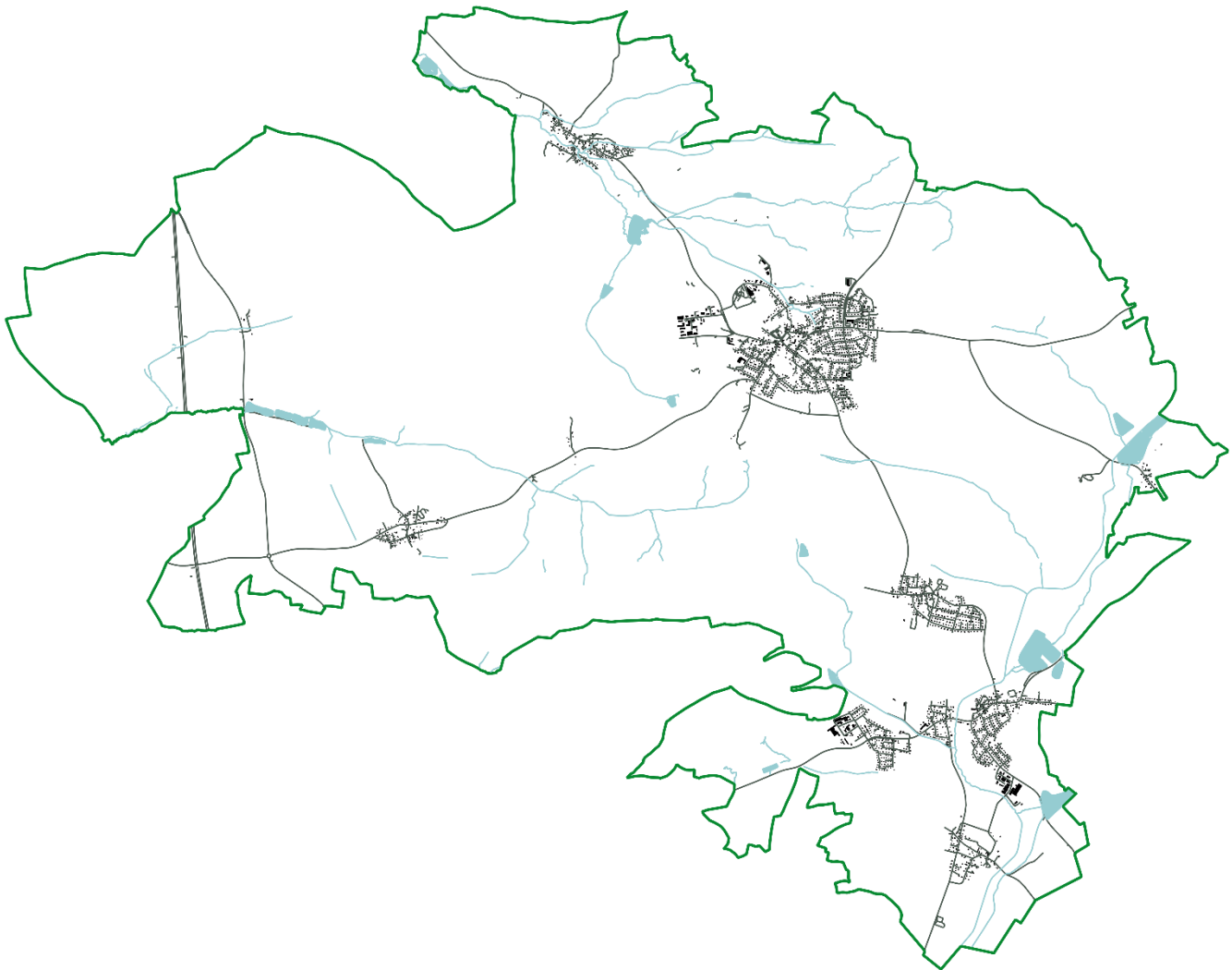


Kommunale Wärmeplanung Markt Pyrbaum

Abschlussbericht



Datum: 05.12.2025

IMPRESSUM

Herausgeber: Markt Pyrbaum
Marktplatz 1
90602 Pyrbaum
info@pyrbaum.de

Ansprechpartner: Richard Forster, Johannes Geitner, Michaela Schötz



Ersteller: Bayernwerk Netz GmbH
Lilienthalstraße 7
93049 Regensburg
www.bayernwerk.de
+49 9412 01 00 | info@bayernwerk.de

bayernwerk
netz

Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH
Anton-Kathrein-Straße 1
83022 Rosenheim
www.inev.de
+49 8031 271 680 | info@inev.de



Projektleitung: Tobias Eckardt (Bayernwerk Netz GmbH)
Béla van Rinsum (Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH)
Stellvertretung: Antonia Paulus (Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH)
Projektteam: Simon Paternoster, Odai Alasmar, Christina Spiegel, Sebastian Stöhr, Erik Jacobs, Patricia Pölmann, Benedikt Schumann, Annina Oberrenner, Andreas van Eyken, Stefan Mur

Version: V 1.1
Stand: Januar 2026

Gefördert nach: Kommunalrichtlinie, Förderkennzeichen 67K26909
Erstellung einer kommunale Wärmeplanung für den Markt Pyrbaum
Projektträger Z-U-G GmbH
Laufzeit: 09.12.2024 – 31.11.2025

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie

Nationale Klimaschutzinitiative:

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert die Bundesregierung seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Hinweis zur Sprache:

Zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird im Bericht die Sprachform des generischen Maskulinums verwendet. Diese Sprachform ist geschlechtsneutral zu verstehen und schließt alle Geschlechter gleichermaßen ein.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
1 Rechtlicher Rahmen und aktuelle Förderprogramme	7
1.1 Wärmeplanungsgesetz und Kommunalrichtlinie	7
1.2 Dekarbonisierung von Wärmenetzen	9
1.3 Wärmeplanungsgesetz und Gebäudeenergiegesetz	9
1.4 Rechtsfolgen der kommunalen Wärmeplanung	10
1.5 Bundesförderungen für effiziente Gebäude und effiziente Wärmenetze	11
2 Bestandsanalyse	14
2.1 Datenerhebung und Energieinfrastruktur	14
2.2 Eignungsprüfung und bauliche Struktur	18
2.3 Energie- und Treibhausgasbilanz	26
3 Potenzialanalyse.....	33
3.1 Wärmenetze	34
3.2 Gebäudenetze	40
3.3 Betreibermodelle.....	41
3.4 Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien	43
3.5 Effizienzpotenziale.....	62
3.6 Potenziale zur Nutzung von Abwärme	65
3.7 Fazit Potenziale	68
4 Gebietseinteilung und Szenarienentwicklung	69
4.1 Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren und im Zieljahr	69
4.2 Zielszenario	75
5 Umsetzungsstrategie	80
5.1 Fokusgebiete	80
5.2 Maßnahmenfahrplan für das gesamte Marktgebiet.....	90
5.3 Controlling.....	91
5.4 Kommunikation	94
5.5 Verstetigung.....	97
6 Fazit.....	98
7 Verweise	99
8 Glossar	100
9 Abkürzungsverzeichnis	101
10 Anhang	103
10.1 Maßnahmenkatalog.....	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf der kommunalen Wärmeplanung, eigene Darstellung.....	8
Abbildung 2: Aufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), eigene Darstellung.....	11
Abbildung 3: Energieversorgung in Pyrbaum: Standorte von bestehenden Gebäudenetzen sowie der Verlauf des Strom- und Gasnetzes, eigene Darstellung.....	15
Abbildung 4: Standortbezogene Darstellung der identifizierten Großverbraucher in Pyrbaum, eigene Darstellung.....	17
Abbildung 5: Überwiegender Gebäudetyp auf Baublockebene, eigene Darstellung	19
Abbildung 6: Überwiegende Baualtersklasse auf Baublockebene, eigene Darstellung	20
Abbildung 7: Wärmebedarf nach Hektarraster in Pyrbaum, eigene Darstellung	22
Abbildung 8: Aggregierter Wärmebedarf auf Baublockebene in Pyrbaum, eigene Darstellung ..	22
Abbildung 9: Wärmelinien dichten in Pyrbaum, eigene Darstellung	24
Abbildung 10: Ergebnisdarstellung der Eignungsprüfung, eigene Darstellung.....	25
Abbildung 11: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und nach Sektoren, eigene Darstellung	27
Abbildung 12: Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereich und Sektoren, eigene Darstellung	28
Abbildung 13: Wärmeverbrauch und Treibhausgasemissionen nach Energieträgern, eigene Darstellung	29
Abbildung 14: Anteil des erneuerbaren Wärmeverbrauchs, eigene Darstellung	30
Abbildung 15: Wärmeverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung	31
Abbildung 16: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und Anteil am Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2022, eigene Darstellungen.....	32
Abbildung 17: Potenzialpyramide, eigene Darstellung.....	33
Abbildung 18: Wärmenetzuntersuchungsgebiete Pyrbaum, eigene Darstellung.....	35
Abbildung 19: Detailbetrachtung Pyrbaum Schulstraße, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung	37
Abbildung 20: Detailbetrachtung Pyrbaum Am Eichelgarten, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung	39
Abbildung 21: Gebäudeanteil mit Potenzial zur Abdeckung des Wärmebedarfs durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe je Hektar, eigene Darstellung.....	44
Abbildung 22: Technologien der oberflächennahen Geothermie mit ihren Funktionsweisen [12], eigene Darstellung.....	46
Abbildung 23: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Erdwärmesonden [11].....	47
Abbildung 24: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Grundwasserwärmepumpen [11]	47
Abbildung 25: Entzugsenergie je Flurstück bei der Nutzung von Erdwärmekollektoren in Pyrbaum [11].....	48
Abbildung 26: Ertragspotenzial für Solarthermieranlagen auf Dachflächen, eigene Darstellung ..	52
Abbildung 27: Biomassepotenzial auf Waldflächen in Pyrbaum, eigenen Darstellung.....	54
Abbildung 28: Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen, eigene Darstellung	58
Abbildung 29: Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen in Pyrbaum, eigene Darstellung.....	59
Abbildung 30: Biomassepotenzial auf Acker- und Grünflächen in Pyrbaum, eigene Darstellung	61
Abbildung 31: Verteilung der Sanierungswahrscheinlichkeitsverteilung nach Baualtersklasse, eigene Darstellung.....	63
Abbildung 32: Jährlich 1,5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung.....	63
Abbildung 33: Abwasserkanäle größer gleich DN800, ohne Hauptsammler, eigene Darstellung	66
Abbildung 34: Gebietseinteilung in Wärmeversorgungsgebiete in Pyrbaum über die Stützjahre, eigene Darstellung.....	71
Abbildung 35: Eignung der dezentralen Versorgung in Pyrbaum im Zieljahr 2045, eigene Darstellung	73
Abbildung 36: Eignung für Wärmenetze in Pyrbaum im Zieljahr 2045, eigene Darstellung	74

Abbildung 37: Eignung für Wasserstoff in Pyrbaum im Zieljahr 2045, eigene Darstellung	74
Abbildung 38: Verlauf des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes nach KWW-Halle [13].....	75
Abbildung 39: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Sektoren für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	76
Abbildung 40: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	77
Abbildung 41: Entwicklung der THG-Emissionen aus dem prognostizierten Wärmebedarf für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	78
Abbildung 42: Entwicklung des Wärmebedarfs der leitungsgebundenen Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	79
Abbildung 43: Übersicht der Fokusgebiete in Pyrbaum, eigene Darstellung	80
Abbildung 44: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet Kemnather Straße, eigene Darstellung.....	81
Abbildung 45: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Kemnather Straße, eigene Darstellung	82
Abbildung 46: Aggregierter Wärmebedarf im Fokusgebiete Kemnather Straße (Baublockebene), eigene Darstellung.....	82
Abbildung 47: Möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes im Fokusgebiete Kemnather Straße, eigene Darstellung.....	83
Abbildung 48: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet am Rathaus, eigene Darstellung.....	84
Abbildung 49: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet am Rathaus, eigene Darstellung	85
Abbildung 50: Wärmebedarf im Fokusgebiete am Rathaus, eigene Darstellung	85
Abbildung 51: Möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes im Fokusgebiet am Rathaus, eigene Darstellung	86
Abbildung 52: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet Gemeindebücherei, eigene Darstellung	87
Abbildung 53: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Gemeindebücherei, eigene Darstellung	88
Abbildung 54: Wärmebedarf im Fokusgebiete Gemeindebücherei, eigene Darstellung	88
Abbildung 55: Möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes im Fokusgebiet Gemeindebücherei, eigene Darstellung.....	89
Abbildung 56: PDCA-Managementprozess, eigene Darstellung	91
Abbildung 57: Mögliche Inhalte der Öffentlichkeitsarbeit, eigene Darstellung	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Modulaufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), Stand 2025.....	12
Tabelle 2: Datengrundlagen und Analyse Kriterien der Eignungsprüfung, eigene Darstellung ...	18
Tabelle 3: Einschätzung zur Eignung für Wärmenetze nach Wärmedichte, entnommen aus Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]	21
Tabelle 4: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmeliniendichte, entnommen aus Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]	23
Tabelle 5: Übersicht der Indikatoren zur Bewertung von Wärmenetzgebieten, in Anlehnung an [5]	35
Tabelle 6: Aspekte verschiedener Betriebsmodelle bei Gebäude- und Wärmenetzen	42
Tabelle 7: U-Werte der Gebäudehülle des Referenzgebäudes nach GEG 2024, eigene Darstellung	62
Tabelle 8: Zusammenfassung und Bewertung der Relevanz der Potenziale, eigene Darstellung	68
Tabelle 9: Maßnahmenliste mit Effekten im Sektor Wärme und Umsetzungszeiträumen, eigene Darstellung	90
Tabelle 10: Beispielhafter Aufbau einer Übersicht des Maßnahmenmonitoring und -controlling	93
Tabelle 11: Kommunikationskanäle und Darstellungsmöglichkeiten, eigene Darstellung	95

Vorwort

Der Markt Pyrbaum liegt im Westen der Oberpfalz im Landkreis Neumarkt in der Oberpfalz. Das Gemeindegebiet umfasst 14 Gemeindeteile und zählt insgesamt rund 5.800 Einwohner auf einer Fläche von etwa 50,3 km². Pyrbaum befindet sich am Rand des Ballungsraums Nürnberg und große Teile der Kommune sind von Wald bedeckt. Im Westen der Kommune verläuft die Autobahn A9.

Aufgrund der zukünftigen Herausforderungen in der Wärmeversorgung hat sich der Markt Pyrbaum bereits 2023 entschieden, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Instrument zur Umsetzung der Wärmewende. Ziel dabei ist es, die Wärmeversorgung in Pyrbaum langfristig treibhausgasneutral zu gestalten. Durch die systematische Analyse des aktuellen Wärmebedarfs, die Identifikation von Potenzialen zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen und das Heben von Effizienzpotenzialen sowie die Ausarbeitung einer Umsetzungsstrategie entsteht eine umfassende Planungsgrundlage, um die Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

Die Motivation hinter der kommunalen Wärmeplanung basiert auf dem dringenden Handlungsbedarf im Klimaschutz. Der Wärmesektor zählt deutschlandweit zu den größten Verursachern von Treibhausgasemissionen, und die Umstellung auf erneuerbare Energien spielt eine entscheidende Rolle bei der Erreichung der nationalen Klimaziele. Pyrbaum sieht die Wärmewende als zentrale kommunale Aufgabe, um den ökologischen Fußabdruck zu verringern, die regionale Wertschöpfung zu stärken und eine zuverlässige, nachhaltige Energieversorgung für zukünftige Generationen sicherzustellen.

