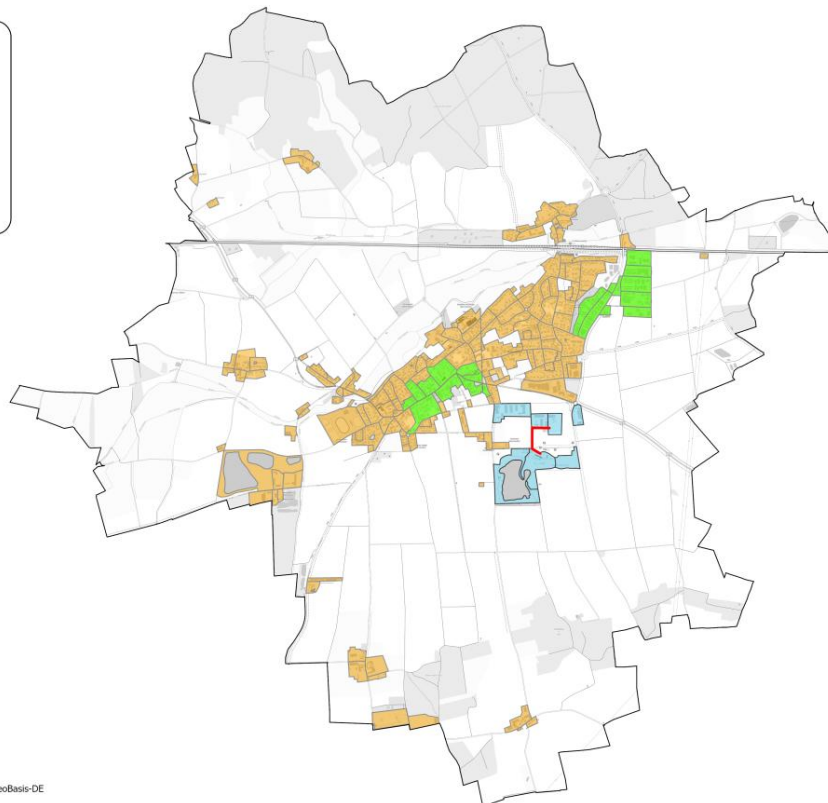




Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Mammendorf

Abschlussbericht





aufgestellt:

Steinbacher-Consult
Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG
Richard-Wagner-Str. 6
86356 Neusäß

Neusäß, Januar 2026
Projekt-Nr. 125169
MVEH/SIMA

Planungsverantwortliche Stelle:

Gemeinde Mammendorf
Augsburger Straße 12
82291 Mammendorf

Förderung

KSI: Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung Verwaltungsgemeinschaft Mammendorf
FKZ: 67K28896
Projektträger Z-U-G gGmbH

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung.....	9
2. Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit	12
3. Bestandsanalyse.....	12
3.1. Gemeindestruktur	12
3.2. Gebäudestruktur	14
3.3. Energieinfrastruktur.....	16
3.3.1. Erdgasnetz.....	16
3.3.2. Wärmenetz	17
3.3.3. Dezentrale Wärmeerzeuger.....	18
3.4. Wärmebedarf	19
3.5. Energie- und Treibhausgasbilanz	22
3.5.1. Endenergieverbrauch.....	22
3.5.2. Treibhausgasemissionen	23
3.6. Kennwerte und Zwischenfazit Bestandsanalyse.....	24
4. Potenzialanalyse	25
4.1. Allgemeines	25
4.2. Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden.....	26
4.3. Solarenergie auf Dachflächen	28
4.4. Geothermie	29
4.4.1. Allgemeines.....	29
4.4.2. Erdwärmekollektoren	30
4.4.3. Erdwärmesonden	32
4.4.4. Grundwasserwärmepumpe	33
4.5. Biomasse (Holz).....	35
4.6. Biomasse (Biogas)	35
4.7. Luftwärme.....	36
4.8. Zwischenfazit Potenzialanalyse.....	37
5. Zielszenario und Wärmeversorgungsgebiete	38
5.1. Allgemeines	38
5.2. Gebietseinteilung in der Wärmeplanung	38
5.2.1. Wärmenetzgebiete.....	39
5.2.2. Wasserstoffnetzgebiete.....	39
5.2.3. Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete	39
5.2.4. Prüfgebiete	39
5.2.5. Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial	39
5.3. Vorgehensweise.....	39



5.4.	Gebietseinteilung für die Gemeinde Mammendorf	41
5.4.1.	Wärmenetzgebiete	41
5.4.2.	Wasserstoffnetzgebiete	41
5.4.3.	Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete	42
5.4.4.	Prüfgebiete	42
5.4.5.	Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial	42
5.5.	Zielszenario 2045	43
5.5.1.	Entwicklung Wärmebedarf	44
5.5.2.	Entwicklung Wärmeerzeuger	44
5.5.3.	Entwicklung Endenergieträger	46
5.5.4.	Entwicklung Treibhausgasemissionen	47
5.5.5.	Indikatoren zur Erreichung des Zielszenarios	49
5.5.6.	Kritische Punkte zur Erreichung der Zielszenarien	50
6.	Umsetzungsstrategie	52
6.1.	Fokusgebiete	52
6.1.1.	Wirtschaftliche Grundannahmen	52
6.1.2.	Fokusgebiet Gewerbegebiet	53
6.1.3.	Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung	60
6.1.4.	Fokusgebiet Augsburger Straße	67
6.1.5.	Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung	73
6.2.	Dezentrale Wärmeversorgungsarten	79
6.2.1.	Wirtschaftliche Grundannahmen	79
6.2.2.	Einfamilienhaus	81
6.2.3.	Mehrfamilienhaus	84
6.3.	Umsetzungsmaßnahmen	87
6.3.1.	Sanierung privater Gebäude	87
6.3.2.	Sanierung kommunaler Gebäude	89
6.3.3.	Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 für Wärmenetzgebiete	91
6.3.4.	Umstellung öffentlicher Gebäude auf erneuerbare Energien	93
6.3.5.	Kommunikation der Ergebnisse an die relevanten Akteure	94
6.3.6.	Niedrigschwelliges Informationsangebot für Bürger schaffen	96
6.3.7.	Regelmäßige Erstellung eines Controlling-Berichts	98
7.	Verstetigungsstrategie	99
8.	Kommunikationsstrategie	102
9.	Controlling-Konzept	107
10.	Anlagen	111
10.1.	Quellenverzeichnis	111

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ablaufplan kommunale Wärmeplanung	9
Abbildung 2: Nutzungstypen im Gemeindegebiet	13
Abbildung 3: Verteilung Gebäudetypen	14
Abbildung 4: Verteilung Baualtersklassen	15
Abbildung 5: Überwiegende Baualtersklassen	15
Abbildung 6: Mit Erdgas erschlossene Gebiete	17
Abbildung 7: Energieinfrastruktur	18
Abbildung 8: Verteilung Heizungstypen	18
Abbildung 9: Eingesetzte Heizungstypen	19
Abbildung 10: Aufteilung Wärmebedarf nach Sektoren	20
Abbildung 11: Wärmebedarfsdichte	21
Abbildung 12: Wärmeliniendichte	22
Abbildung 13: Endenergieverbrauch nach Energieträgern	23
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	24
Abbildung 15: Wärmebedarfsentwicklung durch Energieeinsparungen	28
Abbildung 16: Dachflächenpotenzial	29
Abbildung 17: Entzugsenergie Erdkollektoren	31
Abbildung 18: Potenzial Erdkollektoren	31
Abbildung 19: Entzugsleistung Erdsonden	32
Abbildung 20: Potenzial Erdsonden	33
Abbildung 21: Entzugsenergie Grundwasserbrunnen	34
Abbildung 22: Potenzial Grundwasserbrunnen	34
Abbildung 23: Potenzial Biomasse (Holz)	35
Abbildung 24: Potenzial Biomasse (Biogas)	36
Abbildung 25: Zusammenfassung Potenziale	37
Abbildung 26: voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	41
Abbildung 27: Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial	43
Abbildung 28: Entwicklung Wärmebedarf nach Sektoren	44
Abbildung 29: Entscheidungsbaum für die Szenarioentwicklung	45
Abbildung 30: Entwicklung Wärmeerzeuger	45
Abbildung 31: Entwicklung Wärmebedarf nach Energieträger	46
Abbildung 32: Entwicklung Endenergieverbrauch	47
Abbildung 33: Entwicklung Treibhausgasemissionen	48
Abbildung 34: Fokusgebiet Gewerbegebiet	54
Abbildung 35: Lastgang Fokusgebiet Gewerbegebiet	55
Abbildung 36: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Gewerbegebiet	56



Abbildung 37: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Gewerbegebiet	59
Abbildung 38: Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung.....	60
Abbildung 39: Lastgang Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung.....	62
Abbildung 40: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung.....	62
Abbildung 41: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung	66
Abbildung 41: Fokusgebiet Augsburgs Straße.....	67
Abbildung 42: Lastgang Fokusgebiet Augsburgs Straße.....	68
Abbildung 43: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Augsburgs Straße	69
Abbildung 45: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Augsburgs Straße	72
Abbildung 44: Fokusgebiet Augsburgs Straße Erweiterung.....	73
Abbildung 45: Lastgang Fokusgebiet Augsburgs Straße Erweiterung.....	75
Abbildung 46: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Augsburgs Straße	75
Abbildung 49: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Augsburgs Straße	78
Abbildung 47: Zusammenhang GEG und kommunale Wärmeplanung, Erfüllungspflichten GEG.....	79
Abbildung 48: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten unsaniertes Einfamilienhaus.....	83
Abbildung 49: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten unsaniertes Mehrfamilienhaus..	86



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Allgemeine Daten nach [1]	12
Tabelle 2: Flächen nach [1]	13
Tabelle 3: Eckpunkte Gasnetz	16
Tabelle 4: Eckpunkte Wärmenetze	17
Tabelle 5: Emissionsfaktoren der wesentlichen Energieträger in gCO ₂ e/kWh nach [2]	23
Tabelle 6: Kennzahlen	24
Tabelle 7: Bewertungsindikatoren Eignung Wärmenetz nach [5]	40
Tabelle 8: Indikatoren Erreichung Zielszenario	49
Tabelle 9: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Gewerbegebiet im IST-Zustand	54
Tabelle 10: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Gewerbegebiet	55
Tabelle 11: Variantenvergleich Fokusgebiet Gewerbegebiet	56
Tabelle 12: Investitionskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet	57
Tabelle 13: Jahreskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet	58
Tabelle 14: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung im IST-Zustand ..	60
Tabelle 15: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung	61
Tabelle 16: Variantenvergleich Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung	63
Tabelle 17: Investitionskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung	64
Tabelle 18: Jahreskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung	65
Tabelle 19: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Augsburger Straße im IST-Zustand	67
Tabelle 20: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Augsburger Straße	68
Tabelle 21: Variantenvergleich Fokusgebiet Augsburger Straße	70
Tabelle 22: Investitionskosten Fokusgebiet Augsburger Straße	70
Tabelle 23: Jahreskosten Fokusgebiet Augsburger Straße	71
Tabelle 24: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung im IST- Zustand	74
Tabelle 25: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung	74
Tabelle 26: Variantenvergleich Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung	76
Tabelle 27: Investitionskosten Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung	77
Tabelle 28: Jahreskosten Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung	77
Tabelle 29: Berücksichtigte Förderungen [6]	80
Tabelle 30: Energiekosten für dezentrale Wärmeversorgungsarten nach [9], [10], [11], [12]	80
Tabelle 31: Zugrundeliegende Rahmenparameter Einfamilienhaus	81
Tabelle 32: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten unsaniertes Einfamilienhaus	81
Tabelle 33: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten unsaniertes Einfamilienhaus	82
Tabelle 34: Zugrundeliegende Rahmenparameter Mehrfamilienhaus	84



Tabelle 35: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten unsaniertes Mehrfamilienhaus	84
Tabelle 36: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus	85
Tabelle 37: Zielgruppen der Kommunikation	103
Tabelle 38: Kanäle und Formate der Kommunikation	104
Tabelle 39: Indikatoren für die Zielerreichung	108
Tabelle 40: Zu erhebende Daten für Fortschreibung und Controlling	109

1. Einführung

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) am 1. Januar 2024 sind alle Bundesländer dazu verpflichtet, einen umfassenden Wärmeplan zu erstellen. Die Fristen für die Erstellung variieren nach Größe der Kommune: Städte mit über 100.000 Einwohnern müssen ihren Wärmeplan bis zum 30. Juni 2026 fertigstellen, während kleinere Kommunen bis zum 30. Juni 2028 Zeit haben. Das Hauptziel der Wärmeplanung gemäß §1 WPG ist es, eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung spätestens bis 2045 sicherzustellen.

Die Bundesländer übertragen diese Verpflichtung über entsprechende Landesgesetze an die Kommunen. Im Januar 2025 trat in Bayern die landesrechtliche Regelung in Kraft.

Unabhängig davon konnte die Gemeinde Mammendorf bereits frühzeitig mit seiner Wärmeplanung beginnen, indem er über die Kommunalrichtlinie Fördermittel beantragte. Dadurch war es möglich, das Projekt im Jahr 2025 zu starten.

Die kommunale Wärmeplanung folgt einem strukturierten Prozess, der in mehreren Schritten umgesetzt wird:



Abbildung 1: Ablaufplan kommunale Wärmeplanung

In dem Projekt der Gemeinde Mammendorf wird eine abgewandelte Art der kommunalen Wärmeplanung durchgeführt – die vereinfachte Wärmeplanung. Der Unterschied besteht darin, dass die normale Wärmeplanung ein umfassender Prozess, der alle Schritte der kommunalen Wärmeplanung beinhaltet, ist. Während sich die vereinfachte Wärmeplanung an kleinere Kommunen richtet und eine reduzierte Vorgehensweise mit weniger Aufwand, geringerer Datentiefe und vereinfachten Beteiligungsprozessen erlaubt. Sie setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:

1. Entscheidung zur Durchführung

Die Kommune fasst den Beschluss zur Erstellung eines Wärmeplans und übernimmt damit die Planungsverantwortung.

2. Eignungsprüfung

Im ersten Schritt wird das Gemeindegebiet in einzelne Teilgebiete unterteilt, worauf diese dann auf Eignung für ein Wärme- oder Wasserstoffnetz überprüft werden.

3. Bestandsanalyse

Anschließend wird der aktuelle Stand der Wärmeversorgung erfasst. Dazu gehören unter anderem Gebäudedaten, die Wärmebedarfe, der Energieverbrauch, sowie bestehende & geplante Infrastrukturen.

4. Potenzialanalyse

Aufbauend auf der Bestandsanalyse werden Optionen zur zukünftigen Wärmeversorgung untersucht. Dabei werden die vorhandenen Potenziale in der Kommune zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien, Abwärmenutzung und zur Energieeinsparung quantitativ und räumlich differenziert ermittelt.

5. Erarbeitung des Zielszenarios

Die Entwicklung des Zielszenarios baut auf den gewonnenen Erkenntnissen aus der Bestands- und Potenzialanalyse auf. Das Zielszenario beschreibt wie sich die Wärmeversorgung langfristig bis zum Zieljahr sowie in den definierten Stützjahren entwickelt wird.

6. Einteilung in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Die Kommune wird in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete unterteilt:

- Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung
- Wärmenetzgebiet
 - Wärmenetzverdichtungsgebiet
 - Wärmenetzausbaubereich
 - Wärmenetzneubaubereich
- Wasserstoffnetzgebiet
- Prüfgebiet

7. Entwicklung einer Umsetzungsstrategie

Bei der Umsetzungsstrategie wird ein strategischer Fahrplan mit konkreten Maßnahmen erarbeitet, wie die Wärmeversorgung umzubauen ist, um das definierte Zielszenario zu erreichen.

8. Einbindung relevanter Akteure

Die Einbindung relevanter Akteure ist ein wichtiger Punkt der kommunalen Wärmeplanung, um eine umsetzbare und tragfähige Strategie zu entwickeln. Dazu gehören kommunale Verwaltungen, Energieversorger, Netzbetreiber, Wirtschaft und die Bürgerschaft. Durch den Beteiligungsprozess wird die Akzeptanz gefördert, die Planungsqualität verbessert und eine gemeinsame Grundlage für die Umsetzung der Wärmewende geschaffen.

9. Monitoring und langfristiges Controlling der Maßnahmen

Es ist ein fortlaufendes Controlling- und Monitoringkonzept zu entwickeln, um den Fortschritt zu messen und ggf. Anpassungen vorzunehmen.

Die kommunale Wärmeplanung ist ein wichtiger Baustein für die Wärmewende und die langfristige Klimaneutralität. Durch die frühzeitige Initiierung des Prozesses hat die Kommune eine Vorreiterrolle übernommen und kann nun gezielt an einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wärmeversorgung arbeiten. Die Umsetzung der geplanten Maßnahmen trägt nicht nur zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei, sondern stärkt auch die regionale Wirtschaft und ermöglicht langfristig stabile Energiekosten für die Bürgerinnen und Bürger.

Auch wenn die kommunale Wärmeplanung selbst keine unmittelbare rechtliche Verbindlichkeit besitzt (§ 23 WPG), bietet sie der Kommune die Grundlage, bestimmte Gebiete für den Ausbau oder Neubau von Wärme- und Wasserstoffnetzen festzulegen. Nur dann, wenn solche Beschlüsse gefasst werden, können daraus rechtliche Folgen resultieren, die im Wärmeplanungsgesetz geregelt sind. Erst durch zusätzliche, eigenständige Entscheidungen der Kommune entsteht eine verbindliche Rechtswirkung, insbesondere wenn bestimmte Gebiete offiziell für die Entwicklung von Wärmenetzen oder Wasserstoffinfrastrukturen ausgewiesen werden (§ 26 WPG).

In diesen festgelegten Gebieten treten die entsprechenden Vorschriften des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zum Heizungstausch und zu Übergangslösungen in Kraft (§ 71 Abs. 8 Satz 3, § 71k Abs. 1 Nr. 1 GEG) – und zwar bereits einen Monat nach dem Beschluss. Dennoch bedeutet diese Ausweisung nicht, dass eine verpflichtende Nutzung der vorgesehenen Versorgungsart oder ein tatsächlicher Ausbau erfolgen muss.

2. Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse wurden bei den örtlichen Energieversorgern und potenziellen Wärmenetzbetreibern Informationen zur aktuellen Versorgungssituation eingeholt. Informationen zu öffentlichen Liegenschaften wurden über die Verwaltung zur Verfügung gestellt.

Die Zwischenergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse sowie ein vorläufiges Zielszenario wurde zunächst der Verwaltung vorgestellt. Die vorläufigen Ergebnisse wurden in einer Gemeindefitzung und einer öffentlichen Informationsveranstaltung präsentiert. Dieser Stand wurde dann für einen Zeitraum von einem Monat öffentlich ausgelegt, um der Öffentlichkeit die Möglichkeit zur Abgabe von Stellungnahmen zu geben.

3. Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage für die kommunale Wärmeplanung und ermöglicht ein umfassendes Verständnis der aktuellen Wärmeversorgungssituation der Gemeinde Mammendorf. Durch die systematische Erfassung und Auswertung von Daten zu Gebäudebestand, Versorgungsstrukturen, Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen wird ein detailliertes Bild des Ist-Zustands erstellt. Diese Analyse ist entscheidend, um Potenziale für Energieeinsparungen und den Einsatz erneuerbarer Energien zu identifizieren und darauf aufbauend zielgerichtete Maßnahmen zur Optimierung der Wärmeversorgung zu entwickeln. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Basis für die nachfolgenden Schritte der Wärmeplanung und unterstützen die Kommune dabei, eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung zu realisieren.

3.1. Gemeindestruktur

Die Gemeinde Mammendorf liegt im Nord-Westen des oberbayerischen Landkreises Fürstenfeldbruck. In Tabelle 1 sind die allgemeinen Daten der Gemeinde dargestellt [1]. Mammendorf ist eine ländlich geprägte Flächengemeinde mit 5 Gemeindeteilen, welche durch ein dichter besiedeltes Siedlungsgebiet entlang einer Bahnstrecke charakterisiert wird.

Tabelle 1: Allgemeine Daten nach [1]

Kennwert	Wert
Fläche	21,22 km ²
Einwohner	5.066
Bevölkerungsdichte	239 EW/km ²
Gemeindeteile	5
Wohnfläche	251.255 m ²
Wohnfläche je EW	49,6 m ²

Die Kommune ist eher ländlich geprägt. Rund 83 % der Fläche werden für Land- oder Forstwirtschaft genutzt. Die Flächen sind in Tabelle 2 bzw. Abbildung 2 dargestellt.

Tabelle 2: Flächen nach [1]

Nutzung	ha	Anteil
Siedlung	205	9,7 %
dar. Wohnbau	84	4,0 %
Industrie + Gewerbe	45	2,1 %
Verkehr	119	5,6 %
Vegetation	1.767	83,3 %
dar. Landwirtschaft	1.391	65,6 %
Wald	338	15,9 %
Gewässer	30	1,4 %
Gesamt	2.122	100 %

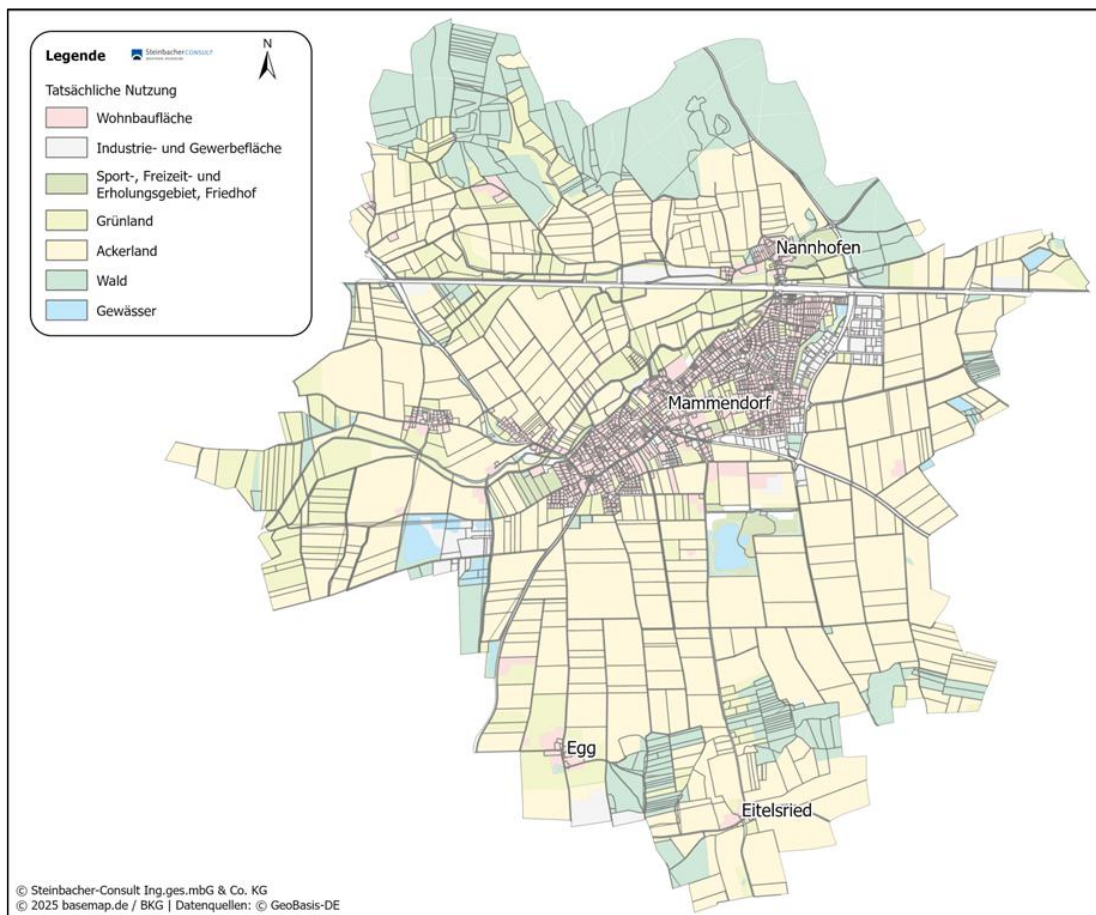


Abbildung 2: Nutzungstypen im Gemeindegebiet

3.2. Gebäudestruktur

Die Gebäudestruktur der Kommune spielt eine zentrale Rolle bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Wärmewende. Untersucht wird der gesamte Gebäudebestand innerhalb der Kommunengrenze nach folgenden Gesichtspunkten:

- **Gebäudenutzung** (Private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD), Industrie, öffentliche Liegenschaften)
- **Gebäudetyp** (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Büroähnlicher Betrieb etc.)
- **Gebäudealter**.

Die Datenquellen für diese Klassifizierung umfassen ALKIS-Daten (tatsächliche Nutzung) und LoD2-Daten (Gebäudemodelle), offene Datenquellen, Informationen der Kommune sowie Bebauungspläne.

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Gebäudetypen dargestellt. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden in Mammendorf 1.498 Gebäude berücksichtigt, wobei Einfamilienhäuser mit einem Anteil von 76 % klar dominieren. Auf den Sektor private Haushalte fallen in Summe die Mehrheit aller Gebäude. Die Aufteilung der Gebäude kann Abbildung 3 entnommen werden.

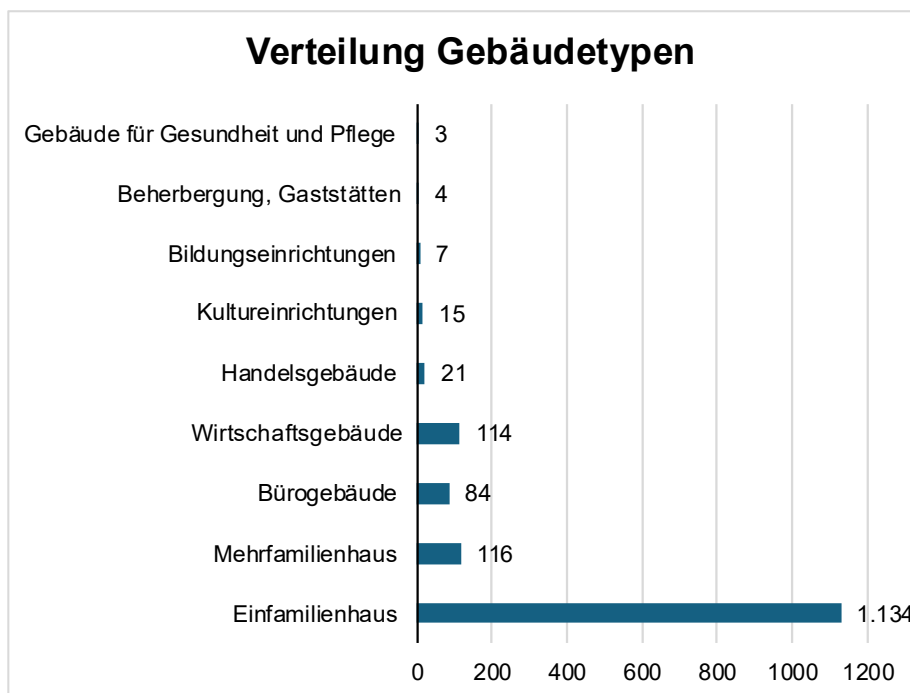


Abbildung 3: Verteilung Gebäudetypen

Abbildung 4 veranschaulicht die Verteilung nach Baualtersklassen. Bisschen weniger als die Hälfte (51 %) der Gebäude stammt aus der Zeit vor 1978 – also aus einer Phase, in der es noch keine verbindlichen Wärmeschutzvorgaben gab. Besonders viele Bauten (48 %) entstanden zwischen 1949 und 1978, wodurch gerade in diesem Segment erhebliche Potenziale für energetische Sanierungen bestehen. Abbildung 5 zeigt zusätzlich die kartografische Verteilung der überwiegenden Baualtersklassen.

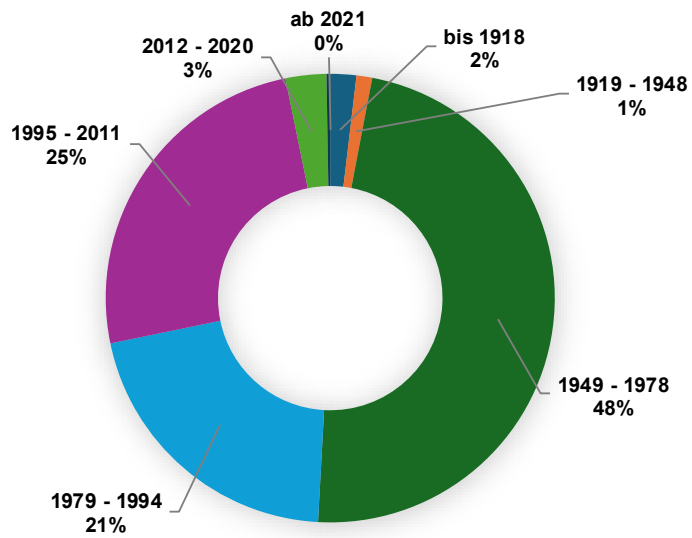


Abbildung 4: Verteilung Baualtersklassen

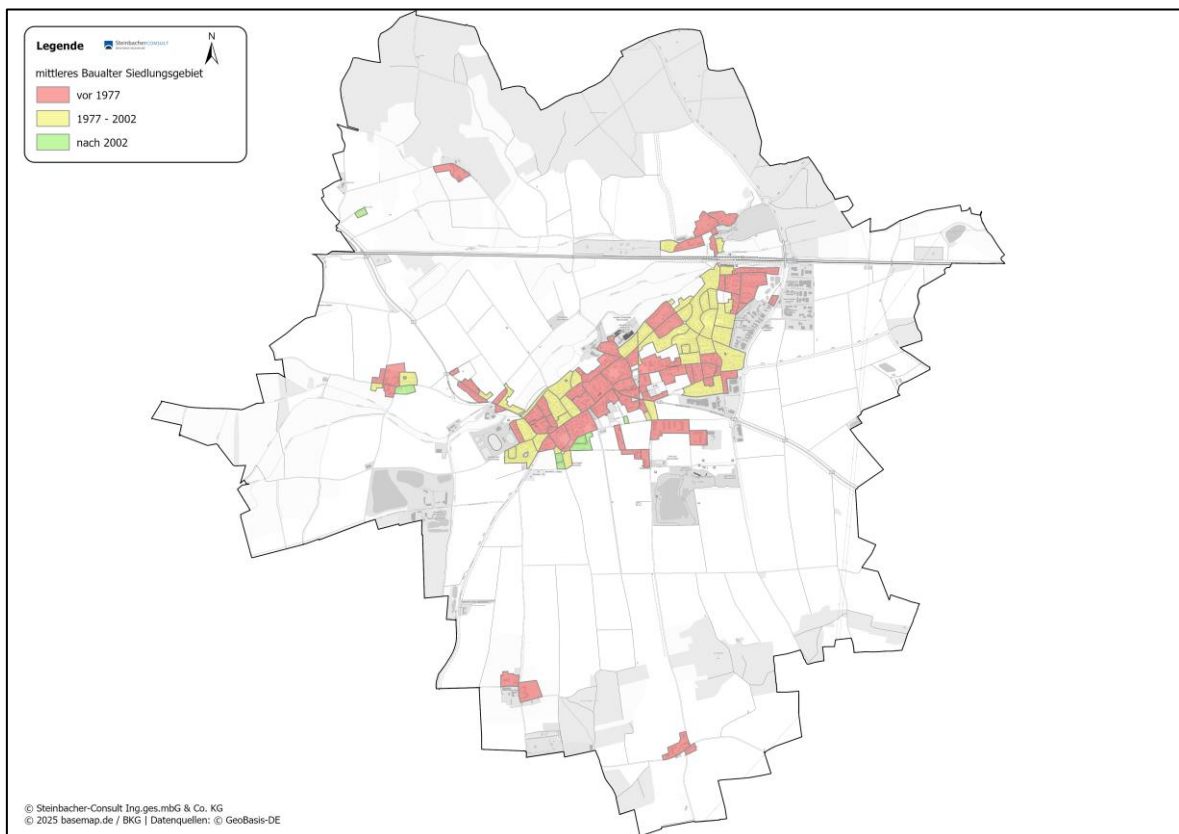


Abbildung 5: Überwiegende Baualtersklassen

3.3. Energieinfrastruktur

Im Rahmen der Analyse der bestehenden Energieinfrastruktur wurden Informationen aus folgenden Datenquellen eingeholt:

- Kehrbuchdaten vom Landesamt für Statistik
- Datenabfrage Stromnetzbetreiber
- Datenabfrage Gasnetzbetreiber
- Datenabfrage Wärmenetzbetreiber
- Datenabfrage Heiz(kraft)werkbetreiber
- Datenabfrage öffentliche Liegenschaften

3.3.1. Erdgasnetz

In Abbildung 6 sind die Gebiete dargestellt, die mit einem Erdgasnetz erschlossen sind. Die Gemeinde Mammendorf verfügt über ein von der Energienetze Bayern GmbH & Co. KG betriebenes Gasnetz. Etwa 45 % des gesamten Wärmeverbrauchs werden in der Gemeinde Mammendorf durch Erdgas, bzw. zum kleinen Teil aus Flüssiggas gedeckt.

Tabelle 3: Eckpunkte Gasnetz

Information	Mammendorf
Art	Erdgas
Jahre der Erstinbetriebnahmen	1983 - 2021
Trassenlänge ohne Netzan- schlüsse	22,7 km
Gesamtanzahl der Anschlüsse	801

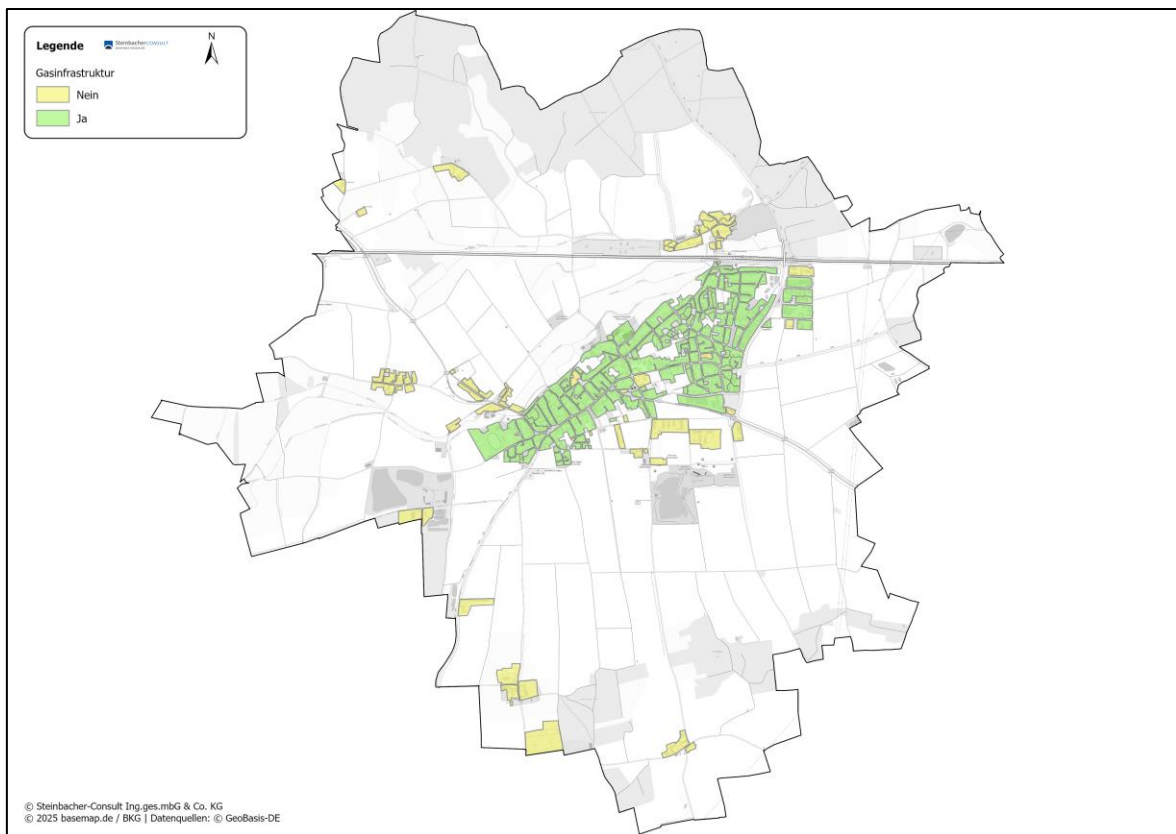


Abbildung 6: Mit Erdgas erschlossene Gebiete

3.3.2. Wärmenetz

In der Gemeinde Mammendorf werden aktuell zwei kleinere Nahwärmenetze privat betrieben (vgl. Tabelle 4). Als Hauptwärmeträger dient Biogas. Zum Bilanzjahr 2022 wurden dadurch 18 % des Gesamtwärmebedarfs über Nah- bzw. Fernwärme gedeckt. Davon wurden 100 % aus regenerativen Energieträgern gewonnen.

Tabelle 4: Eckpunkte Wärmenetze

Wärmenetze	Privates Wärmenetz
Leitungslänge [km]	Ca. 0,6
Anzahl Hausanschlüsse	4
Art	Wasser
Vorlauftemperatur [°C]	
Rücklauftemperatur [°C]	
Inbetriebnahme	2012
Energieträger	Biogas

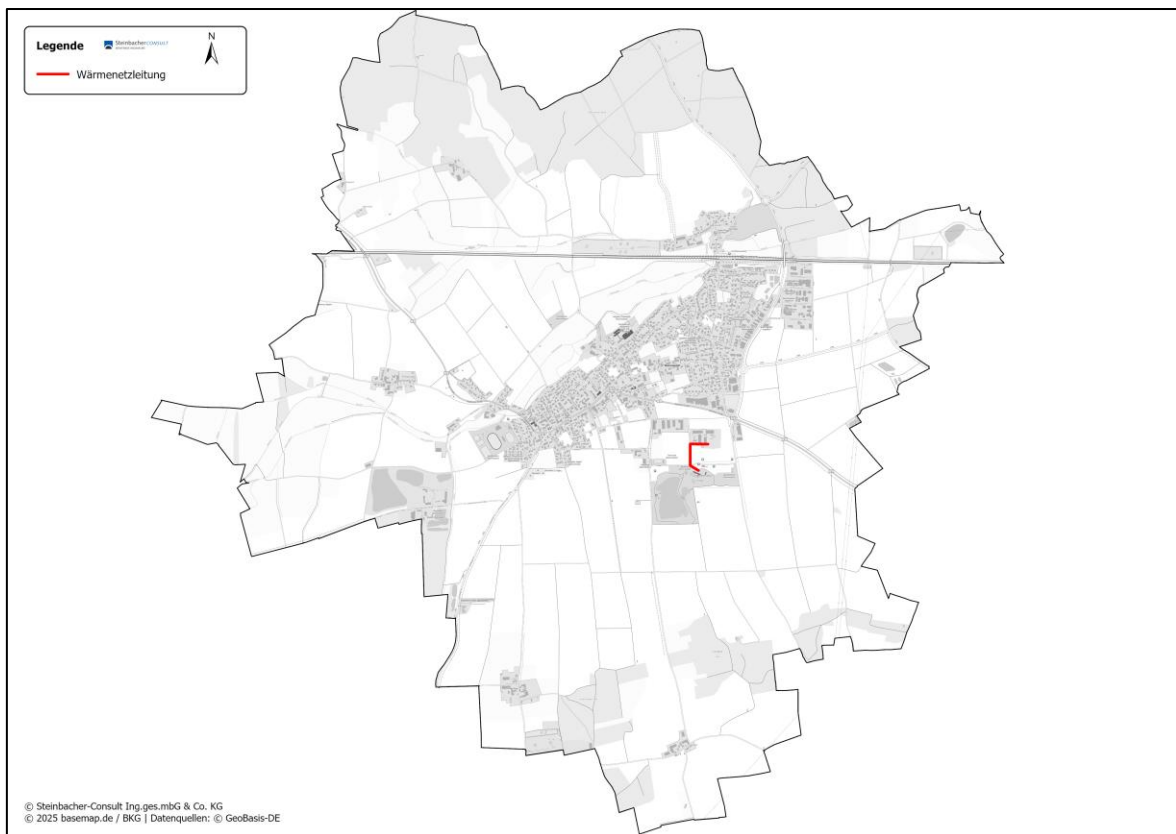


Abbildung 7: Energieinfrastruktur

3.3.3. Dezentrale Wärmeerzeuger

Aus Abbildung 8 ist zu erkennen, dass ca. 61 % der Gebäude mit Erdgas beheizt werden, gefolgt von Heizöl (25 %) und Wärmepumpen (8 %). Zentral werden durch Biomasse ca. 5 % der Gebäude versorgt und durch Flüssiggas 1 %.

