



# Kommunale Wärmeplanung

Gemeinde Fuchstal

## Impressum

### Auftraggeber und Projektpartner

Verwaltungsgemeinschaft Fuchstal  
Bahnhofstraße 1  
86925 Fuchstal-Leeder

Vertreten durch den Vorsitzenden der Verwaltungsgemeinschaft und 1. Bürgermeister Erwin Karg

### Ersteller

LENA Service GmbH  
An der Schmiede 15  
86899 Landsberg am Lech

### Autoren

Ricco Welz, Katharina Braun, Matthias Rautenstrauch, Lukas Bayer

### Stand

August 2025

### Bildnachweis Deckblatt

Verwaltungsgemeinschaft Fuchstal

### Gender-Hinweis

Die in der vorliegenden kommunalen Wärmeplanung verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich gleichermaßen auf weibliche, männliche und diverse Personen. Auf eine Doppelnennung und gegenderte Bezeichnungen wird zugunsten einer besseren Lesbarkeit zum Großteil verzichtet.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



NATIONALE  
KLIMASCHUTZ  
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Inhalt

1.	Einleitung in die kommunale Wärmeplanung .....	5
2.	Bestandsanalyse Wärmebedarf und Versorgungsstruktur .....	6
2.1.	Gemeindestruktur .....	6
2.2.	Klimatische Bedingungen .....	6
2.3.	Bestehende Energieversorgungskonzepte .....	7
2.3.1.	Wärmenetz.....	8
2.3.2.	Bürgerwindkraftprojekte .....	10
2.3.3.	Projekt Energiezukunft Fuchstal .....	11
2.3.4.	Photovoltaikanlagen .....	12
2.3.5.	HyStarter / HyLand .....	12
2.3.6.	Zusammenfassung aktuelle Stromproduktion auf dem Gemeindegebiet .....	13
2.4.	Gebäudestruktur .....	14
2.5.	Energie- und Treibhausgasbilanz.....	18
2.6.	Energieeffizienzklassen .....	24
2.7.	Räumlich aufgelöster Wärmebedarf .....	25
3.	Potenzialanalyse erneuerbare Energien und Abwärme .....	27
3.1.	Potenziale erneuerbarer Energien für den Wärmesektor.....	27
3.1.1.	Biomasse aus Forsten .....	27
3.1.2.	Geothermie .....	28
3.1.3.	Solarthermie.....	29
3.1.4.	Umweltwärme .....	31
3.2.	Erhebung der lokalen Abwärmepotenziale.....	33
3.3.	Potenzialanalyse Strom aus erneuerbaren Energien für Wärmeanwendungen .....	34
4.	Entwicklung von Verbrauchs- und Versorgungsszenario.....	36
4.1.	Das Bayerische Klimaschutzgesetz .....	36
4.1.1.	Technisch-ökologische Rahmenbedingungen des Bayerischen Klimaschutzgesetzes .....	36
4.1.2.	Einfluss auf kommunale Einrichtungen .....	36
4.1.3.	Einfluss auf private Haushalte .....	36
4.1.4.	Einfluss auf Industrie und Gewerbe.....	36
4.1.5.	Zusammenfassung .....	37
4.2.	Klimaschutzstrategie des Landkreises Landsberg .....	37
4.3.	Entwicklung der Demographie und Baustruktur in ländlichen Regionen .....	38
4.4.	Zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs .....	40
4.5.	Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs .....	44

4.6.	Zukünftig räumlich aufgelöster Wärmebedarf .....	48
4.7.	Kostenprognosen .....	50
4.7.1.	Strompreisentwicklung.....	50
4.7.2.	Preisentwicklung für Energieträger der Wärmebereitstellung .....	51
4.7.3.	Vergleich der Wärmevollkosten 2025 - 2042.....	51
4.8.	Zukünftige Entwicklung des Strombedarfs .....	54
5.	Zentrale und dezentrale Wärmeversorgung in Eignungsgebieten .....	57
5.1.	Wärmeversorgung durch eine zentrale Heizlösung .....	57
5.1.1.	Eignungsgebiete für Fernwärme.....	57
5.1.2.	Wärmelinienrichte .....	59
5.2.	Wärmeversorgung durch dezentrale Heizlösungen .....	60
5.2.1.	Holzbasierete Heizungen.....	61
5.2.2.	Wärmepumpen .....	63
5.2.3.	Solarthermie.....	67
5.2.4.	„H <sub>2</sub> -Ready“-Gasheizungen .....	67
5.2.5.	Speichersysteme .....	68
6.	Fokusgebiete und Maßnahmen.....	70
6.1.	Fokusgebiet Seestall .....	71
6.2.	Fokusgebiet Leeder .....	76
6.3.	Fokusgebiet Asch .....	79
6.4.	Weitere Maßnahmen .....	82
7.	Übergeordnete Strategien .....	85
7.1.	Monitoring und Controlling.....	85
7.2.	Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit .....	86
8.	Herausforderungen der Praxis .....	87
9.	Fazit .....	89
10.	Anhang .....	91
10.1.	Abbildungsverzeichnis.....	91
10.2.	Tabellenverzeichnis .....	92
10.3.	Literaturverzeichnis .....	93

## 1. Einleitung in die kommunale Wärmeplanung

Die aus den Folgen des Klimawandels resultierenden politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen machen eine grundlegende Transformation Deutschlands Energieversorgung notwendig. Mit ca. 50 % des Energieverbrauchs spielt die Umstrukturierung des Wärmesektors auf dem Weg zu einer sicheren und klimaneutralen Versorgung eine zentrale Rolle. Die kommunale Wärmeplanung (KWP) ist ein strategisches Instrument, das es Städten und Gemeinden ermöglicht, den Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung systematisch zu gestalten. Dabei analysiert die KWP den energetischen Bestand, vorhandene Potenziale und definiert Handlungsvorschläge für eine erfolgreiche Wärmewende.

Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) ist das Ziel verankert, bis zum Jahr 2045 Treibhausgasneutralität in Deutschland zu erreichen. Darüber hinaus soll ab dem Jahr 2050 eine negative Treibhausgasbilanz realisiert werden. Das bayerische Klimaschutzgesetz (BayKlimaG) geht über diese bundesweiten Vorgaben hinaus. Es setzt das Ziel einer Klimaneutralität des Freistaats bis 2040.

Im Stromsektor beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2024 bereits 54,4 %, im Wärmesektor hingegen nur 18,1 %.<sup>1</sup> Insbesondere die Transformierung des von fossilen Energieträgern geprägten Wärmesektors ist von bedeutender Relevanz bei der Erreichung der Klimaziele. Auf Städte und Gemeinden kommt eine zentrale Rolle bei der Dekarbonisierung des Wärmesektors zu. Die kommunale Wärmeplanung bildet hierfür eine strategische Planungsgrundlage.

Die kommunale Wärmeplanung schafft einen transparenten und langfristigen Orientierungsrahmen für Investitionen in die Wärmeversorgung sowohl für kommunale Entscheidungsträger ebenso wie für Bürger, Wohnungswirtschaft und Versorgungsunternehmen. Die Transformation zu einer erneuerbaren und regionalen Energieversorgung reduziert Abhängigkeiten von Energieimporten und trägt zur sozialen Verträglichkeit der Wärmewende bei. Gleichzeitig ermöglicht sie die frühzeitige Einbindung relevanter Akteure, stärkt die kommunale Steuerungsfähigkeit und erhöht die Akzeptanz geplanter Maßnahmen.

---

<sup>1</sup> (Umweltbundesamt, 2025)

## 2. Bestandsanalyse Wärmebedarf und Versorgungsstruktur

Um die Wärmeplanung der Kommune allumfassend ausarbeiten zu können, wird im Folgenden der Aufbau und die Wärmeverteilung der Gemeinde betrachtet. Aufgrund dieser Datenbasis werden die Gebiete mit Handlungsbedarf definiert.

### 2.1. Gemeindestruktur

Die Gemeinde Fuchstal liegt im oberbayerischen Landkreis Landsberg am Lech und ist Teil der Verwaltungsgemeinschaft Fuchstal, die die beiden Gemeinden Fuchstal und Unterdießen verwaltet. Sie befindet sich direkt am Lech und erstreckt sich zwischen den Lechstaustufen 11 und 13. Zu Fuchstal gehören 19 Gemeindeteile, darunter die drei größeren Ortsteile Asch, Leeder und Seestall sowie zahlreiche Einöden und Weiler. Die Gemeindefläche umfasst gesamt etwa 3.975 ha. Zu den 286 ha Siedlungsfläche zählen 113 ha Wohnbaufläche und 50 ha Industrie- und Gewerbeflächen.<sup>2</sup> Die Einwohnerzahl der Gemeinde liegt mit Stand Dezember 2023 bei 4.099 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte liegt somit bei etwa 118 Einwohner je km<sup>2</sup>.<sup>3</sup>

### 2.2. Klimatische Bedingungen

Aufgrund der Datenverfügbarkeit werden nachfolgend die klimatischen Bedingungen des nahegelegenen Kreissitzes Landsberg am Lech beschrieben.

Das Klima in Landsberg am Lech lässt sich, mit warmen Sommern und kalten Wintern, als gemäßigt klassifizieren. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,8 °C. Der Juli ist mit durchschnittlich 18,1 °C und einer durchschnittlichen Maximaltemperatur von 22,4 °C der wärmste Monat im Jahr. Der Januar ist mit einer durchschnittlichen Temperatur von -0,5 °C am kältesten. Die durchschnittliche Minimaltemperatur ist mit -4 °C im Februar am geringsten. Insgesamt fallen jährlich ca. 1.170 mm Niederschlag. Dieser fällt vor allem in den Sommermonaten zwischen Mai und August.

Die jährlichen Sonnenstunden in Fuchstal betragen etwa 1.700-1.800 h/a mit einer durchschnittlichen jährlichen Globalstrahlung von 1.180 kWh/m<sup>2</sup>.<sup>4</sup>

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Ø. Temperatur (°C)	-0.5	-0.1	4.1	8.6	12.9	16.5	18.1	17.9	13.7	9.5	4.1	0.6
Min. Temperatur (°C)	-3.6	-4	-0.4	3.5	8.1	11.8	13.6	13.5	9.7	5.8	1	-2.2
Max. Temperatur (°C)	2.9	4.1	8.7	13.5	17.3	20.8	22.4	22.3	17.9	13.7	7.6	3.7
Niederschlag (mm)	75	66	84	88	131	132	132	121	99	79	80	83
Luftfeuchtigkeit(%)	79%	78%	73%	69%	72%	71%	70%	72%	77%	81%	84%	81%
Regentage (Tg.)	9	8	11	10	12	12	12	11	10	9	9	10
Sonnenstd. (Std.)	4.4	5.0	6.6	8.4	9.2	10.5	10.7	9.7	7.1	5.7	4.6	4.4

Tabelle 1: Klimatabelle für Landsberg am Lech

<sup>2</sup> (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2024)

<sup>3</sup> (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2025)

<sup>4</sup> (Energieatlas Bayern, 2025)

### Klimadiagramm für Landsberg am Lech

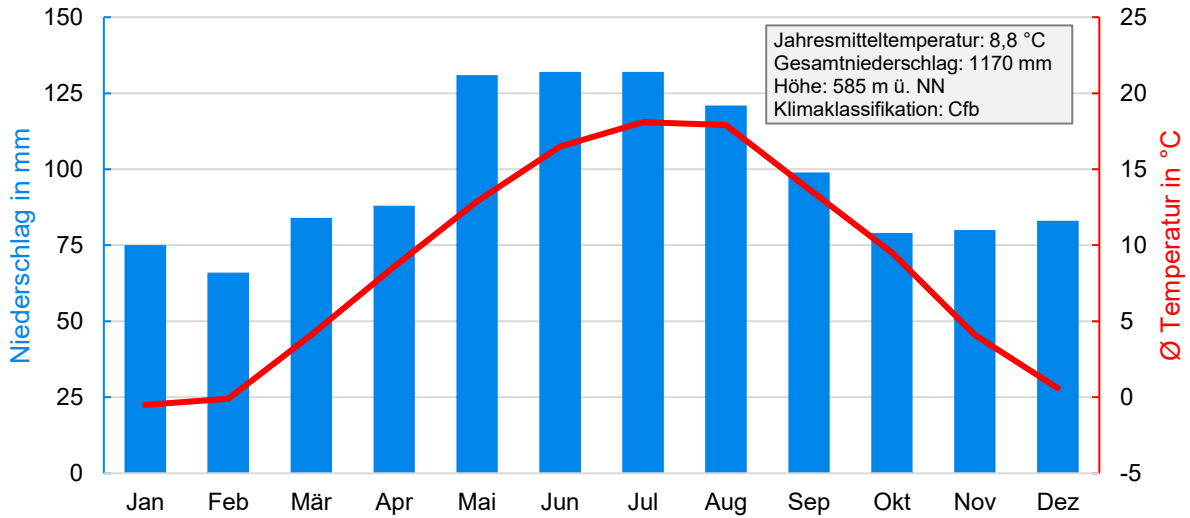


Abbildung 2-1: Klimadiagramm für Landsberg am Lech

### 2.3. Bestehende Energieversorgungskonzepte

Die Gemeinde hat bereits einige Projekte im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung umgesetzt und wurde dafür mehrere Male ausgezeichnet. Fuchstal erhielt unter anderem den Titel „Bioenergie-Kommune des Jahres“ (2019) und wurde als „Gestalter der Energiewende“ in Bayern (2020) sowie als „Energie-Kommune des Monats“ (2022) geehrt. 2024 folgte der bayerische Klimaschutzpreis für die vorbildliche kommunale Klimapolitik. Einen ersten Überblick über die bereits umgesetzten Konzepte gibt Abbildung 2-2.

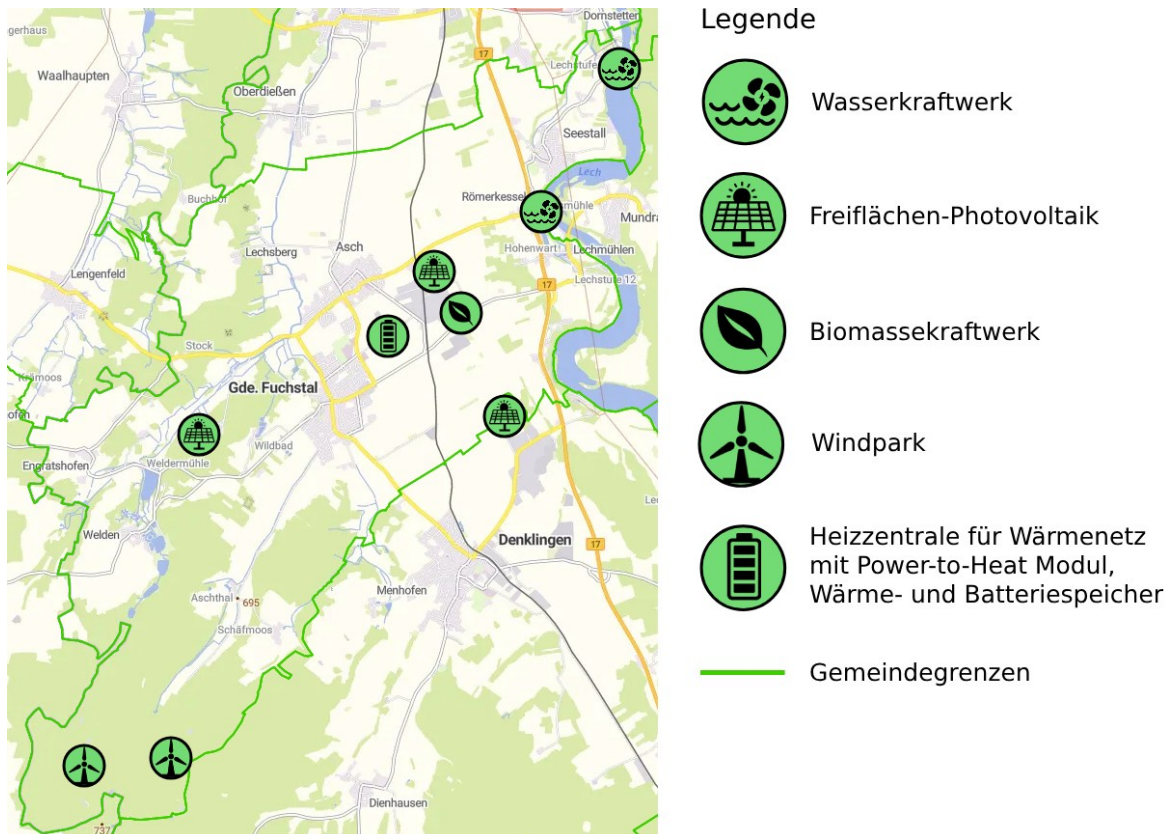


Abbildung 2-2: Überblick über die bestehenden Energieversorgungskonzepte in der Gemeinde Fuchstal

### 2.3.1. Wärmenetz

Im Jahr 2009 startete die Gemeinde die erste Wärmeversorgung mittels Wärmenetz durch den Anschluss des Schulzentrums. Zwischenzeitlich wurde das Wärmenetz kontinuierlich ausgebaut und beliefert Stand 2024 175 Anschlussnehmer bei einer Anschlussleistung von 4.498 kW. Ab 2026 soll die Anschlussleistung durch Hinzunahme weiterer Anschlussnehmer auf 4.861 kW und 2027 letztlich auf 5.361 kW gesteigert werden.

Die Entwicklung der Anzahl der Anschlussnehmer über die letzten Jahre sowie die verkaufte Wärmemenge ist folgender Tabelle zu entnehmen:

Jahr	Anzahl Anschlussnehmer	Verkaufte Wärmemenge in MWh
2019	63	1.794
2020	76	1.925
2021	88	2.067
2022	120	2.780
2023	136	3.834
2024	175	4.161

Tabelle 2: Entwicklung der Kennzahlen des Wärmenetzes Fuchstal

Die aktuell 175 Anschlussnehmer teilen sich auf in 151 Ein-/Zweifamilienhäuser, 13 Mehrfamilienhäuser sowie vier Industrie- und Handwerksbetriebe, zwei Pflege-Tagesstätten, ein Pflegeheim mit 90 Zimmern, ein Supermarkt, eine Apotheke, eine Mittelschule und eine Grundschule.

Das Wärmenetz mit seinen Verteilleitungen und Abnehmergebieten ist in Abbildung 2-3 und Abbildung 2-4 dargestellt. Die einzelnen Abnehmer sind aus Datenschutzgründen nicht gebäudescharf visualisiert, sondern es sind lediglich die Gebiete eingefärbt, in denen der Großteil der Gebäude an das Wärmenetz angeschlossen ist.

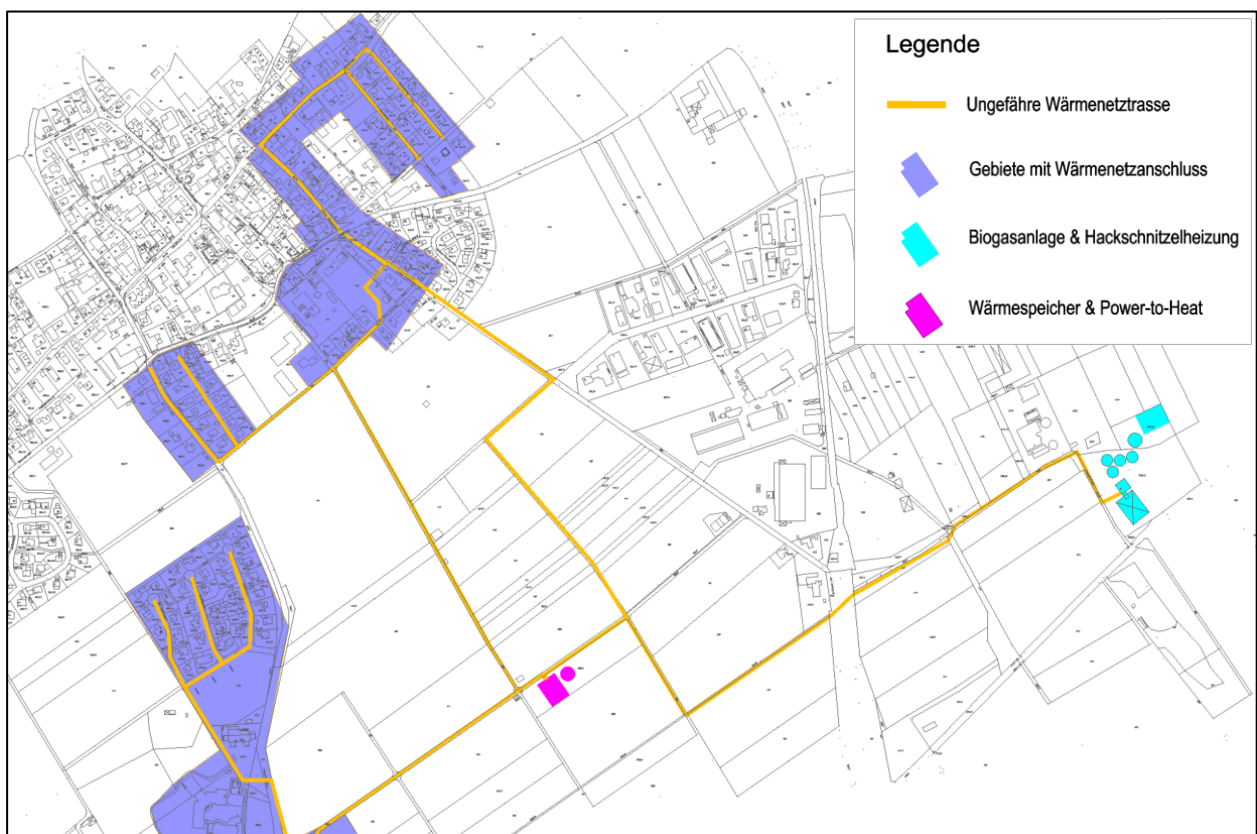


Abbildung 2-3: Wärmenetzplan Asch

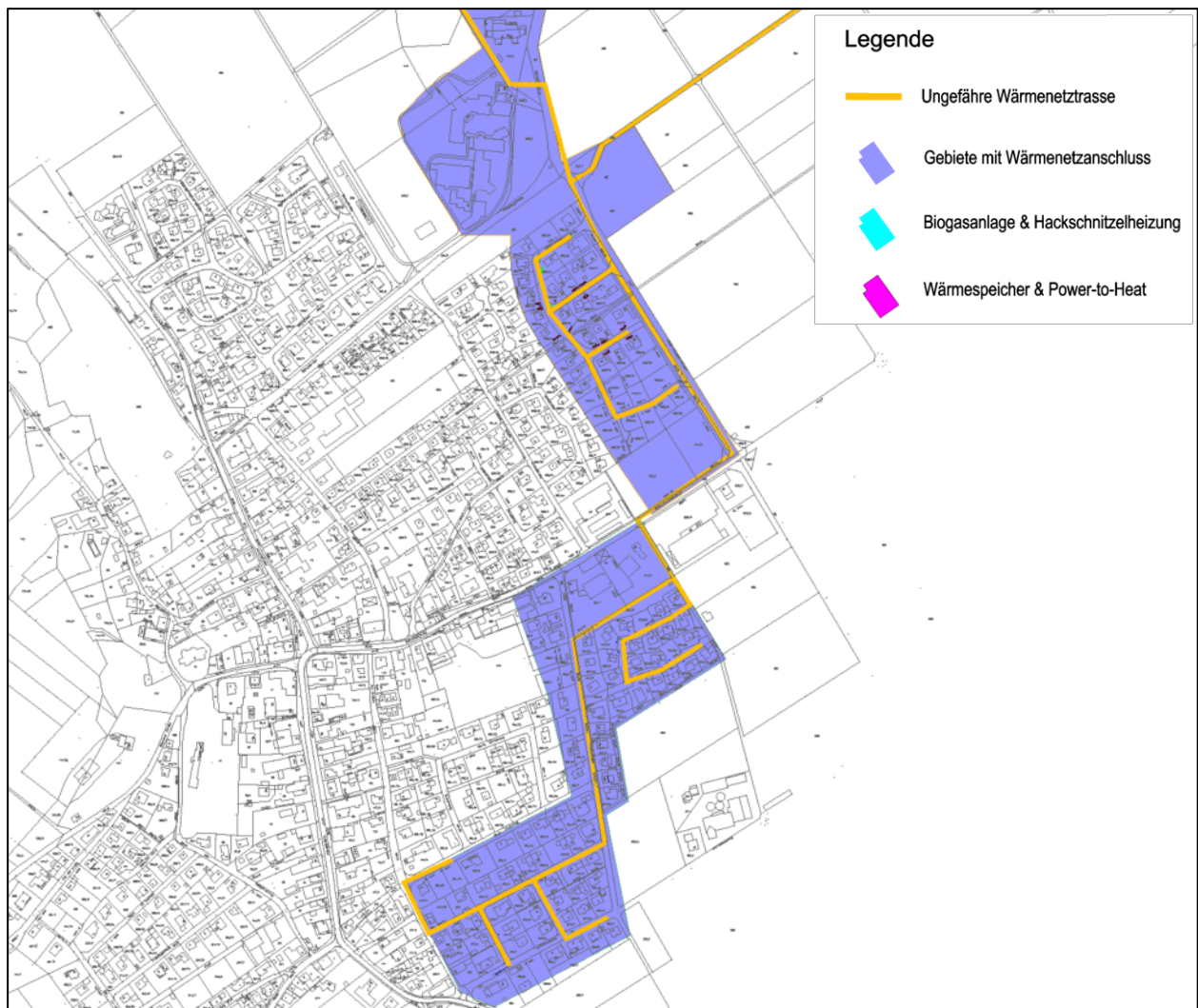


Abbildung 2-4: Wärmenetzplan Leeder

Die Wärme für die Versorgung des Wärmenetzes wird hauptsächlich aus der Biogasanlage (BGA) der Biogas Gröber Ruf GmbH & Co. KG bereitgestellt, die seit 2005 im Betrieb ist. Die BGA betreibt vier Blockheizkraftwerke mit einer Leistung von je 250 kW<sub>el</sub> sowie eine Hackschnitzelheizung mit einer Leistung von 1.000 kW und befindet sich süd-östlich des Gewerbegebiets Asch. Diese BGA hat neben der Wärme im Jahr 2023 auch ca. 5.865 MWh Strom produziert. Weiterhin unterstützt die Power-to-Heat-Anlage aus dem Projekt Energiezukunft Fuchstal, welches in Kapitel 2.3.3 detaillierter beschrieben wird, bei der Bereitstellung der Wärme. Ab der Heizperiode 2025/26 wird zudem ein Biogaskessel eingesetzt. Die prozentualen Anteile an der Wärmeversorgung setzen sich wie folgt zusammen:

- Power-to-Heat: 10 %
- BHKWs: 51 %
- Hackschnitzelanlage: 30 %
- Biogaskessel: 9 %

Das Wärmenetz hat demnach einen Anteil erneuerbarer Energien von 100 %, die auch über eine energetische Bewertung nach FW 309 Teil 5 und 7 bis zum 06.02.2030 bescheinigt ist. Dementsprechend ist der Primärenergiefaktor nach FW 309 Teil 1 und 7 bis zum 08.03.2033 auf den Wert 0,0 bescheinigt.

Ein weiterer Ausbau des Wärmenetzes wird durch die Tatsache beschränkt, dass sowohl die Biogasanlage als auch die Hackschnitzelanlage vollständig ausgelastet sind und nicht mehr erweitert werden. Auch die Auslastung der Rohrleitungen des Wärmenetzes liegt bei fast 100 %. Somit müssten zunächst neue Erzeugeranlagen und Fernwärmeleitungen gebaut werden, um bei der aktuellen Betriebsweise neue Anschlüsse ermöglichen zu können. Aus diesen Gründen ist eine weitere Erweiterung des Wärmenetzes über die bis 2027 geplanten Maßnahmen hinaus zum aktuellen Zeitpunkt von der Gemeinde nicht vorgesehen.

### 2.3.2. Bürgerwindkraftprojekte

Im Gemeindegebiet Fuchstal sind derzeit zwei Windparks in Betrieb, die beide über Bürgerenergiemodelle realisiert wurden. Im Jahr 2014 stimmten die Bürgerinnen und Bürger in einem Bürgerentscheid dem Bau von vier Windkraftanlagen im Südwesten des Gemeindegebiets zu (siehe Abbildung 2-5). Die Genehmigung für deren Errichtung und Betrieb erteilte das Landratsamt Landsberg am Lech im Juli 2015. Im Mai und Juni 2016 gingen die Anlagen schließlich in Betrieb. Der Windpark umfasst vier Windkraftanlagen des Typs ENERCON E-115, betrieben von der Bürgerwindkraft Fuchstal GmbH & Co. KG. Die Windräder besitzen einen Rotordurchmesser von 115 m und eine Nabenhöhe von 149 m, was in einer Gesamthöhe von 207 m resultiert. Jede Anlage besitzt eine Leistung von 3 MW, wodurch sich die Gesamtleistung des Parks auf 12 MW beläuft. Im Jahr 2023 belief sich die Stromproduktion des Windparks nach Energieatlas Bayern auf ungefähr 31,2 GWh.<sup>5</sup>

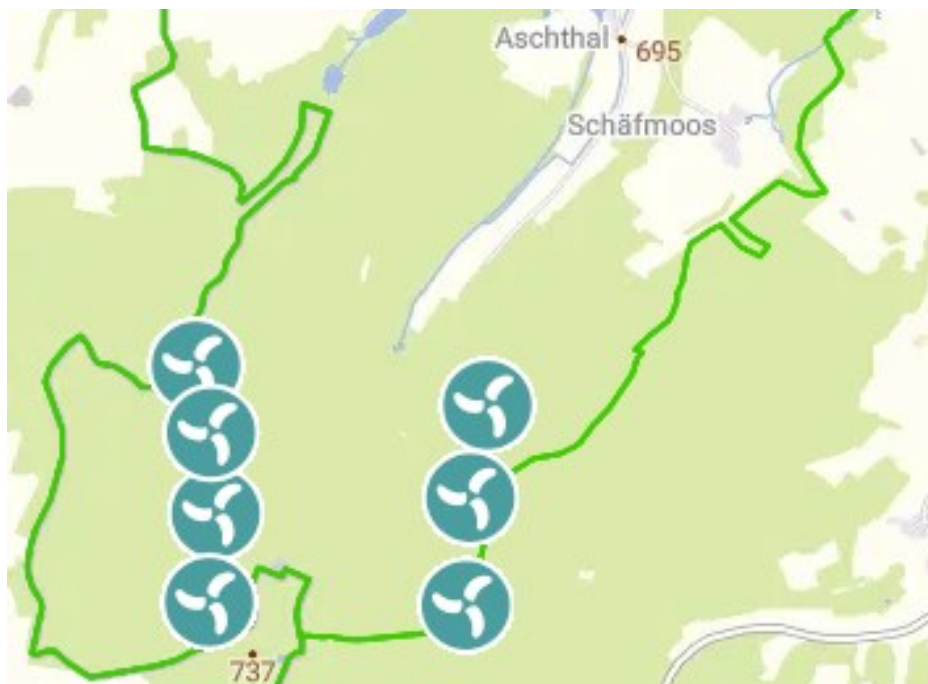


Abbildung 2-5: Lage der Windräder im Südwesten des Gemeindegebiets Fuchstal

Im März und April 2024 folgte die Inbetriebnahme eines zweiten Windparks etwa 1,2 km östlich des bereits bestehenden. Der Betreiber dieses Windparks ist die Bürgerwind Fuchstal Gemeindewald GmbH & Co. KG. Der Windpark besteht aus drei Windrädern des Typs ENERCON E-160 EP5 E3, die einen Rotordurchmesser von 160 m und eine Nabenhöhe von 167 m aufweisen. Die Gesamthöhe der Anlagen beträgt demnach 247 m. Mit einer Leistung von je 5,56 MW erreichen die drei Windräder des Parks eine Gesamtleistung von 16,68 MW. Die Höhe der Stromproduktion dieses Windparks ist noch nicht genau bekannt, liegt

<sup>5</sup> (Energieatlas Bayern, 2025)

jedoch Prognosen zufolge ungefähr im Bereich des ersten Windparks. Laut Auskunft der Gemeinde ist mit ca. 24 GWh pro Jahr und Windpark zu rechnen.

Im Rahmen des Windkraftausbaus wird ein innovatives Forschungsprojekt mit der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf zum Schutz des Rotmilans durchgeführt. Ziel ist es, Kollisionen zwischen dem geschützten Greifvogel und den Windkraftanlagen zu vermeiden und somit Windkraftausbau und Artenschutz besser miteinander zu vereinbaren. Hierzu wurde das kamerabasierte Antikollisionssystem „IdentiFlight“ installiert, das mithilfe künstlicher Intelligenz Rotmilane frühzeitig erkennt und bei Kollisionsgefahr die betroffenen Windräder automatisch abschaltet.

### 2.3.3. Projekt Energiezukunft Fuchstal

Das Projekt „Energiezukunft Fuchstal“ wurde im Jahr 2018 initiiert, um durch eine umfassende Sektorenkopplung die Effizienz der bestehenden Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie in der Gemeinde Fuchstal zu steigern. Zentrales Ziel des Vorhabens ist es, die Sektoren Strom und Wärme stärker miteinander zu verknüpfen und die Nutzung überschüssiger erneuerbarer Energie lokal zu optimieren.

Kernbestandteil des Projekts ist die Nutzung von Überschussstrom, in Zeitpunkten, in denen nicht in das öffentliche Netz eingespeist werden kann (z. B. bei negativen Börsenstrompreisen), um eine sonst erforderliche Abschaltung der Einspeisung erneuerbarer Energien, wie z. B. von Windrädern, zu vermeiden. Dieser Strom wird in einer Heizzentrale mit einem Power-to-Heat (P2H) Modul mit einer Leistung von 4,7 MW genutzt, die den Strom in Wärme umwandelt. Die Anlage liegt zwischen dem Ortsteil Leeder und dem Gewerbegebiet Asch. Die Wärme wird entweder unmittelbar in das bestehende Wärmenetz eingespeist oder in einem zentralen Wärmespeicher mit einem Volumen von ca. 5.000 m<sup>3</sup> gespeichert. Um Fluktuationen im Wärmenetz schnell ausgleichen zu können wurde zusätzlich ein 200 m<sup>3</sup> Pendelspeicher installiert. Das bestehende Wärmenetz der Gemeinde, das mit Wärme einer Biogasanlage gespeist wird, wird durch das neue System unterstützt und erweitert. Insbesondere in den Übergangszeiten zwischen Heiz- und Nicht-Heizperiode kann so überschüssige Wärme effizient genutzt werden. Im Jahr 2024 wurden so von der P2H Anlage ca. 750 MWh Strom zu Zeiten negativer Strompreise bezogen und ca. 697 MWh Wärme erzeugt.

Zusätzlich wurde ein Batteriespeicher mit einer Leistung von 5,8 MW und einer Kapazität von 3,2 MWh installiert. Dieser ermöglicht die zeitversetzte Nutzung von Überschussstrom, indem er bei Bedarf entweder das öffentliche Netz oder direkt die Power-to-Heat-Anlage versorgt. Der Betrieb aller Komponenten erfolgt über eine zentrale Leittechnik, die eine koordinierte und wirtschaftlich optimierte Steuerung gewährleistet.

Das Projekt „Energiezukunft Fuchstal“ wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Rahmen eines dreijährigen Förderprogramms mit etwa 5,8 Mio. Euro unterstützt. Es dient als Anwendungsbeispiel für die Umsetzung von sektorenübergreifendem Energiemanagement auf kommunaler Ebene.

### 2.3.4. Photovoltaikanlagen

Die Gemeinde Fuchstal hat auf allen Dächern ihrer öffentlichen Gebäude PV-Anlagen installiert. Weiterhin betreibt sie mehrere Freiflächen-PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 3,2 MWp<sup>6</sup>:

Im Dezember 2011 wurde auf dem Gelände des ehemaligen Sondermunitionslager Landsberg-Leeder eine Freiflächen-PV-Anlage mit 4.160 Modulen auf einer Fläche von ca. 2 ha und einer Leistung von 957 kWp von der VR BürgerEnergie Landsberg eG in Betrieb genommen. Die Netzeinspeisung im Jahr 2023 betrug etwa 1,06 GWh bei 1.113 Volllaststunden.

Ebenfalls im Dezember 2011 wurde eine Freiflächen-PV-Anlage beim Gewerbegebiet östlich vom Ortsteil Asch mit 1.936 verbauten Modulen bei einer Flächennutzung von knapp einem Hektar in Betrieb genommen. Diese Anlage besitzt eine Leistung von 455 kWp und speiste 2023 ca. 0,50 GWh in das Netz ein.

Eine dritte Freiflächen-PV-Anlage wurde im Januar 2019 nördlich der bereits gebauten PV-Anlage bei Asch fertiggestellt. Mit ihren 2.724 Modulen auf ca. einem Hektar und einer Leistung von 749 kWp wurden im Jahr 2023 etwa 0,77 GWh Strom eingespeist. Diese Anlage wurde im Februar 2021 um weitere 2.272 Module mit einer Gesamtleistung von 750 kWp erweitert. Dieser Anlagenteil erreichte 2023 eine Netzeinspeisung von ca. 0,76 GWh.

Im Südosten des Gemeindegebiets in einer Kiesgrube wurde im Juni 2023 eine weitere Freiflächen-PV-Anlage mit einer Leistung von 297 kWp und 660 Modulen in Betrieb genommen. Anlagenbetreiber ist die ESF Kies - PV GmbH & Co. KG.

### 2.3.5. HyStarter / HyLand

Im Rahmen des bundesweiten Förderprogramms HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland<sup>7</sup> wurde die Region Ostallgäu im September 2019 als eine von neun HyStarter-Regionen ausgewählt. Die HyStarter-Region Ostallgäu umfasst den Landkreis Ostallgäu, die kreisfreie Stadt Kaufbeuren und die Gemeinde Fuchstal im Landkreis Landsberg am Lech. Die Bewerbung erfolgte zunächst getrennt, jedoch schlossen sich die drei Gebietskörperschaften während des Auswahlprozesses zu einer gemeinsamen Wasserstoffregion zusammen.

Die Region zeichnet sich durch eine hohe Dichte an erneuerbaren Energieanlagen aus, bilanziell werden bereits über 90 % des Stromverbrauchs regenerativ erzeugt. Diese Ausgangslage bietet Potenzial für die Nutzung von grünem Wasserstoff, insbesondere zur Sektorenkopplung in den Bereichen Mobilität, Industrie und Wärmeversorgung.

Im Rahmen des HyStarter-Projekts wurde ein Regionenkonzept erarbeitet, welches die Vision einer regionalen Wasserstoffwirtschaft bis 2030 skizziert. Ziel ist es, den regenerativen Stromüberschuss der Region mit Mobilität sowie der stofflichen Nutzung von grünem Wasserstoff zu verknüpfen. Die Region erwartet sich eine Weiterentwicklung der begonnenen Energiewende, langfristige Arbeitsplatzschaffung und -sicherung sowie örtliche Wertschöpfung.

Die Gemeinde Fuchstal bringt in dieses Projekt ihre Erfahrungen aus dem Projekt „Energiezukunft Fuchstal“ ein, das bereits Sektorenkopplung zwischen Strom und Wärme durch einen Wärmespeicher, ein Power-to-Heat-Modul und einen Batteriespeicher realisiert. Diese Infrastruktur kann perspektivisch um eine Wasserstoffkomponente erweitert werden.

---

<sup>6</sup> (Bundesnetzagentur, 2025)

<sup>7</sup> (Nuts One GmbH, 2021)

Das HyStarter-Projekt wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) beauftragt, von der NOW GmbH koordiniert und vom Projektträger Jülich (PTJ) begleitet. Die Ergebnisse des Projekts dienen als Grundlage für weiterführende Förderanträge im Rahmen des HyLand-Programms.

Für die kommunale Wärmeplanung in Fuchstal bietet die Teilnahme an der Wasserstoffregion Ostallgäu die Möglichkeit, zukünftige Wärmeversorgungskonzepte um Wasserstofftechnologien zu ergänzen und so die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung weiter voranzutreiben.

### 2.3.6. Zusammenfassung aktuelle Stromproduktion auf dem Gemeindegebiet

Werden alle Anlagen zusammen betrachtet, ergibt sich durch den Energieatlas Bayern folgende Schätzung für die aktuelle Stromproduktion auf dem Gemeindegebiet Fuchstal:

Anlagentyp	Stromerzeugung in MWh/a
Windenergie	48.000
Wasserkraft	43.000
Freiflächen-PV-Anlagen	3.090
Dach-PV-Anlagen	7.013
Biogasanlage	5.865
<b>Summe:</b>	<b>106.968</b>

*Tabelle 3: Aktuelle Stromproduktion in Fuchstal*

Der Energie-Atlas Bayern beziffert den Stromverbrauch in der Gemeinde auf ca. 14,2 GWh (Stand: 31.12.2023). Somit liegt der auf dem Gemeindegebiet erzeugte Strom mit jährlich ca. 107 GWh ungefähr 7,5-mal höher als der Verbrauch und kann unter anderem genutzt werden, um zur Wärmewende beizutragen, indem dieser z. B. durch den Einsatz von Wärmepumpen effizient in Wärmeenergie umgewandelt wird. Werden die privatwirtschaftlich betriebenen Wasserkraft und Biogasanlagen vernachlässigt und lediglich die Wind- und Freiflächen-PV-Anlagen betrachtet, so beträgt der Überschuss aktuell immer noch ca. 36,9 GWh pro Jahr. Für einen deutschlandweiten Umstieg auf erneuerbare Energien sollte perspektivisch mitbetrachtet werden inwieweit dünnbesiedelte Gemeinden mitverantwortlich für die Stromversorgung der Ballungszentren und Industriestandorte sind, welche ihren Strombedarf nicht lokal produzieren können.

## 2.4. Gebäudestruktur

Für die Bewertung des Wärmebedarfs wird zunächst der Gebäudebestand im Gemeindegebiet analysiert. Den dominierenden Gebäudetyp stellen private Haushalte in Form von Einfamilienhäusern dar. Die Gebäudestruktur in der Gemeinde Fuchstal ist geprägt von einer heterogenen Altersverteilung und einer dominierenden Bauweise. Den größten Anteil der insgesamt ca. 1.360 Wohngebäude stellen freistehende Häuser dar, die mit 80 % aller Wohngebäude deutlich überwiegen. Doppelhaushälften (10 %), andere Gebäudetypen (7 %) sowie gereichte Häuser (3 %) spielen lediglich eine untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 2-6). Diese Bauform weist durch ihre freistehende Bauweise im Vergleich zu Reihenhäusern oder Doppelhaushälften eine deutlich größere Hüllfläche auf, was in der Regel zu höheren Wärmeverlusten führt. Die Gebäudeart deutet somit bereits auf einen grundsätzlich erhöhten Wärmebedarf im Gebäudebestand hin.