Bisherige Planungen umfassen etwa einen „Energieeffizienz“ Fördertopf des Aktionsbündnisses Oberpfalz – Mittelfranken (AOM), der bis Ende 2026 läuft oder einer Potenzialuntersuchung Windenergie im Jahr 2023.

1 Rechtlicher Rahmen und aktuelle Förderprogramme

Das *Wärmeplanungsgesetz (WPG)* ist am 1. Januar 2024 in Kraft getreten und verpflichtet alle Bundesländer zur Durchführung einer Wärmeplanung. Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern müssen diese bis zum 30. Juni 2026 abschließen, während für Kommunen mit weniger als 100.000 Einwohnern eine Frist bis zum 30. Juni 2028 gilt. Die Wärmeplanung verfolgt gemäß § 1 WPG das Ziel die Wärmeversorgung bis spätestens 2045 treibhausgasneutral zu gestalten.

Diese Pflicht wird mittels Landesrechts auf Kommunen übertragen. Die *Verordnung zur Ausführung energiewirtschaftlicher Vorschriften (AVeN)* ist am 2. Januar 2025 in Kraft getreten. Der bayerische Gesetzgeber greift im Wesentlichen die Vorgaben des Bundesgesetzes auf und regelt die Handlungsspielräume der Länder parallel dazu. Der Markt Pyrbaum hat somit alle gesetzlichen Vorgaben erfüllt.

Im folgenden Kapitel werden Ablauf und Inhalte der kommunalen Wärmeplanung vorgestellt sowie der Zusammenhang mit der *Kommunalrichtlinie (KRL)* und dem *Gebäudeenergiegesetz (GEG)* erläutert. Ergänzend werden aktuelle Informationen zu relevanten Förderprogrammen aufgeführt. Da sich Gesetze und Förderkonditionen ändern können, ist es entscheidend, die jeweils aktuellen Vorgaben und Richtlinien zu prüfen, um die Planung und Umsetzung effektiv und rechtsicher gestalten zu können.

1.1 Wärmeplanungsgesetz und Kommunalrichtlinie

Der Markt Pyrbaum hat im Juli 2023 einen Antrag auf Förderung im Rahmen der Richtlinie zur Bundesförderung kommunaler Klimaschutz (Kommunalrichtlinie) gestellt. Mit der Kommunalrichtlinie, die seit dem Jahr 2008 besteht, unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Kommunen und kommunale Akteure dabei, ihre Emissionen nachhaltig zu senken. Die Kommunalrichtlinie hat vor Inkrafttreten des WPG auch Wärmepläne bezuschusst. Diese Förderung lief mit dem Inkrafttreten des Wärmeplanungsgesetz aus.

Der Markt Pyrbaum profitiert durch die frühe Antragsstellung von einer 90 %-igen Förderquote und konnte mit der kommunalen Wärmeplanung Ende 2024 starten.

Die Förderinhalte der *Kommunalrichtlinie* spiegeln im Wesentlichen die Inhalte des *Wärmeplanungsgesetzes* wider. Abbildung 1 zeigt den vorgesehenen Ablauf der kommunalen Wärmeplanung. Zunächst beschließt die Kommune als planungsverantwortliche Stelle die Durchführung.

Im Anschluss erfolgt eine Bestandsanalyse mit der Eignungsprüfung, um den aktuellen Zustand zu bewerten. Aufbauend darauf wird eine Potenzialanalyse durchgeführt, um mögliche Chancen und Ressourcen für die zukünftige Wärmeversorgung zu identifizieren.

Auf dieser Grundlage wird ein Zielszenario entwickelt, das die angestrebte Wärmeversorgung beschreibt. Das Marktgebiet von Pyrbaum wird anschließend in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete unterteilt, und die geplanten Versorgungsarten für das Zieljahr werden festgelegt. Für die Gebietseinteilung stehen folgende Kategorien zur Verfügung:

- Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung
- Wärmenetzgebiete: Wärmenetzverdichtungsgebiet, Wärmenetzausbauggebiete, Wärmenetzneubaugebiet
- Wasserstoffnetzgebiete
- Prüfgebiete

Daraufhin wird eine Umsetzungsstrategie entwickelt, die konkrete Maßnahmen enthält, um das Zielszenario zu erreichen. Eine begleitende Akteursbeteiligung dient dazu, über das Projekt zu informieren, Bedenken aufzunehmen, Anregungen in die Planung einzubeziehen und einen möglichst breiten Konsens zu schaffen. In Pyrbaum gibt es wenige relevante Akteure. Außerdem werden ein Controllingkonzept und eine Verstetigungsstrategie erarbeitet, um die kontinuierliche Umsetzung und Überwachung der Maßnahmen und nötigen Emissionsreduktionen sicherzustellen. Eine Kommunikationsstrategie soll eine transparente Kommunikation nach außen über bevorstehende Maßnahmen des Wärmeplans sicherstellen.

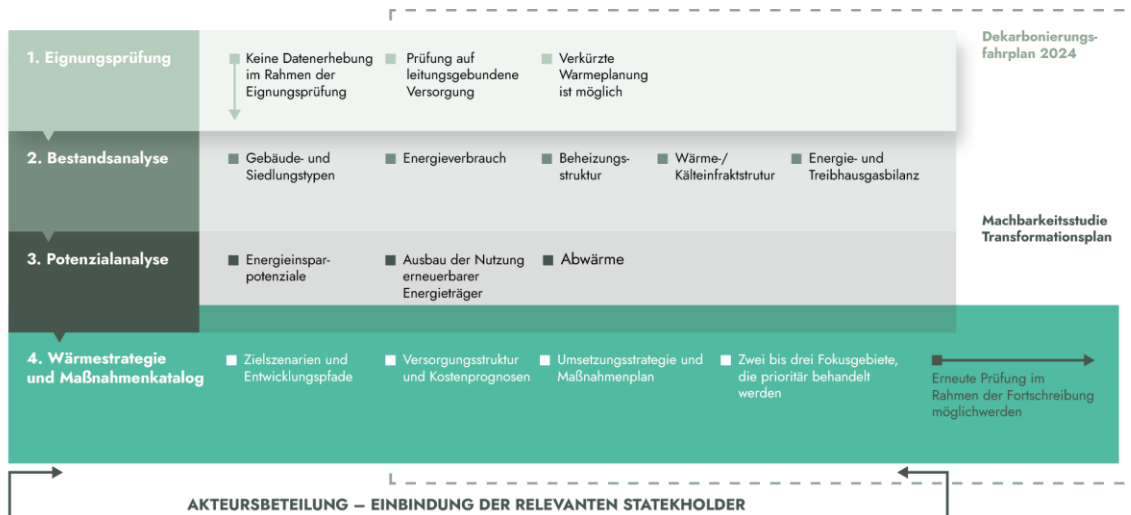


Abbildung 1: Ablauf der kommunalen Wärmeplanung, eigene Darstellung

1.2 Dekarbonisierung von Wärmenetzen

Das *Wärmeplanungsgesetz* regelt zudem die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze. Vorgesehen ist, dass der Anteil erneuerbarer Energien in diesen Netzen stufenweise erhöht wird (Fristverlängerungen sind möglich):

- ab dem 1. Januar 2030 mindestens 30 %
- ab dem 1. Januar 2040 mindestens 80 %

Für neue Wärmenetze gilt ab dem 1. März 2025 ein Anteil von mindestens 65 % erneuerbarer Energien in der Nettowärmeerzeugung (§30 WPG). Zusätzlich zur Nutzung erneuerbarer Energien können Wärmenetze auch durch unvermeidbare Abwärme oder eine Kombination dieser Quellen betrieben werden. Bis 2045 müssen alle Wärmenetze vollständig treibhausgasneutral sein (§31 WPG). Zur Erreichung dieser Ziele sind Wärmenetzbetreiber gemäß §32 WPG verpflichtet, Dekarbonisierungs- bzw. Transformationspläne zu erstellen. Die Verpflichtung gilt nicht für Wärmenetze, die eine Länge von einem Kilometer nicht überschreiten.

1.3 Wärmeplanungsgesetz und Gebäudeenergiegesetz

Das *Wärmeplanungsgesetz* (WPG) und das *Gebäudeenergiegesetz* (GEG) sind zentrale Elemente für die Transformation der Energieversorgung hin zur Treibhausgasneutralität. Das GEG legt fest, wie die erneuerbaren Energien für die Beheizung zu verwenden sind. Das WPG dient dabei als wichtige Orientierung für Kommunen, Bürger sowie Unternehmen, um die lokale Wärmeversorgung strategisch zu planen und nachhaltig zu gestalten. Gemeinsam schaffen diese Gesetze den rechtlichen Rahmen für eine klimafreundliche Wärmeversorgung und fördern den Übergang zu treibhausgasneutralen Energiequellen.

Ab dem 30. Juni 2028 müssen grundsätzlich alle **neu eingebauten Heizungen** – unabhängig davon, ob es sich um Neubauten oder Bestandsgebäude, Wohn- oder Nichtwohngebäude handelt, mindestens 65 % erneuerbare Energien nutzen. Eigentümer haben die Möglichkeit, diesen Anteil auf zwei Arten nachzuweisen: entweder durch eine individuelle Lösung oder durch die Wahl einer der gesetzlich vorgegebenen Optionen. Zu den Erfüllungsoptionen gehören:

- Anschluss an ein Wärmenetz
- elektrische Wärmepumpe
- Stromdirektheizung
- Heizung auf Basis von Solarthermie
- Heizung zur Nutzung von Biomasse oder grünem oder blauem Wasserstoff
- Hybridheizung (Kombination aus erneuerbarer Heizung und Gas- oder Ölkessel)

Unter bestimmten Voraussetzungen kann auch eine sogenannte „H2-Ready“-Gasheizung eingebaut werden, die mit einem Wasserstoffanteil von bis zu 20% betrieben werden können. Später können diese Anlagen vollständig auf Wasserstoff umgerüstet werden.

Die kommunale Wärmeplanung (KWP) soll Bürger sowie Unternehmen über die bestehenden und zukünftigen Optionen zur lokalen Wärmeversorgung informieren und das Marktgebiet in Versorgungsgebiete einteilen. Zudem soll sie als Orientierungshilfe dienen, um Eigentümer bei der Auswahl einer geeigneten Heizungsanlage zu unterstützen. **Bestehende Heizungen** dürfen weiterhin betrieben werden. Sollte eine Gas- oder Ölheizung ausfallen, darf sie repariert werden. Bei

irreparablen Heizungsdefekten (Heizungshavarien) oder bei konstant temperierten Kesseln, die älter als 30 Jahre sind, gelten pragmatische Übergangslösungen und mehrjährige Fristen. Übergangsweise darf eine fossil betriebene Heizung – bis zum Ablauf der Fristen für die kommunale Wärmeplanung im Jahr 2028 eingebaut werden. Dabei ist zu beachten, dass diese ab 2029 einen steigenden Anteil an erneuerbaren Energien aufweisen muss (§71i GEG):

- ab 2029 mindestens 15 %
- ab 2035 mindestens 30 %
- ab 2040 mindestens 60 %
- ab 2045 100 %

Nach Ablauf der Fristen für die kommunale Wärmeplanung (2026 bzw. 2028) können weiterhin Gasheizungen eingebaut werden, sofern sie mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien, wie Biogas oder Wasserstoff, betrieben werden. Der endgültige Stichtag für die Nutzung fossiler Brennstoffe in Heizungen ist der 31. Dezember 2044. In Härtefällen können Eigentümer von der Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien befreit werden.

1.4 Rechtsfolgen der kommunalen Wärmeplanung

Obwohl der Wärmeplan selbst keine rechtliche Außenwirkung hat (§ 23 WPG), kann der Markt auf dessen Basis Gebiete für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffnetzen festlegen. Solche Beschlüsse ziehen rechtliche Konsequenzen nach sich und sind im *Wärmeplanungsgesetz (WPG)* geregelt. Verbindliche Festlegungen entstehen nur durch zusätzliche, optionale Beschlüsse des Markts, wenn Gebiete für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffnetzen ausgewiesen werden (§ 26 WPG). In diesen Gebieten greifen die entsprechenden Vorschriften des *Gebäudeenergiegesetzes (GEG)* zum Heizungstausch und zu Übergangslösungen (§ 71 Abs. 8 Satz 3, § 71k Abs. 1 Nr. 1 GEG) einen Monat nach dem Beschluss des Markts. Diese Festlegung verpflichtet jedoch nicht zur tatsächlichen Nutzung der ausgewiesenen Versorgungsart oder zum Bau entsprechender Wärmeinfrastrukturen.

1.5 Bundesförderungen für effiziente Gebäude und effiziente Wärmenetze

1.5.1 Bundesförderung für effiziente Gebäude

Die *Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)* ist eine staatliche Förderung in Deutschland zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien in Gebäuden. Sie bündelt verschiedene Förderprogramme, und richtet sich sowohl an private als auch an gewerbliche Immobilienbesitzer sowie an öffentliche Einrichtungen. Neben den baulichen Maßnahmen wird in allen Programmen auch die Energieberatung (Fachplanung und Baubegleitung) mitgefördert. Im Folgenden werden die drei Hauptbereiche der *BEG* für Sanierung vorgestellt zum Stand Dezember 2025. Zudem gibt es Förderprogramme bzw. zinsvergünstigte KfW-Kredite für Neubauten. Abbildung 2 zeigt die Struktur der Bundesförderung für effiziente Gebäude und unterteilt diese in Einzelmaßnahmen und systematische Maßnahmen.

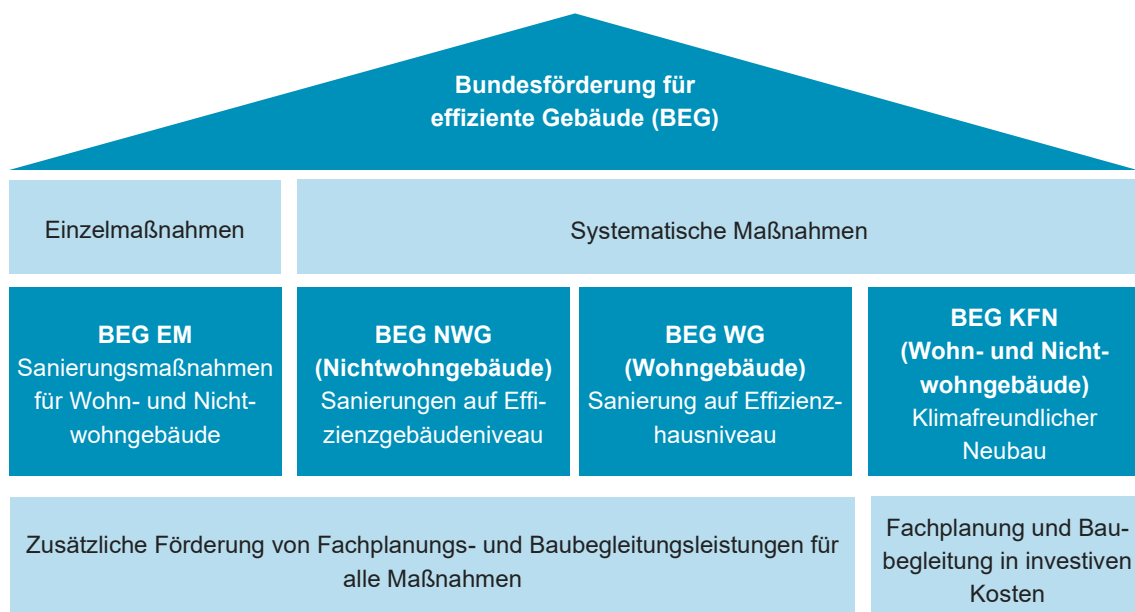


Abbildung 2: Aufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), eigene Darstellung

1.5.2 BEG Einzelmaßnahmen

Die *BEG Einzelmaßnahmen (BEG EM)* fördern gezielt einzelne Modernisierungen in bestehenden Gebäuden. Dazu zählen unter anderem die Optimierung der Heizung, die Verbesserung der Dämmung sowie die Installation von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Die Förderung erfolgt entweder als direkter Zuschuss oder als Kredit mit einem Tilgungszuschuss.