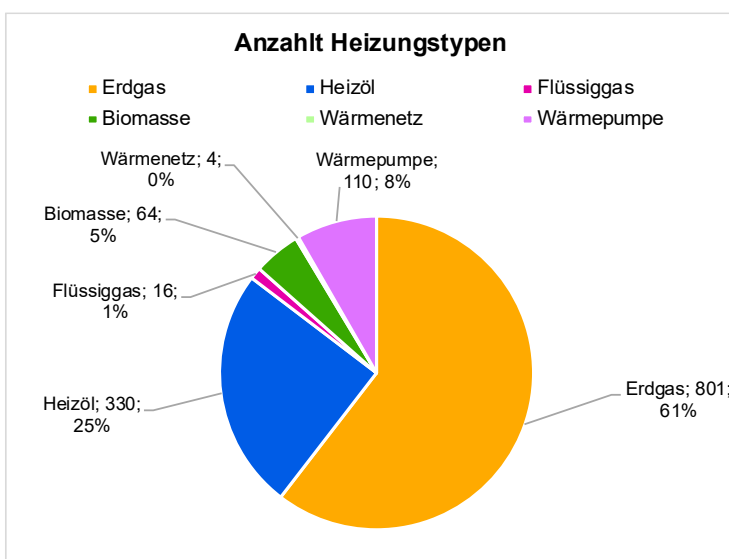


Abbildung 8: Verteilung Heizungstypen

Abbildung 9 zeigt die kartografische Verteilung der eingesetzten Heizungstypen je Baublock. Hauptsächlich werden Gas- & Heizölkessel eingesetzt und viele Einzelraumfeuerstätten mit Biomasse.

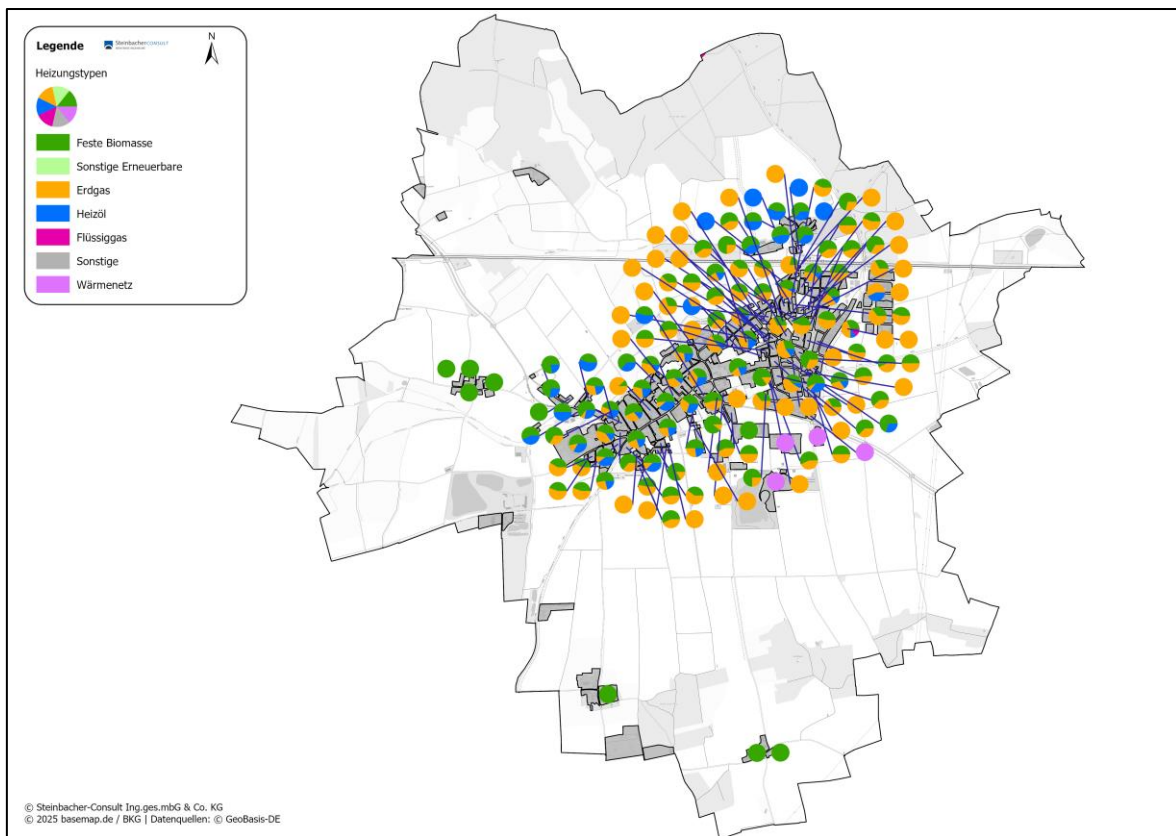


Abbildung 9: Eingesetzte Heizungstypen

3.4. Wärmebedarf

Der Begriff „Energie“ wird je nach Umwandlungsgrad in Primärenergie, Endenergie oder Nutzenergie unterteilt.

Primärenergie: Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht und noch keiner Umwandlung unterzogen ist (z.B. Rohöl, Solarstrahlung, Uran, Braunkohle etc.)

Endenergie: Der Teil der Primärenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten, z.B. in Form von Heizöl, Holzpellets oder Strom zur Verfügung steht.

Nutzenergie: Der Teil der Endenergie, welcher dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten innerhalb des Gebäudes für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht (z.B. Heizwärme etc.)

Bei der Ermittlung des Wärmebedarfs handelt es sich im Folgenden um Nutzenergie, d.h. es handelt sich um die tatsächlich benötigte Wärme, welche sich durch den Brennstoffverbrauch und den Wirkungsgrad der Heizanlage ergibt. Der Gesamtwärmebedarf besteht dabei aus dem Heizwärmebedarf sowie dem Warmwasserbedarf.

Auf Grundlage der Analyse der Gebäudestruktur (siehe Kapitel 3.2) wird der Wärmebedarf (= Nutzenergie) ermittelt.

Im ersten Schritt erfolgt eine modellbasierte Berechnung eines statistischen Wärmebedarfs für jedes Gebäude. Aus ALKIS-, LoD2- offenen Daten werden hierzu Faktoren wie Gebäudegeometrie, Baujahr und Nutzung individuell für jedes Gebäude ermittelt. Anhand spezifischer Wärmebedarfswerte [2] wird für jedes Gebäude ein statistischer Wärmebedarf ermittelt.

Anschließend werden die ermittelten Werte durch tatsächliche Verbrauchswerte präzisiert. Bei Gebäuden oder Baublocken, für die tatsächliche Verbrauchswerte aus Informationen der Versorger und Datenabfragen vorliegen, werden die tatsächlichen Verbräuche verwendet.

Der Gesamtwärmebedarf in Mammendorf beläuft sich derzeit auf 42,21 GWh pro Jahr.

Die Aufteilung des Gesamtwärmebedarfs auf die Sektoren Private Haushalte, GHD / Sonstiges, Industrie und öffentliche Liegenschaften ist in Abbildung 10 dargestellt. Demnach wird mit 26,80 GWh/a (= 63,5 %) der Großteil der Wärme von den privaten Haushalten benötigt, gefolgt von GHD / Sonstiges mit 12,94 GWh/a (= 30,7 %) und den öffentlichen Liegenschaften mit 2,47 GWh/a (= 5,8 %).

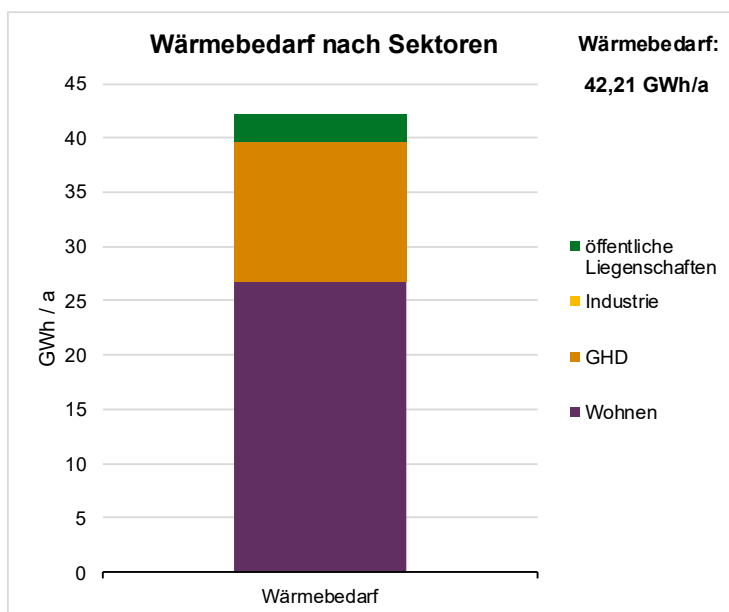


Abbildung 10: Aufteilung Wärmebedarf nach Sektoren

In Abbildung 11 ist die Wärmebedarfsdichte kartografisch dargestellt. Unter Wärmebedarfsdichte versteht man die Summe der Wärmebedarfe aller Gebäude innerhalb eines bestimmten Gebietes (Baublock) dividiert durch die Fläche des Baublocks in ha. Die Darstellung der baublockbezogenen Wärmebedarfsdichte dient zur Anonymisierung der gebäudebezogenen Wärmebedarfswerte sowie zur Identifizierung von Gebieten mit einem besonders hohen Wärmebedarf, die sich potenziell für den Bau von Wärmenetzen eignen.

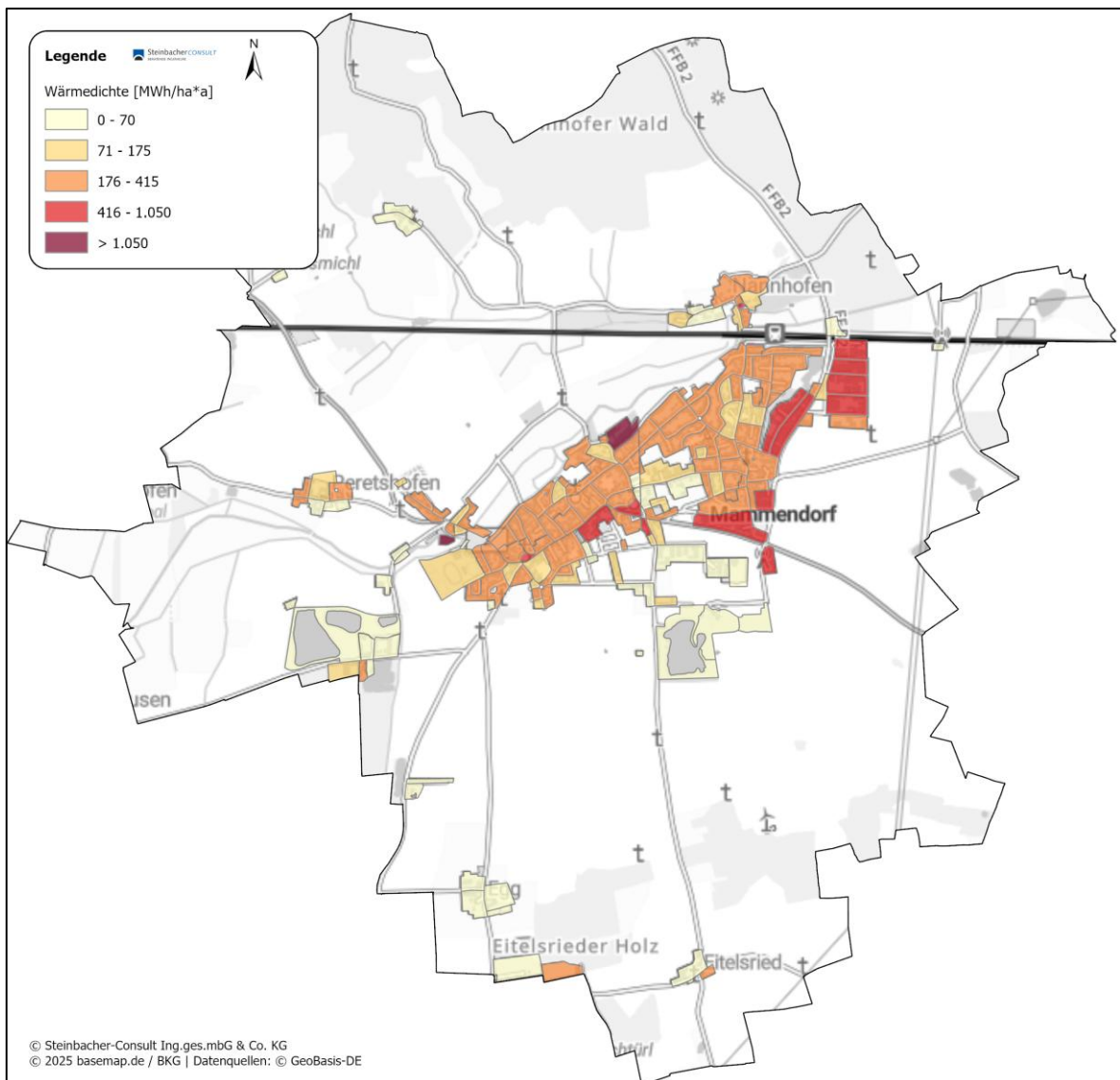


Abbildung 11: Wärmebedarfsdichte

Eine ähnliche Darstellungsform ist die sogenannte Wärmelinien-dichte, welche in Abbildung 12 kartografisch dargestellt wird. Unter Wärmelinien-dichte versteht man die Summe der Wärmebedarfe aller Gebäude entlang eines Straßenzuges dividiert durch die Trassenlänge eines fiktiven Wärmenetzes entlang dieses Straßenzuges. Diese Darstellung der trassenbezogenen Wärmelinien-dichte ist insbesondere relevant zur Ausweisung von Wärmenetzgebieten im Rahmen des Zielszenarios.

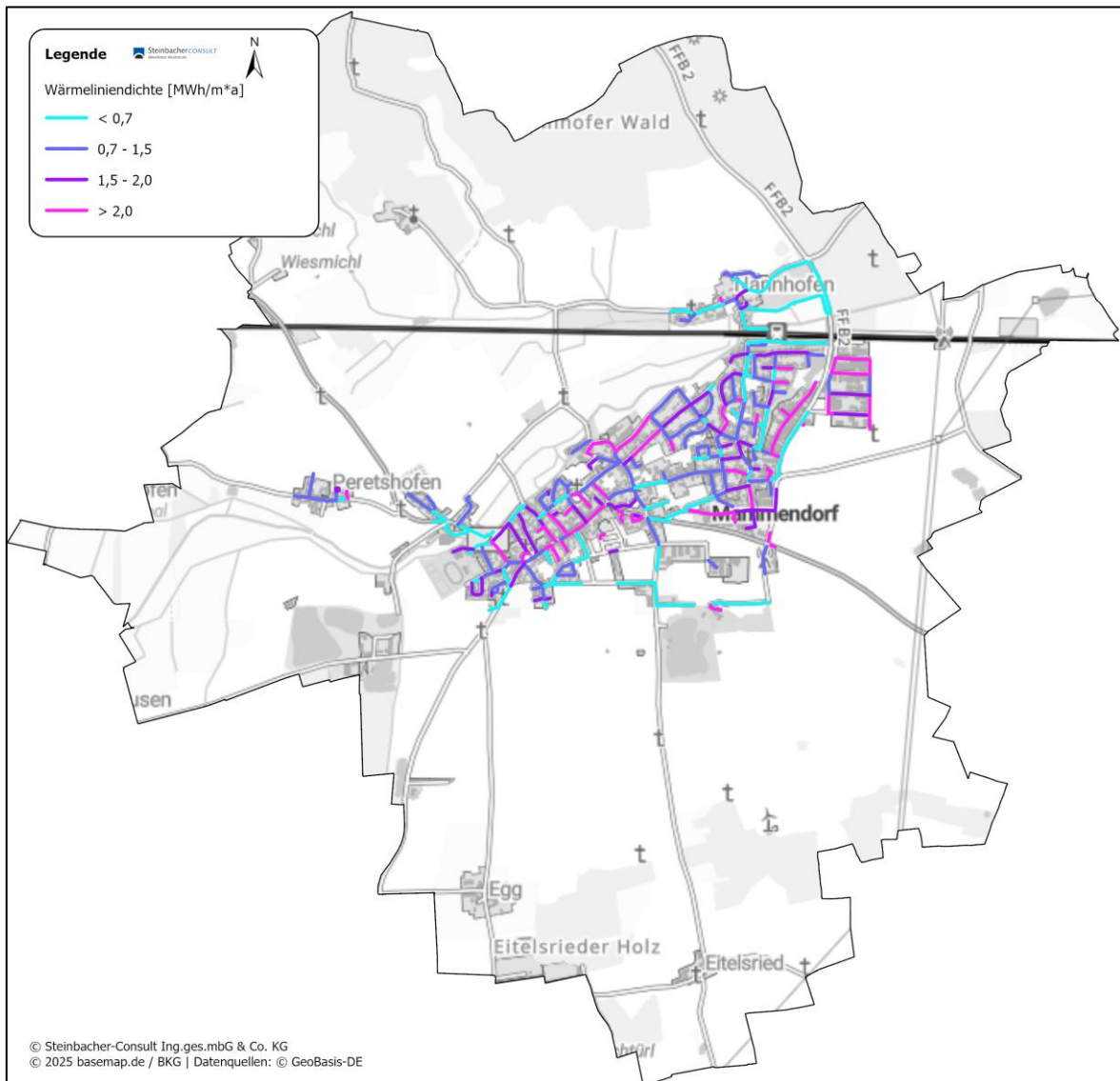


Abbildung 12: Wärmelinien-dichte

Es ist zu erkennen, dass vor allem diejenigen Siedlungseinheiten mit Großverbrauchern oder mit relativ dichter Bebauung bzw. großen Gebäuden einen vergleichsweise hohen Wärmebedarf besitzen. Siedlungseinheiten mit einem hohen Anteil an neuen Ein- und Zweifamilienhäusern bzw. einer eher lockeren Bebauung haben hingegen eine geringe Wärmebelegungs-dichte. Zudem sind auch klar die Bereiche zu erkennen, in den Gebäude älteren Baualters vorhanden sind.

3.5. Energie- und Treibhausgasbilanz

3.5.1. Endenergieverbrauch

Die Energie- und Treibhausgasbilanz zeigt den aktuellen Endenergieverbrauch für Wärme und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen. Insgesamt liegt der Endenergieverbrauch im erfassten Zustand bei 45,09 GWh/a.

In Abbildung 13 ist eine Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern dargestellt. Es ist zu erkennen, dass Erdgas mit 23,28 GWh/a (= 51,6 %) den größten Teil einnimmt, gefolgt von Heizöl

mit 14,74 GWh/a (= 32,7 %). Biomasse macht einen Anteil von 7,9 % aus, während die restlichen Energieträger zusammen nur einen kleinen Teil von 7,8 % einnehmen.

Die fossilen Energieträger (Erdgas, Heizöl und Flüssiggas) nehmen zusammen 85,6 % ein.

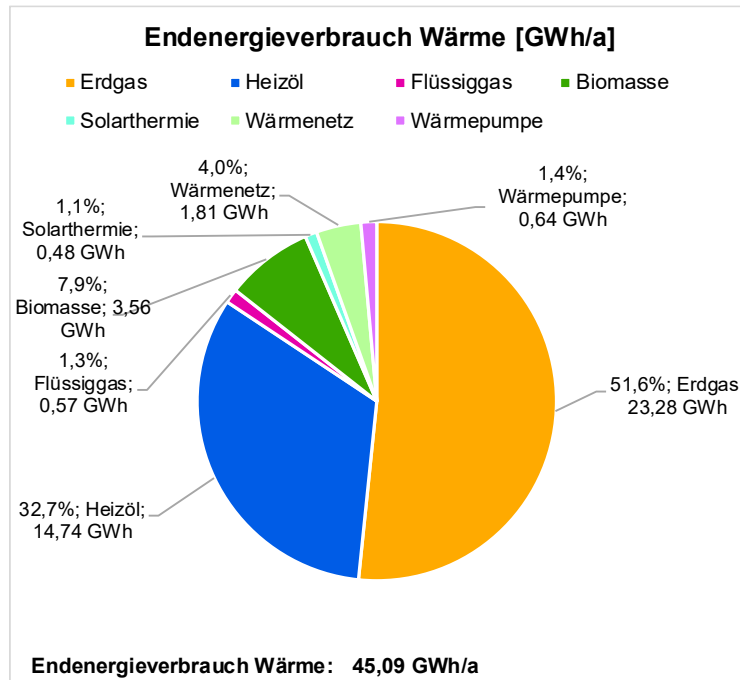


Abbildung 13: Endenergieverbrauch nach Energieträgern

3.5.2. Treibhausgasemissionen

Die Dominanz der fossilen Energieträger spiegelt sich auch in den Treibhausgasemissionen wider. In Summe werden 10.848 t CO₂e/a im Bereich Wärme emittiert.

Die Emissionen der verschiedenen Energieträger ergeben sich sowohl aus den stark variierenden Verbrauchsmengen zur Wärmeerzeugung als auch aus den unterschiedlichen Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger (siehe Tabelle 5). Fossile Brennstoffe sind dabei besonders emissionsintensiv, wobei Heizöl im Vergleich zu Erdgas eine noch höhere CO₂-Belastung aufweist. Erneuerbare Energien hingegen verursachen deutlich geringere Emissionen. So führt die Nutzung von Holz lediglich zu etwa 7 % der Treibhausgasemissionen, die durch Heizöl entstehen. Dennoch gilt Holz nicht als vollständig klimaneutral, da durch Transport und Verarbeitung zusätzliche CO₂-Emissionen freigesetzt werden.

Tabelle 5: Emissionsfaktoren der wesentlichen Energieträger in gCO₂e/kWh nach [2]

Energieträger	2025	2030	2035	2040	2045
Heizöl	310	310	310	310	310
Erdgas	240	240	240	240	240
Holz	20	20	20	20	20
Biogas	140	140	140	140	140
Abwärme aus Prozessen	40	40	40	40	40
Strom-Mix-D	328	103	49	27	25

In Abbildung 14 ist eine Aufteilung der Emissionen nach Energieträgern dargestellt. Es ist zu erkennen, dass mit 5.587 t/a (= 52 %) Erdgas den größten Teil einnimmt, gefolgt von Heizöl mit 4.570 t/a (= 42 %).

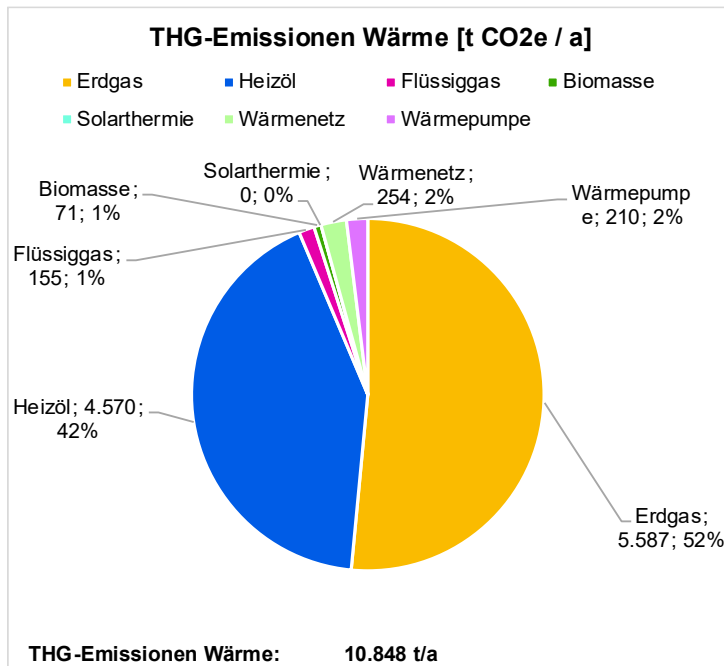


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

3.6. Kennwerte und Zwischenfazit Bestandsanalyse

Um die in der Bestandsanalyse aufgenommenen Daten besser interpretieren und einschätzen zu können, wurden Kennzahlen gebildet und mit den Durchschnittswerten verglichen, siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Kennzahlen

Kennzahl	Gemeinde Mammendorf	Schätzbilanz Bayern 2024
Endenergieverbrauch Wärme pro Kopf [kWh/EW*a]	9.046	13.325
- Haushalte und öffentliche Liegenschaften [kWh/EW*a]	6.273	
- GHD und Industrie [kWh/AN*a]	8.841	
Treibhausgasemissionen Wärme pro Kopf [t/EW*a]	2,2	
- Haushalte und öffentliche Liegenschaften [t/EW*a]	1,5	
- GHD und Industrie [t/AN*a]	2,1	
Endenergieverbrauch Wärme Wohngebäude pro Wohnfläche [kWh/m ² *a]	113	
Anteil EE am Endenergieverbrauch Wärme [%]	14,4	29,5

Der bilanzierte Gesamtwärmeverbrauch liegt bei 45,09 GWh/a und liegt damit bei 9.046 kWh/EW*a. Der Anteil an erneuerbaren Energien mit ca. 14,4 % liegt unter dem bayerischen Durchschnitt.

Zusammenfassend sind nach der Bestandsanalyse folgende Punkte festzuhalten:

- Die Haushalte dominieren mit GHD den Wärmeverbrauch.
- Erdgas und Heizöl dominieren den Endenergieverbrauch und die THG-Emissionen.

Bis zum Jahr 2045 soll die Wärmeversorgung klimaneutral sein. Die Bestandsanalyse verdeutlicht die Herausforderung, die damit verbunden ist. Aktuell werden erst 14,4 % der Wärmeversorgung auf Basis klimaneutraler Energieträger bereitgestellt.

4. Potenzialanalyse

4.1. Allgemeines

Im Folgenden werden die verfügbaren Potenziale für Energieeinsparung, Effizienzsteigerung (Abwärmennutzung) und erneuerbarer Energien abgeschätzt. Bei den Energieträgerpotenzialen wird zumeist unterschieden in:

- Theoretisches Potenzial
- Technisches Potenzial
- Wirtschaftliches/Ökonomisches Potenzial
- Erschließbares Potenzial

Theoretisches Potenzial

Das theoretische Potenzial umfasst das gesamte physikalische Angebot einer erneuerbaren Energiequelle oder eines nachwachsenden Rohstoffs. Das theoretische Potenzial stellt damit eine Art Obergrenze des maximal möglichen Nutzungspotenzials dar und kann in der Regel nur zu einem Teil erschlossen werden. Die limitierenden Faktoren sind strukturelle, technische, ökologische, rechtliche und administrative Randbedingungen.

Technisches Potenzial

Das technische Potenzial umfasst den Teil des theoretischen Potenzials, der sich unter Berücksichtigung der derzeitigen Techniken nachhaltig nutzen lässt. Bei der Abschätzung des technischen Potenzials spielt die Verfügbarkeit von Flächen eine wesentliche Rolle, wobei oft auf eine vereinfachte Annahme zur Abschätzung zurückgegriffen wird. Das technische Potenzial wird durch folgende Faktoren begrenzt:

- Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen unter Erhaltung der natürlichen Kreisläufe
- Kein Raubbau, z.B. am Humusgehalt
- Einhaltung ökologischer Grenzen z.B. durch Bodenerosion
- Technische Einschränkungen und Verluste bei der Energie- oder Rohstoffumwandlung
- zeitliches und räumliches Ungleichgewicht zwischen Energieangebot und Energiebedarf, bzw. Rohstoffangebot und -nachfrage

Wirtschaftliches/Ökonomisches Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial wiederum ist eine Teilmenge des technischen Potenzials und stellt das Potenzial dar, welches unter den derzeit existierenden energiewirtschaftlichen Randbedingungen ökonomisch sinnvoll genutzt werden kann. Das wirtschaftliche Potenzial an erneuerbaren Energien wird maßgebend von den Preisen konventioneller Energiesysteme und von politischen Rahmenbedingungen bestimmt. Als wirtschaftlich gelten erneuerbare Energien dann, wenn deren spezifische Energiekosten niedriger als bei konventionellen Energiesystemen sind. Das ökonomische Potenzial hängt damit maßgebend von den Annahmen und Prognosen zur Kostenentwicklung ab.

Erschließbares Potenzial

Das erschließbare Potenzial wiederum ist ein Teil des wirtschaftlichen Potenzials, von dem ausgegangen werden kann, dass es tatsächlich genutzt wird. Unter Umständen ist das erschließbare Potenzial – aufgrund von Subventionierungen – auch größer als das wirtschaftliche Potenzial. Wegen mangelnder Information, rechtlichen oder administrativen Begrenzungen oder limitierenden Herstellungskapazitäten ist das erschließbare Potenzial zumeist kleiner als das wirtschaftliche Potenzial.

Im Folgenden wird nur das technische Potenzial betrachtet. Bei der Ermittlung des wirtschaftlichen und des erschließbaren Potenzials ist eine exakte Betrachtung der Vorort bestehenden Rahmenbedingungen nötig. Daher sind zur Ermittlung der wirtschaftlichen und erschließbaren Potenziale konkrete Machbarkeitsstudien im Rahmen der Projektumsetzung nötig. Bei der Ermittlung des technischen Potenzials, welches im Mittelpunkt der nachfolgenden Betrachtungen stehen soll, wird grundsätzlich von Anlagenkonzepten bzw. Systemen ausgegangen, welche derzeit Stand der Technik sind. Bei der Potenzialabschätzung müssen vielfach Annahmen getroffen werden, welche einen großen Einfluss auf die Höhe des jeweiligen Energieträgerpotenzials haben. So erfahren beispielsweise Biomassen konkurrierende Nutzungen (energetisch und stofflich, Nahrungs- und Futtermittel). Innerhalb der energetischen Nutzung wiederum können Biomassen in Feuerungsanlagen oder Biogasanlagen Verwendung finden (z.B. Stroh). Ähnliches gilt für das Solarpotenzial, welches zur Wärmegewinnung (Solarthermie) oder zur Stromproduktion (Photovoltaik) genutzt werden kann. Auch ist die Ableitung des Energiegehalts von vielen Faktoren (z.B. Wassergehalt, Heizwert) abhängig, welche nachfolgend durch Annahmen abgeschätzt werden müssen. Daher können sich die jeweiligen Energiepotenziale je nach getroffener Annahme, in die eine oder andere Richtung verschieben.

Energienutzungsplan Landkreis Fürstenfeldbruck

Für den Landkreis Fürstenfeldbruck wurde ein digitaler Energienutzungsplan (ENP) von der Firma Eni-ano [3] erstellt. Für die folgenden Abschnitte wurden die Potentialdaten aus Energienutzungsplan übernommen:

- PV- und Solarthermie auf Dachflächen
- Holzartige Biomasse und Biogas

4.2. Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Die Möglichkeiten zur Einsparung von Heizenergie und Warmwasser hängen von verschiedenen Faktoren ab, insbesondere von der Gebäudenutzung (z. B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus oder Nichtwohngebäude), dem Baujahr und dem aktuellen Sanierungszustand. Basierend auf diesen Kriterien lassen sich Zielwerte für den Wärmebedarf definieren, die durch umfassende Sanierungsmaßnahmen erreicht werden können. Entsprechende Vorgaben und Empfehlungen wurden dem Technikkatalog [2] entnommen.

Auf Grundlage der vorangegangenen Bestandsanalyse wurde das technisch maximale Einsparpotenzial für den Wärmebedarf bestehender Gebäude (Wohngebäude und büroähnliche Nutzung) berechnet. Hierbei werden alle Gebäude berücksichtigt, die über den angestrebten Zielwerten liegen. Allerdings geht diese Berechnung davon aus, dass sämtliche Gebäude vollständig saniert werden – was in der Realität oft nicht der Fall sein wird.

Für eine realistische Einschätzung der Einsparmöglichkeiten müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, darunter:

- **Bauliche und wirtschaftliche Einschränkungen:** Nicht alle Gebäude können problemlos saniert werden. Denkmalgeschützte oder technisch schwer modernisierbare Gebäude sowie wirtschaftliche Aspekte beeinflussen die Umsetzbarkeit.
- **Effizienz der Wärmeversorgung:** Damit Gebäude effizient beheizt werden können, sollte die Sanierung auf Niedertemperaturheizsysteme (max. 55 °C Vorlauftemperatur) ausgerichtet sein.
- **Sanierungsentscheidungen und Einflussfaktoren:** Ob und wann Sanierungen durchgeführt werden, entscheiden die Eigentümerinnen und Eigentümer individuell. Häufig erfolgt dies anlassbezogen, beispielsweise bei einem Eigentümer- oder Mieterwechsel oder wenn ohnehin Renovierungen geplant sind. Dabei spielen gesetzliche Vorgaben und finanzielle Anreize eine große Rolle.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird jedem Gebäude ausgehend von seiner Baualterklasse separat sein Sanierungspotenzial zugewiesen. Hierzu wurden die Reduktionswerte des Technikcatalogs [2] verwendet. Es wird in die zwei unterschiedlichen Szenarien **Energieeffizienz hoch und niedrig** unterschieden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 15 dargestellt. Bei vollständiger Nutzung der Sanierungspotenziale kann in Abhängigkeit von der Sanierungstiefe bzw. dem erzielten Effizienzstandard der Wärmebedarf auf 25,17 bzw. 31,47 GWh/a reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion von 25 - 40 %. Gemäß dem Technikcatalog [2] entsprach die mittlere Reduktion von 2016 bis 2024 bei Einfamilienhäusern ca. 0,8%/a und bei Mehrfamilienhäusern sowie Nichtwohngebäuden ca. 1,0%/a. So liegt das realistische Einsparpotential bei ca. 17 % bis 2045.

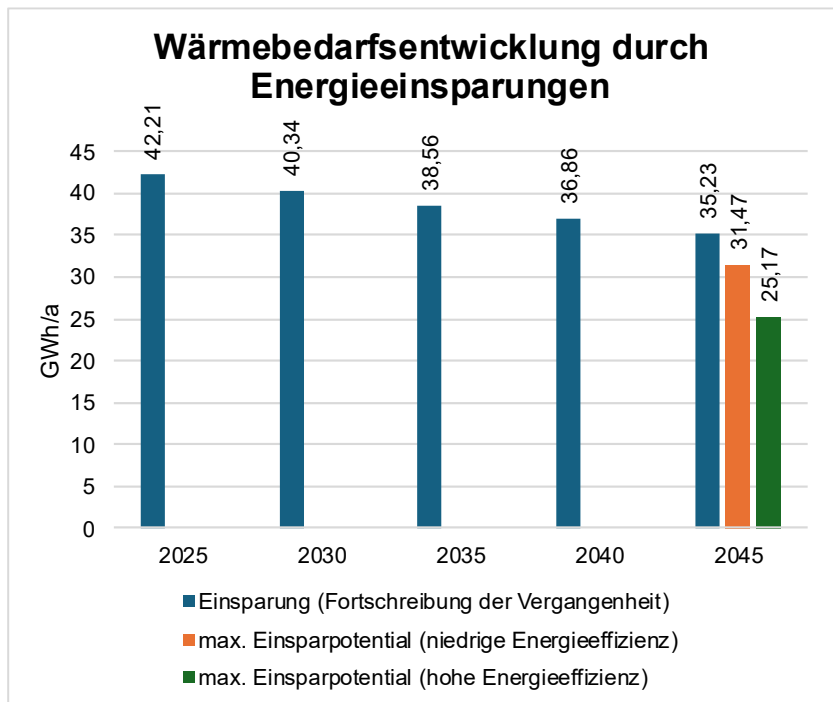


Abbildung 15: Wärmebedarfsentwicklung durch Energieeinsparungen

4.3. Solarenergie auf Dachflächen

Auf Basis der 3D-Gebäudemodelle wurden im ENP [3] der Ertrag für Solarthermie- & Photovoltaikanlagen mit der einfallenden Sonneneinstrahlung, Ausrichtung, Neigung, Verschattung und Wirkungsgraden berechnet. Das Solarthermie-Potential ist dabei auf das Deckungsziel von 50% des Warmwasserbedarf für private Haushalte begrenzt.

Die technischen Potenziale sind in Abbildung 16 dargestellt. So könnten 1,44 GWh/a durch Solarthermieanlage oder 31,11 GWh/a durch Photovoltaik erzeugt werden. Aktuell werden ca. 33 % bzw. 19 % des verfügbaren Potenzials genutzt. Folglich besteht hier noch großes Ausbaupotenzial.

Zu berücksichtigen ist hier insbesondere, dass bei der Ausweisung der Potenziale die individuelle Eignung (z.B. Statik, Installationsmöglichkeiten etc.) nicht berücksichtigt ist. Zudem werden die Potenziale insbesondere im Sommer zur Verfügung stehen, wo die Wärmenachfrage entsprechend gering ist.

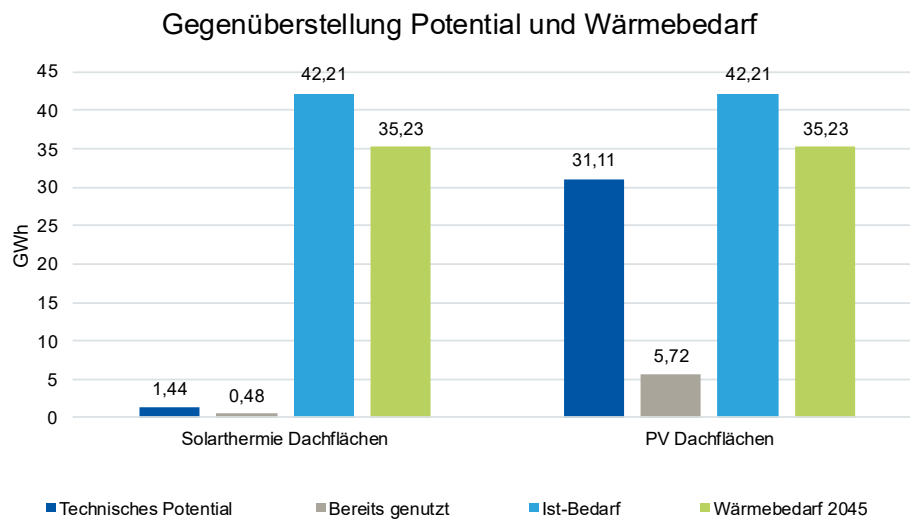


Abbildung 16: Dachflächenpotenzial

4.4. Geothermie

4.4.1. Allgemeines

Geothermische Energie oder Erdwärme wird definiert als die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Die Erdwärme stammt dabei zu etwa einem Drittel aus der Bildungszeit der Erde und zu etwa zwei Dritteln aus dem natürlichen radioaktiven Zerfall in der Erdkruste. Durch das Temperaturgefälle zwischen Erdinnerem und Erdoberfläche wird Erdwärme ständig aus der Tiefe „nachgeliefert“ (geothermischer Wärmefluss). Im oberflächennahen Bereich (von ca. 10 bis 20 m Tiefe) wird der Wärmehaushalt durch die Sonneneinstrahlung sowie durch Sicker- und Grundwasser beeinflusst. In diesem Bereich ist die Temperatur jahreszeitenabhängig. In Tiefen ab etwa 20 m ist die Temperatur jahreszeitenunabhängig und relativ konstant. Der geothermische Gradient, also die Temperaturzunahme mit der Tiefe liegt in weiten Teilen Bayerns bei ca. 3 °C pro 100 m. Unter Geothermie wird die technische Nutzung dieser natürlichen Erdwärme zur Energiegewinnung verstanden.