### Gebäudetyp-Bauweise

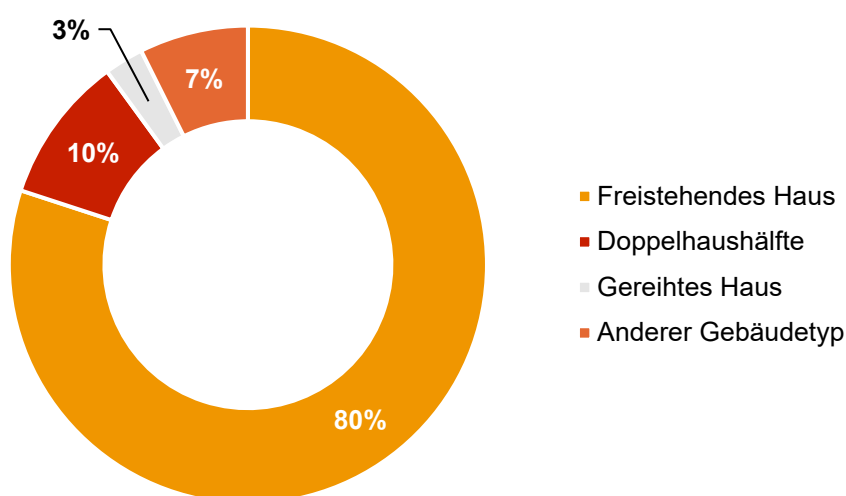


Abbildung 2-6: Gebäudetyp-Bauweise der Gebäude in Fuchstal

Ebenfalls von großer Bedeutung für den Energieverbrauch sind die Baualtersklassen der Gebäude. Bezüglich der Baualtersstruktur ist mit ca. 47 % knapp die Hälfte der Bestandsgebäude in den Jahren bis inklusive 1979 errichtet worden (siehe Abbildung 2-7). Besonders stark vertreten sind Gebäude aus den 1970er Jahren (194 Einheiten), sowie Altbauten aus der Zeit vor 1919 (177 Einheiten). Auch die Bauperioden 1980-1989 (152 Einheiten) und 1990-1999 (182 Einheiten) sind signifikant vertreten. Gebäude aus diesen Jahrzehnten wurden meist nach den damals geltenden Standards wie der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) 1977 bzw. deren Novellierungen im Jahr 1984 und 1995 errichtet und weisen daher typischerweise einen hohen Sanierungsbedarf auf. Neuere Baualtersklassen wie 2010-2015 (96 Einheiten) oder 2016 und später (124 Einheiten) erfüllen in der Regel bereits hohe energetische Anforderungen und haben einen vergleichsweise geringen Wärmebedarf.

Aus dieser Verteilung ergibt sich insgesamt ein überdurchschnittlicher Wärmebedarf, insbesondere bei älteren und unsanierten Gebäuden. Maßnahmen zur energetischen Sanierung, zur Effizienzsteigerung und zur verstärkten Einbindung in das kommunale Wärmenetz sind daher zentrale Hebel zur Reduktion des Endenergieverbrauchs in Fuchstal.

### Baualtersklassen für Gebäude mit Wohnraum

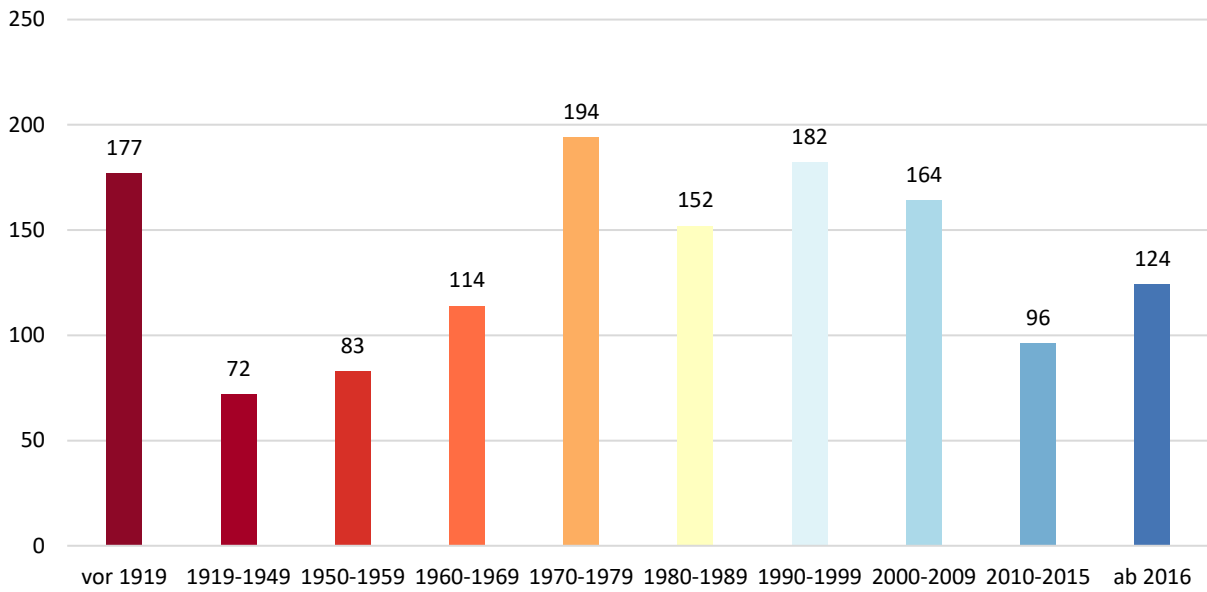
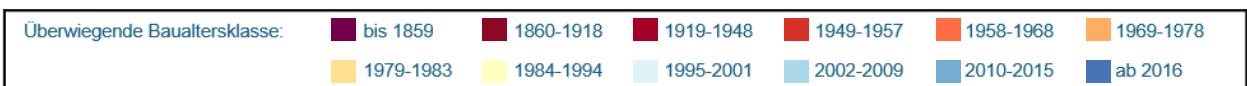
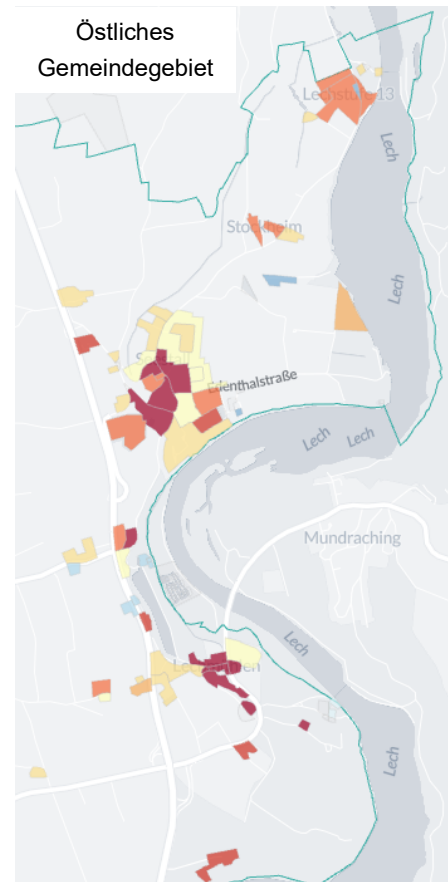
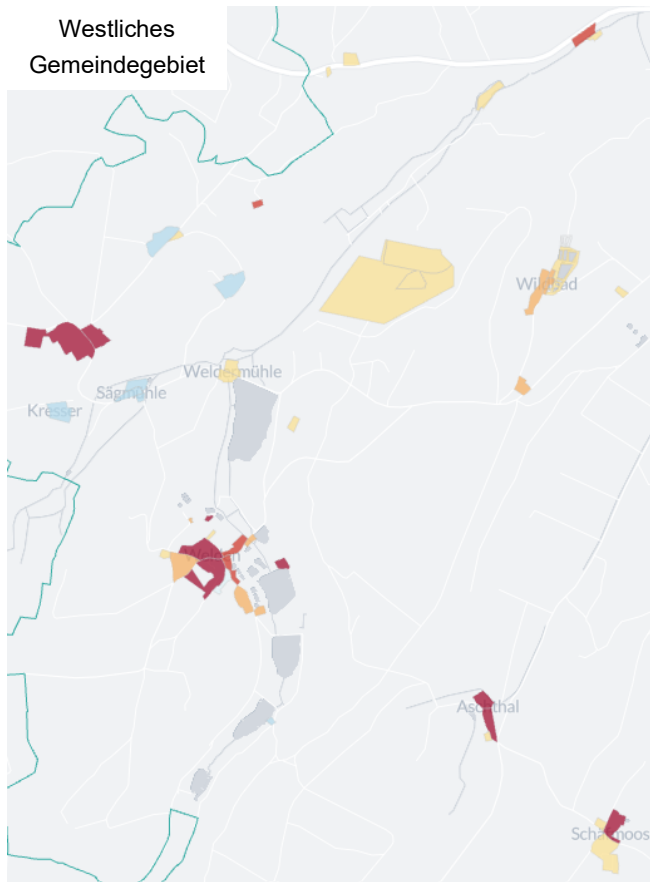


Abbildung 2-7: Baualtersklassen der Gebäude in Fuchstal

Die kartografische Darstellung der Baualtersklassen auf Baublockebene ergibt die folgenden Abbildungen.



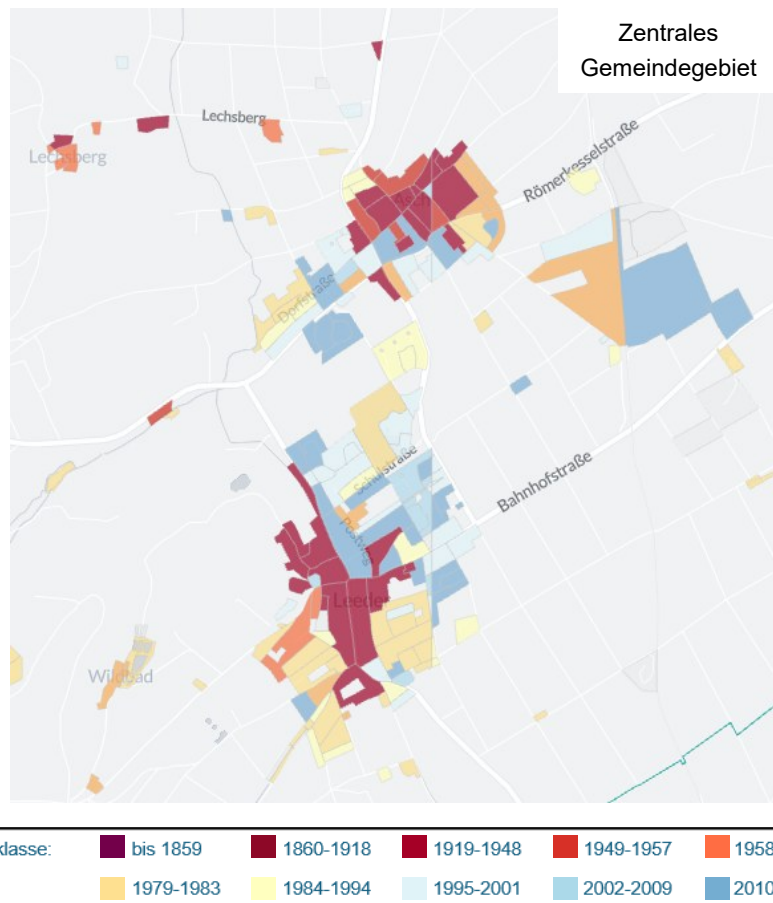


Abbildung 2-8: Kartographische Darstellung der Baualtersklassen auf Baublockebene in Fuchstal

Bei den wärmeversorgten Gebäuden im Gemeindegebiet handelt es sich überwiegend um teilsanierte Bauten (siehe Abbildung 2-9). Dies lässt eine energetische Veralterung des Gebäudebestands und somit hohe Energiesparpotenziale durch energetische Sanierung vermuten. Diese Potenziale werden in den folgenden Kapiteln genauer untersucht.



## 2.5. Energie- und Treibhausgasbilanz

Im bayerischen Klimaschutzgesetz (BayKlimaG), welches zum 01.01.2021 in Kraft trat, wurde die Klimaneutralität des Freistaats bis 2040 beschlossen. Um diese Ziele zu erreichen, ist eine Transformation der Wärmeversorgung notwendig. Im Rahmen dieser Umstellung muss zunächst der Ist-Zustand innerhalb der Gemeinde Fuchstal anhand der Auswertung verschiedener Datenquellen erfasst werden.

Die gebäudespezifische Auswertung wurde mithilfe der Software ENEKA vorgenommen, die auf Basis von öffentlich zugänglichen und statistischen Daten energetische Bewertungen von Gebäuden vornimmt. Da die Daten teilweise aus der Hochrechnung regionaler Primärdaten stammen, können Abweichungen von den tatsächlichen Werten auftreten. Diese bewegen sich jedoch in einem vertretbaren Rahmen und beeinträchtigen die sachgerechte Durchführung der kommunalen Wärmeplanung nicht. Aus datenschutzrechtlichen Gründen erfolgt die Visualisierung der Ergebnisse in der öffentlichen Kommunalen Wärmeplanung auf Baublockebene. Dabei bildet das Modell den überwiegenden energetischen Zustand innerhalb eines Blocks ab, wodurch vereinfachte Durchschnittswerte entstehen. Die zugrunde liegende Berechnung basiert jedoch weiterhin auf einer detaillierten Auswertung der einzelnen Gebäude innerhalb des jeweiligen Blocks. Weitergehend werden Kehr buchdaten, Daten des allgemein zugänglichen Energie-Atlas Bayern, sowie des Zensus 2022 erhoben für die Analyse des aktuellen Ist-Zustandes der Wärmeversorgung in Fuchstal herangezogen.

Um die vorliegenden Daten richtig einordnen und bewerten zu können, ist zunächst ein grundlegendes Verständnis der relevanten Energie- und Emissionsbegriffe erforderlich. In der kommunalen Wärmeplanung wird zwischen Primär-, End- und Nutzenergie unterschieden, um den Energiefluss von der Rohstoffquelle bis zur tatsächlich im Gebäude ankommenden Wärme systematisch abzubilden.

Die Primärenergie beschreibt den gesamten Ressourcenaufwand eines Heizsystems einschließlich der Verluste bei der Förderung, Verarbeitung, Umwandlung und Transport des Energieträgers. Sie gibt demnach Auskunft darüber, wie viele natürliche Ressourcen insgesamt für die Bereitstellung der Heizenergie (Nutzenergie) benötigt werden. Die Endenergie ist die vom Verbraucher tatsächlich gekaufte und im Heizsystem verbrauchte Energiemenge in Form von z. B. Heizöl, Gas, Biomasse oder Strom. Die Nutzenergie ist die nach allen Umwandlungs- und Verteilungsverlusten letztlich im Gebäude ankommende Wärme für die Raumheizwärme oder Warmwasser.

Im Normalfall ist die Nutzenergie immer kleiner als die Endenergie, da bei der Umwandlung im Heizkessel oder bei der Wärmeverteilung Verluste auftreten. Ein wichtiger Sonderfall ist jedoch die Wärmepumpe: Sie kann durch die Nutzung von Umweltwärme (aus Luft, Erdreich oder Grundwasser) deutlich mehr Wärme bereitstellen, als sie an Strom verbraucht. In diesem Fall ist die Nutzenergie sogar größer als die eingesetzte Endenergie, da der Großteil der bereitgestellten Wärmemenge „kostenlos“ aus der Umwelt entnommen wird und lediglich ein vergleichsweise kleiner elektrischer Aufwand hinzukommt. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird daher nicht als Wirkungsgrad, sondern als sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ) beschrieben. Diese gibt an, wie viel Kilowattstunden Wärme pro eingesetzter Kilowattstunde Strom durchschnittlich über das Jahr bereitgestellt werden. Die JAZ beträgt, je nach Typ der Wärmepumpe und Temperatur der Wärmequelle sowie des Vorlaufs, etwa 2,5 bis 5. Die folgende Grafik zeigt schematisch den Weg vom Primärenergieträger bis zur Nutzenergie.

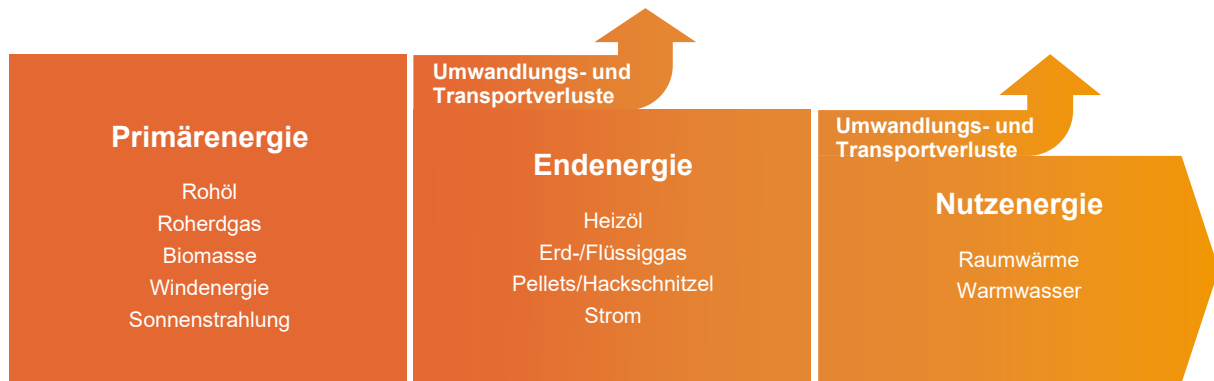


Abbildung 2-10: Vom Primärenergieträger zur Nutzenergie

Die Umrechnung von End- zu Primärenergiemenge erfolgt über den sogenannten Primärenergiefaktor. Dieser Faktor berücksichtigt, wie ressourcenschonend oder -intensiv der jeweilige Energieträger ist. Er bewertet also nicht den physikalischen Energiegehalt des Rohstoffs, sondern den ökologischen Ressourcenaufwand, der für die Bereitstellung der Energie aus diesem Rohstoff nötig ist. Ein niedriger Primärenergiefaktor weist demnach auf einen ressourcenschonenden Energieträger hin. Bei Holzpellets, einem erneuerbaren Energieträger, liegt er z. B. bei 0,2. Dieser Wert drückt also nicht aus, dass der Energieinhalt des Holzes nur 20 % der Endenergie entspricht, sondern vielmehr, dass Pellets als regional verfügbarer, nachwachsender Rohstoff nur sehr geringe zusätzliche Umweltbelastungen durch Transport oder Umwandlung verursachen. Fossile Energieträger wie Heizöl hingegen haben einen Primärenergiefaktor von meist 1,1, da Förderung, Raffination und Transport hier ressourcen- und emissionsintensiv sind und keine Regeneration des Energieträgers durch erneute Bindung des Kohlenstoffs aus der Atmosphäre stattfindet, wie es beispielsweise bei Holz der Fall ist. Strom aus dem öffentlichen Netz hat aktuell sogar einen Primärenergiefaktor von etwa 1,8, da die Stromerzeugung in Deutschland noch immer teilweise auf fossilen Kraftwerken basiert, die mit großen Wirkungsgradverlusten arbeiten.

Die folgende Tabelle zeigt anschaulich, wie sich bei gleichem Wärmebedarf die benötigten Primär- und Endenergiemengen verschiedener Heizsysteme unterscheiden. Für die Ölheizung wurden 70 % Wirkungsgrad angenommen, für die Pelletheizung 85 % und für die Wärmepumpe eine JAZ von 3,5.

Heizsystem	Primärenergiemenge	Endenergiemenge	Nutzenergiebedarf
Ölheizung	157 kWh	143 kWh	100 kWh
Pelletheizung	24 kWh	118 kWh	100 kWh
Wärmepumpe	52 kWh	29 kWh	100 kWh

Tabelle 4: Primärenergie- und Endenergiemenge verschiedener Heizsysteme bei gleichem Nutzenergiebedarf

Der scheinbare Widerspruch, dass bei regenerativen Heizsystemen wie der Pelletheizung und bei der Wärmepumpe die Primärenergiemenge kleiner ist als die Nutzenergiemenge, ergibt sich lediglich aus der Definition des Primärenergiefaktors als Bewertungsgröße für den Ressourcenverbrauch und nicht als physikalische Energiemenge. Die Zahlen sollen helfen, die ökologische Bewertung von Heizsystemen zu vergleichen und stellen keine tatsächlichen Energieflüsse dar.

Im Zensus 2022 sind für die Gemeinde Fuchstal 1.359 Haushalte gelistet. 1.054 Haushalte nutzen eine Zentralheizung und zum Zeitpunkt des Zensus waren bereits 112 Haushalte an das Wärmenetz angeschlossen. Der Gesamtwärmeverbrauch der Gemeinde beträgt 58,32 GWh Nutzenergie bzw. 69,07 GWh Endenergie pro Jahr. Die Energieträger zur Bereitstellung der Wärmeenergie teilen sich wie folgt auf:

## Endenergieverbrauch zur Wärmeerzeugung nach Energieträger

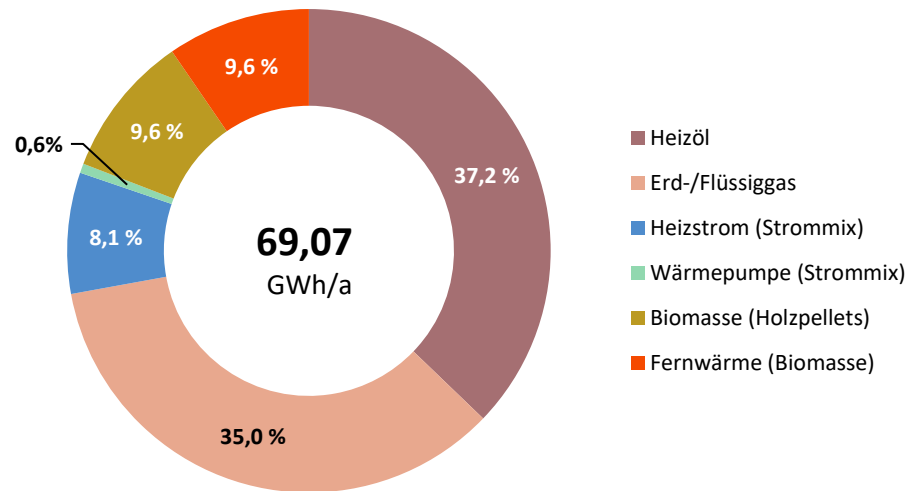


Abbildung 2-11: Endenergieverbrauch zur Wärmeerzeugung nach Energieträger in Fuchstal

In Abbildung 2-12 sind die überwiegend genutzten Energieträger pro Baublock kartographisch dargestellt.



Abbildung 2-12: Kartographische Darstellung des überwiegenden Energieträgers auf Baublockebene in Fuchstal

Um das Transformationspotenzial besser darstellen zu können, werden neben dem Wärmebedarf auch die Emissionen betrachtet. Diese müssen im Rahmen der Transformation möglichst weit reduziert werden.

Abbildung 2-13 zeigt den derzeitigen Stand der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Betrachtungsgebietes übersichtlich zusammengefasst für jeden Energieträger. In der Gemeinde ergibt sich ein CO<sub>2</sub> Emissionsbetrag im Wärmesektor von 15.319 t/a. Ziel der aktuellen Gesetzgebung ist eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2040. Dazu sind CO<sub>2</sub>-Emissionen systematisch in allen technisch realisierbaren Bereichen zu minimieren. Emissionen, die sich nicht weiter reduzieren lassen, sind durch adäquate Kompensationsmaßnahmen auszugleichen. Das größte Einsparpotenzial liegt bei Ölheizungen, da diese den größten Teil der aktuellen Wärmeversorgung ausmachen. Diese Heizungen müssen für eine zukünftig treibhausgasneutrale Wärmeversorgung gegen erneuerbare Lösungen ausgetauscht werden. Selbes gilt für den Anteil an Heizungen, der aktuell mit Erd-/Flüssiggas betrieben werden. Hier kann ggf. auf Biogasalternativen zurückgegriffen werden, allerdings ist eine verbrennungsfreie Heizlösung hier ebenfalls die emissionsärmste Alternative.

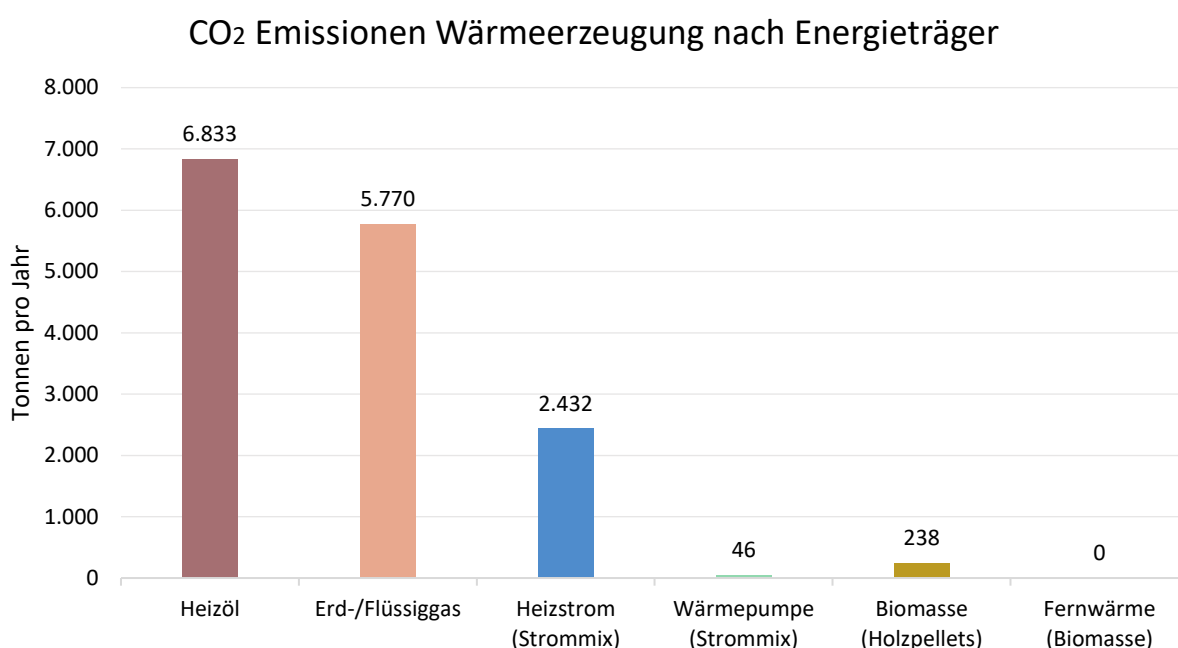


Abbildung 2-13: Jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeerzeugung nach Energieträger in Fuchstal

Die drittgrößte Position bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt sich durch Heizstromlösungen. Obwohl diese nur etwa 8 % des Endenergiebedarfs ausmachen, sind sie für knapp 16 % der Emissionen der Wärmeerzeugung verantwortlich. Dies liegt am aktuell noch hohen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Strommixes in Deutschland. Durch den stetig steigenden Anteil erneuerbarer Energien im Strommix werden die Emissionen der strombasierten Heizungen kontinuierlich sinken. Bis 2030 sollen bereits 80 % des Bruttostromverbrauchs mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Ein Austausch dieser Heizungen ist daher nicht vorrangig erforderlich. Die Umstellung auf eine erneuerbare Stromversorgung wird in späteren Kapiteln aufgearbeitet.

Bei Heizlösungen, welche zur Wärmeerzeugung Biomasse verbrennen, kann der Ausstoß von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen durch den Einsatz moderner Technik zwar reduziert, aber nicht ganz vermieden werden. Somit müssen diese unvermeidbaren Emissionen durch andere Initiativen ausgeglichen werden.

Die Endenergie wird verwendet, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Heizsystems mithilfe des sogenannten CO<sub>2</sub>-Faktors zu quantifizieren. Der CO<sub>2</sub>-Faktor gibt an, wie viel CO<sub>2</sub> bei der Nutzung eines Energieträgers pro MWh freigesetzt wird. Während bei fossilen Energieträgern wie Heizöl (0,266 t CO<sub>2</sub>/MWh) oder Erdgas (0,201 t CO<sub>2</sub>/MWh) direkte Emissionen anfallen, werden bei erneuerbaren Energien wie Holz

(0,027 t CO<sub>2</sub>/MWh) oder Pellets (0,036 t CO<sub>2</sub>/MWh) nur die Vorketten-Emissionen berücksichtigt, da bei der Verbrennung lediglich der zuvor gebundene Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt wird. Bei Strom aus erneuerbaren Energien liegt der CO<sub>2</sub>-Faktor bei null.

Bei Wärmenetzen können der Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Faktor netzspezifisch im Rahmen einer energetischen Bewertung nach AGFW FW 309-1 ermittelt werden. Im Fall des Bestandwärmenetzes von Fuchstal liegen beide Faktoren bei null (siehe auch Kapitel 2.3.1). Dies liegt daran, dass die durch den Betrieb des Wärmenetzes entstehenden Emissionen mit den Emissionen der Stromproduktion der KWK-Anlage verrechnet werden. Dadurch liegen bilanziell die Emissionen im negativen Bereich und werden auf null aufgerundet.

Die verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Heizsysteme sind in Abbildung 2-13 übersichtlich zusammengefasst und in Tabelle 5 zusammen mit ihren jeweiligen CO<sub>2</sub>-Faktoren detailliert aufgeführt. Bei Heizstrom wird im Folgenden angenommen, dass dieser das erste eingebaute Heizsystem ist und bei Wärmepumpen, dass sie ein vorher fossiles Heizsystem ersetzt haben. Dementsprechend werden in Übereinstimmung mit dem BAFA Informationsblatt zu CO<sub>2</sub>-Faktoren verschiedene Faktoren angesetzt. Der Heizstrom wird daher mit 0,435 t CO<sub>2</sub>/MWh („el. Strom Effizienzmaßnahme“) und der Wärmepumpenstrom mit 0,107 t CO<sub>2</sub>/MWh („el. Strom Energieträgerwechsel“) angesetzt.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Heizsysteme mit fossilen Energieträgern sowie mit Heizstrom überproportional viel CO<sub>2</sub> im Vergleich zu ihrem Endenergieanteil emittieren, während die erneuerbaren Heizlösungen nur einen sehr geringen Teil der Emissionen verursachen.

Energieträger	Endenergie [MWh/a]	Anteil an Endenergie	CO <sub>2</sub> -Faktor [t/MWh]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [t/a]	Anteil an CO <sub>2</sub> -Emissionen
Heizöl	25.687	37,2 %	0,266	6.833	44,6 %
Erd-/Flüssiggas	24.140	35,0 %	0,239	5.770	37,7 %
Heizstrom (Strommix)	5.591	8,1 %	0,435	2.432	15,9 %
Wärmepumpe (Strommix)	434	0,6 %	0,107	46	0,3 %
Biomasse (Holzpellets)	6.603	9,6 %	0,036	238	1,6 %
Fernwärme (Biomasse)	6.614	9,6 %	0	0	0,0 %
Fossile Energien	55.853	80,9 %		15.035	98,1 %
Erneuerbare Energien	13.218	19,1 %		238	1,6 %
<b>Gesamt</b>	<b>69.071</b>	<b>100 %</b>		<b>15.319</b>	<b>100 %</b>

Tabelle 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Heizsysteme in Fuchstal

Der Primärenergieverbrauch, und somit die Ressourcenintensität der verschiedenen Heizsysteme im Vergleich zu ihrem Anteil an der Wärmeversorgung, ist in Tabelle 6 dargestellt.

Energieträger	Endenergie [MWh/a]	Anteil an Endenergie	Primärenergiefaktor	Primärenergieverbrauch [MWh/a]	Anteil an Primärenergieverbrauch
Heizöl	25.687	37,2 %	1,1	28.256	42,2 %
Erd-/Flüssiggas	24.140	35,0 %	1,1	26.554	39,6 %
Heizstrom (Strommix)	5.591	8,1 %	1,8	10.064	15,0 %
Wärmepumpe (Strommix)	434	0,6 %	1,8	781	1,2 %
Biomasse (Holzpellets)	6.603	9,6 %	0,2	1.321	2,0 %
Fernwärme (Biomasse)	6.614	9,6 %	0	0	0,0 %
Fossile Energien	55.853	81 %		64.875	96,9 %
Erneuerbare Energien	13.218	19 %		2.101	3,1 %
<b>Gesamt</b>	<b>69.071</b>	<b>100 %</b>		<b>66.976</b>	<b>100 %</b>

Tabelle 6: Primärenergieverbrauch der verschiedenen Heizsysteme in Fuchstal

Auch hier wird der dominierende Anteil an dem Primärenergieverbrauch durch die fossilen Energieträger ersichtlich, während die biomassebasierten Heizlösungen einen geringen Ressourcenverbrauch vorzeigen.

## 2.6. Energieeffizienzklassen

Bei der gebäudespezifischen Auswertung der Software ENEKA wird für jedes Gebäude basierend auf dem Baujahr und der Gebäudenutzung ein typischer spezifischer Wärmebedarf angenommen (in kWh/m<sup>2</sup>a). Dieser Wert liefert eine Einschätzung zum energetischen Zustand des Gebäudes und gibt Aufschluss über den wahrscheinlichen Sanierungsstand sowie den Heizenergiebedarf. Die Einteilung erfolgt anhand der berechneten Wärmebedarfswerte in die bekannten Energieeffizienzklassen von A+ bis H. Dabei ist A+ die effizienteste Klasse, während die Effizienz bis zur Klasse H kontinuierlich abnimmt. Eine Übersicht der Zuordnung der Klassen zum spezifischen Wärmebedarf ist in Tabelle 7 dargestellt.

EE-Klasse	kWh/m <sup>2</sup> a	Erläuterung
A+	bis 30	Neubauten mit höchstem Energiestandard, Passivhäuser (KfW 40)
A	bis 50	Neubauten, Niedrigstenergiehäuser (KfW 55)
B	bis 75	Normale Neubauten nach modernen Dämmstandards (KfW 70)
C	bis 100	Mindestanforderung Neubau (entspricht EnEV)
D	bis 130	Gut sanierte Altbauten (entspricht 3. WSchVO 1995)
E	bis 160	Sanierte Altbauten (entspricht 2. WSchVO 1984)
F	bis 200	Sanierte Altbauten (entspricht 1. WSchVO 1977)
G	bis 250	Teilweise sanierte Altbauten
H	über 250	Unsanierete Altbauten

Tabelle 7: Übersicht Energieeffizienzklassen

Bei Häusern unterhalb der Energieeffizienzklasse D sollte bei einem anstehenden Heizungstausch eine energetische Sanierung des Gebäudes mit betrachtet werden. Diese würde dann zu einer direkten Reduktion des Wärmebedarfs beitragen. Wurden diese Maßnahmen im Vorfeld zum Heizungstausch durchgeführt, kann der zukünftige Wärmeerzeuger auf den aktualisierten Wärmebedarf ausgelegt werden, und entsprechend kleiner dimensioniert werden. Dies führt zur Effizienzsteigerung der Anlage. Im Rahmen eines Heizungstauschs kann dann die Gebäudetechnik bei Bedarf mit erneuert werden. Hier kann eine

Umstellung auf größere Heizkörper und Flächenheizungen sowie die Integration eines Pufferspeichers mitbetrachtet werden. Durch größere Heizkörperflächen kann die Vorlauftemperatur der Heizung abgesenkt werden, dies erleichtert die Einbindung erneuerbarer Wärmerzeuger und senkt den Energiebedarf.

## 2.7. Räumlich aufgelöster Wärmebedarf

Die zuvor dargestellte Verteilung unterschiedlicher Energieeffizienzklassen kann auch auf räumlicher Ebene visualisiert werden, wobei die Bausubstanz als Indikator für die gesamte Ortschaft dient (siehe Abbildung 2-14). Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Gebiete identifizieren. In der Konsequenz entstehen Quartiere mit unterschiedlichem Handlungsbedarf. Die räumliche Darstellung unterstützt die Definition von Schwerpunkten für die Wärmeversorgung sowie die Ausweisung potenzieller Gebiete für den Aufbau neuer oder die Erweiterung bzw. Nachverdichtung der bestehenden Wärmenetze.



Abbildung 2-14: Räumlich aufgelöster Wärmebedarf Status quo



Werden die bayrischen Durchschnittswerte des Holzzuwachses, das jährlich als Waldderbholz und Flur- bzw. Siedlungsholz anfällt, für die Abschätzung des Biomassepotenzials der Gemeinde verwendet, ergibt sich das in Tabelle 8 tabellarisch dargestellte Ergebnis<sup>9</sup>. Dabei wird nicht genauer betrachtet, inwieweit das Potenzial bereits ausgeschöpft wird, und welche Menge nachhaltig zur energetischen Verwertung eingesetzt werden kann, da für eine genauere Betrachtung keine ausreichende Datengrundlage vorliegt. Ein vollständiges Ausschöpfen dieses Potenzials ist somit nicht langfristig nachhaltig. Außerdem sind die eingezeichneten Waldgebiete in Teilen (Boden-)Schutzwald.

Energiepotenzial	GJ/ha*a	kWh/ha*a	MWh/a für gesamtes Gemeindegebiet (3.981 ha)
Energiepotenzial aus Waldderbholz	12	3.333	12.917
Energiepotenzial aus Flur- und Siedlungsholz	1,4	389	1.583
<b>Summe</b>	<b>13,4</b>	<b>3.722</b>	<b>14.500</b>

Tabelle 8: Energiepotenzial der Biomasse (Waldderbholz sowie Flur- und Siedlungsholz) auf dem Gemeindegebiet Fuchstal

### 3.1.2. Geothermie

In der Geothermie wird grundsätzlich zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie unterschieden. Die oberflächennahe Geothermie erschließt Tiefen bis 400 m unterhalb der Geländeoberkante. Typischerweise kommen hier Systeme wie Erdwärmesonden, Flächen- und Korbkollektoren in Verbindung mit Wärmepumpentechnologie zum Einsatz. Diese Technologie eignet sich primär zur Versorgung von Einzelgebäuden oder kleineren Quartieren. Aufgrund der begrenzten Tiefe und der daraus resultierenden geringen nutzbaren Energiemengen ist das Potenzial für eine flächendeckende, dezentrale Wärmeversorgung jedoch eingeschränkt.

Ab Tiefen von 400 m wird von Tiefengeothermie gesprochen. In Deutschland dominiert hierbei die Nutzung hydrothermalen Systeme, bei denen mit einer sogenannten Doublette (bestehend aus Förder- und Reinjektionsbohrung) wasserführende geologische Schichten erschlossen werden. In einem geothermischen Heizwerk wird heißes Thermalwasser über die Förderbohrung an die Oberfläche gefördert. Die im Thermalwasser enthaltene Wärmeenergie wird anschließend mittels Wärmetauscher auf ein Fernwärmenetz übertragen. Das dabei abgekühlte Wasser wird im Anschluss über die Reinjektionsbohrung zurück in das geothermische Reservoir geleitet, wodurch ein geschlossener thermischer Kreislauf entsteht. Im bayerischen Molassebecken befinden sich geeignete geothermische Horizonte typischerweise in Tiefen zwischen 2.000 und 5.000 m. Die Bewertung des geothermischen Potenzials in diesen Tiefen erfordert eine detaillierte geologische Datenbasis.

Die Erschließung von Tiefengeothermie ist mit erheblichen technischen, planerischen und finanziellen Aufwänden verbunden. Eine wirtschaftliche Umsetzung ist in der Regel nur bei hoher geothermischer Ergiebigkeit und einer kontinuierlich hohen Wärmenachfrage möglich. In kleinen, ländlich gelegenen Gemeinden gestaltet sich dies aufgrund der geringen Anzahl potenzieller Wärmeabnehmer und der niedrigen Wärmedichte als besonders herausfordernd. Aus diesen Gründen wird die Tiefengeothermie im weiteren Verlauf der Wärmeplanung nicht weiter betrachtet.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> (Energieatlas Bayern, 2025)

<sup>10</sup> (Bundesverband Geothermie e.V., 2025)

### 3.1.3. Solarthermie

Das Solarthermiepotenzial für Dachflächen in der Gemeinde Fuchstal liegt laut Energie-Atlas Bayern bei rund 3.331 MWh pro Jahr. Solarthermieanlagen nutzen die Energie der Sonne zur direkten Erhitzung von Warmwasser. Diese Technologie wird überwiegend auf Wohnhausdächern installiert und eignet sich insbesondere zur Unterstützung der Warmwasserbereitung im Sommer. Dadurch lassen sich die Laufzeiten verbrennungsbasierter Heizsysteme reduzieren, was sowohl Emissionen als auch Brennstoffkosten senkt.

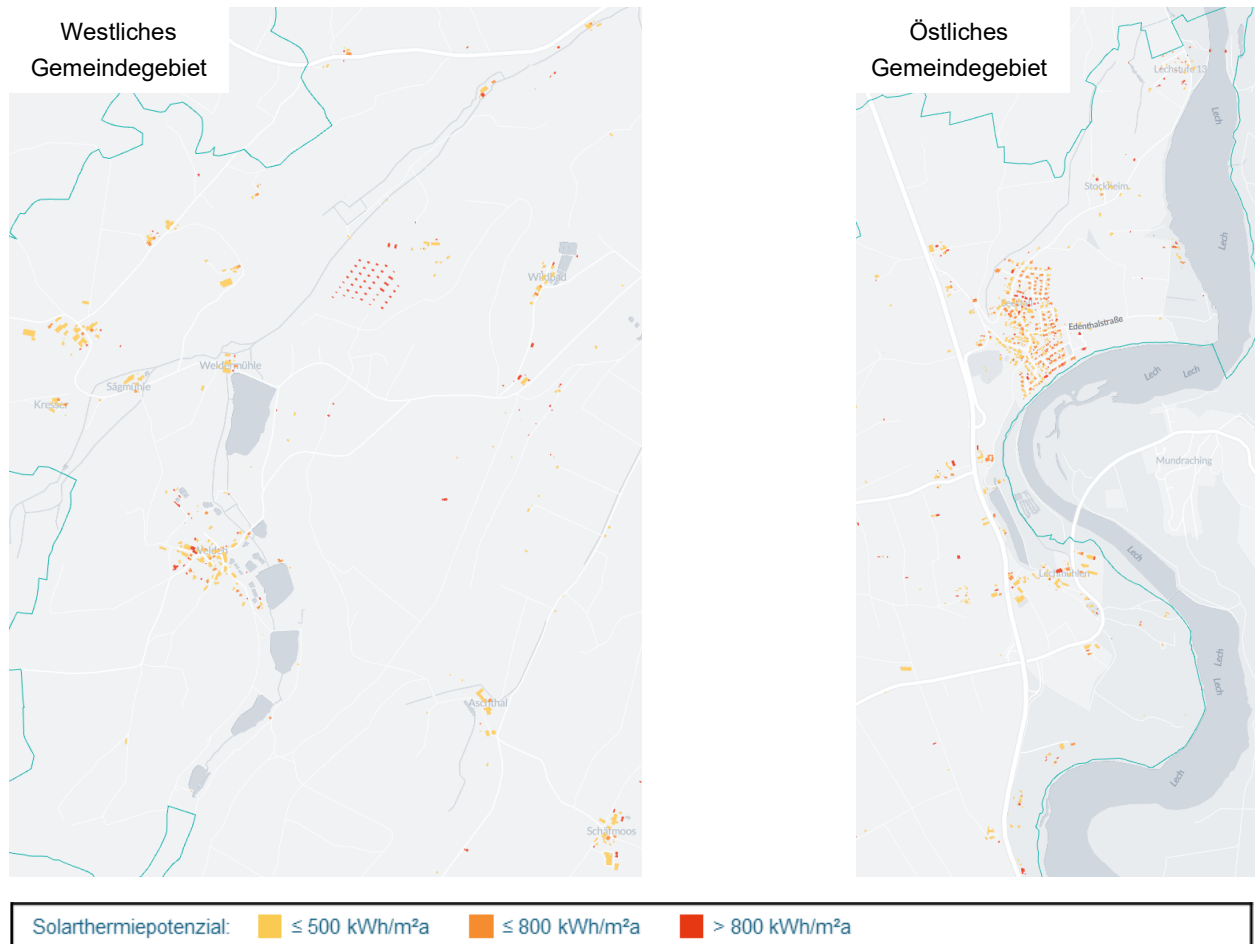
Die Kombination aus Hackschnitzel-/Pelletheizungen und Solarthermie hat besonders im privaten Bereich im ländlichen Raum großes Potenzial für eine erneuerbare Energieversorgung mit einem Anteil an Umweltwärme dar. Die potenzielle Abdeckung des Wärmebedarfs durch Solarthermie ist allerdings jahreszeitlich stark schwankend, da die Erzeugung im Sommer besonders hoch, der Wärmebedarf im gleichen Zeitraum jedoch gering ist. Im Winter hingegen, wenn der Wärmebedarf am höchsten ist, liefert die Solarthermie nur relativ geringe Erträge. Diese antizyklische Erzeugung im Vergleich zum saisonalen Wärmebedarf stellt besondere Anforderungen an die nötige Fläche und die Speichertechnik, vor allem bei zentralen Wärmeversorgungs-lösungen. Mit dem Großspeicher des Projekts Energiezukunft Fuchstal ist zwar bereits eine bedeutende Speicherkapazität vorhanden, im Winter ist dennoch aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung das Verhältnis von Platzbedarf zu erzeugter Wärmemenge sehr groß. Um relevante Teile des Bedarfs einer zentralen Wärmeversorgungs-lösung zuverlässig mittels Solarthermie abdecken zu können, würden somit ein erheblicher Flächenbedarf und damit Investitionskosten erforderlich sein. Zudem ist Solarthermie wenig flexibel in der Nutzung: Während Photovoltaik für E-Mobilität, die allgemeine Stromversorgung oder auch indirekt für die Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen oder Power-to-Heat genutzt werden kann, ist die Energie aus Solarthermie ausschließlich für Heiz- und Warmwasserzwecke nutzbar. Damit ist der Einsatz von Solarthermie als Freiflächenanlage für die zentrale Wärmeversorgung im Wärmenetz oft nur eingeschränkt sinnvoll und bietet sich vorrangig für den Einsatz in Einzelgebäuden auf Dachflächen an.