Im Bereich der Heizungstechnik wird der Austausch und die Umrüstung von Wärmeerzeugungsanlagen gefördert, sofern zukünftig die Wärme aus mindestens 65 % erneuerbare Energien erzeugt wird. Neben dem Austausch von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen wird auch die Errichtung eines Gebäudenetzes sowie der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz gefördert. Ein Gebäudenetz dient dabei der Wärmeversorgung von bis zu 16 Gebäuden und maximal 100 Wohneinheiten. Förderfähig sind die Errichtung, Umbau sowie Erweiterung des Netzes selbst, alle zugehörigen Komponenten sowie notwendige Umfeldmaßnahmen, wobei die Förderquote vom Anteil erneuerbarer Energien im Wärmenetz abhängt. Unter Einhaltung des Anteils von 65 % erneuerbare Energien, werden die genannten Einzelmaßnahmen in der Regel mit einem Grundfördersatz von 30 % gefördert. Durch unterschiedliche Boni kann dieser bis zu einer maximalen Grenze von 70 % gesteigert werden.

Neben dem Austausch von Wärmeerzeugungsanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wird die Optimierung von Anlagen gefördert. Zur Beratung im individuellen Fall und Findung wirtschaftlichsten Lösung wird eine professionelle Energieberatung empfohlen. Zusätzlich informiert das *Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)* detailliert über die unterschiedlichen Fördermöglichkeiten.

1.5.3 BEG Wohngebäude (BEG WG)

Die *BEG Wohngebäude (BEG WG)* fördert energetische Sanierungen und Neubauten von Wohngebäuden einschließlich Dämmung, Fensteraustausch, Heizungstausch und der Nutzung erneuerbarer Energien. Die Förderungen bestehen aus Zuschüssen oder Krediten und richten sich nach dem Effizienzhaus-Standard (z. B. Effizienzhaus 55, Effizienzhaus 40).

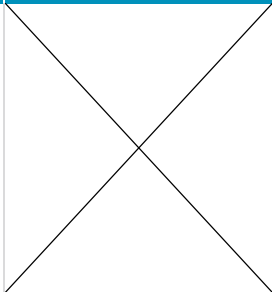
1.5.4 BEG Nichtwohngebäude (BEG NWG)

Die *BEG Nichtwohngebäude (BEG NWG)* unterstützt vergleichbare Maßnahmen in Nichtwohngebäuden wie Gewerbe-, Industrie- und Bürogebäuden, ebenfalls nach Effizienzhaus-Standards und als Zuschüsse oder Kredite.

1.5.5 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Die *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)* unterstützt den Aufbau und die Modernisierung von Wärmenetzen, die überwiegend erneuerbare Energien oder Abwärme nutzen. Die Förderung erfolgt als Zuschuss oder Kredit mit Tilgungszuschuss und richtet sich an Kommunen, Unternehmen und Energieversorger. Förderfähig sind neben der Errichtung neuer Wärmenetze auch die Erweiterung und Dekarbonisierung bestehender Netze sowie die Integration von Speichertechnologien. Ein zentrales Förderkriterium ist der Anteil erneuerbarer Energien oder Abwärme an der Wärmeerzeugung im Netz, der mindestens 50 % betragen muss.

Das Förderprogramm ist modular aufgebaut (siehe Tabelle 1) und umfasst vier Hauptmodule, um eine ganzheitliche Unterstützung von der Planung bis zur Umsetzung zu gewährleisten.

	Modul 1 Planung	Modul 2 Systemische Investi- tion	Modul 3 Einzelmaßnahme	Modul 4 Betriebsförderung
Neue Wärmenetze	Machbarkeitsstudie und Planungsleistung (HOAI LP 2-4) Förderquote: 50%	systemische Investi- tionsförderung Neu- bau Wärmenetzsys- tem Förderquote: 40%		Betriebskostenför- derung von Wärme- pumpen & Solarther- mie Wärmepumpe: bis zu 9,2 ct/kWh _{th} So- larthermie: 1 ct pro kWh _{th}
Bestehende Wärmenetze	Transformationsplan und Planungsleistung (HOAI LP 2-4) Förderquote: 50 %	systemische Investi- tionsförderung Wär- menetzsystem Förderquote: 40 %	Förderung einzelner Investitionsmaßnah- men wie EE-Wärme- erzeuger, Digitalisie- rung etc. Förderquote: 40 %	Betriebskostenför- derung von Wärme- pumpen & Solarther- mie Wärmepumpe: bis zu 9,2 ct/kWh _{th} So- larthermie: 1 ct pro kWh _{th}

2 Bestandsanalyse

2.1 Datenerhebung und Energieinfrastruktur

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden verschiedene Daten erhoben, um ein umfassendes Bild der aktuellen Wärmeversorgung und -nutzung in Pyrbaum darzustellen. Dafür werden folgende Geodaten verarbeitet:

- Gebäudemodelle (*LoD2-Daten 2025 - Level-of-Detail Stufe 2*) [1]
- Tatsächliche Nutzung (*ALKIS 2025*) [2]
- Baualtersklassen (*Zensus 2011*) [3]

Die Geodaten werden über das *Bayerische Vermessungsamt* bereitgestellt. Alle Abbildungen werden auf Grundlage der *OpenStreetMap* erstellt [4]. Weitere Informationen über den aktuellen Energieverbrauch, die Art der Heizsysteme, die Energiequellen sowie Infrastrukturdaten und Versorgungsleitungen werden direkt erhoben. Das *Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH (INEV)* hat auf Basis der Rechtsgrundlage des *WPG* und der Bilanzierungssoftware *Klimaschutz-Planer* für die Energie- und Treibhausgasbilanz passgenaue Datenerhebungsbögen entwickelt. Durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren können die erforderlichen Daten erfasst werden.

Die Bestandsanalyse in Pyrbaum wurde für das Bilanzjahr 2022 vorgenommen. Der zeitliche Versatz zwischen Bilanzjahr und Erstellungsjahr ist durch die Verfügbarkeit von Daten begründet. Für die Bilanzerstellung wurden insbesondere folgende Datenquellen angesprochen:

- **Stromnetzbetreiber:**
Bayernwerk Netz GmbH
- **Gasnetzbetreiber:**
Bayernwerk Netz GmbH
- **Wärmenetzbetreiber:**
eigene Erhebung
- **Kehrrdaten:**
Landesamt für Statistik Bayern
- **Daten zu kommunalen Liegenschaften und Abwasser:**
Markt Pyrbaum
- **Verbrauchs- und Abwärmedaten von Großverbrauchern und Industrie:**
eigene Erhebung
- **Eignungsprüfung für die kommunale Wärmeplanung:**
Kurzgutachten des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

In den folgenden Kapiteln werden zentrale Aspekte der infrastrukturellen Gegebenheiten in Markt Pyrbaum behandelt. Zunächst wird der Wärmedarf ermittelt, die Energieinfrastruktur analysiert und die Großverbraucher räumlich verortet. Die Eignungsprüfung als grobe Einschätzung zu leitungsgebunden versorgten Gebieten ist der erste Meilenstein im Prozess der Wärmeplanung. Anschließend wird der Ist-Zustand mithilfe einer Energie- und Treibhausgasbilanz dargestellt.

Diese ist ein zentraler Schritt in der kommunalen Wärmeplanung, da sie eine detaillierte Bestandsanalyse ermöglicht. Die Ergebnisse der Bestandsanalyse dienen als Grundlage für die Entwicklung effektiver Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen.

2.1.1 Leitungsgebundene Energieversorgung

Abbildung 3 zeigt eine Karte der Energieversorgung im Marktgebiet. Sie beinhaltet den Verlauf des Mittelspannungsnetzes für den Transport elektrischer Energie. Ebenso ist das Erdgasnetz, das den Hauptort, sowie die Ortsteile Oberhembach, Rengersricht und Seligenporten versorgt, dargestellt.

Zudem ist das bestehende private Gebäudenetz in Oberhembach mitabgebildet. Gebäudenetze grenzen sich durch die Anzahl an angeschlossenen Gebäuden von Wärmenetzen ab und werden in Kapitel 3.2 ausführlich beschrieben. Der Grenzwert ergibt sich aus den Förderrichtlinien der *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze* und der *Bundesförderung für effiziente Gebäude*.

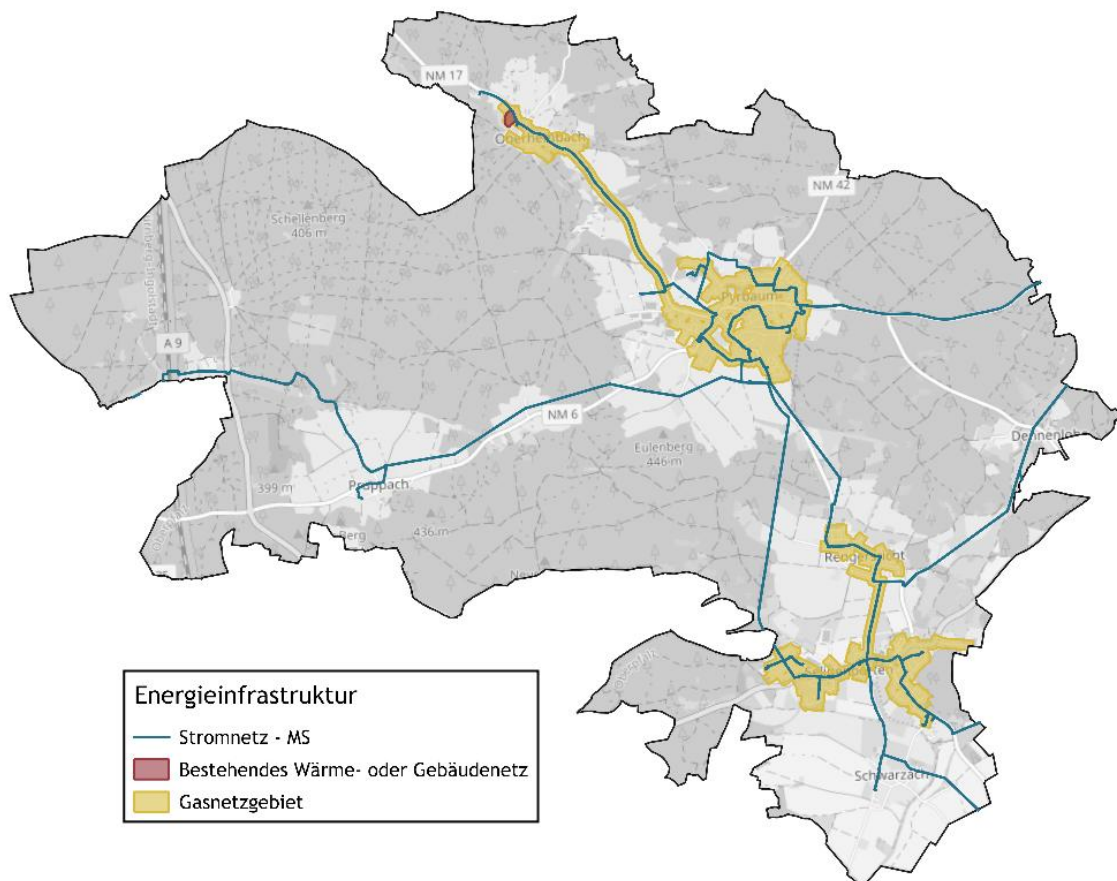


Abbildung 3: Energieversorgung in Pyrbaum: Standorte von bestehenden Gebäudenetzen sowie der Verlauf des Strom- und Gasnetzes, eigene Darstellung

Erdgasinfrastruktur

Die Erdgasversorgung spielt eine wichtige Rolle in der Wärmebereitstellung des Markts Pyrbaum. Die Bestandsanalyse der Gasinfrastruktur beinhaltet eine detaillierte Erfassung der vorhandenen Gasleitungen, ihrer Verteilung sowie der Anschlussdichte in den verschiedenen Ortsteilen. Insgesamt hat das von *Bayernwerk Netz GmbH* betriebene Erdgasnetz eine Länge von etwa 32 Kilometern. Die Analyse der Gasinfrastruktur hilft nicht nur dabei, den aktuellen Versorgungsgrad zu bestimmen, sondern gibt auch Aufschluss über die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des bestehenden Netzes im Hinblick auf zukünftige Transformationsprozesse. Dies umfasst etwa die Möglichkeit, Teile des Netzes für die weitere Einspeisung von Biogas oder die Nutzung von grünem Wasserstoff umzurüsten. Eine solche Bewertung der bestehenden Gasinfrastruktur bildet somit eine wichtige Grundlage für die Planung einer langfristigen Dekarbonisierungsstrategie und die Optimierung der kommunalen Wärmeversorgung. Auf die Potenziale zur Umnutzung des Erdgasnetzes beispielsweise zu einem Wasserstoffnetz wird in Kapitel 3.4.1 in der Potenzialanalyse eingegangen.

Stromnetz

Die Stromversorgung bildet eine wichtige Grundlage für die Energieinfrastruktur und den Ausbau der erneuerbaren Energien in Pyrbaum und spielt eine entscheidende Rolle in der Wärmewende, insbesondere bei der Umstellung auf strombasierte Heiztechnologien wie Wärmepumpen. Die Bestandsanalyse der Strominfrastruktur umfasst eine detaillierte Erhebung der bestehenden Stromnetze in den Ortsteilen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird besonders auf die Belastbarkeit der Netze geachtet, um potenzielle Engpässe zu identifizieren, die durch einen erhöhten Einsatz von Wärmepumpen oder anderen elektrischen Heizsystemen entstehen könnten. Üblicherweise ist bei zusätzlichem Strombedarf, etwa durch Wärmepumpen, ein Netzausbau zur Erweiterung der Kapazitäten erforderlich, um Überlastungen zu verhindern. Dies erfolgt in Pyrbaum durch den Stromnetzbetreiber *Bayernwerk Netz GmbH*.

2.1.2 Dezentrale Wärmeversorgung

Die dezentralen Wärmeerzeuger wurden über das *Landesamt für Statistik Bayern* erhoben. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Anzahl der im Bilanzjahr 2022 betriebenen dezentralen Heizkessel. Öl-Kessel überwiegen dabei mit 1.117, gefolgt von 803 Erdgaskesseln- und 131 Heizungen mit Scheitholz. Flüssiggas und Pelletsheizungen spielen eine untergeordnete Rolle. Die Anzahl der Wärmepumpen werden in den vom Landesamt für Statistik bereitgestellten Kkehrbuchdaten nicht flächendeckend erfasst. Deshalb wird mit den Absatzdaten des Stromnetzbetreibers eine weitere Datenquelle als Datengrundlage verwendet.