Einsatzgebiete von geothermischen Anlagen sind:

- Wärmeversorgung von einzelnen Gebäuden oder an Nah- bzw. Fernwärmenetze angeschlossene Siedlungs- und Gewerbe- bzw. Industriegebiete
- Kühlung von Gebäuden und Industrieanlagen
- Wärme- und Kältespeicherung im Untergrund

Der große Vorteil der Geothermie ist, dass sie im Gegensatz zu anderen regenerativen Energieträgern wie beispielsweise Solar- und Windenergie unabhängig von der Tages- bzw. Jahreszeit und meteorologischen Verhältnissen kontinuierlich Energie liefern kann.

Unterteilt wird die Geothermie in oberflächennahe Geothermie und in Tiefengeothermie:

- Oberflächennahe Geothermie: Erdwärmenutzung bis ca. 400 m Tiefe

- Tiefengeothermie: Erdwärmenutzung ab etwa 400 m Tiefe bis hin zu mehreren 1.000 m Tiefe. Die derzeit technische Grenze liegt bei ca. 7.000 m.

Bei der oberflächennahen Geothermie ist aufgrund der niedrigen vorliegenden Temperaturen von durchschnittlich 8 – 12 °C der Einsatz einer Wärmepumpe erforderlich, um die Temperatur auf ein nutzbares Niveau anzuheben. Je niedriger sich das benötigte Temperaturniveau darstellt, desto effizienter kann die Wärmepumpe betrieben werden. Demnach ist die Nutzung von oberflächennaher Geothermie insbesondere in Gebäuden mit niedrigen Vorlauftemperaturen (Flächenheizung) sinnvoll. Folglich bietet sich diese Energieform insbesondere bei Neubauten an.

Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme kann durch drei verschiedene Systeme erfolgen:

- Erdwärmekollektoren: horizontal, in etwa ein bis zwei Metern Tiefe eingebrachte Flächenkollektoren
- Erdwärmesonden: vertikal bis in einer Tiefe von etwa 200 m eingebaute Wärmetauscher
- Grundwasserbrunnen

4.4.2. Erdwärmekollektoren

Die Wärme, welche von Erdwärmekollektoren genutzt wird, stammt im Wesentlichen aus der von der Sonne eingestrahnten Energie (indirekte Nutzung der Sonnenenergie). Der geothermische Wärmefluss kann hingegen vernachlässigt werden. Deshalb sind Erdwärmekollektoren beinahe unbegrenzt einsetzbar, soweit es die Platzverhältnisse zulassen. Die Temperaturen sind allerdings stark jahreszeitlich abhängig und liegen in der Regel zwischen 0 und +10°C. Daraus ergibt sich der Nachteil, dass im Winter beim größten Wärmebedarf ungünstige Wärmekollektortemperaturen vorliegen. Zu beachten ist des Weiteren, dass die Kollektorflächen nicht überbaut bzw. versiegelt werden dürfen. Aufgrund des hohen Platzbedarfs (etwa 1,5 – 2-fache beheizte Fläche) werden heute häufig auch sogenannte Erdwärmekörbe eingebaut. Eine wasserrechtliche Genehmigung ist nur in Ausnahmefällen erforderlich.

Zur Potenzialermittlung wurde die thermische Entzugsenergie aus dem Energieatlas Bayern [4] herangezogen und jedem bebauten Grundstück ein individuelles Potenzial zugewiesen (vgl. Abbildung 17). Die verfügbaren Flächen wurden wie folgt ermittelt:

- Mindestabstand zu Gebäude 1 m
- Abstand zu Grundstücksgrenze 1 m.
- Pauschaler Abminderungsfaktor 0,6 (wegen überbauter bzw. nicht nutzbarer Fläche)

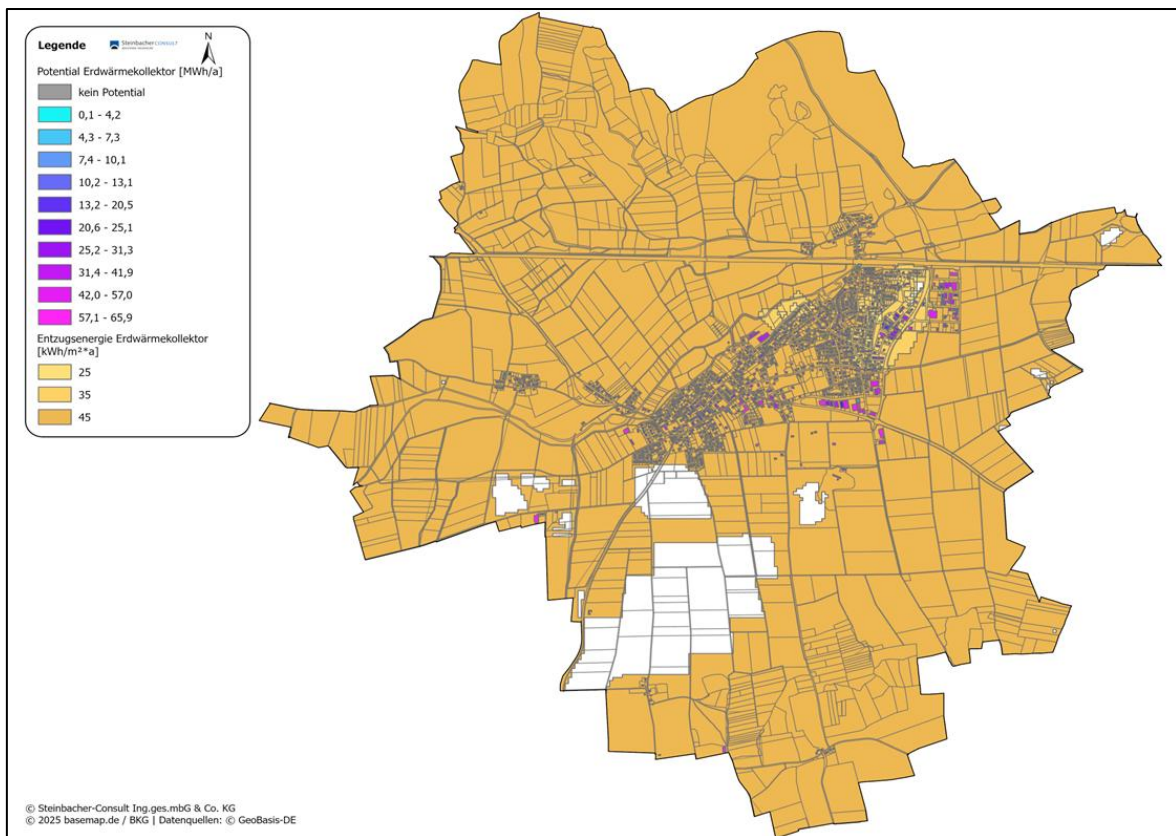


Abbildung 17: Entzugsenergie Erdkollektoren

Für die Berechnung des technischen Potenzials wird für die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl JAZ = 3,15 angenommen.

In Abbildung 18 ist das Potenzial für Erdwärmekollektoren dargestellt. In Summe könnten 22,30 GWh/a durch Erdwärmekollektoren generiert werden, was knapp 53 % des aktuellen Bedarfs entspricht.

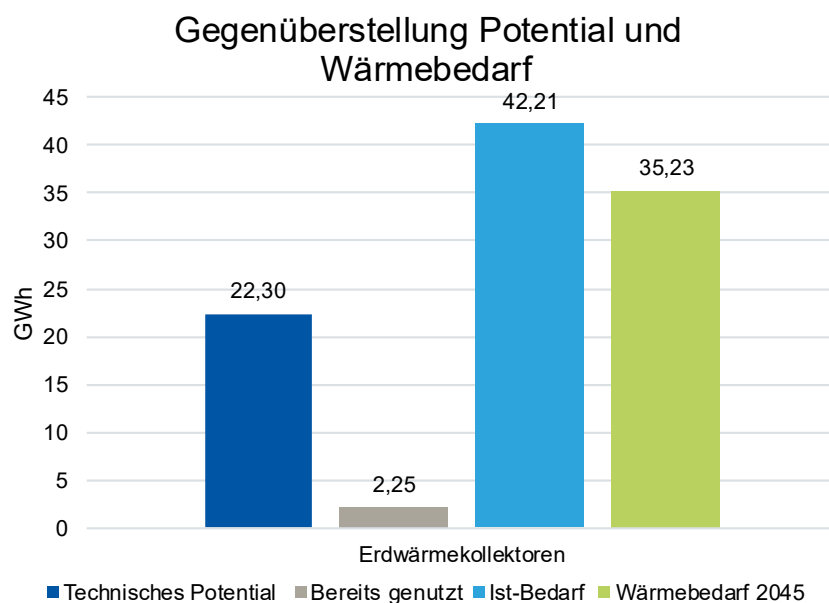


Abbildung 18: Potenzial Erdkollektoren

4.4.3. Erdwärmesonden

Erdwärmesonden nutzen den geothermischen Wärmefluss und arbeiten mit weitgehend konstanten Temperaturbedingungen. Erdwärmesonden benötigen stets eine Bohr- und Nutzungsanzeige bei der Kreisverwaltungsbehörde. Sind sie ins Grundwasser eingebracht, benötigen sie zusätzlich eine wasserrechtliche Erlaubnis. In Wasserschutzgebieten ist ihr Einsatz unzulässig. Der Einsatz von Erdwärmesonden ist in großen Teilen Bayerns prinzipiell möglich. Allerdings ist die nutzbare Wärmemenge stark vom Untergrund abhängig. So weisen beispielsweise trockene Sande und Kiese eine äußerst schlechte Wärmeleitfähigkeit auf. Neben der Bodenbeschaffenheit sind insbesondere der Schichtenaufbau und die Grundwasserverhältnisse von entscheidender Bedeutung.

Zur Potenzialermittlung wurde die thermische Entzugsleistung aus dem Energieatlas Bayern [4] herangezogen und jedem bebauten Grundstück ein individuelles Potenzial zugewiesen (vgl. Abbildung 19). Die Anzahl an möglichen Sonden pro Grundstück wurden wie folgt ermittelt:

- Mindestabstand zu Gebäude 1 m
- Abstand zu Grundstücksgrenze 3 m.
- Abstand zwischen den Sonden 6 m.

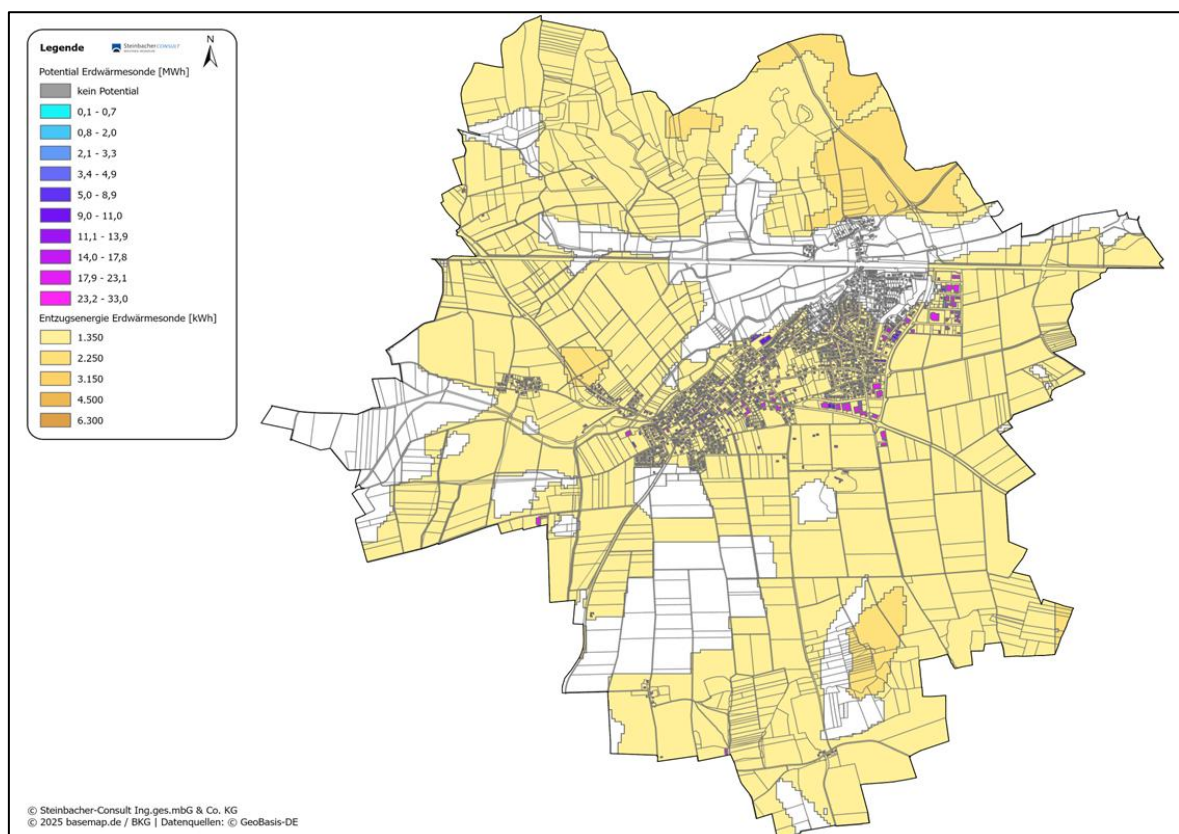


Abbildung 19: Entzugsleistung Erdsonden

Für die Berechnung des technischen Potenzials wird für die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl JAZ = 3,15 angenommen.

In Abbildung 20 ist das Potenzial für Erdwärmesonden dargestellt. Es ist zu erkennen, dass 10,53 GWh/a durch Erdwärmesonden generiert werden könnten, was ca. 25 % des Ist-Bedarfs entspricht.

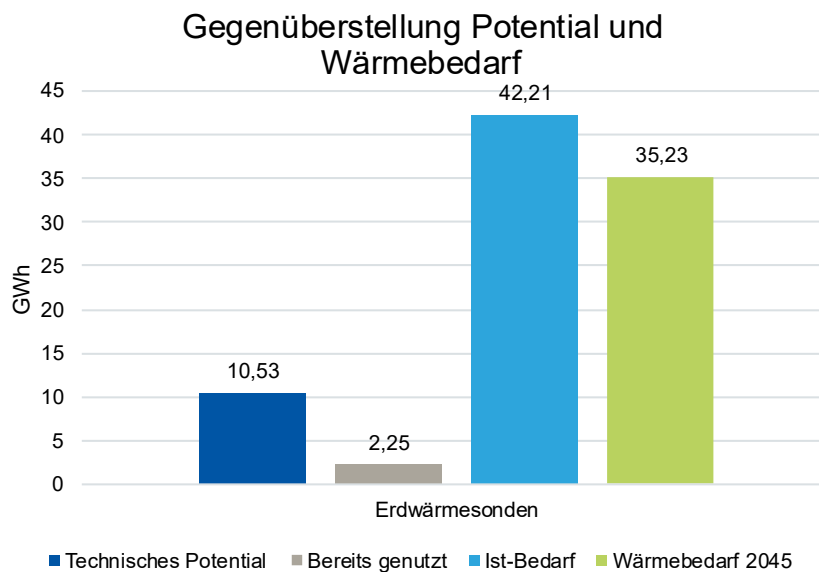


Abbildung 20: Potenzial Erdsonden

4.4.4. Grundwasserwärmepumpe

Bei der Nutzung von oberflächennaher Geothermie über Grundwasserbrunnen wird das oberflächennahe Grundwasser über einen Förderbrunnen dem Grundwasserleiter (Aquifer) entnommen, direkt zur Wärmepumpe gefördert und über einen Schluckbrunnen dem Aquifer wieder zugeführt. Um einen thermischen Kurzschluss zu verhindern, müssen die beiden Brunnen in einem ausreichend großen Abstand in Fließrichtung gebohrt werden. Das Temperaturniveau im Grundwasser ist über das Jahr hinweg vergleichsweise konstant und auf einem meist vergleichsweise hohen Temperaturniveau von ca. 8 – 10 °C. Aus diesem Grund können Grundwasserbrunnenanlagen hohe Jahresarbeitszahlen und damit wirtschaftliche Vorteile gegenüber Erdwärmesondenanlagen erreichen. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze von Grundwasserbrunnen liegt aufgrund der mit der Tiefe steigenden Brunnenbau- und Betriebskosten je nach Anlage und Standortverhältnissen erfahrungsgemäß bei 20 - 50 m. Wie bei den Erdwärmesonden ist eine wasserrechtliche Erlaubnis nach WHG bzw. BayWG erforderlich. In Wasserschutzgebieten ist ihr Einsatz unzulässig. Auch ist in jedem Falle ein hydrogeologisches Ingenieurbüro hinzuziehen. Zu beachten ist neben der Untergrundbeschaffenheit insbesondere die Grundwasserbeschaffenheit (Grundwasserstand, -temperatur und Grundwasserzusammensetzung, etc.).

Zur Potenzialermittlung wurde die thermische Entzugsenergie aus dem Energieatlas Bayern [4] herangezogen und jedem bebauten Grundstück ein individuelles Potenzial zugewiesen (vgl. Abbildung 21). Die Analyse pro Grundstück wurden wie folgt durchgeführt:

- Mindestabstand zu Gebäude 3 m
- Abstand zu Grundstücksgrenze 5 m.
- Abstand zwischen den Brunnen 10 m.

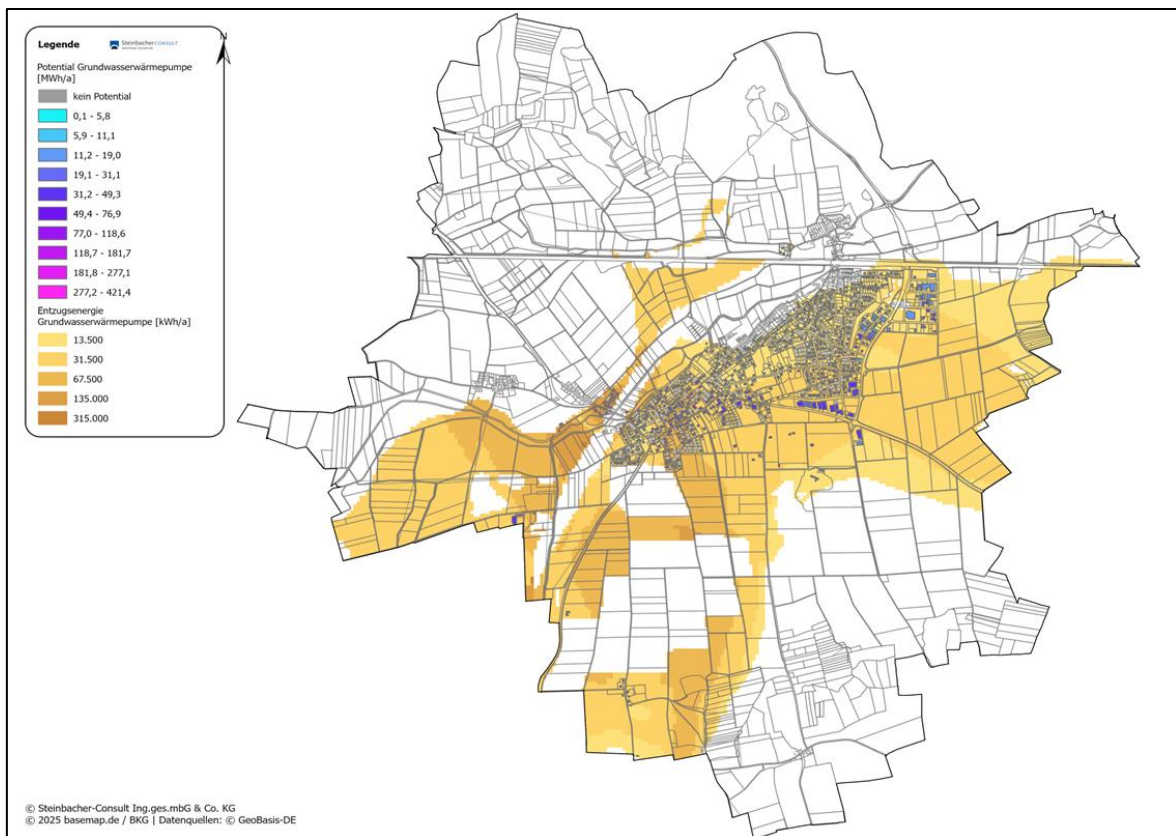


Abbildung 21: Entzugsenergie Grundwasserbrunnen

Für die Berechnung des technischen Potenzials wird für die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl JAZ = 3,96 angenommen.

In Abbildung 22 ist das Potenzial für Grundwasserwärmepumpen dargestellt. In Summe könnten 25,10 GWh/a durch Grundwasser generiert werden, was circa 59 % des aktuellen Bedarfs entspricht. Grundwasser weist ein großes Ausbaupotenzial auf.

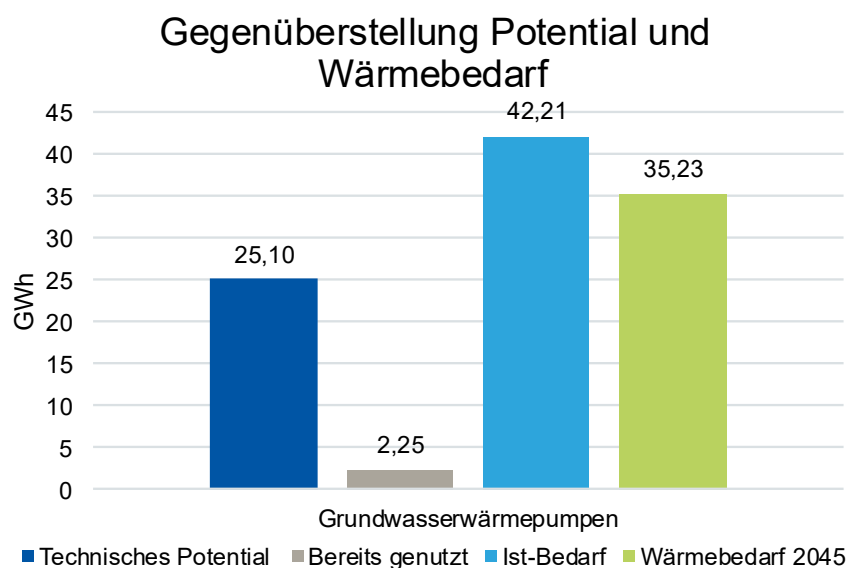


Abbildung 22: Potenzial Grundwasserbrunnen

4.5. Biomasse (Holz)

Der ENP [3] unterscheidet zwischen Derb-, Flur & Siedlungsholz, Kurzumtriebsplantagen und anfallendem Grünschnitt und Altholz. Für die Potential zu Derb-, Flur- und Siedlungsholz werden die Untersuchungen der bayerischen Forstverwaltung verwendet. Bei der Nutzung von Kurzumtriebsplantagen wurden von der bayerischen Landesanstalt für Forstwirtschaft die landwirtschaftlichen Flächen analysiert auf Eignung. Für die Abfallpotentiale wurden die landesweiten Durchschnittswerte in Bayern des LfU herangezogen.

In Summe liegt gemäß ENP [3] das Potenzial an holziger Biomasse bei 6,42 GWh/a, aufgeschlüsselt in 842 MWh/a aus Abfall, 3.583 MWh/a für KUP und 1.992 MWh/a für Derb-, Flur- und Siedlungsholz. Dies entspricht etwa 15 % des aktuellen Bedarfs (vgl. Abbildung 23). In der Gemeinde Mammendorf werden bereits 3,56 GWh/a genutzt. Ein geringes Ausbaupotenzial für holzige Biomasse besteht folglich noch.

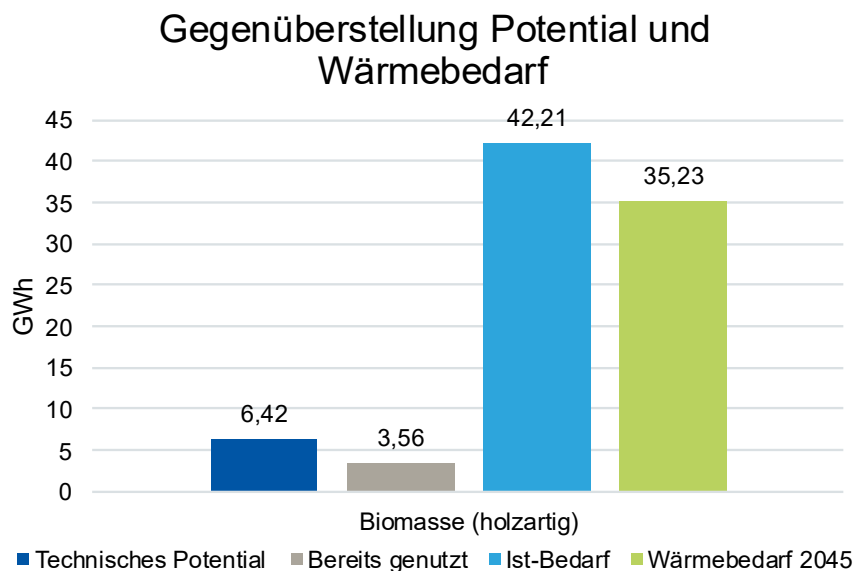


Abbildung 23: Potenzial Biomasse (Holz)

4.6. Biomasse (Biogas)

Das Potential für Biogas aus dem ENP [3] basiert auf Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen. Für Wirtschaftsdünger wurden Viehbestandsdaten mit spezifischen Mist- und Güllewerten verrechnet, wobei 30 % als nutzbar für Biogas angenommen wurden. Für Energiepflanzen wurde angenommen, dass 13 – 14 % der Ackerfläche für Silomais genutzt werden.

In Summe liegt gemäß ENP [3] das Potenzial an Biogas bei 7,62 GWh/a, davon 7.421 MWh/a aus Mais und 197 MWh/a aus Viehhaltung. Dies entspricht etwa 18 % des aktuellen Bedarfs (vgl. Abbildung 24).

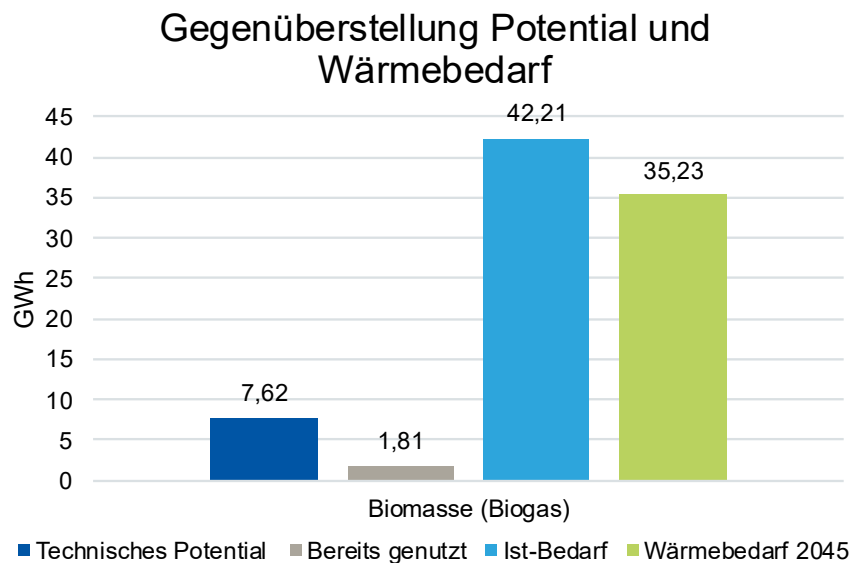


Abbildung 24: Potenzial Biomasse (Biogas)

4.7. Luftwärme

Selbst die Umgebungsluft stellt eine wertvolle und nahezu unbegrenzt verfügbare Energiequelle für die Wärmeversorgung dar. Durch den Einsatz von Wärmepumpen kann die in der Luft enthaltene thermische Energie entzogen, auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und für Heiz- und Warmwassernutzen genutzt werden.

Da die Umgebungsluft in unerschöpflicher Menge vorhanden ist, lässt sich ihr Potenzial nicht durch feste Kapazitätsgrenzen quantifizieren. Dennoch gibt es bei der praktischen Umsetzung einige wesentliche Herausforderungen zu berücksichtigen. Einerseits spielen technische und wirtschaftliche Faktoren eine Rolle, insbesondere in Bezug auf die Effizienz der Wärmepumpe bei unterschiedlichen Außentemperaturen. Die Leistungsfähigkeit sinkt beispielsweise in kalten Wintermonaten, wenn die Temperaturdifferenz zwischen der Außenluft und der gewünschten Vorlauftemperatur größer wird. Dadurch kann der Stromverbrauch steigen, was sich auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage auswirkt.

Zusätzlich sind baurechtliche Vorgaben zu beachten. Insbesondere Mindestabstände zu benachbarten Grundstücken können relevant sein, da Wärmepumpen durch ihre Ventilatoren Geräuschemissionen verursachen, die in Wohngebieten streng reguliert werden können. In dicht besiedelten Gebieten ist daher eine sorgfältige Planung erforderlich, um Lärmschutzanforderungen einzuhalten und Anwohner nicht zu beeinträchtigen.

Trotz dieser Herausforderungen bietet die Nutzung der Umgebungsluft als Wärmequelle zahlreiche Vorteile. Sie erfordert keine aufwendige Erschließung, wie es bei Erdwärme- oder Grundwassernutzung der Fall ist, und ermöglicht flexible Einsatzmöglichkeiten in Bestandsgebäuden und Neubauten. Damit stellt sie eine wichtige Technologie für eine nachhaltige Wärmeversorgung dar, die zur Reduzierung fossiler Brennstoffe und zur Senkung der CO₂-Emissionen beitragen kann.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird davon ausgegangen, dass Luftwärmepumpen nahezu unbegrenzt eingesetzt werden können, außer Mindestabstände von mind. 3 m zum Nachbargrundstück können nicht eingehalten werden.

4.8. Zwischenfazit Potenzialanalyse

In Abbildung 25 sind die Ergebnisse der Potenzialanalyse zusammengefasst und dem aktuellen Wärmebedarf sowie dem Wärmebedarf nach Nutzung der Sanierungspotenziale gegenübergestellt.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits erwähnt, handelt es sich bei den Potenzialen um technische Maximalpotenziale. In der Realität können diese sicherlich nicht in Gänze gehoben werden.

Folgende Schlussfolgerungen können aus der Potenzialanalyse gezogen werden:

- Es steht eine Vielzahl an nutzbaren und noch ungenutzten Potenzialen zur Verfügung.
- Die größten Potenziale liegen der Nutzung von oberflächennaher Geothermie (Grundwasserwärmepumpen, Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden).
- Luftwärmepumpen sind beinahe unbegrenzt einsetzbar.
- Abwärmepotenziale bestehen nicht.
- Die Biomassepotenziale sind begrenzt.
- Es besteht ein großes Potenzial an ungenutztem Dachflächenpotenzial. Photovoltaik spielt vor allem bei der Elektrifizierung der Wärmeversorgung und hier bei Wärmepumpen eine große Rolle.

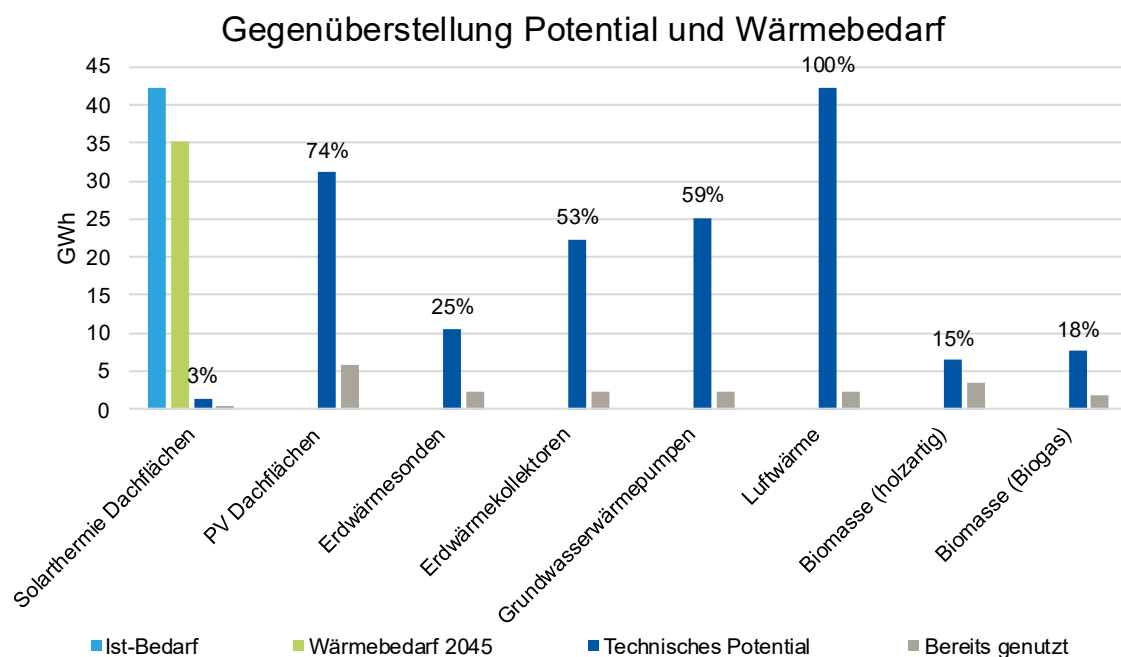


Abbildung 25: Zusammenfassung Potenziale

5. Zielszenario und Wärmeversorgungsgebiete

5.1. Allgemeines

Aus den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse wird im Folgenden ein Zielszenario für das Gebiet der Gemeinde Mammendorf entwickelt. Dabei spielt insbesondere die Fragestellung eine Rolle, ob ein Gebiet zentral über ein Wärmenetz oder dezentral über individuelle Einzellösungen versorgt werden soll.

Beim Zielszenario ist insbesondere auf folgende Reihenfolge zu achten:

1. Priorität: Energieeinsparung

Sowohl im Bereich Strom als auch im Bereich Wärme ist vordringlich auf eine Reduktion des Energieverbrauchs hinzuwirken. Energieeinsparung ist der wichtigste Ansatzpunkt und der entscheidende Schlüssel im Hinblick auf die Erreichung von Klimaschutzziele und der Energiewende. Die Potenziale an erneuerbaren Energien reichen aus, um den derzeitigen Energiebedarf zu decken. Im Bereich Wärme ist insbesondere die Gebäudesanierung voranzutreiben. Auch durch entsprechendes Nutzerverhalten kann Wärmeenergie eingespart werden.

2. Priorität: Effizienzsteigerung

Durch die Energieeffizienzsteigerung sollen die verwendeten Energieträger so effizient wie möglich eingesetzt werden. Aus diesem Grund ist insbesondere auf die Nutzung von Abwärme, die Etablierung von Niedertemperaturheizungen und den Einsatz von Anlagen mit möglichst hohem Wirkungsgrad hinzuwirken. Dadurch kann der Energiegehalt der eingesetzten Energieträger bestmöglich ausgenutzt werden.

3. Priorität: Nutzung erneuerbarer Energien

Der verbleibende Energiebedarf für Wärme ist so weit wie möglich durch erneuerbare Energien zu decken.

5.2. Gebietseinteilung in der Wärmeplanung

Ein zentrales Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist die Identifikation von Gebieten, die für den Ausbau oder die Nutzung von Wärmenetzen infrage kommen.

Die Ausweisung der Versorgungsgebiete im kommunalen Wärmeplan bedeutet weder, dass die Wärmeversorgungsvariante vollumfänglich in dieser Form umgesetzt wird, noch, dass diese vom Gebäudebesitzer ausschließlich genutzt werden muss. Am Ende des Prozesses haben die Bürgerinnen und Bürger aber deutlich mehr Klarheit über die zukünftigen Möglichkeiten ihrer Wärmeversorgung. Hauseigentümer können somit besser planen, welche Investitionen in die Energieversorgung zu welchem Zeitpunkt für sie am sinnvollsten sind.

Diese Einteilung dient als Grundlage für eine effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene.

Dabei werden folgende Gebietstypen unterschieden:

5.2.1. Wärmenetzgebiete

Diese Gebiete verfügen bereits über ein Wärmenetz oder sind für dessen Ausbau vorgesehen. Ein bedeutender Teil der Gebäude und Unternehmen sollen hier über das Netz mit Wärme versorgt werden. Je nach Entwicklungsstand werden drei Kategorien unterschieden:

- **Wärmenetzverdichtungsgebiete:** Ein bestehendes Netz ist vorhanden, und zusätzliche Verbraucher in direkter Nähe sollen angeschlossen werden.
- **Wärmenetzausbaugebiete:** Ein vorhandenes Netz wird in ein angrenzendes Gebiet erweitert, in dem bislang keine Wärmenetzversorgung besteht.
- **Wärmenetzneubaugebiete:** Hier soll ein völlig neues Wärmenetz entstehen.

5.2.2. Wasserstoffnetzgebiete

In diesen Gebieten gibt es bereits eine Wasserstoffinfrastruktur oder es ist eine konkrete Planung dafür vorhanden. Der Wärmebedarf wird dort überwiegend durch Wasserstoff gedeckt.

5.2.3. Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete

In diesen Bereichen ist keine leitungsgebundene Wärmeversorgung vorgesehen. Stattdessen erfolgt die Wärmeerzeugung vorwiegend durch individuelle Lösungen wie Wärmepumpen oder Biomasseheizungen.

5.2.4. Prüfgebiete

In diesen Bereichen ist die Datenlage noch nicht ausreichend für eine Einteilung.

5.2.5. Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

In diesen Bereichen besteht erhöhtes Einsparpotenzial durch Gebäudesanierung. Diese Gebiete können zukünftig im Rahmen von Sanierungsstrategien schwerpunktmäßig betrachtet werden.

5.3. Vorgehensweise

In einem ersten Schritt wurden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse analysiert, um festlegen zu können, in welchen Gebieten Wärmenetze sinnvoll wären bzw. welche Gebiete eher durch Einzellösungen versorgt werden sollten.

Einfluss auf diese Entscheidung haben insbesondere folgende Informationen:

- Hohe Wärmebelegungsdichte
- Großverbraucher/Ankerkunden, ggf. Abwärmepotenziale
- Vorhandene Energieinfrastruktur
- Erweiterungsmöglichkeiten bestehender Energieinfrastruktur
- Vorhandene Potenziale (z.B. Abwärme)
- Bebauungsstruktur und Umfeld

Wärmenetze sind kostenintensive und langfristig wirksame Maßnahmen. Aus diesem Grund müssen bei der Szenarioentwicklung auch zukünftige Entwicklungen beachtet werden. Die entwickelten Zukunftsszenarien müssen Veränderungen des Wärmebedarfs durch Gebäudesanierungen, Nachverdichtungen oder demografischen Wandel beinhalten. Aus diesem Grund ist der zugrunde zulegende Wärmebedarf mit entsprechenden Zu- bzw. Abschlägen zu versehen. Bei der Szenarioentwicklung wurden daher nicht nur der aktuelle Wärmebedarf, sondern auch der zukünftige Wärmebedarf nach einer Sanierung sowie unterschiedliche Anschlussquoten berücksichtigt. Der Leitfaden Wärmeplanung [5] schlägt die Bewertungsindikatoren gemäß Tabelle 7 vor.

Tabelle 7: Bewertungsindikatoren Eignung Wärmenetz nach [5]

Bewertung der Eignung	Wärmeliniendichte [MWh/(m*a)]	Erwarteter Anschluss- grad im Zieljahr
Hohe Eignung	„Neubaugebiet“: 1,1–1,5 MWh/m*a „verdichtetes Gebiet“: 1,7–2,0 MWh/m*a	60 - 95 %
Mittlere Eignung	„Neubaugebiet“: 0,7–1,1 MWh/m*a „verdichtetes Gebiet“: 1,3–1,7 MWh/m*a Zusätzliche Hürden zu erwarten: >2 MWh/m*a	40 - 80 %
Geringe Eignung	bis 0,7 MWh/m*a	20 - 60 %

Im Rahmen eines iterativen Prozesses wurde so zunächst ein Entwurf der Gebietseinteilung erstellt. Dieser Entwurf wurde dann zusammen mit der Verwaltung, den Energieversorgern und dem Gemeinderat besprochen. Zudem wurde der Entwurf für die Dauer von einem Monat öffentlich ausgelegt, um Stellungnahmen von der Öffentlichkeit berücksichtigen zu können.