Bei geeigneten Dachflächen besteht generell eine Konkurrenz zwischen Solarthermie- und Photovoltaikanlagen (PV), da beide Systeme vorzugsweise gut ausgerichtete, verschattungsfreie Dachflächen benötigen. Diese Konkurrenz entfällt jedoch bei der Verwendung von Photovoltaik-Thermie-Modulen (PVT). PVT-Module kombinieren die Stromerzeugung einer Photovoltaikanlage mit der Wärmeerzeugung einer Solarthermieanlage in einem einzigen System. Sie ermöglichen somit eine gleichzeitige Nutzung von Solarstrom und Solarwärme auf derselben Fläche und bieten sich insbesondere dort an, wo die verfügbare Dachfläche begrenzt ist. Im Vergleich zur Kombination aus reiner PV-Anlage und Wärmepumpe bieten PVT-Systeme gewisse Vorteile, wie etwa eine stabilere Effizienz bei gleichzeitiger Reduktion des Platzbedarfs für technische Anlagen. Allerdings sind sie kostenintensiver, technisch komplexer und in der Praxis weniger verbreitet, weshalb sie in der kommunalen Wärmeplanung nicht berücksichtigt werden. PV-Anlagen in Kombination mit Wärmepumpen haben sich hingegen als robuste und flexibel einsetzbare Lösung etabliert, insbesondere bei ausreichender elektrischer Überschussproduktion und der Möglichkeit zur Zwischenspeicherung (z. B. über Pufferwärmespeicher oder Batteriesysteme). Insgesamt stellen sowohl PVT- als auch PV-Wärmepumpen-Kombinationen zukunftsfähige Optionen zur Nutzung von Umweltwärme und solarer Energie dar. Welche Technologie geeigneter ist, hängt im Einzelfall von baulichen, energetischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab.

Die Grundlage für die Berechnung des Solarthermiepotenzials in Fuchstal durch das Programm ENEKA ist ein digitales Oberflächenmodell in einer Auflösung von mindestens 2 m oder geringer. Dadurch können alle Bedingungen auf der Oberfläche in ausreichendem Maße auf den Dächern der Gebäude, aber auch in deren Umgebung mitbetrachtet werden. Jede Art von Verschattung durch Vegetation oder andere Objekte wird berücksichtigt. Die technisch nutzbare Wärmemenge aus Solarthermieanlagen wird aus dem Produkt vom o.g. Solarpotenzial und dem Kollektorwirkungsgrad (Effizienzfaktor) berechnet.

Der Effizienzfaktor der Kollektoren wird als Mittelwert aus den üblichen Faktoren für Flachkollektoren (0,5) und Vakuumröhrenkollektoren (0,9) angenommen, weshalb im Folgenden mit einem Effizienzfaktor von 0,7 gerechnet wird.

In Abbildung 3-2 wird das Solarthermie-Potenzial der Dachflächen in der Gemeinde Fuchstal kartografisch dargestellt. Dabei wird jedoch nicht berücksichtigt ob Dachflächen bereits gegebenenfalls mit PV-Modulen belegt oder aus anderen Gründen nicht nutzbar sind.



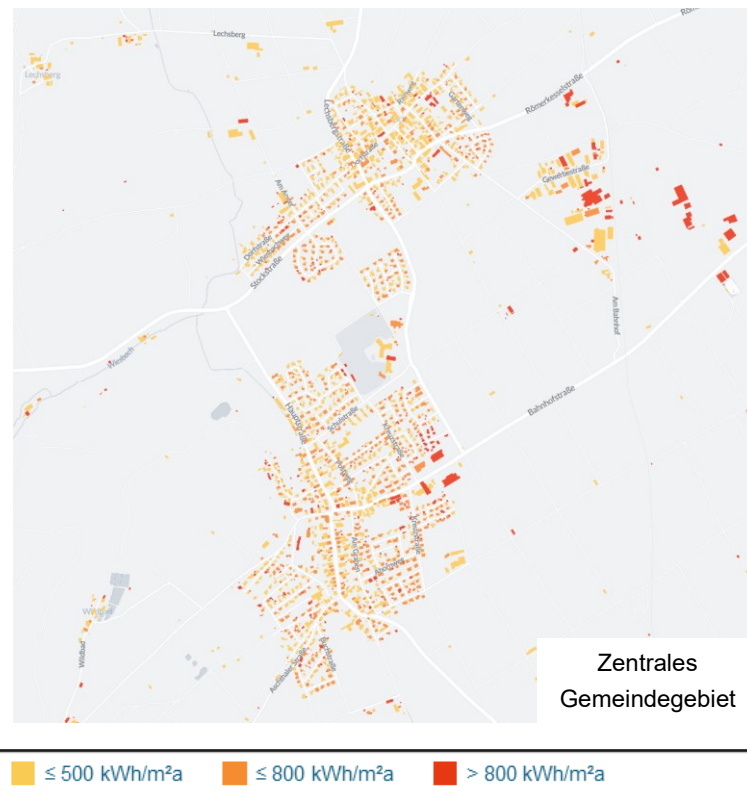


Abbildung 3-2: Solarthermiefpotenzial der Dachflächen im Gemeindegebiet Fuchstal

### 3.1.4. Umweltwärme

Umweltwärme wird meist durch den Einsatz von Wärmepumpen auf ein nutzbares Energieniveau gehoben. Als Primärenergie können verschiedenen Umweltenergien erschlossen werden. Für Einzelhaushalte kann eine Luftwärmepumpe eine Lösung darstellen, diese eignet sich besonders bei Häusern mit mittlerem oder niedrigem Energiebedarf. Für Häuser im Bestand stellt sie die einzige Wärmepumpenlösung dar, welche ohne großen Erschließungsaufwand den Primärenergiebedarf mittels Umweltwärme bedienen kann.

Im Neubau kann Erdwärme durch den Einsatz von Erdwärmekollektoren oder Erdwärmekörpern eine gute Möglichkeit zur Erschließung von Umweltwärme darstellen. Dabei wird die Wärme im Erdreich bei einer Tiefe von ca. 1,5 - 2 m genutzt. Die Erschließung von Erdwärme benötigt einen höheren Platzbedarf als andere Lösungen.

Eine weitere Möglichkeit Umweltenergie zu nutzen, stellt die Einbindung von Wasser als Primärenergie dar. Eine Lösung ist hier das Erschließen von Grundwasservorkommen durch eine Grundwasserbohrung. Die Möglichkeit zur Nutzung von Grundwasser ist sehr standortabhängig und kann stark variieren. Abbildung 3-3 aus dem BayernAtlas<sup>11</sup> zeigt, dass grundsätzlich große Teile der Gemeinde Nutzungsmöglichkeiten für Grundwasserwärmepumpen aufweisen. Voraussetzung für eine tatsächliche Nutzung ist jedoch die vorherige Genehmigung durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt Weilheim. Die Grundwassernutzung ist sowohl für Einzelhaushalte, als auch größere Versorgungskonzepte möglich.

<sup>11</sup> (Bayerische Staatsregierung, 2025)

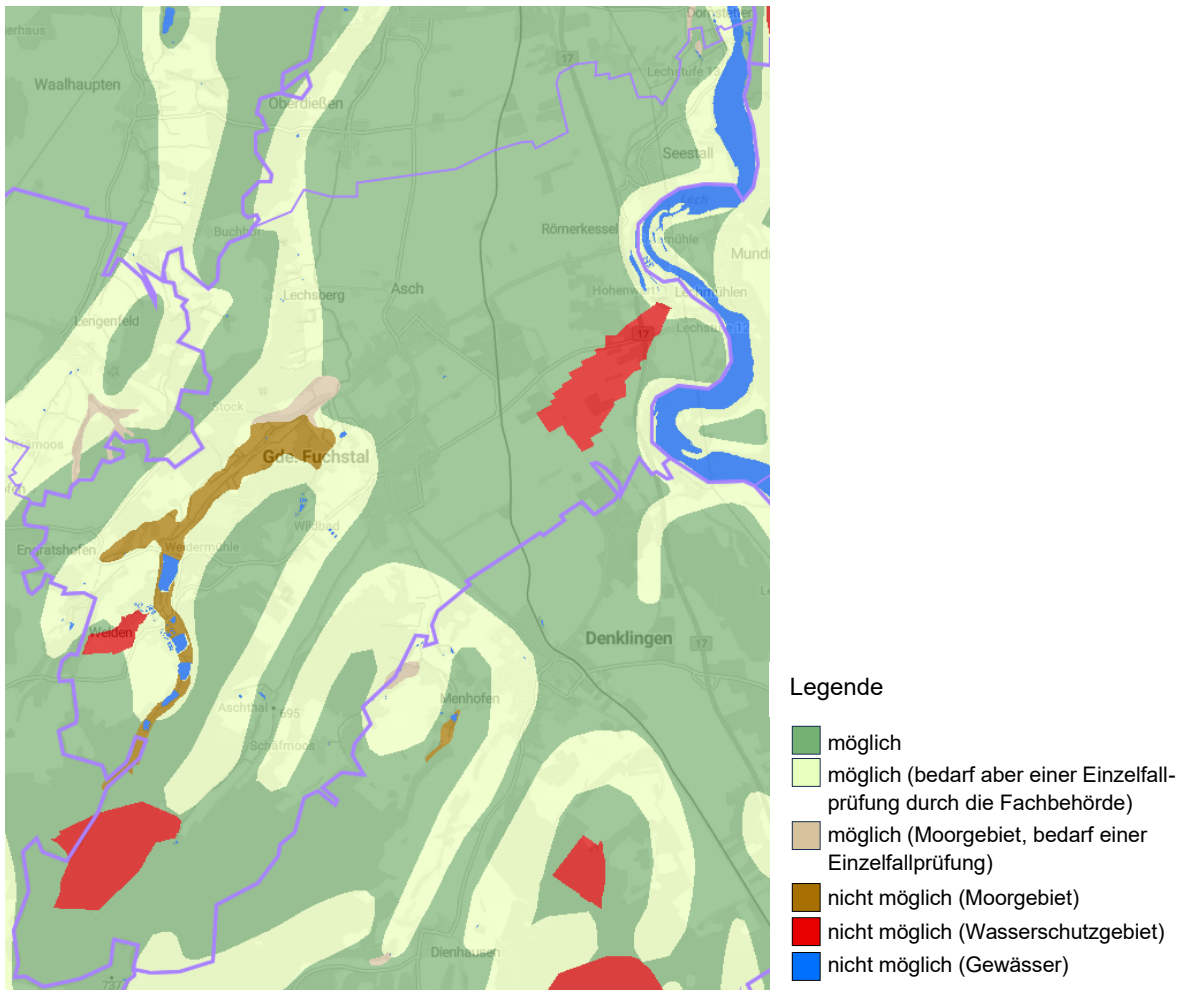


Abbildung 3-3: Nutzungsmöglichkeiten Grundwasserwärmepumpe

Aufgrund der geografischen Lage der Gemeinde in der Nähe des Lechs kann auch dieser unter Umständen als Wärmequelle in Betracht gezogen werden. Das Temperaturprofil über dem Jahresverlauf lässt sich anhand der nächsten Messstelle in Augsburg annähern.<sup>12</sup> Die Nutzung dieses Potenzials muss in einer detaillierten Planung genauer betrachtet werden.

<sup>12</sup> (GKD Bayern, 2024)

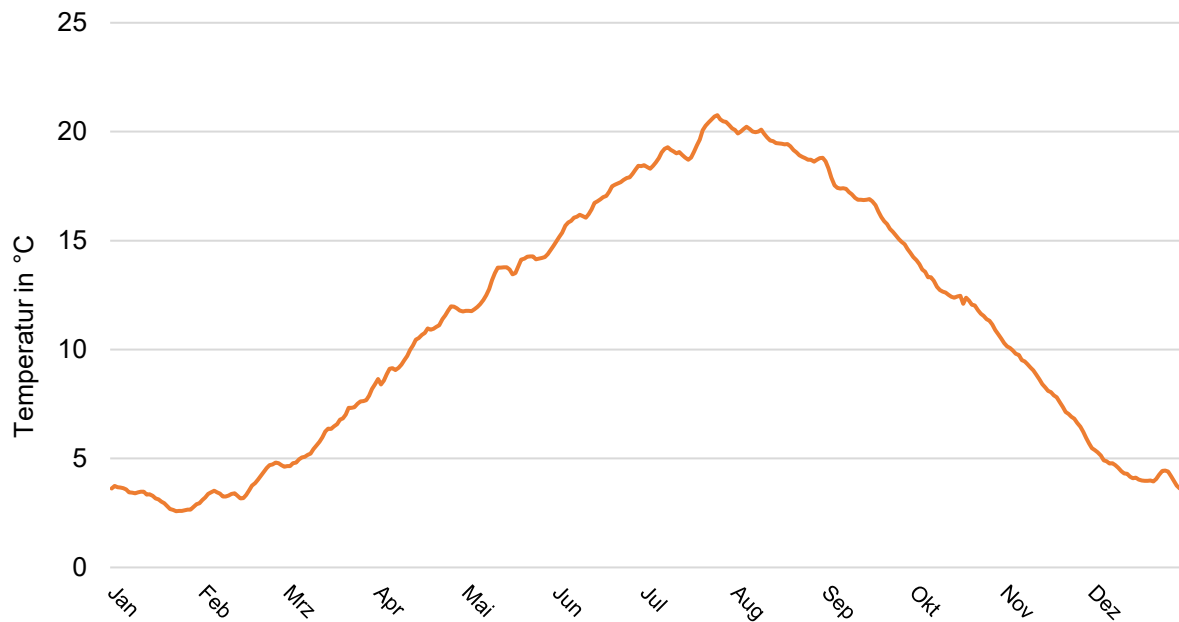


Abbildung 3-4: Temperaturmittelwerte des Lechs an der Messstelle Augsburg Hochablaß von 2013-2023 im Jahresverlauf

Die Nutzung des Lechs als Primärenergiequelle ist aufgrund der komplexen Genehmigung und der aufwendigen Erschließung nur im Fall einer Gemeinschaftslösung im Rahmen eines Wärmenetzes sinnvoll.

### 3.2. Erhebung der lokalen Abwärmepotenziale

Auf dem Meldeportal für Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) sind für die Gemeinde noch keine Unternehmen eingetragen. Unternehmen, die seit drei Jahren durchschnittlich einen Verbrauch von mindestens 2.500 MWh pro Jahr haben, sind nach § 17 Abs. 1 EnEFG verpflichtet der BfEE Informationen zu ihrer Abwärme zu übermitteln. Genaue Abwärmedaten der Unternehmen sind somit aktuell nicht bekannt. Auch der Auskunft der Gemeinde nach fallen bei den ortsansässigen Unternehmen entweder keine für eine Gemeinschaftslösung relevanten Mengen Abwärme an oder diese nutzen ihre Abwärme bereits selbst.

Da auf dem Gemeindegebiet kein Klärwerk vorhanden ist, ist eine Abwasserwärmenutzung nicht möglich.

Die überschüssige Wärme der Biogasanlage im Gewerbegebiet Asch wird seit 2009 für das Wärmenetz genutzt, wie bereits in Kapitel 2.3.1 beschrieben wurde.

### 3.3. Potenzialanalyse Strom aus erneuerbaren Energien für Wärmeanwendungen

**Photovoltaik** Die Stromversorgung in der Gemeinde kann über verschiedene Potenziale bereitgestellt werden. Die jährliche Globalstrahlung beträgt in Fuchstal ca. 1.180 kWh/m<sup>2</sup>. Auf der Gemeindefläche sind bereits 698 PV-Anlagen bis zu einer Leistung von 30 kWp installiert. Die Gesamtleistung dieser Anlagen beträgt 6.735 kWp. Zusammen haben sie im Jahr 2023 ca. 4.555 MWh produziert und davon 4.281 MWh in das Stromnetz eingespeist. Insgesamt wird das PV-Dachflächenpotenzial im Gemeindegebiet auf 31.747 MWh/a geschätzt. Beim aktuellen Ausbaustand werden jährlich ca. 7.013 MWh PV-Strom auf Dachflächen erzeugt und somit ist das Potenzial zurzeit lediglich zu 22,1 % erschlossen. Es wird demnach empfohlen, zunächst möglichst viele dieser freien Dachflächen zu nutzen, bevor weitere Freiflächenanlagen errichtet werden, die ggf. in Konkurrenz zu landwirtschaftlichen Nutzflächen stehen.

Aus Abbildung 3-5 kann entnommen werden, dass der Anteil öffentlicher Dachflächen lediglich 1,6 % des Potenzials beinhaltet. Dieses wird bereits so weit wie möglich genutzt. Das bedeutet, dass die Erschließung der privaten Wohngebäude und der unbeheizten Gebäude, vor allem großer Hallen in Landwirtschaft oder Gewerbe, essenziell sind, um die verbleibenden PV-Potenziale effizient auszuschöpfen.

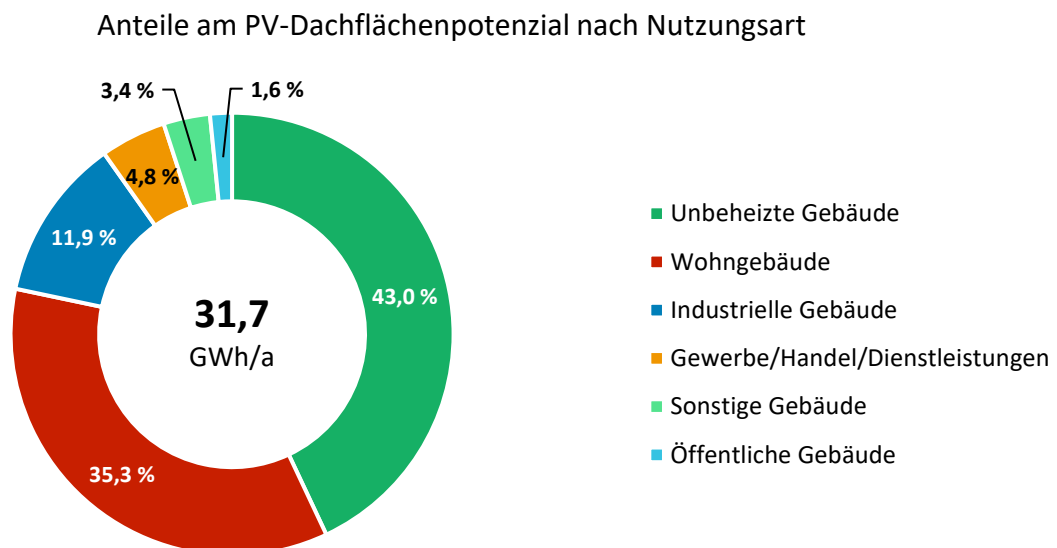


Abbildung 3-5: Anteile des PV-Dachflächenpotenzials in Fuchstal für verschiedene Gebäudetypen

**Wasserkraft** Auf dem Gemeindegebiet von Fuchstal befindet sich ein Laufwasserkraftwerk an der Lechstaustufe 13. Die am Flusskilometer 94 gelegene Anlage wurde in den Jahren 1940 bis 1943 errichtet und ist Teil der Kraftwerksgruppe Lech, die von der Uniper Kraftwerke GmbH privatwirtschaftlich betrieben wird. Das Kraftwerk weist eine installierte Leistung von 8,2 MW auf, verteilt auf sechs parallel angeordnete Straflo-Turbinen. Der jährliche Stromertrag liegt bei ca. 43 GWh. Die Konzession des Wasserkraftwerks läuft im Jahr 2034 aus. Danach besteht die Möglichkeit des sogenannten Heimfalls, bei dem die Anlage in das Eigentum der öffentlichen Hand übergehen kann. Somit hat der Freistaat Bayern oder die Gemeinde die Möglichkeit das Kraftwerk zu betreiben und strategisch in die lokale Energieversorgung einzubinden und so jährlich weitere ca. 43 GWh an erneuerbarem Strom zu generieren. In der Einöde Grasmühle ist seit dem Jahr 1909 ebenfalls ein kleines Wasserkraftwerk des Vereins Genossenschaftliches E-Werk Aschleeder e.V. mit einer Bruttoleistung von 75 kW in Betrieb mit einer geschätzten jährlichen Stromproduktion von 300 MWh. Der Bau weiterer Wasserkraftwerke auf dem Abschnitt des Lechs im Gemeindegebiet ist nicht möglich.

**Windkraft** Wie bereits in Kapitel 2.3.2 Bürgerwindkraftprojekte erläutert, sind bereits insgesamt sieben Windkraftanlagen verteilt auf zwei Windparks im süd-westlichen Teil der Gemeinde im Waldgebiet in Betrieb. Der regionale Planungsverband München hat lediglich diesen Teil des Gemeindegebiets als Vorranggebiet für die Windenergienutzung ausgewiesen, wie in Abbildung 3-6 als rot karierte Fläche zu erkennen ist.<sup>13</sup> Weitere Flächen des Gemeindegebiets sind aktuell nicht ausgewiesen und demnach ist eine Erweiterung der Windkraftkapazitäten in absehbarer Zukunft unwahrscheinlich.

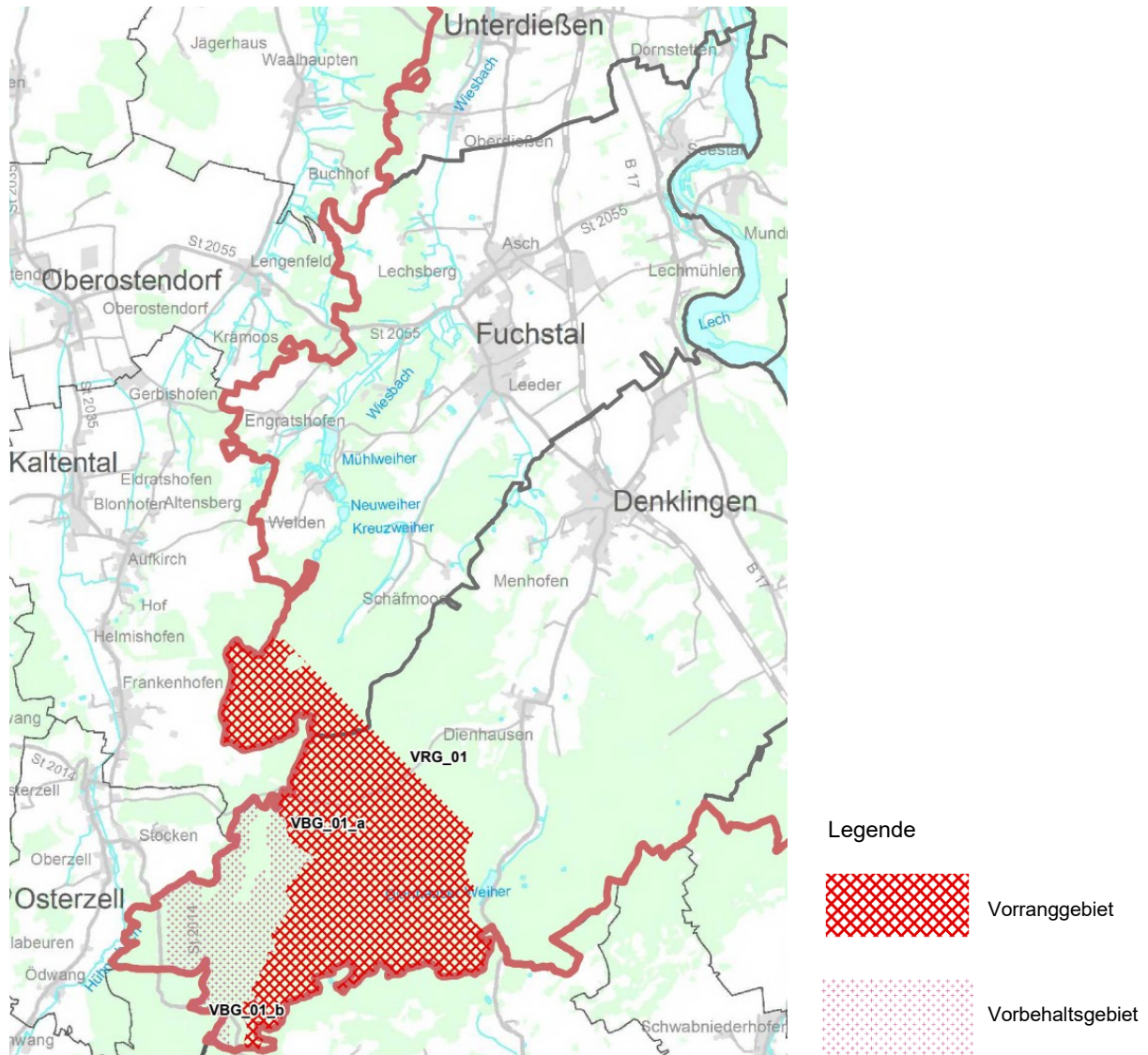


Abbildung 3-6: Vorranggebiete für Windenergienutzung in Fuchstal

<sup>13</sup> (Regionaler Planungsverband München, 2024)

## 4. Entwicklung von Verbrauchs- und Versorgungsszenario

Die zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs ist ausschlaggebend für eine gelungene Transformation hin zur erneuerbaren Energieversorgung. Durch eine zunehmende Verstromung der Energieerzeugung und den Sanierungsfortschritt wird sich der Primärenergiebedarf verändern. Entsprechende Entwicklungen sind bereits in den letzten Jahren sichtbar geworden. Dabei müssen sowohl die energetischen Ziele und politischen sowie technischen Veränderungen als auch die Entwicklung der Gebäudenutzung berücksichtigt werden.

### 4.1. Das Bayerische Klimaschutzgesetz

Das Bayerische Klimaschutzgesetz<sup>14</sup> stellt einen legislativen Rahmen dar, um die Transition des Freistaats Bayern hin zu einer klimaneutralen Wirtschafts- und Lebensweise bis zum Jahr 2040 zu realisieren. Dieser legislative Rahmen setzt spezifische Emissionsminderungsziele, fördert den Einsatz erneuerbarer Energietechnologien und verlangt eine signifikante Steigerung in der Energieeffizienz quer durch alle Sektoren.

#### 4.1.1. Technisch-ökologische Rahmenbedingungen des Bayerischen Klimaschutzgesetzes

Das Gesetz etabliert quantifizierte Vorgaben für die Reduktion von Treibhausgasemissionen, mit dem expliziten Ziel, bis 2040 eine Netto-Null-Emissionsbilanz für den gesamten Bundesstaat zu erreichen. Die Umsetzung dieser Zielvorgabe erfordert eine umfassende Transformation der bestehenden Energieinfrastrukturen, mit einem Schwerpunkt auf der Integration erneuerbarer Energiequellen und der Implementierung von Energieeffizienzmaßnahmen auf breiter Basis.

#### 4.1.2. Einfluss auf kommunale Einrichtungen

Kommunen werden angehalten, eine Vorreiterrolle in der Dekarbonisierung und Energieeffizienz zu übernehmen. Dies umfasst die Implementierung von Smart-Grid-Technologien zur Optimierung des lokalen Energieflusses, die Installation von Photovoltaik-Anlagen auf kommunalen Gebäuden und die Modernisierung der städtischen Infrastruktur unter Einsatz energieeffizienter Bauweisen und Materialien. Darüber hinaus wird von Kommunen erwartet, dass sie Konzepte für die urbane Mobilität entwickeln, die den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Verkehrssektors minimieren.

#### 4.1.3. Einfluss auf private Haushalte

Für Eigenheimbesitzer impliziert das Gesetz eine direkte Beteiligung an der Energiewende durch die Sanierung von Bestandsbauten zur Verbesserung der Wärmeisolierung, die Installation von Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen und die Umstellung auf effiziente Heizsysteme, wie z. B. Wärmepumpen. Diese Maßnahmen sind nicht nur aus ökologischer Sicht wertvoll, sondern führen auch zu einer Reduzierung der Betriebskosten. Staatliche Förderprogramme und Subventionen sind vorgesehen, um die finanzielle Belastung für die Haushalte zu minimieren und den Umstieg auf erneuerbare Energien zu beschleunigen.

#### 4.1.4. Einfluss auf Industrie und Gewerbe

Im Sektor Industrie und Gewerbe erfordert das Gesetz eine umfassende Optimierung der Energieverbrauchsprofile und eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch technologische Innovationen und Prozessoptimierungen. Dies beinhaltet die Einführung von Energiemanagementsystemen, die Nutzung von Abwärme, die Implementierung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien und den verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien. Die Richtlinie setzt zudem Anreize für Forschung und Entwicklung in den Bereichen

---

<sup>14</sup> (Gesetze-Bayern, 2024)

grüne Technologien und nachhaltige Produktionsverfahren, um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der bayerischen Wirtschaft zu sichern.

#### 4.1.5. Zusammenfassung



Das Bayerische Klimaschutzgesetz definiert einen klaren technischen und ökologischen Fahrplan zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2040. Es verlangt eine aktive Beteiligung aller gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Akteure und stellt eine umfangreiche Palette an technischen Maßnahmen und Fördermechanismen bereit, um die Transformation hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung und einem effizienten Energiegebrauch zu realisieren. Die Umsetzung dieser Ziele erfordert Innovationen in den Bereichen erneuerbare Energien, Energieeffizienz und smarte Infrastrukturlösungen, um die ambitionierten Vorgaben des Gesetzes zu erfüllen und Bayerns Position als Vorreiter im Klimaschutz zu festigen.

Abbildung 4-1: Die zentralen Maßnahmen des Klimaprogramms Bayern

#### 4.2. Klimaschutzstrategie des Landkreises Landsberg

Die kommunale Klimaschutzstrategie des Landkreises Landsberg am Lech<sup>15</sup> zielt darauf ab, lokale Maßnahmen und Initiativen zu ergreifen, die in Einklang mit den übergeordneten Zielen des Bayerischen Klimaschutzgesetzes stehen. Der Fokus liegt auf der Reduktion von Treibhausgasemissionen, der Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien und der Steigerung der Energieeffizienz auf kommunaler Ebene. Die Strategie umfasst verschiedene Aktionsfelder, die von der Energieversorgung über die Mobilität bis hin zum nachhaltigen Bauen reichen. Im Folgenden wird ein Überblick über die Kernaspekte der Klimaschutzstrategie des Landkreises Landsberg gegeben und deren Integration in die übergeordneten Ziele des Bayerischen Klimaschutzgesetzes dargestellt.

<sup>15</sup> (Klimaschutz Landkreis Landsberg, 2025)

## KERNASPEKTE DER KOMMUNALEN KLIMASCHUTZSTRATEGIE

### Energieeffizienz und erneuerbare Energien

- Steigerung der Energieeffizienz
- Einsatz moderner Heiztechnologien
- Optimierung der Wärmedämmung
- Ausbau von Photovoltaikanlagen
- Energieverbrauch senken
- Lokale Erzeugung aus regenerativen Energien stärken

### Nachhaltige Mobilität

- Entwicklung nachhaltiger Mobilitätskonzepte
- Individualverkehr reduzieren
- Öffentlichen Nahverkehr stärken
- Umstieg auf E-Mobilität

### Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft

- Kreislaufwirtschaft in der Abfallwirtschaft stärken
- Ressourcenmanagement

## INTEGRATION IN DAS BAYERISCHE KLIMASCHUTZGESETZ

Die Klimaschutzstrategie des Landkreises Landsberg am Lech ist eng mit den Zielen des Bayerischen Klimaschutzgesetzes verzahnt. Durch die lokale Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben leistet der Landkreis einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität Bayerns bis 2040. Die Strategie unterstützt die übergeordneten Ziele durch konkrete, auf die regionalen Gegebenheiten angepasste Maßnahmen und Projekte. Dabei profitiert der Landkreis von den im Bayerischen Klimaschutzgesetz vorgesehenen Förderprogrammen und finanziellen Anreizen, die die Umsetzung der lokalen Klimaschutzmaßnahmen erleichtern.

Abbildung 4-2: Kernaspekte der kommunalen Klimaschutzstrategie

### 4.3. Entwicklung der Demographie und Baustruktur in ländlichen Regionen

Die demographische Entwicklung in ländlichen Regionen in Bayern zeigt ein gemischtes Bild. Entgegen dem allgemeinen Bevölkerungswachstum in Bayern sind strukturschwache Regionen wie Ober- und Unterfranken, die Oberpfalz oder Niederbayern besonders stark von einem Bevölkerungsrückgang betroffen. Der Landkreis Landsberg kann jedoch bis zum Jahr 2043 gegenüber 2023 mit einem überdurchschnittlichen Bevölkerungswachstum um rund 7,1 % rechnen<sup>16</sup>. Die Bevölkerungszahl steigt somit von 120.966 Einwohnern im Jahr 2023 auf ca. 129.600 im Jahr 2043. Eine zusätzliche Bedeutung neben der absoluten Zahl der Bevölkerungsänderung kommt der Altersstruktur zu. Die hinlänglich bekannte Alterung der Gesellschaft betrifft auch Bayern und somit den Landkreis Landsberg am Lech stark. So werden im Jahr 2043 rund 37,6 % mehr Personen in der Altersklasse 65+ Jahre den Landkreis ihr Zuhause nennen, was deutlich höher als der bayerische Durchschnitt mit 22,9 % ist. So steigt das durchschnittliche Alter von 44,6 Jahre auf über 46,5 Jahre und liegt damit ca. ein Jahr über dem bayerischen Durchschnitt mit 45,4 Jahren. Die Entwicklung des Durchschnittsalters für den Landkreis ist hier bis 2043 prognostiziert.

<sup>16</sup> (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2025)

### Entwicklung des Durchschnittsalters von 2023 bis 2043 im Vergleich zu Regierungsbezirk und Bayern

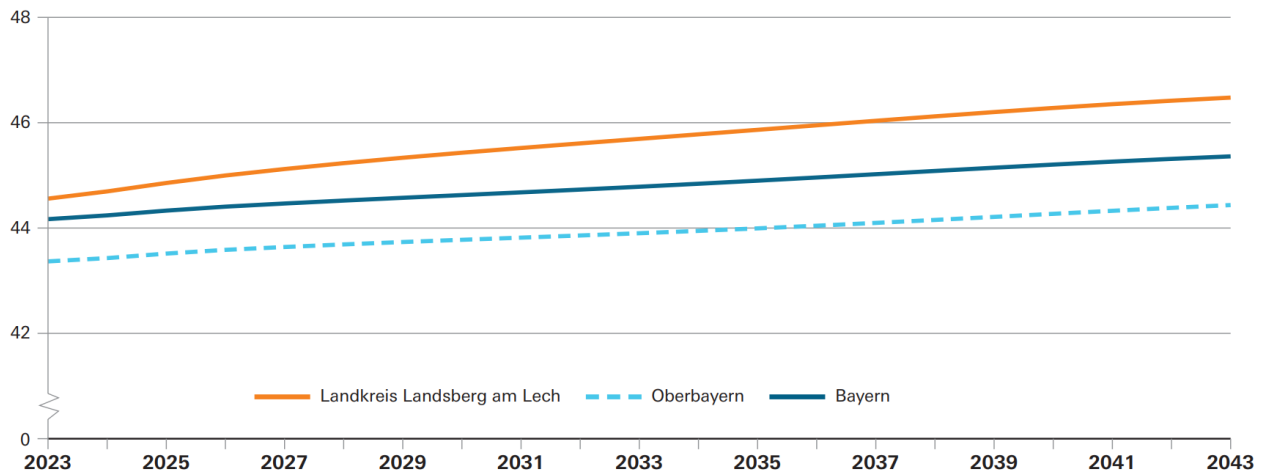


Abbildung 4-3: Entwicklung des Durchschnittsalters

Die Veränderung der Altersstruktur bringt neue Wohnformen mit sich, so wird mehr altersgerechter Wohnraum benötigt. Für ländlich geprägte Gemeinden wie Fuchstal ist eine zusätzliche Veränderung der Altersstruktur durch Wegzug für Studium, Ausbildung und Beruf zu erwarten. Einhergehend von den demographischen Veränderungen ist auch eine Veränderung in der Baustruktur zu erwarten. Durch die Zunahme des Durchschnittsalters ist mit einem Investitionsstau in Bezug auf energetische Sanierung, den Bau von Photovoltaik-Anlagen und den generellen Erhalt von dörflicher Baustruktur im Privatbereich zu rechnen. Diese Aufgabe wird somit auf die nachfolgenden Nutzer übertragen. In Bezug auf die Baustruktur sind vor allem denkmalgeschützte Gebäude zu beachten, da hier eine energetische Sanierung mit einigen beachtlichen Hürden und Vorschriften einhergeht und deswegen oftmals nicht umgesetzt wird. Regelmäßig kommt es deshalb dazu, dass Ortskerne verfallen oder entsprechend alte Gebäude abgerissen und durch Neubauten ersetzt werden. Die Optik der alten Ortskerne kann durch fachgerechte Sanierung erhalten werden, alte Gebäude (Baujahre vor 1945) können aufgrund von oft dickem Mauerwerk oftmals gut energetisch saniert werden. Die Verteilung der Energieeffizienz nach Gebäudealter lässt sich auch in der untenstehenden Grafik erkennen. Hier zeigt sich, dass der größte Sanierungsbedarf bei Häusern mit Baujahren zwischen 1945 und 1980 besteht.

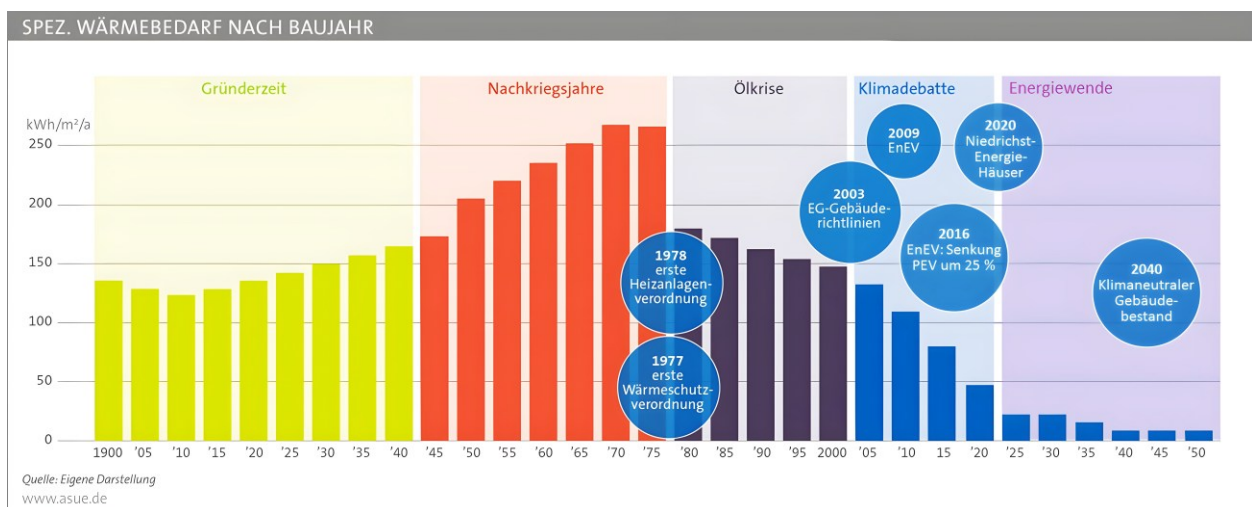


Abbildung 4-4: Spezifischer Wärmebedarf nach Baujahr <sup>17</sup>

<sup>17</sup> (ASUE, 2024)

#### 4.4. Zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs

Die zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs in Deutschland<sup>18</sup> ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, darunter technologische Fortschritte, politische Maßnahmen und klimatische Veränderungen. Der Wärmebedarf in Deutschland ist ein zentrales Thema im Kontext der Energiewende und der Bemühungen um Dekarbonisierung. Die Reduzierung des Wärmebedarfs und die Umstellung auf erneuerbare Energien sind entscheidend für die Erreichung der Klimaziele.

Im Rahmen der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“<sup>19</sup> werden Zielvorgaben formuliert, mit denen eine Klimaneutralität bereits vor dem Jahr 2050 erreichbar wird. In drei aufeinander aufbauenden Schritten werden konkrete Maßnahmen beschrieben, die dieses Ziel ermöglichen sollen. Die zentralen Handlungsfelder zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen umfassen die Bereiche Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Insbesondere in den vier größten Emissionssektoren (Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie und Gebäude) lassen sich durch den konsequenten Umstieg von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energiequellen deutliche Einsparungen erzielen. Im Kontext der angestrebten CO<sub>2</sub>-Reduktionsmaßnahmen wird hier nicht weiter auf die Bereiche Landwirtschaft und Abfall eingegangen, da hier das Einsparpotenzial vergleichsweise gering ist.