Tabelle 3: Kesseltypen und Anzahl der dezentralen Wärmeerzeuger in Pyrbaum, Erhebung über Landesamt für Statistik Bayern

Kesseltyp	Anzahl	Kesseltyp	Anzahl
Öl	1.117	Flüssiggas	36
Erdgas	803	Sonstige Biomasse	19
Scheitholz	131	Hackschnitzel	0
Pellets	95	Kohle	0

2.1.3 Großverbraucher

Abbildung 4 zeigt eine standortbezogene Darstellung der Großverbraucher in Pyrbaum. Die Firmen *Müller Präzisionsteile GmbH* und *Michal + Braun AG* wurden dabei als relevante Großverbraucher identifiziert. Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden die Verbräuche abgefragt und auf mögliche Potenziale zur Abwärmenutzung untersucht.

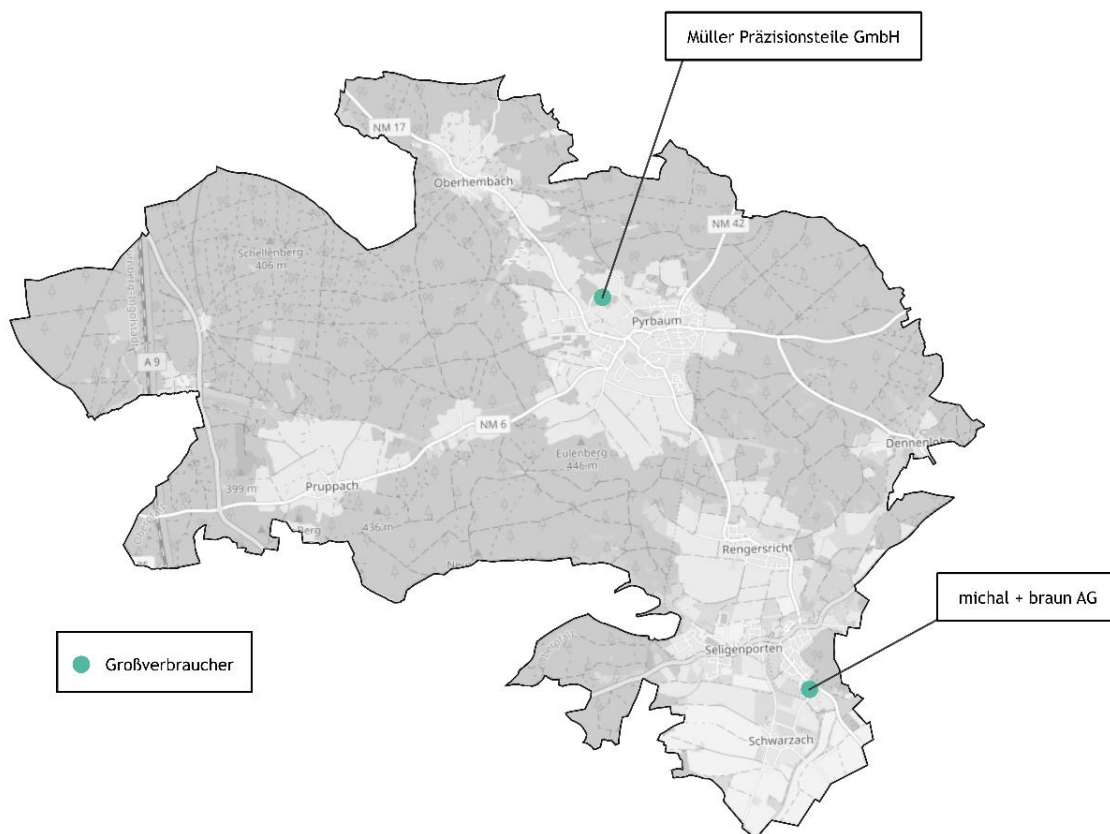


Abbildung 4: Standortbezogene Darstellung der identifizierten Großverbraucher in Pyrbaum, eigene Darstellung

2.2 Eignungsprüfung und bauliche Struktur

Ein erster Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung ist die Eignungsprüfung, die Teilgebiete identifiziert, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen (§14 WPG). Kriterien für die Einteilung sind dabei in erster Linie das Vorhandensein eines Wärmenetzes oder Gasnetzes, die lokale Siedlungs- und Abnehmerstruktur sowie die Verfügbarkeit erneuerbarer Energiequellen oder Abwärme. Darüber hinaus ist der Wärmebedarf ein Indikator für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes. Für die Berechnung des Wärmebedarfs werden die Zensus-Daten genutzt. Die Methodik zur Erstellung des Wärmekatasters wird in Kapitel 2.2.2 detailliert erläutert.

Tabelle 2 zeigt die wichtigsten Informationen gemäß des *Leitfadens Wärmeplanung* [5], die bei der Eignungsprüfung berücksichtigt werden. Ziel dieser Prüfung ist es, bereits zu Beginn des Planungsprozesses Gebiete zu identifizieren, die potenziell nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz oder Wasserstoffnetz geeignet sind. In diesen Gebieten liegt der Fokus auf dezentralen Versorgungsstrategien.

Tabelle 2: Datengrundlagen und Analysekriterien der Eignungsprüfung, eigene Darstellung

Thema	Datengrundlage	Zur Analyse von
Siedlungsstruktur	3D-Gebäudemodelle LoD2	Unterteilung des kommunalen Gebiets in Teilgebiete, Identifikation von Wohn- und Gewerbegebieten
Industriebetriebe und Ankerkunden	OpenStreetMap, Kommune	Prüfung von möglichen größeren gewerblichen Abnehmern oder Abwärmepotenzialen
Bestehende Wärmeversorgungsinfrastruktur	Pläne von Erdgasnetzen, Wärmenetzen, bestehenden Erzeugungsanlagen	Identifikation von Gebieten ohne bestehende Gas- und Wärmeinfrastruktur
Wärmebedarf	Wärmebedarf (aggregiert und im Hektarraster)	Prüfung des Wärmebedarfs zum Ausschluss von Wärmenetzen mit fehlender Wirtschaftlichkeit

2.2.1 Bauliche Struktur in Pyrbaum

Zunächst werden die verschiedenen Siedlungsstrukturen und Gebäudetypen analysiert. Nutzungsarten und Gebäudetypen werden auf Basis von Geodaten identifiziert. Für die georeferenzierte Darstellung kommen sowohl die tatsächliche Nutzung als auch Gebäudegeometriemodelle (*LoD2-Daten*) zum Einsatz. Diesen ist eine Gebäudefunktion zugeordnet, sodass zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden unterschieden werden kann. Als weiterer Aspekt werden im Bereich der Wohngebäude die IWU-Gebäudetypen (Klassifikation typischer Wohngebäude in Deutschland, die vom *Institut Wohnen und Umwelt* entwickelt wurde) ermittelt [6]. Dafür wird in folgende Typen unterschieden:

- **Einfamilienhäuser**
Freistehendes Wohngebäude mit 1 bis 2 Wohnungen, meist 2-geschossig
- **Reihenhäuser**
Wohngebäude mit 1 bis 2 Wohnungen als Doppelhaus, gereihtes Haus, meist 2-geschossig
- **Kleine Mehrfamilienhäuser**
Wohngebäude mit 3 bis 6 Wohnungen
- **Große Mehrfamilienhäuser**
Wohngebäude mit 7 oder mehr Wohnungen

Abbildung 5 zeigt die vorwiegenden Gebäudetypen auf Baublockebene im Marktgebiet von Pyrbaum. Die Aggregation auf Baublockebene erfolgt nach natürlichen und künstlichen Unterbrechungen wie Infrastruktur (Schiene-, Straßen-, Wasserwege). Nichtwohngebäude sind an den Ortsrändern sowie in den Gewerbegebieten in Pyrbaum und Seligenporten zu erkennen. Die Gewerbegebiete sind geprägt von kleineren und mittelständischen Unternehmen aus verschiedenen Branchen wie Maschinenbau oder dem Handwerk. Die Siedlungsstruktur von Pyrbaum wird zu 70 % von Einfamilienhäusern und Reihenhäusern geprägt. Vereinzelt finden sich auch kleinere Mehrfamilienhäuser. Die Wohngebäude sind häufig von Gärten und landwirtschaftlichen Flächen umgeben.

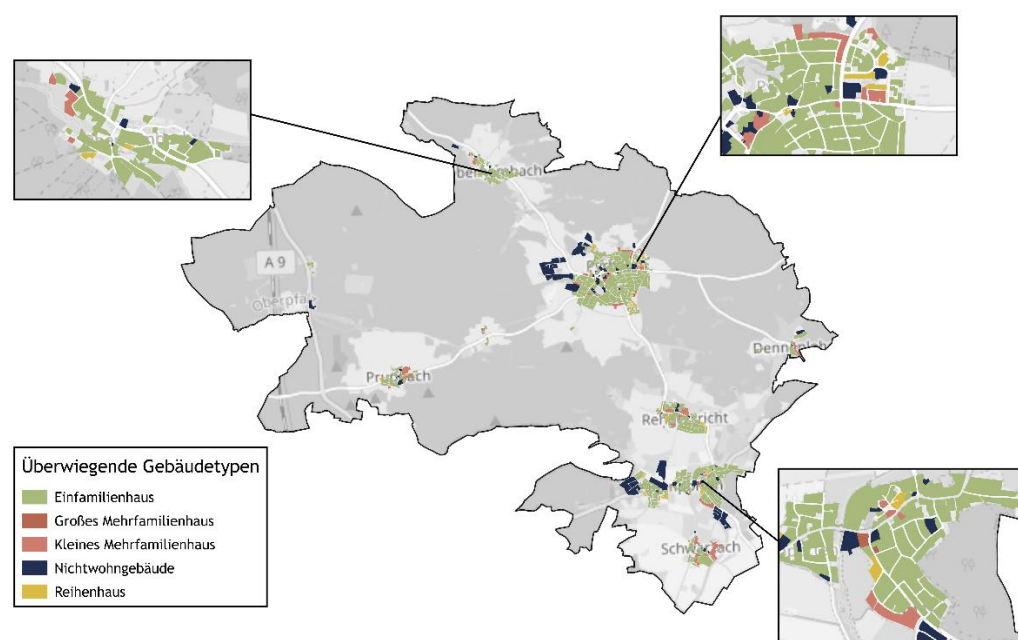


Abbildung 5: Überwiegender Gebäudetyp auf Baublockebene, eigene Darstellung

2.2.2 Wärmebedarf

Aus der räumlich aufgelösten Darstellung des Wärmebedarfs sind Gebiete mit erhöhten Wärmedichten ersichtlich, die sich potenziell für eine leitungsgebundene Energieversorgung eignen können. Diese fließen in die Eignungsprüfung ein, um Gebiete auf eine leitungsgebundene Versorgung zu prüfen. Der Wärmebedarf von Gebäuden hängt sowohl von der Kubatur der Gebäude als auch des jeweiligen Baualters ab. Daher wird zur Bestimmung des Wärmebedarfs die Informationen des *Zensus* mit den Gebäudemodellen (*LoD2*-Daten) verschnitten. Der Zensus liegt ebenfalls räumlich aufgelöst in einem 100x100 m-Raster deutschlandweit vor. Die Einteilung in Baualtersklassen beruht auf baugeschichtlichen Entwicklungen, wie das Inkrafttreten von Verordnungen (z.B. Wärmeschutzverordnung und Energieeinsparverordnung).

Aus der hinterlegten Gebäudefunktion der *LoD2*-Daten und dem ermittelten Baualter der Gebäude können den Gebäuden spezifische Energiebedarfskennwerte zugeordnet werden. Über die Flächeninformationen wird so der Energiebedarf ermittelt. Die Kennwerte sind dem *Leitfaden Energieausweis* entnommen und berücksichtigen den Heizwärme- und Warmwasserbedarf von Wohn- und Nichtwohngebäude in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²·a) [7].

Neben diesem berechneten Wärmebedarf fließen auch die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz in das Wärmekataster ein. Dabei wird der im Wärmekataster ermittelte Wärmebedarf mithilfe des Verhältnisses zwischen dem Wärmeverbrauch aus der Energie- und Treibhausgasbilanz und dem aus dem Wärmekataster berechneten Wärmebedarf angepasst.

In Abbildung 8 sind die überwiegenden Baualtersklassen auf Baublockebene dargestellt. Deutlich erkennbar ist der hohe Anteil älterer Gebäude. 66 % des Gebäudebestands wurden vor 1987 gebaut und entsprechen in der Regel nicht den aktuellen energetischen Standards. Die mangelnde Wärmedämmung von Fassaden, Dächern und Fenstern sowie ineffiziente Heizsysteme führen zu einem erhöhten Energieverbrauch und beeinträchtigen die Energieeffizienz. Vor diesem Hintergrund spielt die energetische Sanierung des Altbestands eine wichtige Rolle in der kommunalen Wärmeplanung von Pyrbaum.

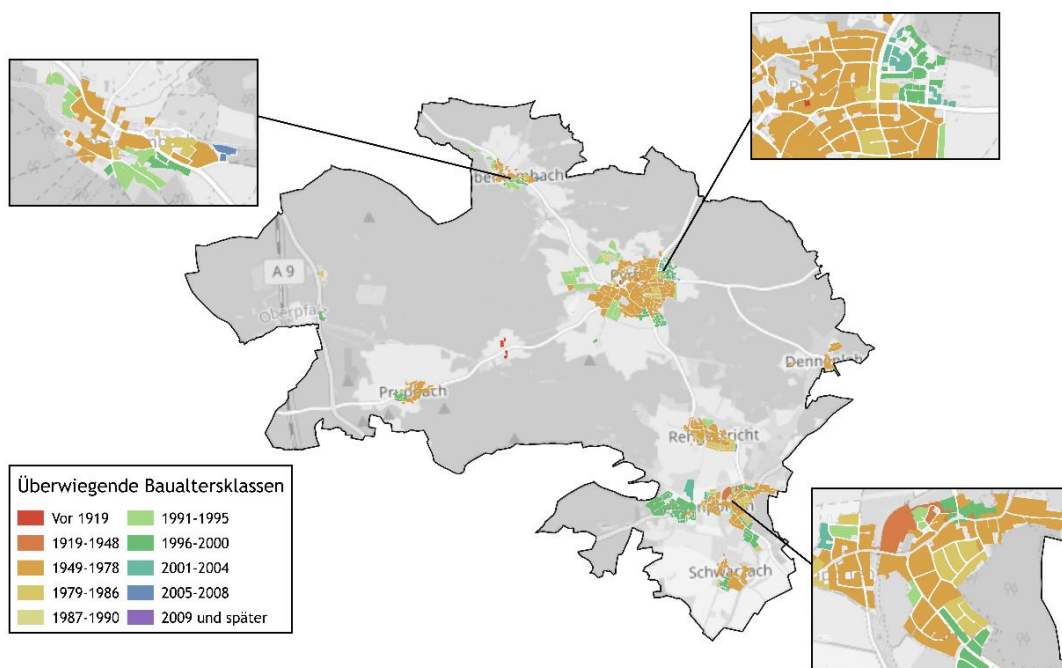


Abbildung 6: Überwiegende Baualtersklasse auf Baublockebene, eigene Darstellung

Abbildung 7 und Abbildung 8 veranschaulichen das Wärmekataster des Markts. Um den Datenschutz zu wahren wird der Wärmebedarf im Hektarraster und auf Baublockebene dargestellt. In der Regel spiegelt das Wärmekataster die Erkenntnisse der baulichen Struktur und der Verteilung der Baualtersklassen wider. In besonders dicht bebauten Gebieten mit älterem Gebäudebestand sind erhöhte Wärmedichten zu erwarten. Beispielsweise Mehrfamilienhäuser (Zeilenbauten aus der Nachkriegszeit). In wiederum weniger dicht bebauten Gebieten in der Regel im Außenbereich von Kommunen zeigen sich geringere Wärmedichten.