5.4. Gebietseinteilung für die Gemeinde Mammendorf

In Abbildung 26 ist die Gebietseinteilung für die Gemeinde Mammendorf dargestellt.

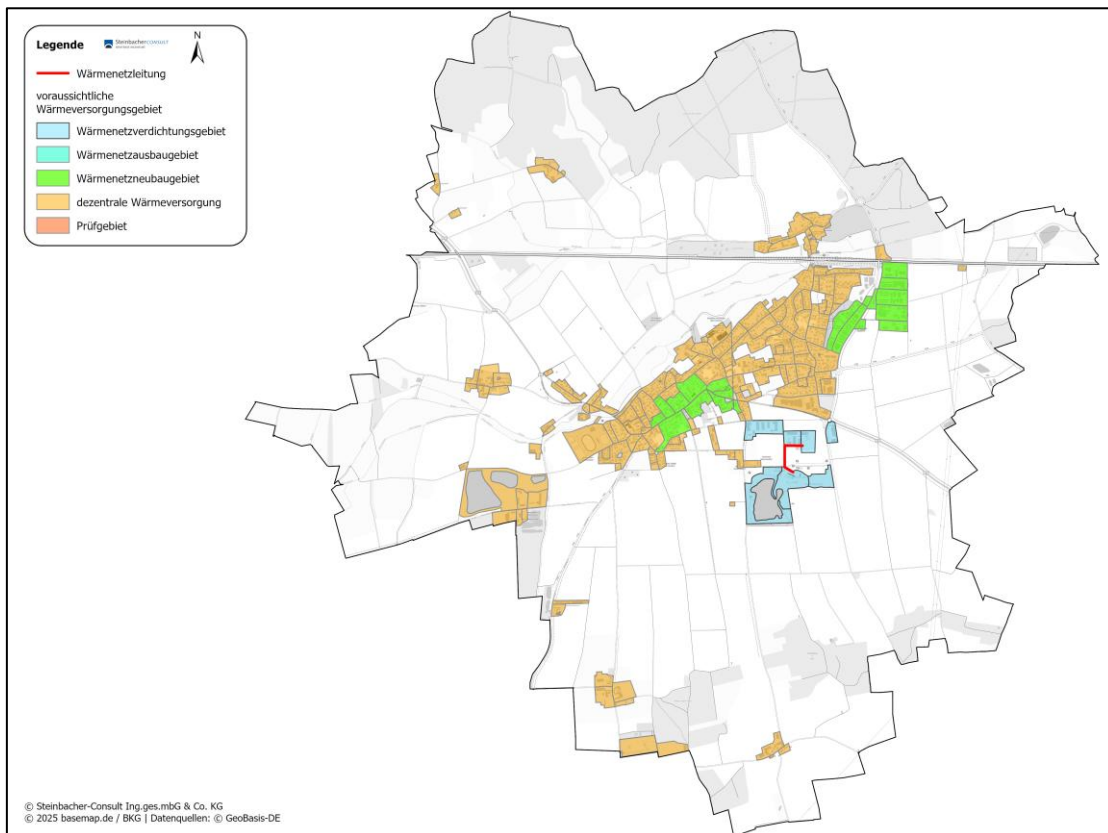


Abbildung 26: voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

5.4.1. Wärmenetzgebiete

In Mammendorf bestehen derzeit keine größeren Wärmenetze. Aus der Auswertung der Wärmelinien-dichten und Wärmedichten hat sich ausreichend Potential für die Errichtung neuer Wärmenetze ergeben. Die bekannten Gebäudenetze sind außerdem als Wärmenetzverdichtungsgebiete berücksichtigt, wobei die Nachverdichtung laut Aussagen der Betreiber nur begrenzt bzw. nicht möglich sind. Gebäudenetze im Sinne des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) mit bis zu 16 Gebäuden sind von dieser Bewertung nicht erfasst und kommen daher unabhängig davon grundsätzlich weiterhin für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung in Betracht.

5.4.2. Wasserstoffnetzgebiete

Im kommunalen Wärmeplan sind keine Wasserstoffnetzgebiete ausgewiesen. Die Gemeinde Mammendorf geht auf Basis des Rechtsgutachtens „Rechtsanwälte Günther Partnerschaft: Gutachterliche Stellungnahme zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung, Hamburg Juni 2024“ [6] aktuell davon aus, dass eine Versorgung mit Wasserstoff für Haushaltskunden und Gewerbe, Handel, Dienstleistung unrealistisch und damit ungeeignet ist und eine Planung mit Wasserstoffnetzgebieten derzeit bis zur Vorlage **verbindlicher** Fahrpläne für die Transformation des Gasverteilnetzes nach § 71 k GEG ausgeschlossen wird. Dies schließt die spätere Versorgung der lokalen Industrie nicht aus.

Die Energienetze Bayern GmbH & Co. KG treiben derzeit dennoch die Planung für die vollständige Umstellung Ihres Gasnetzes auf Wasserstoff voran. Im ersten Schritt sollen die Gebiete mit direkter

Anbindung an das Kernnetz umgestellt werden. In einem nächsten Schritt sollen die Bereiche umgestellt werden, die nicht unmittelbar am Kernnetz liegen. Ab wann & wie die Gemeinde mit Wasserstoff versorgt werden könnte ist noch unklar.

Aber bis dahin gilt:

- Die Energienetze Bayern werden bis dahin Ihre Versorgungspflicht im vollen Umfang erfüllen.
- Das bestehende Erdgasnetz wird weiterhin regelwerkskonform betrieben. Stilllegungen und partielle Abtrennungen sind nicht vorgesehen.
- Die Versorgung der ersten industriellen Ankerkunden mit Wasserstoff wird vorangetrieben.
- Nach GEG ist derzeit eine Wärmeversorgung über Erdgas möglich. Ab 01.01.2029 ist ein steigender Anteil Biogas vorgeschrieben (auch als „Biomethantreppe“ bezeichnet): 15 % ab 2029, 30 % ab 2035, 60 % ab 2040. Diese Lieferung kann bilanziell über das bestehende Erdgasnetz erfolgen. Verschiedene Gaslieferanten bieten derzeit schon passende Gasprodukte an bzw. haben diese entsprechend den gesetzlich vorgegebenen Fristen und Anteilen von Biomethan angekündigt.

Rechtzeitig, nach derzeitigem Planungsstand 01/2028, bevor die Regelungen des Gebäudeenergiegesetzes im Zusammenhang mit der Kommunalen Wärmepfanung der Gemeinde Mammendorf zum Tragen kommen, erhält der Gasnetzbetreiber die Möglichkeit über die politischen Rahmenbedingen, den Stand der Technik und der Marktentwicklung bezüglich der Wärmeversorgung mit Wasserstoff zu berichten. Bis zu diesem Zeitpunkt werden die erdgasversorgten Gebiete im beigefügten Plan „Wärmeversorgungsgebiete“ als dezentrale Versorgungsgebiete dargestellt. Sollten sich bis Ende 2028 verbindliche Erkenntnisse zum Thema Wasserstoff ergeben, werden die dezentralen Versorgungsgebiete erneut geprüft und eventuell als Prüfgebiete ausgewiesen.

Nicht erdgasversorgte Gemeindeteile werden vor Veröffentlichung 2029 nicht mehr behandelt.

5.4.3. Dezentrale Wärmeversorgungsgebiete

In Gebieten, in denen eine zentrale Wärmeversorgung über ein Wärme- oder Gasnetz nicht sinnvoll ist, sind dezentrale Einzellösungen zu verwirklichen (vgl. Abbildung 26). Wegen der vergleichsweise geringen Gebäudedichte und der geringen Wärmelinien-dichte sind diese Gebiete für den Bau von größeren Wärmenetzen nicht geeignet. In Einzelfällen können auch hier Mikro-Nahwärmenetze sinnvoll sein.

5.4.4. Prüfgebiete

Prüfgebiete wurden nicht ausgewiesen.

5.4.5. Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Die Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial wurden anhand der ermittelten Sanierungspotenziale ausgewiesen (vgl. Kapitel 4.2). Informationen zum aktuellen Sanierungszustand der Gebäude liegen nicht vor. Insbesondere Gebäude, die vor 1978 erbaut wurden, weisen hohe Sanierungspotenziale auf:

- Die Gebäude wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut, sodass keine Mindeststandards für die Dämmung eingehalten wurden.
- Die Bauweise der Gebäude erlaubt oft eine umfassende energetische Modernisierung.
- Bei Gebäuden mit einem Baujahr zwischen 1919-1978 sind i.d.R. kaum Einschränkungen bei Sanierungsmaßnahmen aufgrund von Denkmalschutz zu erwarten.

Die Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial sind in Abbildung 27 dargestellt.

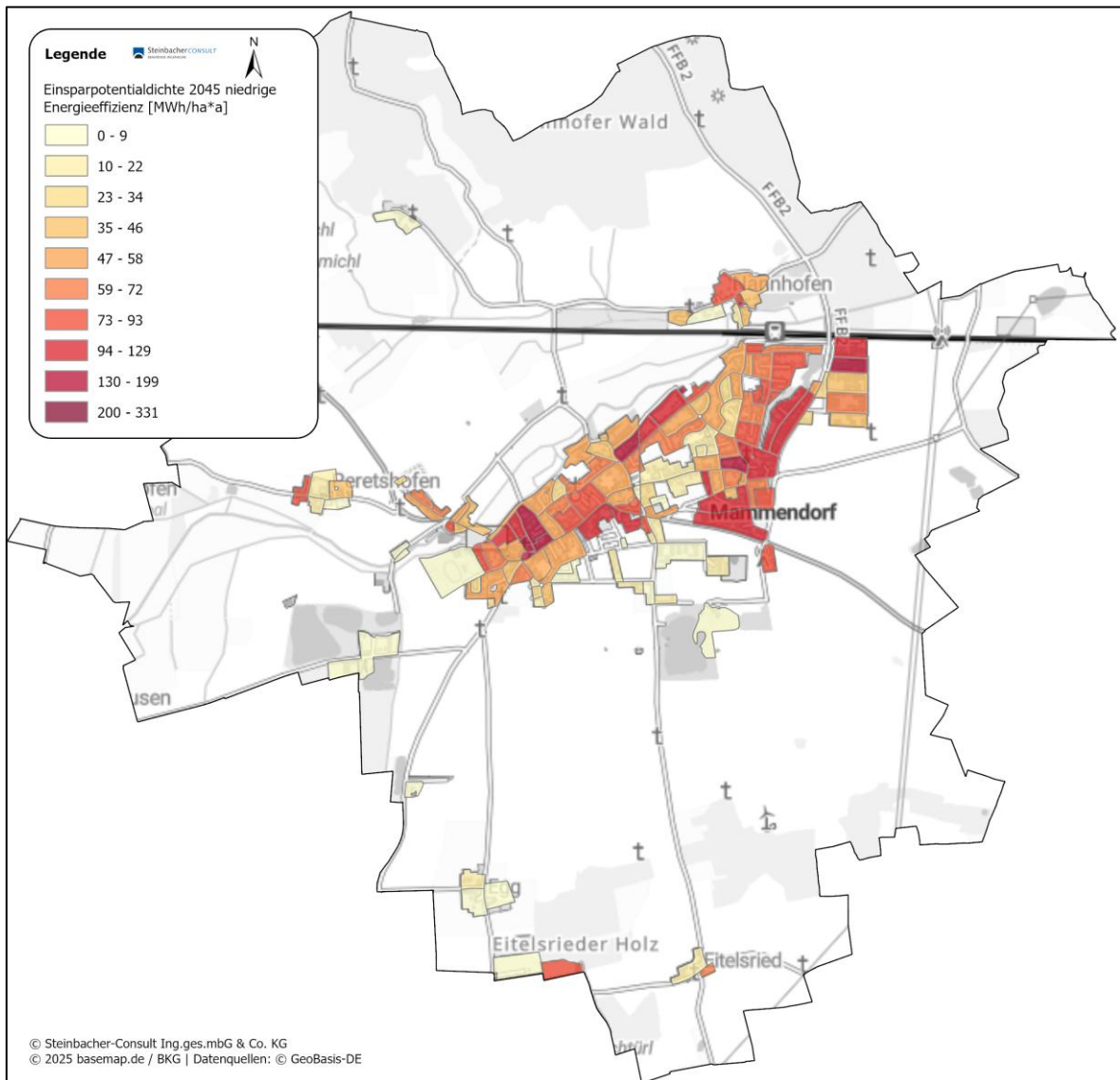


Abbildung 27: Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Neben der Sanierung der Gebäudehülle sollten bei gut sanierten Gebäuden auch immer das Heizungssystem erneuert werden. Neben einer neuen Heizanlage empfiehlt es sich auch auf ein Niedertemperatursystem umzustellen. Durch die Gebäudesanierung kann zumeist die Heizungsanlage auch etwas kleiner dimensioniert werden.

5.5. Zielszenario 2045

Das aktuelle bayerische Klimaschutzgesetz schreibt eine vorzeitige Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 vor. Jedoch wurde bereits angekündigt, dass das bayerische Ziel auf das bundesweite Ziel mit 2045 anzugleichen. Entsprechend wir hierbei davon ausgegangen, dass die Wärmeversorgung bis 2045 klimaneutral erfolgen muss. Es dürfen keine fossilen Energieträger wie Erdgas, Heizöl oder Flüssiggas mehr eingesetzt werden. Für das Zieljahr 2045 wird aus den bisherigen Ergebnissen ein Zielszenario entwickelt, das aufzeigt, wie dieses Ziel erreicht werden kann.

5.5.1. Entwicklung Wärmebedarf

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde dargelegt, wie der Wärmebedarf durch Gebäudesanierung signifikant reduziert werden kann. Im Rahmen der Zielszenarien wird gemäß dem Technikkatalog von 2025 die Einsparungen aus der Vergangenheit fortgeschrieben mit einer pauschalen Wärmebedarfsreduktion von 0,8% p.a. für Einfamilienhäusern und 1,0% p.a. für die restlichen Gebäude. Die Entwicklung des Wärmebedarfs ist in Abbildung 28 dargestellt. Bis 2045 werden 17 % des aktuellen Wärmebedarfs eingespart. Die Einsparungen sind klar den privaten Haushalten zuzuordnen.

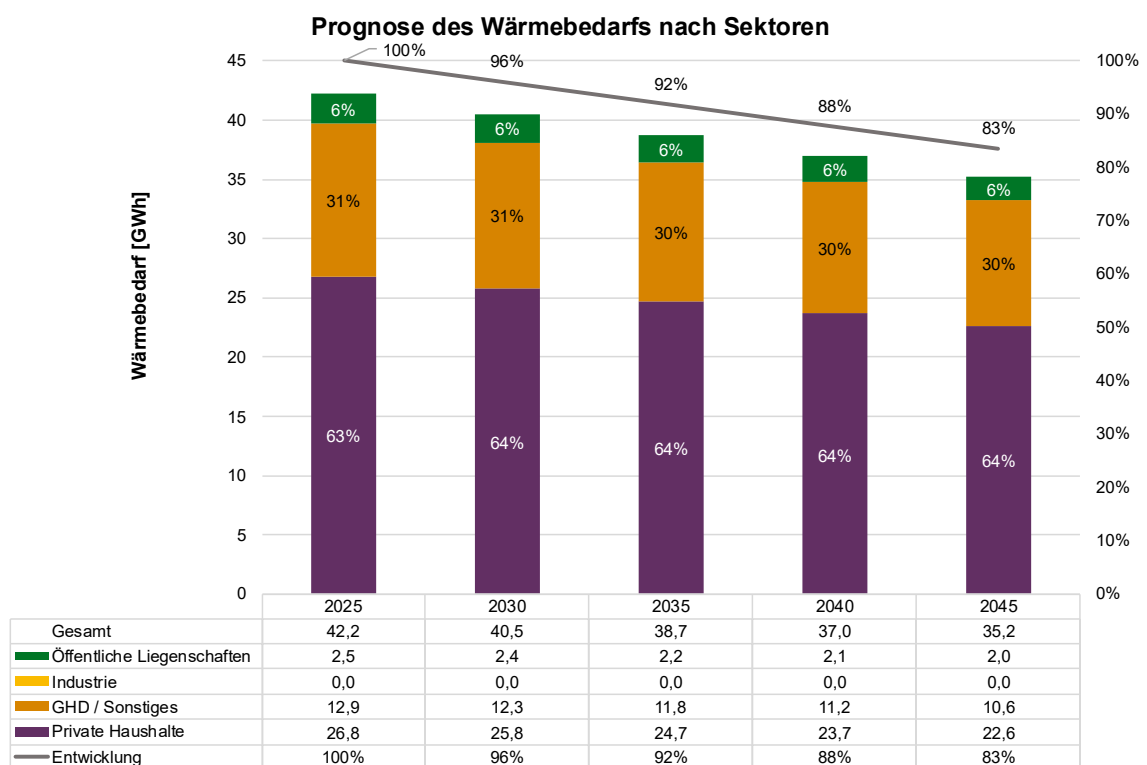


Abbildung 28: Entwicklung Wärmebedarf nach Sektoren

5.5.2. Entwicklung Wärmeerzeuger

Den Gebäuden wird ein möglicher primärer Wärmeerzeuger zugeordnet. Unterstützende Heizsysteme wie Solarthermie werden nicht berücksichtigt. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 29 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass bis 2045 alle fossilen Energieträger ausgetauscht werden. Es wird angenommen, dass Stromheizungen und Wärmeerzeugungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energien den Energieträger nicht wechseln. In Wärmenetzgebieten wird eine Anschlussquote von 60 % an das Wärmenetz unterstellt. Alle anderen Heizungen, die getauscht werden müssen, werden auf Wärmepumpen bzw. Biomasse aufgeteilt. Dabei wird angenommen, dass der Gesamt-Biomasse-Verbrauch konstant bleibt.

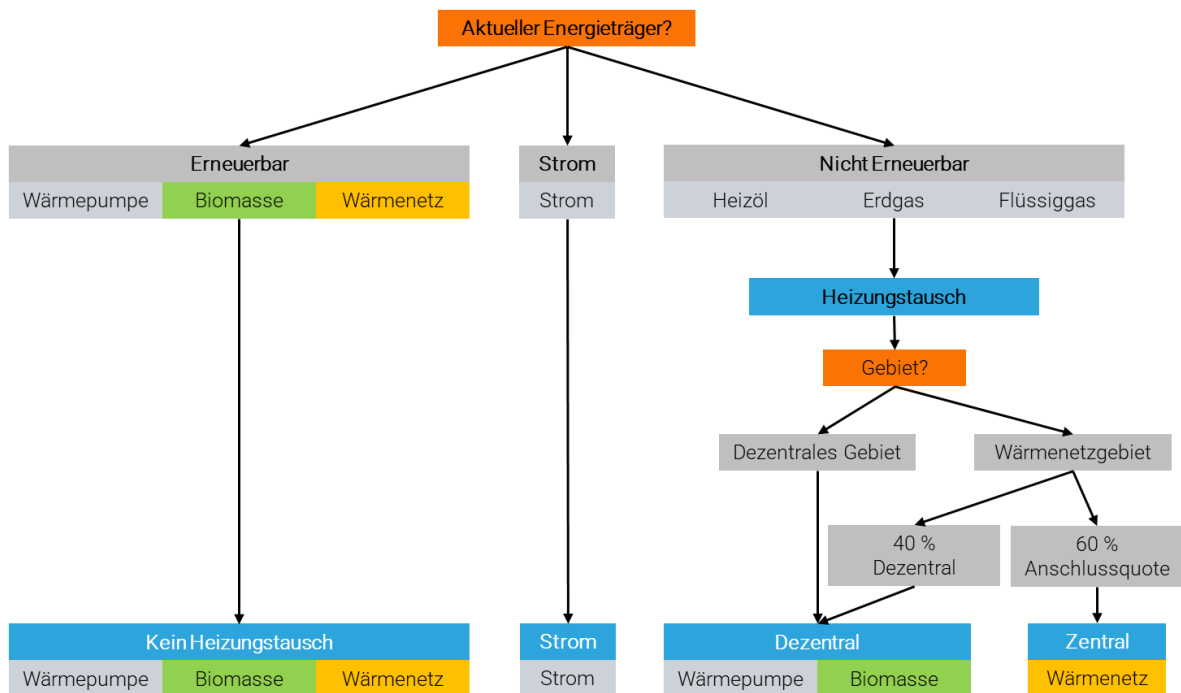


Abbildung 29: Entscheidungsbaum für die Szenarioentwicklung

In Abbildung 30 ist die Entwicklung der Wärmeerzeuger dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Hauptheizungsart, die 84 % der Gebäude versorgt, die Wärmepumpe sein wird, gefolgt von Wärmenetzen, die 9 % der Gebäude versorgen werden.

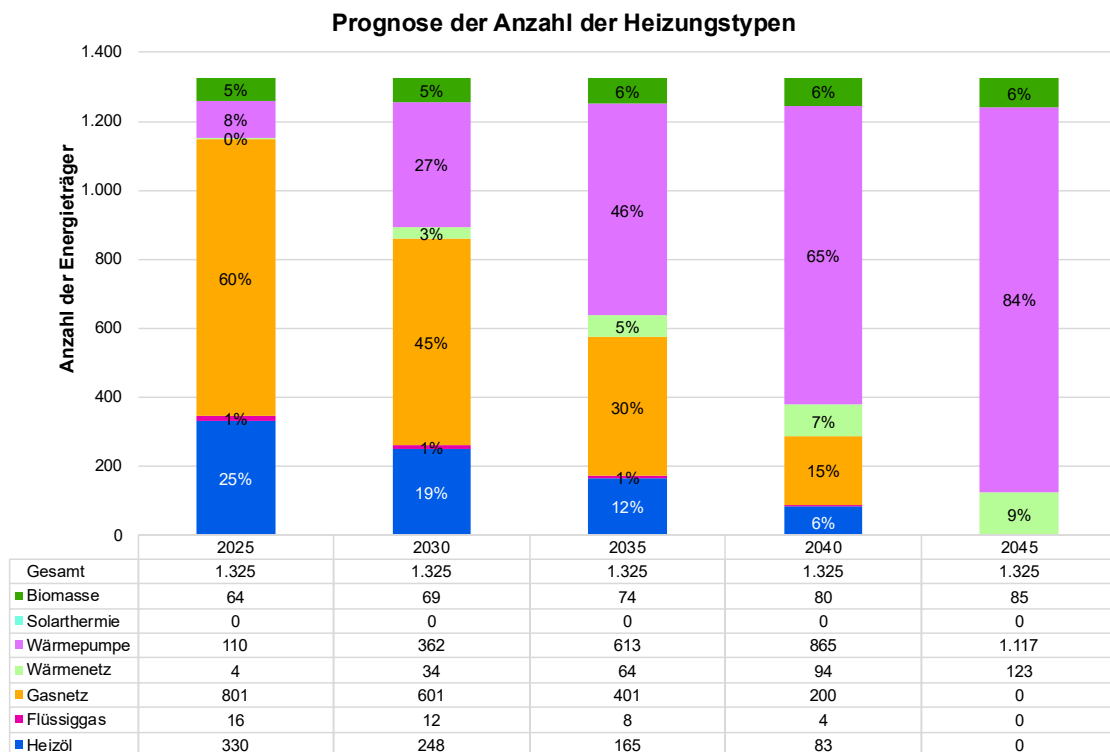


Abbildung 30: Entwicklung Wärmeerzeuger

5.5.3. Entwicklung Endenergieträger

Aus der Entwicklung des Wärmebedarfs und der eingesetzten Wärmeerzeuger resultiert die Entwicklung der Endenergieträger und deren Verbrauch.

In Abbildung 31 ist die Entwicklung des Wärmebedarfs getrennt nach Energieträger dargestellt. Während im Bestand Erdgas mit 50 % dominiert, gefolgt von Heizöl mit 31 %, verschwinden die fossilen Energieträger bis 2045 komplett. Der Wärmebedarf wird dann mit 67 % durch Wärmepumpen gedeckt, gefolgt von 20 % Wärmenetzen und 9 % Biomasseheizungen.

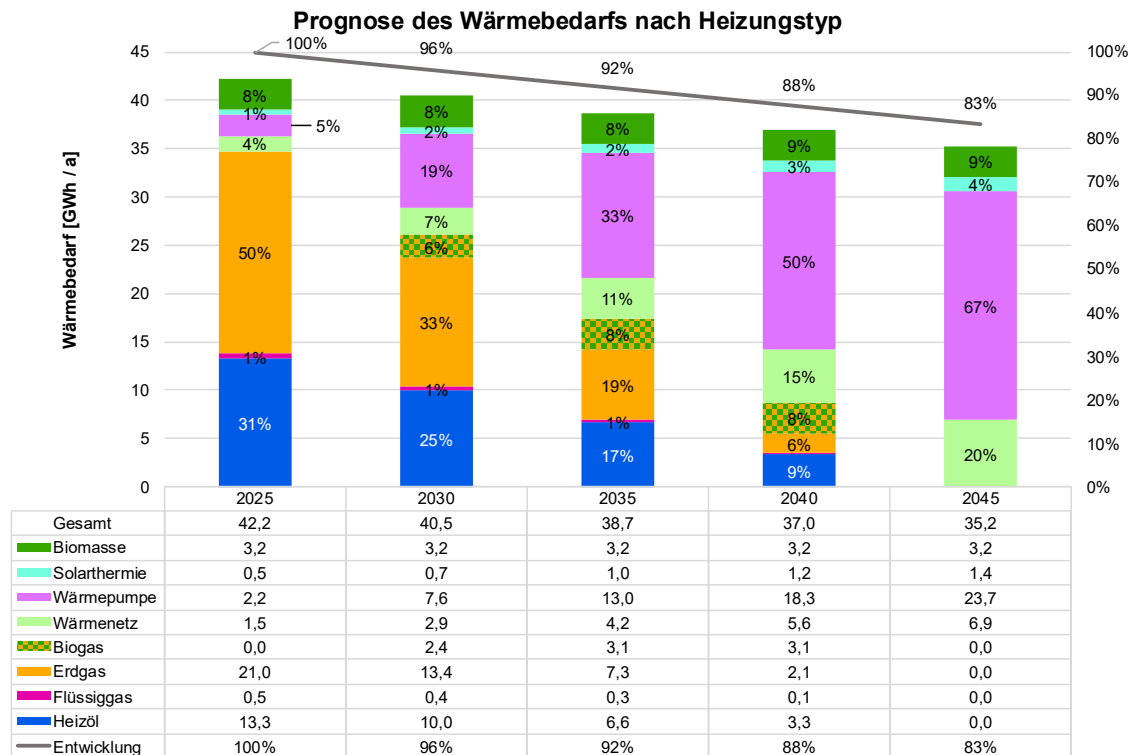


Abbildung 31: Entwicklung Wärmebedarf nach Energieträger

Der Endenergieverbrauch sinkt deutlich mehr als der Wärmebedarf (vgl. Abbildung 32). Dies liegt vor allem am Einsatz von Wärmepumpen. Diese benötigen als Endenergiequelle Strom und erzeugen damit etwa das 3,5-fache an Nutzenergie (Wärme). In Summe könnten 56 % an Endenergie eingespart werden.

Erdgas und Heizöl verschwinden komplett. Hauptendenergieträger mit 41 % ist das Wärmenetz gefolgt von Wärmepumpen mit 34 %.

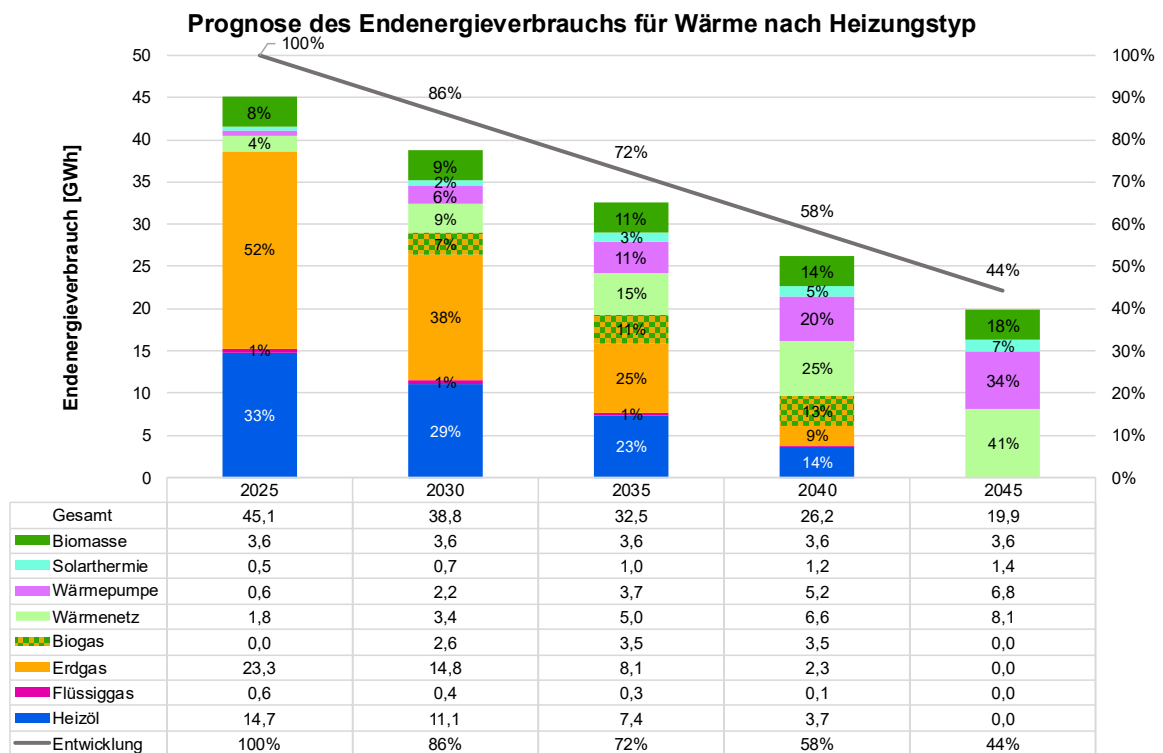


Abbildung 32: Entwicklung Endenergieverbrauch

5.5.4. Entwicklung Treibhausgasemissionen

Unter Verwendung der spezifischen Emissionsfaktoren aus Tabelle 5 ergibt sich mit der Entwicklung des Endenergieverbrauchs die Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Abbildung 33.

In Summe können die Emissionen von derzeit 10.848 t/a um 95 % auf 543 t/a im Jahr 2045 reduziert werden. Hauptemissionsträger ist das Wärmenetz mit 302 t/a.

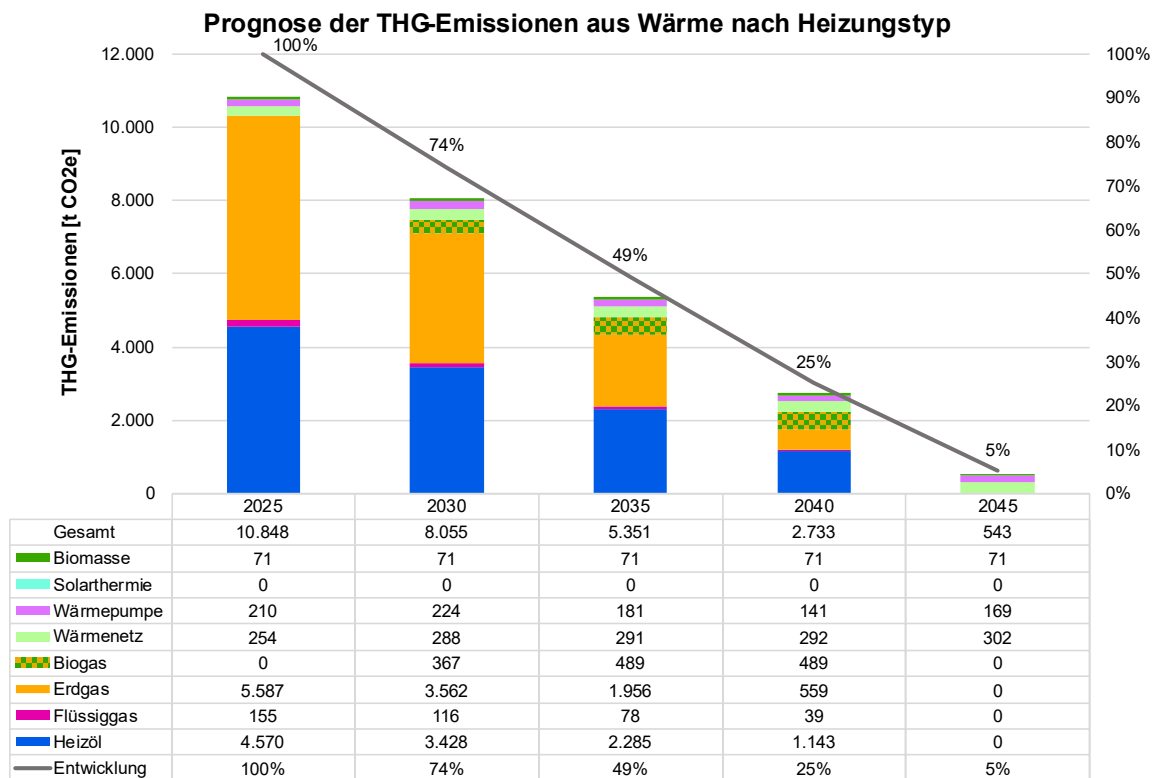


Abbildung 33: Entwicklung Treibhausgasemissionen

5.5.5. Indikatoren zur Erreichung des Zielszenarios

In Tabelle 8 sind die Indikatoren zur Erreichung des Zielszenarios gemäß Wärmeplanungsgesetz dargestellt.

Tabelle 8: Indikatoren Erreichung Zielszenario

Indikator		Ist	2030	2035	2040	2045
Endenergieverbrauch leitungsgebundener Wärmeversorgung [kWh/a]	Erdgas	23.280.823	14.841.525	8.148.288	2.328.082	0
	Biogas	1.814.000	4.350.896	5.141.731	5.059.534	1.485.214
	Holz	0	832.491	1.664.981	2.497.472	3.329.962
	Strom (Wärmepumpe)	0	277.497	554.994	832.491	1.109.987
Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung	Erdgas	93%	73%	53%	22%	0%
	Biogas	7%	21%	33%	47%	25%
	Holz	0%	4%	11%	23%	56%
	Strom (Wärmepumpe)	0%	1%	4%	8%	19%
	Insgesamt	60,50%	46,80%	34,40%	16,60%	16,60%
Anschluss an Wärmenetz	Gebäude	4	34	64	94	123
	Anteil	0,30%	2,55%	4,81%	7,06%	9,31%
Endenergieverbrauch Gasnetz	Erdgas	23.280.823	14.841.525	8.148.288	2.328.082	0
	Biogas	0	2.619.093	3.492.123	3.492.123	0
Anteil Gasnetz	Erdgas	100%	85%	70%	40%	Unb.
	Biogas	0%	15%	30%	60%	Unb.
Anschluss an Gasnetz	Gebäude	801	601	401	200	0
	Anteil	60,45%	45,34%	30,23%	15,11%	0,00%

5.5.6. Kritische Punkte zur Erreichung der Zielszenarien

Im Nachfolgenden werden die größten Hemmnisse bzw. Schwierigkeiten zur Erreichung der Zielszenarien aufgelistet.

1. Rechtliche Rahmenbedingungen:

- **Gebäudeenergiegesetz (GEG):** Das aktuell rechtskräftige Gebäudeenergiegesetz gibt einen sehr klaren und auch realistisch durchsetzbaren Rahmen in Bezug auf die Klimaneutralität im Gebäude bzw. Heizungsbereich. Das Wärmeplanungsgesetz und das Gebäudeenergiegesetz in ihrer heutigen Fassung sind eng aufeinander abgestimmt. Die kommende Bundesregierung hat angekündigt das „Heizgesetz“ abzuschaffen und die Vorgaben technologieoffener und flexibler gestalten zu wollen. Damit einher geht zunächst eine rechtliche Unsicherheit bzw. fehlende Planungssicherheit für jeden Gebäudeeigentümer. Sollten die aktuellen Vorgaben aufgeweicht und mehr auf Freiwilligkeit und weniger auf rechtliche Verpflichtungen gesetzt werden, besteht die Gefahr, dass Gebäudeeigentümer weniger ambitioniert in Klimaneutralität investieren und damit nicht nur die Klimaziele allgemein, sondern auch die hier skizzierten Zielszenarien verfehlt werden.
- **Klimaschutzgesetz:** Das aktuell rechtskräftige bayerische Klimaschutzgesetz sieht eine Klimaneutralität Bayerns bis zum Jahr 2040 vor. Der Umweltminister Glauber hat bestätigt, dass dieses Ziel auf das Ziel der Bundesrepublik gepasst werden soll. Demnach wäre die Klimaneutralität Bayerns erst fünf Jahre später im Jahr 2045 zu erreichen. Die vorliegende Wärmeplanung und die darin entwickelten Zielszenarien berücksichtigen bereits diese angekündigte Entwicklung.
- **Überwachung und Sanktionen:** Es müssen Mechanismen zur Überwachung der Umsetzung und zur Sanktionierung von Verstößen oder Nichterreichung der Vorgaben aus Wärmeplanungsgesetz, Gebäudeenergiegesetz und Klimaschutzgesetz etabliert werden. Die angekündigten Änderungen und Aufweichungen insbesondere des Gebäudeenergiegesetzes bergen die Gefahr einer deutlich verzögerten bzw. weniger ambitionierten Herangehensweise sowohl auf staatlicher als auch auf privater Seite.

2. Ideologien:

Ideologien können einen kritischen Punkt zur Erreichung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung darstellen, da sie die Art und Weise beeinflussen, wie Entscheidungen getroffen und Maßnahmen umgesetzt werden. Dies ist ein kritischer Punkt, da sie die Richtung, die Akzeptanz und die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung maßgeblich beeinflussen. Ein ausgewogener Ansatz kann dazu beitragen, nachhaltige und breit akzeptierte Lösungen zu finden.

3. Finanzielle Förderung:

- **Investitionsbedarf und Finanzierung:** Die Modernisierung der Wärmeinfrastruktur und der Ausbau erneuerbarer Energien erfordern erhebliche Investitionen. Es ist wichtig, dass Gebäudeeigentümer Zugang zu staatlichen Förderprogrammen und finanziellen Anreizen haben, um diese Kosten zu decken. Es ist zu hoffen, dass sich die aktuelle Förderkulisse nicht verschlechtert.

4. Technologische Herausforderungen:

- **Integration erneuerbarer Energien:** Die Umstellung auf nachhaltige Wärmenetze, aber auch auf Technologien zur nachhaltigen Wärmeversorgung für einzelne Gebäude, erfordert die Integration erneuerbarer Energien wie Solarthermie, Geothermie und Biomasse. Dies erfordert wiederum innovative technische Lösungen und die Anpassung bestehender Infrastrukturen, die mitunter sehr aufwendig und komplex sein können. Die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien sind notwendig, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der Wärmeversorgung zu verbessern. Einen wesentlichen Anteil v.a. bei Einzellösungen spielen zukünftig Wärmepumpen. Damit verbunden sind Herausforderungen in Bezug auf das örtliche, aber auch überörtliche Stromnetz: Integration von erneuerbaren Energien in das Stromnetz, Anpassung von Strombedarf und -angebot, Integration von Speichermöglichkeiten, Netzausbau, Energie- und Lastmanagement, Smartmeter, um nur einige wenige Schlagwörter zu nennen.

5. Qualifiziertes Personal:

- **Fachkräftebedarf:** Es besteht ein hoher Bedarf an qualifizierten Fachkräften, die über das notwendige Wissen und die Fähigkeiten verfügen, um die komplexen Aufgaben der Wärmewende zu bewältigen. V.a. die Geschwindigkeit, mit der die notwendigen Maßnahmen umzusetzen sind, erfordert einen erheblichen Personaleinsatz seitens der Handwerksbetriebe. Es ist fraglich, ob die erforderlichen Kapazitäten im benötigten Umfang vorhanden sind.

