wird. Genauer kann hier selbstverständlich ein Energieberater Auskunft geben. Sollte sich ein Verbrauchswert über 150 kWh/m²a ergeben, so besteht deutlicher Handlungsbedarf.

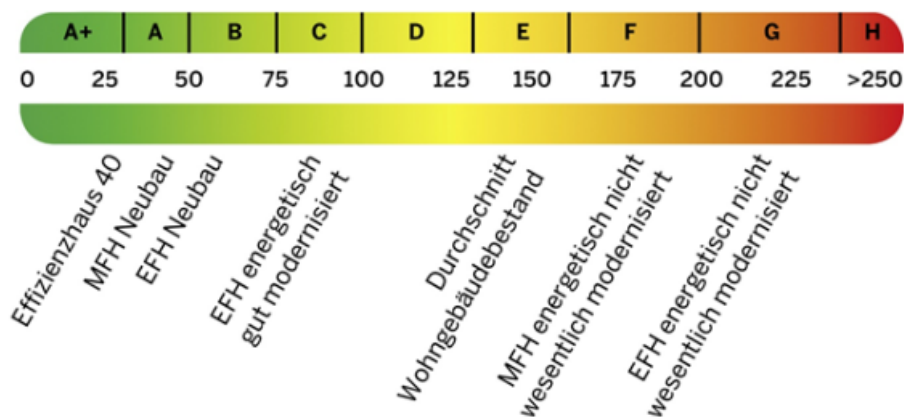


Abbildung 10-12: Beispielrechnung Energieverbrauchswert.

10.3 Sonstige Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde

Neben eher technischen Lösungen ist gerade die Akzeptanz und die soziale Komponente der Wärmewende ein großer Baustein. Es gilt daher die Bürgerinnen und Bürger mitzunehmen und die Möglichkeiten erlebbar zu machen.

10.3.1 Wärmewende er-fahren – Die Vor-Ort-Fahrradtour

Ausgangslage & Zielsetzung

Trotz der technischen Reife von Wärmepumpen und Biomasseheizungen halten sich Mythen hartnäckig (z.B. „zu laut“, „funktioniert nicht im Altbau“, „zu hoher Wartungsaufwand“). Diese Maßnahme zielt darauf ab, durch Best-Practice-Beispiele aus der Nachbarschaft Vertrauen aufzubauen.

Die Ziele sind:

- **Imagekorrektur:** Abbau von Schwellenängsten durch direkten Kontakt mit Anlagenbetreibern.
- **Wissenstransfer:** Unabhängige Information über Installation, Kosten und Effizienz.
- **Vernetzung:** Austausch zwischen motivierten Sanierern und noch unentschlossenen Hauseigentümern.

Ablauf der Maßnahme:

Vorbereitungsphase (ca. 3–4 Monate)

- **Akquise:** Suche nach Bürger:innen, die ihre Heizungsanlagen (Luft-, Grundwasser- oder Erdwärmepumpen, Pelletkessel, Hackschnitzelanlagen) für eine kurze Besichtigung öffnen.
- **Routenplanung:** Erstellung einer fahrradtauglichen Route durch das Stadtgebiet, die verschiedene Gebäudetypen (Wohngebäude, Gewerbe) abdeckt.
- **Experten-Einbindung:** Gewinnung eines neutralen Energieberaters, der die Tour begleitet und technische Rückfragen fachlich fundiert beantwortet.

Durchführung

- **Stationärer Stopp:** An jedem Gebäude gibt es einen 20-minütigen Slot. Die Eigentümer berichten jeweils kurz über ihre Erfahrungen (Motivation, Umbauphase, Zu-

friedenheit), gefolgt von einer kurzen technischen Einordnung durch das Klimaschutzmanagement.

- **„Hörprobe“ & Besichtigung:** Die Teilnehmenden können sich von der tatsächlichen Lautstärke einer Wärmepumpe oder dem Platzbedarf eines Pelletlagers persönlich überzeugen.

Nachbereitung

Bereitstellung eines digitalen „Steckbriefs“ der besichtigten Anlagen auf der Website der Stadt.

Zielgruppen:

- Private Hauseigentümer (insbesondere mit anstehendem Heizungswechsel).
- Lokalpolitiker und Multiplikatoren.
- Interessierte Bürgerinnen und Bürger.

Erwartete Wirkung

- **Steigerung der Sanierungsquote:** Durch den Abbau von Vorbehalten steigt die Bereitschaft, in regenerative Systeme zu investieren.
- **Multiplikator-Effekt:** Die Teilnehmenden tragen ihre positiven Eindrücke in ihren Bekanntenkreis weiter („Ich habe das gesehen, das funktioniert wirklich“).
- **Stärkung des Gemeindegefühls:** Die Tour fördert das Bewusstsein, dass die Wärmewende ein gemeinschaftliches Projekt vor Ort ist.

Kostenschätzung & Ressourcen

Personalaufwand: Koordination durch das Klimaschutzmanagement.

Sachkosten: Gering (Marketing, ggf. kleiner Snack/Getränke am Zielort, Honorar für externen Energieberater).

10.3.2 Tag der offenen Heizungstüre

Zur Beheizung eines Gebäudes gibt es mittlerweile zahlreiche regenerative Möglichkeiten, deren Einsatz immer interessanter wird. Welche Art von Heizsystem zu empfehlen ist, hängt unter anderem von der thermischen Qualität und dem erforderlichen Temperaturniveau der Wärmeverteilung im Gebäude ab. Um die Entscheidung für ein solches System zu erleichtern, ist es sinnvoll, die Technik vorab im konkreten Einsatz zu sehen.