In der Energiewirtschaft wird dies durch den Kohleausstieg, sowie eine zu 70 % erneuerbare Stromerzeugung, Dekarbonisierung, Fernwärme und den Einsatz von Wasserstoff erreicht. Im Verkehrsbereich strebt man an, sowohl mehr Elektroautos und Elektro-LKW auf den Straßen zu etablieren als auch verstärkt in den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu investieren. In der Industrie beabsichtigt man, das Ziel durch den verstärkten Einsatz von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) zu erreichen. Im Gebäudesektor setzt man auf eine höhere Sanierungsrate, den Einbau von mehr Wärmepumpen und einen verstärkten Ausbau von Wärmenetzen. Fortschritte in der Technologie für erneuerbaren Energien und Energieeffizienz könnten den Wärmebedarf signifikant reduzieren. Insbesondere der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen, Solarthermie und anderen effizienten Heiztechnologien könnte zu einer Verringerung des Wärmebedarfs führen. Die Sanierung älterer Gebäude zur Verbesserung der Energieeffizienz ist ein weiterer wichtiger Faktor zur Reduzierung des Wärmebedarfs. Förderprogramme und Anreize können diesen Prozess unterstützen und beschleunigen. Gesetzliche Vorgaben und politische Entscheidungen können den Wärmebedarf beeinflussen. Emissionsstandards für Heizsysteme und Vorschriften zur Gebäudeeffizienz können dazu beitragen, den Wärmebedarf zu reduzieren und den Übergang zu nachhaltigen Heizlösungen zu fördern. Aufgrund der Vielzahl an Faktoren, ist eine genaue Prognose schwierig. Deutet der allgemeine Bevölkerungszuwachs auch auf einen Anstieg des absoluten Wärmebedarfs hin, so stehen effizienzsteigernde Maßnahmen dem gegenüber. Das Fraunhofer-Institut hat bereits verschiedene Szenarien für den Energiebedarf im Jahr 2050 entwickelt. Hier wird als Leitszenario die CO<sub>2</sub>-Reduktion gegenüber 1990 um 95 % bis 2050 betrachtet. Im Bereich der Gebäudewärme wird mit 500 TWh Endenergie inkl. der Industriegebäude gerechnet, diese soll durch 30 % erneuerbare Fernwärme und 70 % dezentrale Wärmepumpen abgedeckt werden. Dieser Mehrbedarf an Strom aus allen Sektoren muss ebenfalls erneuerbar abgedeckt werden können. Ein mögliches Strombereitstellungsszenario ist in der folgenden Grafik dargestellt.

---

<sup>18</sup> (BEE-eV, 2024)

<sup>19</sup> (Agora Energiewende, 2024)

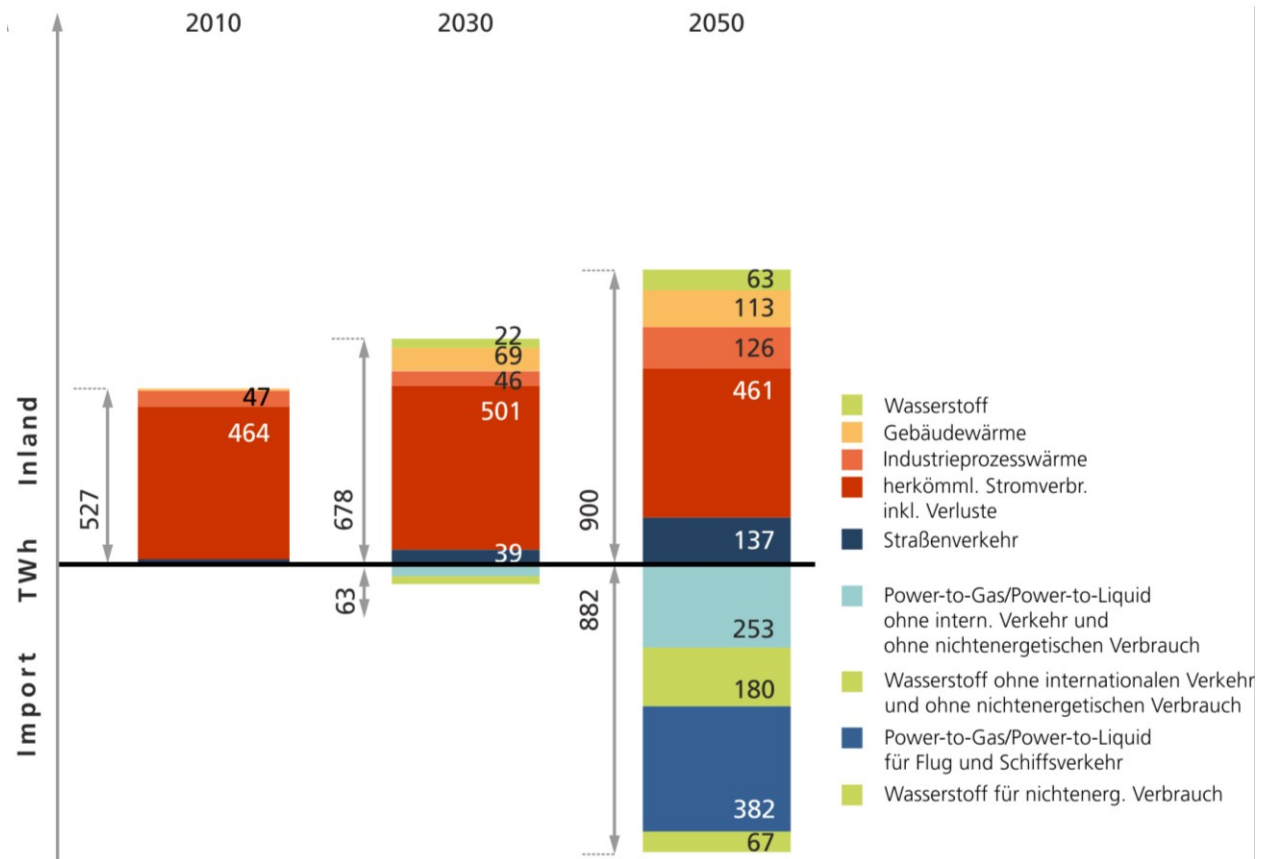


Abbildung 4-5: Strombedarf deutschlandweit 2050<sup>20</sup>

Hier zeigt sich der Mehrbedarf an Strom in der Zukunft deutlich. Da Strom im Gegensatz zu Wärme einfacher transportiert werden kann, muss die Stromversorgung und Bereitstellung globaler betrachtet werden. Daher ist es nicht möglich, genau zu berechnen, welche Strommengen auf dem Gemeindegebiet bereitgestellt werden müssen, um den Strombedarf der Gemeinde Fuchstal zu decken sowie anteilig den Bedarf von Gemeinden mit höherem Bedarf und geringerem Potenzial mitzutragen. Durch die beiden Windparks und die Freiflächen-PV-Anlagen produziert die Gemeinde bereits große Mengen Strom auf eigenem Gebiet und hat einen starken bilanziellen Überschuss.

Zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs ist der verstärkte Einsatz regional verfügbarer Ressourcen sowie der Ausbau strombasierter Heiztechnologien erforderlich. Prognosen zeigen auf, wie sich der Wärmebedarf im Jahr 2045 durch erneuerbare Energiequellen decken lässt. Der Bundesverband erneuerbare Energie e.V. hat das BEE-Wärmeszenario 2045 entwickelt, das mit einer Reduktion des Endenergiebedarfs von 1.200 TWh in 2020 zu 900 TWh in 2045 rechnet.<sup>21</sup> Die Zusammensetzung der Wärmeerzeuger wird von fossilen hin zu erneuerbaren umgestellt. Diese Entwicklung ist in Abbildung 4-6 dargestellt.

<sup>20</sup> (Fraunhofer IEE, 2025)

<sup>21</sup> (BEE-eV, 2024)

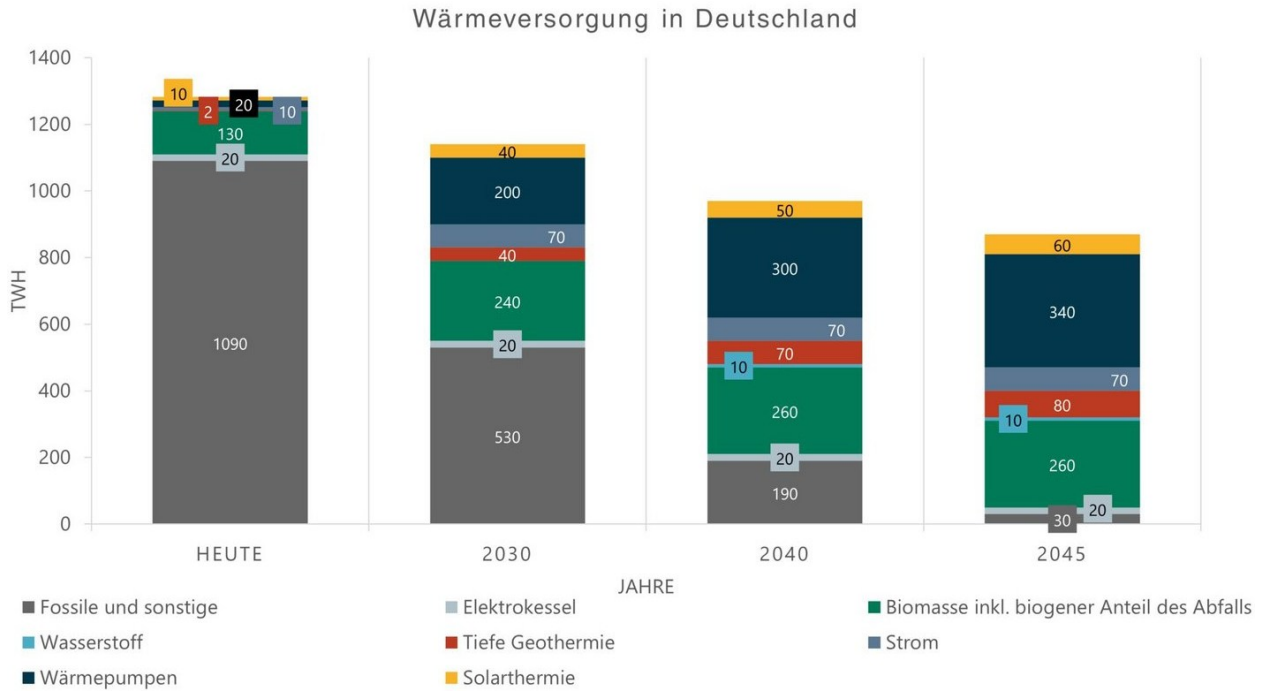


Abbildung 4-6: Wärmeversorgung in Deutschland Wärmeversorgung in Deutschland<sup>21</sup>

Hier lässt sich sowohl der Fokus auf den Wärmepumpenausbau als auch auf den vermehrten Ausbau von Biomasse erkennen. Der fossile Anteil sinkt von 1.090 TWh auf 30 TWh.

Reduziert man die Betrachtung auf den Gebäudesektor, ergibt sich folgende Entwicklung:

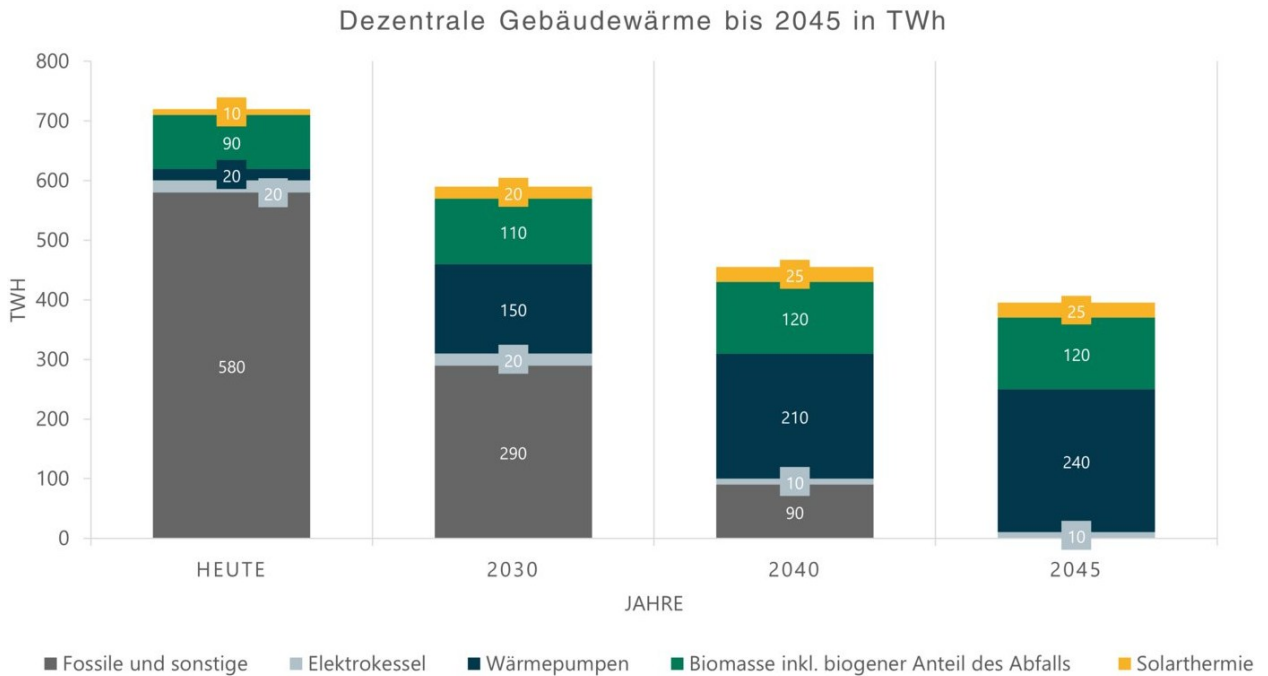


Abbildung 4-7: Dezentrale Gebäudewärme bis 2045 <sup>21</sup>

Die fossilen Wärmeerzeuger sollen zunehmend reduziert und der Einsatz von Wärmepumpen stark ausgebaut werden. Dabei wird eine Aufteilung von 80 % Luftwärmepumpen und 20 % Erdwärme sowie andere Primärenergiequellen angestrebt. Für die Versorgung von Wärmenetzen wurde ein Szenario entwickelt, das den steigenden Energiebedarf in Fernwärmenetzen durch den Ausbau berücksichtigt. Hier wird die

Wärmebereitstellung durch den verstärkten Einsatz von Tiefengeothermie, Biomasse und Großwärmepumpen weiter optimiert, wodurch ein erheblicher Teil der bis dato eingesetzten fossilen Wärmeerzeuger ersetzt wird. Auch große Solarthermieanlagen sollen eingebunden werden.

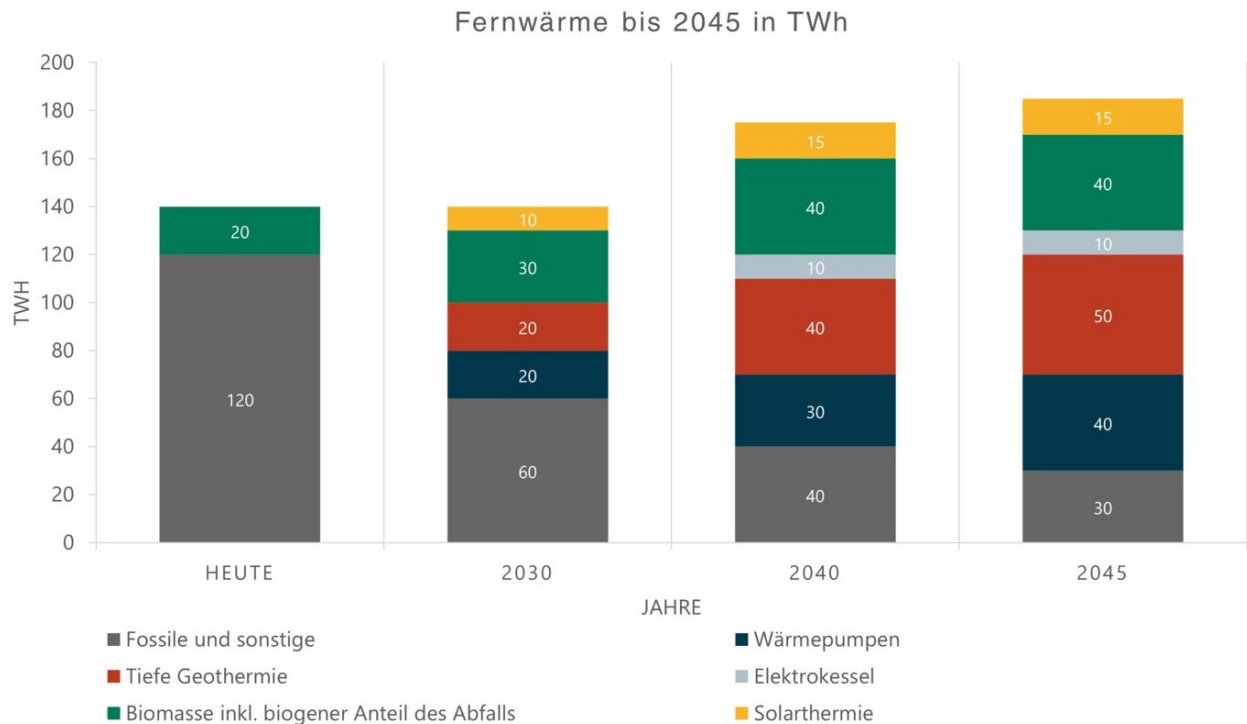


Abbildung 4-8: Fernwärme bis 2045 <sup>21</sup>

Somit kommt der Bundesverband Erneuerbare Energien zu dem Fazit, dass eine erneuerbare Energieversorgung bis 2045 unter jetzigen Gesichtspunkten möglich ist, sofern die politische Richtung positiv der Energiewende gegenübersteht und die politischen Rahmenbedingungen dafür ermöglicht.

Will man die hier genannten Prognosen und Daten auf eine Gemeinde anwenden, ist dies nur unter Vorbehalt möglich, da die Situation in einzelnen Gemeinden nicht dem Bundesdurchschnitt entspricht.

Für die Gemeinde Fuchstal bedeutet dies, dass durch die ländliche Struktur der Gemeinde, wie in der Potenzialanalyse bereits dargestellt, einige der Wärmeerzeugungsvarianten nicht in Frage kommen. So fehlt hier beispielsweise die Infrastruktur zur Erschließung von Tiefengeothermie. Auch eine Einbindung von Abwärme in zentrale Heizlösungen ist nicht möglich, wie in Kapitel 3.2 erläutert wurde. Das bereits bestehende Wärmenetz ist aktuell fast vollständig ausgelastet und eine großflächige Erweiterung vorerst nicht vorgesehen (siehe Kapitel 2.3.1). Alternativ müssen die Gebäude über dezentrale Einzelhauslösungen versorgt werden. Dabei stehen Wärmepumpen und biomassebasierte Heizlösungen im Fokus. Die verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten für diese Einzelhauslösungen werden im Kapitel 5.2 genauer beleuchtet.

#### 4.5. Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs

Die Zusammenstellung des zukünftigen Wärmebedarfs wurde in den vorherigen Kapiteln erläutert.

Im Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung hat das Umweltministerium Baden-Württemberg ein Szenario für den Wärmebedarf im Jahr 2050 im Vergleich zu heute erarbeitet, hier sind folgende Parameter mit eingeflossen:

- Energetische Gebäudesanierung mit einer Sanierungsrate von 1 bis 2 %
- Änderungen am Gebäudebestand
- Neuansiedlung oder Abwanderung
- Veränderte Nutzungsgewohnheiten
- Effekte des Klimawandels

Um die Klimaziele zu erreichen ist eine Sanierungsrate von 1,5 bis 2 % bis 2030 notwendig, dies wurde im Ariadne Report des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung ausgearbeitet.<sup>22</sup>

Die aktuell bundesweite Sanierungsrate von gerade einmal 0,69 % zum Jahresende 2024 ist jedoch ein klares Indiz dafür, dass die Ziele nicht erreicht werden. Es müssen umgehend Anreize geschaffen werden, um die Sanierungsquote anzuheben. Sollte sich die Sanierungsquote nicht ändern, sind die hier erarbeiteten Szenarien nicht realistisch und die Klimaziele sind nicht erreichbar. Als Berechnungsgrundlage dient die nachfolgende Grafik der Richtwerte für den Wärmebedarf sanierter Gebäude nach Baualtersklassen.

**kWh/(m<sup>2</sup>×a)**

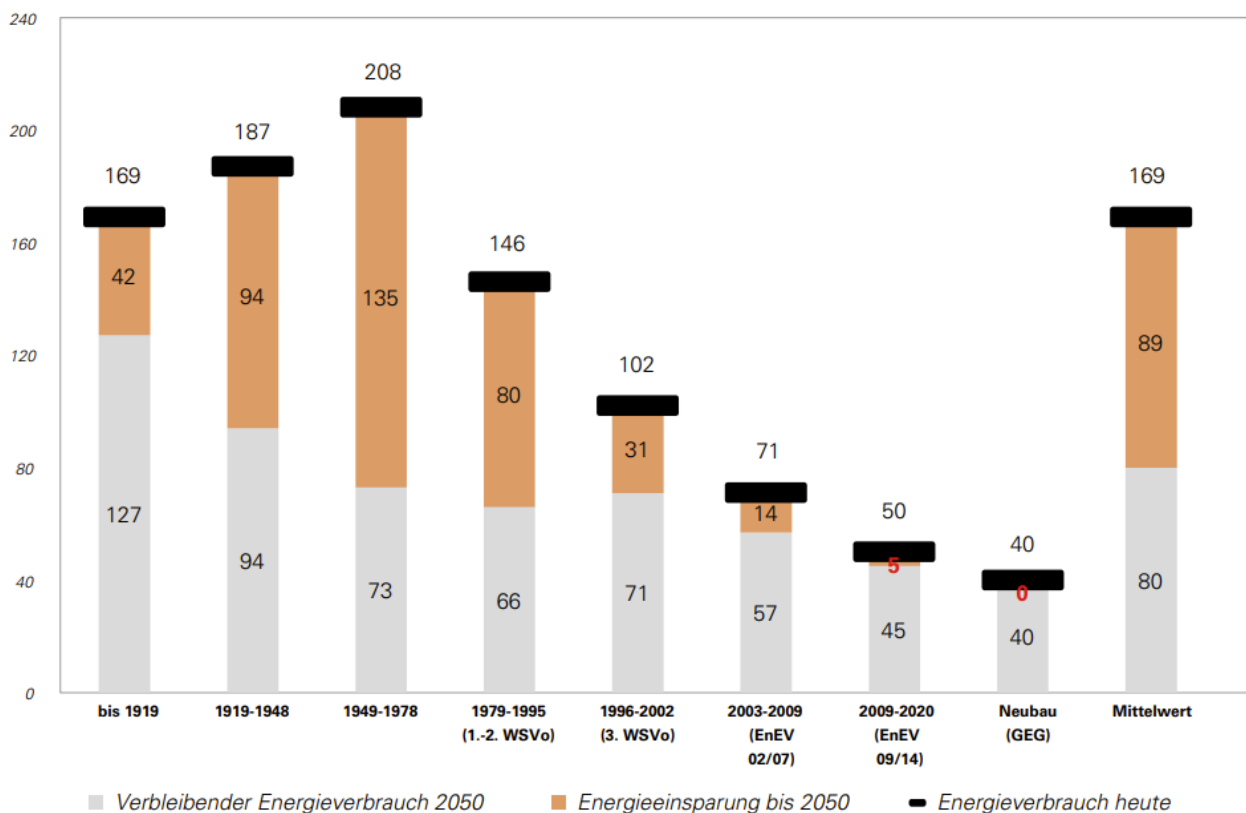


Abbildung 4-9: Energiesparpotenzial Sanierung (Auszug Leitfaden kommunale Wärmeplanung)

<sup>22</sup> (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), 2024)

Als Berechnungsgrundlage wurden die Wärmebedarfe mit Hilfe der Software ENEKA unabhängig der Wärmebereitstellungsart ausgewertet. Diese wurden entsprechend der Baualtersklassen gefiltert. Wird mit den im Leitfaden kommunale Wärmeplanung angegebenen Rahmenbedingungen gerechnet, ergibt sich folgendes Bild:

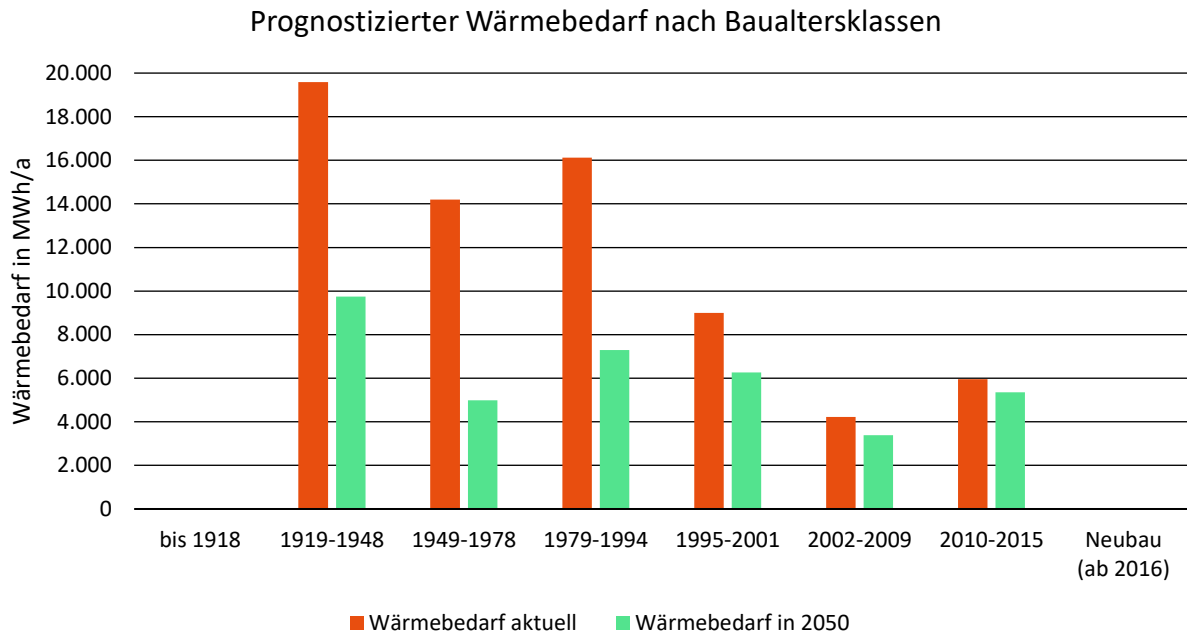


Abbildung 4-10: Prognostizierter Wärmebedarf nach Baualtersklassen

Der Ist-Wärmebedarf von 67,07 GWh/a sinkt in dem angenommenen Szenario nach dem Leitfaden auf 37,02 GWh/a im Jahr 2050, was einer Reduktion von ca. 46 % entspricht.

Der hier dargestellte Wärmebedarf soll, wie im vorherigen Kapitel erwähnt, immer weiter auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Um das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen, muss dazu die entsprechende Primärenergie zur Verfügung gestellt werden. Mit Hilfe des digitalen Oberflächenmodells der Software ENEKA kann auf Basis der Gebäudeeignung eine Prognose zur zukünftigen Verteilung der Wärmeerzeuger im Jahr 2050 erstellt werden.

Dabei wird angenommen, dass Gebäude mit guter bis sehr guter Eignung für die Fernwärmeversorgung künftig an ein entsprechendes Wärmenetz angeschlossen werden. Gebäude, die sich nicht für Fernwärme eignen, aber eine hohe Eignung für den Einsatz von Wärmepumpen aufweisen, gelten in diesem Szenario als durch Wärmepumpen versorgt. Liegt weder eine Eignung für Fernwärme noch für Wärmepumpen vor, wird eine Wärmeversorgung mittels Holzpellets angenommen. Bestehende Gebäude, die bereits heute mit erneuerbaren Energien beheizt werden, behalten ihre derzeitige Wärmeversorgungsart bei und stellen, wenn es strombasierte Heizlösungen sind, von Strommix auf Ökostrom um.

Weiterhin werden die unsanierten Gebäude auf teilsaniert und die bereits teilsanierten Gebäude auf vollsaniert umgestellt. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte reduziert sich der Wärmebedarf im ENEKA 2050 Szenario auf 42,88 GWh/a und ist somit noch ca. 16 % höher als die Prognose nach dem Leitfaden. Die Reduktion gegenüber dem Status quo beträgt demnach ca. 37 %. Die Entwicklung des Wärmebedarfs und der Versorgungstechnik lässt sich folglich gemäß Abbildung 4-11 darstellen:

### WÄRMEBEDARF AKTUELL

### WÄRMEBEDARF 2050

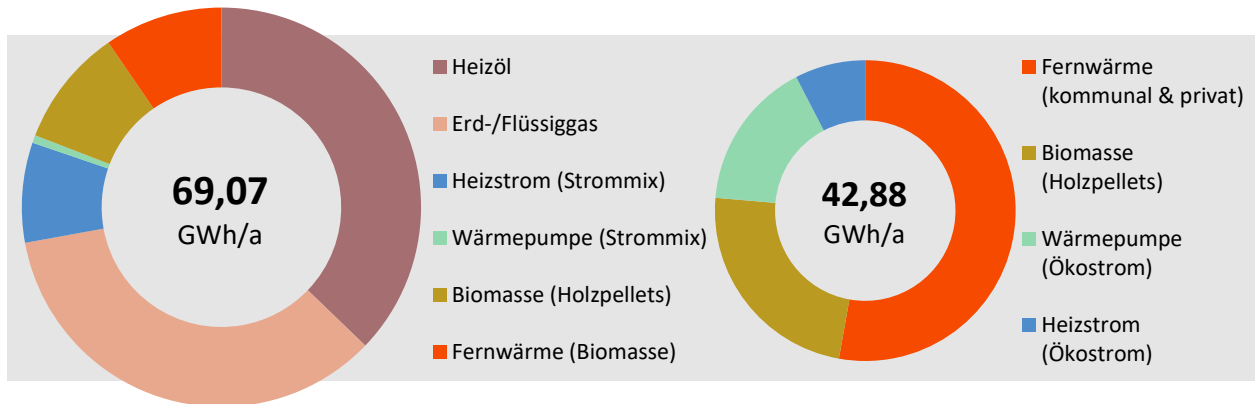
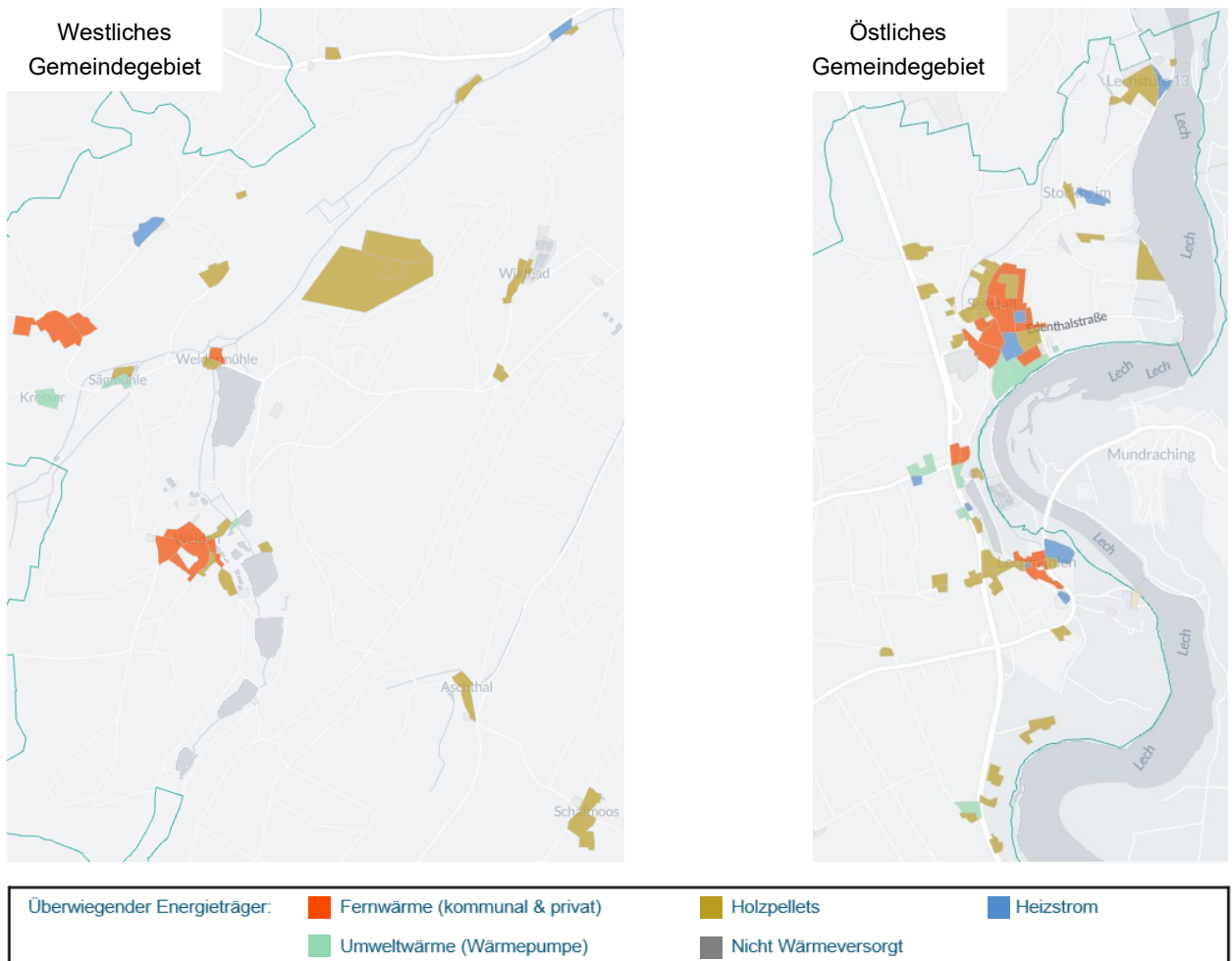
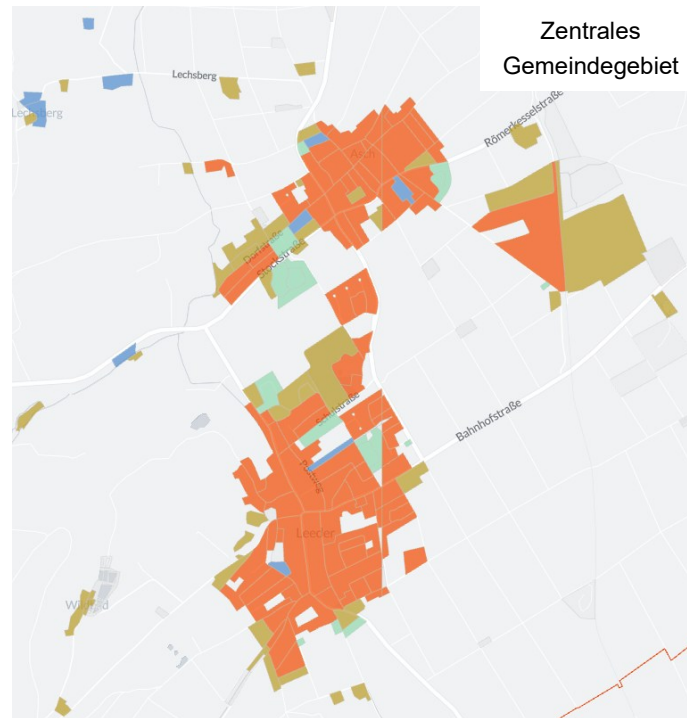


Abbildung 4-11: Entwicklung des Wärmebedarfs in der Gemeinde Fuchstal

Wertet man dieses Wärmebedarfsszenario räumlich aus, ergibt sich auch eine neue Verteilung der überwiegenden Energieträger auf Baublockebene über das Gemeindegebiet:





Überwiegender Energieträger:	<span style="color: orange;">■</span> Fernwärme (kommunal & privat)	<span style="color: gold;">■</span> Holzpellets	<span style="color: blue;">■</span> Heizstrom
	<span style="color: green;">■</span> Umweltwärme (Wärmepumpe)	<span style="color: grey;">■</span> Nicht Wärmeversorgt	

Abbildung 4-12: Kartographische Darstellung des überwiegenden Energieträgers auf Baublockebene in Fuchstal für 2050

Nachfolgend werden die Wärmebedarfe für das Jahr 2050 tabellarisch dargestellt und der daraus resultierende jährliche Energieeinsatz berechnet. Dabei erfolgt die Aufteilung der Wärmepumpen gemäß dem BEE-Wärmeszenario 2045: 80 % entfallen auf Luft-Wärmepumpen, 20 % auf Sole- bzw. Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Für die Berechnung wird eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 für Luft-Wärmepumpen und 4 für Sole- bzw. Wasser-Wasser-Wärmepumpen angesetzt. Da die Erzeugeranlagen der Fernwärmeversorgung aktuell bereits fast vollständig ausgelastet sind, wird angenommen, dass der aktuelle Bedarf, inklusive den noch vorgesehenen Erweiterungen bis 2027, weiterhin durch Biomasse (Biogas und Hackschnitzel) und dem P2H-Modul gedeckt wird. Alle weiteren bis 2050 hinzukommende Bedarfe werden durch Luft-Wärmepumpen gedeckt. Bei der Biomasseversorgung wird entsprechend der eingesetzten Brennstoffe (Holzpellets und Hackschnitzel) mit deren typischen Heizwerten gerechnet.

Energieträger	Wärmebedarf [MWh/a]	Effizienzfaktor	Jährl. Energieeinsatz
Holzpellets	10.099	$\eta_{th} = 85 \%$ ; $H_u$ Pellets: 4,9 kWh/kg	2.061 t Pellets
Dezentrale Wärmepumpen	6.880		
Luftwärmepumpe	5.504	JAZ von 3	1.835 MWh Strom
Sole-/Wasserwärmepumpe	1.376	JAZ von 4	344 MWh Strom
Fernwärme	22.643	Wärmeverluste: 10 %	25.159 MWh/a
Wärmepumpe	16.029	JAZ von 3	5.343 MWh Strom
Power-to-Heat	661	$\eta_{th} \approx 100 \%$	661 MWh Strom
Biogas-BHKWs	3.373	$\eta_{th} \approx 50 \%$ ; $H_u$ Biogas: 6 kWh/m <sup>3</sup>	1.124 m <sup>3</sup> Biogas
Hackschnitzel	1.984	$\eta_{th} \approx 90 \%$ ; $H_u$ Hackschnitzel: 3,9 kWh/kg	509 t Hackschnitzel
Biogaskessel	595	$\eta_{th} \approx 90 \%$ ; $H_u$ Biogas: 6 kWh/m <sup>3</sup>	110 m <sup>3</sup> Biogas
Heizstrom	3.255	$\eta_{th} \approx 100 \%$	3.255 MWh Strom
<b>Summe</b>	<b>42.877</b>		

Tabelle 9: Berechnung des jährlichen Energieeinsatzes für das Szenario 2050

Der hier genannte Energiebedarf muss in Zukunft über die Ressourcen vor Ort abgedeckt werden. Der Strombedarf für die prognostizierte Wärmeversorgung beträgt summiert 11.438 MWh/a. In Kapitel 3.3 wurde die aktuell produzierte Strommenge von ca. 107 GWh/a im Gemeindegebiet bereits errechnet. Die Gemeinde benötigt 2050 demnach bilanziell lediglich knapp 11 % des bereits aktuell jährlich produzierten Stroms für die Wärmebereitstellung.

Die Gemeinde verfügt in der Theorie über genügend Waldflächen, um ihren Biomassebedarf über die Vorkommen im Forst auf dem Gemeindegebiet zu decken. Dem Bedarf von 12.083 MWh/a stehen 14.500 MWh/a an theoretisch verfügbarer Energie aus den Forsten gegenüber. Diese Forstgebiete befinden sich jedoch zum Großteil im Eigentum des Staats oder Privatpersonen, weshalb eine energetische Nutzung nicht gesichert gewährleistet werden kann. Außerdem wird in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt, inwiefern das Holz bereits aktuell genutzt wird. Aus diesem Grund ist die Menge an Biomasse voraussichtlich nicht ausreichend und weitere Biomasse muss demnach zugekauft oder durch andere Technologien ersetzt werden. Eine Möglichkeit bietet die Nutzung des Potenzials aus Solarthermie. Diese liegt gemäß der Analyse aus Kapitel 3.1.3 bei 3.331 MWh/a und kann somit einen Teil des Bedarfs abdecken.

Die in Tabelle 9 aufgeführten Energieeinsätze im Jahr 2050 führen zu CO<sub>2</sub>-Emissionen, die in Abbildung 4-13 grafisch dargestellt sind. Ziel der Bundesregierung ist es, dass bis zum Jahr 2030 mindestens 80 % der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien stammt. Weiterhin hat sich Deutschland zu dem Ziel bekannt, bis 2035 einen „weitgehend“ klimaneutralen Stromsektor zu erreichen, wodurch kaum bis keine CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr in der Stromerzeugung anfallen. Somit ist lediglich die Verbrennung der Biomasse für die Treibhausgasemissionen relevant. Für die berechneten 2.061 Tonnen Holzpellets ergibt dies etwa 364 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Der Vergleich der Zielsetzung für 2050 gegenüber des aktuellen CO<sub>2</sub> Ausstoßes bedeutet dies eine Einsparung von 97,6 %.

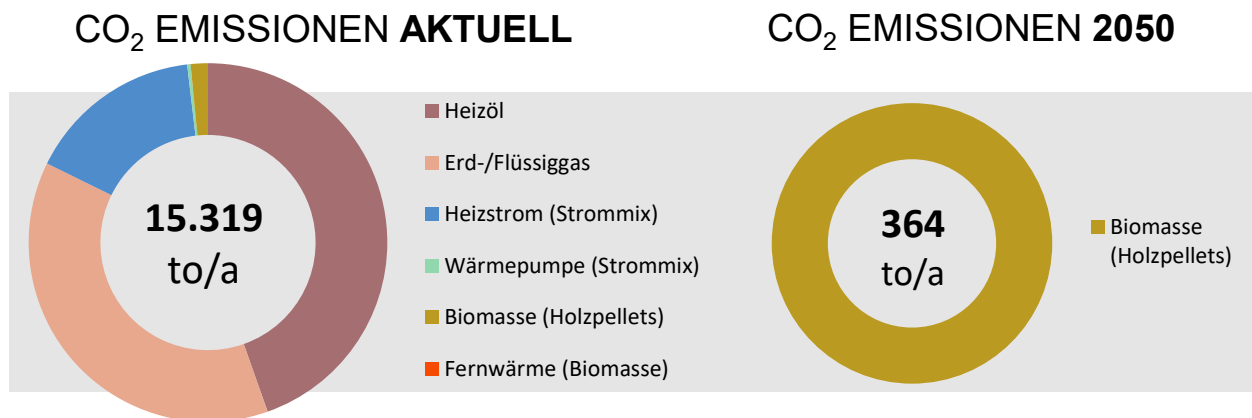


Abbildung 4-13: Transformation der CO<sub>2</sub>-Emissionen

#### 4.6. Zukünftig räumlich aufgelöster Wärmebedarf

Die in Kapitel 4.5 dargestellten Szenarien zur Reduktion des Wärmebedarfs bis 2050 lassen sich auch räumlich differenziert betrachten. Diese Auswertung ist entscheidend für die strategische Wärmeplanung, da sie aufzeigt, in welchen Teilen des Gemeindegebiets weiterhin ein erhöhter Wärmebedarf bestehen wird und wo gezielte Maßnahmen besonders wirksam sein könnten.

Die folgende kartografische Darstellung verdeutlicht, dass auch zukünftig Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Wärmebedarfe bestehen werden.