6. Interessenabgleich:

- **Stakeholder-Management und Moderation:** Die verschiedenen Interessen der beteiligten Akteure, einschließlich kommunaler Vertreter, Energieversorger, Bürger und Unternehmen, müssen moderiert und ausgeglichen werden. Dies erfordert transparente Kommunikationsprozesse und die Einbindung aller relevanten Parteien.
- **Konsensbildung und Konfliktlösung:** Es ist wichtig, einen Konsens über die Ziele und Maßnahmen der Wärmeplanung zu erreichen und potenzielle Konflikte frühzeitig zu identifizieren und zu lösen.

7. Kommunikation und Partizipation:

- **Öffentlichkeitsarbeit und Transparenz:** Eine effektive Kommunikation mit der Öffentlichkeit ist entscheidend, um die Bürger über die Ziele und Maßnahmen der Wärmeplanung zu informieren und ihre Unterstützung zu gewinnen. Dies umfasst die Nutzung verschiedener Kommunikationskanäle und die Bereitstellung verständlicher Informationen.
- **Bürgerbeteiligung und Mitgestaltung:** Die Einbindung der Bürger in den Planungsprozess durch Partizipationsformate wie Workshops, Informationsveranstaltungen und Online-Plattformen ist wichtig, um ihre Bedürfnisse und Anliegen zu berücksichtigen und ihre Akzeptanz zu fördern.

Diese detaillierten Punkte sind entscheidend, um die Ziele der kommunalen Wärmeplanung erfolgreich zu erreichen und eine nachhaltige Wärmeversorgung zu gewährleisten.

6. Umsetzungsstrategie

Auf Basis der Erkenntnisse aus den Zielszenarien werden nachfolgend die gemeinsam mit der Gemeinde Mammendorf definierten Fokusgebiete betrachtet, die sich zum Aufbau eines Wärmenetzes unabhängig bestehender Wärmenetze eignen könnten bzw. auf ihre Eignung konkret geprüft werden sollen.

6.1. Fokusgebiete

In Absprache mit der Gemeinde wurden folgende zwei Fokusgebiete näher betrachtet:

- Gewerbegebiet
- Augsburgener Straße

6.1.1. Wirtschaftliche Grundannahmen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gelten folgende grundsätzlichen Annahmen:

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Kalkulatorischer Zinssatz 8,0 %
- Anschlussquote 60 %

Kapitalgebundene Kosten

Im jetzigen Stadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsvarianten nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die angenommenen Investitionskosten basieren auf den Richtwerten des Technikatlögs Kommunale Wärmeplanung [2] und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. Es werden die Kosten für die wesentlichen Hauptkomponenten ermittelt und getrennt dargestellt.

Die angesetzten Kosten wurden gemäß der Annuitätenmethode in Jahreskosten umgerechnet. Dabei wurde ein kalkulatorischer Zinssatz von 8,0 % p.a. angesetzt. Die Nutzungsdauern wurden gemäß Technikatalog Kommunale Wärmeplanung [2] bzw. in Anlehnung an VDI 2067 angesetzt.

Es werden auch die aktuellen Förderungen der BEW-Förderung [7] für das Wärmenetz, Hausübergabestationen und die Heizzentrale sowie des KfW -Programms 458 [6] für geringinvestive Maßnahmen (Grundförderung von 30 % plus 20 % Klimageschwindigkeitsbonus, also in Summe 50 %) angesetzt. Die Förderquote für das Wärmenetz inkl. Heizzentrale und Hausübergabestationen wird eine Förderquote von 40 % berücksichtigt. Bei der Realisierung sind zwingend die genauen Förderkonditionen und Bedingungen zu berücksichtigen.

Bedarfsgebundene Kosten

Die bedarfsgebundenen Kosten beinhalten insbesondere die Kosten für Brennstoffe und Hilfsenergie sowie CO₂-Kosten. Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an die Angaben gemäß Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung [2] bzw. VDI 2067. Folgende Annahmen liegen der Berechnung zu Grunde:

- Hackschnitzelkosten: 3,30 Ct/kWh
- Stromkosten: 20 Ct/kWh
- CO₂-Kosten: 50 €/t mit einer Steigerung auf 300 €/t bis 2045 [9]

Für die Berechnung des jeweiligen Brennstoffbedarfs wurden entsprechende Heizwerte bzw. Jahresnutzungsgrade sowie Wärmeverluste angenommen. Preissteigerungen wurden nicht angesetzt.

Betriebsgebundene Kosten

Die Kosten für Wartung und Betrieb werden in Anlehnung an die Angaben gemäß Technikkatalog kommunale Wärmeplanung [2] bzw. VDI 2067 anhand von Prozentwerten bezogen auf die Investition ermittelt.

6.1.2. Fokusgebiet Gewerbegebiet

Im Folgenden wird eine mögliche Wärmeverbundlösung für das Gewerbegebiet hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit betrachtet. In Abbildung 34 ist der mögliche Trassenverlauf für das Wärmenetz dargestellt. Das Gebiet wurde in Abbildung 26 als Wärmenetzneubaugebiet ausgewiesen.

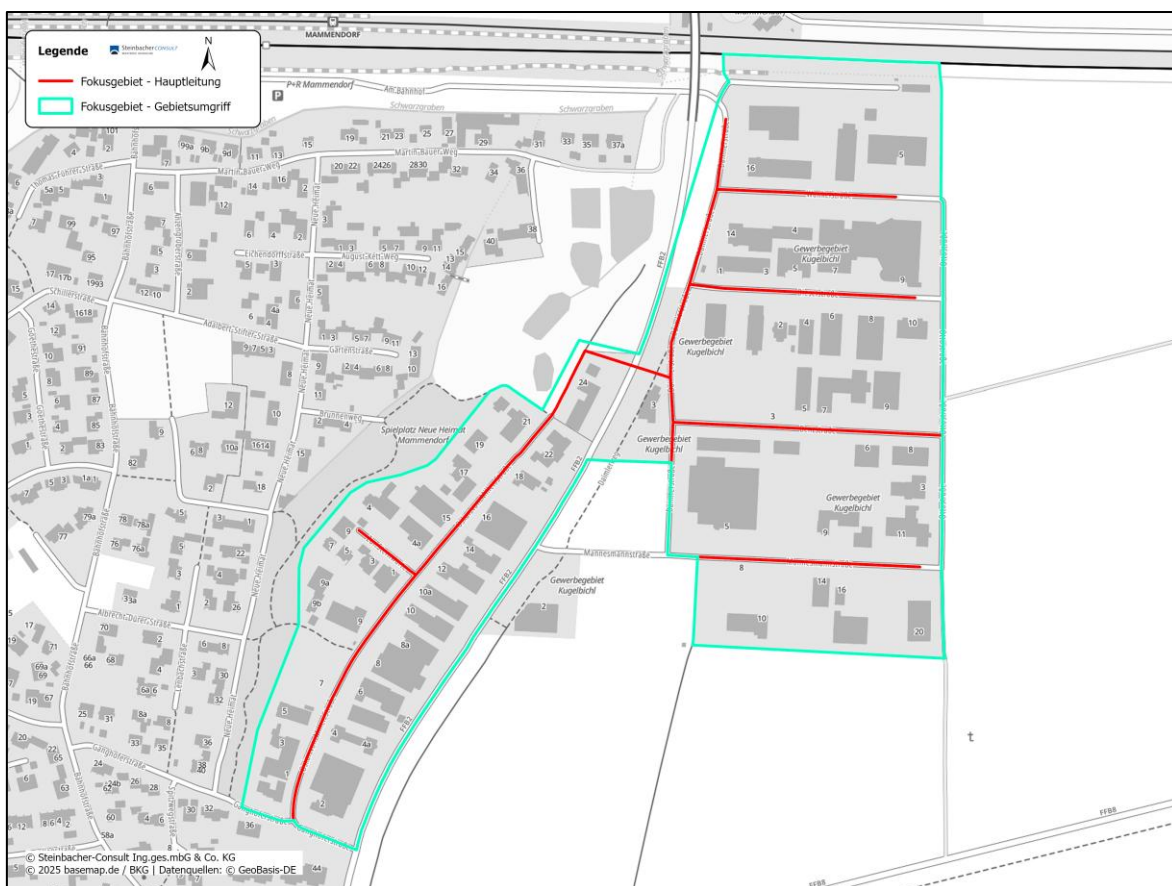


Abbildung 34: Fokusgebiet Gewerbegebiet

6.1.2.1. Technische Parameter

Aus Tabelle 9 ist ersichtlich, dass im Gebiet insgesamt 60 Gebäude beheizt werden, wobei 7 davon Einfamilienhäuser, 1 Mehrfamilienhaus und 52 Gebäude dem Sektor GHD/Sonstiges zugeordnet sind. Der Wärmebedarf beläuft sich in Summe auf 6.393 MWh/a.

Tabelle 9: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Gewerbegebiet im IST-Zustand

Energieträger	Gebäude mit Hausnr.	Wärmebedarf [MWh/a]	Anteil
EFH	7	387	6%
MFH	1	145	2%
GHD / Sonstiges	52	5.881	92%
Industrie	0	0	0%
Summe	60	6.393	100%

Das Wärmenetz lässt sich gemäß Tabelle 10 charakterisieren. Die Wärmelinienichte bei der angenommenen Anschlussquote von 60 % liegt bei 1.982 kWh/Trm, was unter allgemeinen Gesichtspunkten gemäß dem Leitfaden Wärmeplanung [4] auf eine hohe Eignung (vgl. Tabelle 7) für ein Wärmenetz hindeutet. In Summe würden 3.836 MWh/a abgesetzt werden.

Tabelle 10: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Gewerbegebiet

Parameter bei Anschlussgrad 60 %	Wärmenetzentwurf
Trassenlänge [m]	1.935
Anzahl angeschlossener Wohngebäude	5
Anzahl gewerblicher Verbraucher	31
Wärmeabsatz [MWh]	3.836
Wärmeliniendichte [kWh/Trm]	1.982
Netzverluste [MWh]	684
Netz- und Übergabeverluste	18%

In Abbildung 35 ist der simulierte Lastgang und in Abbildung 36 die geordnete Jahresdauerlinie des Fokusgebiets Gewerbegebiet dargestellt. Diese basieren auf den Temperaturdaten der Wetterstation Maisach-Galgen des Deutschen Wetterdienstes von 2023. Die zu deckende Spitzenlast liegt bei theoretischen 2.540 kW. In der folgenden Berechnung wird von einer Maximallast von 2.081 kW ausgegangen. Diese Last ergibt sich durch die Berücksichtigung eines entsprechenden Gleichzeitigkeitsfaktors von 81,92 %, der einbezieht, dass nicht alle Gebäude gleichzeitig mit voller Leistung versorgt werden müssen.

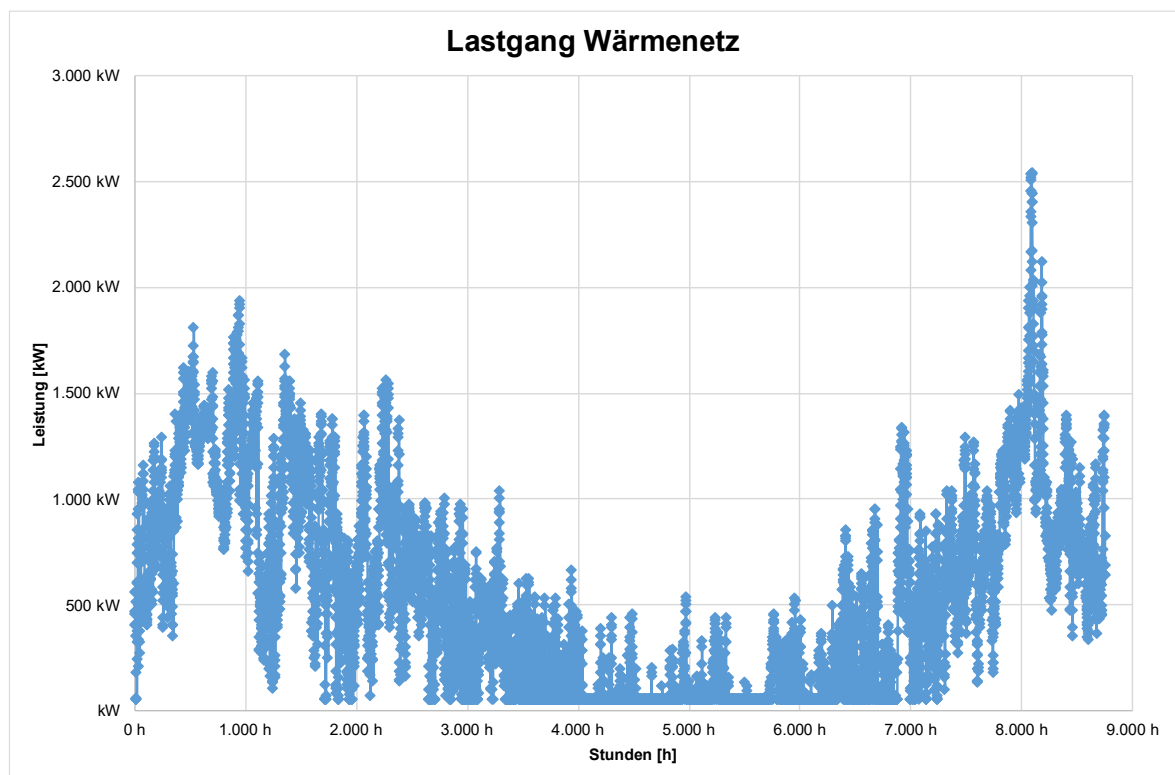


Abbildung 35: Lastgang Fokusgebiet Gewerbegebiet

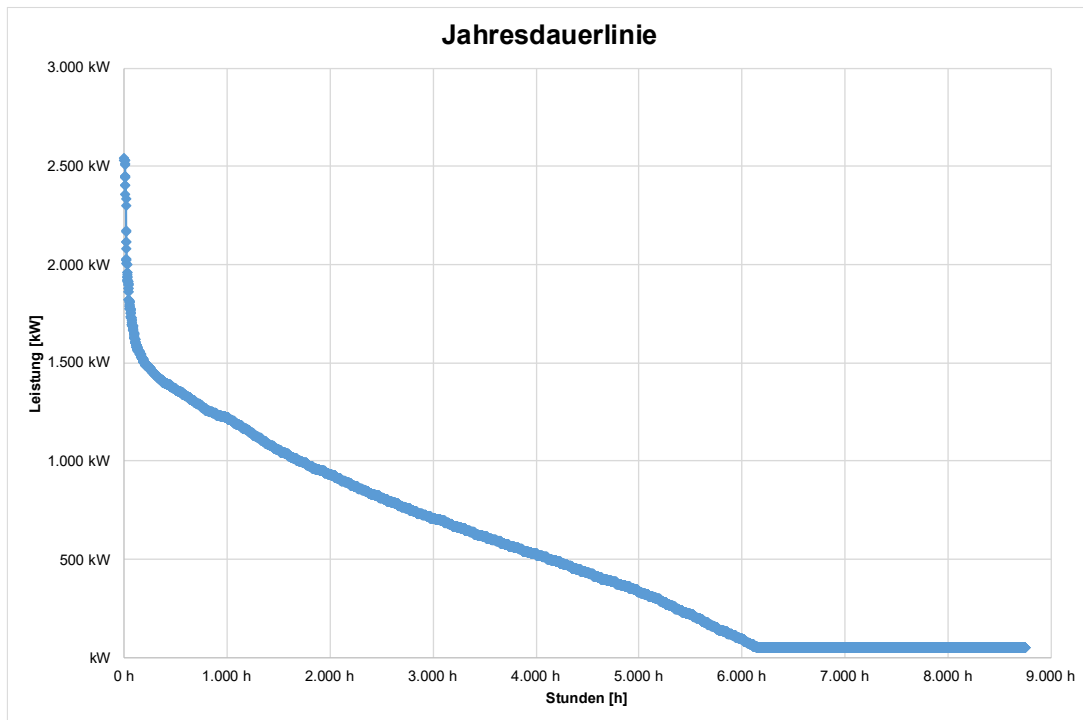


Abbildung 36: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Gewerbegebiet

Für das Fokusgebiet Gewerbegebiet werden folgende Versorgungsvarianten untersucht:

- Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel
- Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe
- Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe

Für Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe wurde die Luftwärmepumpe zur Grundlastabdeckung mit 450 kW ausgelegt. Der Hackschnitzelkessel dient zur Spitzenlastabdeckung. Die wichtigsten Parameter sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Variantenvergleich Fokusgebiet Gewerbegebiet

Parameter	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Biomasse Leistung	2.081 kW		1.631
Biomasse eingespeiste Wärme	4.691 MWh/a		2.122 MWh/a
Biomasse Endenergieverbrauch	5.212 MWh/a		2.357 MWh/a
Biomasse Anteil an Wärmeerzeugung	100%		45%
Wärmepumpe Leistung		2.081 kW	450 kW
Wärmepumpe eingespeiste Wärme		4.691 MWh/a	2.569 MWh/a
Wärmepumpe Endenergieverbrauch		1.675 MWh/a	918 MWh/a
Wärmepumpe Anteil an Wärmeerzeugung		100%	55%

6.1.2.2. Wirtschaftliche Bewertung

In Tabelle 12 sind die Investitionskosten für die untersuchten Varianten aufgelistet. Die Investitionskosten werden sowohl mit als auch ohne Fördermittel dargestellt. Variante 1: Hackschnitzel ist in der Investition am günstigsten, am teuersten wäre Variante 2: Luftwärmepumpe.

Tabelle 12: Investitionskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Heizzentrale			
Heizung	1.440.117,55 €	2.703.864,22 €	1.717.910,49 €
Nutzungsdauer Heizung	28	25	28 bzw. 25
Wärmenetz			
Hauptleitungsstrang	2.478.735,00 €	2.478.735,00 €	2.478.735,00 €
Nutzungsdauer	40	40	40
Pumpstation	195.989,18 €	195.989,18 €	195.989,18 €
Nutzungsdauer Pumpstation	20	20	20
Hausstationen Fernwärme inkl. Hausanschlussleitungen			
Hausanschlussleitungen	532.920,95 €	532.920,95 €	532.920,95 €
Nutzungsdauer Hausanschlussleitungen	40	40	40
Hausstationen Fernwärme	372.425,63 €	372.425,63 €	372.425,63 €
Nutzungsdauer	20	20	20
geringinvestive Maßnahmen*	201.390,58 €	201.390,58 €	201.390,58 €
Nutzungsdauer	20	20	20
Summe vor Förderung	5.221.578,89 €	6.485.325,55 €	5.499.371,82 €
Bundesförderung Wärmenetze	-2.008.075,32 €	-2.513.573,99 €	-2.119.192,49 €
Bundesförderung KfW 458	-9.230,55 €	-9.230,55 €	-9.230,55 €
Summe nach Förderung	3.204.273,02 €	3.962.521,02 €	3.370.948,78 €

* Beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilleitungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)

In Tabelle 13 sind die Jahreskosten für die untersuchten Varianten dargestellt. Auch hier ist Variante 1 Hackschnitzel am günstigsten. Die höchsten laufenden Kosten hätte Variante 2: Luft-WP.

Tabelle 13: Jahreskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Kapitalgebundene Kosten			
Annuität (Investition)	284.465 €	358.869 €	300.811 €
Bedarfsgebundene Kosten			
Wirkungsgrad	0,9	2,8	0,9 bzw. 2,8
Energiekosten	170.174 €	327.314 €	256.245 €
CO ₂ -Kosten	5.315 €	21.275 €	14.057 €
Annuität (Energie)	170.174 €	327.314 €	256.245 €
Annuität (CO₂)	10.915 €	15.157 €	13.239 €
Betriebsgebundene Kosten			
Jährliche Fixkosten O&M	93.187 €	114.935 €	98.071 €
Variable Kosten O&M	20.065 €	6.508 €	12.639 €
Annuität	113.252 €	121.442 €	110.710 €
Summe Annuitäten	578.806 €	822.782 €	681.005 €
Wärmegestehungskosten	15,1 Ct/kWh	21,5 Ct/kWh	17,8 Ct/kWh

Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel ist mit Wärmegestehungskosten von 15,1 Ct/kWh am wirtschaftlichsten, Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe mit 21,5 Ct/kWh am teuersten. Die Kombination aus Hackschnitzel und Luft-Wärmepumpe liegt mit 17,8 Ct/kWh dazwischen.

Es ist zu erkennen, dass insbesondere die bedarfsgebundenen Kosten, also die Energiekosten den größten Anteil an den Gesamtkosten ausmachen, demnach hätten Energiepreisänderungen einen entsprechenden Einfluss auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die anfänglichen Investitionskosten spielen ebenfalls fast eine genauso wichtige Rolle.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Wärmegestehungskosten für das Fokusgebiet Gewerbegebiet konkurrenzfähig zu Einzellösung sein können.

Zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit wurde ergänzend zur Referenzannahme einer Anschlussquote von 60 % eine Sensitivitätsanalyse der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit unterschiedlicher Anschlussquoten durchgeführt (vgl. Abbildung 37). Dabei wurde berücksichtigt, dass mit steigender Anschlussquote sowohl die tatsächlich abgenommene Wärmemenge als auch die Gleichzeitigkeit abnimmt und sich hieraus veränderte Anforderungen an die installierte Leistung der Heizzentrale ergeben. Die Ergebnisse zeigen über alle untersuchten Erzeugungskonzepte hinweg eine deutliche Degression der Wärmegestehungskosten mit zunehmender Anschlussquote. Insbesondere bei niedrigen Anschlussquoten wirken sich Fixkostenanteile, größere relative Leistungsreserven und geringere Volllaststunden kostensteigernd aus. Mit steigender Anschlussquote verbessern sich demgegenüber die Auslastung der Erzeugungsanlagen und die Verteilung der Investitionskosten auf eine größere Wärmemenge, sodass sich signifikante Kostenvorteile ergeben. Die Analyse verdeutlicht damit die hohe Bedeutung einer möglichst hohen Anschlussdichte für die Wirtschaftlichkeit leitungsgebundener Wärmeversorgung im Fokusgebiet.

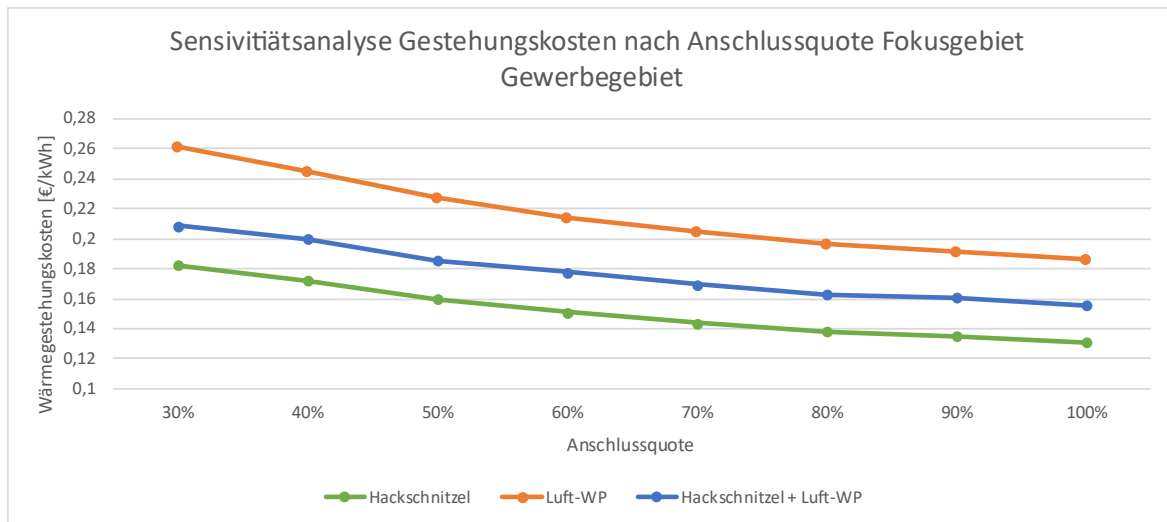


Abbildung 37: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Gewerbegebiet

Wichtig: Die dargestellten Berechnungen sind eine erste grobe Näherung, die sehr viele Annahmen beinhaltet. Es ist zwingend notwendig für das Fokusgebiet eine detaillierte Machbarkeitsstudie und Planung zu erstellen, um belastbare Zahlen zu erhalten.

6.1.3. Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

Im Folgenden wird eine mögliche Wärmeverbundlösung für das Gewerbegebiet inklusive Erweiterung der Wohnbebauung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit betrachtet. In Abbildung 38 ist der mögliche Trassenverlauf für das Wärmenetz dargestellt. Das Gebiet wurde in Abbildung 26 als dezentrale Wärmerversorgung ausgewiesen.

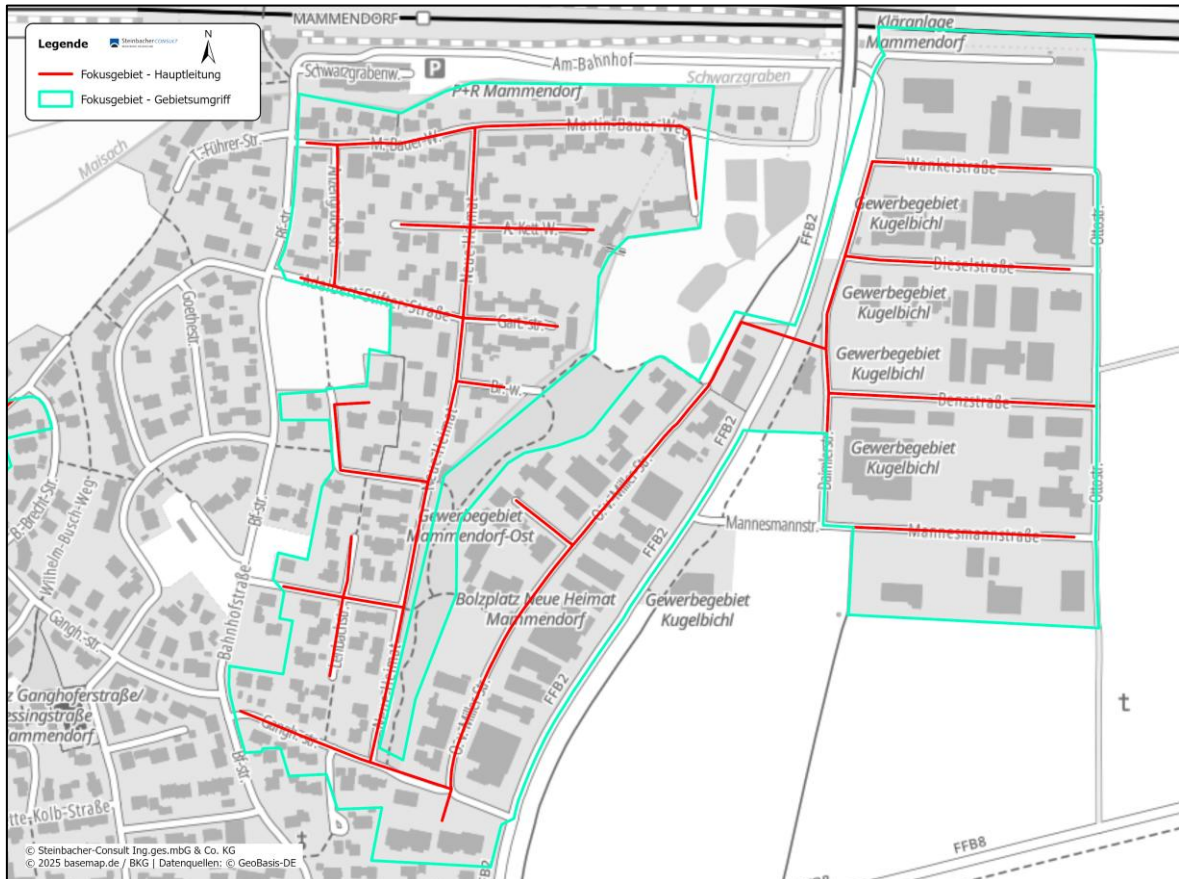


Abbildung 38: Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

6.1.3.1. Technische Parameter

Aus Tabelle 14 ist ersichtlich, dass im Gebiet insgesamt 60 Gebäude beheizt werden, wobei 136 davon Einfamilienhäuser, 14 Mehrfamilienhaus und 55 Gebäude dem Sektor GHD/Sonstiges zugeordnet sind. Der Wärmebedarf beläuft sich in Summe auf 9.545 MWh/a.

Tabelle 14: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung im IST-Zustand

Energieträger	Gebäude mit Hausnr.	Wärmebedarf [MWh/a]	Anteil
EFH	136	2.821	30%
MFH	14	724	8%
GHD / Sonstiges	55	6.001	63%
Industrie	0	0	0%
Summe	205	9.545	100%

Das Wärmenetz lässt sich gemäß

Tabelle 15 charakterisieren. Die Wärmeliniendichte bei der angenommenen Anschlussquote von 60 % liegt bei 1.396 kWh/Trm, was unter allgemeinen Gesichtspunkten gemäß dem Leitfaden Wärmeplanung [4] auf eine mittlere Eignung (vgl. Tabelle 7) für ein Wärmenetz hindeutet. In Summe würden 5.727 MWh/a abgesetzt werden.

Tabelle 15: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

Parameter bei Anschlussgrad 60 %	Wärmenetzentwurf
Trassenlänge [m]	4.104
Anzahl angeschlossener Wohngebäude	90
Anzahl gewerblicher Verbraucher	33
Wärmeabsatz [MWh]	5.727
Wärmeliniendichte [kWh/Trm]	1.396
Netzverluste [MWh]	1.057
Netz- und Übergabeverluste	18%

In Abbildung 39 ist der simulierte Lastgang und in Abbildung 40 die geordnete Jahresdauerlinie des Fokusgebiets Gewerbegebiet dargestellt. Diese basieren auf den Temperaturdaten der Wetterstation Maisach-Galgen des Deutschen Wetterdienstes von 2023. Die zu deckende Spitzenlast liegt bei theoretischen 3.793 kW. In der folgenden Berechnung wird von einer Maximallast von 2.101 kW ausgegangen. Diese Last ergibt sich durch die Berücksichtigung eines entsprechenden Gleichzeitigkeitsfaktors von 55,39 %, der einbezieht, dass nicht alle Gebäude gleichzeitig mit voller Leistung versorgt werden müssen.

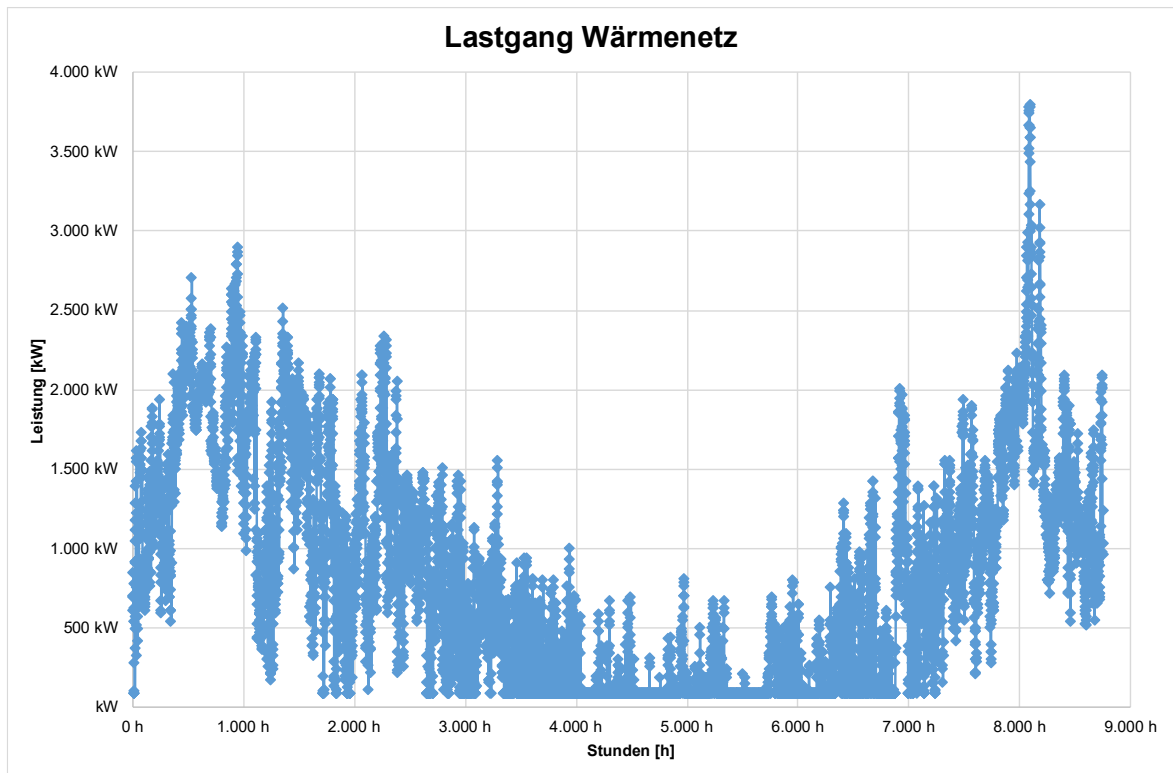


Abbildung 39: Lastgang Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

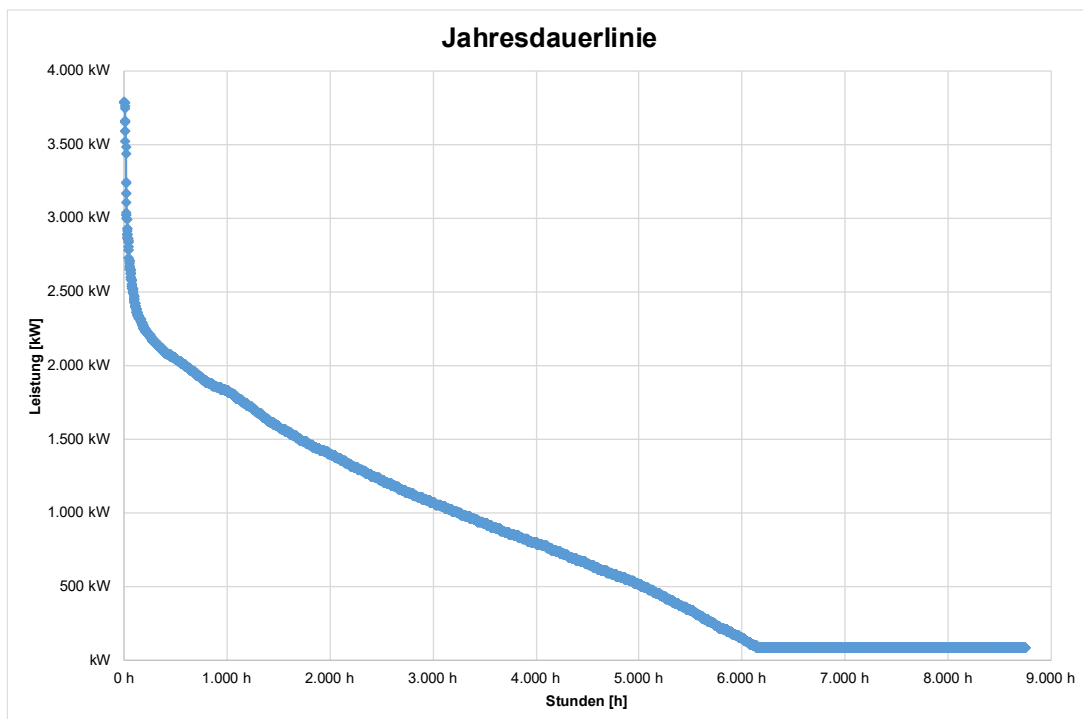


Abbildung 40: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

Für das Fokusgebiet Gewerbegebiet werden folgende Versorgungsvarianten untersucht:

- Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel
- Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe
- Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe

Für Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe wurde die Luftwärmepumpe zur Grundlastabdeckung mit 650 kW ausgelegt. Der Hackschnitzelkessel dient zur Spitzenlastabdeckung. Die wichtigsten Parameter sind in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Variantenvergleich Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

Parameter	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Biomasse Leistung	2.101 kW		1.451
Biomasse eingespeiste Wärme	7.079 MWh/a		3.295 MWh/a
Biomasse Endenergieverbrauch	7.865 MWh/a		3.661 MWh/a
Biomasse Anteil an Wärmeerzeugung	100%		47%
Wärmepumpe Leistung		2.101 kW	650 kW
Wärmepumpe eingespeiste Wärme		7.079 MWh/a	3.784 MWh/a
Wärmepumpe Endenergieverbrauch		2.528 MWh/a	1.351 MWh/a
Wärmepumpe Anteil an Wärmeerzeugung		100%	53%

6.1.3.2. Wirtschaftliche Bewertung

In Tabelle 17 sind die Investitionskosten für die untersuchten Varianten aufgelistet. Die Investitionskosten werden sowohl mit als auch ohne Fördermittel dargestellt. Variante 1: Hackschnitzel ist in der Investition am günstigsten, am teuersten wäre Variante 2: Luftwärmepumpe.

Tabelle 17: Investitionskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Heizzentrale			
Heizung	1.453.715,40 €	2.723.117,43 €	1.858.119,25 €
Nutzungsdauer Heizung	28	25	28 bzw. 25
Wärmenetz			
Hauptleitungsstrang	4.551.336,00 €	4.551.336,00 €	4.551.336,00 €
Nutzungsdauer	40	40	40
Pumpstation	197.839,74 €	197.839,74 €	197.839,74 €
Nutzungsdauer Pumpstation	20	20	20
Hausstationen Fernwärme inkl. Hausanschlussleitungen			
Hausanschlussleitungen	1.763.522,31 €	1.763.522,31 €	1.763.522,31 €
Nutzungsdauer Hausanschlussleitungen	40	40	40
Hausstationen Fernwärme	919.835,81 €	919.835,81 €	919.835,81 €
Nutzungsdauer	20	20	20
geringinvestive Maßnahmen*	367.087,08 €	367.087,08 €	367.087,08 €
Nutzungsdauer	20	20	20
Summe vor Förderung	9.253.336,33 €	10.522.738,37 €	9.657.740,19 €
Bundesförderung Wärmenetze	-3.554.499,70 €	-4.062.260,52 €	-3.716.261,25 €
Bundesförderung KfW 458	-89.240,80 €	-89.240,80 €	-89.240,80 €
Summe nach Förderung	5.609.595,83 €	6.371.237,05 €	5.852.238,15 €

* Beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilleitungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)

In Tabelle 18 sind die Jahreskosten für die untersuchten Varianten dargestellt. Auch hier ist Variante 1 Hackschnitzel am günstigsten. Die höchsten laufenden Kosten hätte Variante 2: Luft-WP.

Tabelle 18: Jahreskosten Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Kapitalgebundene Kosten			
Annuität (Investition)	493.277 €	568.027 €	517.065 €
Bedarfsgebundene Kosten			
Wirkungsgrad	0,9	2,8	0,9 bzw. 2,8
Energiekosten	255.483 €	491.399 €	381.580 €
CO ₂ -Kosten	7.979 €	31.941 €	20.787 €
Annuität (Energie)	255.483 €	491.399 €	381.580 €
Annuität (CO₂)	16.387 €	22.755 €	19.791 €
Betriebsgebundene Kosten			
Jährliche Fixkosten O&M	103.672 €	125.373 €	110.852 €
Variable Kosten O&M	30.124 €	9.770 €	19.245 €
Annuität	133.795 €	135.143 €	130.096 €
Summe Annuitäten	898.942 €	1.217.324 €	1.048.532 €
Wärmegestehungskosten	15,7 Ct/kWh	21,3 Ct/kWh	18,3 Ct/kWh

Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel ist mit Wärmegestehungskosten von 15,7 Ct/kWh am wirtschaftlichsten, Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe mit 21,3 Ct/kWh am teuersten. Die Kombination aus Hackschnitzel und Luft-Wärmepumpe liegt mit 18,3 Ct/kWh dazwischen.