Ablauf der Maßnahme

- **Stationäres Format:** An einem Tag der offenen Heizraumdüre können mehrere neue Heizanlagen bei Endkunden besichtigt werden. Im Gegensatz zur geführten Radtour steht hier der individuelle Besuch im Vordergrund, bei dem Hausbesitzer oder regionale Heizungsbauer die Anlagen vorstellen.
- **Technikvergleich:** Es ist empfehlenswert, wenn mehrere verschiedene Arten von Wärmepumpen (Luft, Sole, Grundwasser) angeschaut werden können, um diese direkt miteinander zu vergleichen. Ein Erfahrungsbericht von Nutzenden überzeugt dabei meist mehr als vertriebsabhängige Argumente.
- **Zeitpunkt:** Die Organisation sollte vorwiegend in der Heizperiode erfolgen, wenn die Anlagen im Betrieb sind und ihre volle Leistungsfähigkeit demonstrieren können.

Erwartete Wirkung: Fachliche Unterstützung bei der Systemwahl und Erhöhung der Akzeptanz durch den direkten Leistungsvergleich unterschiedlicher technologischer Ansätze direkt vor Ort.

Kostenschätzung & Ressourcen

Personalaufwand: Koordination durch das Klimaschutzmanagement.

Sachkosten: Gering

10.3.3 Thermografie Spaziergang

Die Thermographie ist ein bildgebendes Verfahren, bei welchem mittels einer speziellen Kamera die Wärmestrahlung sichtbar gemacht wird. Das so entstehende Bild stellt die Temperaturverteilung an der Gebäudeoberfläche dar und ermöglicht damit die Lokalisierung von Schwachstellen in der Gebäudehülle. Häufig wird diese Technik auch für die Energieberatung vor Ort eingesetzt. Zu beachten ist jedoch, dass immer nur eine Momentaufnahme dargestellt werden kann und eine verlässliche Aussage nur zusammen mit der Kenntnis über die bauliche Substanz der Gebäudehülle zu treffen ist. Aussagekräftige Bilder können nur bei kalter Witterung und beheizten Gebäuden erstellt werden.

Vor allem für Gebäude, die vor Inkrafttreten der 3. Wärmeschutzverordnung im Jahr 1995 errichtet wurden, bietet dies die Möglichkeit, Optimierungspotenziale zu identifizieren und

Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle sinnvoll zu planen. Gerade im ländlichen Bereich kommen Schäden durch Marder oder Siebenschläfer in den Dachdämmungen häufiger vor. Die dadurch entstehenden Wärmeverluste können mittels Thermographie im Winter sichtbar gemacht werden.

10.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Der Wärmeplan für Wolfratshausen umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen, die darauf abzielen, die Energieeffizienz zu steigern und den Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmesektor konsequent zu fördern. Diese Maßnahmen dienen als strategische Eckpfeiler der Wärmewende in Wolfratshausen und stellen die entscheidenden Schritte zur Dekarbonisierung des Wärmesektors bis spätestens 2045 dar. Sie bringen nicht nur signifikante Einsparpotenziale mit sich, sondern erzeugen auch Multiplikatoreffekte, welche die ausgearbeitete Strategie für die Stadt bestmöglich unterstützen. Die Maßnahmen umfassen sowohl technische Lösungen als auch Netzwerk- und Kommunikationsstrategien, die zusammen eine nachhaltige und resiliente Wärmeversorgung in der Region anstoßen.

Tabelle 10-3: Zusammenfassung der erarbeiteten Maßnahmen für Wolfratshausen

Maßnahme	Kosten	Dauer	Wirkung
<i>M1: Umfassende energetische Sanierung und technisches Repowering der Grundschule Weidach</i>	> 200.000 €	> 3 Jahre	100–500 t CO ₂ /a
<i>M2: Vergleichsrechnung zum Austausch einer bestehenden Gasheizung</i>	< 50.000 €	< 1 Jahr	< 100 t CO ₂ /a
<i>M3: Gemeinschaftliche Nutzung von Grundwasser zum Betrieb von Wärmepumpen</i>	50.000–200.000 €	1–3 Jahre	100–500 t CO ₂ /a
<i>M4: Fernwärmeerschließung durch Geothermie</i>	> 200.000 €	> 3 Jahre	> 500 t CO ₂ /a
<i>M5: Wärmeversorgung im historischen Ortskern</i>	> 200.000 €	> 3 Jahre	> 500 t CO ₂ /a

<i>M6: Gewässerthermie Wärmeverbund Weidachmühle</i>	> 200.000 €	> 3 Jahre	> 500 t CO ₂ /a
<i>M7: Gewässerthermie Wärmeverbund Waldram</i>	> 200.000 €	> 3 Jahre	> 500 t CO ₂ /a
<i>M8: Regenerative Wärmeversorgung durch Pyrolyse-Technologie im Gewerbegebiet an der Loisach</i>	> 200.000 €	> 3 Jahre	> 500 t CO ₂ /a
<i>M9: Optimierung der Heizungsregelung</i>	< 50.000 €	< 1 Jahr	< 100 t CO ₂ /a
<i>M10: Wärmewende er-fahren – Die Vor-Ort-Fahrradtour</i>	< 50.000 €	< 1 Jahr	< 100 t CO ₂ /a
<i>M11: Tag der offenen Heizungstür</i>	< 50.000 €	< 1 Jahr	< 100 t CO ₂ /a
<i>M12: Thermografie-Spaziergang</i>	< 50.000 €	< 1 Jahr	< 100 t CO ₂ /a

Die Umsetzung dieser Maßnahmen erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen der Stadtverwaltung, den lokalen Stadtwerken und der Bevölkerung. Während technische Großprojekte wie die Erschließung der Gewässerthermie oder der Fernwärmeausbau die strukturelle Basis legen, dienen Formate wie der „Tag der offenen Heizungstür“ oder Thermografie-Spaziergänge dazu, die Akzeptanz zu erhöhen und Hauseigentümer gezielt bei der individuellen Transformation zu unterstützen. Damit schafft Wolfratshausen die notwendigen Voraussetzungen, um die regionalen Klimaziele der Energiewende Oberland aktiv mitzugestalten.