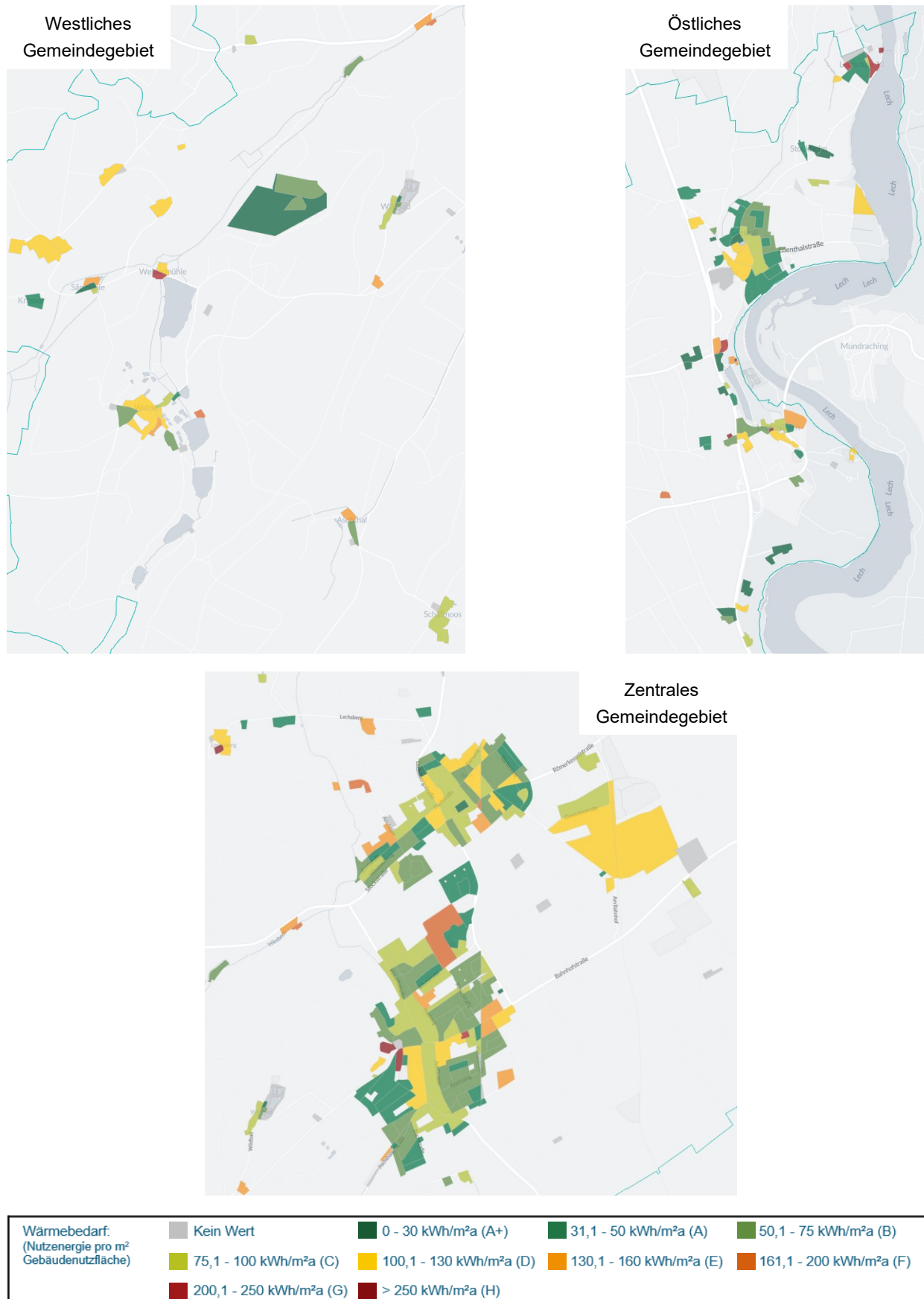


Abbildung 4-14: Räumlich aufgelöster Wärmebedarf im Jahr 2050

Insbesondere in den Ortskernen von Asch, Leeder und Seestall ist auch langfristig mit vergleichsweise hohen spezifischen Bedarfen zu rechnen, was hauptsächlich auf die vorwiegend älteren Baualtersklassen und damit einhergehend geringeren Energiestandards zurückzuführen ist. Trotz Teilsanierungen werden diese Gebäude auch 2050 noch erhöhte Wärmebedarfe haben. Eine gezielte Förderung umfangreicher energetischer Sanierungsmaßnahmen könnte hier einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion des Wärmeverbrauchs leisten.

Diese drei größeren Ortsteile sind zudem aufgrund ihrer erhöhten Wärmebedarfsdichte überwiegend dafür geeignet die bereits bestehenden Wärmenetze zu erweitern (Leeder und Asch) bzw. neue Wärmenetze zu errichten (Seestall). Dies wird in Abbildung 4-12 deutlich, wo alle Gebiete mit guter oder sehr guter Fernwärmeigung auf diese Art der gemeinschaftlichen Wärmeversorgung umgestellt wurden.

Ein zusätzlicher Betrachtungsschwerpunkt liegt auf den abseits der größeren Ortsteile gelegenen Einzelstandorten im Gemeindegebiet, die ebenfalls einen vergleichsweise hohen Wärmebedarf aufweisen. Diese Gebäude werden auch künftig vorrangig durch dezentrale Lösungen wie Wärmepumpen oder Pelletheizungen versorgt werden müssen (vgl. Abbildung 4-12). Hier sind insbesondere angepasste Beratungsangebote und gezielte Förderinstrumente für Einzelmaßnahmen erforderlich.

Durch die kartografische Darstellung wird deutlich, dass eine pauschale Herangehensweise zur Dekarbonisierung des Wärmesektors nicht zielführend ist. Vielmehr muss die Wärmeplanung lokal differenziert erfolgen, um wirtschaftlich tragfähige und ökologisch sinnvolle Lösungen zu ermöglichen.

#### 4.7. Kostenprognosen

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Wärmevollkosten von 2025 mit denen im Jahr 2042 verglichen. Die Preisentwicklung hin zum Jahr 2042 entspricht einer veröffentlichten Annahme des BMWF.

##### 4.7.1. Strompreisentwicklung

Um die Strompreisentwicklung der nächsten Jahre darstellen zu können, müssen verschiedene Faktoren betrachtet werden. Für die durch die Politik in Deutschland und der EU zukünftig vorgesehenen Rahmenbedingungen und Entwicklungen können nur die aktuell vorhandenen Gesetze und Richtlinien herangezogen werden. Ebenso können unvorhersehbare Ereignisse den Strom- und Energiemarkt maßgeblich verändern.

Geht man von den aktuellen Entwicklungen und Planungen aus, wird die Stromerzeugung in Deutschland bis 2050 vollständig aus erneuerbaren Energien bestehen. Dieses Ziel strebt die Bundesregierung bereits für 2035 an. Erneuerbare Energien wie Wind- und Solarstrom senken langfristig die durchschnittlichen Stromgestehungskosten. Dennoch ist nicht automatisch mit sinkenden Strompreisen für Endverbraucher zu rechnen. Vielmehr steigen die Endpreise voraussichtlich an, da umfangreiche Investitionen in Netzinfrastruktur, Speichertechnologien und Systemintegration erforderlich sind. Insbesondere in Zeiten hoher Einspeisung erneuerbarer Energien kann es zu kurzfristig sinkenden Börsenstrompreisen kommen. Um diese Preisschwankungen systemisch zu nutzen und zu glätten, sind eine Flexibilisierung des Strommarkts sowie ein beschleunigter Ausbau von Netzen und Speichern notwendig.<sup>23</sup> Das BMWF hat im Rahmen der GEG-Novelle eine Begleitanalyse veröffentlicht. In dieser wird im Jahr 2042 ein Strompreis von 40 ct/kWh prognostiziert. Bei einem Wärmepumpen-Tarif liegt der erwartete Strompreis im Jahr 2042 bei 32,5 ct/kWh. Diese Entwicklung wird u. a. in Abbildung 4-15 dargestellt.

---

<sup>23</sup> (BDEW - Stromkostenentwicklung, 2025)

### 4.7.2. Preisentwicklung für Energieträger der Wärmebereitstellung

Ein weiterer relevanter Energieträger für die Energieversorgung der Zukunft ist Biomasse. Hier ist eine Prognose ebenso schwierig, wenn nicht sogar noch komplexer. Da der Markt durch Umweltbedingungen stark beeinflusst wird und die Entwicklung der Forstwirtschaft hier eine große Rolle spielt, können nur schwer Prognosen getroffen werden. In der Begleitanalyse im Rahmen des GEG werden die Energiepreise von Pellet mit 9,2 ct/kWh im Jahr 2042 veröffentlicht. Weitere Preisentwicklungen sämtlicher Energieträger werden dort wie folgt prognostiziert:

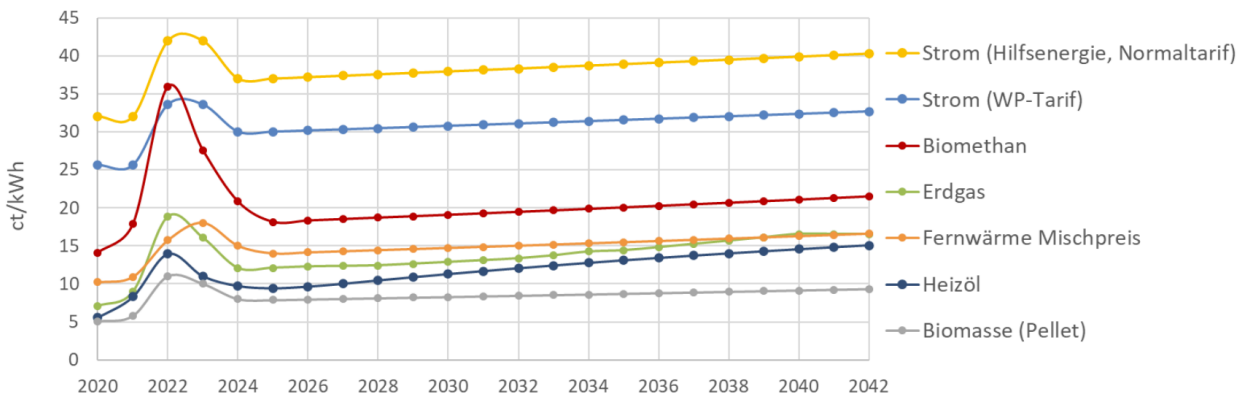


Abbildung 4-15: Entwicklung der Energiepreise bis 2042 <sup>24</sup>

### 4.7.3. Vergleich der Wärmevollkosten 2025 - 2042

Um die Wärmevollkosten vergleichen zu können, wird beispielhaft ein Einfamilienhaus mit einer Leistungsanforderung von 10 kW und einem Jahresenergieverbrauch von 20.000 kWh gerechnet, was die örtliche Struktur der Gemeinde widerspiegelt und somit eine gute Grundlage für weitere Berechnungen darstellt.

Die in die Berechnung einfließenden Energiebezugpreise sind in Tabelle 10 dargestellt und liegen der in Abbildung 4-15 gezeigten Studie des BMWZ zugrunde. Für die Fernwärmeversorgung wird mit den Werten aus der Preisliste des aktuellen Wärmenetzes vom 01.01.2025 gerechnet.

Energieträger	Bezugspreis 2025	Bezugspreis 2042
Heizöl	0,87 €/l	-
Erd-/Flüssiggas	0,68 €/l	-
Pellets	0,36 €/kg	0,44 €/kg
Wärmepumpe	0,28 €/kWh <sub>el</sub>	0,33 €/kWh <sub>el</sub>
Fernwärme	0,17 €/kWh <sub>th</sub>	0,28 €/kWh <sub>th</sub>

Tabelle 10: Bezugspreise (brutto) verschiedener Energieträger (Stand: Mai 2025)

Die Vollkostenrechnung beinhaltet die Kosten für die Neuinstallation einer Heizungsanlage, die Bezugskosten der Energieträger sowie die laufenden Fixkosten im Heizbetrieb. In der Gegenüberstellung sind die Kosten der Szenarien Öl und Erd-/Flüssiggas ausgegraut, da unter Berücksichtigung der neuen GEG-Gesetzgebung von einer erneuten Investition in eine fossile Heizanlage abzuraten ist.

<sup>24</sup> (BMWZ, 2023)

		Luft-Wärmepumpe	Pellet	Fernwärme	Heizöl	Gas
Einkauf Energie / Brennstoff	Effizienzfaktor	300 %	90 %	100 %	80 %	90 %
	Endenergiebedarf [kWh/a]	6.667	22.222	20.000	25.000	22.222
	Heizwert [kWh/Einheit Brennstoff]		4,80		10,00	6,57
	Brennstoffbedarf	6.667	4.630		2.500	3.382
	Einkaufskosten Brennstoff pro Jahr	1.867 €	1.667 €	1.946 €	2.175 €	2.300 €
	Wärmepreis [ct/kWh]	9,33 ct	8,33 ct	9,73 ct	10,88 ct	11,50 ct
Investition	Investitionskosten	35.000 €	40.000 €	18.000 €	15.000 €	15.000 €
	Förderquote	50 %	30 %	50 %	0 %	0 %
	Investitionskosten abzgl. Förderung	17.500 €	28.000 €	9.000 €	15.000 €	15.000 €
	Abschreibung	1.574 €	2.518 €	809 €	1.349 €	1.349 €
	Abschreibung [ct/kWh]	7,87 ct	12,59 ct	4,05 ct	6,75 ct	6,75 ct
Laufende Fixkosten	Fixkosten (Grundgebühr, Wartung, etc.)	250 €	300 €		300 €	300 €
	Leistungspreis			230,90 €		
	Grundpreis	150 €		308,21 €		
	Messpreis			102,01 €*		
	Fixkosten [ct/kWh]	2,00 ct	1,50 ct	3,21 ct	1,50 ct	1,50 ct
<b>Gesamtpreis [ct/kWh]</b>		<b>19,20 ct</b>	<b>22,43 ct</b>	<b>16,98 ct</b>	<b>19,12 ct</b>	<b>19,75 ct</b>

Tabelle 11: Wärmevollkostenberechnung 2025

\*Der Messpreis bezieht sich auf einen Wärmemengenzähler Typ 2 (stündlicher Volumenstrom von 1,5 bis 3,5 m³/h)

Diese Gegenüberstellung wird zur Veranschaulichung in Abbildung 4-16 nochmals grafisch dargestellt.

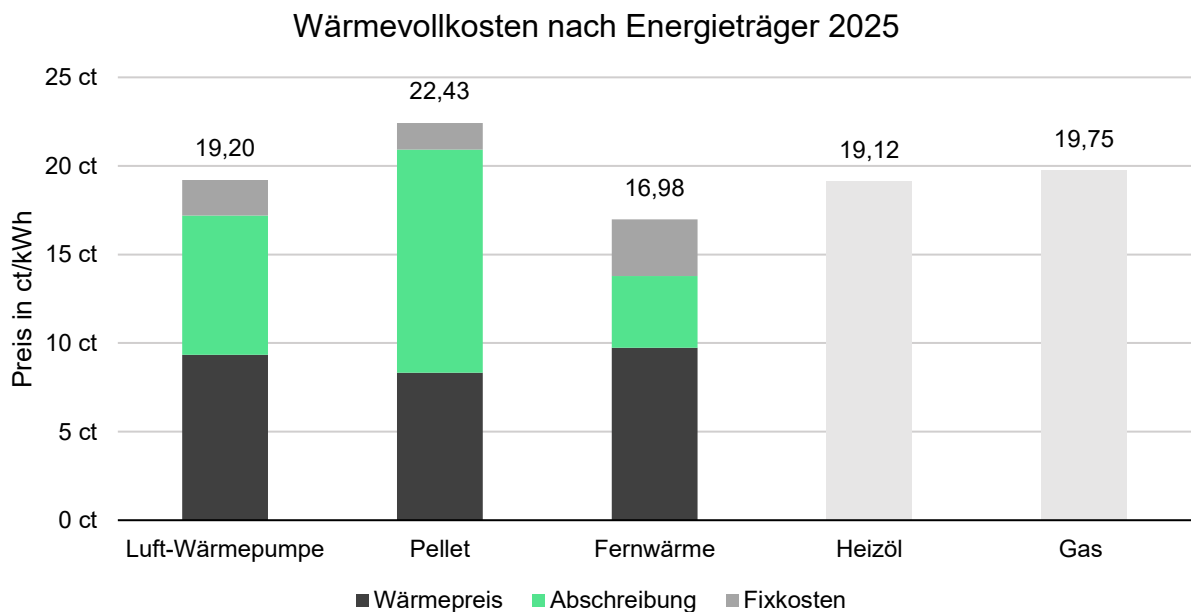


Abbildung 4-16: Vergleich Wärmevollkosten verschiedener Energieträger 2025

Für das prognostizierte Jahr 2042 wird eine identische Berechnung angestellt, hierbei werden allerdings die Öl- und Gas-Alternativen nun nicht mehr betrachtet. Ebenfalls werden die Wärmeerzeuger nicht mehr

durch den Staat subventioniert. Die Kosten für den Endenergiebedarf werden mit den in den vorhergehenden Kapiteln genannten Preisen berechnet. Für die Biomasselösung muss auch eine CO<sub>2</sub>-Abgabe in Betracht gezogen werden. Da diese voraussichtlich an der Börse erhoben wird, kann sie an dieser Stelle nicht prognostiziert werden und wird vernachlässigt. Für die Fernwärmeversorgung wurde eine jährliche Preissteigerung von 2,5 % für alle laufenden Kosten angenommen.

		Luft-Wärmepumpe	Pellet	Fernwärme
Einkauf Energie / Brennstoff	Effizienzfaktor	300 %	90 %	100 %
	Endenergiebedarf [kWh/a]	6.667	22.222	20.000
	Heizwert [kWh/Einheit Brennstoff]		4,80	
	Brennstoffbedarf	6.667	4.630	
	Einkaufskosten Brennstoff pro Jahr	2.167 €	2.044 €	2.961 €
	Wärmepreis [ct/kWh]	10,83 ct	9,20 ct	14,81 ct
Investition	Investitionskosten	35.000 €	40.000 €	18.000 €
	Förderquote	0 %	0 %	0 %
	Investitionskosten abzgl. Förderung	35.000 €	40.000 €	18.000 €
	Abschreibung	3.148 €	3.598 €	1.619 €
	Abschreibung [ct/kWh]	15,74 ct	17,99 ct	8,09 ct
Laufende Fixkosten	Fixkosten (Grundgebühr, Wartung, etc.)	250 €	300 €	
	Leistungspreis			351 €
	Grundpreis	150 €		469 €
	Messpreis			155 €
	Fixkosten [ct/kWh]	2,00 ct	1,50 ct	4,88 ct
	<b>Gesamtpreis [ct/kWh]</b>	<b>28,57 ct</b>	<b>28,69 ct</b>	<b>27,78 ct</b>

Tabelle 12: Wärmevollkostenberechnung 2042

Die Ergebnisse der Vollkostenrechnung für 2042 werden in Abbildung 4-17 dargestellt:

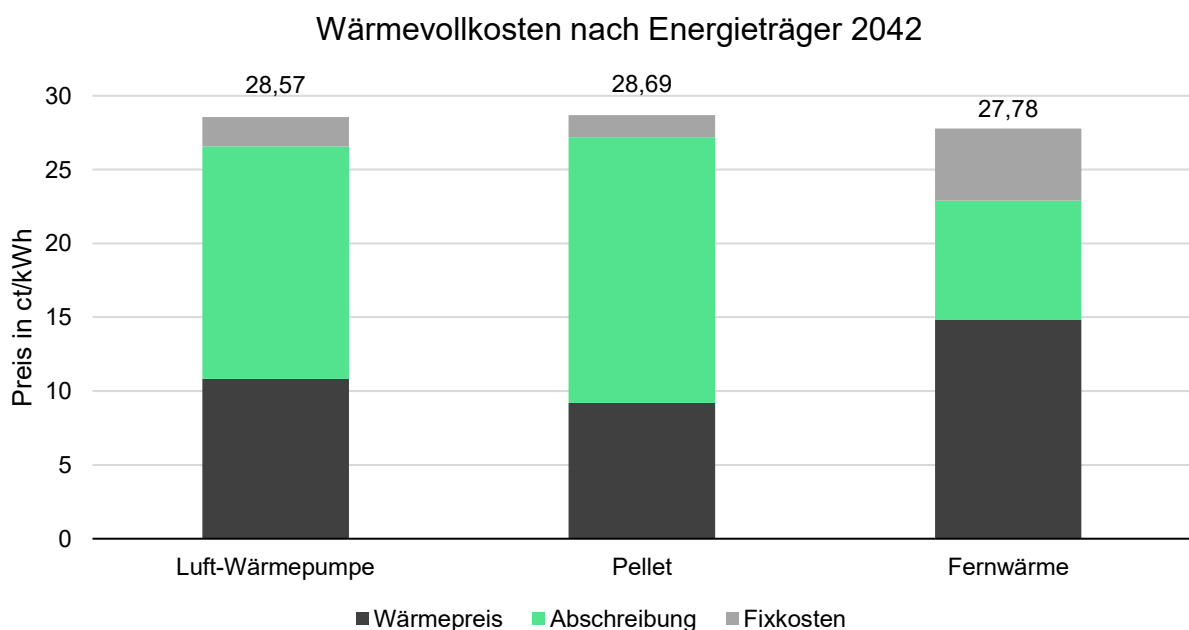


Abbildung 4-17: Vergleich Wärmevollkosten verschiedener Energieträger 2042

Vergleicht man die beiden Szenarien, zeigt sich, dass bei die Pelletheizung die geringsten Wärmepreise, jedoch auch die höchsten Abschreibungen aufweist. Die Fernwärme ist hierzu gegenteilig, denn hier ist der Arbeitspreis am höchsten, jedoch sind die Abschreibungen vergleichsweise gering. Auch die Fixkosten sind durch Leistungspreis, Grundpreis und Messpreis bei der Fernwärme höher als bei den individuellen Wärmeversorgungs-lösungen. Dennoch ist sie in beiden betrachteten Jahren die günstigste Variante für das Beispiel des Einfamilienhauses mit 10 kW Heizlast und einem Wärmebedarf von 20.000 kWh/a.

Da die Preisprognosen für 2042 nur grobe Annäherungen an mögliche Szenarien darstellen, sollte die Entscheidung für eine erneuerbare Wärmelösung auch unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte getroffen werden.

#### 4.8. Zukünftige Entwicklung des Strombedarfs

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln angesprochen, wird die Erzeugung von Strom für die Bereiche Wärme und Mobilität immer relevanter. Die Industrie wird im Kontext der Reduktion des Einsatzes fossiler Brennstoffe stark elektrifiziert. Um den Energiebedarf, insbesondere der Industrie, abdecken zu können, soll mithilfe von Elektrolyseverfahren Wasserstoff produziert werden. Dadurch wird sich der Stromverbrauch deutschlandweit bis 2045 zusätzlich um 150 TWh erhöhen. Im Straßenverkehr sollen bis zum Jahr 2030 15 Mio. vollelektrische PKW zugelassen sein, was beim heutigen Bestand (ca. 50 Mio.) etwa 30 % aller zugelassenen PKW bedeuten würde. Zum Vergleich, im April 2025 waren etwa 1,74 Mio. Elektroautos in Deutschland zugelassen und der Anteil am gesamten PKW-Bestand lag bei 3,3 %, wobei Plug-in Hybride nicht dazu gezählt werden. Aus diesen Entwicklungen lässt sich ein großer Handlungsbedarf für die zukünftige Stromerzeugung erkennen.

Um die gestiegenen Anforderungen an den Strommarkt bewältigen zu können, müssen die vorhandenen Kapazitäten bestmöglich genutzt und durch flexible Speicher- und Steuerungstechnologien ergänzt werden. Ein zentraler Baustein sind dabei Speicherlösungen, die helfen, Leistungsspitzen im Stromnetz effizient auszugleichen. Kurzfristige Flexibilität wird vor allem durch Batteriespeicher, Lastmanagement und den Stromhandel bereitgestellt. Diese Technologien sind besonders geeignet, um Schwankungen im Stromangebot und -nachfrage innerhalb von Sekunden bis zu mehreren Stunden auszugleichen. Für den Ausgleich über mehrere Stunden bis wenige Tage gewinnen Großbatteriespeicher in Deutschland zunehmend an Bedeutung. Anfang 2023 waren laut Frontier Economics rund 1,4 GWh an Großbatteriespeichern in Deutschland installiert. Der Netzentwicklungsplan (NEP) sieht einen starken Ausbau dieser Kapazitäten auf etwa 61 GWh bis zum Jahr 2027 und auf 136 GWh bis 2045 vor.<sup>25</sup> Großbatteriespeicher können künftig einen wesentlichen Beitrag zur Netzstabilität und zur Überbrückung von Stromengpässen leisten. Für den saisonalen Ausgleich von Energieangebot und -nachfrage sind Batteriespeicher jedoch nicht geeignet. Hierfür sind verschiedene Ansätze erforderlich, wobei die Rückverstromung von Wasserstoff voraussichtlich nur eine ergänzende Reserverolle übernehmen wird. Ein wichtiger Baustein für saisonale Flexibilität sind auch thermische Großspeicher in Wärmenetzen. Überschussstrom aus erneuerbaren Quellen kann über Power-to-Heat-Anwendungen effizient in Wärme umgewandelt und über längere Zeiträume gespeichert werden. Die Nutzung großer Pumpspeicherkraftwerke in Skandinavien und den Alpen kann punktuell zur saisonalen Flexibilität beitragen. Diese Anlagen speichern Energie über längere Zeiträume durch Wasserhebung in höhere Lagen und können bei Bedarf Strom erzeugen. Die verfügbaren Kapazitäten sind jedoch begrenzt und primär für den Eigenbedarf der jeweiligen Länder vorgesehen. Entscheidend wird daher ein flexibles Zusammenspiel aus dezentralen Batteriespeichern, Wärmespeichern, intelligenter Laststeuerung, erneuerbarer Stromerzeugung und einem leistungsfähigen Netzausbau sein, um Versorgungssicherheit und Netzstabilität in einem zunehmend erneuerbaren Energiesystem zu gewährleisten.

<sup>25</sup> (Bundesverband Solarwirtschaft e. V., 2025)

Das Zusammenspiel der verschiedenen Sektoren soll in folgender Grafik nochmals veranschaulicht werden:

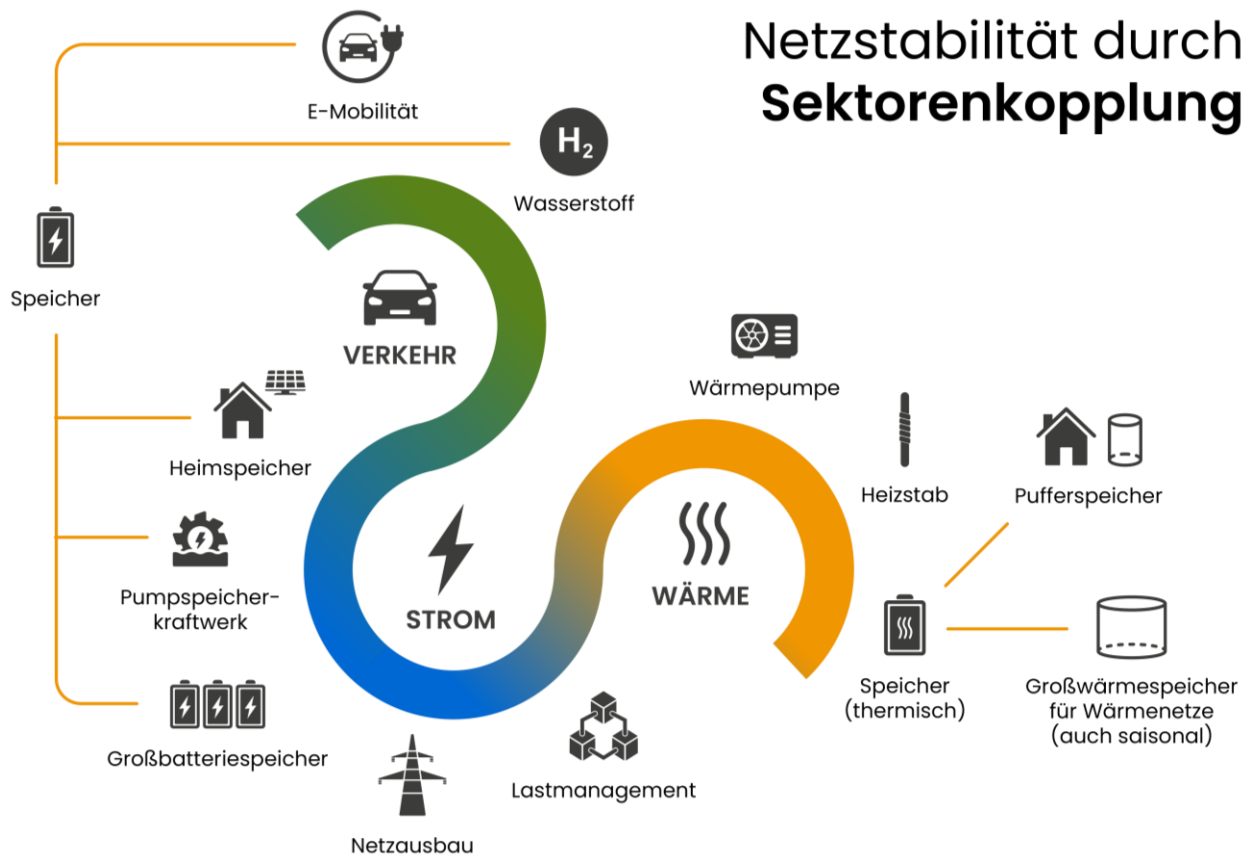
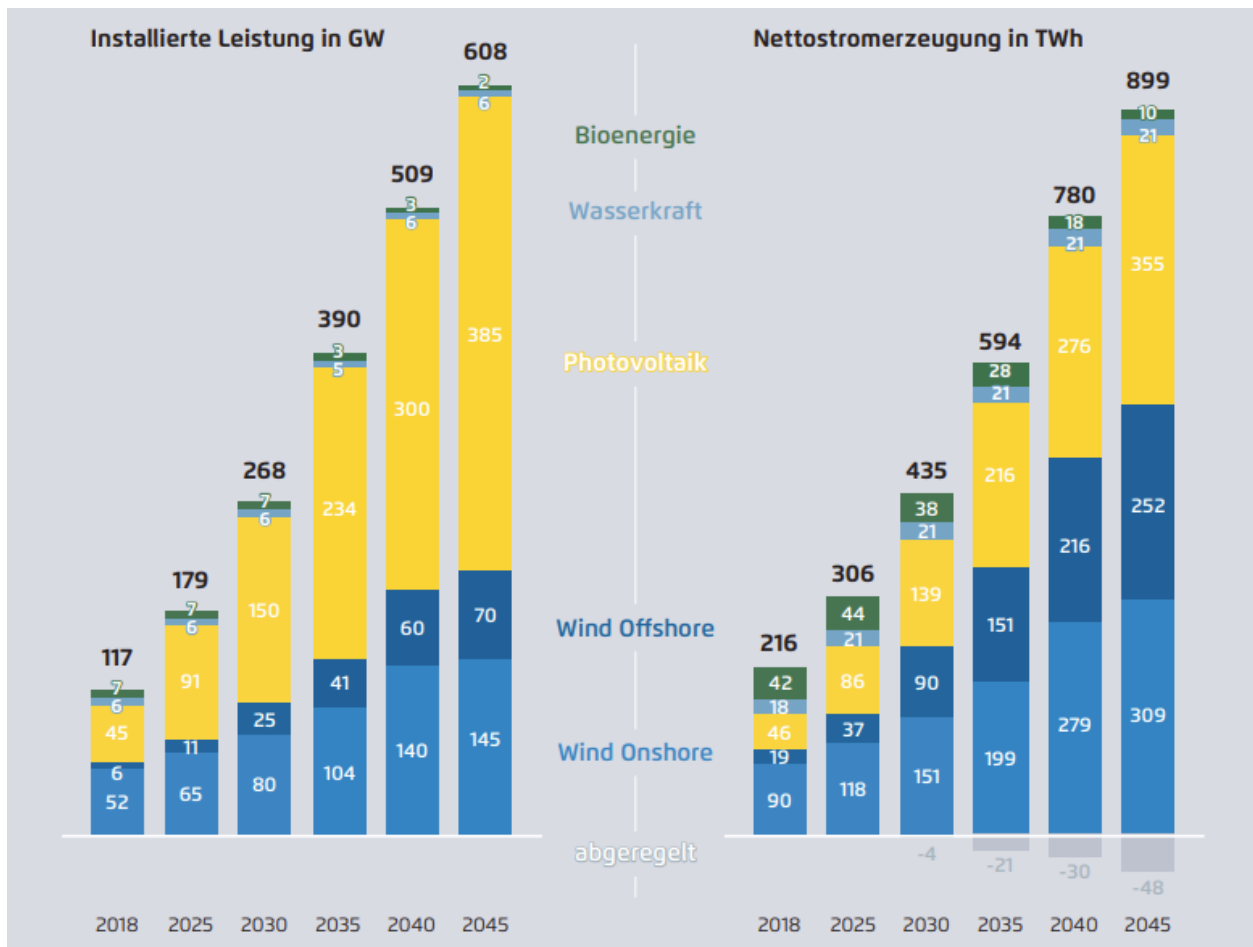


Abbildung 4-18: Netzstabilität durch Sektorenkopplung

In diesem Bereich hat die Gemeinde Fuchstal bereits mit dem Projekt Energiezukunft Fuchstal (siehe Kapitel 2.3.3) eine Vorreiterrolle eingenommen und ein umfangreiches Konzept zur Sektorenkopplung entwickelt. So kann beispielsweise der Überschussstrom aus den Windkraftanlagen genutzt werden und eine Abregelung verhindert werden.

Abbildung 4-19 verdeutlicht den geplanten Ausbau erneuerbarer Energiequellen zur Steigerung der Stromerzeugung. Hierbei soll der Großteil des generierten Stroms aus Photovoltaikanlagen sowie verschiedenen Formen der Windenergie, sowohl Offshore als auch Onshore, stammen.

Abbildung 4-19: Stromerzeugung der Zukunft <sup>26</sup>

Das aktuell auf der Gemeindefläche erschlossene Strompotenzial wurde bereits in Kapitel 2.3 dargestellt. Die Gemeinde Fuchstal hat aktuell einen Strombedarf von 14.200 MWh/a.<sup>27</sup> Wie bereits Kapitel 3.3 aufgeführt, liegt die produzierte Menge Strom weit über dem aktuellen Bedarf. Eine gezielte Nutzung dieser Potenziale kann nicht nur die Stabilität der eigenen Energieversorgung stärken, sondern auch zur Entlastung der überregionalen Strominfrastruktur beitragen. Vor dem Hintergrund begrenzter Flächen in urbanen Räumen, leisten ländlich geprägte Gemeinden mit hohem Erzeugungspotenzial wie Fuchstal bereits heute einen wichtigen Beitrag zur regionalen Versorgung. Trotz der übergeordneten Verantwortung für eine gerechte Lastenverteilung im Energiesystem sind Gemeinden mit hohen Erzeugungspotenzialen gefordert, ihre Rolle in der regionalen Energieversorgung wahrzunehmen. Ein solcher Beitrag über den Eigenbedarf hinaus soll im Einklang mit lokalen Interessen stehen und durch transparente sowie faire Beteiligungsmodelle begleitet werden.

Sollte sich der Strombedarf wie in Kapitel 4.5 beschrieben entwickeln, ergibt sich daraus ein Anstieg des Stromverbrauchs für die Wärmeversorgung auf 11.438 MWh/a.

Bei einer aktuellen Stromerzeugung von 106.968 MWh/a auf dem Gemeindegebiet ist diese Steigerung bereits heute ohne weiteres darstellbar. Ein weiterer Ausbau der Stromerzeugungsanlagen ist zur Deckung des Bedarfs für die Wärmeversorgung mit Eigenversorgung daher bilanziell nicht erforderlich.

<sup>26</sup> (Agora Energiewende, 2024)

<sup>27</sup> (Energieatlas Bayern, 2025)

## 5. Zentrale und dezentrale Wärmeversorgung in Eignungsgebieten

Um die oben aufgezeigten Szenarien verwirklichen zu können, muss vor allem der Bereich der Wärmeversorgung in den nächsten Jahren transformiert werden. Damit die Klimaneutralitätsziele der Bundesregierung erreicht werden können, ist eine gezielte Information und Einbindung der Gemeinden sowie der Bürgerinnen und Bürger unerlässlich. Im Folgenden werden die Versorgungsmöglichkeiten einer zentralen Heizlösung sowie die verschiedenen Möglichkeiten einer dezentralen Heizlösung dargestellt. Im Anschluss werden die Lösungen bewertet und Empfehlungen für den Weg zur Treibhausgasneutralität ausgearbeitet.

### 5.1. Wärmeversorgung durch eine zentrale Heizlösung

Für eine zentrale Wärmeversorgung über ein Wärmenetz werden in der Regel mehrere Wärmequellen kombiniert, wodurch eine Redundanz zwischen den einzelnen Wärmeerzeugern geschaffen und somit die Versorgung auch im Störfall sichergestellt wird. Durch die Kombination verschiedener Energieträger können die einzelnen Wärmeerzeuger in ihrem jeweiligen energetischen Optimum betrieben werden. Dies führt zu verbesserten Wirkungsgraden und damit zu einer Reduzierung des Primärenergiebedarfs und zur Einsparung von Ressourcen. Für die Versorgung von Wärmenetzen sollten möglichst vorhandene Ressourcen genutzt werden. Hier sollten in erster Linie vorhandene Abwärmepotenziale genutzt werden, alternativ sollten vorhandene Potenziale aus Umweltenergie durch Großwärmepumpen nutzbar gemacht werden. Umweltwärme und Abwärme stehen in der Regel ganzjährig zur Verfügung und eignen sich daher gut zur Abdeckung der Grundlast, die in der Regel ca. 60 % des Wärmebedarfs abdeckt. Die Spitzenlast im Winter kann durch die Verbrennung von Biomasse in das Wärmenetz eingespeist werden. Hier können Hochtemperatur-Wärmeerzeuger integriert werden.

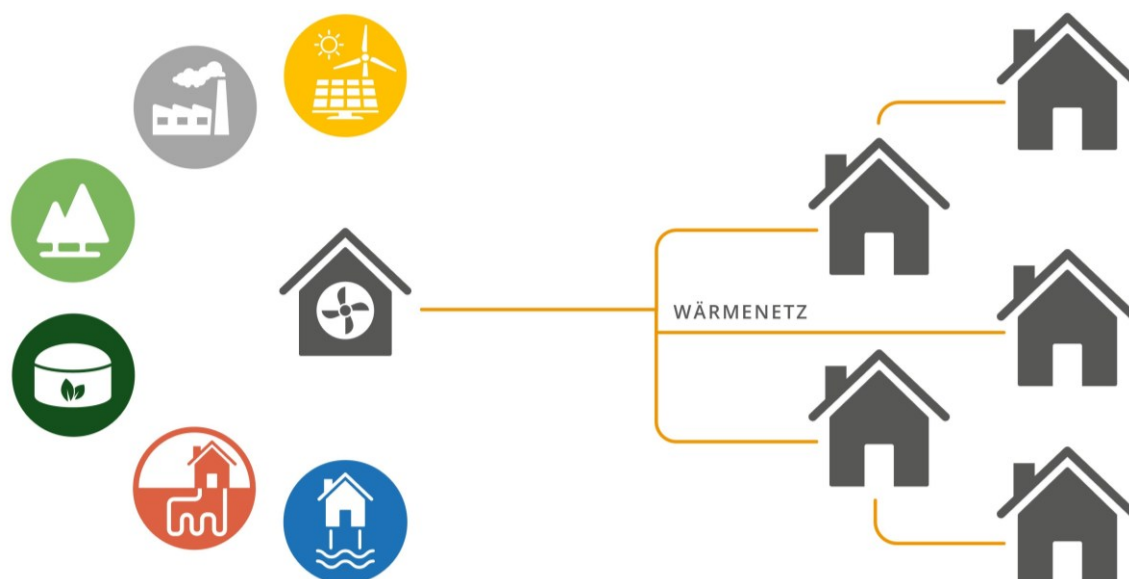


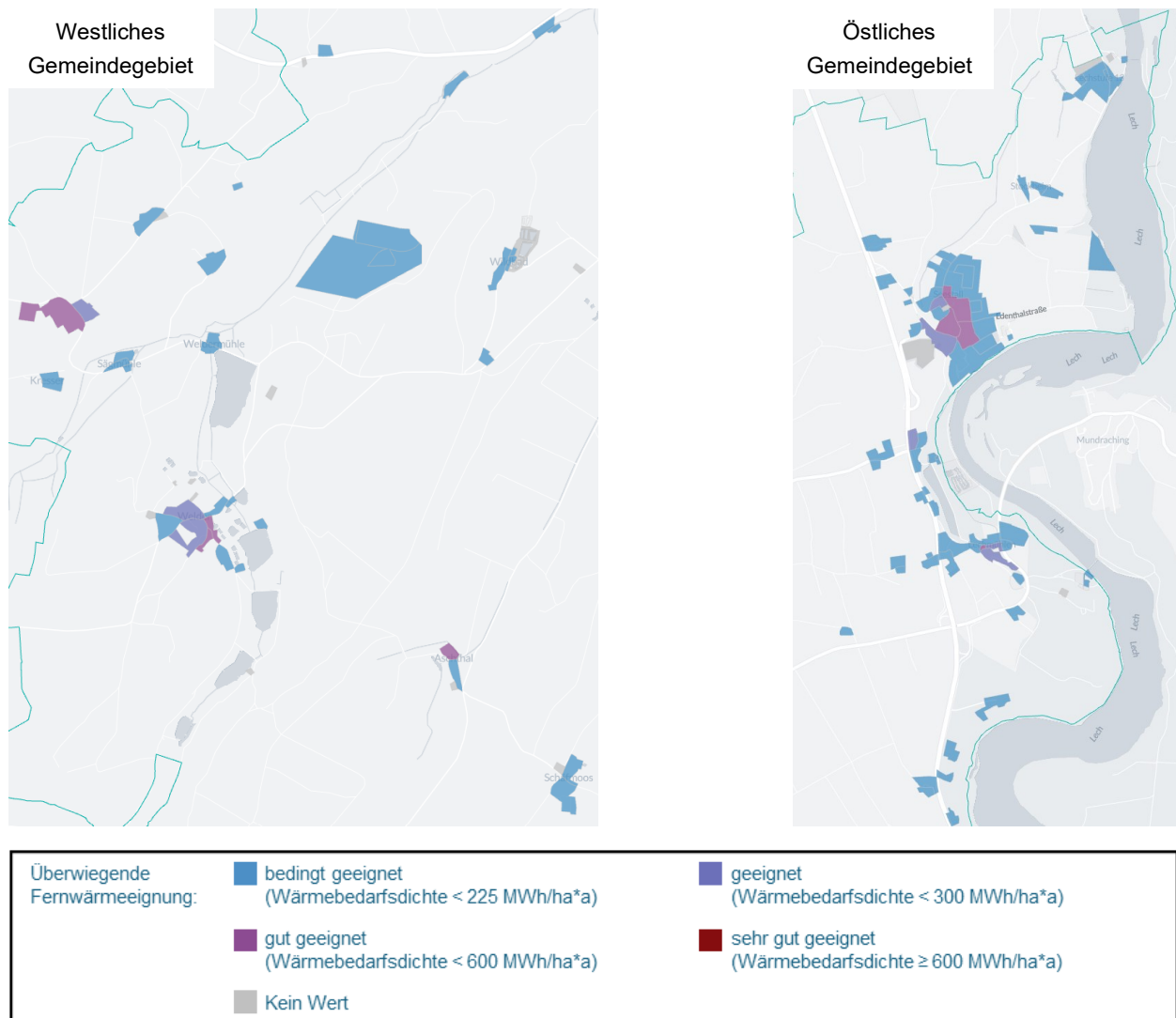
Abbildung 5-1: Schematische Darstellung eines Wärmenetzes

#### 5.1.1. Eignungsgebiete für Fernwärme

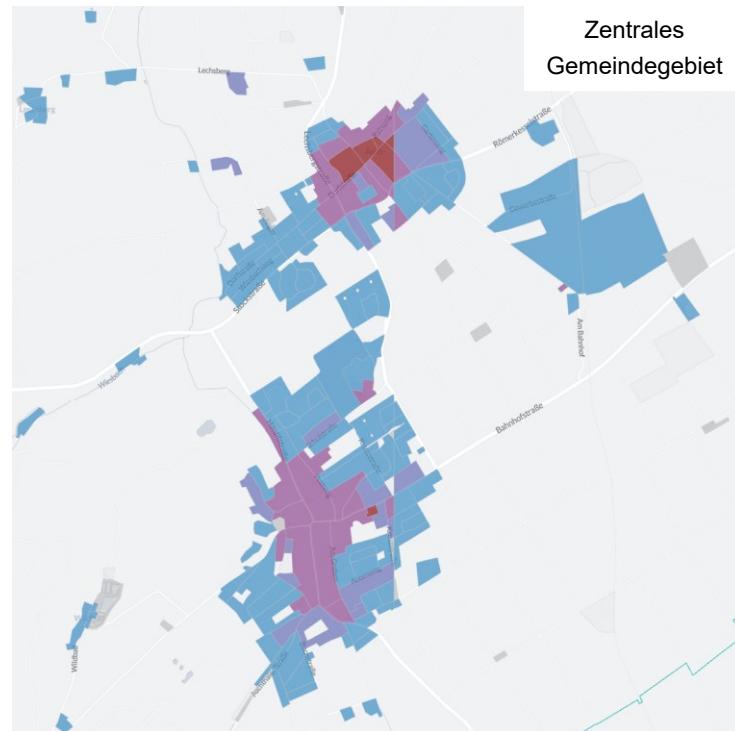
Es gibt keine universell anerkannte Definition von „Fernwärme-Eignung“. Fachlich gesehen sind für eine sinnvolle Abschätzung von potenziellen Fernwärme-Eignungsgebieten verschiedene Faktoren wichtig:

- Wie hoch sind die Wärmebedarfe der Gebäude in dem betrachteten Gebiet?
- An welchen Orten ballt sich ein hoher Wärmebedarf auf geringer Fläche (und damit eine hohe Abnahme von Wärme bei geringen Kosten für die nötige Fernwärme-Infrastruktur)?
- Wie viel Wärme ist aus welchen Quellen (Versorgungsanlagen) an welchen Orten vorhanden?
- Existiert bereits ein Fernwärmenetz, welches genutzt wird und/oder ausgebaut werden kann?