Es ist zu erkennen, dass insbesondere die bedarfsgebundenen Kosten, also die Energiekosten den größten Anteil an den Gesamtkosten ausmachen, demnach hätten Energiepreisänderungen einen entsprechenden Einfluss auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die anfänglichen Investitionskosten spielen ebenfalls fast eine genauso wichtige Rolle.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Wärmegestehungskosten für das Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung konkurrenzfähig zu Einzellösung sein können.

Zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit wurde ergänzend zur Referenzannahme einer Anschlussquote von 60 % eine Sensitivitätsanalyse der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit unterschiedlicher Anschlussquoten durchgeführt (vgl. Abbildung 41). Dabei wurde berücksichtigt, dass mit steigender Anschlussquote sowohl die tatsächlich abgenommene Wärmemenge als auch die Gleichzeitigkeit abnimmt und sich hieraus veränderte Anforderungen an die installierte Leistung der Heizzentrale ergeben. Die Ergebnisse zeigen über alle untersuchten Erzeugungskonzepte hinweg eine deutliche Degression der Wärmegestehungskosten mit zunehmender Anschlussquote. Insbesondere bei niedrigen Anschlussquoten wirken sich Fixkostenanteile, größere relative Leistungsreserven und geringere Volllaststunden kostensteigernd aus. Mit steigender Anschlussquote verbessern sich demgegenüber die Auslastung der Erzeugungsanlagen und die Verteilung der Investitionskosten auf eine größere Wärmemenge, sodass sich signifikante Kostenvorteile ergeben. Die Analyse verdeutlicht damit die hohe Bedeutung einer möglichst hohen Anschlussdichte für die Wirtschaftlichkeit leitungsgebundener Wärmeversorgung im Fokusgebiet.

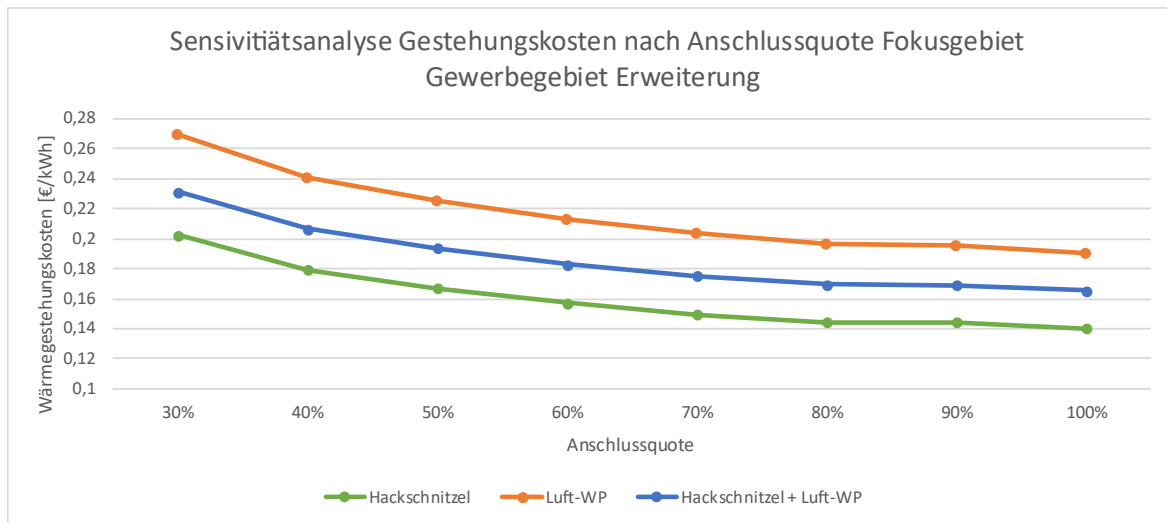


Abbildung 41: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Gewerbegebiet Erweiterung

Wichtig: Die dargestellten Berechnungen sind eine erste grobe Näherung, die sehr viele Annahmen beinhaltet. Es ist zwingend notwendig für das Fokusgebiet eine detaillierte Machbarkeitsstudie und Planung zu erstellen, um belastbare Zahlen zu erhalten.

6.1.4. Fokusgebiet Augsburger Straße

Im Folgenden wird eine weitere mögliche Wärmeverbundlösung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit betrachtet. In Abbildung 42 ist der mögliche Trassenverlauf für das Wärmenetz dargestellt.

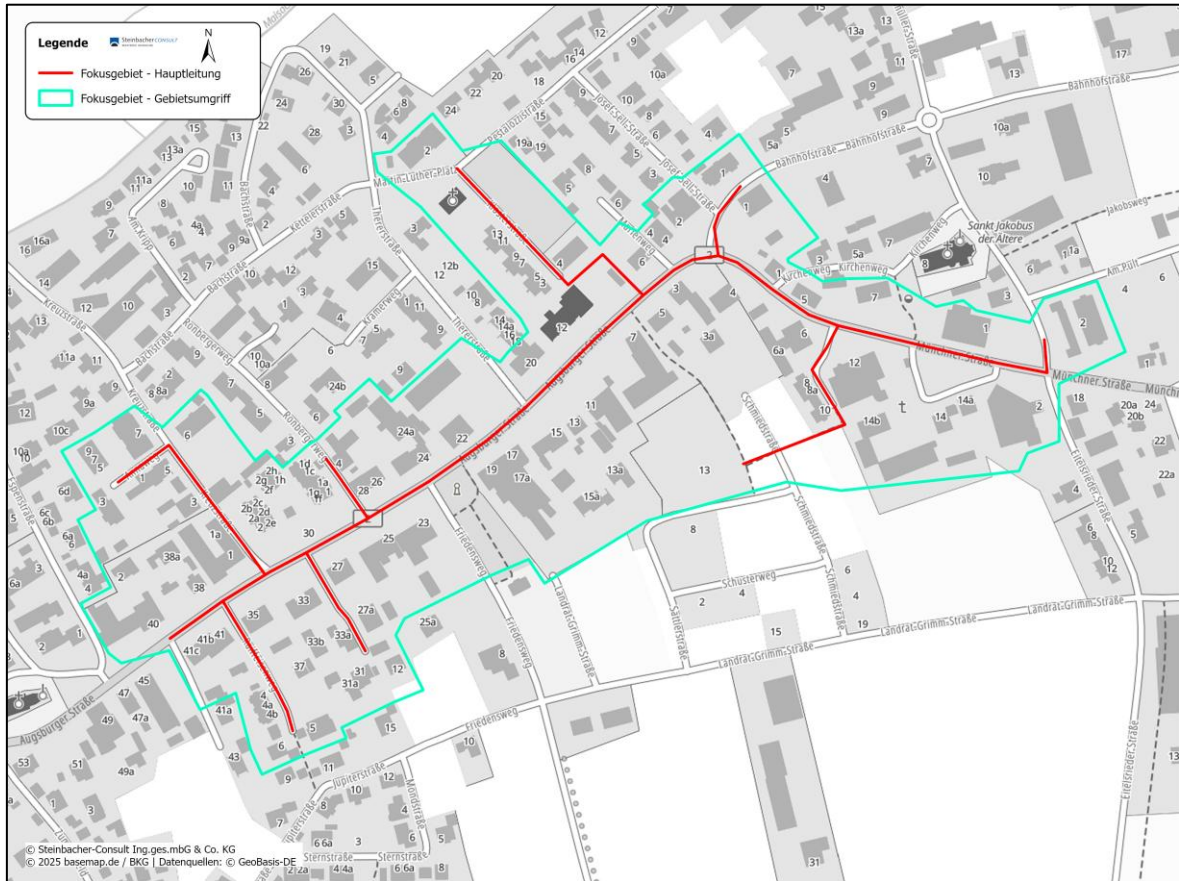


Abbildung 42: Fokusgebiet Augsburger Straße

6.1.4.1. Technische Parameter

Aus Tabelle 19 ist ersichtlich, dass im Gebiet insgesamt 91 Gebäude beheizt werden, wobei 51 davon Einfamilienhäuser und 18 Mehrfamilienhäuser sind. Dem Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung sind 22 Gebäude zuzuordnen (u.a. Grundschule, Montessorischule). Der Wärmebedarf aller Gebäude beläuft sich auf 4.415 MWh/a.

Tabelle 19: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Augsburger Straße im IST-Zustand

Energieträger	Gebäude mit Hausnr.	Wärmebedarf [MWh/a]	Anteil
EFH	51	1.008	23%
MFH	18	1.184	27%
GHD / Sonstiges	22	2.223	50%
Industrie	0	0	0%
Summe	91	4.415	100%

Das Wärmenetz lässt sich gemäß Tabelle 20 charakterisieren. Die Wärmelinien-dichte bei der angenommenen Anschlussquote von 60 % liegt bei 1.760 kWh/Trm, was unter allgemeinen Gesichtspunkten gemäß Leit-faden Wärmeplanung [4] auf eine hohe Eignung (vgl. Tabelle 7) für ein Wärmenetz hin-deutet. In Summe würden 2.649 MWh/a abgesetzt werden.

Tabelle 20: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Augsburg-er Straße

Parameter bei Anschlussgrad 60 %	Wärmenetzentwurf
Trassenlänge [m]	1.505
Anzahl angeschlossener Wohngebäude	41
Anzahl gewerblicher Verbraucher	13
Wärmeabsatz [MWh]	2.649
Wärmelinien-dichte [kWh/Trm]	1.760
Netzverluste [MWh]	488
Netz- und Übergabeverluste	18%

In Abbildung 43 ist der simulierte Lastgang und in Abbildung 44 die geordnete Jahresdauerlinie des Fokusgebiets Augsburg-er Straße dargestellt. Diese basieren auf den Temperaturdaten der Wetterstation Maisach-Galgen des Deutschen Wetterdienstes von 2023. Die zu deckende Spitzenlast liegt bei theoretisch 1.735 kW. In der folgenden Berechnung wird von einer Maximallast von 1.253 kW ausgegangen. Diese Last ergibt sich durch die Berücksichtigung eines entsprechenden Gleichzeitigkeits-faktors von 72,19 %, der einbezieht, dass nicht alle Gebäude gleichzeitig mit voller Leistung versorgt werden müssen.

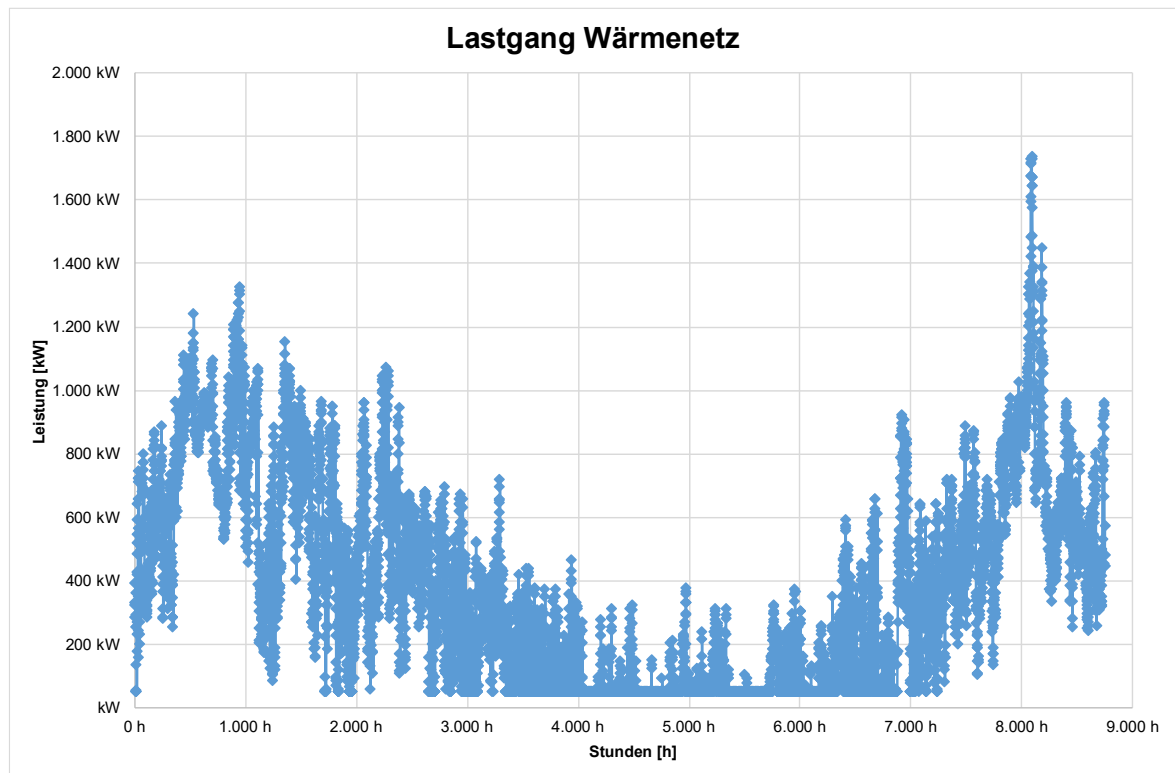


Abbildung 43: Lastgang Fokusgebiet Augsburg-er Straße

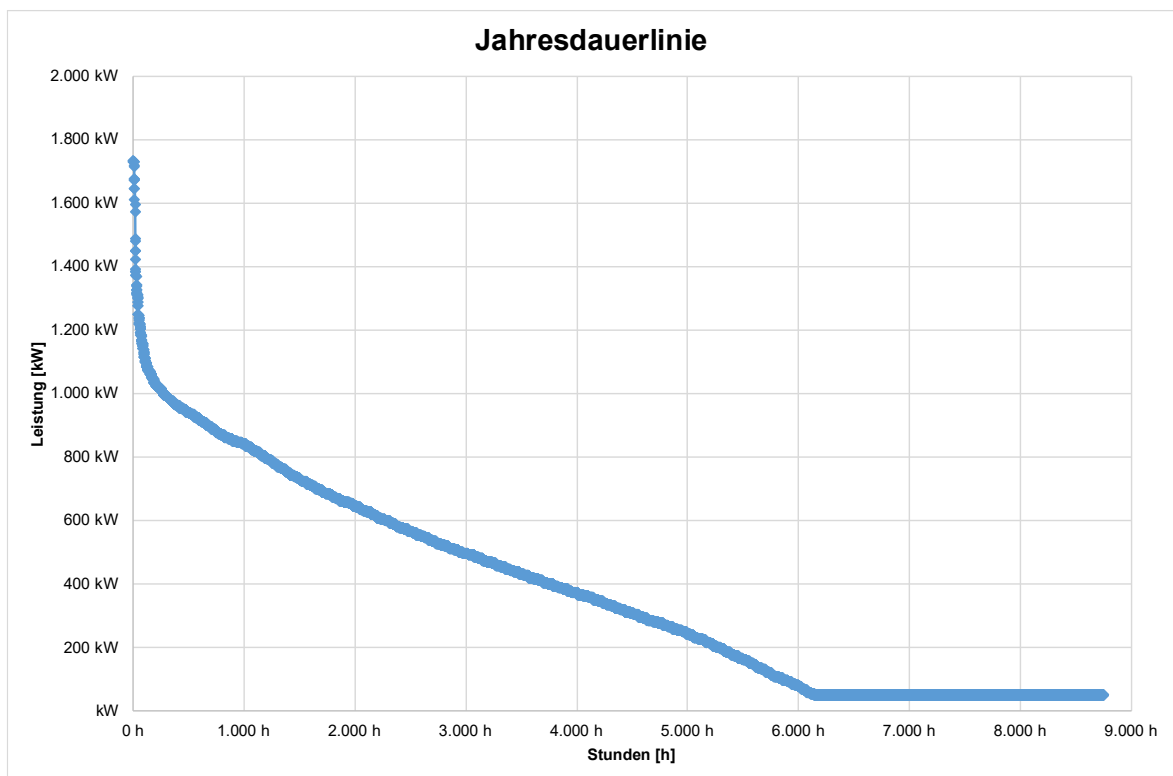


Abbildung 44: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Augsburgs Straße

Für das Fokusgebiet Augsburgs Straße werden folgende Versorgungsvarianten untersucht:

- Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel
- Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe
- Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe

Für Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe wurde die Luftwärmepumpe zur Grundlastabdeckung mit 300 kW ausgelegt. Der Hackschnitzelkessel dient zur Spitzenlastabdeckung. Die wichtigsten Parameter der untersuchten Versorgungsvarianten sind in Tabelle 21 dargestellt.

Aufgrund der Lage der geplanten Heizzentrale in unmittelbarer Nähe zu einer Wohnsiedlung sind die Versorgungsvarianten unter besonderer Berücksichtigung der Umweltauswirkungen und Anwohnerverträglichkeit zu bewerten. Die Hackschnitzelvariante erfordert eine regelmäßige Brennstoffanlieferung per Lkw, was zu zusätzlichem Verkehrsaufkommen sowie Lärm- und Staubemissionen im Wohnumfeld führen kann. Zudem entstehen bei der Verbrennung Emissionen, die in dicht besiedelten Gebieten aus Immissionsschutzgründen kritisch zu betrachten sind. Die Luftwärmepumpe verursacht hingegen keine lokalen Schadstoffemissionen, benötigt jedoch große Luftmengen zur Wärmegewinnung, was zu relevanten Geräuschemissionen für die Anwohnerschaft führen kann. Darüber hinaus ist ihre Effizienz stark von den Außentemperaturen abhängig, was in kalten Perioden zu einer erhöhten Stromnachfrage führen kann. Durch den kombinierten Einsatz beider Systeme können Synergieeffekte genutzt werden, um den Anlagenbetrieb unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit sowie Umwelt- und Lärmschutz zu optimieren.

Tabelle 21: Variantenvergleich Fokusgebiet Augsburgur Straße

Parameter	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Biomasse Leistung	1.253 kW		953 kW
Biomasse eingespeiste Wärme	3.304 MWh/a		1.523 MWh/a
Biomasse Endenergieverbrauch	3.671 MWh/a		1.692 MWh/a
Biomasse Anteil an Wärmeerzeugung	100%		46%
Wärmepumpe Leistung		1.253 kW	300 kW
Wärmepumpe eingespeiste Wärme		3.304 MWh/a	1.781 MWh/a
Wärmepumpe Endenergieverbrauch		1.180 MWh/a	636 MWh/a
Wärmepumpe Anteil an Wärmeerzeugung		100%	54%

6.1.4.2. Wirtschaftliche Bewertung

In Tabelle 22 sind die Investitionskosten dargestellt. Die Investitionskosten werden sowohl mit als auch ohne Fördermittel dargestellt. Variante 1: Hackschnitzel ist in der Investition am günstigsten, am teuersten wäre Variante 2: Luftwärmepumpe.

Tabelle 22: Investitionskosten Fokusgebiet Augsburgur Straße

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Heizzentrale			
Heizung	866.757,53 €	1.842.922,78 €	1.105.725,45 €
Nutzungsdauer Heizung	28	25	28 bzw. 25
Wärmenetz			
Hauptleitungsstrang	1.927.905,00 €	1.927.905,00 €	1.927.905,00 €
Nutzungsdauer	40	40	40
Pumpstation	117.959,19 €	117.959,19 €	117.959,19 €
Nutzungsdauer Pumpstation	20	20	20
Hausstationen Fernwärme inkl. Hausanschlusssleitungen			
Hausanschlusssleitungen	783.658,23 €	783.658,23 €	783.658,23 €
Nutzungsdauer Hausanschlusssleitungen	40	40	40
Hausstationen Fernwärme	426.084,75 €	426.084,75 €	426.084,75 €
Nutzungsdauer	20	20	20
Geringinvestive Maßnahmen*	175.901,66 €	175.901,66 €	175.901,66 €
Nutzungsdauer	20	20	20
Summe vor Förderung	4.298.266,36 €	5.274.431,60 €	4.537.234,28 €
Bundesförderung Wärmenetze	-1.648.945,88 €	-2.039.411,98 €	-1.744.533,05 €
Bundesförderung KfW 458	-50.963,11 €	-50.963,11 €	-50.963,11 €
Summe nach Förderung	2.598.357,37 €	3.184.056,52 €	2.741.738,12 €

* Beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilleitungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)

In Tabelle 23 sind die Jahreskosten für die untersuchten Varianten dargestellt. Auch hier ist Variante 1 Hackschnitzel am günstigsten. Die höchsten laufenden Kosten hätte Variante 2: Luft-WP.

Tabelle 23: Jahreskosten Fokusgebiet Augsburgs Straße

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Kapitalgebundene Kosten			
Annuität (Investition)	229.610 €	286.622 €	243.558 €
Bedarfsgebundene Kosten			
Wirkungsgrad	0,9	2,8	0,9 bzw. 2,8
Energiekosten	118.117 €	227.188 €	176.913 €
CO ₂ -Kosten	3.689 €	14.767 €	9.661 €
Annuität (Energie)	118.117 €	227.188 €	176.913 €
Annuität (CO₂)	7.576 €	10.520 €	9.163 €
Betriebsgebundene Kosten			
Jährliche Fixkosten O&M	59.850 €	81.562 €	65.257 €
Variable Kosten O&M	13.927 €	4.517 €	8.854 €
Annuität	73.777 €	86.078 €	74.111 €
Summe Annuitäten	429.080 €	610.408 €	503.746 €
Wärmegestehungskosten	16,2 Ct/kWh	23,0 Ct/kWh	19,0 Ct/kWh

Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel ist mit Wärmegestehungskosten von knapp 16,2 Ct/kWh am wirtschaftlichsten, Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe mit knapp 23,0 Ct/kWh am teuersten. Die Kombination aus Hackschnitzel und Luft-Wärmepumpe liegt mit 19,0 Ct/kWh dazwischen.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Wärmegestehungskosten für das Fokusgebiet konkurrenzfähig zu Einzellösung sein können.

Zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit wurde ergänzend zur Referenzannahme einer Anschlussquote von 60 % eine Sensitivitätsanalyse der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit unterschiedlicher Anschlussquoten durchgeführt (vgl. Abbildung 45). Dabei wurde berücksichtigt, dass mit steigender Anschlussquote sowohl die tatsächlich abgenommene Wärmemenge als auch die Gleichzeitigkeit abnimmt und sich hieraus veränderte Anforderungen an die installierte Leistung der Heizzentrale ergeben. Die Ergebnisse zeigen über alle untersuchten Erzeugungskonzepte hinweg eine deutliche Degression der Wärmegestehungskosten mit zunehmender Anschlussquote. Insbesondere bei niedrigen Anschlussquoten wirken sich Fixkostenanteile, größere relative Leistungsreserven und geringere Volllaststunden kostensteigernd aus. Mit steigender Anschlussquote verbessern sich demgegenüber die Auslastung der Erzeugungsanlagen und die Verteilung der Investitionskosten auf eine größere Wärmemenge, sodass sich signifikante Kostenvorteile ergeben. Die Analyse verdeutlicht damit die hohe Bedeutung einer möglichst hohen Anschlussdichte für die Wirtschaftlichkeit leitungsgebundener Wärmeversorgung im Fokusgebiet.

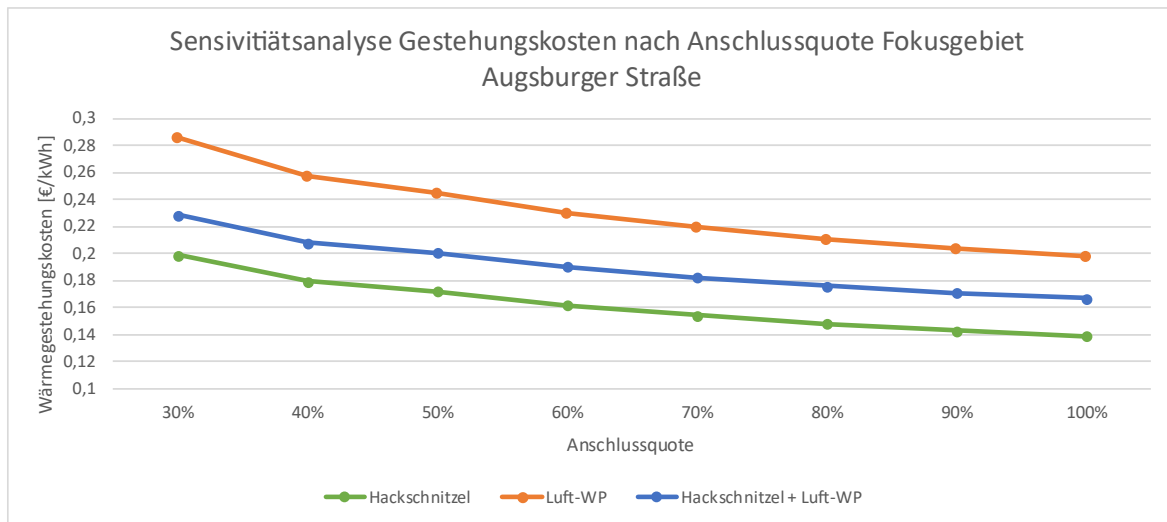


Abbildung 45: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Augsburgs Straße

Wichtig: Die dargestellten Berechnungen sind eine erste grobe Näherung, die sehr viele Annahmen beinhaltet. Es ist zwingend notwendig für das Fokusgebiet eine detaillierte Machbarkeitsstudie und Planung zu erstellen, um belastbare Zahlen zu erhalten.

Im Folgenden wird eine weitere mögliche Wärmeverbundlösung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit betrachtet. In Abbildung 46 ist der mögliche Trassenverlauf für das Wärmenetz dargestellt.



Aus Tabelle 24 ist ersichtlich, dass im Gebiet insgesamt 233 Gebäude beheizt werden, wobei 171 davon Einfamilienhäuser und 36 Mehrfamilienhäuser sind. Dem Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung sind 26 Gebäude zuzuordnen (u.a. Grundschule, Montessorischule). Der Wärmebedarf aller Gebäude beläuft sich auf 8.540 MWh/a.

Tabelle 24: Aufteilung Wärmebedarf im Fokusgebiet Augsburgsburger Straße Erweiterung im IST-Zustand

Energieträger	Gebäude mit Hausnr.	Wärmebedarf [MWh/a]	Anteil
EFH	171	3.529	41%
MFH	36	1.878	22%
GHD / Sonstiges	26	3.133	37%
Industrie	0	0	0%
Summe	233	8.540	100%

Das Wärmenetz lässt sich gemäß Tabelle 25 charakterisieren. Die Wärmelinien-dichte bei der angenommenen Anschlussquote von 60 % liegt bei 1.478 kWh/Trm, was unter allgemeinen Gesichtspunkten gemäß Leit-faden Wärmeplanung [4] auf eine mittlere Eignung (vgl. Tabelle 7) für ein Wärmenetz hindeutet. In Summe würden 5.124 MWh/a abgesetzt werden.

Tabelle 25: Kennzahlen Wärmenetz Fokusgebiet Augsburgsburger Straße Erweiterung

Parameter bei Anschlussgrad 60 %	Wärmenetzentwurf
Trassenlänge [m]	3.467
Anzahl angeschlossener Wohngebäude	124
Anzahl gewerblicher Verbraucher	16
Wärmeabsatz [MWh]	5.124
Wärmelinien-dichte [kWh/Trm]	1.478
Netzverluste [MWh]	964
Netz- und Übergabeverluste	19%

In Abbildung 47 ist der simulierte Lastgang und in Abbildung 48 die geordnete Jahresdauerlinie des Fokusgebiets Augsburgsburger Straße dargestellt. Diese basieren auf den Temperaturdaten der Wetterstation Maisach-Galgen des Deutschen Wetterdienstes von 2023. Die zu deckende Spitzenlast liegt bei theoretisch 3.384 kW. In der folgenden Berechnung wird von einer Maximallast von 1.814 kW ausgegangen. Diese Last ergibt sich durch die Berücksichtigung eines entsprechenden Gleichzeitigkeitsfaktors von 53,62 %, der einbezieht, dass nicht alle Gebäude gleichzeitig mit voller Leistung versorgt werden müssen.

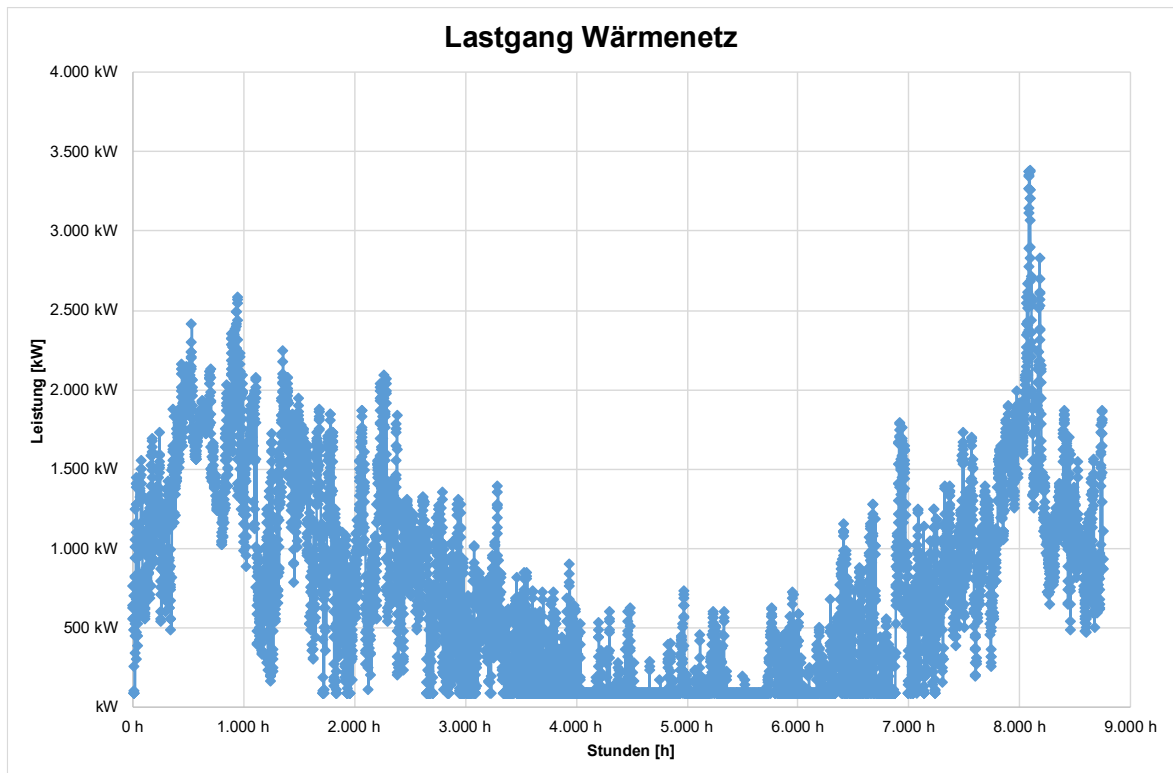


Abbildung 47: Lastgang Fokusgebiet Augsburgs Straße Erweiterung

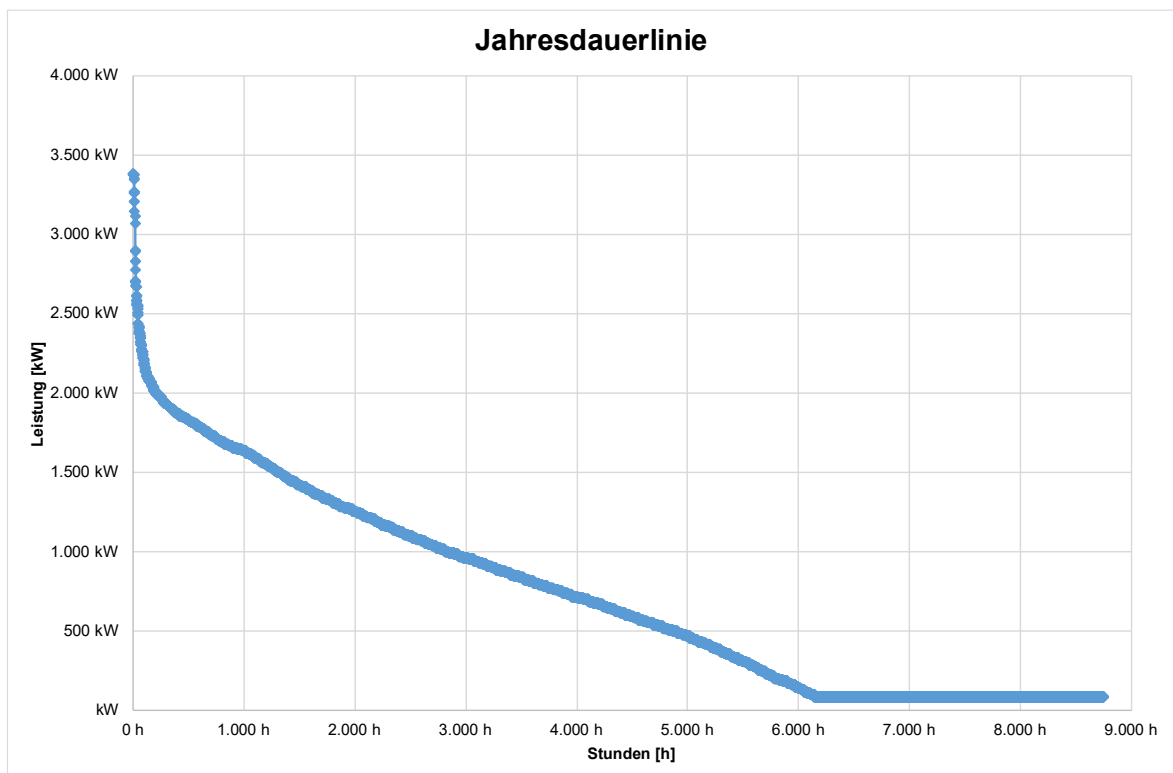


Abbildung 48: Jahresdauerlinie Fokusgebiet Augsburgs Straße

Für das Fokusgebiet Augsburger Straße werden folgende Versorgungsvarianten untersucht:

- Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel
- Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe
- Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe

Für Variante 3: Wärmenetz mit Hackschnitzel + Kompressions-Luft-Wärmepumpe wurde die Luftwärmepumpe zur Grundlastabdeckung mit 600 kW ausgelegt. Der Hackschnitzelkessel dient zur Spitzenlastabdeckung. Die wichtigsten Parameter der untersuchten Versorgungsvarianten sind in Tabelle 26 dargestellt.

Aufgrund der Lage der geplanten Heizzentrale in unmittelbarer Nähe zu einer Wohnsiedlung sind die Versorgungsvarianten unter besonderer Berücksichtigung der Umweltauswirkungen und Anwohnerverträglichkeit zu bewerten. Die Hackschnitzelvariante erfordert eine regelmäßige Brennstoffanlieferung per Lkw, was zu zusätzlichem Verkehrsaufkommen sowie Lärm- und Staubemissionen im Wohnumfeld führen kann. Zudem entstehen bei der Verbrennung Emissionen, die in dicht besiedelten Gebieten aus Immissionsschutzgründen kritisch zu betrachten sind. Die Luftwärmepumpe verursacht hingegen keine lokalen Schadstoffemissionen, benötigt jedoch große Luftmengen zur Wärmegewinnung, was zu relevanten Geräuschemissionen für die Anwohnerschaft führen kann. Darüber hinaus ist ihre Effizienz stark von den Außentemperaturen abhängig, was in kalten Perioden zu einer erhöhten Stromnachfrage führen kann. Durch den kombinierten Einsatz beider Systeme können Synergieeffekte genutzt werden, um den Anlagenbetrieb unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit sowie Umwelt- und Lärmschutz zu optimieren.

Tabelle 26: Variantenvergleich Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung

Parameter	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Biomasse Leistung	1.814 kW		1.214 kW
Biomasse eingespeiste Wärme	6.385 MWh/a		2.879 MWh/a
Biomasse Endenergieverbrauch	7.094 MWh/a		3.198 MWh/a
Biomasse Anteil an Wärmeerzeugung	100%		45%
Wärmepumpe Leistung		1.814 kW	600 kW
Wärmepumpe eingespeiste Wärme		6.385 MWh/a	3.506 MWh/a
Wärmepumpe Endenergieverbrauch		2.280 MWh/a	1.252 MWh/a
Wärmepumpe Anteil an Wärmeerzeugung		100%	55%

6.1.5.2. Wirtschaftliche Bewertung

In Tabelle 27 sind die Investitionskosten dargestellt. Die Investitionskosten werden sowohl mit als auch ohne Fördermittel dargestellt. Variante 1: Hackschnitzel ist in der Investition am günstigsten, am teuersten wäre Variante 2: Luftwärmepumpe.

Tabelle 27: Investitionskosten Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Heizzentrale			
Heizung	1.255.520,21 €	2.437.846,34 €	1.652.251,65 €
Nutzungsdauer Heizung	28	25	28 bzw. 25
Wärmenetz			
Hauptleitungsstrang	3.844.903,00 €	3.844.903,00 €	3.844.903,00 €
Nutzungsdauer	40	40	40
Pumpstation	170.866,87 €	170.866,87 €	170.866,87 €
Nutzungsdauer Pumpstation	20	20	20
Hausstationen Fernwärme inkl. Hausan- schlussleitungen			
Hausanschlussleitungen	1.993.633,58 €	1.993.633,58 €	1.993.633,58 €
Nutzungsdauer Hausanschlussleitungen	40	40	40
Hausstationen Fernwärme	992.014,16 €	992.014,16 €	992.014,16 €
Nutzungsdauer	20	20	20
Geringinvestive Maßnahmen*	367.319,24 €	367.319,24 €	367.319,24 €
Nutzungsdauer	20	20	20
Summe vor Förderung	8.624.257,05 €	9.806.583,18 €	9.020.988,49 €
Bundesförderung Wärmenetze	-3.302.775,12 €	-3.775.705,58 €	-3.461.467,70 €
Bundesförderung KfW 458	-135.404,04 €	-135.404,04 €	-135.404,04 €
Summe nach Förderung	5.186.077,88 €	5.895.473,56 €	5.424.116,75 €

* Beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)

In Tabelle 28 sind die Jahreskosten für die untersuchten Varianten dargestellt. Auch hier ist Variante 1 Hackschnitzel am günstigsten. Die höchsten laufenden Kosten hätte Variante 2: Luft-WP.

Tabelle 28: Jahreskosten Fokusgebiet Augsburger Straße Erweiterung

	V1 Hackschnitzel	V2 Luft-WP	V3 Hackschnitzel + Luft-WP
Kapitalgebundene Kosten			
Annuität (Investition)	456.582 €	526.020 €	479.871 €
Bedarfsgebundene Kosten			
Wirkungsgrad	0,9	2,8	0,9 bzw. 2,8
Energiekosten	229.259 €	440.960 €	345.513 €
CO ₂ -Kosten	7.160 €	28.662 €	18.968 €
Annuität (Energie)	229.259 €	440.960 €	345.513 €
Annuität (CO₂)	14.705 €	20.420 €	17.843 €
Betriebsgebundene Kosten			
Jährliche Fixkosten O&M	93.542 €	115.725 €	101.107 €
Variable Kosten O&M	27.032 €	8.767 €	17.002 €
Annuität	120.574 €	124.492 €	118.109 €
Summe Annuitäten	821.120 €	1.111.891 €	961.336 €
Wärmegestehungskosten	16,0 Ct/kWh	21,7 Ct/kWh	18,8 Ct/kWh

Variante 1: Wärmenetz mit Hackschnitzel ist mit Wärmegestehungskosten von knapp 16,0 Ct/kWh am wirtschaftlichsten, Variante 2: Wärmenetz mit Kompressions-Luft-Wärmepumpe mit knapp 21,7 Ct/kWh am teuersten. Die Kombination aus Hackschnitzel und Luft-Wärmepumpe liegt mit 18,8 Ct/kWh dazwischen.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Wärmegestehungskosten für das Fokusgebiet konkurrenzfähig zu Einzellösung sein können.

Zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit wurde ergänzend zur Referenzannahme einer Anschlussquote von 60 % eine Sensitivitätsanalyse der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit unterschiedlicher Anschlussquoten durchgeführt (vgl. Abbildung 49). Dabei wurde berücksichtigt, dass mit steigender Anschlussquote sowohl die tatsächlich abgenommene Wärmemenge als auch die Gleichzeitigkeit abnimmt und sich hieraus veränderte Anforderungen an die installierte Leistung der Heizzentrale ergeben. Die Ergebnisse zeigen über alle untersuchten Erzeugungskonzepte hinweg eine deutliche Degression der Wärmegestehungskosten mit zunehmender Anschlussquote. Insbesondere bei niedrigen Anschlussquoten wirken sich Fixkostenanteile, größere relative Leistungsreserven und geringere Volllaststunden kostensteigernd aus. Mit steigender Anschlussquote verbessern sich demgegenüber die Auslastung der Erzeugungsanlagen und die Verteilung der Investitionskosten auf eine größere Wärmemenge, sodass sich signifikante Kostenvorteile ergeben. Die Analyse verdeutlicht damit die hohe Bedeutung einer möglichst hohen Anschlussdichte für die Wirtschaftlichkeit leitungsgebundener Wärmeversorgung im Fokusgebiet.

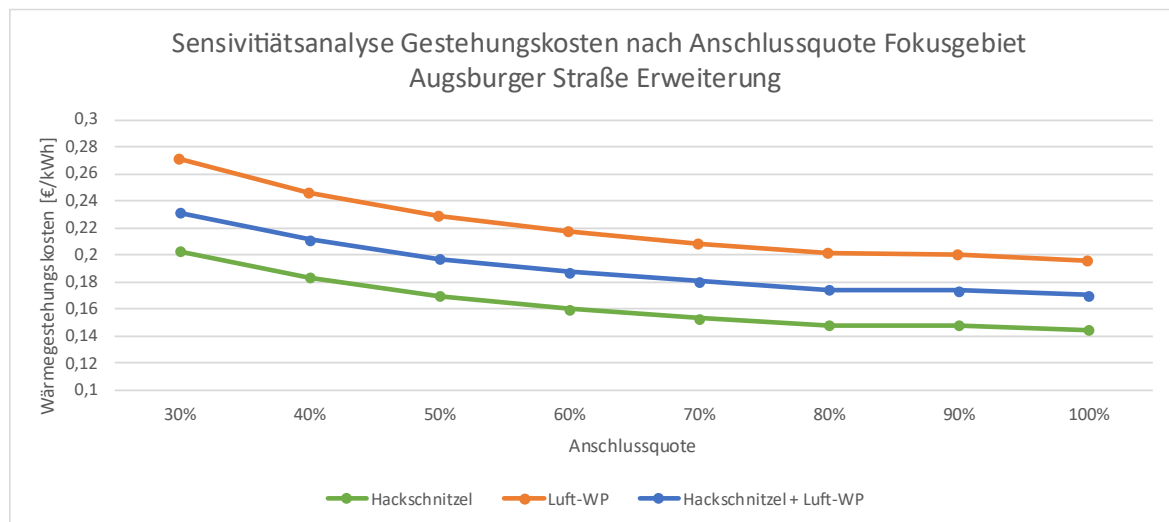


Abbildung 49: Sensitivitätsanalyse Fokusgebiet Augsburgur Straße

Wichtig: Die dargestellten Berechnungen sind eine erste grobe Näherung, die sehr viele Annahmen beinhaltet. Es ist zwingend notwendig für das Fokusgebiet eine detaillierte Machbarkeitsstudie und Planung zu erstellen, um belastbare Zahlen zu erhalten.

6.2. Dezentrale Wärmeversorgungsarten

Im Folgenden werden die prinzipiell verfügbaren dezentralen Wärmeversorgungsarten einer vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnung unterzogen. Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) schreibt bei einer Heizungserneuerung einen verpflichtenden Anteil an erneuerbaren Energien von mind. 65 % vor. Ab 2045 dürfen nur noch ausschließlich erneuerbare Energien eingesetzt werden (vgl. Abbildung 50). Es gibt zwar Übergangsfristen und ggf. auch Härtefallregelungen, im Nachfolgenden wird aber davon ausgegangen, dass bei einer Heizungserneuerung keine fossilen Energieträger mehr zum Einsatz kommen. Untervarianten oder unterstützende Heizungsarten wie Solarthermie werden nicht betrachtet.

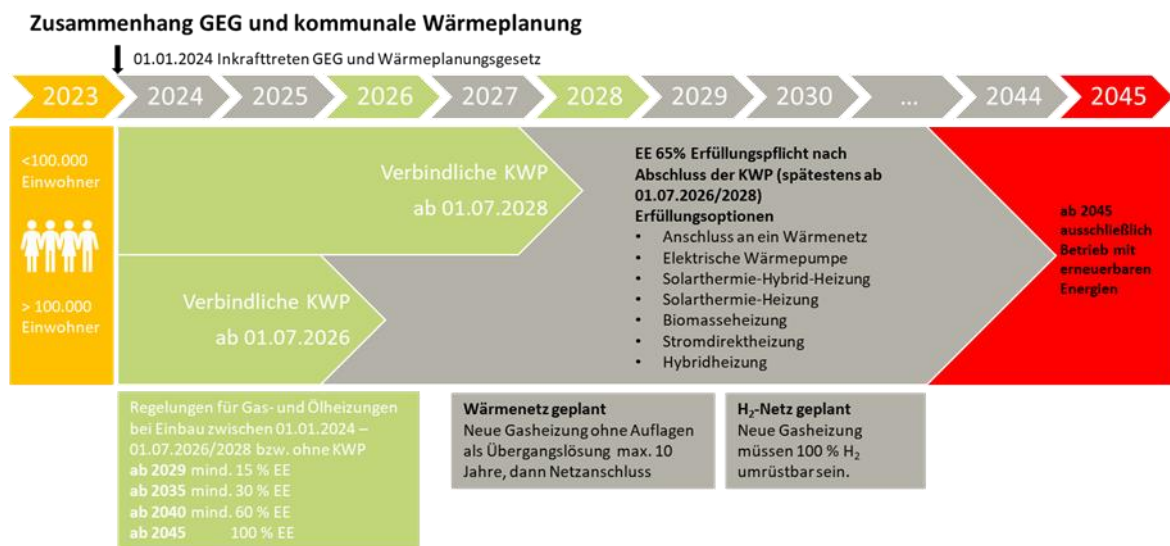


Abbildung 50: Zusammenhang GEG und kommunale Wärmeplanung, Erfüllungspflichten GEG

6.2.1. Wirtschaftliche Grundannahmen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gelten folgende grundsätzlichen Annahmen:

- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre
- Alle Preise sind Nettopreise
- Zinssatz 8,0 %

Kapitalgebundene Kosten

Im jetzigen Stadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsvarianten nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten Kosten von den realen Kosten abweichen können. Die angenommenen Investitionskosten basieren auf den Richtwerten des Technikdialogs Kommunale Wärmeplanung [2] und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen.

Die angesetzten Kosten wurden gemäß der Annuitätenmethode in Jahreskosten umgerechnet. Dabei wurde ein Zinssatz von 8,0 % p.a. angesetzt. Die Nutzungsdauern wurden gemäß Technikdialog Kommunale Wärmeplanung [2] bzw. in Anlehnung an VDI 2067 angesetzt.

In Tabelle 29 sind die im Rahmen der Berechnung berücksichtigten aktuellen Förderkonditionen des KfW-Programms 458 [6] dargestellt.

Tabelle 29: Berücksichtigte Förderungen [6]

Förderung KfW 458	Parameter
Förderfähige Kosten	30.000 €
Grundförderung	30%
Klimageschwindigkeitsbonus	20%
Einkommensbonus	0%
Gesamt:	50%

Bedarfsgebundene Kosten

Die bedarfsgebundenen Kosten beinhalten insbesondere die Kosten für Brennstoffe und Hilfsenergie sowie CO₂-Kosten. Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an die Angaben gemäß Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung [2] bzw. VDI 2067. Folgende Annahmen liegen der Berechnung zu Grunde:

Tabelle 30: Energiekosten für dezentrale Wärmeversorgungsarten nach [9], [10], [11], [12]

Energieträger	Preis	Preissteigerung
Strom	0,20 €/kWh	0 %
Erdgas	0,09 €/kWh	0 %
Biomethan*	0,16 €/kWh	0 %
Heizöl	0,08 €/kWh	0 %
Pellets	0,07 €/kWh	0 %
Wasserstoff	0,25 €/kWh	-1,1 %
CO ₂ -Preis	50,00 €/t	9,4 %

*Erdgas mit 65 % Biomethananteil [13]

Betriebsgebundene Kosten

Die Wartungskosten werden in Anlehnung an die Angaben gemäß Technikkatalog kommunale Wärmeplanung [2] bzw. VDI 2067 ermittelt.

6.2.2. Einfamilienhaus

Der Berechnung für ein typisches Einfamilienhaus werden die Rahmenparameter gemäß Tabelle 31 zugrunde gelegt.

Tabelle 31: Zugrundeliegende Rahmenparameter Einfamilienhaus

Parameter	Werte
Gebäudetyp	EFH
Anzahl Parteien	1
Sanierungstyp	Altbau unsaniert
Wärmebedarf	20.000 kWh
Heizlast	12 kW

In Tabelle 32 sind die Investitionskosten sowie die Nutzungsdauern der Komponenten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Die Sonden-Wärmepumpe weist die mit Abstand höchsten Investitionskosten auf. Dies ist durch den großen Aufwand für Tiefbau für die Erdsonde(n) begründet. Die Luft-Wärmepumpe sowie die Pellet-Heizung sind deutlich günstiger. Zum Vergleich ist auch eine Heizölheizung dargestellt, auch wenn diese laut GEG nicht mehr eingebaut werden darf. Eine Wasserstoffheizung wäre nach Förderung in der Investition am günstigsten.

Tabelle 32: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten unsaniertes Einfamilienhaus

	Luft-WP	GW-WP	EWS-WP	EWK-WP	Biome- than	Erdgas	Heizöl	Pellets	Wasser- stoff
Heizung [€]	22.084	22.162	24.646	25.050	6.838	6.838	6.922	15.635	7.516
Nutzungsdauer [a]	18	20	20	20	20	20	20	20	20
Heizflächentausch [€]	6.310	6.310	6.310	6.310					
Nutzungsdauer [a]	30	30	30	30					
Geringinv. Maßnahmen* [€]					1.870	1.870	1.870	1.870	1.870
Nutzungsdauer [a]					20	20	20	20	20
Erschließungskosten Wärme- quelle [€]		19.620	19.534	12.535					
Nutzungsdauer [a]		40	40	40					
Schornsteinertüchtigung [€]					1.049	1.049	1.049	2.033	1.049
Nutzungsdauer [a]					50	50	50	50	50
Heizöltank [€]							3.058		
Nutzungsdauer [a]							30		
Pelletlager [€]								4.034	
Nutzungsdauer [a]								20	
Pufferspeicher [€]	1.165	1.165	1.165	1.165	1.165	1.165	1.165	1.165	1.165
Nutzungsdauer [a]	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Summe vor Förderung [€]	29.559	49.257	51.654	45.060	10.922	10.922	14.063	24.737	11.599
Bundesförderung KfW458 [€]	-14.779	-15.000	-15.000	-15.000	0	0	0	-12.369	-5.800
Summe nach Förderung [€]	14.779	34.257	36.654	30.060	10.922	10.922	14.063	12.369	5.800

* beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)

In Tabelle 33 sind die laufenden Kosten bzw. Annuitäten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass Pellets und Luft-Wärmepumpe aufgrund der geringen Investitionskosten und geringen Brennstoffkosten die mit Abstand geringsten Annuitäten aufweisen. Die höchsten Annuitäten hat Wasserstoff gefolgt von Sonden-Wärmepumpen.

Tabelle 33: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten unsaniertes Einfamilienhaus

	Luft WP	G WP	EWS- WP	EWK- WP	Biome- than	Erdgas	Heizöl	Pellets	Wasser- stoff
Kapitalgebundene Kosten									
Annuität (Investition) [€]	1.593	3.229	3.474	2.879	1.099	1.099	1.396	1.233	577
Wirkungsgrad	2,60	3,96	3,15	3,15	0,95	0,95	0,93	0,90	0,95
Bedarfsgebundene Kosten									
Energieaufwand kWh/a	7.692	5.051	6.349	6.349	21.053	21.053	21.505	22.222	21.053
Energiekosten [€]	1.538	1.010	1.270	1.270	3.368	1.960	1.820	1.541	5.263
CO ₂ -Kosten [€]	100	66	83	83	146	253	333	0	63
Annuität (Energie) [€]	1.538	1.010	1.270	1.270	3.368	1.960	1.820	1.541	4.875
Annuität (CO₂) [€]	71	47	59	59	312	539	711	0	85
Betriebsgebundene Kosten									
Jährliche Fixkosten Wartung und Betrieb [€]	350	350	350	350	132	132	168	732	144
Annuität [€]	350	350	350	350	132	132	168	732	144
Summe Annuitäten [€]	3.553	4.636	5.153	4.557	4.911	3.730	4.095	3.506	5.681

In Abbildung 51 sind die Wärmegestehungskosten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass über die gesamten Betrachtungszeitraum Pellets und Luft-Wärmepumpe die wirtschaftlichsten Versorgungsarten sind. Es ist zusätzlich auch dargestellt, welchen Einfluss eine Eigenstromversorgung durch selbsterzeugten PV-Strom hätte. Hier wird klar ersichtlich, dass eine Wärmepumpe mit eigenerzeugtem PV-Strom nochmals deutlich wirtschaftlicher wird. Sonden-Wärmepumpen sind aufgrund der hohen Investitionskosten am teuersten.

Mit Abstand am teuersten ist eine Beheizung mit Wasserstoff. Dies liegt v.a. an den hohen Wasserstoffkosten.

Zu berücksichtigen ist, dass keine Energiepreisänderungen berücksichtigt sind. In Abhängigkeit von deren Entwicklung können sich die Ergebnisse nochmals gänzlich anders darstellen.

Bei den Sonden-Wärmepumpen fallen besonders die hohen Investitionskosten ins Gewicht. Bei dieser Versorgungsart sind aber die Energiekosten am niedrigsten. Zur Information ist auch eine Heizölheizung dargestellt, auch wenn laut GEG diese eigentlich nicht mehr neu eingebaut werden dürfte. Bei Heizöl und Erdgas werden zukünftig v.a. die CO₂-Kosten einen massiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben und zu einer deutlichen Kostensteigerung führen.

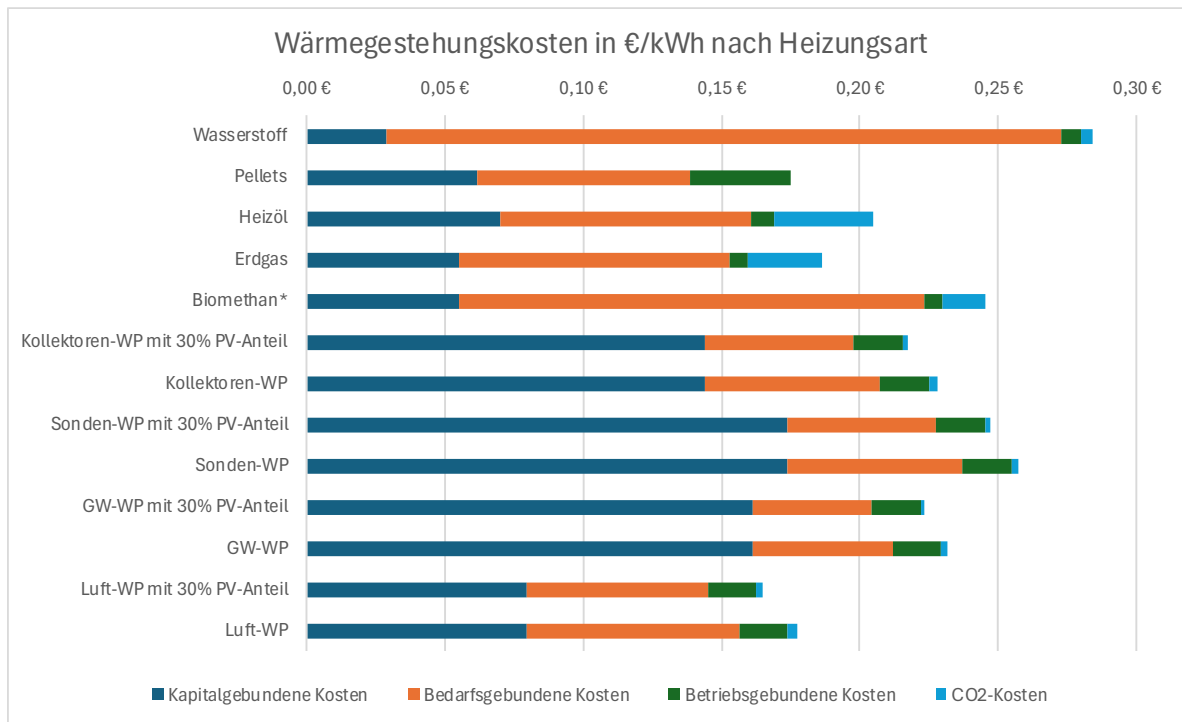


Abbildung 51: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten unsaniertes Einfamilienhaus

6.2.3. Mehrfamilienhaus

Der Berechnung für ein typischen Mehrfamilienhaus werden die Rahmenparameter gemäß Tabelle 34 zugrunde gelegt.

Tabelle 34: Zugrundeliegende Rahmenparameter Mehrfamilienhaus

Parameter	Werte
Gebäudetyp	MFH
Anzahl Parteien	5
Sanierungstyp	Altbau unsaniert
Wärmebedarf	40.000 kWh
Heizlast	23 kW

In Tabelle 35 sind die Investitionskosten sowie die Nutzungsdauern der Komponenten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Die Sonden-Wärmepumpe weist die mit Abstand höchsten Investitionskosten auf. Dies ist durch den großen Aufwand für Tiefbau für die Erdsonde(n) begründet. Die Luft-Wärmepumpe sowie die Pellet-Heizung sind deutlich günstiger. Am günstigsten in der Investition ist die Fernwärme. Zum Vergleich ist auch eine Heizölheizung dargestellt, auch wenn diese laut GEG nicht mehr eingebaut werden darf. Eine Wasserstoffheizung ist nach Förderung in der Investition am günstigsten.

Tabelle 35: Investitionskosten und Nutzungsdauern Wärmeversorgungsarten unsaniertes Mehrfamilienhaus

	Luft-WP	GW-WP	EWS-WP	EWK-WP	Biome- than	Erdgas	Heizöl	Pellets	Wasser- stoff
Heizung [€]	34.936	29.707	33.974	35.529	7.693	7.693	8.817	21.325	8.455
Nutzungsdauer [a]	18	20	20	20	20	20	20	20	20
Heizflächentausch [€]	10.207	10.207	10.207	10.207					
Nutzungsdauer [a]	30	30	30	30					
Geringinv. Maßnahmen* [€]					2.903	2.903	2.903	2.903	2.903
Nutzungsdauer [a]					20	20	20	20	20
Erschließungskosten Wärme- quelle [€]		37.605	36.510	23.161					
Nutzungsdauer [a]		40	40	40					
Schornsteinertüchtigung [€]					1.010	1.010	1.010	2.353	1.010
Nutzungsdauer [a]					50	50	50	50	50
Heizöltank [€]							2.962		
Nutzungsdauer [a]							30		
Pelletlager [€]								5.453	
Nutzungsdauer [a]								20	
Pufferspeicher [€]	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726
Nutzungsdauer [a]	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Summe vor Förderung [€]	46.869	79.246	82.417	70.623	13.331	13.331	17.418	33.759	14.093
Bundesförderung KfW458 [€]	-23.435	-39.623	-41.209	-35.312	0	0	0	-16.880	-7.047
Summe nach Förderung [€]	23.435	39.623	41.209	35.312	13.331	13.331	17.418	16.880	7.047

* beinhalten Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (hydraulischen Abgleich, Dämmung der Verteilungen, Einstellung der Heizkurve, Absenkung der Systemtemperaturen)

In Tabelle 36 sind die laufenden Kosten bzw. Annuitäten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass Pellets und Wärmepumpen bei den Gesamtannuitäten relativ nahe beieinander liegen. Die höchsten Annuitäten hat Wasserstoff gefolgt von Heizöl und Erdgas, aber auch einer Erdsonden-WP.

Tabelle 36: Laufende Kosten Wärmeversorgungsarten Mehrfamilienhaus

	Luft WP	GW WP	EWS- WP	EWK- WP	Biome- than	Erdgas	Heizöl	Pellets	Was- ser- stoff
Kapitalgebundene Kosten									
Annuität (Investition) [€]	2.524	3.550	3.724	3.269	1.345	1.345	1.739	1.688	704
Wirkungsgrad	2,60	3,96	3,15	3,15	0,95	0,95	0,93	0,81	0,95
Bedarfsgebundene Kosten									
Energieaufwand kWh/a	15.385	10.101	12.698	12.698	42.105	42.105	43.011	49.383	42.105
Energiekosten [€]	3.077	2.020	2.540	2.540	6.737	3.920	3.640	3.424	10.526
CO ₂ -Kosten [€]	200	131	165	165	293	505	667	0	126
Annuität (Energie) [€]	3.077	2.020	2.540	2.540	6.737	3.920	3.640	3.424	9.749
Annuität (CO₂) [€]	142	94	118	118	624	1.077	1.421	0	171
Betriebsgebundene Kosten									
Jährliche Fixkosten Wartung und Betrieb [€]	437	350	437	437	161	161	207	1.104	184
Annuität [€]	437	350	437	437	161	161	207	1.104	184
Summe Annuitäten [€]	6.181	6.014	6.818	6.363	8.866	6.503	7.007	6.217	10.809

In Abbildung 52 sind die Wärmegestehungskosten der untersuchten Wärmeversorgungsarten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass über die gesamten Betrachtungszeitraum Grundwasser-Wärmepumpe, Luft-Wärmepumpe und Pellets die wirtschaftlichsten Versorgungsarten sind. Es ist zusätzlich auch dargestellt, welchen Einfluss eine Eigenstromversorgung durch selbsterzeugten PV-Strom hätte. Hier wird klar ersichtlich, dass eine Wärmepumpe mit eigenerzeugtem PV-Strom nochmals deutlich wirtschaftlicher wird. Sonden-Wärmepumpen sind aufgrund der hohen Investitionskosten vergleichsweise teuer.

Mit Abstand am teuersten ist eine Beheizung mit Wasserstoff. Dies liegt v.a. an den hohen Wasserstoffkosten.

Zu berücksichtigen ist, dass keine Energiepreisänderungen berücksichtigt sind. In Abhängigkeit von deren Entwicklung können sich die Ergebnisse nochmals gänzlich anders darstellen.

Bei den Sonden-Wärmepumpen fallen besonders die hohen Investitionskosten ins Gewicht. Bei dieser Versorgungsart sind aber die Energiekosten am niedrigsten. Zur Information ist auch eine Heizölheizung dargestellt, auch wenn laut GEG diese eigentlich nicht mehr neu eingebaut werden dürfte. Bei Heizöl und Erdgas werden zukünftig v.a. die CO₂-Kosten einen massiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben und zu einer deutlichen Kostensteigerung führen.

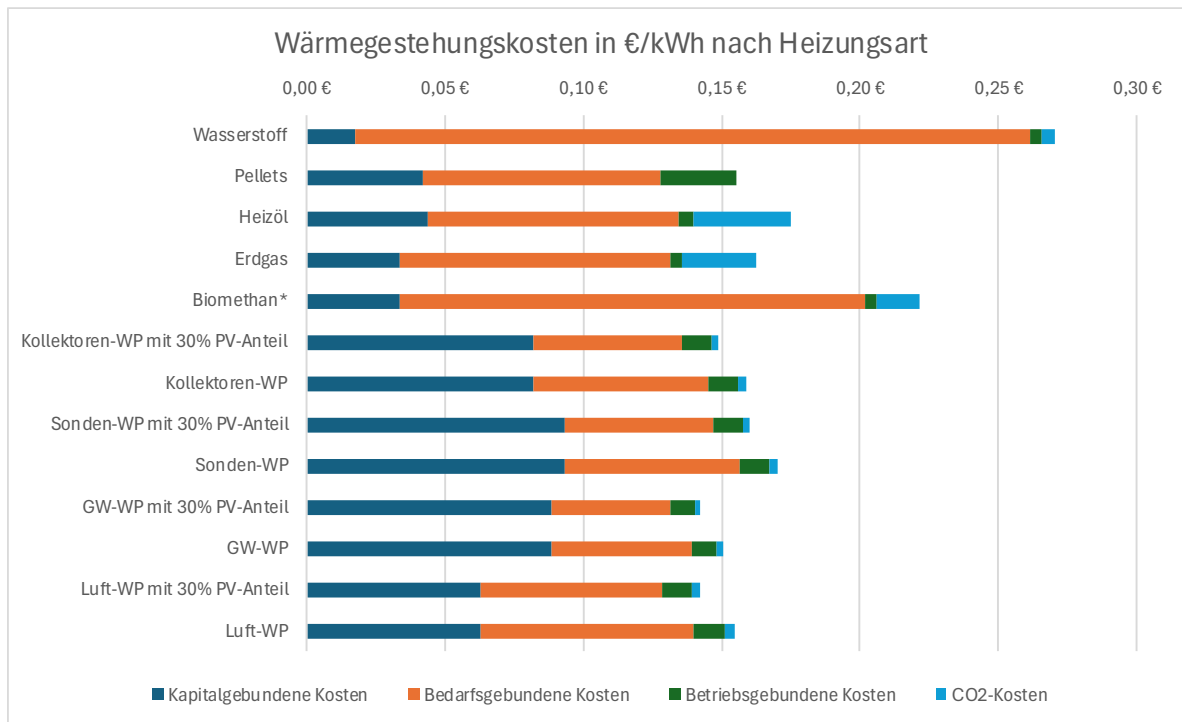


Abbildung 52: Wärmegestehungskosten Wärmeversorgungsarten unsaniertes Mehrfamilienhaus

6.3. Umsetzungsmaßnahmen

Nachfolgend werden die Umsetzungsmaßnahmen aufgelistet.

6.3.1. Sanierung privater Gebäude

Kurzbeschreibung:

Um private Gebäudeeigentümer verstärkt für energetische Sanierungen zu gewinnen, wird eine umfassende Strategie zur Information und Motivation entwickelt. Im Mittelpunkt steht eine klare und verständliche Aufklärung über Fördermöglichkeiten, rechtliche Vorgaben sowie die langfristigen ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile von Sanierungsmaßnahmen.

Vorgeschlagen wird eine breit angelegte Informationskampagne, die durch leicht zugängliches Material ergänzt wird, um Sanierungsmöglichkeiten praxisnah zu vermitteln. Gleichzeitig sollen Gebiete mit ähnlichen Gebäudestrukturen ermittelt werden, um gezielte Sanierungsprogramme für ganze Quartiere zu ermöglichen. Erste Untersuchungen zur Identifizierung solcher Schwerpunktgebiete sind bereits im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfolgt.

In Kapitel 5.4.5 sind die Gebiete mit erhöhtem Einsparpotential dargestellt

Ziele:

Reduzierung des Energieverbrauchs, Senkung der CO₂-Emissionen, Steigerung der Energieeffizienz, Unterstützung der Eigentümer bei der energetischen Sanierung.

Priorität

Mittel - niedrig

Zeitraum für die Umsetzung:

langfristig

Geschätzte Kosten und Finanzierung

Abhängig von individuellen Gegebenheiten und Umfang der Sanierungsmaßnahmen, Nutzung von staatlichen Förderprogrammen (aktuell z.B. BAFA Zuschüsse für Einzelmaßnahmen, KfW Komplett-sanierung und Ergänzungskredit, Steuerboni)

Akteure:

Kommunale Verwaltung: Initiierung, Bewerben, Informationsmanagement.

Planer und externe Berater, ausführende Betriebe: Planungsbüros, Handwerksbetriebe o.ä. zur Beratung, Planung und Umsetzung, Energieberater

Fördermittelgeber: Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

Öffentlichkeit und lokale Akteure: Lokale Unternehmen zur Durchführung, Bürger als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit und v.a. Umsetzung.

Empfohlene Handlungsschritte:

Identifikation von Schwerpunktgebieten: Identifikation von Schwerpunktgebieten mit ähnlichen Gebäudetypologien, um kollektive Sanierungsmaßnahmen zu initiieren. Entsprechende Vorarbeiten und Gebiete mit erhöhtem Sanierungspotenzial wurden bereits im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erhoben und ausgewiesen.

Öffentlichkeitsarbeit: Organisation von Informationsveranstaltungen für die Eigentümer der privaten Gebäude, um über die Vorteile der Sanierung und die verfügbaren Fördermöglichkeiten zu informieren, Bereitstellung von Informationsmaterialien und Vermittlung von Kontakten zu Beratern und Beratungsangeboten.

Beratung und Unterstützung: Umfangreiche Beratung und Unterstützung der Eigentümer durch qualifizierte Berater und Handwerksbetriebe zu den Sanierungsmaßnahmen.

Sanierungsziele festlegen: Definition klarer Ziele für die Sanierung, wie z.B. Erreichung eines bestimmten Effizienzhausstandards

Maßnahmenpakete schnüren: Entwicklung konkreter Maßnahmenpakete, die die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen umfassen.

Zeitplan erstellen: Erstellen eines detaillierten Zeitplans für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen.

Fördermittel beantragen: Beantragung staatlicher Fördermittel wie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), die Zuschüsse und zinsvergünstigte Kredite für Sanierungsmaßnahmen bietet

Umsetzung der Maßnahmen: Umsetzung der geplanten Sanierungsmaßnahmen durch qualifizierte Handwerksbetriebe

Monitoring und Controlling: Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Sanierungsmaßnahmen. Dies umfasst die Erfassung der Energieeinsparungen und CO₂-Reduktionen, Einarbeitung in den Fortschrittsbericht

6.3.2. Sanierung kommunaler Gebäude

Kurzbeschreibung:

Eine nachhaltige Sanierungsstrategie für kommunale Gebäude spielt eine zentrale Rolle bei der Erreichung von Energieeinspar- und Klimaschutzzielen. Gerade öffentliche Einrichtungen wie Schulen, Rathäuser, Sporthallen etc. bieten große Möglichkeiten, den Energieverbrauch signifikant zu senken und CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Durch gezielte Modernisierungsmaßnahmen kann die Kommune nicht nur langfristig Betriebskosten einsparen, sondern auch als Vorbild für klimafreundliches Bauen und Sanieren agieren. Die Strategie beginnt mit einer detaillierten Analyse des Gebäudebestands, um Einsparpotenziale und bauliche Schwachstellen zu identifizieren. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein Maßnahmenkatalog entwickelt, der unter anderem den Austausch veralteter Heizsysteme, die Optimierung der Gebäudedämmung und die Integration energieeffizienter Technologien umfasst.

Ziele:

Reduzierung des Energieverbrauchs, Senkung der CO₂-Emissionen, Steigerung der Energieeffizienz, Senkung der Betriebskosten, Vorbildfunktion, Umsetzung der kommunalen Wärmewendestrategie.

Priorität

Mittel

Zeitraum für die Umsetzung:

langfristig

Geschätzte Kosten und Finanzierung

Abhängig von individuellen Gegebenheiten und Umfang der Sanierungsmaßnahmen, Nutzung von staatlichen Förderprogrammen (aktuell KfW-Zuschuss)

Akteure:

Kommunale Verwaltung: Beauftragung und Betreuung, Planung, Fördermittel und Umsetzung, Koordination durch Gebäudemanagement, Bauamt.

Planer und externe Berater, ausführende Betriebe: Planungsbüros, Handwerksbetriebe o.ä. zur Planung, Beratung und Umsetzung

Fördermittelgeber: Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

Öffentlichkeit und lokale Akteure: Lokale Unternehmen zur Durchführung, Bürger als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit hinsichtlich Vorbildfunktion der Kommune.

Empfohlene Handlungsschritte:

Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse: Durchführung einer Bestandsaufnahme der kommunalen Gebäude und Erstellung einer Potenzialanalyse zur Identifikation geeigneter Sanierungsmaßnahmen.

Entwicklung der Sanierungsstrategie: Entwicklung einer umfassenden Sanierungsstrategie, die konkrete Maßnahmen zur energetischen Sanierung umfasst. Dies umfasst die Dämmung von Gebäudehüllen, den Austausch veralteter Heizungssysteme und die Integration erneuerbarer Energien.

Finanzierung und Förderung: Beantragung von Fördermitteln und Finanzierung der Sanierungsmaßnahmen.



Planung: Erstellung Planungsunterlagen durch qualifizierten Planer und Energieberater.

Ausschreibung und Vergabe: Durchführung einer Ausschreibung zur Auswahl geeigneter Unternehmen für die Sanierungsmaßnahmen.

Umsetzung: Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen durch qualifizierte Handwerksbetriebe und Überwachung der Arbeiten.

Monitoring und Controlling: Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Sanierungsmaßnahmen. Dies umfasst die Erfassung der Energieeinsparungen und CO₂-Reduktionen, Einarbeitung in den Fortschrittsbericht

6.3.3. Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 für Wärmenetzgebiete

Kurzbeschreibung:

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wurden zwei Gebiete als Fokusgebiet für eine zentrale Wärmeversorgung ausgewählt. Beide eignen sich für den Aufbau eines Wärmenetzes. Um die Realisierbarkeit, Ausgestaltung und den Umfang potentieller Wärmenetze fundiert zu prüfen, sollte eine Machbarkeitsstudie gemäß den Vorgaben der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) durchgeführt werden. Diese Untersuchung umfasst eine detaillierte Analyse der bestehenden Infrastruktur sowie eine Bewertung des zukünftigen Potenzials für ein Wärmenetz. Dabei werden zentrale Rahmenbedingungen geprüft und verschiedene Versorgungsoptionen hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit und wirtschaftlichen Tragfähigkeit betrachtet sowie unterschiedliche Betreibermodelle oder Business-Cases untersucht. Auf Basis dieser Erkenntnisse sollen konkrete Erzeugungskonzepte entwickelt und optimiert werden. Die Gemeinde Mammendorf sollte hier als Treiber fungieren.

Ziele:

Bewertung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines neuen Wärmenetzes, Untersuchung von potenziellen Betreibermodellen und Business-Cases, Erstellung einer fundierten Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung. Der Abschluss von BEW Modul 1 eröffnet den Zugang zu Förderungen nach Modul 2- 4 (Netzausbau, Einzelmaßnahmen, Betriebskostenförderung).

Priorität

Hoch

Zeitraum für die Umsetzung:

kurzfristig, 1-2 Jahre

Geschätzte Kosten und Finanzierung

Bis ca. 100.000 €, abzgl. Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Fördermöglichkeiten:

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), bis zu 50 %

Akteure:

Kommunale Verwaltung: Beantragung Fördermittel, Ausschreibung von Dienstleistungen, Unterstützung und Koordination bei der Durchführung, Kommunikation mit Abnehmern.

Planer und externe Berater: Durchführung der Untersuchungen und Studie

Fördermittelgeber: Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

Lokale Akteure: Gebäudeeigentümer als Informationslieferanten.

Empfohlene Handlungsschritte:

Ist-Analyse: Durchführung einer Ist-Analyse des Wärmenetzgebiets. Hierzu können die auch die Erhebungen des Wärmeplans (Wärmekataster) herangezogen werden.

Soll-Analyse: Erstellung einer Soll-Analyse zur Identifikation der Potenziale für Neubau eines zentralen, leitungsgebundenen Wärmenetzes, unter Berücksichtigung regenerativer Energiequellen und Abwärme und Festlegung des zu betrachtenden Umgriffs.

Bewertung der Wärmeversorgungskonzepte: Ökologisch-ökonomische Bewertung verschiedener Wärmeversorgungskonzepte.

Erstellung der Machbarkeitsstudie: Zusammenführung der Ergebnisse der Ist- und Soll-Analyse sowie der Bewertung der Wärmeversorgungskonzepte in einer umfassenden Machbarkeitsstudie.

Öffentlichkeitsarbeit: Durchführung von Informationsveranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit, um die Bevölkerung über die geplanten Maßnahmen zu informieren und Akzeptanz zu schaffen.

Entscheidungsfindung: Präsentation der Machbarkeitsstudie und der empfohlenen Maßnahmen an die kommunale Verwaltung und Entscheidungsträger und Bevölkerung zur weiteren Umsetzung.

6.3.4. Umstellung öffentlicher Gebäude auf erneuerbare Energien

Kurzbeschreibung:

Die öffentliche Hand kann als treibende Kraft eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung aktiv gestalten und dabei eine Vorreiterrolle übernehmen. Durch eine strategische Planung und konsequente Umsetzung zeigt sie, dass eine zukunftsfähige Wärmeversorgung nicht nur machbar, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Damit nimmt sie ihre Verantwortung wahr und setzt ein starkes Zeichen als Vorbild für andere. Gleichzeitig kann die öffentliche Hand Investitionen in erneuerbare Energien anstoßen, Kooperationen mit lokalen Unternehmen und Energieversorgern stärken und durch innovative Pilotprojekte neue Impulse für die Wärmewende setzen. Neben der Vorbildfunktion muss die Kommune aber auch den gesetzlichen Vorgaben gerecht werden.

Ziele:

Vorbildfunktion, Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, Umsetzung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung in den kommunalen Liegenschaften.

Priorität

Hoch - mittel

Zeitraum für die Umsetzung:

mittelfristig

Geschätzte Kosten und Finanzierung

Abhängig von individuellen Gegebenheiten und Umfang der Sanierungsmaßnahmen, Nutzung von staatlichen Förderprogrammen (aktuell KfW-Zuschuss)

Akteure:

Kommunale Verwaltung: Beauftragung und Betreuung, Planung, Fördermittel und Umsetzung, Koordination durch Gebäudemanagement, Bauamt

Planer und externe Berater, ausführende Betriebe: Planungsbüros, Handwerksbetriebe o.ä. zur Planung, Beratung und Umsetzung

Fördermittelgeber: Antrag, Betreuung, Auszahlung der Fördermittel

Öffentlichkeit und lokale Akteure: Energieversorger, lokale Unternehmen zur Durchführung, Bürger als Empfänger der Öffentlichkeitsarbeit hinsichtlich Vorbildfunktion der Kommune.

Empfohlene Handlungsschritte:

Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse: Durchführung einer Bestandsaufnahme der bestehenden Wärmeversorgung in den kommunalen Liegenschaften, Erstellung einer Potenzialanalyse zur Identifikation geeigneter erneuerbarer Energiequellen, Nutzung der Ergebnisse der KWP.

Planung: Erstellung Planunterlagen und Beantragung von Fördermitteln.

Ausschreibung und Vergabe: Durchführung einer Ausschreibung zur Auswahl geeigneter Unternehmen für die Umsetzung.

Umsetzung: Bau und Installation der erneuerbaren Energieanlagen.

Monitoring: und Controlling Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Fortschritte und Erfolge der Umstellungsmaßnahmen. Dies umfasst die Erfassung der Energiemengen und CO₂-Reduktionen, Einarbeitung in den Fortschrittsbericht.

6.3.5. Kommunikation der Ergebnisse an die relevanten Akteure

Kurzbeschreibung:

Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung, insbesondere zur Potenzialanalyse, Szenarienentwicklung und der Betrachtung der Fokusgebiete, sollen zielgruppengerecht aufbereitet und über geeignete Kanäle kommuniziert werden. Dies umfasst v.a. die für Wärmenetze geeigneten Gebiete. Die betrachteten Fokusgebiete machen v.a. die wirtschaftlichen Vorteile deutlich. Über geeignete Austauschformate (Runde Tische, Informationsveranstaltungen) sind die betroffenen Akteure einzubinden und zu informieren.

Ziele:

Sicherstellung, dass alle relevanten Akteure – insbesondere Bürger, Energieversorger, Verwaltung und weitere Stakeholder – über die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung informiert und aktiv eingebunden werden. Förderung der aktiven Mitwirkung und Verbesserung der Umsetzungsfähigkeit durch frühzeitige Kommunikation

Priorität:

Hoch

Zeitraum für die Umsetzung:

kurzfristig, fortlaufend

Geschätzte Kosten und Finanzierung

Personalaufwand, abhängig vom geplanten Umfang, Kosten gering

Akteure:

Kommunale Verwaltung: Unterstützung aus der Verwaltung, Zusammenarbeit mit dem Landkreis (Abteilung Klimaschutzmanagement)

Planer und externe Berater: Unterstützung, Informationsbereitstellung, Diskussionspartner, Erfahrungsaustausch.