10.5 Verstetigungsstrategie und Controlling-Konzept

10.5.1 Verstetigungsstrategie

Zur Verstetigung der kommunalen Wärmeplanung können folgende Abläufe eingeführt werden:

- **Datenaktualisierung und -analyse:** Die Bestands- und Potenzialdaten sollen alle zwei Jahre aktualisiert werden, um eine verlässliche Grundlage für Entscheidungen zu gewährleisten.

- **Fortschreibung der Wärmeplanung:** Alle fünf Jahre wird die Wärmeplanung umfassend überarbeitet und dem Stadtrat zur Verabschiedung vorgelegt.
- **Feedbackschleifen:** Durch regelmäßige Workshops mit lokalen Akteuren und der Bürgerschaft werden Bedürfnisse und Anregungen integriert.

Folgende Mechanismen unterstützen den Fortschritt der Wärmewende:

- **Digitale Plattform:** Die dynamische Webansicht wird als zentrales Werkzeug für die Kommunikation und Transparenz etabliert. Sie ermöglicht die Visualisierung von Fortschritten, Szenarien und potenziellen Maßnahmen.
- **Monitoring und Evaluation:** Im zweijährigen Turnus wird eine Energie- und CO₂-Bilanz erstellt und zusammen mit den Indikatoren über den Fortschritt und die Wirksamkeit der Maßnahmen in Form eines Dashboards im Stadtrat vorgestellt und öffentlich zugänglich gemacht.
- **Verpflichtende Maßnahmen:** Die Einführung verbindlicher Ziele für die energetische Sanierung kommunaler Gebäude und den Ausbau von Wärmenetzen.

Folgende Strukturen sind für die Umsetzung vorhanden:

- **Steuerungsgruppe:** Der Klimaausschuss ist vorberatend vor dem Bauausschuss, Hauptausschuss, Verkehrsausschuss und Stadtrat zuständig für Fragen der klimatischen Auswirkungen. Er trifft sich regelmäßig, um Fortschritte zu überwachen und Anpassungen zu diskutieren.
- **Koordinationsbeauftragte Personen:** Das Klimaschutzmanagement als eine zentrale Anlaufstelle im Rathaus koordiniert die Wärmeplanung und steht für Bürger:innenanfragen zur Verfügung.

10.5.2 Controlling-Konzept

Methodik

- **Indikatoren:** Die Wirkung der Maßnahmen wird anhand von klar definierten Indikatoren überprüft, welche in Zusammenarbeit mit dem Klimaschutzmanagement der Stadt Wolfratshausen identifiziert wurden:
 - THG-Emissionen
 - Nutzwärme- und Endenergieverbrauch
 - Anteil erneuerbare Energieträger und unvermeidbare Abwärme am Wärmeverbrauch
 - Anzahl Fernwärme Anschlüsse

- Realisierte Trassenlänge
- Anzahl umgesetzter Maßnahmen
- Anzahl Energieberatungen/Jahr
- **Datenquellen:** Die Grundlage bilden GIS-basierte Daten, Kaminkehrerdaten, Informationen der Stadtwerke und sonst. Energieversorger sowie die Auswertung aus Energieberatungen.

Verantwortung und Organisation

- Die Umsetzung und das Monitoring der Maßnahmen obliegen der Koordinationsbeauftragten Person der Stadt. Unterstützt wird dieses durch externe Partner wie Fachplaner und Energieberater:innen.
- Zweijährliche Fortschrittsberichte werden erstellt und dem Stadtrat sowie der Öffentlichkeit vorgestellt.

Zukunftsausblick

- Die Verstetigungsstrategie wird regelmäßig evaluiert und angepasst. Dies umfasst die Integration neuer Technologien und die Anpassung an geänderte gesetzliche Rahmenbedingungen.
- Eine enge Vernetzung mit benachbarten Kommunen und regionalen Akteuren soll Synergien fördern und Effizienzgewinne ermöglichen.

11 Fördermittel und Finanzierung für Energieprojekte

Für die Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden stehen attraktive Mittel, sowohl zur Komplettsanierung als auch für Einzelmaßnahmen, zur Verfügung. Es können Anträge für Zu-schüsse und Kredite bei der BAFA oder KfW gestellt werden. Im Folgenden wird eine Auswahl von Programmen im Überblick (Stand März 2026) dargestellt. Für die Korrektheit der folgenden Angaben wird keine Gewähr übernommen. Für weitere Details der Förderprogramme und -voraussetzungen verweisen wir an die jeweiligen Förderstellen.

11.1 Verbraucherzentrale Bayern

Seit 2015 bietet die Verbraucherzentrale an sogenannten Beraterstützpunkten kostengünstige Energieberatungen an. Der nächstgelegene Beratungsstützpunkt ist Geretsried. Beratungstermine können unter der Tel. 0800 809802400 vereinbart werden. Zusätzlich werden auch Energieberatungen im eigenen Haushalt angeboten. Nachfolgend eine Übersicht über die Kosten und Leistungen der Beratungsangebote (Verbraucherzentrale Energieberatung, 2026):

Tabelle 11-1: Energieberatungsangebot der Verbraucherzentrale Bayern.

Leistung	Kosten	Bemerkung
Telefonische Beratung	Kostenfrei	Tel.: 0800 809 802 400
Online-Beratung	Kostenfrei	Onlineformular
Stationäre Beratung	Kostenfrei	Im Rathaus Geretsried
Basis-Check	Kostenfrei	Terminvereinbarung unter Tel. 0800 809 802 400 Beratung am Gebäude vor Ort
Gebäude-Check	40 Euro	
Heiz-Check		
Solarwärme-Check		
Detail-Check		
Aufsuchende PV-Beratung		
Eignungs-Check Heizung		

Auf ihrer Homepage stellt die Verbraucherzentrale ein Förder-Navi zur Verfügung. Mit Hilfe dieses Tools können für die gewünschten Sanierungsmaßnahmen die verfügbaren Förderprogramme ermittelt werden:

<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/foerderprogramme/zuschuesse-fuers-eigenheim-so-finden-sie-das-richtige-foerderprogramm-43745>

11.2 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)

Das Förderprogramm BEG – Einzelmaßnahmen unterstützt bei der Sanierung von Gebäuden, um dauerhaft Energieverbrauch und -kosten einzusparen. Es besteht aus vier Teilprogrammen:

- **Einzelmaßnahmen (BEG EM):** Sanierung WG und NWG
- **Wohngebäude (BEG WG):** Sanierung zu Effizienzgebäuden
- **Nichtwohngebäude (BEG NWG):** Sanierung zu Effizienzgebäuden
- **Klimafreundlicher Neubau (BEG KfN):** WG und NWG

BEG WG und BEG NWG werden über KfW-Bank abgewickelt. Das BEG EM ist je nach Art der Maßnahme beim BAFA oder der KfW angesiedelt. Einen Überblick über die Durchführer, die Einzelmaßnahmen und die jeweiligen Fördersätze des BEG EM gibt (Tabelle 11-2).