In der nachfolgenden Abbildung gelten Gebäude als fernwärmegeeignet, dessen Wärmebedarf größer als 0 kWh pro Jahr ist und gleichzeitig eine Wärmebedarfsdichte (berechnet innerhalb eines 1 Hektar großen Kreises um den geometrischen Mittelpunkt des Gebäudes) von mindestens 150 MWh pro Hektar und Jahr aufweisen.<sup>28</sup> Die dargestellten Eignungsgebiete sind darüber hinaus farblich abgestuft, um die Qualität ihrer Eignung visuell zu differenzieren: Je höher der Rotanteil, desto besser eignet sich das jeweilige Gebiet für einen Fernwärmeanschluss. In Gebieten mit geringer Wärmebedarfsdichte sind dezentrale Versorgungslösungen oft die praktikablere Alternative. Auch für außerhalb gelegene Einzelgebäude oder kleine Siedlungseinheiten mit nur wenigen Anschlussmöglichkeiten ist der Aufbau einer zentralen Wärmeinfrastruktur in der Regel nicht wirtschaftlich darstellbar. Hierunter fallen insbesondere die zahlreichen Weiler und Einöden in dem Gemeindegebiet. Neben der Wärmebedarfsdichte spielen jedoch auch weitere Faktoren eine Rolle bei der Bewertung der Fernwärmeeignung. Dies gilt insbesondere für Gemeinden mit einem hohen Anteil an älterem Gebäudebestand und historischen Ortskernen, wie sie auch in Teilen der Gemeinde Fuchstal zu finden sind. Hier können denkmalpflegerische Anforderungen, enge Straßenräume oder technische Einschränkungen bei der Erschließung die Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung erheblich erschweren. Weiterhin ist die große Distanz zwischen der bestehenden Heizzentrale und den Ortsteilen im Westen bzw. Osten des Gemeindegebiets hinderlich bei der Erweiterung des Wärmenetzes. Solche Rahmenbedingungen müssen bei der Planung und Priorisierung von Versorgungsgebieten ergänzend berücksichtigt werden.



<sup>28</sup> (Technische Universität München, 2011)



Überwiegende Fernwärmeeignung:	<span style="color: blue;">■</span> bedingt geeignet (Wärmebedarfsdichte < 225 MWh/ha*a)	<span style="color: darkblue;">■</span> geeignet (Wärmebedarfsdichte < 300 MWh/ha*a)
	<span style="color: purple;">■</span> gut geeignet (Wärmebedarfsdichte < 600 MWh/ha*a)	<span style="color: red;">■</span> sehr gut geeignet (Wärmebedarfsdichte ≥ 600 MWh/ha*a)
	<span style="color: grey;">■</span> Kein Wert	

Abbildung 5-2: Eignungsgebiete für Fernwärme

### 5.1.2. Wärmelinienichte

Neben der Wärmebedarfsdichte stellt auch die Wärmelinienichte, d.h. der jährliche Wärmebedarf pro Meter Straßen- bzw. Trassenlänge, eine zentrale Kennzahl zur Einschätzung der Fernwärmeeignung dar. Sie ermöglicht eine erste Abschätzung der Anschlussdichte und damit der potenziellen Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes. Die Wärmelinienichten für die drei größeren Ortsteile Asch, Leeder und Seestall sind in Abbildung 5-3 dargestellt. Laut dem Leitfaden Kommunale Wärmeplanung gelten Wärmelinienichten von unter 700 kWh pro Meter und Jahr in der Regel als technisch nicht geeignet für die Umsetzung eines Wärmenetzes. Praxisbeispiele zeigen jedoch, dass auch in ländlich geprägten Gebieten mit geringeren Wärmelinienichten ein wirtschaftlicher Betrieb unter bestimmten Voraussetzungen möglich ist, etwa durch gezielte Förderung, optimierte Trassenführung oder die Einbindung kosteneffizienter Wärmeerzeugungssysteme.



Abbildung 5-3: Wärmelinienichte in Asch, Leeder und Seestall

## 5.2. Wärmeversorgung durch dezentrale Heizlösungen

Kommt ein Anschluss an eine zentrale Wärmeversorgung standortbedingt oder aus anderen Gründen nicht in Frage, sollen im Folgenden verschiedene erneuerbare Heizlösungen vorgestellt werden. Der Fokus liegt hier auf der Versorgung von Einfamilienhäusern im ländlichen Raum.



Abbildung 5-4: Übersicht dezentrale Lösungen

### 5.2.1. Holzbasierte Heizungen

Holzheizungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe sind eine nachhaltige Alternative zu Öl und Gas. Durch den auf Verbrennung basierenden Betrieb stellt das Heizsystem weiterhin hohe Vorlauftemperaturen bereit und ist somit gut für die Integration in Bestandsgebäude geeignet. Zwar ist der Betrieb aufgrund der Biomasseverbrennung nicht emissionsfrei, doch moderne Anlagen unterschreiten die gesetzlichen Emissionsgrenzwerte deutlich. Die Wahl des Brennstoffes ist essenziell für eine vollständige Verbrennung, was zu geringeren Ascheanteilen und Emissionen führt. Außerdem verbessert sich der Gesamtwirkungsgrad der Heizung, da weniger Brennstoff benötigt wird. Beim Einkauf sollte neben der Qualität ebenso auf die Herkunft des Brennmaterials geachtet werden. Nur so kann eine möglichst regionale und nachhaltige Wärmeversorgung sichergestellt werden. Im ländlichen Raum ist dies durch die vorhandene Waldfläche und viele holzverarbeitende Betriebe meist gut darstellbar.

#### Pelletheizung

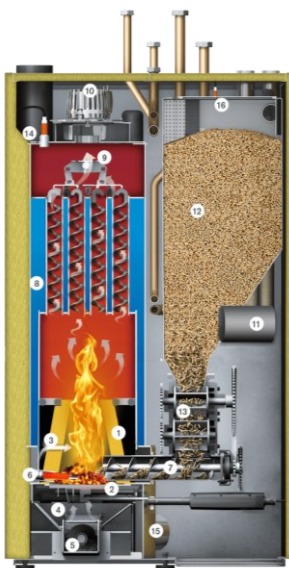


Abbildung 5-5: Pelletkessel <sup>29</sup>

Eine mögliche Heizlösung ist die Pelletheizung, die wahlweise als halbautomatische oder vollautomatische Variante erhältlich ist. Bei der halbautomatischen Pelletheizung müssen Anlagenbesitzer die Pellets händisch in einen Vorratsbehälter füllen. Anschließend gelangen diese dosiert in die Brennkammer. Bei der vollautomatischen Version gelangt der Brennstoff über eine Förderanlage direkt vom Lagerraum zum Heizkessel. Die Wahl zwischen voll- und halbautomatischen Systemen ist abhängig vom Lagerplatz der Pellets. Da die Befüllung des Pelletbunkers nur über bestimmte Förderlängen möglich ist, ist hier die Lage des Heizraums im Gebäude entscheidend. Die Lagerung von Pellets erfordert besondere Sorgfalt, da Pelletkessel empfindlich auf minderwertige oder beschädigte Pellets reagieren und dadurch häufiger Störungen auftreten können. Pellets sollten idealerweise nicht länger als etwa ein Jahr gelagert werden, da sie mit der Zeit zerbröseln und ihre Qualität verlieren können. Besonders wichtig ist ein trockener Lagerort. Feuchtigkeit lässt Pellets aufquellen und kann dadurch Verstopfungen im Fördersystem verursachen.

Der Pelletkessel besteht aus einem stabilen Gehäuse, einem Ascheaustragungssystem und einem Wärmetauscher. Hier in Abbildung 5-5 dargestellt, gelangen die Pellets über eine Förderschnecke in den Brennraum und werden dann anschließend verbrannt.<sup>29</sup> Über den Wärmetauscher wird das Heizwasser erwärmt. Die Abgase werden über einen Saugzuggebläse gefiltert und anschließend nach außen befördert. Mithilfe einer Lambdasonde, die oben im Kessel angebracht ist, wird ein optimales Verbrennungsverhältnis eingestellt. Der Verbrennungsprozess wird automatisiert durchgeführt, somit werden die Pellets möglichst vollständig verbrannt und die Betriebsbedingungen dementsprechend selbstständig angepasst. Die bei der Verbrennung entstehende Asche sammelt sich im Aschebehälter am Boden des Heizkessels an und muss regelmäßig entleert werden. Für die Kontrolle der Abgaswerte ist der Kaminkehrer zuständig.

<sup>29</sup> (HARGASSNER Ges. mbH, 2024)

## Hackschnitzel

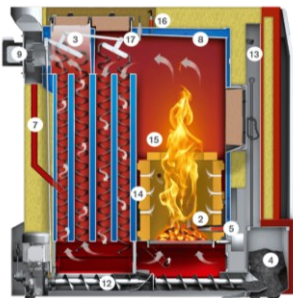
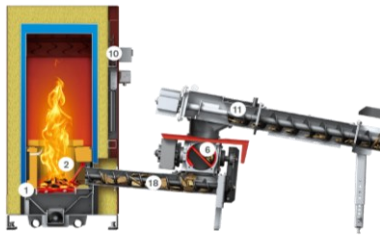


Abbildung 5-6: Hackschnitzelkessel <sup>29</sup>

Die Lagerung von Hackschnitzeln ist einfacher zu realisieren, erfordert jedoch mehr Lagerraum, weshalb die Technologie meist in größeren Gebäuden wie Mehrfamilienhäusern und landwirtschaftliche Liegenschaften eingesetzt wird. Im Vergleich zu Heizöl wird hier der 9 bis 13-fache Lagerraum für die gleiche Wärmeenergie benötigt. Aus dem Bunker werden die Hackschnitzel mithilfe von Fördertechniken wie Schubböden oder Rührwerken in eine Förderschnecke überführt. Diese transportiert das Hackgut weiter zum Heizkessel, in dem die Verbrennung unter geregelter Luftzufuhr erfolgt. Die dabei entstehende Asche, deren Menge und Schadstoffgehalt stark von der Qualität der Hackschnitzel abhängen, fällt über Klappen und Roste in ein Ascheauffangbehältnis, aus dem sie anschließend abtransportiert werden kann. Im Schaubild dargestellt, gelangen die Hackschnitzel über einer Förderschnecke in den Brennraum und werden anschließend verbrannt. Im Vergleich zu Pelletheizungen sind die Kessel seltener störungsanfällig, und die Hackschnitzel in ihrer Verarbeitung einfacher und weisen somit eine geringe CO<sub>2</sub> Bilanz in der Produktion auf.

## Holzvergaser

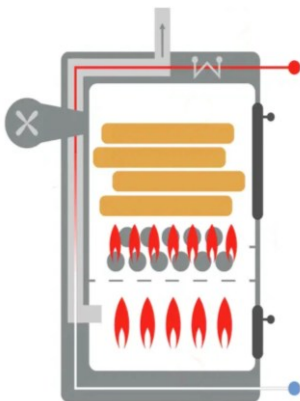


Abbildung 5-7: Holzvergaser

Ein Holzvergaserkessel ist ein Festbrennstoffkessel, welcher beispielsweise mit Scheitholz betrieben wird. Anders als beim klassischen Kamin wird das Holz nicht auf einmal verbrannt, sondern arbeitet nach dem Prinzip des unteren Abbrands. Hierbei wird die Verbrennungsluft so über den Holzvorrat geführt, dass dieser nach unten ausgast und anschließend in einer anderen Brennkammer verbrennt. Der Vorteil hierbei ist eine saubere Verbrennung und die Möglichkeit weiteres Holz im laufenden Betrieb nachzulegen. Da die Anlage nicht vollautomatisch bestückt werden kann, muss hier über eine Versorgung bei Abwesenheit (bspw. Urlaub) nachgedacht werden. Das Herzstück sind zwei Brennkammern. In der oberen Brennkammer findet die eigentliche Holzvergasung statt.

Das dabei entstehende Holzgas wird anschließend in der darunterliegenden zweiten Kammer vollständig nachverbrannt. Damit das Holzgas von der oberen Brennkammer in den unteren gelangen kann, bedarf es eines Gebläses. Mithilfe eines Rauchgasthermostats wird die Temperatur im Rauchrohr überwacht, ebenso hat das Thermostat die Aufgabe das Gebläse zu starten, wenn eine Verbrennung im Gange ist. Der Holzvergaser arbeitet mit Primär- und Sekundärluft. Die zugeführte Primärluft dient hierbei zur Holzvergasung und die Sekundärluft zur vollständigen Verbrennung des Holzgases. Die Regelung des Kessels steuert den Verbrennungsprozess. Ein Holzvergaser kann eine Alternative zu einem klassischen Scheitholzofen darstellen und ist bei Zugang zu regionalem Holz eine gute Möglichkeit. Der größte Nachteil besteht darin, dass diese Kessel meist nicht vollautomatisch bestückt werden und somit ein manuelles Nachlegen erfordern.

### 5.2.2. Wärmepumpen

Als Alternative zu den Holzheizungen kann eine strombasierte Heizung in Form einer Wärmepumpe eingesetzt werden. Der Vorteil einer Wärmepumpe gegenüber einer Direktstromheizung besteht darin, dass sie zusätzlich zur elektrischen Energie auch Umweltwärme nutzt. Dadurch kann die Technologie aus einer Kilowattstunde Strom ein Vielfaches an Wärmeenergie gewinnen, typischerweise das 3- bis 5-fache).

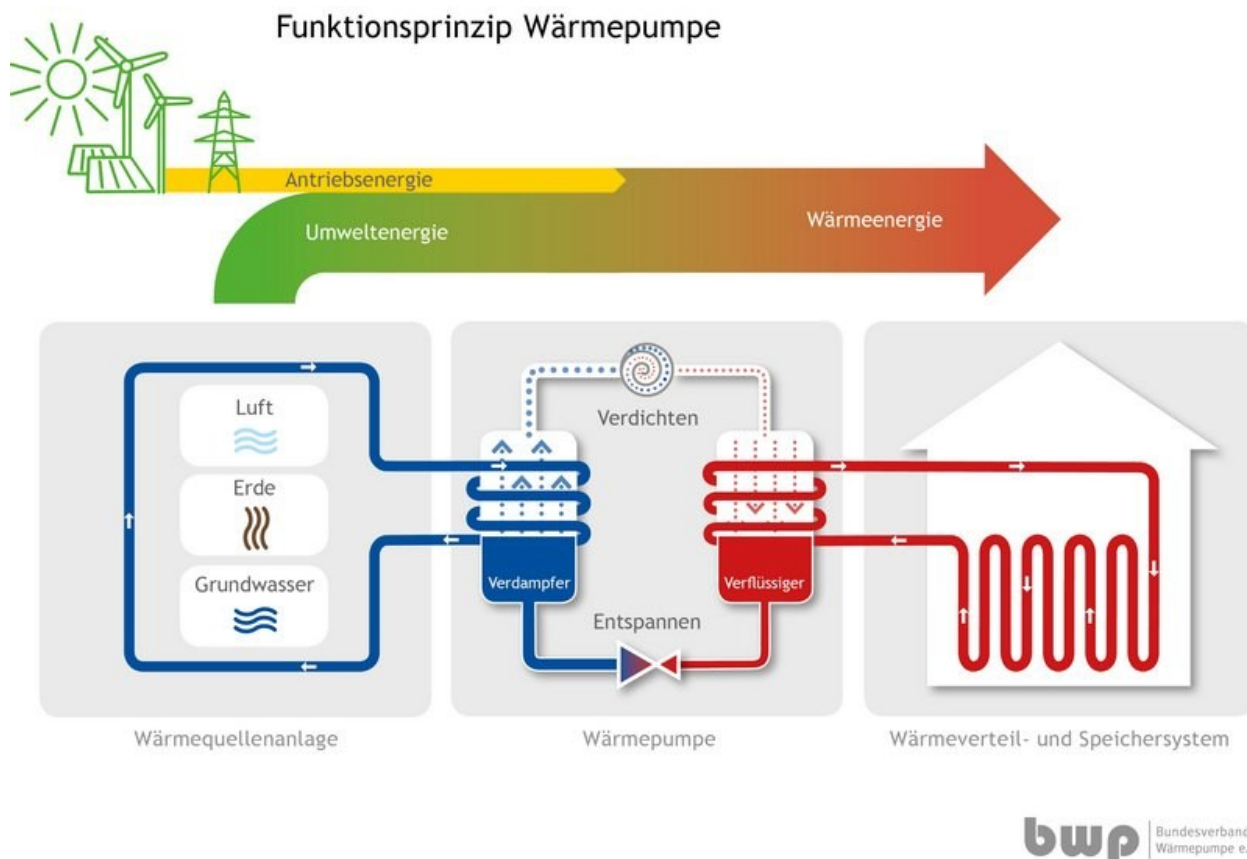


Abbildung 5-8: Funktionsprinzip Wärmepumpe <sup>30</sup>

Wärmepumpen können unterschiedliche Umweltenergien nutzbar machen, für den Einsatzbereich im Einzelhaus wird hauptsächlich mit Luft-Wasser-Wärmepumpen gearbeitet. Die Umweltwärme wird im Verdampfer dem Wärmepumpensystem hinzugeführt. Das Kältemittel nimmt Wärme auf und wechselt aufgrund seines niedrigen Siedepunktes den Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig. Anschließend wird das Kältemittel durch den Verdichter komprimiert und die Temperatur steigt an. Im Verflüssiger wird die Wärme an den Kreislauf der Wärmesenke übertragen und durch die Temperatursenkung im Wärmepumpenkreislauf wird das Kältemittel wieder flüssig. Über ein Expansionsventil wird der noch bestehende Druck reduziert bis der Ausgangszustand wieder erreicht ist und der Kreisprozess, der in der Thermodynamik als linksläufig bezeichnet wird, von vorne beginnen kann. Ausschlaggebend für einen effektiven Wärmepumpenprozess ist das Verhältnis aus zugeführter elektrischer Energie und der thermischen Energie, die das System am Ende abgibt. Dieser Wert wird als Coefficient of Performance (COP) bezeichnet und vom Hersteller angegeben. Dieser COP drückt den Wirkungsgrad der Wärmepumpe aus. Somit ermöglicht die Wärmepumpe das Anheben von Umweltwärme auf Temperaturen von typischerweise 40-50 °C für den Heizungsvorlauf. Aufgrund der im Vergleich zu verbrennungsbasierten Heizsystemen niedrigeren Vorlauftemperaturen ist teils eine Anpassung der Auslegung des Heizsystems erforderlich. Da Wärmepumpen mit geringen Vorlauftemperaturen und größeren Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf arbeiten, eignen sich insbesondere Flächenheizungen für den effizienten Betrieb. Auch die

<sup>30</sup> (Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., 2024)

Rohrdurchmesser der Leitungen sind im Optimalfall etwas größer dimensioniert, als in vielen Bestandsgebäuden. Allerdings lassen sich die Wärmepumpen auch in den meisten Bestandgebäuden einfach nachrüsten, ohne große Änderungen am Heizsystem vornehmen zu müssen. Die Vorlauftemperatur kann bei vielen Bestandsgebäuden problemlos herabgesetzt werden. Befinden sich die Häuser in einem Energieeffizienzklasse von E oder besser, kann eine Wärmepumpe wahrscheinlich ohne große Anpassungen im Heizsystem integriert werden. Wird die Wärmepumpe in Bestandsgebäuden eingesetzt, kann die Jahresarbeitszahl, welche die Effizienz des Heizsystems über das Jahr beschreibt, schlechter ausfallen als dies in einem gutgedämmten Neubau der Fall wäre. Sollte das Haus nicht mit den niedrigen Temperaturen auskommen, kann auch eine Hochtemperaturwärmepumpe eingesetzt werden die Vorlauftemperaturen um die 70 °C liefert.

### Luft- Wasser-Wärmepumpen

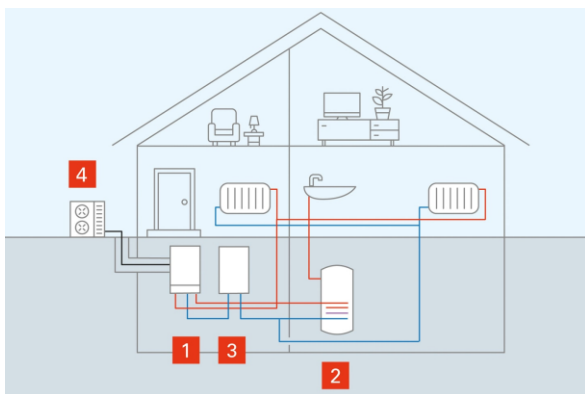


Abbildung 5-9: Einbindung Wärmepumpe Einfamilienhaus

Die Luftwärmepumpe ist die im Moment gängigste Art der Wärmepumpen. Da sie die Primärenergie aus der Umgebungsluft zieht, sind keine große Potenzialerschließungen nötig und somit die Investitionskosten geringer. Da Luft im Vergleich zu alternativen Primärenergiequellen schlechtere Wärmeübertragereigenschaften besitzt, sind die Wirkungsgrade hier geringer als bei anderen Wärmepumpenarten. Der COP liegt hier typischerweise zwischen 2,5 und 3,5. Allerdings werden Luftwärmepumpen immer besser hinsichtlich ihrer Effizienz, sodass neuere Modelle höhere

Wirkungsgrade erreichen und auch bei Minusgraden noch Wärme bereitstellen können. Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ist in der Lage auch bei niedrigen Temperaturen von bis zu -20°C Außentemperatur noch Energie aus der Luft zu ziehen. Im Betrieb saugt ein eingebauter Ventilator die Luft aktiv an und leitet sie an einen Wärmeübertrager. Die Luftwärmepumpe kann sowohl in Innen- als auch in Außenaufstellung ausgeführt werden.

### Sole-Wasser-Wärmepumpen

Wärmepumpe mit Erdwärmekollektoren

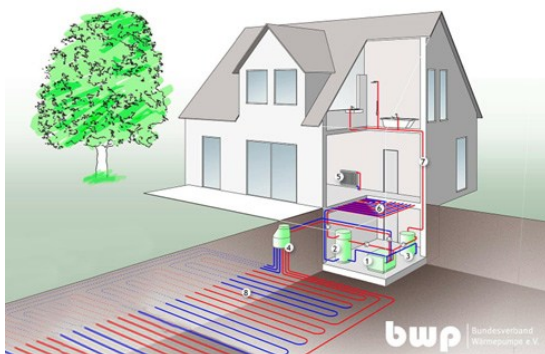


Abbildung 5-10: Erdwärmekollektor

Aufgrund der über das Jahr hinweg stabilen Temperaturen bietet das Erdreich eine besonders zuverlässige Wärmequelle für Wärmepumpensysteme. Somit sind die Wirkungsgrade im Winter besser als bei einer Luftwärmepumpe. Der COP liegt hier bei 4 bis 4,5. Allerdings ist die Erschließung dieser Wärmequelle mit größeren Eingriffen verbunden und deshalb oft keine Lösung für Bestandsgebäude. Um die Energie aus dem Erdreich zu nutzen, wird hier die sogenannte Sole eingesetzt. Diese bezeichnet ein Wasser-Frostschutzmittel-Mischung, welche die Wärme auch bei geringen Temperaturen aus dem Erdreich aufnehmen kann und nicht einfriert, sollte das System aus-

kühlen. Für den Einbau der sogenannten Erdwärmekollektoren gibt es verschiedenen Arten wie Erdsonden, Erdkollektoren oder Erdwärmekörbe. Für die Gewinnung der Erdwärme über Erdkollektoren wird ein Rohrsystem waagrecht und schlangenförmig unterhalb der Frostgrenze verlegt. Die Einbautiefe beträgt

etwa ein bis zwei Meter unter der Rasen- oder Erdoberfläche. Hier ist ein Platzbedarf von 1,5 bis 2-mal der zu beheizenden Fläche notwendig. Da für den Einbau große Grünflächen geöffnet werden müssen, ist diese Lösung meist nur im Neubau sinnvoll und kann gut vor dem Anlegen einer Rasenfläche erfolgen.

Alternativ kann auch mithilfe von Erdwärmesonden die thermische Energie gewonnen werden. Mithilfe von Bohrungen werden die Erdsonden vertikal oder schräg in die Erde eingelassen. Die Sole durchfließt in Tiefen von 40 bis 100 Metern das Erdreich und nimmt dabei Wärme auf. Aufgrund der Tiefe ist die Temperatur in diesem Bereich sehr konstant und bietet im Winter eine zuverlässige Wärmeversorgung. Aufgrund der Tiefe bieten Erdwärmesonden zusätzlich im Sommer eine kühlende Funktion. Dennoch führt eine tiefe Bohrung zu Problemen. Je nach Beschaffenheit des Untergrunds sind unterschiedliche Bohrtiefen erforderlich. Die maximale Bohrtiefe ist in der Regel auf 100 Meter begrenzt, weshalb häufig mehrere Bohrungen parallel genutzt werden. Im Vergleich zu den Flächenkollektoren ist der Platzbedarf deutlich geringer und somit in engeren Bebauungen einfacher umsetzbar.

Wärmepumpe mit Erdwärmesonden

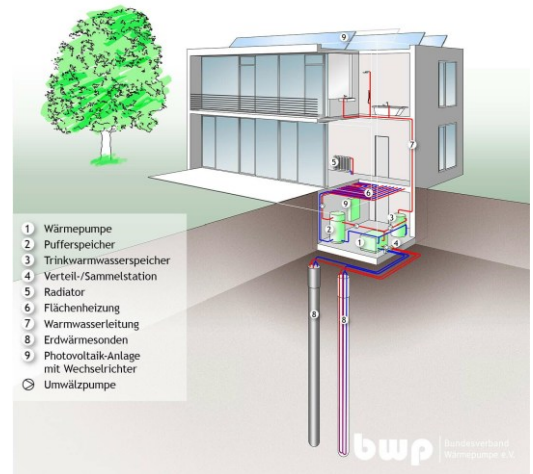


Abbildung 5-11: Erdwärmesonde



Abbildung 5-12: Erdwärmekörbe

Eine weitere Möglichkeit wäre der Einbau von Erdwärmekörben.<sup>31</sup> Sie sind so konzipiert, dass sie in Einsatz-tiefen von ein bis vier Metern eingesetzt werden. Das Prinzip funktioniert identisch zu den Flächenkollektoren, jedoch sind die Kollektoren hier zu Körben gebunden, was Platz in der Fläche spart. Die Körbe haben aufgrund der Bauweise eine geringere Entnahmeleistung wie die Flächenkollektoren, stellen aber eine gute Alternative bei geringerem Platz dar, ohne große Bohrmaßnahmen zu benötigen.

### Wasser-Wasser-Wärmepumpen

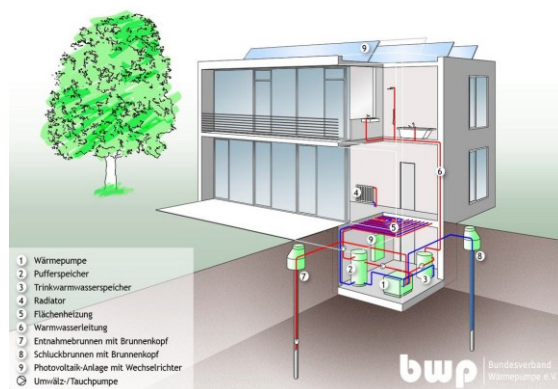


Abbildung 5-13: Grundwasserwärmepumpe

Eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe bezieht die Wärme meistens aus dem Grundwasser. Generell können alle Gewässer eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe speisen, doch sind die rechtlichen Gegebenheiten im Einfamilienhaus für andere Quellen schwierig, weshalb typischerweise die Erschließung des Grundwassers genutzt wird. Hierfür benötigt es eine Genehmigung des zuständigen Wasserwirtschaftsamts. Diese Art der Wärmepumpe kann nur dann eingesetzt werden, wenn in passender Tiefe genügend Grundwasser zur Verfügung steht und dieses nicht wasserschutzrechtlich relevant ist. Dies muss durch eine Fachbehörde im Einzelfall geprüft

<sup>31</sup> (BetaTherm, 2025)

werden. Zur Erschließung des Grundwassers werden zwei Brunnen gebohrt, einen Saugbrunnen, der das Wasser aus dem Grundwasser entzieht und dieses in den Wärmetauscher führt, und einen Schluckbrunnen, der den kalten Rücklauf wieder zurück in das Grundwasser führt. Diese Variante ist hierbei die effizienteste der bisher genannten, da Wasser eine bessere Wärmeübertragung besitzt als z.B. Boden/Sole und Luft. Der COP kann hierbei bis zu 5,5 liegen. Der Aufwand des Einbaus ist vergleichbar mit dem der Erdwärmesonden. Für den Einbau einer Grundwasserwärmepumpe muss eine Berechtigung vom zuständigen Wasserwirtschaftsamt eingeholt werden.

### Wärmepumpe mit PV-Kombination

Es ist energetisch sinnvoll eine PV-Anlage mit einer Wärmepumpe zu kombinieren. Die Wärmepumpe benötigt lediglich einen geringen Anteil an elektrischem Strom. Eine PV-Anlage kann genutzt werden, den Strombedarf der Wärmepumpe zu decken.

Durch die CO<sub>2</sub>-freie Stromproduktion der PV-Anlage und die Nutzung von Umweltenergie durch eine Wärmepumpe können Betriebskosten gesenkt und die Anlage umweltfreundlicher betrieben werden. Für den Bau von PV-Anlagen und Wärmepumpen stehen stattliche Förderungen zur Verfügung. Da PV-Anlagen und Wärmepumpen jahreszeitlich unterschiedliche Höchstleistungen erbringen beziehungsweise benötigen, kann die PV-Anlage nur ca. 20 % des jährlichen Strombedarfs der Wärmepumpe abdecken. Dies lässt sich durch den Einsatz von Stromspeichern weiter optimieren. Allerdings wird eine Vollversorgung der Wärmepumpe nicht möglich sein. In diesem Fall stellt die Kombination von Ladeinfrastruktur für E-Autos o.ä. eine sinnvolle Ergänzung dar.

### Zusammenfassender Vergleich der Heizlösungen

	Pelletkessel	Hackschnitzel	Luftwärmepumpe	Grundwasser- oder Erdwärmepumpe
Investitionskosten	Hoch	Mittel	Niedrig	Hoch
Laufende Kosten	Niedrig	Niedrig	Mittel	Niedrig
Wirkungsgrad	Hoch	Mittel	Mittel	Hoch
Platzbedarf System	Mittel	Mittel	Niedrig	Niedrig (für Wärmepumpe) Hoch (für Erschl. d. Energiequelle)
Platzbedarf Brennstofflager	Mittel	Hoch	-	-
Emissionen	Mittel	Hoch	-	-
Bedienungsaufwand	Hoch	Mittel	Niedrig	Niedrig

Tabelle 13: Zusammenfassender Vergleich Heizlösungen

### 5.2.3. Solarthermie

Mithilfe einer Solarthermieanlage kann thermische Energie aus der Sonne gewonnen werden und zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Falls das solare Angebot größer ist als der Wärmebedarf, nimmt ein Wärmespeicher die Energie der Solaranlage auf, bevor er diese zeitversetzt an die Verbraucher abgibt. Zur Funktionsweise einer Solarthermieanlage kann hierfür ein vereinfachtes Schaubild verwendet werden.

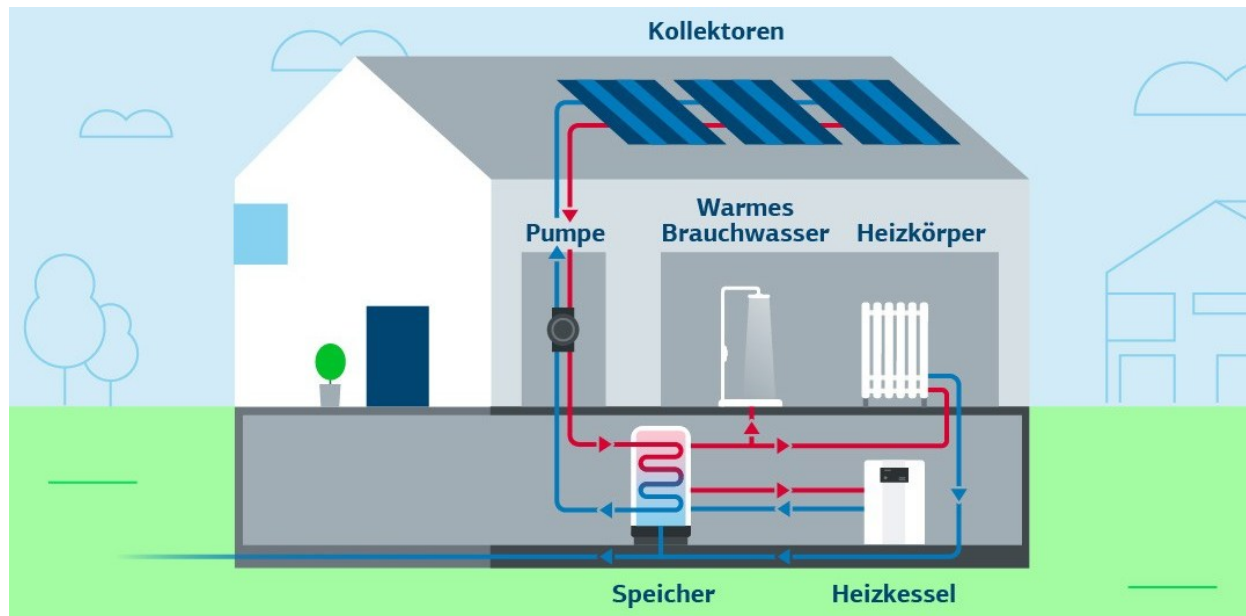


Abbildung 5-14: Schema einer Solarthermieanlage <sup>32</sup>

Die Kollektoren werden auf das Dach montiert. Das kalte Wasser wird mithilfe einer Pumpe nach oben zu den Kollektoren gepumpt. Dort durchläuft die Flüssigkeit die Kollektoren und nimmt die thermische Energie auf, dadurch erwärmt sich das Medium. Anschließend wird das Medium wieder nach unten in den Speicher geführt und erwärmt dort das Heizwasser. Mithilfe einer Solarthermieanlage können Heizkosten gesenkt und der Warmwasserbedarf in den Sommermonaten oft vollständig gedeckt werden. Bei solarthermischen Anlagen ist eine korrekte Dimensionierung von essenzieller Bedeutung. Eine zu groß dimensionierte Anlage birgt das Risiko einer Überhitzung im Sommer, was wiederum eine Nachheizung an den heißesten Tagen erforderlich macht, um eine Überhitzung der Rohre zu verhindern.

### 5.2.4. „H<sub>2</sub>-Ready“-Gasheizungen

Der Begriff „H<sub>2</sub>-Ready“ bezeichnet die Verwendung von Wasserstoff in Gasheizungen, die bislang mit Erdgas betrieben wurden. Die Gasheizgeräte müssen jedoch über die Eigenschaft „H<sub>2</sub>-Ready“ verfügen, um den Betrieb mit Wasserstoff zu ermöglichen. Der Einsatz von Wasserstoff in Gasheizungen ermöglicht eine CO<sub>2</sub>-freie Verbrennung, da bei der Verbrennung von Wasserstoff lediglich Wasserdampf als Produkt entsteht. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen werden somit keine CO<sub>2</sub>- und Derivat-Emissionen freigesetzt. Es ist zu beachten, dass nicht alle Gasheizungen zu 100 % mit Wasserstoff betrieben werden können. Angaben zur Wasserstoffverträglichkeit sind beim Hersteller zu erfragen. Derzeit wird die Möglichkeit eines Umbaus der Gasnetze auf Wasserstoff geprüft. Die im Kontext der Einzelhausversorgung verbauten Gastanks sind für die Speicherung von Wasserstoff nicht geeignet. Folglich können die Umbaukosten mit den Kosten für den Umstieg auf eine alternative, erneuerbare Heiztechnik verglichen werden.

<sup>32</sup> (kfw, 2024)

## 5.2.5. Speichersysteme

### Wärmespeicher

Pufferspeicher dienen als Bindeglied zwischen dem Wärmeerzeuger und den Heizkörpern im Gebäude. Sie gleichen kontinuierlich Schwankungen zwischen dem aktuellen Wärmeangebot und dem tatsächlichen Wärmebedarf aus. So sorgen sie für einen effizienteren und gleichmäßigeren Betrieb der Heizungsanlage. Abbildung 5-15 zeigt die Einbindung eines Pufferspeichers in ein Heizungssystem mit Solarthermie. Das entlastet den Hauptwärmeerzeuger und senkt langfristig die Betriebskosten.

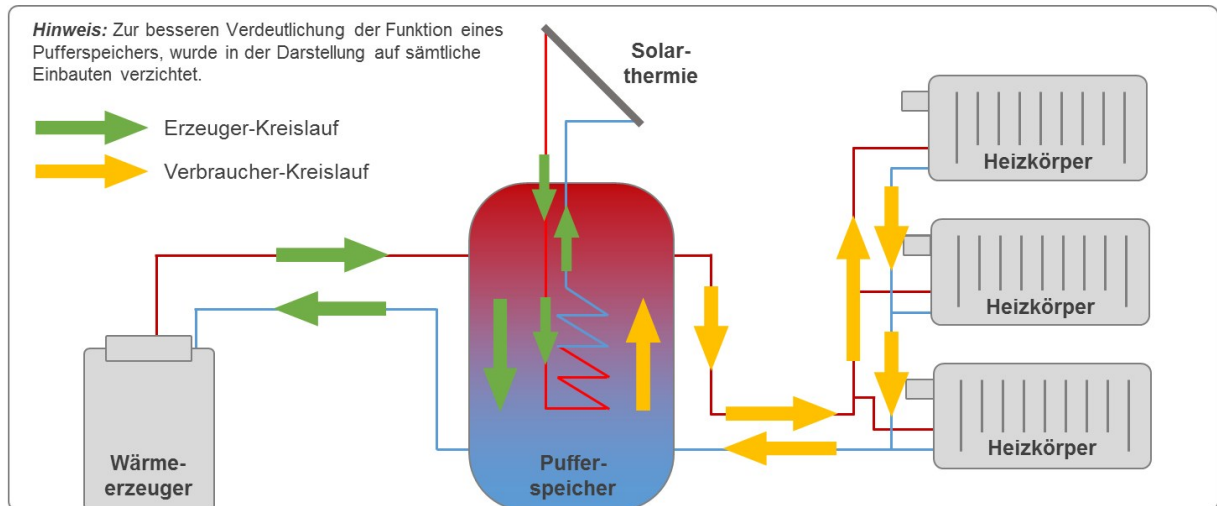


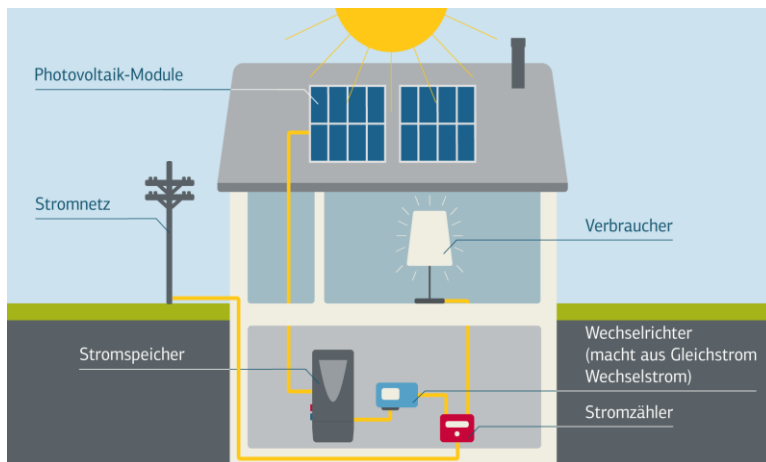
Abbildung 5-15: Einbindung und Aufbau Pufferspeicher<sup>33</sup>

Die Kombination aus Pufferspeicher und Solarthermie bietet eine optimale Ergänzung zur Unterstützung des Wärmeerzeugers. Dadurch wird der Wärmeerzeuger entlastet und die Betriebskosten werden reduziert.