In Pyrbaum zeigt sich, dass besonders im Ortskern Wärmebedarfsschwerpunkte vorhanden sind, da hier teils verdichtete Bebauung vorliegt, während in den Außengebieten oft mit größerem Abstand gebaut wird. Insbesondere der erhöhte Wärmebedarf der Gewerbegebiete im Hauptort und in Seligenporten sticht hervor und wird durch die dort ansässigen Unternehmen bestimmt. Einen geringeren Bedarf an Wärme weisen jedoch Orte wie Oberhembach und Pruppach auf, was durch eine lockere Bebauungsstruktur begründet ist.

Bei der Einordnung des Wärmebedarfs gibt der *Leitfaden zur Wärmeplanung des Bundes* eine Orientierung [5]. Demnach ist eine Eignung für Wärmenetze ab 70 MWh pro Hektar und Jahr in Neubaugebieten und ab 415 MWh pro Hektar und Jahr für konventionelle Netze gegeben (siehe Tabelle 3). Auf dieser Grundlage können Gebiete mit erhöhten Wärmedichten in die Eignungsprüfung aufgenommen werden und im weiteren Verlauf hinsichtlich einer leitungsgebundenen Versorgung geprüft werden.

Tabelle 3: Einschätzung zur Eignung für Wärmenetze nach Wärmedichte, entnommen aus Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]

Wärmedichte in MWh/ha-a	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0 - 70	Kein technisches Potenzial
70 - 175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175 - 415	Empfehlung für Niedertemperaturnetze im Bestand
415 - 1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

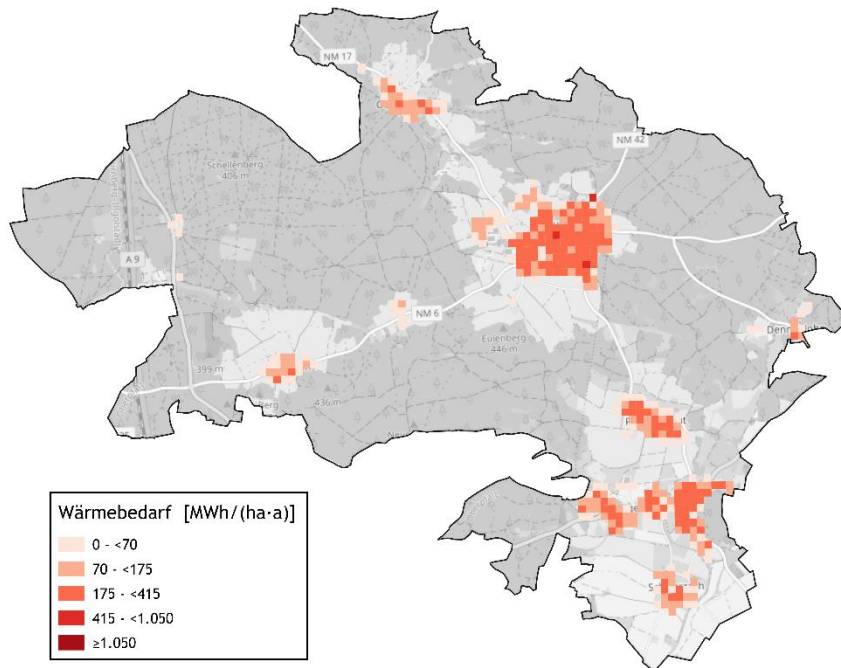


Abbildung 7: Wärmebedarf nach Hektarraster in Pyrbaum, eigene Darstellung

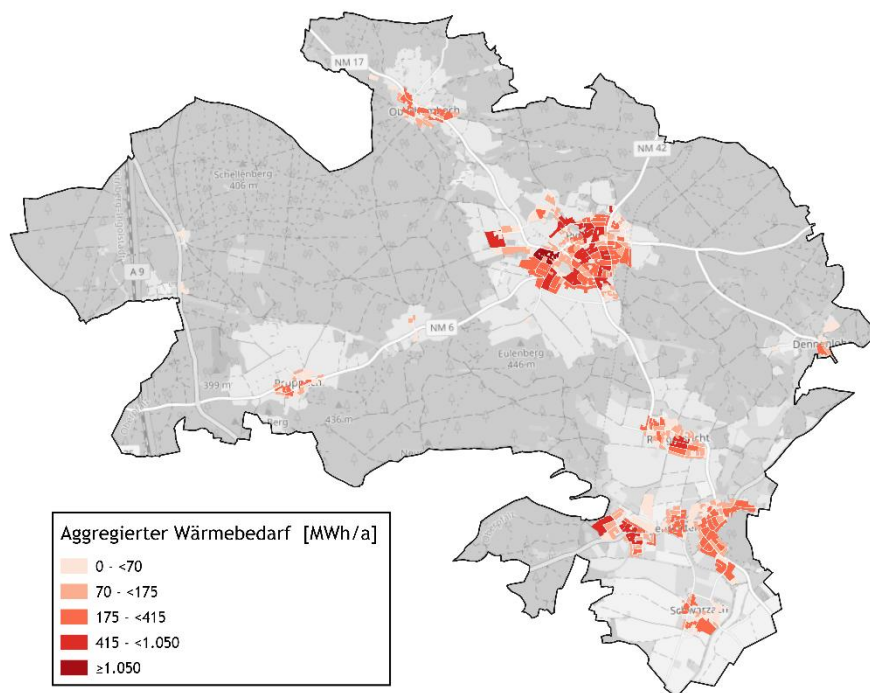


Abbildung 8: Aggregierter Wärmebedarf auf Baublockebene in Pyrbaum, eigene Darstellung

Im nächsten Schritt wird die Wärmelinienendichte ermittelt. Sie beschreibt die Wärmebedarfsmenge pro Trassenmeter und Jahr und ist ein Indikator für potenzielle Wärmenetze. Der Kennwert veranschaulicht die lineare Bedarfsverteilung entlang des Straßennetzes, indem die Linien die Intensität des Wärmebedarfs in den verschiedenen Bereichen des Markts sichtbar machen und aufzeigen, wo die Nachfrage besonders hoch ist und wo sie geringer ausfällt.

Im Unterschied zur reinen Bedarfsanalyse bietet die Darstellung mit Wärmelinien eine wertvolle räumliche Perspektive, die es ermöglicht, die Wärmeverteilung in Relation zur Infrastruktur und den bestehenden Bebauungsstrukturen zu setzen. Daraus kann eine erste Indikation einer Wärmelinienendichte, der Auslastung einer möglichen zentralen Wärmeversorgung sowie der Verhältnismäßigkeit der Netzkosten, abgeleitet werden. Die Wärmelinienendichte wird für die Einteilung von Gebieten in zentrale oder dezentrale Versorgung herangezogen. Bei einer hohen Wärmelinienendichte kann davon ausgegangen werden, dass sich die Gebiete eher für eine Versorgung über Wärmenetze eignen, da je errichtetem Trassenmeter mehr Wärmeabnahme erfolgt. Eine Wärmelinienendichte von über 1.500 kWh/m·a gilt in der Regel als guter Hinweis auf die wirtschaftliche Realisierbarkeit eines neuen Wärmenetzes [5]. Diese Einordnung ist auch in Tabelle 4 nachzuvollziehen.

In Abbildung 9 sind die Wärmelinienendichten in unterschiedlichen Farben angelegt, die den Grad der Nachfrage visualisieren: Von Rot für Gebiete mit hohem Bedarf über Orange für mittlere bis hin zu Grün für niedrige Wärmebedarfe. Besonders über Wärmenetze. Die Wärmelinienendichten in Seligenporten und Rengersricht hingegen fallen geringer aus und bieten demnach ein geringeres Potenzial.

Tabelle 4: Wärmenetzzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinienendichte, entnommen aus Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]

Wärmelinienendichte in MWh/m·a	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
< 0,7	Kein technisches Potenzial
0,7 - < 1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5 - < 2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
≥ 2	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z.B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

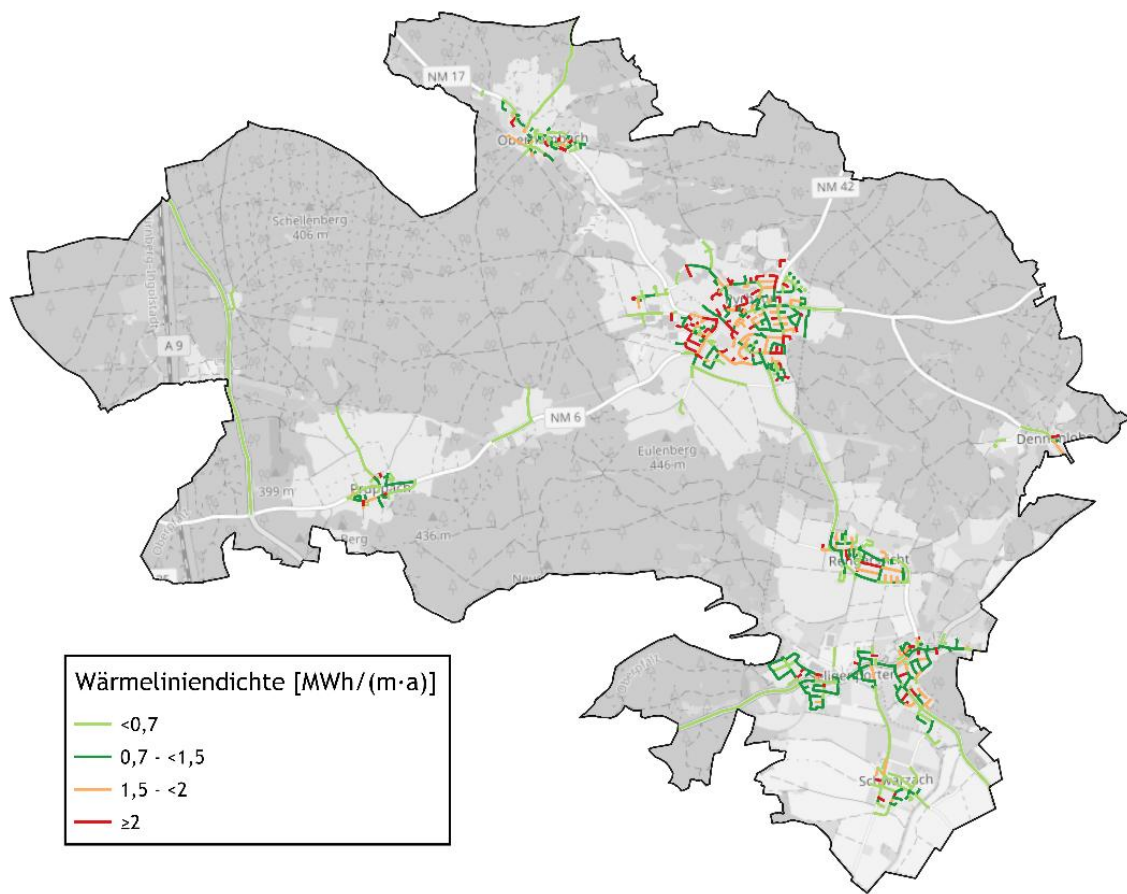


Abbildung 9: Wärmelinien-dichten in Pyrbaum, eigene Darstellung

2.2.3 Ergebnis der Eignungsprüfung

Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse der Eignungsprüfung. Als *potenziell geeignet* (Grün) sind Gebiete markiert, die sich voraussichtlich für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung eignen. Dazu zählen auch bereits durch ein Gasnetz erschlossene Bereiche. Die mögliche Nutzung von Wasserstoff wird in der Potenzialanalyse vertieft betrachtet. Für die abschließende Bewertung werden die Einschätzungen des örtlichen Gasnetzbetreibers sowie die geplante Infrastruktur des Wasserstoffkernnetzes herangezogen.

Die Eignungsprüfung zeigt Wärmebedarfsschwerpunkte in Teilen des Hauptortes Pyrbaum, in Oberhembach, Pruppach, Seligenporten, sowie Rengersricht und Schwarzach. Diese Gebiete verfügen bereits zum Teil über Gas- oder Wärmenetze und bieten eine geeignete Struktur für den wirtschaftlichen Betrieb leitungsgebundener Systeme.

Gebäude mit größerer Entfernung zu diesen Bereichen (blau markiert) sind vorrangig dezentral zu versorgen.

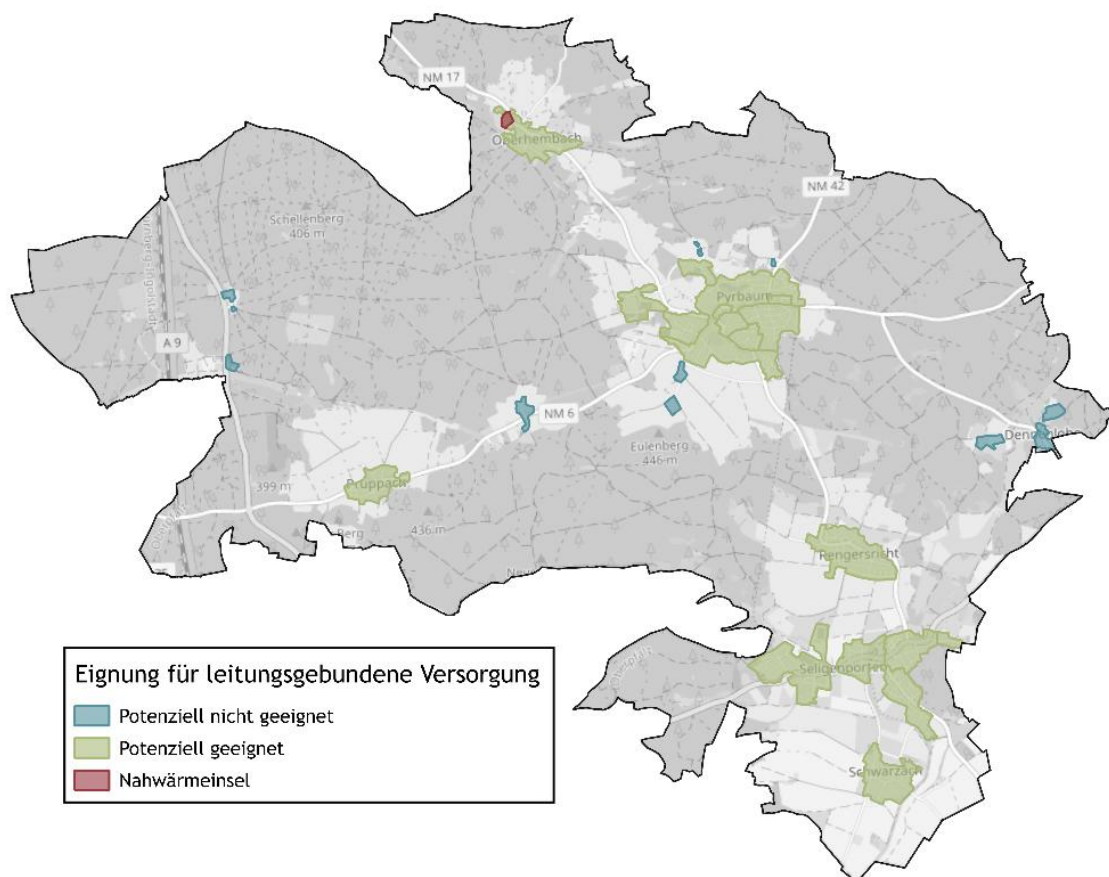


Abbildung 10: Ergebnisdarstellung der Eignungsprüfung, eigene Darstellung

2.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanz zeigt den aktuellen Energie- und Wärmeverbrauch sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen. Mit der Bilanz lassen sich die größten Emissionsquellen identifizieren und Fortschritte durch umgesetzte Maßnahmen zukünftig nachvollziehen. Die Energie- und Treibhausgasbilanz für den Markt Pyrbaum wurde für das Jahr 2022 nach der *Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO)* erstellt [8]. Die Systematik wurde vom *Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu)* erarbeitet und ist der deutschlandweite Standard zur Erstellung von Energie- und Treibhausgasbilanzen für Kommunen. Der *Klimaschutz-Planer* des *Klima-Bündnisses* fasst die *BISKO*-Methodik in einer webbasierten Software zusammen. Ziel dieser Methodik ist es, alle Endenergieverbräuche, die auf dem Marktgebiet anfallen, nach den folgenden Sektoren zu bilanzieren:

- Kommunale Einrichtungen
- Private Haushalte
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- Industrie
- Verkehr

Nicht energiebedingte Emissionen der Land-, Forst- sowie Abfallwirtschaft werden nach *BISKO* nicht bilanziert. Die sektorenscharfe Aufteilung der Verbrauchsdaten erhöht den Detaillierungsgrad und ermöglicht die Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz. *Industrie* umfasst produzierendes Gewerbe und Großverbraucher. In Pyrbaum sind diese in den Gewerbegebieten in Pyrbaum und Seligenporten ansässig. *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* beinhaltet alle Verbräuche der kleineren Gewerbebetriebe wie Büros oder Einzelhandel.