Die Grundförderung ist für alle AntragstellerInnen für alle Wohn- und Nichtwohngebäude erhältlich. Den Klimageschwindigkeits-Bonus von 20 % erhalten selbstnutzende EigentümerInnen, die ihre fossile Heizung bis 2028 austauschen. Nach 2028 sinkt der Bonus alle zwei Jahre um 3 %. Selbstnutzende EigentümerInnen mit einem zu versteuernden Jahreseinkommen von bis zu 40.000 € erhalten den Einkommensbonus. Bis zu einer Obergrenze von 70 % sind die Fördersätze kumulierbar. Lediglich der Emissionsminderungszuschlag (Biomasseheizungen) kann zusätzlich beantragt werden. Die genannten Maßnahmen und Fördersätze haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Auflistung soll lediglich einen Überblick über die verfügbaren Fördermittel geben. Die genauen einzuhaltenden Förderbedingungen sind der Homepage der BAFA bzw. KfW zu entnehmen.

Zusätzlich zu den Förderzuschüssen kann ein Ergänzungskredit beantragt werden (KfW-Programm 358, 359 bzw. 523). Die Voraussetzung zur Vergabe des Kredits ist eine Förderzusage der BEGEM vom BAFA bzw. von der KfW. Die Höchstgrenze der förderfähigen Ausgaben für den Kredit beträgt 120.000 €. Eigenheimbesitzer:innen mit einem Jahreseinkommen von bis zu 90.000 € erhalten eine Zinsverbilligung.

Für alle Maßnahmen außer Heizungsoptimierung ist die Einbindung eines Energieeffizienz-Experten notwendig. Alle von der Dena gelisteten Experten sind auf folgender Homepage zu finden: www.energie-effizienz-experten.de.

Die Höchstgrenze der förderfähigen Ausgaben beträgt 30.000 € pro Wohneinheit. In Mehrparteienhäusern erhöhen sich die Grenzwerte abhängig der Anzahl an Wohneinheiten.

Wenn für die Maßnahmen der iSFP-Bonus gewährt wird, erhöht sich der Grenzwert ebenfalls auf 60.000 €. Bei Nichtwohngebäuden ist die Quadratmeteranzahl ausschlaggebend.

Tabelle 11-2: Förderübersicht Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM). Quelle: BAFA

Durchführer	Richtl. Nr.	Einzelmaßnahme	Grundförder-satz	Klimageschwin-digkeitsbonus (nur für Privat-personen)	Einkommensbo-nus (nur für Pri-vatpersonen). Die Sum-me der Boni = max. 70%	Zusätzl. Bonus
BAFA	5.1	Gebäudehülle u.a. Wärmedämmung von Außenwänden, Dachflächen, Geschossdecken, Bodenflächen. Erneuerung/Aufberei-tung von Vorhangfassaden. Fenstertausch. Sommerlicher Wärmeschutz	15 %			iSFP 5%
BAFA	5.2	Anlagentechnik (außer Heizung) (Einbau/Austausch/Optimierung raumluftechn. Anlagen. Digitale Systeme zur Betriebs- & Verbrauchsoptimierung)	15 %			iSFP 5%
KfW Privatpersonen 458 Unternehmen- Wohngebäude 459 Unternehmen- Nichtwohngebäude 522 Kommunen 422	5.3	Anlagen zur Wärmeerzeugung	30 %	20 %	30 %	
	a	Solarthermische Anlagen				
	b	Biomasseheizungen				2.500 € bei Ein-haltung Emissi-onsgrenzwert
	c	Elektr. Angetriebene Wärmepumpen				Effizienz-Bonus 5%
	d	Brennstoffzellen-Heizungen				
	e	Wasserstofffähige Heizungen (Investitions-Mehrausgaben)				
	f	Innovative Heiztechnik auf Basis EE				
BAFA	g	Errichtung, Erweiterung Gebäudenetz	30 %			
KfW	h	Anschluss an Gebäudenetz (2-16 Gebäude)	30 %	20 %	30 %	
KfW	i	Anschluss an Wärmenetz (> 16 Gebäude)	30 %	20 %	30 %	

BAFA	5.4	Heizungsoptimierung				
	a	Verbesserung Anlageneffizienz (hydraul. Abgleich, Austausch Heizungspumpe.)	15 %			iSFP 5%
	b	Emissionsminderung Biomasseheizungen (Partikelabscheider)	50 %			

Fachplanung & Baubegleitung:

Für alle oben genannte Einzelmaßnahmen kann eine Förderung für energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen beantragt werden. Der Fördersatz beträgt **50 %** der förderfähigen Ausgaben.

Die Sanierung von Gebäuden wird im **BEG WG** durch einen Kredit mit Tilgungszuschuss und einem zinsvergünstigten Kredit gefördert. Je niedriger die Effizienzhaus-Stufe, desto höher fällt die Förderung aus. Werden zudem Erneuerbare Energien eingesetzt, wird dies mit einem erhöhten Fördersatz unterstützt (EE-Klasse).