In bestimmten Anwendungsfällen kann auch der Einsatz von sogenannten Latentwärmespeichern sinnvoll sein. Diese nutzen die Energie, die beim Phasenwechsel von Materialien wie Salzen oder Wasser (z. B. beim Gefrieren) freigesetzt oder aufgenommen wird. Solche Lösungen eignen sich vor allem für Anwendungen mit begrenztem Platz oder hohem Speicherbedarf. Eine Umsetzung sollte in Abstimmung mit Fachplanern erfolgen.

<sup>33</sup> (eccuro, 2024)

## Batteriespeicher



Mit einem Batteriespeicher im Haushalt lässt sich ein Teil des tagsüber erzeugten PV-Stroms zwischenspeichern. Produziert die Photovoltaikanlage mehr Strom, als aktuell verbraucht wird, lädt der Batteriespeicher automatisch auf. Besteht später ein höherer Strombedarf, als die PV-Anlage decken kann, wird die gespeicherte Energie aus dem Speicher entnommen und zur Versorgung genutzt. Dadurch erhöht sich der Eigenverbrauchsanteil des selbst erzeugten Stroms deutlich,

Abbildung 5-16: Einbindung Batteriespeicher

von durchschnittlich ca. 30 % ohne Speicher auf bis zu 70 % mit Speicher. Durch die geringere Netzentnahme werden nicht nur Stromkosten gespart, sondern auch Emissionen eingespart. Insbesondere in Kombination mit Wärmepumpen oder E-Mobilität stellt der Batteriespeicher eine sinnvolle Ergänzung dar.

## Bidirektionales Laden

Mit der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen bietet sich die Möglichkeit, diese als mobile Stromspeicher zu nutzen. Beim sogenannten „bidirektionalen Laden“ kann Strom nicht nur geladen, sondern auch aus dem Fahrzeug wieder ins Haus oder Netz eingespeist werden. In Verbindung mit PV-Anlagen kann dies die Eigenstromnutzung weiter erhöhen, Lastspitzen glätten und die Integration von Wärmepumpen sinnvoll ergänzen. Es gibt jedoch noch technische und rechtliche Herausforderungen, die einer breiten Umsetzung im Wege stehen. Die aktuelle Bundesregierung sieht in marktfähigen Vehicle-to-Home-Anwendungen (V2H) einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und kündigt im Koalitionsvertrag an, deren Entwicklung in Deutschland aktiv zu unterstützen.

## 6. Fokusgebiete und Maßnahmen

Der Maßnahmenkatalog bildet das zentrale Element der kommunalen Wärmeplanung und bietet den Einstieg in die schrittweise Transformation hin zum angestrebten Zielszenario. Der Katalog umfasst sowohl „harte“ Maßnahmen mit direkt messbarer CO<sub>2</sub>-Einsparung wie beispielsweise infrastrukturelle oder technologische Vorhaben sowie „weiche“ Maßnahmen, wie Informationsangebote, Öffentlichkeitsarbeit oder Anreizsysteme, die indirekt zur Zielerreichung beitragen. Die Maßnahmen basieren auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse und berücksichtigt sowohl technische Machbarkeit als auch lokale Gegebenheiten und Handlungsspielräume.

In der kommunalen Wärmeplanung bezeichnet der Begriff "Fokusgebiete" spezifische Gebiete innerhalb einer Kommune, die aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften oder strategischen Bedeutung vorrangig in die Wärmeplanung einbezogen werden. Diese Gebiete werden identifiziert, um gezielt Maßnahmen zur Dekarbonisierung, Effizienzsteigerung und nachhaltigen Wärmeversorgung zu entwickeln.

Die Auswahl basiert auf verschiedenen Kriterien, darunter:

- **Hohe Wärmedichte:** Quartiere mit einem hohen Wärmebedarf pro Fläche, z. B. Ortskerne oder Gewerbegebiete.
- **Vorhandene oder geplante Infrastruktur:** Gebiete mit bestehenden oder geplanten Wärmenetzen oder erneuerbaren Wärmequellen.
- **Besondere Gebäudestrukturen:** Historische Altstadtbereiche, Neubaugebiete oder Sanierungsgebiete mit spezifischem Sanierungsbedarf.
- **Sozioökonomische Faktoren:** Regionen mit besonderem Förderbedarf oder sozialen Herausforderungen.
- **Verfügbare erneuerbare Energiequellen:** Standorte mit Potenzial für Geothermie, Abwärmenutzung oder Solarthermie.

Die Erreichung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung liegt nicht ausschließlich im Einflussbereich der Gemeinde. Insbesondere bei der energetischen Sanierung von Gebäuden in privater Hand bestehen für die Kommune nur begrenzte Handlungsmöglichkeiten. Auch Entscheidungen über den Austausch fossiler Heizsysteme gegen Wärmepumpen oder andere erneuerbare Technologien werden in erster Linie durch Marktmechanismen und individuelle Investitionsentscheidungen beeinflusst. Daher ist es Aufgabe der Gemeinde, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen und durch gezielte Maßnahmen Anreize zu setzen, damit auch externe Akteure zur Zielerreichung beitragen.

## 6.1. Fokusgebiet Seestall

In bestimmten Bereichen des Ortsteils Seestall besteht grundsätzlich aufgrund der vorhandenen Wärmebedarfsdichte sowie der geeigneten Bebauungsstruktur eine Eignung für die Versorgung mit Fernwärme. Besonders der Ortskern weist eine geeignet hohe Wärmebedarfsdichte auf (siehe Abbildung 6-1, links). Auch bei Betrachtung der Wärmeliniendichte (siehe Abbildung 6-1, rechts) ist zu erkennen, dass vor allem die Ortsmitte ein erhöhtes Potenzial aufweist. Außerdem heizt der Großteil der Haushalte in Seestall aktuell noch mit Öl oder Gas (siehe Abbildung 2-12), wodurch sich ein erhöhter Handlungsbedarf für eine Umstellung zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung ableiten lässt.

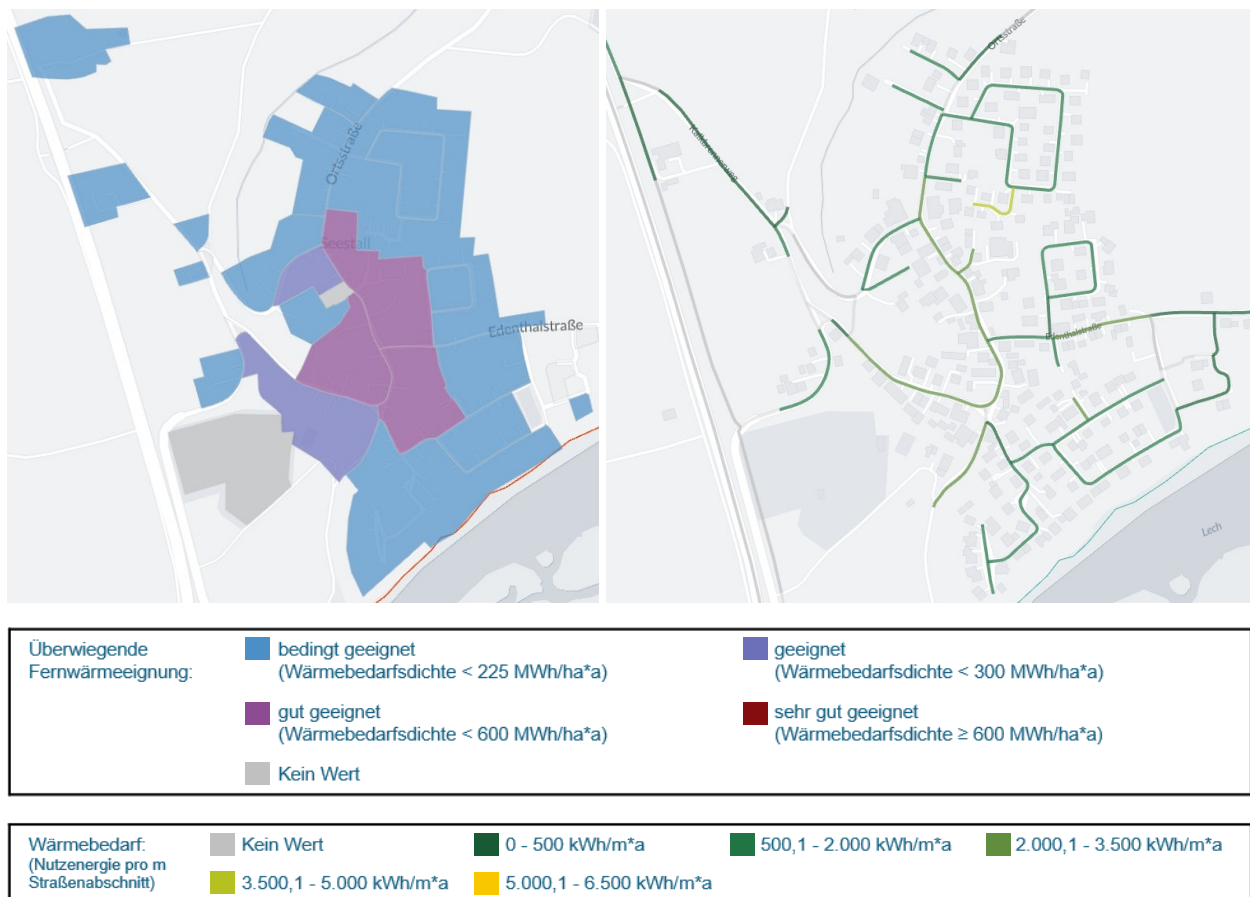


Abbildung 6-1: Fernwärmeeignungsgebiete und Wärmeliniendichte im Fokusgebiet Seestall

Im Jahr 2018 wurde bereits eine Machbarkeitsstudie für verschiedene Wärmenetz-Varianten im Neubaugebiet am Römerfeld im Südosten von Seestall beauftragt. Dort wurden vier Brunnen im Rahmen einer Probebohrung für die Durchführung eines Pumpversuchs zur Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle gebohrt (siehe Abbildung 6-2). Brunnen 2 bis 4 erwiesen sich als geeignet für die Pumpversuche, die im Anschluss durchgeführt wurden. Dabei zeigte sich eine verfügbare Mindestwassermenge von 7 l/s, auch bei lediglich niedrigen bis mittleren Grundwasserständen. Die durchschnittliche Förderrate lag bei 9,1 l/s. Daraus resultiert nach folgender Formel ein thermisches Grundwasserpotenzial bei der „worst-case-Betrachtung“ von mindestens 88,2 kW bei einer Temperaturpreizung von 3 Kelvin:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 7,0 \frac{l}{s} \cdot 4,2 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 3 K = 88,2 kW_{th}$$



Abbildung 6-2: Brunnen im Römerfeld im Südosten von Seestall

In der ursprünglichen Machbarkeitsstudie wurde aufgrund der ausschließlichen Berücksichtigung von Neubauten eine Heizlast von lediglich 8 kW pro Anschlussnehmer angenommen. Diese Grundlage ist mittlerweile nicht mehr zutreffend, da nun auch ältere Bestandsgebäude außerhalb des Neubaugebiets in die Betrachtung einbezogen werden sollen. Aus diesem Grund wird im Folgenden von einer durchschnittlichen Heizlast von 12 kW je Gebäude ausgegangen. Mithilfe einer zentralen Wärmepumpe im Rahmen eines klassischen Wärmenetzes oder individuellen, dezentralen Wärmepumpen bei jedem Anschlussnehmer im Rahmen eines kalten Wärmenetzes mit einer rechnerischen Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4 können so insgesamt 117,6 kW thermische Leistung bereitgestellt werden:

$$\dot{Q}_{\text{Heiz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Grundwasser}}}{1 - \frac{1}{\text{JAZ}}} = \frac{88,2 \text{ kW}}{1 - \frac{1}{4}} = 117,6 \text{ kW}$$

Somit könnten lediglich ca. 10 Einfamilienhäuser bei der angenommenen Heizlast von je etwa 12 kW an das Wärmenetz angeschlossen werden. Der sogenannte Gleichzeitigkeitsfaktor beschreibt den Anteil an der maximalen Anschlusslast, der tatsächlich gleichzeitig abgerufen wird. Er berücksichtigt demnach, dass nicht alle Verbraucher zur gleichen Zeit ihre volle Heizleistung benötigen. Jedoch liegt der Faktor bei einer solch geringen Anzahl mit 0,97 noch nahe dem Wert 1, was lediglich einer Reduktion von 120 kW auf ca. 117 kW entspricht. Somit ermöglicht die Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit keine zusätzlichen Anschlussnehmer. Inwieweit diese Schätzung mit der Realität übereinstimmt, muss durch die Aufnahme konkreter Anschlussinteressen und den tatsächlichen Verbräuchen potenzieller Anschlussnehmer verifiziert werden. Eine BEW-Förderung ist dann aufgrund der geringen Anzahl der Gebäude (< 17) nicht möglich, stattdessen ist eine Förderung nach BEG relevant.

Bei einer Umsetzung des Wärmenetzes mit 10 Anschlussnehmern mit einem Wärmebedarf von je 20.000 kWh/a kann mit dieser Maßnahme ca. 50 t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart werden, wenn davon ausgegangen wird, dass die Anschlussnehmer davor Öl- oder Gasheizungen mit einem durchschnittlichen Emissionsfaktor von 0,25 kg CO<sub>2</sub>/kWh eingebaut hatten und die Wärmepumpe mit erneuerbaren Energien betrieben wird.

Aufgrund der Lage der Grundwasserbrunnen im Südosten und der geringen Anzahl an möglichen Anschlüssen durch die relativ unergiebigsten Brunnen ist ein potenzielles Wärmenetz, unabhängig des Temperaturniveaus, bei dieser Wärmequelle voraussichtlich nur in der südlichen Hälfte des Ortsteils möglich, damit die Leitungslängen und somit die Investitionskosten wirtschaftlich darstellbar bleiben. Hier ist jedoch darauf zu achten, dass vor allem am südlichen Rand und in Teilen des Ortskerns bereits einige Grundwasserwärmepumpen installiert sind (siehe Abbildung 6-3). In diesen Arealen ist das Anschlussinteresse wahrscheinlich gering. Somit verbleibt der rot markierte Bereich als Gebiet für ein potenzielles Wärmenetz.



Abbildung 6-3: Bestehende Förder- und Schluckbrunnen zur Grundwassernutzung in Seestall und potenzielles Wärmenetzgebiet

Eine zweite Option für eine zentrale Wärmeversorgung stellt die Nutzung einer Luftwärmepumpe in Kombination mit einer Freiflächen-PV-Anlage dar. Um einen höheren Autarkiegrad zu erreichen kann diese gegebenenfalls zusätzlich mit einem Batteriespeichersystem kombiniert werden. Da das Nutzungspotenzial der Umgebungsluft theoretisch unbegrenzt ist, ist eine Umsetzung dieser Wärmeversorgungslösung sowie deren Umfang nur von der wirtschaftlichen Machbarkeit und der Größe der zur Verfügung stehenden Flächen für Freiflächen-PV abhängig. Typischerweise werden Wärmepumpen zur Bereitstellung der Grundlast herangezogen, weshalb für die Spitzenlast meist zusätzlich weitere Heiztechnologien wie z.B. Biomasse-Heizkessel oder Power-to-Heat Anlagen vorgesehen sind. Diese können zusätzlich als Redundanz- bzw. Besicherungsanlage zur Wärmepumpe dienen. Eine weitere Option für eine zentrale Wärmeversorgung Seestalls ist die komplette Versorgung mittels zentraler Biomasse-Heizkessel. In diesem Fall ist der Standort der Heizzentrale flexibler, wodurch bei zentraler Lage gegebenenfalls eine höhere Zahl an Anschlüssen realisiert werden kann. Letztlich ist auch eine Versorgung über die Nutzung des Flusswassers aus dem Lech als Wärmequelle für eine Großwärmepumpe eine Option, die künftig geprüft werden kann. Die Nutzung von Flusswärme gewinnt immer mehr an Beachtung und wird zunehmend für Wärmenetze in Bayern realisiert und auch im Landkreis Landsberg sind solche Projekte bereits in der Planung (z.B. in Kinsau oder der Stadt Landsberg). In Seestall besteht ebenso diese Option aufgrund der sehr geringen Entfernung des Ortsteils vom Lech.

Alle weiteren Haushalte mit aktuell fossiler Heizung müssen für die Dekarbonisierung ihrer Wärmeversorgung auf dezentrale, erneuerbare Lösungen setzen. Die beiden empfohlenen Systeme hierfür sind Biomasse-Heizkessel (z. B. Pellets) oder Luftwärmepumpen, wie bereits im Szenario 2050 in Abbildung 4-12 dargestellt ist.

Da grundsätzlich mehrere Szenarien für eine zentrale Wärmeversorgung möglich sind, sollte das Interesse der Bevölkerung an einer zentralen Wärmeversorgungslösung im Rahmen einer Umfrage ermittelt werden. Auf dessen Basis kann entschieden werden, ob ausreichend Interesse besteht und eine detailliertere Machbarkeitsstudie zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit mit den interessierten Haushalten angefertigt werden. Die Machbarkeitsstudie sollte zum einen ein konventionelles, „warmes“ Wärmenetz mit einer zentralen Biomasseheizung oder Großwärmepumpe in den Ausführungen Grundwasser, Luft oder Flusswasser aber auch ein sogenanntes „kaltes“ Wärmenetz untersuchen bzw. prüfen. Bei einem kalten Wärmenetz wird das entnommene Grundwasser direkt in unisolierten Leitungen zu den Anschlussnehmern geleitet und erst im zu beheizenden Gebäude wird die enthaltene Wärme mittels dezentraler Wärmepumpen entzogen und letztlich auf das nötige Temperaturniveau angehoben. Das Prinzip der verschiedenen Wärmenetzarten ist in folgender Abbildung nochmal veranschaulicht:

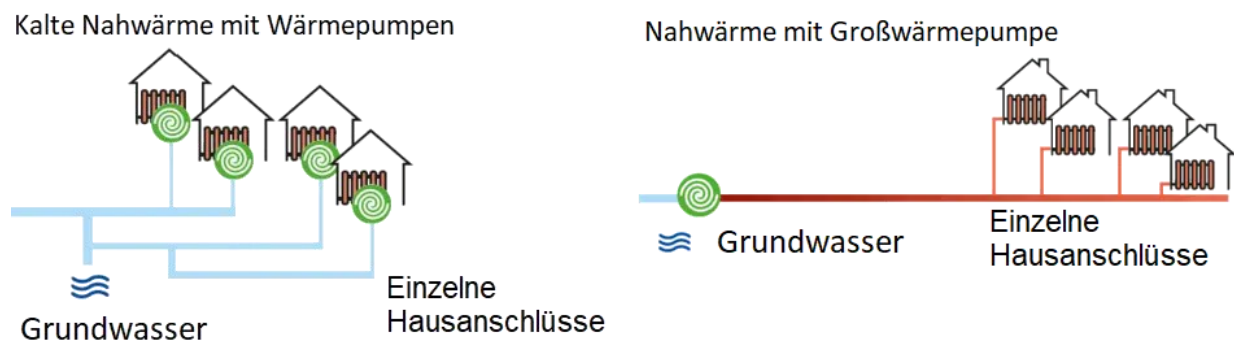



Abbildung 6-4: Prinzip der kalten und klassischen Nahwärme mit Wärmepumpen <sup>34</sup>

Das kalte Nahwärmenetz bietet den Vorteil sehr geringer Netzverluste, da die zirkulierende Grundwassertemperatur niedrig ist (ca. 11-12,5 °C) und sich in einem ähnlichen Bereich wie die Umgebungstemperatur im Boden bewegt. Dadurch entfallen die hohen Anforderungen an die Leitungsdämmung, was Investitionskosten bei den Leitungen reduziert. Zudem entfallen zentrale Wärmeerzeugungseinheiten, was die Netzstruktur vereinfacht. Dies führt zu einer Minimierung der Aufgaben und Kosten des Netzbetreibers. Allerdings ist die Betriebs- und Wartungsverantwortung vollständig auf die Nutzer ausgelagert. Dies führt zu höherer technischer Komplexität bei den individuellen Anschlussnehmern und eingeschränkter Steuerbarkeit. Demgegenüber bietet das konventionelle Wärmenetz mit Biomasse-Heizkessel / Großwärmepumpe eine hohe Betriebssicherheit, übergeordnete Überwachung und Steuerung sowie eine standardisierte Wartung. Durch die zentrale Technik lassen sich Skaleneffekte bei den Kosten und der Effizienz erzielen. Wärmespeicher und Energiequellen können mit dem neuesten Stand der Technik integriert werden und es ist eine übergeordnete Netzsteuerung möglich, die den Betrieb weiter optimieren kann.

Zusammenfassend bietet das konventionelle Wärmenetz mehr Steuerbarkeit, technische Reife und Zukunftssicherheit sowie bessere Skalierbarkeit, während das kalte Netz durch sehr geringe Wärmeverluste und einfache Struktur punktet, allerdings zulasten der Koordination und Eigenverantwortung der Anschlussnehmer.

<sup>34</sup> (Bundesverband Wärmepumpe e. V., 2025)

Maßnahme	Machbarkeitsstudie Wärmenetz Seestall
	
Gebiet	Ortsteil Seestall
Handlungsfeld	Machbarkeitsstudie
Ziel	Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Errichtung eines Wärmenetzes in Seestall mit den Umweltwärmequellen Grundwasser, Luft und Flusswasser in Kombination mit einer Großwärmepumpe oder mittels eines Biomasse-Heizkessels.
Kurzbeschreibung	Grundsätzlich sind in Seestall mehrere Wärmequellen für eine zentrale Wärmeversorgung möglich und die Gegebenheiten für ein Wärmenetz vorhanden. Nach erster Einschätzung könnten bei Nutzung der Grundwasserbrunnen etwa 10 Anschlüsse realisiert werden. Bei Umsetzung einer Wärmeversorgung mittels Luftwärme- oder Flusswärmepumpe oder einer biomassebasierten Heizlösung ist bei hohem Interesse der Einwohner eine Anschlussquote von bis zu 50 % (100 Anschlüsse) denkbar. Hierzu sollen die möglichen Optionen in einer Machbarkeitsstudie geprüft werden.
Energie / CO <sub>2</sub> Einsparung	Energie: keine Einsparung CO <sub>2</sub> : ca. 5 t/a pro Anschlussnehmer (ca. 50 t/a bei 10 Anschlüssen für die Wärmenetzvarianten bei Nutzung der Grundwasserwärme und bis zu 500 t/a bei 50 % Anschlussquote ( $\pm$ 100 Anschlüsse) für ein konventionelles Wärmenetz)
Geschätzte Kosten (ohne Förderung)	40.000 € (davon bis zu 50 % förderfähig) für LP 1 & 2 nach HOAI 90.000 € (davon bis zu 50 % förderfähig) für LP 3 & 4 nach HOAI
Verantwortliche Akteure	Gemeinde Fuchstal

## 6.2. Fokusgebiet Leeder

Wie bereits in Kapitel 2.3.1 dargelegt, ist die Auslastung des Bestandswärmenetzes in der aktuellen Konfiguration/Betriebsweise bereits sehr hoch. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie soll deshalb geprüft werden, inwiefern das Bestandsnetz in Leeder nachverdichtet und/oder erweitert werden kann, indem analysiert wird, inwiefern weiteres Optimierungspotenzial besteht, um über die Bestandsleitungen noch weitere Anschlussnehmer versorgen zu können, ohne neue Leitungen von der Heizzentrale aus verlegen zu müssen oder neue Erzeugeranlagen zu errichten.

Abbildung 6-5 zeigt mit blau markiert die Gebiete, welche aktuell bereits überwiegend in Leeder durch Fernwärme versorgt werden und in denen eine Nachverdichtung bei freien Rohrkapazitäten ohne großen Aufwand möglich ist. Bei dem gelb markierten Bereich handelt es sich um den bestehenden Supermarkt sowie ein Neubaugebiet, das ab etwa 2029 entstehen und ca. 150 Wohneinheiten umfassen soll. Dorthin ist potenziell eine Erweiterung des Fernwärmegebiets denkbar.

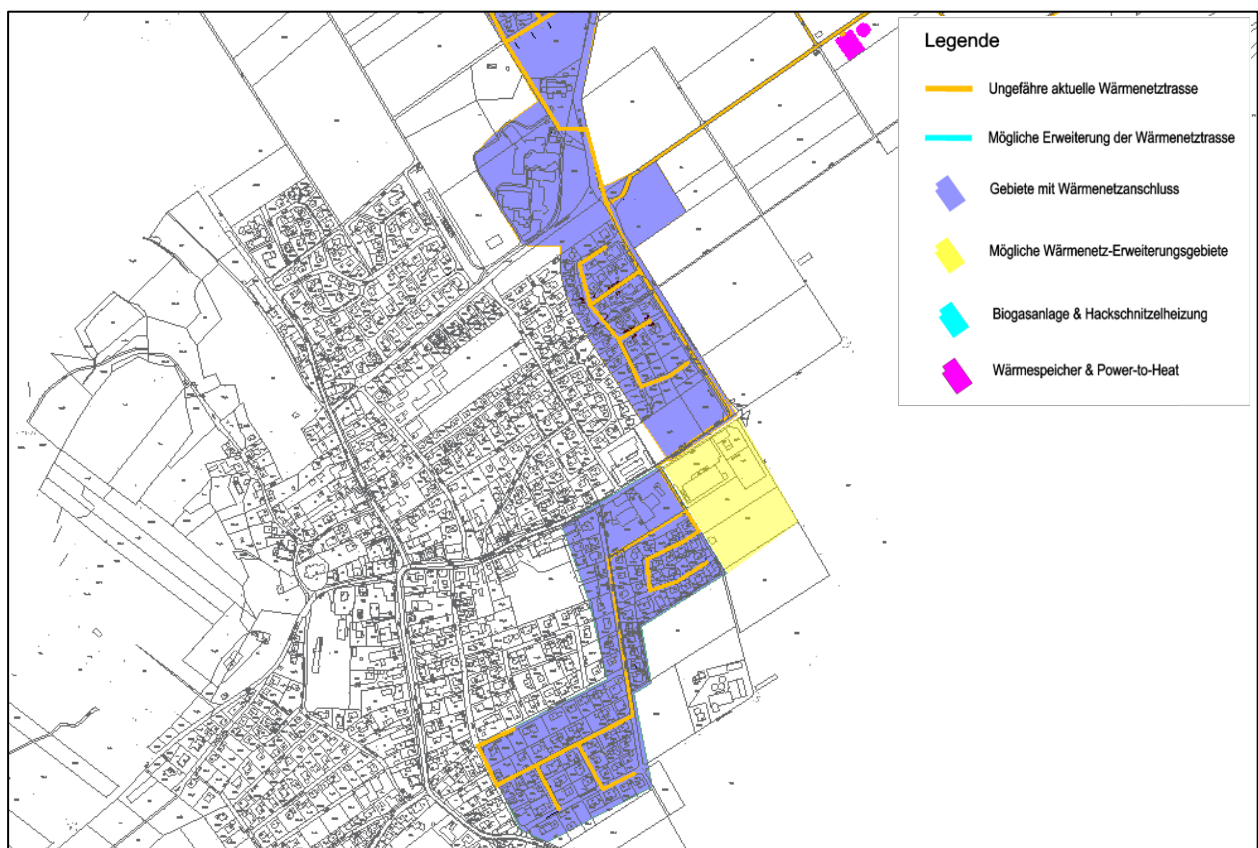



Abbildung 6-5: Mögliche Erweiterungsgebiete (gelb) und Nachverdichtungsgebiete (blau) für das Bestandswärmenetz in Leeder

Maßnahme	Machbarkeitsstudie Nachverdichtung und Erweiterung des Bestandswärmenetzes in Leeder
	
Gebiet	Ortsteil Leeder
Handlungsfeld	Machbarkeitsstudie
Ziel	Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Nachverdichtung und Erweiterung des Bestandswärmenetzes in Leeder
Kurzbeschreibung	<p>Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie soll geprüft werden, inwiefern das Bestandsnetz in Leeder (siehe Abbildung 6-5, blaue Gebiete) nachverdichtet und/oder erweitert werden kann. Da die Auslastung des Netzes bereits sehr hoch ist, muss analysiert werden, inwiefern weiteres Optimierungspotenzial besteht, um über die Bestandsleitungen noch weitere Anschlussnehmer versorgen zu können, ohne neue Leitungen von der Heizzentrale aus verlegen zu müssen oder neue Erzeugeranlagen zu errichten. Hierfür sollte eine Erfassung der aktuellen Auslastung und Betriebsweise des Bestandswärmenetzes sowie Interesse an künftigem Wärmenetzanschluss in den farbig markierten Gebieten erfolgen. Weiterhin sind auf Grundlage dieser Erfassung unter anderem folgende Maßnahmen in Erwägung zu ziehen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erhöhung der Temperaturspreizung durch Senkung der Rücklauftemperatur. Da die Rücklauftemperatur mit 50 °C bereits gering ist, muss geprüft werden, inwiefern eine weitere Absenkung möglich bzw. sinnvoll ist.  Nutzen: Steigerung der Netzkapazität, wodurch mehr Wärme bei gleichem Rohrdurchmesser transportiert werden kann.</li> <li>2. Installation dezentraler Pufferspeicher inkl. intelligenter Ladesystematik bei allen neuen Anschlussnehmern und ggf. Nachrüstung bei bestimmten Bestandskunden. Da der Anteil der Haushalte mit Pufferspeicher bereits hoch und bei neuen Anschlüssen verpflichtend ist, ist das Optimierungspotenzial dahingehend vermutlich relativ gering.</li> </ol>

	<p>Nutzen: Reduzierung der Heizlast pro Gebäude durch Vermeidung von Lastspitzen, Reduzierung der Wärmeverluste aufgrund atmender Betriebsweise des Wärmenetzes.</p> <p>3. Nachfragesteuerung bei Anschlussnehmern. Hier muss geprüft werden, inwiefern eine Steuerung zulässig / möglich ist, da die Übergabestationen bei den privaten Anschlussnehmern nicht im Eigentum der Gemeinde sind.</p> <p>Nutzen: Reduktion der Lastspitzen um bis zu 30 % durch z. B. zeitliche Abstimmung/Staffelung und Priorisierung unter den Verbrauchern bei der Wärmeverteilung zu Spitzenlastzeiten.</p> <p>4. Prüfung einer Erweiterung der Nutzung des bestehenden Power-to-Heat-Moduls sowie des Wärmespeichers, Pendelspeichers und des Batteriespeichers auf Zeiten mit nicht-negativen Strompreisen, bei denen der Wärmeerlös höher ist als der Stromverkaufspreis. Auch kann eine künftige Anbindung weiterer Erzeuger mittels Direktleitungen untersucht werden. Hier kommen bspw. PV-Freiflächen-Anlagen wie die bei der Kiesgrube nach Ablauf von deren EEG-Förderung in Frage.</p> <p>Nutzen: Durch die Erweiterung der Nutzungszeiten und Hinzunahme weiterer Bestandanlagen, kann die Erzeugerkapazität für das Wärmenetz und die jährlich bereitgestellte Wärmemenge der Anlagen des Projekts Energiezukunft Fuchstal deutlich gesteigert werden. Auf den Bau einer neuen Erzeugeranlage kann somit vorerst verzichtet werden, solange das Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft ist.</p> <p>5. Prüfung der Erweiterung der Erzeugerkapazitäten durch fossilfreie Wärmeerzeuger (z. B. Großwärmepumpe) eventuell auch in neuem Standort in der Nähe der Erweiterungsgebiete.</p> <p>Nutzen: Der Einsatz zusätzlicher Wärmeerzeuger, ist insbesondere für das Erweiterungsgebiet mit neuen Leitungen sinnvoll. Der lokaler Erzeugerstandort entlastet die bestehenden, stark ausgelasteten Hauptleitungen und reduziert Wärmeverluste durch kürzere Transportwege.</p> <p>Weiterhin soll geprüft werden, ob eine Expansion des Bestandsnetzes in den gelb markierten Bereich in Leeder (Neubaugebiet, siehe Abbildung 6-5) technisch und wirtschaftlich darstellbar ist oder ob lediglich eine Nachverdichtung durch einzelne, an den bereits verlegten Trassen liegenden, Anschlussnehmer darstellbar ist.</p>
Energie / CO <sub>2</sub> Einsparung	Energie: keine Einsparung CO <sub>2</sub> : ca. 5 t/a pro zusätzlichem Anschlussnehmer
Geschätzte Kosten (ohne Förderung)	40.000 € (davon bis zu 50 % förderfähig) für LP 1 & 2 nach HOAI 90.000 € (davon bis zu 50 % förderfähig) für LP 3 & 4 nach HOAI
Verantwortliche Akteure	Gemeinde Fuchstal

### 6.3. Fokusgebiet Asch

Im Fokusgebiet Asch verhält es sich sehr ähnlich zu dem soeben beschriebenen Fokusgebiet Leeder. Auch in diesem Teil des Bestandsnetzes, ist die Auslastung bereits am Limit. Aus diesem Grund wurde eine bereits eine Verstärkungsleitung nach Asch verlegt, wodurch neue Kapazitäten geschaffen wurden. Somit ist es hier ebenfalls sinnvoll im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu prüfen, inwiefern das Bestandsnetz in Asch durch Optimierungen bei der Betriebsweise nachverdichtet und/oder erweitert werden kann, ohne dass ein Verlegen neuer Leitungen oder neue Erzeugeranlagen notwendig sind.

Der für die Machbarkeitsstudie vorgesehene Maßnahmenkatalog entspricht folglich inhaltlich demjenigen aus Leeder und in einer dementsprechenden Studie könnten beide Fokusgebiete miteinander betrachtet werden.

Abbildung 6-6 zeigt mit blau markiert die Gebiete, welche aktuell bereits überwiegend in Asch durch Fernwärme versorgt werden und in denen eine Nachverdichtung bei freien Rohrkapazitäten ohne großen Aufwand möglich ist. Die gelb markierten Bereiche zeigen Gebiete mit Gebäuden, die aktuell nach ENEKA aufgrund ihrer Wärmebedarfsdichte eine gute bis sehr gute Fernwärmeeignung aufweisen und somit potenzielle Erweiterungsgebiete für die Fernwärme darstellen.

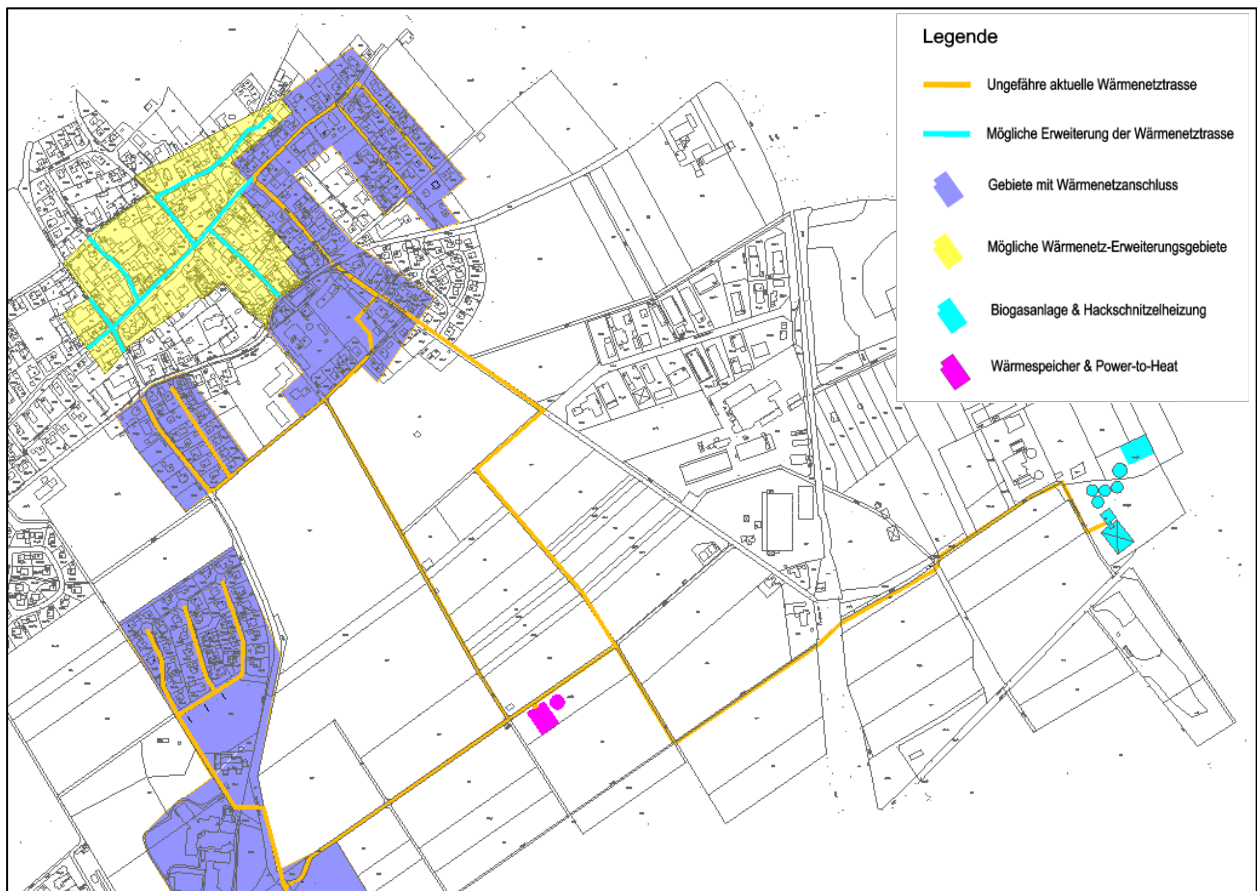


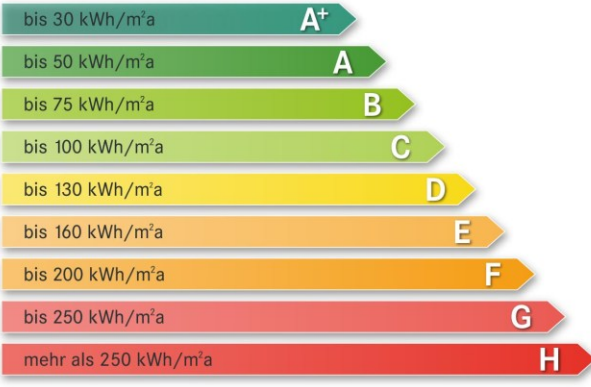
Abbildung 6-6: Mögliche Erweiterungsgebiete (gelb) und Nachverdichtungsgebiete (blau) für das Bestandswärmenetz in Asch

Maßnahme	Machbarkeitsstudie Nachverdichtung und Erweiterung des Bestandswärmenetzes in Asch
	
Gebiet	Ortsteil Asch
Handlungsfeld	Machbarkeitsstudie
Ziel	Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Nachverdichtung und Erweiterung des Bestandswärmenetzes in Asch
Kurzbeschreibung	<p>Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie soll geprüft werden, inwiefern das Bestandsnetz in Asch (siehe Abbildung 6-6, blaue Gebiete) nachverdichtet und/oder erweitert werden kann. Da die Auslastung des Netzes bereits sehr hoch ist, muss analysiert werden, inwiefern weiteres Optimierungspotenzial besteht, um über die Bestandsleitungen noch weitere Anschlussnehmer versorgen zu können, ohne neue Leitungen von der Heizzentrale aus verlegen zu müssen oder neue Erzeugeranlagen zu errichten. Hierfür sollte eine Erfassung der aktuellen Auslastung und Betriebsweise des Bestandswärmenetzes sowie Interesse an künftigem Wärmenetzanschluss in den farbig markierten Gebieten erfolgen. Weiterhin sind auf Grundlage dieser Erfassung unter anderem folgende Maßnahmen in Erwägung zu ziehen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erhöhung der Temperaturspreizung durch Senkung der Rücklaufemperatur. Da die Rücklaufemperatur mit 50 °C bereits gering ist, muss geprüft werden, inwiefern eine weitere Absenkung möglich bzw. sinnvoll ist.  Nutzen: Steigerung der Netzkapazität, wodurch mehr Wärme bei gleichem Rohrdurchmesser transportiert werden kann.</li> <li>2. Installation dezentraler Pufferspeicher inkl. intelligenter Ladesystematik bei allen neuen Anschlussnehmern und ggf. Nachrüstung bei bestimmten Bestandskunden. Da der Anteil der Haushalte mit Pufferspeicher bereits hoch und bei neuen Anschlüssen verpflichtend ist, ist das Optimierungspotenzial dahingehend vermutlich relativ gering.  Nutzen: Reduzierung der Heizlast pro Gebäude durch Vermeidung von Lastspitzen, Reduzierung der Wärmeverluste aufgrund atmender Betriebsweise des Wärmenetzes.</li> </ol>

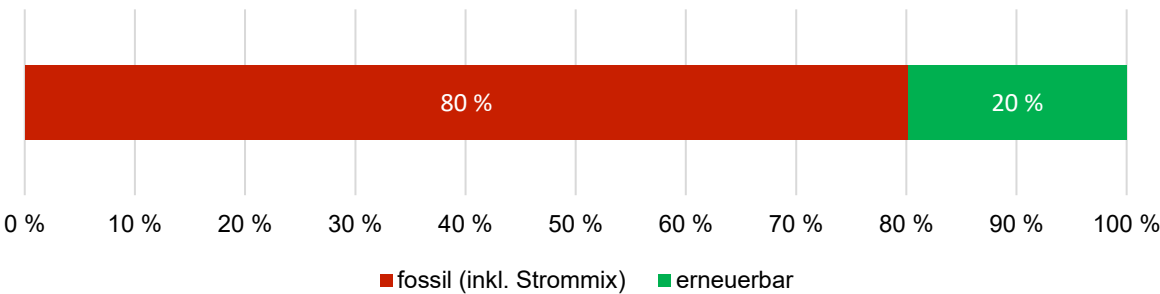
	<p>3. Nachfragesteuerung bei Anschlussnehmern. Hier muss geprüft werden, inwiefern eine Steuerung zulässig / möglich ist, da die Übergabestationen bei den privaten Anschlussnehmern nicht im Eigentum der Gemeinde sind.</p> <p>Nutzen: Reduktion der Lastspitzen um bis zu 30 % durch z. B. zeitliche Abstimmung/Staffelung und Priorisierung unter den Verbrauchern bei der Wärmeverteilung zu Spitzenlastzeiten.</p> <p>4. Prüfung einer Erweiterung der Nutzung des bestehenden Power-to-Heat-Moduls sowie des Wärmespeichers, Pendelspeichers und des Batteriespeichers auf Zeiten mit nicht-negativen Strompreisen, bei denen der Wärmeerlös höher ist als der Stromverkaufspreis. Auch kann eine künftige Anbindung weiterer Erzeuger mittels Direktleitungen untersucht werden. Hier kommen bspw. PV-Freiflächen-Anlagen wie die bei der Kiesgrube nach Ablauf von deren EEG-Förderung in Frage.</p> <p>Nutzen: Durch die Erweiterung der Nutzungszeiten und Hinzunahme weiterer Bestandanlagen, kann die Erzeugerkapazität für das Wärmenetz und die jährlich bereitgestellte Wärmemenge der Anlagen des Projekts Energiezukunft Fuchstal deutlich gesteigert werden. Auf den Bau einer neuen Erzeugeranlage kann somit vorerst verzichtet werden, solange das Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft ist.</p> <p>5. Prüfung der Erweiterung der Erzeugerkapazitäten durch fossilfreie Wärmeerzeuger (z. B. Großwärmepumpe) eventuell auch in neuem Standort in der Nähe der Erweiterungsgebiete.</p> <p>Nutzen: Der Einsatz zusätzlicher Wärmeerzeuger, ist insbesondere für das Erweiterungsgebiet mit neuen Leitungen sinnvoll. Der lokaler Erzeugerstandort entlastet die bestehenden, stark ausgelasteten Hauptleitungen und reduziert Wärmeverluste durch kürzere Transportwege.</p> <p>Weiterhin soll geprüft werden, ob eine Expansion des Bestandsnetzes in die gelb markierten Bereiche von Asch (siehe Abbildung 6-6) technisch und wirtschaftlich darstellbar ist oder ob lediglich eine Nachverdichtung durch einzelne, an den bereits verlegten Trassen liegenden, Anschlussnehmer möglich ist.</p>
Energie / CO <sub>2</sub> Einsparung	Energie: keine Einsparung CO <sub>2</sub> : ca. 5 t/a pro zusätzlichem Anschlussnehmer
Geschätzte Kosten (ohne Förderung)	40.000 € (davon bis zu 50 % förderfähig) für LP 1 & 2 nach HOAI 90.000 € (davon bis zu 50 % förderfähig) für LP 3 & 4 nach HOAI
Verantwortliche Akteure	Gemeinde Fuchstal