Öffentlichkeit und lokale Akteure: Unterstützung durch Handwerksbetriebe, lokale Unternehmen, Energieversorger; Einbindung der Bürger zur Sicherstellung der Akzeptanz und der Umsetzung, speziell die Gebäudebesitzer und Ankerkunden in den Fokusgebieten.

Empfohlene Handlungsschritte:

Zielgruppenanalyse:

Identifikation und Priorisierung relevanter Zielgruppen (z. B. Bevölkerung, Wohnungswirtschaft, Energieversorger, Verwaltung, Politik).

Ermittlung der jeweiligen Informationsbedarfe und Kommunikationskanäle.

Kommunikationsstrategie entwickeln:

Festlegung von Kommunikationszielen je Zielgruppe.

Auswahl geeigneter Formate und Kanäle (z. B. Veranstaltung, Flyer, Website).

Entwicklung eines Zeit- und Maßnahmenplans für die Kommunikation.

Inhalte zielgruppengerecht aufbereiten:

Erstellung verständlicher und visuell ansprechender Informationen (z. B. Infografiken, Steckbriefe, Präsentationen).

Übersetzung technischer Inhalte in eine allgemein verständliche Sprache.

Auswahl praxisnaher Beispiele und Nutzenargumente.

Kommunikationsmaterialien erstellen und bereitstellen:

Präsentation aus der KWP für die Vorstellung der Fokusgebiete nutzbar

Erstellung von Flyern, Broschüren, Präsentationen und Online-Content.

Fortführung und Aktualisierung der Website oder Unterseite.

Bereitstellung der Materialien als Download

Öffentlichkeitsarbeit & Dialogformate umsetzen:

Organisation und Durchführung von Infoveranstaltungen, Bürgerversammlungen und themenspezifischen Workshops.

Nutzung lokaler Medien (Presse, Gemeindeblatt) zur Bekanntmachung.

Ansprache von Schlüsselakteuren persönlich oder im Rahmen von Fachgesprächen.

Kommunikation fortlaufend pflegen und aktualisieren:

Regelmäßige Aktualisierung von Informationen bei Fortschritten oder neuen Maßnahmen.

Verstetigung der Kommunikation über bestehende Kanäle (z. B. Newsletter, Social Media, Infokästen)

Regelmäßige Austauschformate (Runder Tisch, Infoveranstaltungen, Infoschreiben etc.)

6.3.6. Niedrigschwelliges Informationsangebot für Bürger schaffen

Kurzbeschreibung:

Die Entwicklung eines barrierefreien Informationsangebots für die Bürger hat das Ziel, die Bevölkerung auf einfache und verständliche Weise über die Chancen und Vorteile der Wärmewende zu informieren. Dazu gehört die Bereitstellung von zugänglichen und leicht verständlichen Informationen zu Themen wie Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energien und verfügbaren Förderprogrammen. Das Hauptziel ist, das Bewusstsein und die Akzeptanz der Bürger für die Wärmewende zu steigern und sie zu ermutigen, aktiv an der Umsetzung mitzuwirken.

Ziele:

Erhöhung der Akzeptanz und Beteiligung der Bürger an der Wärmewende, Förderung des Bewusstseins für Energieeinsparung und erneuerbare Energien, Unterstützung der Bürger bei der Umsetzung von Maßnahmen.

Priorität

Niedrig

Zeitraum für die Umsetzung:

mittelfristig

Geschätzte Kosten und Finanzierung

gering

Akteure:

Kommunale Verwaltung: Initiierung, Bewerben, Informationsmanagement, Koordination durch verantwortliche Stellen Umweltamt, städt. Energieberatung.

Planer und externe Berater, ausführende Betriebe: Planungsbüros, Handwerksbetriebe, Energieberater o.ä. zur Beratung und Planung

Öffentlichkeit und lokale Akteure: Lokale Unternehmen für die Beratung, Bürger als Empfänger des Informationsangebots.

Empfohlene Handlungsschritte:

Bedarfsanalyse und Zielsetzung: Durchführung einer Bedarfsanalyse zur Ermittlung der Informationsbedürfnisse der Bürger und Festlegung konkreter Ziele für das Informationsangebot.

Entwicklung des Informationsangebots: Erstellung von leicht verständlichen Informationsmaterialien zu Themen wie Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energien und Fördermöglichkeiten. Dies kann in Form von Broschüren, Flyern, Online-Ressourcen und interaktiven Tools erfolgen. Nutzung von Best-Practise-Beispielen und bereits bestehenden Informationsangeboten.

Einrichtung von Informationsstellen: Einrichtung von Informationsstellen in öffentlichen Gebäuden (z.B. Rathaus), wo Bürger sich persönlich beraten lassen können, Einrichten einer Informationsseite auf der Homepage, Nutzung von sozialen Medien, Flyern etc.

Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung: Durchführung von Informationsveranstaltungen, Workshops und Sensibilisierungskampagnen, um die Bevölkerung über die Wärmewende zu informieren und zu motivieren.



Online-Plattformen und digitale Tools: Entwicklung und Bereitstellung von Online-Plattformen und digitalen Tools, die den Bürgern helfen, Informationen zu finden und Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien umzusetzen.

6.3.7. Regelmäßige Erstellung eines Controlling-Berichts

Kurzbeschreibung:

Der Controlling-Bericht dient dazu, die Fortschritte und Erfolge der kommunalen Wärmeplanung kontinuierlich zu überwachen, zu evaluieren und transparent zu dokumentieren. Dieser Bericht ist ein wesentliches Instrument, um eine fundierte Entscheidungsbasis für die weitere Planung und Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen der Wärmewende zu schaffen. Dabei werden nicht nur der aktuelle Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen erfasst, sondern auch die konkreten Einsparungen, die durch bereits umgesetzte Maßnahmen erzielt wurden. Der Controlling-Bericht bietet somit eine umfassende Übersicht über den Stand der Umsetzung und hilft dabei, notwendige Anpassungen oder neue Ziele für die kommenden Jahre festzulegen.

Ziele:

Systematische Überwachung und Dokumentation der Fortschritte der Wärmewende, Bereitstellung einer fundierten Entscheidungsgrundlage, Identifikation von Optimierungspotenzialen.

Priorität

Niedrig

Zeitraum für die Umsetzung:

langfristig, fortlaufend

Geschätzte Kosten und Finanzierung

Kosten gering, relevanter Verwaltungsaufwand

Akteure:

Hauptakteure: Kommunale Verwaltung

Unterstützende Akteure: Energieversorger, Energieberater.

Einfluss Kommune: Die Kommune hat direkten Einfluss.

Empfohlene Handlungsschritte:

Einrichtung eines Controlling-Systems: Entwicklung und Implementierung eines Controlling-Systems zur systematischen Erfassung und Analyse der relevanten Daten.

Datenerhebung und -aufbereitung: Systematische Erhebung und Aufbereitung der relevanten Daten. Dies umfasst die Zusammenarbeit mit Energieversorgern, Schornsteinfegern und anderen relevanten Akteuren.

Erstellung des Controlling-Berichts: (Jährliche) Abfragen von Energieverbräuchen und Kaminkehrerdaten zur Erstellung eines Controlling-Berichts, der die Fortschritte und Erfolge der Wärmewende dokumentiert. Der Bericht sollte eine Analyse der Daten, eine Bewertung der umgesetzten Maßnahmen und Empfehlungen für weitere Schritte enthalten.

Präsentation und Kommunikation: Präsentation des Controlling-Berichts an die kommunale Verwaltung und die Entscheidungsträger. Durchführung von Informationsveranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit, um die Bevölkerung über die Fortschritte der Wärmewende zu informieren.

Monitoring und Evaluation: Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Wirksamkeit des Controlling-Systems und der erstellten Berichte. Dies umfasst die Anpassung und Optimierung des Systems basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen.

7. Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie der kommunalen Wärmeplanung gewährleistet die kontinuierliche Umsetzung sowie regelmäßige Evaluation von definierten Maßnahmen und die fortlaufende Weiterentwicklung und Aktualisierung des Wärmeplans. Eine strukturierte Vorgehensweise und langfristige Zielorientierung sind dabei notwendig, um den dynamischen Herausforderungen der Wärmewende gerecht zu werden und sicherzustellen, dass gesetzliche Anforderungen und die Bedürfnisse der beteiligten Akteure erfüllt sind.

Die Verstetigungsstrategie umfasst eine Reihe von Maßnahmen, die darauf abzielen, die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans in Verwaltung, Politik und Gesellschaft verbindlich und effizient zu verankern.

Kommunale Verwaltung

Für die Umsetzung der Aufgaben der kommunalen Wärmeplanung ist der Ausbau der kommunalen Verwaltungsstrukturen notwendig - hierzu müssen personelle Ressourcen vorgesehen, Verantwortlichkeiten klar zugeordnet und Prozesse definiert werden.

Die Projektleitung/-begleitung zur operativen Umsetzung, Koordination und Kommunikation umfasst dabei die nachfolgenden Aufgaben. Umgesetzt werden kann dies beispielsweise durch die Rolle einer zentralen Ansprechperson für die Gesamtkoordination sowie die Schaffung verschiedener Arbeitsgruppen, die verantwortlich für spezifische Aufgabenbereiche sind.

- Umsetzung der Kommunikationsstrategie (siehe Kapitel 8)
- Fortschreibung des Wärmeplans (§25 Wärmeplanungsgesetz)
- Sicherstellung einer nachhaltigen Finanzierung (Berücksichtigung von Ausgaben im Haushalt, Fördermittel) und effizienten Nutzung von verfügbaren Ressourcen
- Netzwerkmanagement zur Vernetzung beteiligter Akteure und Akteurinnen
- Initiieren und Begleiten von Maßnahmen bei Akteuren
- Koordination der Umsetzung kommunaler Maßnahmen
- Regelmäßige Berichterstattung über Fortschritte, Herausforderungen und Anpassungsbedarf beispielsweise in Lenkungsstrukturen (bestehend aus Amtsleitern etc.)
- Koordination von Kommunikation und Zusammenarbeit verschiedener Ämter (Stadtplanung, Tiefbau, ...)
-

Ein zentraler Bestandteil der Verstetigungsstrategie ist das regelmäßige Monitoring der Maßnahmen und der Zielerreichung. Um auf neue Entwicklungen und Herausforderungen reagieren zu können, sollten Intervalle für die regelmäßige Überprüfung, Aktualisierung und Konkretisierung der Wärmeplanung implementiert werden. Ein kontinuierliches Monitoring und eine regelmäßige Evaluation der Maßnahmen sind außerdem entscheidend, um den Fortschritt zu überwachen und gegebenenfalls

Anpassungen vorzunehmen. Hierzu werden spezifische Indikatoren und Zielwerte festgelegt (vgl. Controlling-Konzept Kapitel 9).

Die Integration der kommunalen Wärmeplanung als langfristiger Prozess erfordert eine enge Verzahnung mit weiteren Planungsaufgaben und die Einbindung in zentrale Verwaltungsbereiche wie Stadtplanung/-entwicklung, Bauamt, Umwelt- oder Klimaschutzabteilungen (bspw. zur Abstimmung von Straßenbaumaßnahmen mit einem Wärmenetzausbau oder der Berücksichtigung der Wärmeplanung bei der Erstellung von Bebauungsplänen für Neubaugebiete).

Maßnahmen und Aufgaben sollten bestimmten Personen, Abteilungen oder ämterübergreifenden Arbeitsgruppen zugewiesen werden, die für deren Umsetzung und Überwachung verantwortlich sind. Durch regelmäßige Fortbildungen kann sichergestellt werden, dass beteiligte Mitarbeitende über aktuelles Wissen und notwendige Fähigkeiten verfügen.

Politik

Mit der Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung geht politisches Handeln einher, um die notwendige Grundlage für die verbindliche Umsetzung von Maßnahmen und deren Integration in Planungen des Marktes zu schaffen (bspw. durch entsprechende Gremienbeschlüsse). Hierunter fallen die folgenden Aufgaben:

- Kommunalpolitische Beschlüsse:
 - Beschluss des Wärmeplans (§ 23 Wärmeplanungsgesetz)
 - Ggf. Grundsatzbeschluss Wärmewende
 - Ggf. Beschluss über Investitionen (bspw. in Fernwärmenetze oder kommunale Energieunternehmen)
 - Ggf. Kooperationsbeschlüsse (bspw. mit Energieversorgern, Wohnungswirtschaft oder Industrie)
- Erlass kommunaler Satzungen und Verordnung (bspw. Fernwärmesatzung (Anschluss- und Benutzungszwang), Klimaschutzsatzung (bspw. Vorgaben für Neubauten), Fördersatzungen (bspw. finanzielle Anreize für Wärmepumpen), Satzung zur Abwärmenutzung)
- Städtebauliche und planungsrechtliche Maßnahmen:
 - Bebauungspläne mit Vorgaben zur klimafreundlichen Wärmeversorgung
 - Städtebauliche Verträge (bspw. Verpflichtung zur Nutzung klimaneutraler Heizsysteme)
 - Anpassung von Flächennutzungsplänen (bspw. Ausweisung von Vorranggebieten für Geothermie oder Wärmenetze)
 - Ausweisung von Sanierungsgebieten
- Wirtschaftliche und organisatorische Maßnahmen:
 - Gründung eines kommunalen Wärmeversorgers oder Beteiligung an bestehenden Unternehmen
 - Vergabe von Konzessionen für Wärmenetze
 - Berücksichtigung von Eigenmitteln in der Haushaltsplanung (bspw. für Infrastrukturmaßnahmen, Förderungen zur Umstellung auf klimafreundliche Wärme, Öffentlichkeitsarbeit oder externe Unterstützung zur Fortschreibung des Wärmeplans)

Gesellschaft

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Verstetigungsstrategie ist die Förderung der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren.

Dies kann beispielsweise durch die Bildung eines **interdisziplinären Gremiums („Wärmebeirat“)** erfolgen. Der Wärmebeirat hat das Ziel, relevante Akteure kontinuierlich einzubinden und dient als Schnittstelle zwischen Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Zu seinen Aufgaben gehören die Begleitung der kommunalen Wärmeplanung und die Unterstützung bei der Definition langfristiger Strategien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Er fördert die Partizipation lokaler Akteure und schafft langfristige Kooperationen. Hauptakteure können Vertreter der Kommunalverwaltung, Stadtwerke, Energieversorger, Netzbetreiber, Bau- und Wohnungswirtschaft, Handwerkskammern, Industrieverbände, Großverbraucher, Umweltorganisationen, Zivilgesellschaft und Gewerbe sein. Der Teilnehmerkreis muss je nach Kommune individuell festgelegt werden. Bei themenbezogenen Fragestellungen können externe Teilnehmer wie Berater/Fachexperten hinzugezogen werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Verstetigungsstrategie ist die **regelmäßige Öffentlichkeitsbeteiligung**, um die Akzeptanz und Unterstützung für die geplanten Maßnahmen zu erhöhen.

Zudem kann ein **Austausch von Wissen und Erfahrungen mit anderen Kommunen und Institutionen** dazu beitragen, die kommunale Wärmeplanung kontinuierlich zu verbessern und weiterzuentwickeln.

8. Kommunikationsstrategie

Aufgrund der Vielzahl an beteiligten Akteuren ist eine zielgerichtete Kommunikationsstrategie unerlässlich, um die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung in die Umsetzung zu bringen. Die Kommunikation soll dabei nicht nur informieren, sondern auch sensibilisieren, die Akzeptanz der geplanten Maßnahmen erhöhen und die aktive Beteiligung der Bevölkerung fördern.

Deshalb verfolgt die Kommunikationsstrategie die folgenden **Ziele**:

- **Verständnis schaffen durch Information:** Die Kommunikation sollte über Notwendigkeit und Ziele der Wärmewende im Kontext von Klimaschutz und Versorgungssicherheit informieren. Dabei sollten ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte adressiert werden (u.a. Reduktion von CO₂-Emissionen, Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, langfristige Sicherung der Energieversorgung).
- **Vertrauen aufbauen durch Transparenz:** Planungsprozesse, politische Entscheidungen und Fortschritte der kommunalen Wärmeplanung sollten nachvollziehbar gestaltet und offengelegt werden. Regelmäßige Berichte und öffentlich zugängliche Informationen und Daten schaffen Vertrauen und ermöglichen eine kritische Begleitung der Entwicklungen durch die beteiligten Akteure.
- **Akzeptanz fördern durch direkte Ansprache:** Ziel einer entsprechenden Kommunikationsstrategie ist es, die Unterstützung von Bevölkerung, Unternehmen und weiteren lokalen Akteuren zu gewinnen. Dies kann durch eine zielgerichtete Ansprache der Akteure gefördert werden, welche den konkreten Nutzen der Maßnahmen herausstellt und Bedenken frühzeitig adressiert und abbaut.
- **Partizipation stärken durch aktive Einbindung:** Bürger, Bürgerinnen und Unternehmen sollten aktiv in die Wärmewende eingebunden werden, indem ihnen ihre konkreten Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden (Wärmeerzeugung, Gebäudesanierung etc.). Ziel ist es, bei den Akteuren ein Verständnis für die eigene Rolle im Prozess zu schaffen, die Bereitschaft zur Mitgestaltung zu fördern und dazu zu motivieren, eigene Maßnahmen umzusetzen.
- **Langfristige Beteiligung sicherstellen durch Kontinuität:** Die Kommunikationsstrategie sollte langfristig angelegt sein. Kontinuierliche Informationen und Berichte über Fortschritte, Erfolge und Herausforderungen sind essenziell, um die Umsetzung der Maßnahmen dauerhaft zu sichern und die Motivation zur Beteiligung aufrechtzuerhalten.

Dabei ist es wichtig, alle relevanten Stakeholder frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen. Dies umfasst insbesondere die folgenden **Zielgruppen**, welche differenziert angesprochen werden sollten, um deren unterschiedliche Interessen und Informationsbedarfe optimal zu berücksichtigen:

Tabelle 37: Zielgruppen der Kommunikation

Zielgruppen der Kommunikation		Beispielhafte Themenfelder
alle	alle	• Informationen zu geplanten Maßnahmen im Kommunalgebiet • Fördermöglichkeiten
Gebäude	Bürger und Bürgerinnen, Wohnungswirtschaft	• gesetzliche Verpflichtungen nach GEG • Möglichkeiten zur Umsetzung eigener Maßnahmen (klimaneutrale Wärmerzeugung, Gebäudesanierung, Energieeffizientes Bauen etc.)
Industrie & Gewerbe	Unternehmen	• gesetzliche Verpflichtungen nach GEG und EnEg • industrielle Bedarfe und industrielle Abwärme
	Handwerker, Installateure	• Kundenberatung Heizungsumstellung und Energieeffizienzmaßnahmen • Fachwissen neue Technologien
Energie	Netzbetreiber (Strom, Gas, Wärme)	• Abstimmung bezüglich Netzinfrastruktur und Integration erneuerbarer Energien zur Sicherstellung der technischen Machbarkeit der Maßnahmen • Zusätzliche Stromnetzkapazitäten (für Wärmepumpen) • Ausbau/ Aufbau von Wärmenetzen, Anschluss von neuen Abnehmern, Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung • Rückbau von Gasnetzinfrastruktur, Umstellung auf Wasserstoff
	Lieferanten	• Vertriebsmöglichkeiten Biomasse, Biogas

Die Wahl der Kommunikationskanäle und -formate spielt eine entscheidende Rolle, um die verschiedenen Zielgruppen effektiv zu erreichen und zu informieren.

Es wird empfohlen, im Sinne einer Multi-Kanal-Strategie mehrere Kommunikationskanäle und -formate gleichzeitig zu bespielen, um die Bedürfnisse und unterschiedlichen Interessen und Wissensstände der Akteure zu adressieren. Durch eine Kombination von digitalen und traditionellen Kanälen werden sowohl jüngere als auch ältere Zielgruppen angesprochen. Dabei ist auf eine Konsistenz bei der Vermittlung von Informationen über die verschiedenen Kanäle hinweg zu achten.

Persönliche Begegnungen unterstützen den Aufbau von Vertrauen und ermöglichen direkte Rückfragen. Themenspezifische Veranstaltungen bieten dabei die Möglichkeit, detaillierte Informationen vorzustellen und den Dialog mit Bürgern und Bürgerinnen, Unternehmen und weiteren Akteuren zu

fördern. In individuelle Beratungsgesprächen kann darüber hinaus gezielt auf persönliche Anliegen und Fragen eingegangen werden.

Um – möglicherweise begrenzte – personelle und finanzielle Ressourcen sparsam einzusetzen, sollte bei der Kommunikation, wo möglich und sinnvoll, auf bestehende Kanäle, Formate, Netzwerke und Ressourcen zurückgegriffen werden. Auch die Kooperation mit lokalen Multiplikatoren wie Vereinen kann zu einer effizienten Kommunikation beitragen. Die folgende Tabelle fasst beispielhafte Kommunikationskanäle und -formate zusammen.

Tabelle 38: Kanäle und Formate der Kommunikation

Kategorie	Kanäle	Formate
Digitale Kanäle	Kommunale Website als zentrale Informationsplattform (→ Unterseite Kommunale Wärmeplanung)	• Fortschritts- und Ergebnisberichte • FAQs • Erklärvideos • Interaktive Inhalte • Themenspezifische Newsletter (nach Anmeldung) • Veröffentlichung von Karten • Wärmeplan zum Download
	Social Media Plattformen (Facebook, Instagram, LinkedIn etc.)	• Kurze, prägnante Informationen bspw. zu realisierten Projekten (Best Practice Beispiele) • Vorrangig visuelle Inhalte (Bilder, Kurzvideos etc.) • Veranstaltungshinweise
	Bürgerportale	• Digitale Beteiligungsmöglichkeiten (z.B. Bürgerbefragungen, Stimmungsbild/ Feedback) • Veranstaltungshinweise • Verlinkung zu Berichterstattung
	Online-Magazine/-Zeitungen	• gezielte Pressemitteilungen • Redaktionelle Beiträge zur Vermittlung der geplanten Maßnahmen
Printmedien	Lokale Zeitungen	• Gezielte Pressemitteilungen • Redaktionelle Beiträge zur Vermittlung der geplanten Maßnahmen
	Amtsblatt / Gemeindeanzeiger	• Bekanntmachungen (Wärmeplan, Maßnahmenbeschlüsse etc.) • Veranstaltungshinweise

	Flyer, Broschüren	• Informationsbroschüren (Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung, erneuerbare Wärmequellen, Heizungsumbau, Erfolgsgeschichten aus der Region, Checklisten zur Analyse des eigenen Wärmebedarfs etc.) • Veranstaltungsflyer
Persönlicher Kontakt	Veranstaltungen	Integration in bestehende Veranstaltungsformate oder Schaffung neuer Formate: • Informationsabende (aktueller Stand & nächste Schritte, beschlossene Maßnahmen) • Fachvorträge mit spezifischen Zielgruppen zur Vermittlung von Fachwissen und zur Förderung der Beteiligung • Themenspezifische Bürgerforen / Workshops zur Diskussion und Beteiligung der Bürgerschaft
	Individuelle Gespräche	• Individuelle Beratungsgespräche • Telefon-Service sowie Sprechstunden in Bürgerbüros

Die **Inhalte** der Kommunikation müssen zielgerichtet und verständlich aufbereitet werden, um die verschiedenen Zielgruppen zu informieren, zu motivieren und zur Mitwirkung zu bewegen.

Die Kommunikation sollte die Bedeutung der kommunalen Wärmeplanung als zentralen Bestandteil der Energiewende hervorheben. Dabei ist es wichtig, nicht nur die globalen Vorteile zu betonen, sondern insbesondere die konkreten Auswirkungen auf die Bürgerinnen und Bürger sowie die Region in den Vordergrund zu stellen. Dazu gehören Informationen zur Reduzierung der Energiekosten durch effizientere Heizsysteme, die Schaffung neuer Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien und die Förderung der regionalen Wertschöpfung. Beispiele für erfolgreich umgesetzte Maßnahmen aus der Region können diese Argumente unterstützen und greifbarer machen.

Die Inhalte sollten konkrete Möglichkeiten zur Mitgestaltung und Beteiligung aufzeigen. Bürger und Bürgerinnen sollten dabei nicht nur als Empfänger von Informationen verstanden, sondern aktiv in die Umsetzung einbezogen werden. Dies umfasst die Einladung zu Veranstaltungen, die Vorstellung von Bürgerenergieprojekten sowie Informationen zu finanziellen Beteiligungsmodellen.

Die Wärmewende sollte als strategische Investition in die Zukunft vermittelt werden. Dazu gehört die Darstellung langfristiger Vorteile wie Versorgungssicherheit, stabile Energiekosten und eine nachhaltige Stadtentwicklung. Regelmäßige Erfolgsgeschichten und Berichte zum Fortschritt der Umsetzung können dazu beitragen, die kontinuierliche Unterstützung der Bevölkerung zu sichern.

Die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist mit einer Reihe an **Herausforderungen** verbunden, die in der Kommunikationsstrategie aktiv adressiert werden sollten.

Durch die Komplexität des Themas sind die technischen und rechtlichen Aspekte der Wärmeplanung für viele Bürger und Bürgerinnen schwer verständlich. Um dieser Herausforderung zu begegnen und komplexe Inhalte zugänglich zu machen, sollten leicht verständliche Informationsmaterialien entwickelt werden (bspw. Erklärvideos, Infografiken).

Veränderungen, insbesondere auch im Kontext der Energiewende, stoßen häufig auf Skepsis und Widerstände. Um dem entgegenzuwirken, ist es wichtig, die persönlichen Vorteile der Maßnahmen wie Heizkosteneinsparungen und Versorgungssicherheit hervorzuheben, wissenschaftliche Fakten und Hintergründe zu vermitteln sowie Sorgen und Bedenken frühzeitig aufzunehmen und zu entkräften. Die Umsetzung der Maßnahmen setzt häufig voraus, dass Bürger und Bürgerinnen ihr Verhalten ändern, etwa durch die Nutzung erneuerbarer Energien oder die Durchführung von Gebäudesanierungen. Dies kann durch die Bereitstellung von Informationen zu finanziellen Anreizen, Fördermöglichkeiten und Erfolgsbeispielen unterstützt werden.

Um den Erfolg der Kommunikationsstrategie sicherzustellen, ist eine kontinuierliche Überprüfung und Anpassung der Kommunikationsstrategie unerlässlich.

Dazu können regelmäßig Umfragen und Feedback-Runden mit Bürgern und Bürgerinnen, Unternehmen und anderen Akteuren durchgeführt werden, um deren Meinungen und Anregungen systematisch zu erfassen. Außerdem sollten die gewählten Kanäle regelmäßig überwacht und deren Nutzung und Akzeptanz ausgewertet werden, um einen Überblick über die Wirksamkeit der Kommunikation zu erhalten. So kann ermittelt werden, welche Kanäle und Formate besonders effektiv sind. Dies kann beispielsweise die Analyse der Zugriffszahlen auf Webseiten, die Teilnahme an Veranstaltungen und die Rückmeldungen zu veröffentlichten Informationen umfassen.

Auf Basis der Auswertungen sollte die Kommunikationsstrategie kontinuierlich weiterentwickelt werden (Optimierung bestehender Formate, Einführung neuer Kanäle und Inhalte etc.). Auch die Ergebnisse der Evaluation (Erfolge sowie Herausforderungen) sollten im Sinne der Transparenzschaffung und Vertrauensstärkung ebenfalls öffentlich kommuniziert werden.

9. Controlling-Konzept

Die kommunale Wärmeplanung als komplexer und langfristiger Prozess erfordert ein systematisches und kontinuierliches Monitoring und Controlling. Dies gewährleistet die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Prozessfortschritts – sowohl bei der Umsetzung einzelner definierter Maßnahmen als auch bezüglich der Erreichung der festgelegten Zielwerte einer klimaneutralen Wärmeversorgung – und ermöglicht ein effizientes Gegensteuern bei auftretenden Abweichungen. Eine kontinuierliche Evaluierung und gegebenenfalls Anpassung getroffener Maßnahmen und definierter Prozesse ist unerlässlich, um den Erfolg der Wärmeplanung sicherzustellen und langfristige Ziele zu erreichen.

Controlling der Zielerreichung „Klimaneutrale Wärmeversorgung“

Im Rahmen der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurde eine Energie- und Treibhausgasbilanz für das Referenzjahr 2022 erstellt. Die Energie- und Treibhausgasbilanz basiert dabei auf den Indikatoren für die Zielerreichung einer auf erneuerbaren Energien oder der Nutzung von unvermeidbarer Abwärme basierenden Wärmeversorgung, welche in Anlage 2 (zu § 23), III. Zielszenario nach § 17 festgelegt werden. Gemäß Wärmeplanungsgesetz sind diese für das geplante Gebiet als Ganzes für die Jahre 2030, 2035, 2040 (und 2045) anzugeben:

1. Der jährliche Endenergieverbrauch der gesamten Wärmeversorgung in Kilowattstunden pro Jahr, differenziert nach Endenergiesektoren und Energieträgern,
2. Die jährliche Emission von Treibhausgasen im Sinne von § 2 Nummer 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes der gesamten Wärmeversorgung des geplanten Gebiets in Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent,
3. Der jährliche Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Prozent,
4. Der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung in Prozent,
5. Die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im geplanten Gebiet in Prozent,
6. Der jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in Prozent,
7. Die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im geplanten Gebiet in Prozent.

Eine verpflichtende Überprüfung des Wärmeplans ist gemäß §25 Wärmeplanungsgesetz alle fünf Jahre durchzuführen. Im Zuge dessen müssen die Fortschritte bei der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen überwacht, der Wärmeplan bei Bedarf überarbeitet und angepasst und die Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr aufgezeigt werden.

Neben den oben genannten Indikatoren sollte eine Reihe weiterer Indikatoren in das Controlling aufgenommen werden, um die Aussagefähigkeit durch eine verbesserte Datengrundlage zu verbessern sowie eine Einordnung in sich möglicherweise verändernde Rahmenbedingungen vorzunehmen. Die Indikatoren sollten dabei aussagekräftig sein und mit geringem Aufwand von wenigen Akteuren ermittelt werden können. Eine Reihe der Kennzahlen sind bereits im Wärmeplan festgelegt worden und müssen für das Controlling entsprechend in regelmäßigem Zyklus fortgeschrieben werden. Konkret

werden die Indikatoren gemäß Tabelle 39 in Ergänzung zu Tabelle 8 zur Zielüberwachung vorgeschlagen:

Tabelle 39: Indikatoren für die Zielerreichung

Kategorie	Indikator	Einheit	Ist 2025	2030	2035	2040	Ziel 2045
Rahmenbedingungen	Einwohnerzahl	EW	5.066	-	-	-	-
	m² Wohnfläche	m²	251.255	-	-	-	-
	m² Wohnfläche pro Einwohner	m²/EW	49,6	-	-	-	-
Energieverbrauch	*Gesamten Wärmeversorgung	GWh/a	42,21	40,47	38,72	36,98	35,24
	*Wohngebäude	GWh/a	26,80	25,76	24,72	23,68	22,64
	*Öffentliche Liegenschaften	GWh/a	2,47	2,36	2,25	2,13	2,02
	*Wärme GHD & Sonstiges	GWh/a	12,94	12,35	11,76	11,17	10,58
	*Wärme Industrie	GWh/a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Wärme Haushalte und öffentlichen Bauten pro Einwohner	kWh/EW	5.778	5.551	5.323	5.095	4.867
	Stromverbrauch für Wärmeerzeugung	GWh/a	0,64	2,17	3,70	5,23	6,76
THG-Emissionen	*Gesamten Wärmeversorgung	t/a	10.848	8.055	5.351	2.733	543
Verdichtung & Dekarbonisierung Wärmenetze	*Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung	%	3,65%	7,14%	10,93%	15,08%	19,65%
	*Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz	Anzahl	4	34	64	94	123
	*Anteil der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz an der Gesamtheit der Gebäude im beplanten Gebiet	%	0,30%	2,55%	4,81%	7,06%	9,31%
Transformation fossiler zentraler & dezentraler Infrastruktur (Verteilnetze und Einzellösungen)	Anzahl Gas- und Ölheizungen	Anzahl	1.147	860	574	287	0
	Alter Gas- und Ölheizungen	Jahre	20,76	Unb.	Unb.	Unb.	Unb.

*Anforderung aus WPG - Zielszenario

Es wird empfohlen, diese Indikatoren mindestens alle 5 Jahre zu ermitteln, um den Fortschritt kontinuierlich überwachen und gegebenenfalls Maßnahmen frühzeitig ableiten zu können. Auch die umfassende Endenergie- und Treibhausgasbilanz, sollte regelmäßig überprüft, aktualisiert und den Zielwerten des Zielszenarios (siehe Kapitel 5) gegenübergestellt werden, um den Fortschritt zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu evaluieren und notwendige Maßnahmen zur Sicherstellung der Zielerreichung zu definieren. Dies muss gemäß § 25 des Wärmeplanungsgesetzes mindestens alle fünf Jahre im Rahmen der Fortschreibung des Wärmeplans erfolgen.

Das Wärmeplanungsgesetz schreibt gemäß §25 WPG eine Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung spätestens alle fünf Jahre vor. Hierfür ist die Erhebung der Daten gemäß Tabelle 40 notwendig. Die Fortschreibung ist mit einem vergleichsweise geringen Aufwand möglich. Hierzu sind die genannten Informationen in die bestehende Datenbank zu übernehmen und anhand des verwendeten Analysetools die Berechnungen und Auswertungen erneut durchzuführen. Für ein jährliches Controlling empfiehlt sich der Erhebung der Fernwärmenetz- und Kkehrbuchdaten.

Tabelle 40: Zu erhebende Daten für Fortschreibung und Controlling

Daten	Erhebungstiefe	Datenquelle	Turnus
Strommengen Speicherheizungen	Gesamtes Gemeindegebiet	Stromnetzbetreiber	5 Jahre
Anzahl abgerechnete Speicherheizungen	Gesamtes Gemeindegebiet	Stromnetzbetreiber	5 Jahre
Strommengen Wärmepumpen	Gesamtes Gemeindegebiet	Stromnetzbetreiber	5 Jahre
Anzahl abgerechnete Wärmepumpen	Gesamtes Gemeindegebiet	Stromnetzbetreiber	5 Jahre
Erdgasverbräuche	Cluster bezogen	Gasnetzbetreiber	5 Jahre
Anzahl Erdgashausanschlüsse	Cluster bezogen	Gasnetzbetreiber	5 Jahre
Kkehrbuchdaten	Cluster bezogen	Landesamt für Statistik	1 Jahr

Das Controlling-Konzept umfasst sowohl Top-down- (Abgleich mit Zielvorgaben, Indikatoren gemäß WPG, etc.) als auch Bottom-up-Ansätze (Beteiligung Förderprogramme, Sanierungsaktivitäten, etc.) und stellt so eine effiziente, transparente Überprüfung der Zielerreichung sicher.

Evaluation des Gesamtprozesses der Umsetzung des Wärmeplans

Zur Bewertung des Gesamtfortschritts bei der Umsetzung des Wärmeplans sollten neben der Auswertung der definierten Indikatoren verschiedene qualitative Aspekte berücksichtigt werden. Hierbei können die folgenden Fragen unterstützen:

- Entspricht der Fortschritt zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung der Zielsetzung? Wo ist Nachhol-/Anpassungsbedarf?
- Gibt es veränderte Rahmenbedingungen, die eine Anpassung des Wärmeplans erfordern?
- Sind die Strukturen und Prozesse zur Verstetigung effizient und transparent?
- Sind die Strukturen und Prozesse der Kommunikation effizient und transparent?
- Sind die Strukturen und Prozesse des Monitorings und Controllings effizient und transparent?
- ...

Schnittstelle zur Verstetigungsstrategie (vgl. Kapitel 7)

Für das Monitoring und Controlling muss eine verantwortliche Stelle benannt werden. Diese ist unter anderem verantwortlich für die Einholung der notwendigen Daten bei verschiedenen Stellen, die Datenthaltung, die Plausibilitätsprüfung von Daten und Auswertungen, die Einhaltung von Datenschutzanforderungen sowie die Koordination zur Erstellung und Verteilung von Berichten.

Im Rahmen des laufenden Monitorings und Controllings sollten Fortschritte, Abweichungen und Herausforderungen bei regelmäßigen Treffen der zuständigen Arbeitsgruppen oder eines Lenkungskreises besprochen werden. So kann durch geeignete Maßnahmen schnell auf Veränderungen reagiert werden – beispielsweise durch Anpassungen des weiteren Vorgehens oder der Zeit- und Finanzpläne. Die Ergebnisse des Monitorings und Controllings können den zuständigen politischen Gremien

vorgestellt werden, damit definierte Änderungen an der Strategie oder an Maßnahmen unterstützt durch politische Entscheidungen umgesetzt werden können.

Schnittstelle zur Kommunikationsstrategie (vgl. Kapitel 8)

Es wird empfohlen, jährlich einen Fortschrittsbericht zur Umsetzung des Wärmeplans und der festgelegten Maßnahmen zu erstellen. Dieser Bericht sollte den aktuellen Stand der Umsetzung dokumentieren sowie Empfehlungen zum weiteren Vorgehen enthalten. Die wesentlichen Informationen des Berichts sollten so aufbereitet werden, dass sie leicht verständlich und übersichtlich für verschiedene Kommunikationszwecke genutzt werden können. Dies erleichtert die Weitergabe der Informationen an relevante Akteure und fördert eine transparente, nachvollziehbare und effiziente Kommunikation.

10. Anlagen

10.1. Quellenverzeichnis

- [1] „Statistik kommunal für Bayern“. Zugriffen: 8. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.statistik.bayern.de/produkte/statistik_kommunal/index.html
- [2] N. Langreder, F. Lettow, M. Sahnoun, S. Kreidelmeyer, A. Wunsch, und S. Lengning, „Technikkatalog Wärmeplanung“. [Online]. Verfügbar unter: https://api.kww-halle.de/fileadmin/user_upload/Technikkatalog_W%C3%A4rmeplanung_Version_1.1_August24.xlsx
- [3] Landratsamt Fürstenfeldbruck und Eniano GmbH, „Digitaler Energienutzungsplan | Landkreis Fürstenfeldbruck“. Zugriffen: 7. Januar 2026. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lra-ffb.de/bau-umwelt/klimaschutz/digitaler-energienutzungsplan>
- [4] „Energie-Atlas Bayern – der Kartenviewer des Freistaats Bayern zur Energiewende“. Zugriffen: 5. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.karten.energieatlas.bayern.de/>
- [5] S. Ortner u. a., „Leitfaden Wärmeplanung“, *Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*, 2024, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/leitfaden-waermeplanung-lang.html>
- [6] Rechtsanwälte Günther Partnerschaft, Hrsg., „Gutachterliche Stellungnahme zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung“. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten_Wasserstoffnetzgebiete.pdf
- [7] „BAFA - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)“. Zugriffen: 29. April 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
- [8] „Heizungsförderung für Privatpersonen – Wohngebäude (458) | KfW“. Zugriffen: 29. April 2025. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Förderprodukte/Heizungsförderung-für-Privatpersonen-Wohngebäude-\(458\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Förderprodukte/Heizungsförderung-für-Privatpersonen-Wohngebäude-(458)/)
- [9] C. Thelen u. a., „Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Bundesländer im Transformationsprozess“, *Fraunhofer ISE*, Bd. 19, 2024, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html>
- [10] „Statistischer Bericht - Daten zur Energiepreisentwicklung“, Statistisches Bundesamt. Zugriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/statistischer-bericht-energiepreisentwicklung-5619001.html>
- [11] „Marktpreisvergleich“, C.A.R.M.E.N. e.V. Zugriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick-erneuerbare-energien/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>
- [12] M. Wietschel u. a., *Preiselastische Wasserstoffnachfrage in Deutschland: Methodik und Ergebnisse*. Fraunhofer ISI, 2023.
- [13] „Gaspreise: Biogas-Tarife meist deutlich teurer als Erdgas“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.zfk.de/energie/gas/gaspreise-biogas-tarife-meist-deutlich-teurer-als-erdgas>