Die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten beträgt bis zu 120.000 Euro je Wohneinheit. Für das Effizienzhaus mit EE-Klasse in der Sanierungsförderung beträgt die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten bis zu 150.000 Euro je Wohneinheit bei Erreichen einer EE- oder NH-Klasse. Die Laufzeit des Kredits beträgt bis zu 30 Jahre, der maximale Tilgungszuschuss beläuft sich auf 20 Prozent der förderfähigen Kosten (max. 30.000 Euro).

Tabelle 11-3: Förderübersicht BEG WG.

	Standard		Klassen (nicht kumulierbar)		Boni (Deckelung auf 20%, kumulierbar mit Klassen)	
	Tilgungs- zuschuss	Zuschuss (nur Kom- munen)	EE	NH	WPB	SerSan
EH Denkmal	5 %	20 %	5 %	5 %	-	-
EH 85	5 %	20 %	5 %	5 %	-	-
EH 70	10 %	25 %	5 %	5 %	10% (EE)	-
EH 55	15 %	30 %	5 %	5 %	10 %	15 %
EH 40	20 %	35 %	5 %	5 %	10 %	15 %

11.3 KfW-Programm 261 (Wohngebäude-Kredit)

Zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden bietet die KfW-Bank das **Programm 261 (Wohngebäude – Kredit)** an. Dieses richtet sich an Häuser, deren Bauantrag oder Bauanzeige zum Zeitpunkt des Antrags mindestens **fünf Jahre** zurückliegt. Gefördert wird die Sanierung zum **KfW-Effizienzhaus** (mindestens Stufe 85 oder besser). Der Kredit umfasst dabei nicht nur die rein energetischen Maßnahmen, sondern auch notwendige Umfeldmaß-

nahmen wie Baunebenkosten und Wiederherstellungskosten. Zudem wird die Fachplanung und Baubegleitung durch zertifizierte Energieeffizienz-Experten mit einem zusätzlichen Kostenzuschuss gefördert.

Für Sanierungsvorhaben, die kein vollständiges Effizienzhaus-Niveau erreichen, können **Einzelmaßnahmen** über Zuschüsse beim **BAFA** (Gebäudehülle, Anlagentechnik) oder der **KfW (Programm 458)** (Heizungstausch) gefördert werden. Typische förderfähige Maßnahmen sind:

- Die Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken.
- Die Erneuerung von Fenstern und Außentüren.
- Der Einbau einer klimafreundlichen Heizungsanlage (z. B. Wärmepumpe) oder die Heizungsoptimierung.
- Die Erneuerung oder der Einbau einer Lüftungsanlage.

Damit die Maßnahmen förderfähig sind, müssen spezifische technische Mindestanforderungen erfüllt werden. Die Finanzierung über das KfW-Programm 261 bietet den Vorteil eines zinsgünstigen Kredits weit unter Marktniveau, kombiniert mit einem Tilgungszuschuss, der die zurückzuzahlende Kreditsumme reduziert. Das Programm kann von jedem in Anspruch genommen werden, der Wohnraum energetisch saniert oder frisch sanierten Wohnraum kauft.

KfW-Programm
261-Umfang der
Förderung

- *Bis 150.000 € für jede Wohneinheit beim KfW-Effizienzhaus*
- *zwischen 5 % – 45 % Tilgungszuschuss*
- *ab 2,45 % effektiver Jahreszins*

Zudem wird mit diesem Förderkredit die **Umwidmung von Nichtwohnfläche in Wohnfläche** unterstützt. Dabei gelten die gleichen Konditionen wie bei der Sanierung von bestehendem Wohnraum, sofern das Gebäude nach dem Umbau ein Effizienzhaus-Niveau erreicht. Folgende Möglichkeiten der Umwidmung bestehen:

- **Beheizte Nichtwohnfläche:** Umwandlung in eine neue Wohneinheit oder Erweiterung bestehender Wohnungen.

- **Unbeheizte Nichtwohnfläche (z. B. Scheunen oder Dachböden):** Hier ist die Förderung möglich, wenn die Fläche im Zuge der Sanierung erstmals energetisch hochwertig aufbereitet wird und Teil des Effizienzhaus-Konzepts ist.
- **Denkmalgeschützte Nichtwohnfläche:** Besondere Erleichterungen gelten bei der Umwidmung und Sanierung von Baudenkmalen.

11.4 KfW-Programm 270 (Erneuerbare Energien – Standard)

Mit diesem Programm werden in Form eines Kredits Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien für die Erzeugung von Strom und Wärme gefördert. Dazu gehören:

- Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich der zugehörigen Kosten für Planung, Projektierung und Installation
 - Photovoltaik-Anlagen auf Dächern, an Fassaden oder auf Freiflächen
 - Anlagen zur Stromerzeugung aus Wasserkraft bis zu 20 MW
 - Anlagen zur Stromerzeugung aus Windkraft
 - Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen auf der Basis von fester Biomasse, Biogas oder Erdwärme
 - Anlagen zur Erzeugung, Aufbereitung, Einspeisung von Biogas, Biogasleitungen
 - Batteriespeicher
- Errichtung, Erweiterung, Erwerb von Anlagen nur zur Wärmeerzeugung
- Wärme-/Kältenetze und Wärme-/Kältespeicher
- Flexibilisierung von Stromnachfrage und -angebot, Digitalisierung der Energiewende systemverträglichen Integration der erneuerbaren Energien ins Energiesystem
- Contracting-Vorhaben und Modernisierungen mit Leistungssteigerung

KfW-Programm
270 -Umfang
der Förderung

- *Bis 150 Mio. € pro Vorhaben*
- *Bis zu 100 % der Investitionskosten*
- *100 % Auszahlung des zugesagten Betrags*
- *Ab 3,42 % effektiver Jahreszins*

11.5 Programme für Unternehmen

Im gewerblichen Bereich gelten andere Förderprogramme. Für die Förderung von Energieeffizienz und Umweltschutz gibt es folgende Energieeffizienzprogramme:

- Nichtwohngebäude – Kredit (KfW-Programm 263)
- Investitionskredit Nachhaltige Mobilität (KfW-Programm 268, 269)
- Energieeffizienz in der Wirtschaft (KfW-Programm 295). Zu den gleichen Förderbedingungen stellt die KfW-Bank einen Kredit bzw. das BAFA einen Investitionskostenzuschuss zur Verfügung.
- Förderung klimafreundlicher Aktivitäten (klimafreundliche Produktionsanlagen, Energieversorgung, Technologien, etc.; KfW-Programm 293).