## 6.4. Weitere Maßnahmen

Maßnahme	Masterplan klimaneutrale kommunale Liegenschaften
Gebiet	Kommunale Liegenschaften im Gemeindegebiet (Rathaus, Kindergarten, Mittelschule, Feuerwehren in Leeder, Asch und Seestall, Bauhof etc.)
Handlungsfeld	Gebäudeeffizienz, erneuerbare Wärmeversorgung
Ziel	Klimaneutrale Energieversorgung des kommunalen Gebäudebestands
Kurzbeschreibung	<p>Entwicklung gebäudespezifischer Sanierungsfahrpläne, die sowohl die Gebäudeeffizienz (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) als auch die erneuerbare Energieversorgung (Wärme und Strom) umfassen. Aktuell erfolgt die Wärmeversorgung kommunaler Gebäude bereits überwiegend aus erneuerbaren Energieträgern. Lediglich der Bauhof, das Rathaus und das Gerätehaus der freiwilligen Feuerwehr Asch sind derzeit noch mit fossilen Heizungen ausgestattet.</p> <p>Die Mittelschule und deren dazugehörigen Gebäude wie die Mehrzweckhalle ist zudem bereits mit PV-Dachflächenanlagen ausgestattet. Auch das Gerätehaus der freiwilligen Feuerwehr Asch ist bereits mit PV-Modulen belegt. Es sollte geprüft werden, ob auch eine Belegung der restlichen kommunalen Dächer mit PV-Modulen möglich ist.</p> <p>Es gibt bereits erste Bestrebungen seitens der Gemeinde ausgewählte kommunale Gebäude mit Dachflächen-PV Anlagen auszustatten. Der Sanierungsfahrplan bildet die Grundlage für die tatsächlichen Umbau-Maßnahmen, mit deren zügigen Umsetzung die Gemeinde Fuchstal eine Vorbildfunktion für den privaten Gebäudebestand im Klimaschutz einnimmt und als Inspiration dienen kann.</p>
Energie / CO <sub>2</sub> Einsparung	Bis zu 50 % des aktuellen Verbrauchs
Geschätzte Kosten (ohne Förderung)	<p>Personalkosten für die Organisation der Erstellung, Zuarbeit Dienstleister, Erarbeitung Strategie etc.: 70.000 €/Jahr (Vollzeit)</p> <p>Einmalige Kosten für die Erstellung eines Sanierungsfahrplans je Gebäude: 6.000 - 8.000 €</p>
Verantwortliche Akteure	Gemeinde Fuchstal

Maßnahme	Information und Anreizbildung energetische Gebäudesanierung
	 <p>The diagram shows a scale of energy efficiency classes from A+ to H, represented by horizontal bars of varying lengths and colors. The classes and their corresponding energy consumption ranges are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A+: bis 30 kWh/m²a</li> <li>A: bis 50 kWh/m²a</li> <li>B: bis 75 kWh/m²a</li> <li>C: bis 100 kWh/m²a</li> <li>D: bis 130 kWh/m²a</li> <li>E: bis 160 kWh/m²a</li> <li>F: bis 200 kWh/m²a</li> <li>G: bis 250 kWh/m²a</li> <li>H: mehr als 250 kWh/m²a</li> </ul> <p>35</p>
Gebiet	Gemeinde Fuchstal
Handlungsfeld	Gebäudeeffizienz
Ziel	Energieeinsparung durch Erhöhung der Sanierungsrate im privaten Gebäudebestand durch gezielte Informationen und Anreize
Kurzbeschreibung	<p>Die Gemeinde Fuchstal sollte eine Sanierungsinitiative starten, um die energetische Modernisierung im privaten Gebäudebestand gezielt zu fördern. Im Zentrum der Maßnahme steht der Aufbau eines Informations- und Beratungsangebots für die Bürger. Dazu zählen leicht verständliche Materialien zu Sanierungsmaßnahmen und Förderprogrammen, eine Veranstaltungsreihe mit Vorträgen und Fachinformationen sowie die Erstellung eines kommunalen Leitfadens für Gebäudesanierung. Begleitend wird empfohlen, eine kostenfreie Erstberatung durch unabhängige Energieberater anzubieten, um individuelle Potenziale aufzuzeigen und Einstiegshürden zu senken. Die Gemeinde sollte zudem prüfen, ob ergänzende kommunale Anreize geschaffen werden können, beispielsweise in Form von Zuschüssen für Beratungen, Einzelmaßnahmen oder als Bonus für umfassende Sanierungsvorhaben. Zur Motivation der Eigentümer und zur Förderung der Nachahmungseffekte empfiehlt sich die gezielte Sichtbarmachung gelungener Sanierungsbeispiele aus der Gemeinde. Perspektivisch könnte ein Wettbewerb oder eine Auszeichnung für vorbildliche Modernisierungsprojekte etabliert werden.</p>
Energie/CO <sub>2</sub> Einsparung	<p>Energie: durchschnittlich ca. 44 %  CO<sub>2</sub>: durchschnittlich ca. 5 t/a pro Gebäude</p>
Geschätzte Kosten	<p>Infokampagne, Leitfaden: ca. 10.000 - 15.000 €  Vortragshonorare: 300 - 600 € pro Termin  Zuschüsse: bspw. 100 € pro Beratung</p>
Verantwortliche Akteure	Gemeinde Fuchstal bzw. bei der Umsetzung private Gebäudeeigentümer

<sup>35</sup> (Qualitätsgedämmt e.V., 2025)

Maßnahme	Information und Anreizbildung erneuerbare dezentrale Heizlösungen
<p style="text-align: center;">Deckung des Nutzwärmebedarfs der Gemeinde Fuchstal</p>  <p style="text-align: center;">■ fossil (inkl. Strommix) ■ erneuerbar</p>	
Gebiet	Gebiete in Gemeinde Fuchstal ohne Fernwärmeeignung (u.a. alle Weiher bzw. Einöden und bestimmte Bereiche der drei größeren Ortsteile)
Handlungsfeld	Erneuerbare Wärmeversorgung
Ziel	Unterstützung des Umstiegs auf erneuerbare Einzelheizsysteme außerhalb der Wärmenetzgebiete
Kurzbeschreibung	<p>Die Gemeinde Fuchstal soll gezielt den Heizungstausch im Gebäudebestand außerhalb potenzieller Wärmenetzgebiete unterstützen. Im Fokus steht die Umstellung von fossilen Heizsystemen auf dezentrale, erneuerbare Heizlösungen. Da Wärmepumpen besonders effizient mit Niedertemperatursystemen arbeiten, wird empfohlen, Bürger auch über die Nachrüstung geeigneter Flächenheizsysteme zu informieren. Dabei sollte auch auf technisch praktikable Lösungen im Altbau hingewiesen werden wie z. B. Wandflächenheizungen, die sich oft einfacher nachrüsten lassen als Fußbodenheizungen und auch schrittweise realisierbar sind. Die Gemeinde sollte einen kompakten Leitfaden zur Heizungsmodernisierung im Gebäudebestand erstellen, der technische Möglichkeiten, Förderprogramme und Umsetzungsschritte übersichtlich darstellt. Darüber hinaus sollte sie auf ihrer Website und im Gemeindeblatt verständliche Wirtschaftlichkeitsbeispiele zu Heizungstausch und Wärmeabgabesystemen bereitstellen. Zudem wird empfohlen, ein lokales Netzwerk aus Fachbetrieben und Energieberatern aufzubauen, um Eigentümern bei Planung und Umsetzung qualifiziert zu unterstützen und koordinierte Angebote zu ermöglichen.</p>
Energie/CO <sub>2</sub> Einsparung	<p>Abhängig von Heizungsanlage und Energieträger. Bei Austausch Ölheizung durch Luft-Wärmepumpe:</p> <p>Energie: ca. 65 % der Endenergie CO<sub>2</sub>: bis zu 100% bei Ökostrom</p>
Geschätzte Kosten (ohne Förderung)	<p>Leitfaden und Öffentlichkeitsarbeit: ca. 6.000 - 8.000 € Aufbau lokales Netzwerk: ca. 3.000 - 5.000 €</p>
Verantwortliche Akteure	Gemeinde Fuchstal bzw. bei der Umsetzung private Gebäudeeigentümer

## 7. Übergeordnete Strategien



Um die spezifischen Maßnahmen und Ziele der Gemeinde Fuchstal erfolgreich umzusetzen, ist eine frühzeitige, bedarfsgerechte und intensive Einbindung aller relevanten Akteure erforderlich. Dabei spielen eine dynamische Vernetzung sowie eine situationsbezogene Koordination eine zentrale Rolle.

Im Rahmen einer Verstetigungsstrategie sollte ein dauerhaftes Energieteam für die Gemeinde Fuchstal etabliert werden. Dieses interdisziplinär besetzte Team bündelt das Fachwissen unterschiedlicher Akteure und gewährleistet so eine ganzheitliche und praxisnahe Planung. Eine Einbindung von Mitgliedern des Gemeinderats ist dabei sinnvoll, um eine direkte Verbindung zwischen Verwaltung, Politik und Bürgerschaft herzustellen. Regelmäßige Sitzungen sichern den Informationsfluss und fördern die kontinuierliche Abstimmung der Maßnahmen. Eine klare Organisationsstruktur mit definierten Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten ist essenziell, um die Planung effizient und nachhaltig zu gestalten.

Das Energieteam übernimmt die Verantwortung für die Umsetzung der Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung, deren kontinuierliche Weiterentwicklung sowie ein effektives Monitoring und Controlling. Zudem sollte eine umfassende Kommunikationsstrategie mit allen Beteiligten erarbeitet werden, um eine reibungslose Zusammenarbeit und Informationsweitergabe zu gewährleisten.

### 7.1. Monitoring und Controlling

Ein strukturiertes Monitoring- und Controlling-System ist entscheidend, um den Fortschritt der Wärmeplanung zu erfassen, Erfolge zu bewerten und erforderliche Anpassungen vorzunehmen. Dabei werden zwei zentrale Ansätze verfolgt:

<b>Top-Down</b>		Regelmäßige Energie- und Treibhausgasbilanzen bieten einen übergreifenden Einblick in die fortlaufende Umsetzung.
<b>Bottom-Up</b>		Priorisierte Maßnahmen sollten in enger Abstimmung mit den Umsetzungsverantwortlichen erfolgen. Ein gemeinsames Monitoringsystem ermöglicht eine spezifische Datenerhebung und bietet die Möglichkeit einer detaillierten Einschätzung des Umsetzungsstandes.

Um ein aussagekräftiges Monitoring der Effektivität und Umsetzung der Maßnahmen zur Verminderung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu gewährleisten, sollten u. A. folgende Indikatoren jährlich erfasst und ausgewertet werden:

- Fernwärme- und Stromliefermenge aus erneuerbaren Quellen
- Anschlussquote am Wärmenetz
- Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpenstromtarif
- Anzahl durchgeführter Energieberatungen sowie daraus resultierende Sanierungsmaßnahmen
- Anzahl beantragter und umgesetzter energetischer Quartiers- und Liegenschaftskonzepte
- Entwicklung der installierten Stromerzeugungsanlagen (Daten aus dem Marktstammdatenregister)
- Statistiken zu Feuerstätten (Daten vom Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks)

Ein effektives Controlling stellt sicher, dass die Wärmeplanung nicht nur beobachtet, sondern auch aktiv gesteuert wird. Sollten die Monitoring-Daten darauf hindeuten, dass Maßnahmen nicht wie gewünscht wirken oder sich Rahmenbedingungen ändern, müssen gezielt Anpassungen vorgenommen werden. Dabei müssen bestehende Maßnahmen überarbeitet werden oder konkrete Nachsteuerungsmaßnahmen erarbeitet werden, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Identifizierte Ursachen der Zielabweichung wie fehlende Akzeptanz, wirtschaftliche Hürden oder technische Umsetzbarkeit sind dabei im Fokus.

## 7.2. Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Eine durchdachte Kommunikationsstrategie ist essenziell, um den Erfolg des Monitorings und Controllings sicherzustellen. Dabei ist ein aktiver Austausch mit allen Akteursgruppen erforderlich, wie beispielsweise:

- Kommune
- Lokale Wärmenetz- und Stromnetzbetreiber
- Betreiber von sonstigen energierelevanter Großprojekte
- Akteure der Gebäudesektoren GHDI und öffentliche Gebäude
- Handwerksbetriebe, Fachunternehmen und Organisationen
- Institutionen, Behörden und Fördermittelgeber

Ein strukturierter und produktiver Austausch stellt sicher, dass relevante Daten zeitnah erhoben werden und Maßnahmen zielgerichtet umgesetzt werden können.

Ebenso spielt die Öffentlichkeitsarbeit eine zentrale Rolle. Die aktive Einbindung der Bürgerinnen und Bürger ist entscheidend für den Erfolg der Wärmeplanung. Nur wenn die Bevölkerung die Vorteile und Notwendigkeit der Maßnahmen versteht, lassen sich Akzeptanz und Mitwirkung steigern. Hierzu sind gezielte Informations- und Beteiligungsangebote erforderlich:

- **Informationskampagnen und Veranstaltungen:**

Regelmäßige Bürgerdialoge, Vortragsreihen oder Thementage bieten die Möglichkeit, über aktuelle Entwicklungen, Fördermöglichkeiten und gesetzliche Vorgaben zu informieren. Die bereits bestehenden Informationsabende der Klima<sup>3</sup> (Klima- und Energieagentur des Landkreises Landsberg) können als wertvolle Basis genutzt werden.

- **Digitale Wissensplattform:**

Eine zentrale Anlaufstelle im Internet kann zu jeder Zeit umfassende Informationen zu Erneuerbaren Energien oder Sanierungsoptionen bieten sowie lokale Energieberater und Handwerksbetriebe auflisten.

- **Presse- und Social-Media-Arbeit:**

Beiträge in Gemeindeblättern, lokale Medienberichterstattung und digitale Kanäle helfen, eine breite Öffentlichkeit zu erreichen.

Insgesamt soll die Kommunikationsstrategie sicherstellen, dass die Bürger und Fachakteure aktiv in den Prozess der kommunalen Wärmeplanung eingebunden sind und über Fortschritte, Herausforderungen und Erfolge informiert werden. Durch Transparenz, regelmäßiges Feedback und Einbindung wird das Vertrauen in die Maßnahmen gestärkt und eine breite Akzeptanz gefördert. Es ist wichtig, dass Informationen klar, verständlich und regelmäßig bereitgestellt werden, um alle Beteiligten über den Fortschritt und die Ergebnisse der Maßnahmen auf dem Laufenden zu halten. Darüber hinaus kann die gezielte Bewerbung von Beteiligungsmöglichkeiten wie Bürgerfonds oder Crowdfunding-Plattformen nicht nur die finanzielle Basis der Projekte erweitern, sondern auch das Verantwortungsgefühl und die Zustimmung der Öffentlichkeit nachhaltig stärken.

## 8. Herausforderungen der Praxis

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Instrument zur Erreichung langfristiger Klimaziele. Sie zeigt Wege auf, wie eine klimaneutrale, wirtschaftlich tragfähige und sozial gerechte Wärmeversorgung gelingen kann. Gleichzeitig handelt es sich um ein Planungsinstrument, das unter idealisierten Annahmen in einem dynamischen Umfeld operiert, das von technologischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen geprägt ist. Zwischen dem auf Szenarien basierenden Zielbild und der tatsächlichen Umsetzung bestehen daher zwangsläufig Lücken. Dieses Kapitel reflektiert die bestehende Diskrepanz zwischen Planung und Umsetzung und zeigt auf, welche Herausforderungen dabei typischerweise auftreten und wie ihnen konstruktiv begegnet werden kann.

Ein grundlegender Zielkonflikt ergibt sich aus dem Spannungsfeld zwischen Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit. Viele empfohlene Maßnahmen, etwa der Einsatz von Wärmepumpen oder die Sanierung ineffizienter Gebäude sind langfristig sinnvoll, stellen kurzfristig jedoch hohe Investitionen dar. Ebenso kollidieren individuelle Entscheidungsfreiheit und kommunale Planungsziele. Während die Gemeinde auf gemeinsame Lösungen wie Wärmenetze hinarbeitet, treffen Eigentümer ihre Entscheidungen oft auf Basis kurzfristiger, individueller Kriterien. Auch der Schutz historischer Bausubstanz kann mit Sanierungserfordernissen kollidieren, etwa wenn Dämmmaßnahmen optisch nicht zulässig sind. Hinzu kommen Zielkonflikte wie die Nutzung von Freiflächen-PV versus Landschaftsbild oder landwirtschaftliche Flächennutzung.

Darüber hinaus ist die Wärmeplanung mit einer Reihe von Unsicherheiten konfrontiert: Die weitere Entwicklung von Energiepreisen, Förderprogrammen oder Technologien (z. B. Wasserstoff, hybride Systeme) ist schwer vorhersehbar. Auch die tatsächliche Verfügbarkeit von Fachkräften, Handwerkskapazitäten und Materialien kann die Umsetzung ausbremsen. Ein zentrales Risiko liegt zudem in der Akzeptanz, etwa wenn Maßnahmen als zu teuer oder als Eingriff in die persönliche Entscheidungsfreiheit empfunden werden.

Nicht zuletzt muss anerkannt werden, dass die in der Planung aufgezeigten technischen Potenziale erneuerbarer Energien in der Realität nie vollständig ausgeschöpft werden können.

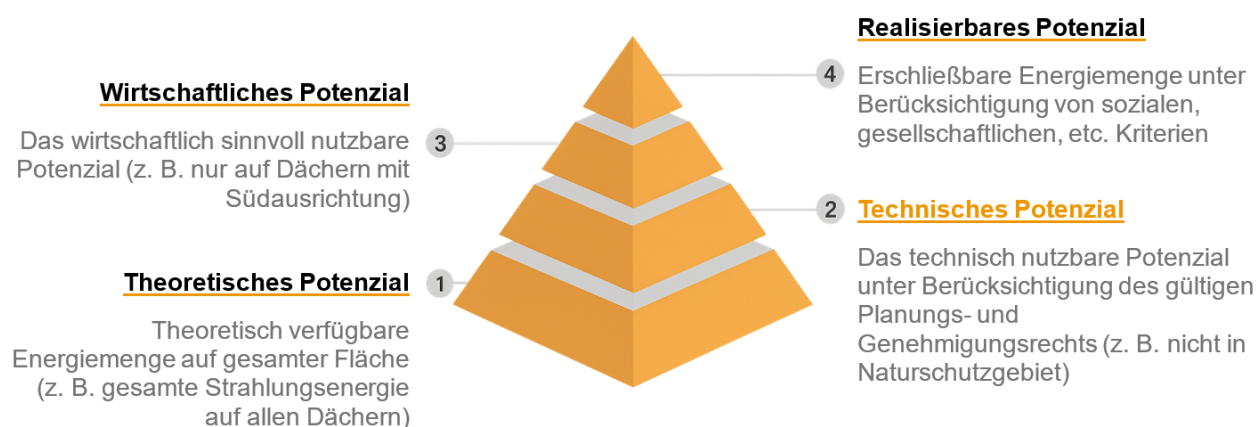


Abbildung 8-1: Stufenmodell der Energiepotenziale

Vom theoretisch verfügbaren Potenzial wird zunächst jenes abgezogen, das aus rechtlichen oder technischen Gründen nicht nutzbar ist. Danach folgt das wirtschaftliche Potenzial, das nur jene Flächen umfasst, auf denen sich eine Nutzung auch finanziell lohnt. Schließlich bleibt nur das realisierbare Potenzial übrig, das nicht nur gesellschaftliche Akzeptanz, sondern auch individuelle Umsetzbarkeit berücksichtigt. Persönliche Lebenssituationen oder finanzielle Belastungen können dazu führen, dass Maßnahmen nicht umsetzbar sind, selbst wenn sie technisch und wirtschaftlich sinnvoll wären.

Diese Herausforderungen mindern nicht den Wert der kommunalen Wärmeplanung. Im Gegenteil, sie verdeutlichen, wie wichtig es ist, die Planung als lernendes und dynamisches Instrument zu begreifen. Nur wenn Zielkonflikte, Unsicherheiten und praktische Umsetzungshemmnisse frühzeitig erkannt und offen benannt werden, können realistische und tragfähige Lösungen entwickelt werden. Maßnahmen sollten daher, wie in Kapitel 7 beschrieben, regelmäßig überprüft, an veränderte Rahmenbedingungen angepasst und auf die lokalen Gegebenheiten abgestimmt priorisiert werden. Transparente Kommunikation, nachvollziehbare Zielsetzungen und eine flexible Umsetzungsstrategie sind zentrale Voraussetzungen, um die Lücke zwischen Theorie und Praxis wirkungsvoll zu schließen.

## 9. Fazit

Der Umstieg zu einer vollständig erneuerbaren Wärmeversorgung ist entscheidend für Versorgungssicherheit, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit. Er verringert die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen und stärkt die regionale Wertschöpfung. Durch die Förderung erneuerbarer Technologien kann eine stabile, bezahlbare und zukunftsfähige Wärmeversorgung gewährleistet werden. Die Wärmeplanung für die Gemeinde Fuchstal zeigt, dass eine nachhaltige, zukunftsfähige Wärmeversorgung realisierbar ist, jedoch gezielte Maßnahmen erfordert. Die Analyse hat ergeben, dass die Gemeinde bereits über ein beachtliches Potenzial an erneuerbaren Energien verfügt, insbesondere im Stromsektor durch den starken Ausbau der Windkraft und Freiflächen-Photovoltaik. Dieses Potential wird bereits heute mittels Sektorenkopplung in der Wärmeversorgung durch den Betrieb von Wärme- und Batteriespeichern sowie einem Power-to-Heat-Modul teilweise ausgeschöpft. Es sollte analysiert werden, inwiefern diese Nutzung weiter intensiviert werden kann. Die Biogas- und Hackschnitzelanlage versorgt bereits viele Fuchstaler Haushalte mit erneuerbarer Wärme über das Bestandswärmenetz, bei welchem untersucht werden sollte, inwiefern dieses in den Ortsteilen Leeder und Asch nachverdichtet und erweitert werden kann. Auch in Seestall die Umsetzung eines Wärmenetzes grundsätzlich möglich, während in den vielen Weihern und Einöden auf dem Gemeindegebiet aufgrund der geringen Wärmebedarfsdichte zumeist lediglich eine dezentrale erneuerbare Wärmeversorgung (z. B. mit Wärmepumpen oder Biomasseheizungen) sinnvoll ist.

Die wesentliche Bedeutung von Energieeffizienzmaßnahmen und der Sanierungsrate ist dabei nicht zu unterschätzen, da eine Reduktion des Wärmebedarfs maßgeblich zur Erreichung der Klimaziele beiträgt. Rechnet man mit den kalkulierten Einsparungen bis 2050 ergibt sich beim Wärmebedarf eine Einsparung von 37 %. Durch die zeitgleiche Transformation von fossilen zu erneuerbaren Heizlösungen, führt diese Einsparung zu einer Reduktion von 97,6 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

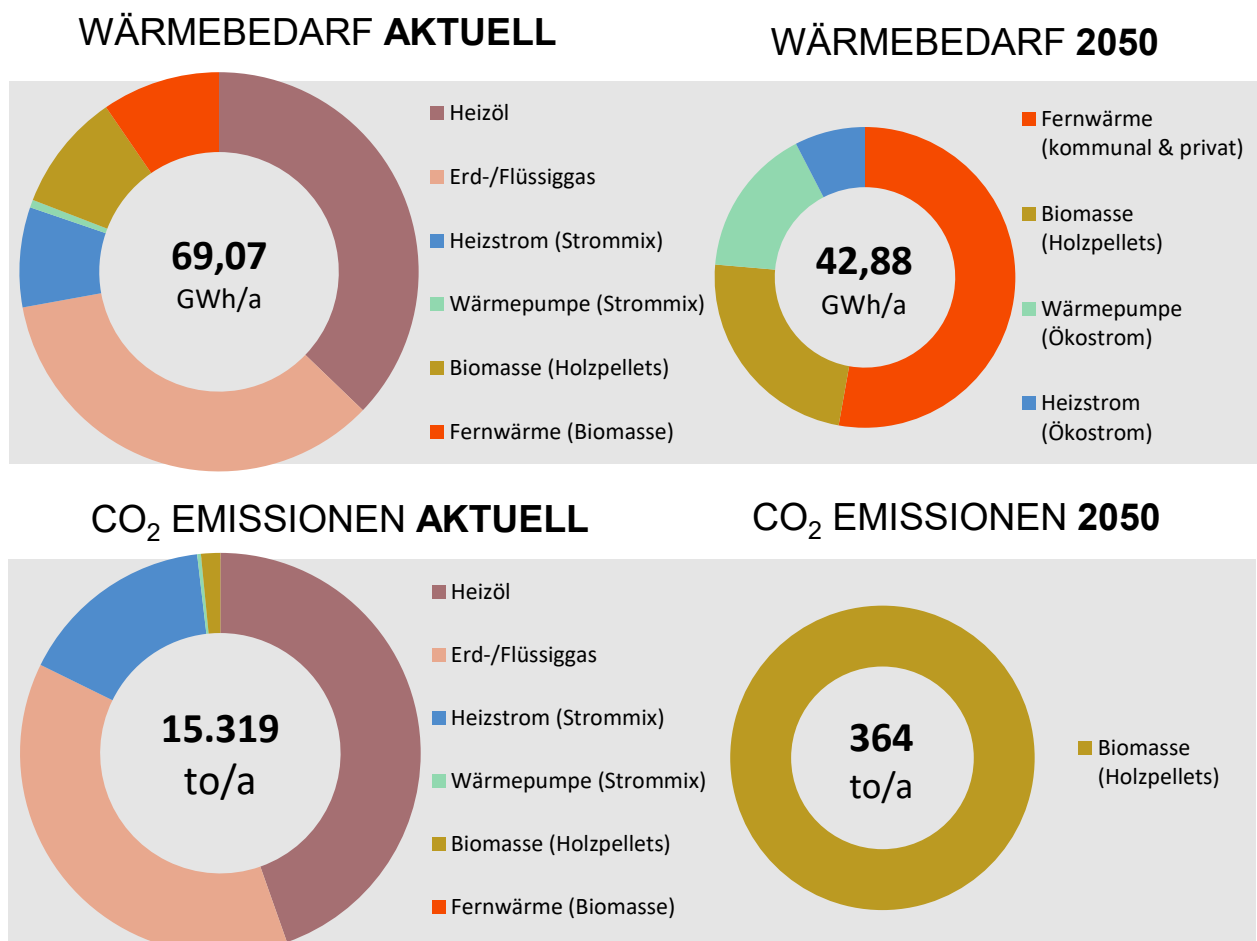


Abbildung 9-1: Veranschaulichung der Reduktion des Wärmebedarfs und der CO<sub>2</sub> Emissionen

Die finanzielle und organisatorische Umsetzung der geplanten Maßnahmen hängt maßgeblich von der jeweils aktuellen Fördermittellandschaft und der Akzeptanz in der Bevölkerung ab. Eine transparente Kommunikation und aktive Bürgerbeteiligung sind essenziell, um das Bewusstsein für die Vorteile nachhaltiger Wärmeversorgung zu stärken. Besonders für Gebäude, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können, ist es wichtig, durch Beratungsangebote die Bürger bei der Wahl möglicher fossilfreier Heizlösungen zu unterstützen.

Insgesamt bietet Fuchstal durch seine geografischen und infrastrukturellen Gegebenheiten gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wärmewende. Diese werden bereits im Rahmen des Projekts Energiezukunft Fuchstal gut genutzt und die Bemühungen sollten weiter intensiviert werden. Die Herausforderung besteht nun vor allem darin, die weiteren identifizierten Potenziale und Möglichkeiten effizient zu erschließen und den Bürgerinnen und Bürgern praxisnahe Lösungen anzubieten, die sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch sinnvoll bei den Gegebenheiten an ihrem Standort sind. Nur so kann eine nachhaltige und sozial verträgliche Wärmeversorgung langfristig sichergestellt werden. Hierzu soll die nun vorliegende kommunale Wärmeplanung einen Handlungsleitfaden liefern.

## 10. Anhang

### 10.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Klimadiagramm für Landsberg am Lech .....	7
Abbildung 2-2: Überblick über die bestehenden Energieversorgungskonzepte in der Gemeinde Fuchstal	7
Abbildung 2-3: Wärmenetzplan Asch .....	8
Abbildung 2-4: Wärmenetzplan Leeder .....	9
Abbildung 2-5: Lage der Windräder im Südwesten des Gemeindegebiets Fuchstal .....	10
Abbildung 2-6: Gebäudetyp-Bauweise der Gebäude in Fuchstal .....	14
Abbildung 2-7: Baualtersklassen der Gebäude in Fuchstal .....	15
Abbildung 2-8: Kartographische Darstellung der Baualtersklassen auf Baublockebene in Fuchstal .....	16
Abbildung 2-9: Kartographische Darstellung des Sanierungsstands auf Baublockebene in Fuchstal .....	17
Abbildung 2-10: Vom Primärenergieträger zur Nutzenergie .....	19
Abbildung 2-11: Endenergieverbrauch zur Wärmeerzeugung nach Energieträger in Fuchstal .....	20
Abbildung 2-12: Kartographische Darstellung des überwiegenden Energieträgers auf Baublockebene in Fuchstal .....	21
Abbildung 2-13: Jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen der Wärmeerzeugung nach Energieträger in Fuchstal .....	22
Abbildung 2-14: Räumlich aufgelöster Wärmebedarf Status quo .....	26
Abbildung 3-1: Forstliche Übersichtskarte für das Gemeindegebiet Fuchstal .....	27
Abbildung 3-2: Solarthermiefpotenzial der Dachflächen im Gemeindegebiet Fuchstal .....	31
Abbildung 3-3: Nutzungsmöglichkeiten Grundwasserwärmepumpe .....	32
Abbildung 3-4: Temperaturmittelwerte des Lechs an der Messstelle Augsburg Hochablaß von 2013-2023 im Jahresverlauf .....	33
Abbildung 3-5: Anteile des PV-Dachflächenpotenzials in Fuchstal für verschiedene Gebäudetypen .....	34
Abbildung 3-6: Vorranggebiete für Windenergienutzung in Fuchstal .....	35
Abbildung 4-1: Die zentralen Maßnahmen des Klimaprogramms Bayern .....	37
Abbildung 4-2: Kernaspekte der kommunalen Klimaschutzstrategie .....	38
Abbildung 4-3: Entwicklung des Durchschnittalters .....	39
Abbildung 4-4: Spezifischer Wärmebedarf nach Baujahr .....	39
Abbildung 4-5: Strombedarf deutschlandweit 2050 .....	41
Abbildung 4-6: Wärmeversorgung in Deutschland Wärmeversorgung in Deutschland <sup>21</sup> .....	42
Abbildung 4-7: Dezentrale Gebäudewärme bis 2045 <sup>21</sup> .....	42
Abbildung 4-8: Fernwärme bis 2045 <sup>21</sup> .....	43
Abbildung 4-9: Energiesparpotenzial Sanierung (Auszug Leitfaden kommunale Wärmeplanung) .....	44
Abbildung 4-10: Prognostizierter Wärmebedarf nach Baualtersklassen .....	45
Abbildung 4-11: Entwicklung des Wärmebedarfs in der Gemeinde Fuchstal .....	46
Abbildung 4-12: Kartographische Darstellung des überwiegenden Energieträgers auf Baublockebene in Fuchstal für 2050 .....	47
Abbildung 4-13: Transformation der CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	48
Abbildung 4-14: Räumlich aufgelöster Wärmebedarf im Jahr 2050 .....	49
Abbildung 4-15: Entwicklung der Energiepreise bis 2042 .....	51
Abbildung 4-16: Vergleich Wärmevervollkosten verschiedener Energieträger 2025 .....	52
Abbildung 4-17: Vergleich Wärmevervollkosten verschiedener Energieträger 2042 .....	53
Abbildung 4-18: Netzstabilität durch Sektorenkopplung .....	55
Abbildung 4-19: Stromerzeugung der Zukunft .....	56
Abbildung 5-1: Schematische Darstellung eines Wärmenetzes .....	57
Abbildung 5-2: Eignungsgebiete für Fernwärme .....	59

Abbildung 5-3: Wärmelinienrichte in Asch, Leeder und Seestall.....	60
Abbildung 5-4: Übersicht dezentrale Lösungen .....	60
Abbildung 5-5: Pelletkessel <sup>29</sup> .....	61
Abbildung 5-6: Hackschnitzelkessel <sup>29</sup> .....	62
Abbildung 5-7: Holzvergaser .....	62
Abbildung 5-8: Funktionsprinzip Wärmepumpe .....	63
Abbildung 5-9: Einbindung Wärmepumpe Einfamilienhaus .....	64
Abbildung 5-10: Erdwärmekollektor .....	64
Abbildung 5-11: Erdwärmesonde .....	65
Abbildung 5-12: Erdwärmekörbe .....	65
Abbildung 5-13: Grundwasserwärmepumpe .....	65
Abbildung 5-14: Schema einer Solarthermieanlage .....	67
Abbildung 5-15: Einbindung und Aufbau Pufferspeicher .....	68
Abbildung 5-16: Einbindung Batteriespeicher .....	69
Abbildung 6-1: Fernwärmeeignungsgebiete und Wärmelinienrichte im Fokusgebiet Seestall .....	71
Abbildung 6-2: Brunnen im Römerfeld im Südosten von Seestall .....	72
Abbildung 6-3: Bestehende Förder- und Schluckbrunnen zur Grundwassernutzung in Seestall und potenzielles Wärmenetzgebiet .....	73
Abbildung 6-4: Prinzip der kalten und klassischen Nahwärme mit Wärmepumpen .....	74
Abbildung 6-5: Mögliche Erweiterungsgebiete (gelb) und Nachverdichtungsgebiete (blau) für das Bestandswärmenetz in Leeder .....	76
Abbildung 6-6: Mögliche Erweiterungsgebiete (gelb) und Nachverdichtungsgebiete (blau) für das Bestandswärmenetz in Asch .....	79
Abbildung 8-1: Stufenmodell der Energiepotenziale .....	87
Abbildung 9-1: Veranschaulichung der Reduktion des Wärmebedarfs und der CO <sub>2</sub> Emissionen.....	89

## 10.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klimatablelle für Landsberg am Lech.....	6
Tabelle 2: Entwicklung der Kennzahlen des Wärmenetzes Fuchstal .....	8
Tabelle 3: Aktuelle Stromproduktion in Fuchstal .....	13
Tabelle 4: Primärenergie- und Endenergiemenge verschiedener Heizsysteme bei gleichem Nutzenergiebedarf .....	19
Tabelle 5: CO <sub>2</sub> -Emissionen der verschiedenen Heizsysteme in Fuchstal .....	23
Tabelle 6: Primärenergieverbrauch der verschiedenen Heizsysteme in Fuchstal .....	24
Tabelle 7: Übersicht Energieeffizienzklassen.....	24
Tabelle 8: Energiepotenzial der Biomasse (Waldderholz sowie Flur- und Siedlungsholz) auf dem Gemeindegebiet Fuchstal.....	28
Tabelle 9: Berechnung des jährlichen Energieeinsatzes für das Szenario 2050 .....	47
Tabelle 10: Bezugspreise (brutto) verschiedener Energieträger (Stand: Mai 2025).....	51
Tabelle 11: Wärmevervollkostenberechnung 2025 .....	52
Tabelle 12: Wärmevervollkostenberechnung 2042 .....	53
Tabelle 13: Zusammenfassender Vergleich Heizlösungen .....	66

### 10.3. Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende.* (2024). Von <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/klimaneutrales-deutschland-2045-1> abgerufen
- ASUE.* (2024). Von <https://asue.de/node/2691> abgerufen
- Bayerische Staatsregierung. (2025). *BayernAtlas.* Von <https://atlas.bayern.de/> abgerufen
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2024). *Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung in Bayern zum Stichtag 31. Dezember 2023.* Von [https://statistik.bayern.de/mam/produkte/veroeffentlichungen/statistische\\_berichte/a5111c\\_202300.pdf](https://statistik.bayern.de/mam/produkte/veroeffentlichungen/statistische_berichte/a5111c_202300.pdf) abgerufen
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2025). *Einwohnerzahlen am 31. Dezember 2023.* Fürth: Bayerisches Landesamt für Statistik. Von [https://statistik.bayern.de/mam/produkte/veroeffentlichungen/statistische\\_berichte/a1200c\\_202344.pdf](https://statistik.bayern.de/mam/produkte/veroeffentlichungen/statistische_berichte/a1200c_202344.pdf) abgerufen
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2025). *Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2043.* Von [https://www.statistik.bayern.de/mam/statistik/gebiet\\_bevoelkerung/demographischer\\_wandel/demographische\\_profile/09.pdf](https://www.statistik.bayern.de/mam/statistik/gebiet_bevoelkerung/demographischer_wandel/demographische_profile/09.pdf) abgerufen
- BDEW - Stromkostenentwicklung.* (2025). Von <https://www.bdew.de/energie/stromkostenentwicklung-2030/> abgerufen
- BEE-eV.* (2024). Von <https://www.bee-ev.de/service/publikationen-medien/beitrag/bee-waermeszenario-2045> abgerufen
- BetaTherm. (2025). Von <https://www.betatherm.de/> abgerufen
- BMW. (2023). *Heizen mit 65 % erneuerbaren Energien – Begleitende Analyse zur Ausgestaltung der Regelung aus dem Koalitionsvertrag 2021.* Von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/begleitanalyse-zur-heizen-mit-erneuerbaren-regelung.html> abgerufen
- Bundesnetzagentur. (2025). *Marktstammdatenregister.* Von <https://www.marktstammdatenregister.de/> abgerufen
- Bundesverband Geothermie e.V. (2025). Von <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/w/wirtschaftlichkeit> abgerufen
- Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (2025). Von <https://www.solarwirtschaft.de/2025/03/27/der-aufstieg-der-grossspeicher-wachstumstreiber-im-speichermarkt-und-unverzichtbare-saeule-der-energiewende/> abgerufen
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. (2024). *Wie funktioniert die Wärmepumpe?* Von <https://www.waermepumpe.de/> abgerufen
- Bundesverband Wärmepumpe e. V. (2025). *Wärmenetze, Siedlung und Quartiere.*
- eccuro.* (2024). Von <https://www.eccuro.com/artikel/200-pufferspeicher-aufbau-funktion-und-vorteile> abgerufen
- Energieatlas Bayern.* (2025). Von <https://www.energieatlas.bayern.de/> abgerufen

- Fraunhofer IEE. (2025). *Barometer Energiewende*. Von [https://www.barometer-energiewende.de/de/barometer\\_2020/energiebilanz.html](https://www.barometer-energiewende.de/de/barometer_2020/energiebilanz.html) abgerufen
- Gesetze-Bayern. (2024). Von <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayKlimaG> abgerufen
- GKD Bayern. (2024). Von <https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/wassertemperatur/kelheim/augsburg-hochablass-12004002/messwerte> abgerufen
- HARGASSNER Ges. mbH. (2024). Von <https://www.hargassner.com/de-de/> abgerufen
- hvnplus. (2024). Von <https://www.hvnplus.co.uk/news/boiler-manufacturers-unveil-hydrogen-labels-22-02-2022/> abgerufen
- Immo Center Ulm Soeflingen. (2024). Von [https://immo-center-ulm-soeflingen.remax.de/de/regenerative\\_heizsysteme/](https://immo-center-ulm-soeflingen.remax.de/de/regenerative_heizsysteme/) abgerufen
- kfw. (2024). Von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/Solarthermie/> abgerufen
- Klimaland Bayern. (2024). Von <https://www.bayern.de/klimaland-bayern/> abgerufen
- Klimaschutz Landkreis Landsberg. (2025). Von <https://www.klimaschutz-landkreis-landsberg.de/klimawandel-und-klimaschutz/klimaschutzkonzept-2013/> abgerufen
- Nuts One GmbH. (2021). *HyStarter Region Ostallgäu - Unser Weg zur Wasserstoffregion*. Berlin: Landkreis Ostallgäu, Kreisfreie Stadt Kaufbeuren, Gemeinde Fuchstal.
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). (2024). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2024*. Von [https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne\\_Szenarienreport\\_Oktober2021\\_corr0222\\_corr0524.pdf](https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_corr0222_corr0524.pdf) abgerufen
- Qualitätsgedämmt e.V. (i.L.). (2025). Von [daemmen-lohnt-sich.de/storage/image/2/6/1/aff53752790c8c5348954c335c5ad682.jpg](https://www.daemmen-lohnt-sich.de/storage/image/2/6/1/aff53752790c8c5348954c335c5ad682.jpg) abgerufen
- Qualitätsgedämmt e.V. (2025). Von [daemmen-lohnt-sich.de/storage/image/2/6/1/aff53752790c8c5348954c335c5ad682.jpg](https://www.daemmen-lohnt-sich.de/storage/image/2/6/1/aff53752790c8c5348954c335c5ad682.jpg) abgerufen
- Regionaler Planungsverband München. (2024). *Karte A-1: Vorabentwurf Vorranggebiete und Vorbehaltsgebiete Windenergienutzung*. Von [https://www.region-muenchen.com/fileadmin/region-muenchen/Dateien/Verfahren/Windenergie/202403\\_Vorabeteiligung/Karte\\_A-1\\_Vorabentwurf\\_Vorranggebiete\\_und\\_Vorbehaltsgebiete\\_Windenergienutzung.pdf](https://www.region-muenchen.com/fileadmin/region-muenchen/Dateien/Verfahren/Windenergie/202403_Vorabeteiligung/Karte_A-1_Vorabentwurf_Vorranggebiete_und_Vorbehaltsgebiete_Windenergienutzung.pdf) abgerufen
- Technische Universität München. (2011). *Leitfaden Energienutzungsplan*. München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit.
- Umweltbundesamt. (2025). *Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland*.
- Viessmann. (2025). *Funktionsweise der Luft-Wasser-Wärmepumpe*.
- Viessmann Holding International GmbH. (2023). *Heizen mit Luft- und Erdwärme*. Von <https://www.heizung.de/> abgerufen