Die Treibhausgasemissionen (in Tonnen CO₂-Äquivalent – tCO₂eq) werden berechnet, indem die Endenergieverbräuche mit den Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger multipliziert werden. Dabei werden die Vorketten berücksichtigt. Durch die Umrechnung in CO₂-Äquivalente lassen sich alle Treibhausgase auf eine gemeinsame Vergleichsgröße beziehen und einheitlich darstellen.

Durch die direkte Erhebung von Verbrauchsdaten kann eine hohe Datengüte gewährleistet werden. Die Daten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Marktverwaltung übermittelt, die der Großverbraucher wurden direkt erhoben. Der Strom- und Erdgasverbrauch der Sektoren konnte über den Netzbetreiber bezogen werden. Da für die Energie- und Treibhausgasbilanz des Markts Pyrbaum eine hohe Anzahl an Daten direkt erhoben werden konnten, weist die Bilanz eine hohe Datengüte auf.

Sekundärdaten aus Hochrechnungen oder Modellen wie dem *TREMOD (Transport Emission-Model)* zur Bilanzierung des Verkehrs weisen eine geringere Datengüte auf. Das *TREMOD* basiert auf Verkehrszählungen und Angaben zum Schienenverkehr, sodass kommunenspezifische Verbräuche bilanziert werden können [9].

2.3.1 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und Sektoren

Der Endenergieverbrauch des Markts Pyrbaum im Jahr 2022 beträgt insgesamt 186.729 MWh/a. Dies umfasst gemäß B/SKO-Systematik alle Endenergieverbräuche im kommunalen Gebiet, also Wärme, Strom und Kraftstoffe aus dem Verkehrssektor. Der Verbrauch im Sektor Wärme beträgt dabei 56.733 MWh/a. Abbildung 11 veranschaulicht die Verteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Anwendungsbereiche und Sektoren. In Pyrbaum fällt der größte Anteil am Endenergieverbrauch mit 60,7 % auf den Verkehr ab. An zweiter Stelle steht der Wärmebereich mit 30,4 %, gefolgt von Strom mit 8,9 %.

Innerhalb der betrachteten Sektoren entfällt neben dem Verkehr 31,3 % des Endenergieverbrauchs auf die privaten Haushalte. Es folgen Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) mit 5,4 % und die Industrie mit 2,0 %. Mit einem Anteil von 0,6 % nehmen die Kommunalen Einrichtungen eine deutlich untergeordnete Rolle ein.

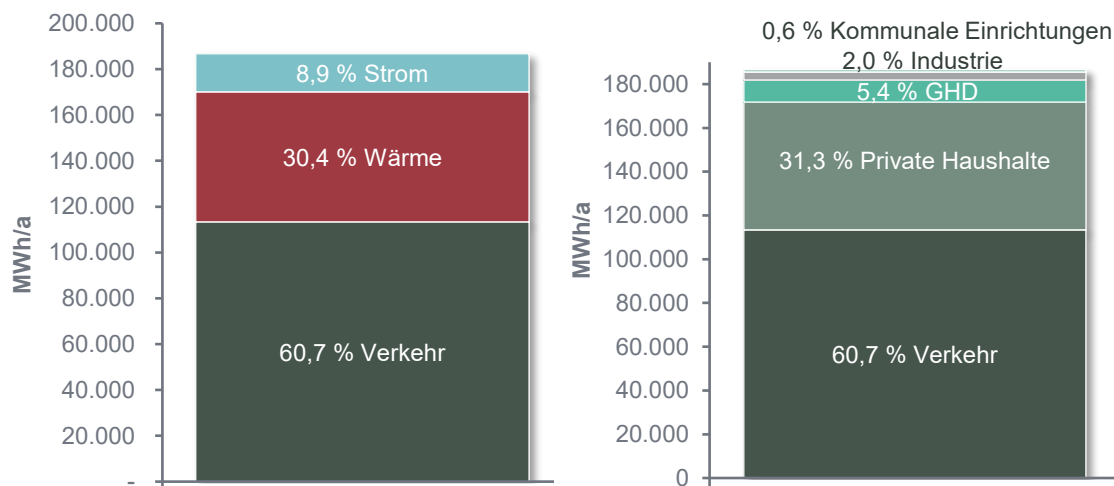


Abbildung 11: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und nach Sektoren, eigene Darstellung

2.3.2 Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereich und Sektoren

Die gesamten Treibhausgasemissionen des Markts Pyrbaum betragen im Jahr 2022 58.898 tCO₂eq. Abbildung 12 zeigt die Anteile der Anwendungsbereiche und Sektoren am gesamten Treibhausgasausstoß. Dabei trägt der Bereich Verkehr mit 65,7 % einen wesentlichen Betrag dazu bei. 20,0 % der Treibhausgase werden durch den Verbrauch von Wärme verursacht und auch Strom erzeugt mit 14,3 % einen großen Anteil an den Treibhausgasemissionen im Marktgebiet.

Aufgeteilt nach Sektoren sind die privaten Haushalte mit 24,5 %, neben dem Verkehrssektor, die Hauptverursacher von Treibhausgasen. Der Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) weist dabei einen geringen Anteil von 5,8 % auf. Des Weiteren tragen die beiden, dem Industriesektor zugeordneten, Unternehmen, insgesamt 3,0 % zu den Emissionen bei und auch die kommunalen Einrichtungen spielen mit einem Anteil von 0,9 % an den gesamten Treibhausgasemissionen eine untergeordnete Rolle.

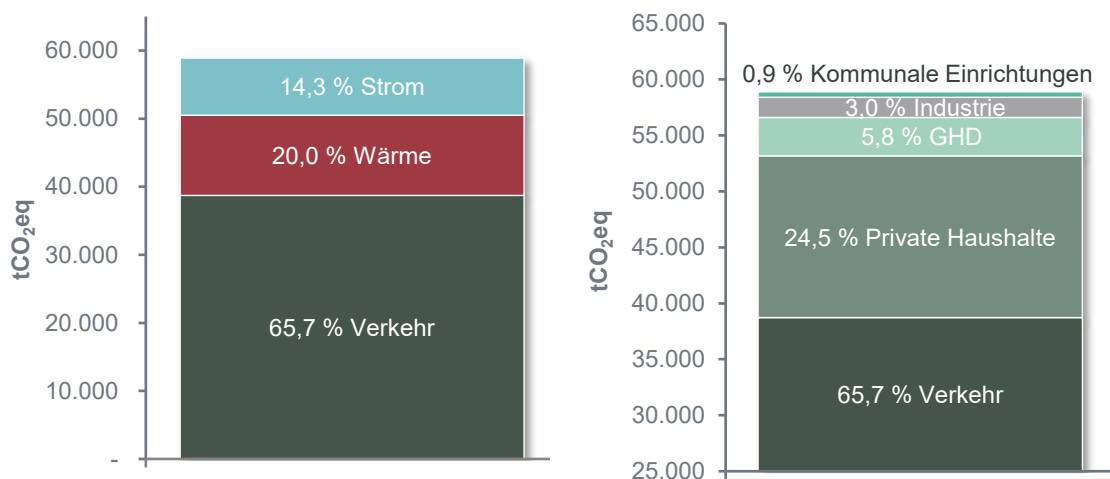
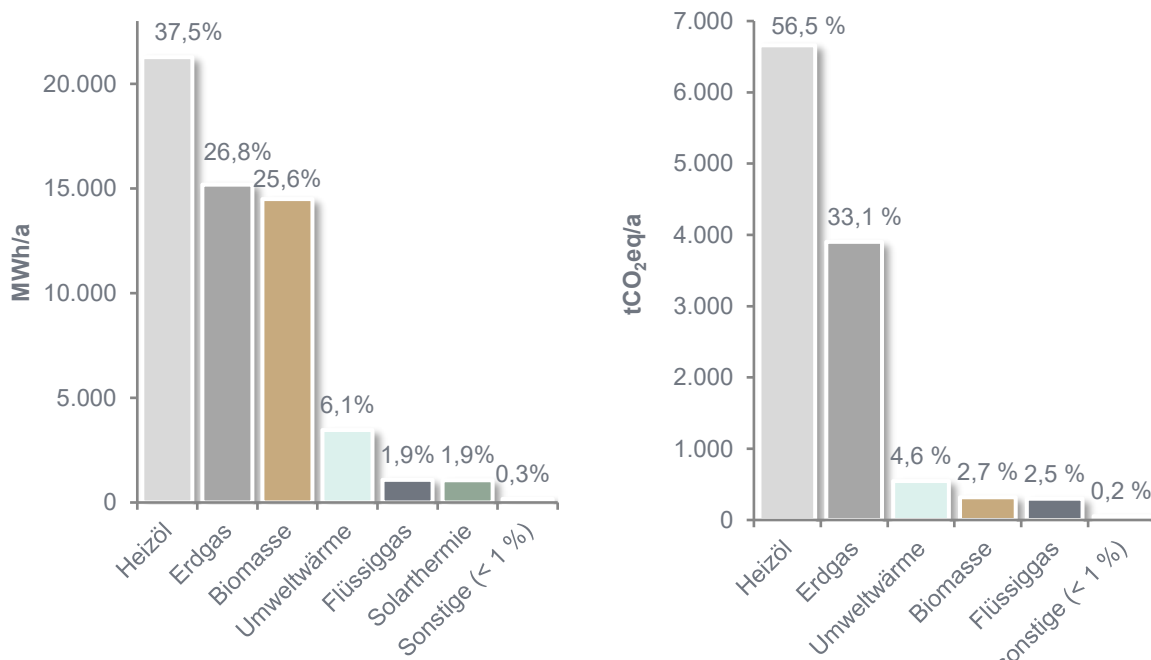


Abbildung 12: Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereich und Sektoren, eigene Darstellung

2.3.3 Wärmeverbrauch und Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Der Wärmeverbrauch des Markts Pyrbaum beläuft sich auf insgesamt 56.733 MWh/a. Abbildung 13 zeigt die verwendeten Energieträger des Verbrauchs sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen. Heizöl überwiegt beim Verbrauch mit einem Anteil von 37,5 %, gefolgt von Erdgas mit 26,8 % und Biomasse mit 25,6 %. Umweltwärme mit 6,1 %, Flüssiggas mit 1,9 % und Solarthermie mit 1,9 % tragen 2022 einen niedrigeren Anteil des Wärmeverbrauchs bei.

Beim Blick auf die Treibhausgasemissionen zeigt sich ebenfalls, dass Heizöl mit über 50 % Hauptverursacher für den Ausstoß von Treibhausgasen ist. Den zweitgrößten Anteil bildet Erdgas mit 33,1 %, gefolgt von Umweltwärme (Stromeinsatz von Wärmepumpen) mit lediglich 4,6 %. Biomasse ist für 2,7 % und Flüssiggas für 2,5 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Steinkohle, Biogas, Braunkohle, Fernwärme, sonstige Erneuerbare und sonstige Konventionelle haben keinen Anteil an den Treibhausgasemissionen.



* Sonstige (in absteigender Reihenfolge, jeweils < 1 %): Nahwärme, Steinkohle, Biogas, Braunkohle, Fernwärme, Sonstige Erneuerbare, Sonstige Konventionelle

Abbildung 13: Wärmeverbrauch und Treibhausgasemissionen nach Energieträgern, eigene Darstellung

2.3.4 Wärmeverbrauch aus erneuerbaren Energieträgern

Aus der Zusammensetzung der Energieträger ergibt sich, dass der Anteil erneuerbarer Energieträger am gesamten Wärmeverbrauch bei 33,5 % liegt (siehe Abbildung 14). Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung stellt damit ein hohes Treibhausgasreduktionspotenzial dar. Zu den erneuerbaren Energieträgern zählen unter anderem Biomasse, Solarthermie und Umweltwärme. Bundesweit lag der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung im Jahr 2022 bei 17,9 %.