Mit diesem Förderprogramm werden Investitionen in Maßnahmen zur Verringerung, Vermeidung und Abbau von Treibhausgasemissionen in Anlehnung an technische Kriterien der EU-Taxonomie für nachhaltiges Wirtschaften gefördert. Es ist aufgeteilt in sieben Module:

- Modul A: Herstellung klimafreundlicher Technologien
- Modul B: Klimafreundliche Produktionsverfahren in energieintensiven Industrien
- Modul C: Energieversorgung, z.B.
 - Photovoltaik-Anlagen und andere Erneuerbare-Energien-Anlagen, sofern mindestens 50 % des selbst erzeugten Stroms am Unternehmensstandort genutzt werden
 - Maßnahmen zum Ausbau der Stromübertragungs- und -verteilnetze
 - Energiespeicher
 - Herstellung von Treibstoffen
 - Gas- und Wärmenetze
 - Ausbau, Umrüstung sowie Sanierung von Gas-, Wärme- und Kältenetzen
 - CO₂-arme Wärmeerzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung
- Modul D: Wasser, Abwasser, Abfall
- Modul E: Transport und Speicherung von CO₂
- Modul F: Integrierte Mobilitätsvorhaben
- Modul G: Green IT

Zusätzlich können Ausgaben für die Planungs- und Umsetzungsbegleitung sowie die Erstellung von Gutachten und Nachweisen zur Einhaltung der technischen Mindestanforderungen gefördert werden.

KfW-Programm 293

- *Bis zu 25 Mio. € pro Vorhaben*
- *Bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten*
- *Förderkredit ab 2,53 % effektivem Jahreszins*

11.1 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)

Dieses Förderprogramm wird für die Finanzierung der geplanten Wärmenetze im Stadtgebiet eine entscheidende Rolle spielen. Folgende drei Module werden gefördert:

Im Modul 1 werden u.a. Machbarkeitsstudien zur Errichtung neuer Wärmenetze mit einem Anteil erneuerbarer und klimaneutraler Wärme von mindestens 75 % mit bis zu 50 % der förderfähigen Kosten bis zu einem Maximalbetrag von 600.000 € gefördert. Die erforderlichen Planungen in den Leistungsphasen 1-4 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) können zum Teil über dieses Modul gefördert werden.

Das Modul 2 fördert die Errichtung von Fernwärmenetzen, die einen regenerativen Anteil von mindestens 75% nachweisen können. Zuschüsse können in Form einer Investitions- oder Betriebskostenförderung gewährt werden. Betriebskostenförderung bekommen jedoch nur Solarthermieanlagen (2 ct/kWh) und Wärmepumpen (7 ct/kWh bzw. 3 ct/kWh, abhängig von der JAZ). Diese wird über zehn Jahre gewährt. Zusätzlich sind auch Wärmespeicher förderfähig sowie andere Komponenten zur Optimierung des Netzbetriebs. Die förderfähigen Kosten werden mit 40 % bis zu einer Höhe von 50 Mio. Euro bezuschusst.

Vom Modul 3 können im wesentlichen Betreiber bestehender Wärmenetze profitieren. Dort werden die Errichtung und Integration von regenerativen Wärmequellen gefördert.

11.2 Biowärme Bayern

Seit Mai 2023 fördert der Freistaat Bayern wieder die Errichtung von Biomasse-Energiezentralen sowie die Installation von Biomasse-Wärmenetzen. In Anlehnung an das Vorgänger-Programm Bioenergie Bayern stellt das Förderprogramm Biowärme Bayern Gelder für den Bau von Biomasse-Heizanlagen zur Verfügung. Ab einer thermischen Leistung von

60 kW können Mittel abgerufen werden, die die Investitionskosten bezuschussen. Die Beantragung der Fördergelder ist mit relativ geringem bürokratischem Aufwand verbunden. Vor Antragstellung werden in einem Projektgespräch mit dem Technologie- und Förderzentrum TFZ in Straubing die Rahmenbedingungen und das konkrete Vorgehen zur Beantragung besprochen. Die Förderung des Wärmenetzes mit 100 € je Trassenmeter sowie 1800 € je Übergabestation kann beantragt werden, sofern ein neuer Biomassekessel mit errichtet wird. Für diese Netzförderung gelten die Pauschalwerte, die maximale Förderhöhe liegt bei 100.000 €. Vorausgesetzt wird der Nachweis, dass der Netzverlust geringer als 15 % der erzeugten Wärme beträgt. Für diesen Teil des Förderprogramms gelten die sog. Deminimis-Regeln. Das bedeutet, dass Unternehmen in drei Wirtschaftsjahren maximal 200.000 € aus unterschiedlichen Förderprogrammen bekommen können. Bei Überschreitung dieser Summe wird anteilig gekürzt. Für die Landwirtschaft gilt die weit geringere Grenze von 20.000 € in drei Wirtschaftsjahren. Die Förderung des Kessels inklusive der entsprechenden baulichen Maßnahmen beträgt je nach Betreibergesellschaft zwischen 30 und 40 % der Investitionskosten und ist begrenzt auf 350.000 €.

12 Fazit

Der vorliegende Wärmeplan der Stadt Wolfratshausen bildet eine strategische Grundlage für die langfristige Transformation der lokalen Wärmeversorgung hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung bis zum Jahr 2045. Grundlagen dieser Planung sind eine umfassende Bestandsanalyse der aktuellen Energieversorgung, eine Untersuchung der lokal verfügbaren erneuerbaren Energiepotenziale sowie die Entwicklung von Zielszenarien und konkreten Maßnahmen zur Umsetzung der Wärmewende.

Die Analysen zeigen, dass die Wärmeversorgung in Wolfratshausen derzeit noch überwiegend auf fossilen Energieträgern basiert. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, ist daher eine grundlegende Umstellung der Wärmeversorgung erforderlich. Eine zentrale Voraussetzung hierfür ist die kontinuierliche Reduktion des Wärmebedarfs, insbesondere durch energetische Sanierungen im Gebäudebestand sowie durch den Einsatz effizienter Heiztechnologien.

Parallel zur Reduktion des Wärmebedarfs wird sich die Energieträgerstruktur der Wärmeversorgung grundlegend verändern. Fossile Heizsysteme werden schrittweise durch erneuerbare Wärmetechnologien ersetzt. Eine zentrale Rolle spielen dabei Wärmepumpensysteme, die Umweltwärme aus Luft, Grundwasser oder dem Erdreich nutzbar machen. Aufgrund der lokalen geologischen und hydrologischen Bedingungen bestehen im Stadtgebiet insbesondere Potenziale für die Nutzung von Grundwasser- und Luft-Wasser-Wärmepumpen.

Darüber hinaus eröffnen sich in weiten Bereichen der Stadt Perspektiven für die Entwicklung von Wärmenetzen, insbesondere durch die Tiefengeothermie Bohrung oder durch die Nutzung von Gewässerwärme. Solche zentralen Versorgungslösungen können insbesondere in dichter bebauten Gebieten einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung leisten. Ergänzend tragen Biomasse, Solarthermie und weitere lokale Energiequellen einen wichtigen Beitrag zur Diversifizierung der Wärmeversorgung bei.

Die Szenarien zeigen, dass eine weitgehende Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in Wolfratshausen bis zum Jahr 2045 grundsätzlich erreichbar ist. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine verstärkte energetische Sanierung des Gebäudebestands sowie die konsequente Umsetzung der identifizierten Maßnahmen und der kontinuierliche Ausbau erneuerbarer Wärmetechnologien.

Der kommunale Wärmeplan stellt dabei einen strategischen Rahmen für die zukünftige Entwicklung der Wärmeversorgung dar. Durch ein regelmäßiges Monitoring der Energie- und Emissionsentwicklung sowie eine fortlaufende Aktualisierung der Planung kann die Stadt Wolfratshausen flexibel auf technologische, wirtschaftliche und gesetzliche Veränderungen reagieren und die Wärmewende schrittweise umsetzen.

13 Literaturverzeichnis

- AEE. (2023, April). *Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2022 nach Strom, Wärme und Verkehr*. Agentur für Erneuerbare Energien. <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr>
- BAFA. (2026, Februar 3). *Plattform für Abwärme*. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. <https://elan1.bafa.bund.de/zvi-ui/pfa/abwaermepotentiale>
- Bauverlag BV GmbH. (o. J.). *Großwärmespeicher – Lösungen für die Energiewende Materialien, Bauformen, Anwendungsbeispiele*. Abgerufen 6. Oktober 2025, von <https://www.tab.de/artikel/grosswaermespeicher-loesungen-fuer-die-energie-wende-4216354.html>
- Bayernwerk. (2022). *Netzabsatz-Daten Strom—Landkreis Bad Tölz -Wolfratshausen*.
- BayFoV. (2023). *Energiepotenziale aus Flur- und Siedlungsholz*. Bayerische Forstverwaltung. <https://geoportal.bayern.de/geoportalbayern/anwendungen/details?ret=dienste&anc=5a3a64c9-230b-44f9-a444-565e6745be4e&resId=5a3a64c9-230b-44f9-a444-565e6745be4e>
- BayKlimaG. (2020). *Bayerisches Klimaschutzgesetz*.
- Biogas Forum Bayern. (2017). *Plattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern*. www.biogas-forum-bayern.de
- BMW. (2023). *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie*.
- BMW, & BMWSB. (2024). *Leitfaden Wärmeplanung*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen.
- BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e.V., eclareon GmbH, BAFA, & BMWi. (2024). *Solaratlas*.
- Bundesnetzagentur. (2024). *SLP Gasverbrauch 2018-2023*. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/_svg/GasverbrauchSLP_monatlich/Gasverbrauch_SLP_M_2023_2.html
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2026). *Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2019-2026*.
- Bürgi, R. (2023). *Wie eine Sand-Batterie Wärme speichert*. <https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/wie-eine-sand-batterie-waerme-speichert.html>
- BuVEG. (2023). *Sanierungsquote weiter im freien Fall*. Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle. <https://buveg.de/pressemitteilungen/sanierungsquote-2023-weiter-im-freien-fall/>
- BuVEG. (2026). *Sanierungsquote 2025: Talfahrt für energetische Gebäudesanierung geht weiter. Pressemitteilung*. Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle e. V. <https://buveg.de/pressemitteilungen/sanierungsquote-2025-talfahrt-fuer-energetische-gebaeudesanierung-geht-weiter/>
- dena. (2025). *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung*. Deutsche Energie-Agentur GmbH.
- Deutscher Wetterdienst. (2024, Dezember 13). *Wetter und Klima—Deutscher Wetterdienst—Startseite*. https://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html
- DLR. (2020). *Kompetenzzentrum für keramische Hochtemperatur-Wärmespeicher*. <https://www.dlr.de/de/ff/forschung-und-transfer/forschungsinfrastruktur/cerastore>
- EED. (2023). *Richtlinie (EU) 2023/1791 (Energieeffizienzrichtlinie)*.
- Emeis, S. (2022, Juli 27). *KARE. Klimawandelanpassung auf regionaler Ebene: Ansteigende Starkregenrisiken am Beispiel des bayerischen Oberlands*.
- ENB. (2025). *Datenlieferung zur kommunalen Wärmeplanung Stadt Wolfratshausen*.

- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2025, September 16). *Themenportal Biogas—Faustzahlen*. <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>
- Ferstl, J., Wettberg, N., Hinterstocker, M., & Möbius, A. (2024). *Wärmepumpen an Fließgewässern Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern*. FfE. <https://www.ffe.de/projekte/waermepumpen-an-flieessgewaessern-analyse-des-theoretischen-potenzials-in-bayern/>
- Fraunhofer IEE, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, & Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH (Hrsg.). (2024). *Biogaspotenzial Bayern—Endbericht*.
- GEMIS 4.94. (2019). <https://iinas.org/downloads/>
- GeoBG. (2025). *Gesetz zur Beschleunigung des Ausbaus von Geothermieranlagen, Wärmepumpen und Wärmespeichern (BGBl. 2025 I Nr. 348)*. Geothermie-Beschleunigungsgesetz.
- Hamann, A. (2014). *Klimaschutzstrategien für Nichtwohngebäude in Stadtquartieren: Bestandsmodellierung und CO₂-Minderungsszenarien am Beispiel Wuppertal* [Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie]. <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/5643>
- Hauptstadtbüro Bioenergie. (2024). *Stellungnahme des Hauptstadtbüros Bioenergie zum Thema Biogas in Deutschland*. Deutscher Bundestag. https://www.bundestag.de/resource/blob/999320/319386d6bc02d9ba2ea8e1b0648fe3fc/Stellungnahme_Hauptstadtbuero_Bioenergie.pdf?utm_source=chatgpt.com
- HIC Hamburg Institut Consulting GmbH. (o. J.). *Großwärmespeicher: Rückgrat der Wärmewende im Fernwärmenetz*. Abgerufen 6. Oktober 2025, von <https://www.hamburg-institut.com/leistungen/erneuerbare-waerme/grosswaermespeicher/>
- Kremsmüller Anlagenbau GmbH. (o. J.). *Regionale Versorger als Träger der Energiewende*. Abgerufen https://www.kremsmueller.com/wp-content/uploads/Kremsmueller_Fernwaermespeicher_WUERZBURG.pdf
- LfStat. (2025a). *Bevölkerung: Gemeinde, Altersgruppen*. <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online>
- LfStat. (2025b). *Demographiespiegel: Bevölkerungsvorausberechnung*. <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online/>
- LfStat. (2025c). *Die Datenbank des Bayerischen Landesamtes für Statistik*. <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online>
- LfStat. (2025d). *Erhebung von Kkehrbuchdaten (Berichtsjahr 2023), bereitgestellt im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Bayern*.
- LfStat. (2025e). *Fläche: Gemeinde, Fläche (ALKIS), Art der tatsächlichen Nutzung*. <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online>
- LfStat. (2025f). *Gebäude- und Wohnungsbestand: Gemeinde, Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche, Stichtage*. <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online>
- LfU. (2018). *Energie-Atlas Bayern—Mischpult "Energiemix Bayern vor Ort" Information zur Berechnung*.
- LfU. (2020). *Oberflächennahe Geothermie*. https://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/geothermie_oberflaechennah/index.htm
- LfU. (2022). *Energie aus Abwasser—Ein Leitfaden für Kommunen*. Bayrisches Landesamt für Umwelt.
- LfU. (2024a). *Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern*.
- LfU. (2024b). *Energieatlas Bayern*. <https://www.energieatlas.bayern.de/>

- LfU. (2025). *Umweltatlas Bayern*.
- LfU. (2026). *Gewässerkundlicher Dienst Bayern*. [https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/was-
sertemperatur/isar/beuerberg-16408504](https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/was-
sertemperatur/isar/beuerberg-16408504)
- LfU, & StMWi. (2025). *Energieatlas Bayern*. <https://www.energieatlas.bayern.de/>
- Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N., & Born, R. (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie. *Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden*, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt/Germany.
- LWF Bayern. (2023). *Ertragspotenzial für Pappeln (Kurzumtriebsplantagen)*. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. <https://geoportal.bayern.de/geoportalbayern/anwendungen/details?&resId=307cfde4-2938-4d23-81e2-0754ccbc82d>
- Mennel, T., & Fischer, T. (2024). *Gutachten zur Wärmespeicherstrategie*. Deutsche Energieagentur (dena). https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Projektportrait/Energiepolitische_Beratung_des_Bundesministeriums_fuer_Wirtschaft_und_Klimaschutz/Gutachten_zur_Waermespeicherstrategie.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Nemeth, I., Elbel, K., Hoppe, M., Lindauer, M., Schneider, P., & Windeknecht, M. (2012). *Energetische Gebäudesanierung in Bayern*.
- Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG. (o. J.). *Wärmespeicher—Ökonomisch & ökologisch sinnvoll*. Abgerufen <https://www.swro.de/de/unternehmen/erzeugungsanlagen/waermespeicher>
- StMWi; LfU. (2025, September 18). *Energie-Atlas Bayern*. <https://www.karten.energieatlas.bayern.de/>
- Valentin Energiesoftware GmbH. (2024). *Online Solarberechnung von Thermischen Solaranlagen*. valentin.de/calculation/thermal/
- Verbraucherzentrale Energieberatung. (2026). *Sparen Sie Energie – mit der passenden Energieberatung! Energie effizient nutzen - Geld sparen*. <https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/beratung/>
- Verein Deutscher Ingenieure. (2014). *VDI 3807—Verbrauchskennwerte für Gebäude—Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser. Wasserstoff Kompass (Elektrolyse-Monitor)*. (2025). <https://www.wasserstoff-kompass.de/elektrolyse-monitor>
- WPG. (2023). *Wärmeplanungsgesetz, Bundesrepublik Deutschland (BGBl. I Nr. 394.)*.
- WSchVO. (1994). *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden*. https://enev-online.de/enev/wschvo_1995_bundesgesetzblatt_1994.08.24.pdf
- www.thi.de. (2024). *Wärmerückgewinnung aus Abwasser—Ein Beitrag zur Wärmewende*. https://www.thi.de/fileadmin/daten/fakultaetM/Marketing/Veranstaltungen/240424_Abwasser_Waerme_HUBER_SE_Ringvorl_THI.pdf