Auch wenn der erneuerbare Anteil der Energieträger des Markts Pyrbaum den Bundesdurchschnitt übertrifft, werden dennoch 66,5 % der Wärmemenge durch fossile Energieträger gedeckt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer konsequenten Dekarbonisierung des Wärmesektors, um eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

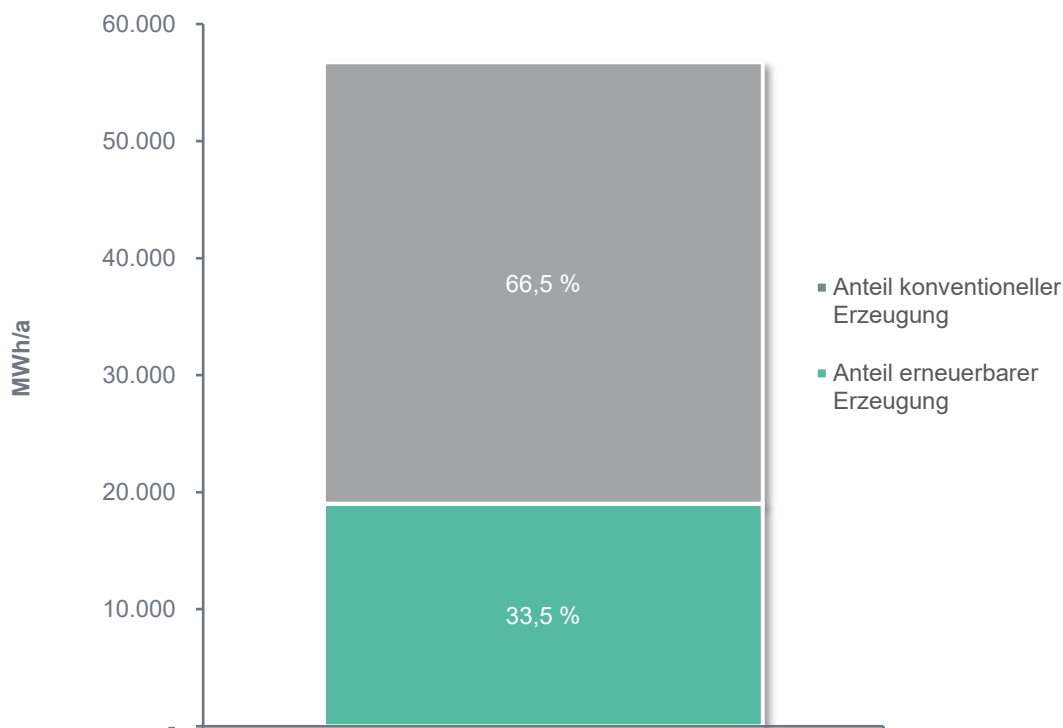


Abbildung 14: Anteil des erneuerbaren Wärmeverbrauchs, eigene Darstellung

2.3.5 Wärmeverbrauch nach Sektoren

Abbildung 15 zeigt die sektorale Verteilung des Wärmeverbrauchs im Markt Pyrbaum. Der größte Wärmeverbrauch ist dem Sektor Private Haushalte mit einem Anteil von 89,5 % am gesamten Wärmeverbrauch zuzuordnen. Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen folgt mit einem Anteil von 9,3 % als zweitgrößter Wärmeverbraucher. Die Anteile der Industrie (0,8 %) und die der kommunalen Einrichtungen (0,5 %) weisen einen geringen Anteil am Wärmeverbrauch auf.

Diese Verteilung spiegelt die siedlungsstrukturellen Gegebenheiten des Markts wider, die überwiegend durch Wohnbebauung geprägt ist. Abgesehen von den Gewerbegebieten in Pyrbaum und Seligenporten sowie einzelnen größeren Betrieben in den Ortsteilen sind Gewerbe- und Industriebetriebe im Gemeindegebiet nicht anzutreffen.

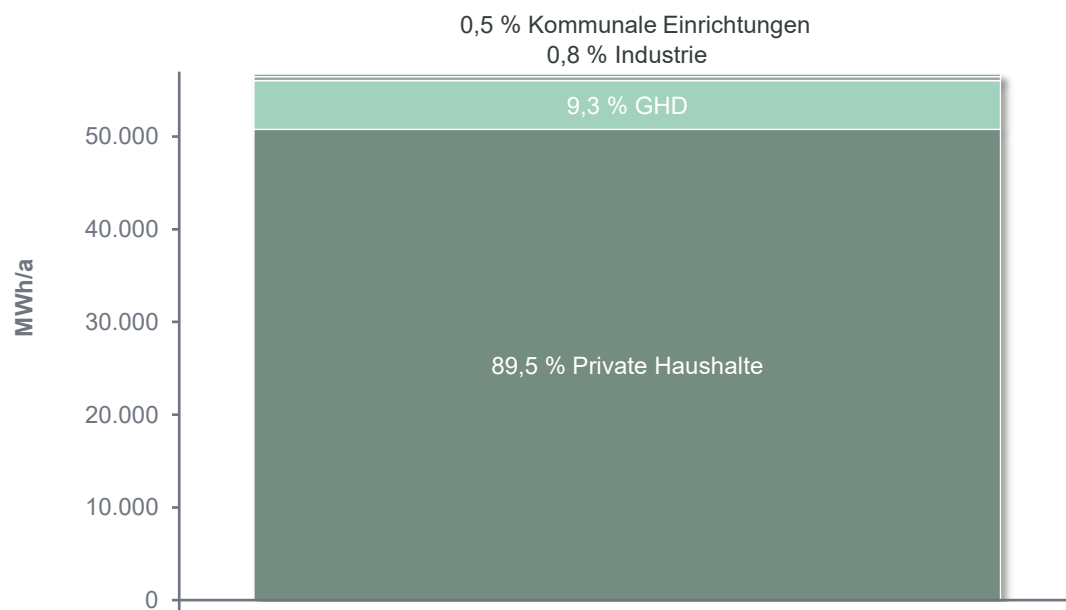


Abbildung 15: Wärmeverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung

2.3.6 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

16,4 % des Gesamtstromverbrauchs werden in Pyrbaum bilanziell aus erneuerbaren Energien erzeugt (Stand: 2022). Der Anteil erneuerbarer Energien resultiert dabei ausschließlich aus den vorhandenen Photovoltaikanlagen auf Dachflächen.

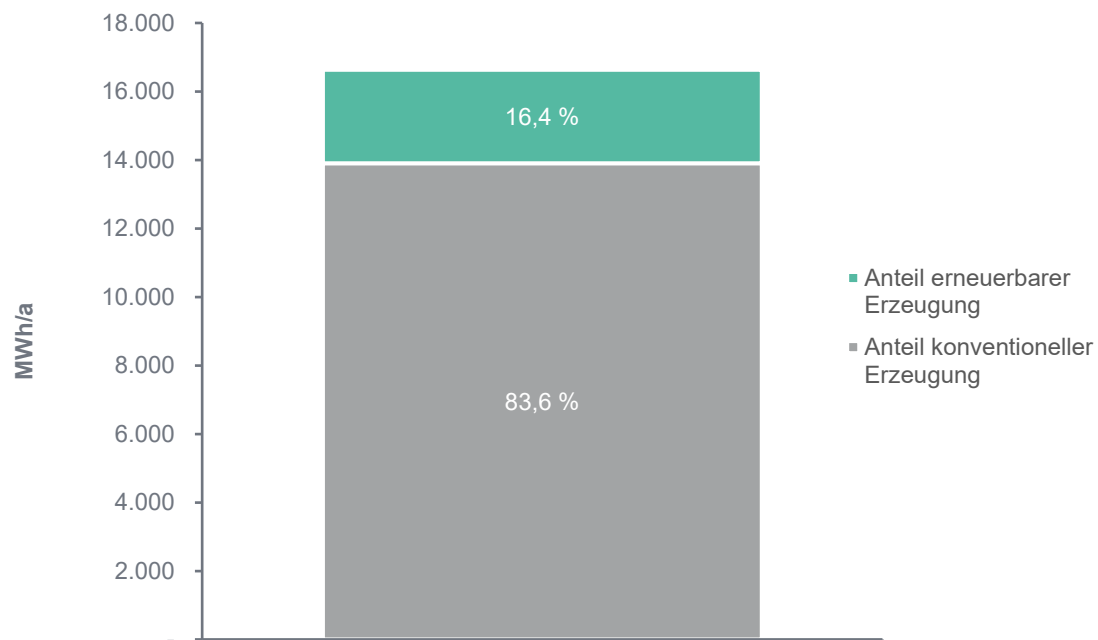


Abbildung 16: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und Anteil am Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2022, eigene Darstellungen

3 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung dar und liefert wesentliche Erkenntnisse zur Realisierung einer treibhausgasneutralen und ressourceneffizienten Wärmeversorgung. Zu Beginn der Analyse wird das Potenzial für die Errichtung und den Ausbau von Wärmenetzen bewertet, um deren Rolle in der zukünftigen Wärmeversorgung einzuschätzen. In diesem Kapitel wird zudem untersucht, welche natürlichen und infrastrukturellen Ressourcen im Markt Pyrbaum verfügbar sind und wie sie zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs genutzt werden können. Im Fokus der Analyse stehen lokale Potenziale für erneuerbare Energien wie Solar- und Geothermie sowie für die Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe. Darüber hinaus werden Optionen zur Reduktion des Wärmebedarfs und zur Effizienzsteigerung in Gebäuden und Anlagen geprüft. Durch die umfassende Ermittlung und Bewertung dieser Potenziale schafft die Analyse die Grundlage für die Entwicklung eines Zielszenarios, das auf eine nachhaltige und emissionsarme Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 ausgerichtet ist.

Die vom INEV durchgeführten Potenzialanalysen basieren bei gebäudebezogenen Potenzialen (z.B. Photovoltaik, Solarthermie) unter anderem auf 3D-Gebäudemodelldaten, den *LoD2-Daten* und bei Flächenpotenzialen (z.B. Biomasse, Photovoltaik-Freiflächenanlagen) vor allem auf Geofachdaten oder Open Source Projekten (z.B. *OpenStreetMap*). Die georeferenzierten Darstellungen wurden von INEV erstellt. Geofachdaten beschreiben georeferenziert fachspezifische Informationen. Ein Beispiel für Geofachdaten sind Landschaftsschutzgebiete, die Informationen zu räumlichen Eigenschaften wie Lage, räumliche Ausdehnung und gegebenenfalls weitere Attribute enthalten und von den Landesämtern für Umwelt zur Verfügung gestellt werden.

Die Potenzialpyramide dient der systematischen Einordnung von Energiepotenzialen nach ihrer Zugänglichkeit und Umsetzbarkeit und ist in Abbildung 17 dargestellt.

Im Nachfolgenden Kapitel werden technische Potenziale ausgewiesen. Das technische Potenzial gibt den Teil des maximal physikalischen (theoretischen) Potenzials an, der durch den Einsatz der aktuell verfügbaren Technik erschlossen werden könnte. Dabei werden Verluste, technische Einschränkungen und infrastrukturelle Gegebenheiten berücksichtigt.

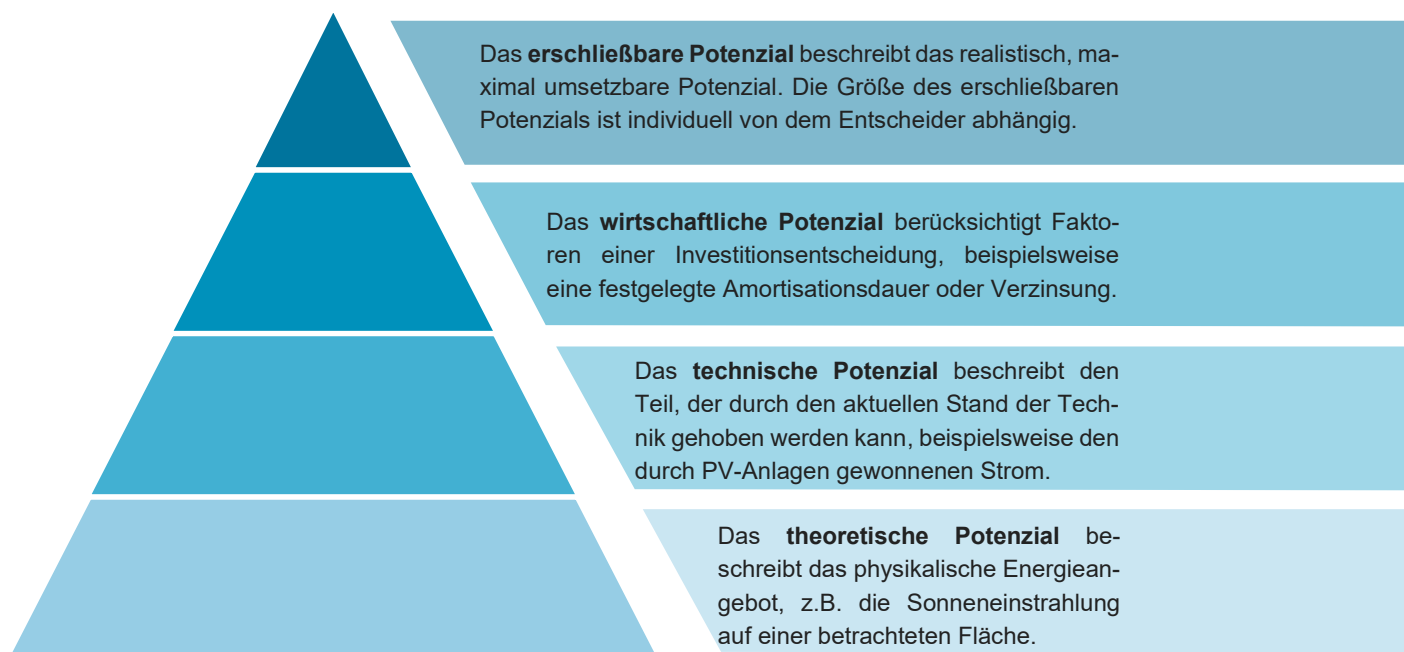


Abbildung 17: Potenzialpyramide, eigene Darstellung

3.1 Wärmenetze

Wärmenetze dienen der leitungsgebundenen Versorgung von Gebäuden mit Wärme. In einem Wärmenetz wird die erzeugte Wärme über ein wasserbefülltes Rohrleitungssystem von zentralen Erzeugungsanlagen, wie Blockheizkraftwerken, Geothermieanlagen oder Großwärmepumpen, zu angeschlossenen Gebäuden transportiert. Diese Technologie erlaubt eine effiziente Wärmeerzeugung, da zentrale Anlagen oft höhere Wirkungsgrade erzielen, insbesondere durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und die Nutzung nachhaltiger Energiequellen wie Geothermie oder Abwärme. Trotz unvermeidbarer Wärmeverluste über die Leitungen an die Umgebung ermöglicht die zentrale Wärmeerzeugung einen effizienten Ressourceneinsatz. Wärmenetze werden bevorzugt in dichtbesiedelten Gebieten mit hohem Wärmebedarf eingesetzt, wo sie wirtschaftlich und technisch besonders vorteilhaft sind. Je mehr Wärme transportiert beziehungsweise abgesetzt werden kann, desto besser ist das Netz ausgelastet und kann wirtschaftlich betrieben werden.

Für die Planungen zur möglichen Einführung von Wärmenetzen in Pyrbaum werden detaillierte Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen der Prüfung der potenziellen Eignung bestimmter Gebiete werden aus der entsprechenden Eignungsprüfung beispielhafte Wärmenetze betrachtet und anhand einschlägiger Indikatoren bewertet, um deren Eignung als potenzielles Wärmenetzgebiet festzustellen. Für die Modellierung der beispielhaften Wärmenetze wird der Wärmebedarf des Wärmekatasters aus Kapitel 2.2.2 herangezogen. Zudem wird ein möglicher Trassenverlauf entlang des Straßennetzes im betrachteten Umgriff modelliert. Im ersten Schritt wurde eine Anschlussquote von 100 % zugrunde gelegt. In diesem Kapitel werden insbesondere zwei Wärmenetzuntersuchungsgebiete hervorgehoben, *Pyrbaum Schulstraße* und *Pyrbaum Am Eichelgarten*, welche in Abbildung 18 dargestellt sind. In Kapitel 5.1 werden drei weitere Gebiete im Rahmen von Fokusgebieten detaillierter betrachtet.

Neben der Wärmeliniendichte haben weitere Faktoren wie die Verfügbarkeit von Fördermitteln, die Art des Wärmeerzeugers, die Nutzung innovativer Technologien sowie das vorgesehene Betreibermodell Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Besonders letzteres kann maßgeblich die Wirtschaftlichkeit beeinflussen, da es erheblichen Einfluss auf die Kostenstruktur und die langfristige Betriebssicherheit hat. Darüber hinaus können Änderungen der klimapolitischen Rahmenbedingungen, wie eine steigende CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger, die Attraktivität eines Wärmenetzes zusätzlich erhöhen.

Der *Bundesleitfaden zur Wärmplanung* definiert Indikatoren und Ausprägungen, anhand derer die Eignung eines Gebietes für den Ausbau von Wärmenetzen bewertet werden kann. Diese wurden durch praxisrelevante Kriterien ergänzt, beispielsweise das Vorhandensein von Ankerkunden oder potenziellen Abwärmequellen. Die genannten Indikatoren beeinflussen maßgeblich die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. Ankerkunden tragen durch eine höhere und konstantere Auslastung zur besseren Wirtschaftlichkeit der Infrastruktur bei, während über Abwärmequellen gegebenenfalls kostengünstige Energiepotenziale genutzt werden können. Die nachfolgende Tabelle 5 gibt hierzu einen Überblick.

Tabelle 5: Übersicht der Indikatoren zur Bewertung von Wärmenetzgebieten, in Anlehnung an [5]

Indikator	Eignung bzw. Einfluss auf Eignung
Wärmeliniendichte	
< 0,7 MWh/m·a	Geringe Eignung
1,3 – 1,7 MWh/m·a	Mittlere Eignung
> 1,7 MWh/m·a	Hohe Eignung
Anschlussquote im Zieljahr	
Geringe Anschlussquote (< 40 %)	Geringe Eignung
Mittlere Anschlussquote (40 - 80 %)	Mittlere Eignung
Hohe Anschlussquote (> 80 %)	Hohe Eignung
Vorhandensein einer Fläche für die Heizzentrale	Positiver Einfluss
Vorhandensein von Ankerkunden	Positiver Einfluss
Vorhandensein von Infrastruktur	Positiver Einfluss
Vorhandensein von Abwärmequellen	Positiver Einfluss

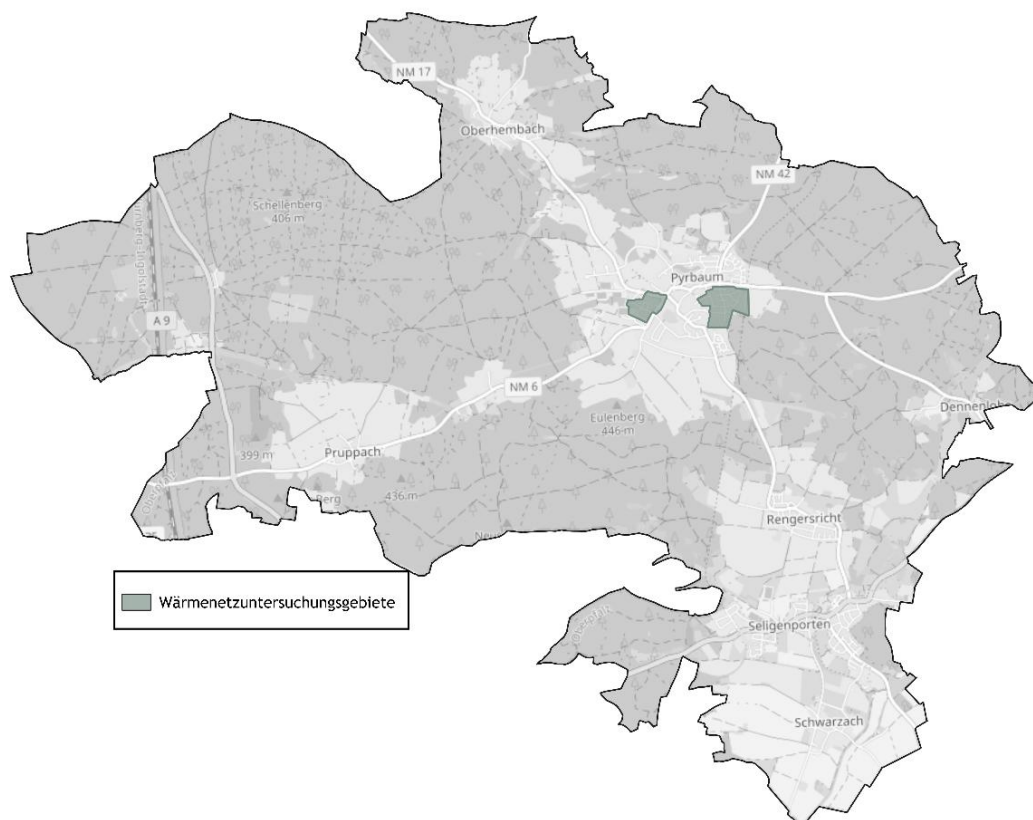


Abbildung 18: Wärmenetzuntersuchungsgebiete Pyrbaum, eigene Darstellung

3.1.1 Detailbetrachtung Pyrbaum Schulstraße

Das Betrachtungsgebiet *Pyrbaum Schulstraße* liegt im Westen des Hauptortes Pyrbaum. 51 % der Gebäude sind Einfamilienhäuser, 19 % entfallen auf Nichtwohngebäude, die überwiegend auf Kleingewerbe sowie die Grundschule Pyrbaum zurückzuführen ist. Mehrfamilienhäuser gemäß der IWU-Kategorisierung sind zu 18 % und Reihenhäuser zu 12 % vorhanden. Ein großer Teil der Bausubstanz stammt aus der Zeit vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1977, dem Vorläufer des heutigen Gebäudeenergiegesetzes (GEG). 64 % der Gebäude wurden zwischen 1949 und 1986 errichtet. Aufgrund dieser Baujahre verzeichnet der Ortsteil einen hohen spezifischen Wärmebedarf, bezogen auf die beheizte Bruttogrundfläche der Gebäude, von 127 kWh/m²·a.

Die Detailbetrachtung eines möglichen Wärmenetzes im westlichen Ortsgebiet ist in Abbildung 19 dargestellt. Die Darstellung verdeutlicht, dass der Bereich des Wärmenetzes aufgrund seiner Bebauungsdichte sowie Größe der Gebäude einen erheblichen Einfluss auf die Wärmelinienichte und somit die Wirtschaftlichkeit hat. Auch die geringe Trassenlänge von 1,6 km kann sich positiv auf die Betrachtung auswirken. Die Analyse der Indikatoren deutet darauf hin, dass der Aufbau eines Wärmenetzes im betrachteten Gebiet unter den aktuellen Rahmenbedingungen grundsätzlich erstmal wirtschaftlich umsetzbar sein kann. Die Wärmelinienichte beträgt 1.242 kWh/m·a bei einer Anschlussquote von 100 %. Gemäß den in Kapitel 2.2.2 definierten Richtwerten gilt eine Wärmelinienichte ab 1.500 kWh/m·a als potenziell wirtschaftlich.

Unter Berücksichtigung der wesentlichen Faktoren, erfolgt die Einstufung dieser Detailbetrachtung als dezentrales Versorgungsgebiet im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes. Dezentrale Lösungen, wie etwa Gebäudenetze mit Anschluss der Grundschule und naheliegenden Gebäuden, sind dennoch für die Transformation der Wärmeerzeugung auch in dezentralen Gebieten wirtschaftlich möglich.

Die wesentlichen Kennzahlen für das Untersuchungsgebiet sind:

- **Angeschlossene Gebäude: 95**
- **Trassenlänge: 1,6 km**
- **Wärmebedarf: 3.008 MWh/a**
- **Wärmelinienichte: 1.242 kWh/m·a**
- ➔ **Fazit Detailbetrachtung: Dezentrales Versorgungsgebiet**



Abbildung 19: Detailbetrachtung Pyrbaum Schulstraße, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung

3.1.2 Detailbetrachtung Pyrbaum Am Eichelgarten

Das Betrachtungsgebiet liegt im Süd-Osten des Hauptortes und besteht überwiegend aus Einfamilienhäusern (87 %). Mehrfamilienhäuser gemäß der IWU-Kategorisierung sind zu 11 % und Reihenhäuser zu lediglich 2 % vorhanden. Im betrachteten Gebiet befinden sich keine Nichtwohngebäude. Die Darstellung eines weiteren möglichen Wärmenetzes im Hauptort Pyrbaum zeigt die Abbildung 20.

Die Analyse der Indikatoren zeigt, dass der Aufbau eines Wärmenetzes im betrachteten Gebiet unter den aktuellen Rahmenbedingungen wirtschaftlich nicht tragbar ist. Bei einer Anschlussquote von 100 % beträgt die Wärmeliniendichte 1.024 kWh/m·a und liegt damit deutlich unter dem Richtwert von 1.500 kWh/m·a.

Ursache hierfür sind insbesondere der geringe Wärmebedarf einzelner Gebäude sowie die fehlenden Ankerkunden. Selbst bei einer Fortschreibung des Wärmeplans in fünf Jahren wird der Aufbau eines Wärmenetzes voraussichtlich keine wirtschaftlich tragfähige Lösung darstellen, da infolge energetischer Sanierungen mit einem weiter sinkenden Wärmebedarf zu rechnen ist. Damit würde die Wirtschaftlichkeit eines solchen Netzes zusätzlich beeinträchtigt werden.

Das betrachtete Gebiet wird demnach als dezentrales Versorgungsgebiet im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes eingestuft. Auch in diesem Gebiet sind Gebäudenetze als kleinteilige Lösungen zielführend.

Die wesentlichen Kennzahlen für das Untersuchungsgebiet sind:

- **Angeschlossene Gebäude: 163**
- **Trassenlänge: 2,6 km**
- **Wärmebedarf: 4.375 MWh/a**
- **Wärmeliniendichte: 1.024 kWh/m·a**
- ➔ **Fazit Detailbetrachtung: Dezentrales Versorgungsgebiet**



Abbildung 20: Detailbetrachtung Pyrbaum Am Eichelgarten, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung

3.1.3 Zwischenfazit Wärmenetzpotenzial

Die Analyse der einzelnen Gebiete zeigt, dass in keinem der zwei untersuchten Bereiche die Wärmeliniedichte ausreicht, um ein Wärmenetz wirtschaftlich zu betreiben. Für die Gebiete *Pyrbaum Schulstraße* und *Pyrbaum Am Eichelgarten* ergibt die Analyse keine günstige Ausgangslage. Mit Wärmeliniedichten von 1.024 und 1.242 kWh/m·a wird der wirtschaftlich relevante Schwellenwert von 1.500 kWh/m·a merklich unterschritten. Die Betrachtungsgebiete werden daher als dezentrales Versorgungsgebiet eingestuft. Alternative Ansätze, wie Gebäudenetze oder kosteneffiziente Betreiberlösungen, könnten hier eine realistischere Perspektive darstellen.

Weitere, kleinteiligere, Wärmenetzuntersuchungen werden im Rahmen der Fokusgebiete in Kapitel 5.1 untersucht. Als Ergebnis in diesem Kapitel kann auch die Einordnung als Wärmenetzneubaugebiet erfolgen.

3.2 Gebäudenetze

Eine mögliche Alternative zu klassischen Wärmenetzen stellen sogenannte Gebäudenetze dar. Sie weisen eine geringere Dimensionierung auf und ermöglichen eine effiziente Wärmeversorgung, bei der mehrere Gebäude – in der Regel bis zu 16 bzw. bis zu 100 Wohneinheiten – über eine zentrale Wärmeerzeugungsanlage versorgt werden. Die genannten Grenzwerte orientieren sich an den Förderrichtlinien der *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)* und der *Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*.

Wärmenetze dienen dem Transport der erzeugten Wärme über ein weit verzweigtes Leitungssystem und eignen sich insbesondere für großflächige, dicht besiedelte Gebiete mit hohem Wärmebedarf. Gebäudenetze sind dagegen kompakter aufgebaut und dienen der gemeinsamen Versorgung mehrerer benachbarter Gebäude innerhalb eines begrenzten räumlichen Bereichs, etwa in Quartieren, kleinen Siedlungen oder Gewerbegebieten.

Der wesentliche Unterschied liegt in der räumlichen und organisatorischen Struktur: Während Wärmenetze ganze Stadtteile zentral versorgen, konzentrieren sich Gebäudenetze auf kleinere Einheiten, bei denen ein großflächiges Netz aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll ist.

Gebäudenetze bieten gegenüber der individuellen Wärmeerzeugung zahlreiche Vorteile: Durch die Bündelung des Wärmebedarfs kann eine zentral betriebene Anlage effizient dimensioniert werden, was zu geringeren Investitions- und Wartungskosten pro Anschlussnehmer führt. Auch hinsichtlich der Energiequellen besteht eine hohe Flexibilität – etwa beim Einsatz von Solarthermie, Biomasse oder Wärmepumpen.

Gebäudenetze bieten eine nachhaltige und zukunftssichere Wärmeversorgung mit hoher Effizienz und Skaleneffekten durch die Kostenvorteile zentraler Wärmeerzeugung. Zudem entsteht durch den Wegfall individueller Heizsysteme mehr Platz in den Gebäuden. Herausforderungen sind hohe Anfangsinvestitionen sowie die Abhängigkeit von einer zentralen Erzeugung.

Gebiete für potenzielle neue Gebäudenetze zu identifizieren und analysieren ist kein Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung und Bedarf einer gesonderten, individuellen Planung. Die Möglichkeit zur Errichtung für ein Gebäudenetz soll bei zukünftigen Fortschreibungen betrachtet werden.

3.3 Betreibermodelle

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein Gebäude- oder Wärmenetz zu betreiben, die sich in Investitionsaufwand, Verantwortlichkeiten und Flexibilität unterscheiden. Die Wahl des passenden Modells hängt von den individuellen Anforderungen, den finanziellen Möglichkeiten und den technischen Kompetenzen der Nutzer ab. Die nachfolgende Tabelle zeigt die verschiedenen Varianten im Detail. Besonders Genossenschaften als Betreibermodell ermöglichen Bürgerbeteiligung, fördern lokale Lösungen und sorgen für eine transparente Verwaltung. Die Gründung einer Genossenschaft erfolgt in der Regel in fünf Schritten:

1. Konzeption
2. Satzung
3. Gründungsversammlung
4. Gründungsprüfung durchführen
5. Eintragung durch Registergericht

Langfristig bieten Genossenschaften klimafreundliche, bezahlbare Wärmeversorgung, erfordern aber technisches Know-how und ehrenamtliches Engagement. Sie ermöglichen auch Wärmenetzen, die auf den ersten Blick nicht wirtschaftlich scheinen, eine Lösung über eine zentrale Versorgung.

Tabelle 6: Aspekte verschiedener Betriebsmodelle bei Gebäude- und Wärmenetzen

	Eigenbetrieb	Contracting-Modell	Energieversorger	Genossenschaft/ WEG
Übersicht	<i>Einzelner Betreiber (z.B. Landwirt oder Kommune) betreut die Anlage</i>	<i>Externes Unternehmen plant, baut und betreibt das Netz</i>	<i>Betrieb durch professionellen Energieversorger</i>	<i>Genossenschaft oder Wohnungseigentümergeinschaft betreibt das Netz</i>
Besonderheit	<i>Übernahme sämtlicher Aufgaben durch Einzelperson</i>	<i>Bindung an vertragliche Rahmenbedingungen des Dienstleisters</i>	<i>Vergleichbar mit Contracting aber Umsetzung durch größere EVU</i>	<i>Demokratisch organisiert</i>
Verantwortlicher	<i>Betreiber in Eigenregie</i>	<i>Externer Dienstleister</i>	<i>Energieversorgungsunternehmen</i>	<i>Mitglieder (u.a. Kommune, Gewerbe, Bürger)</i>
Mitsprache Preisgestaltung	<i>Mittel bis Hoch</i>	<i>Gering</i>	<i>Gering</i>	<i>Mittel bis Hoch</i>
Laufende Wärmekosten	<i>Gering bis Mittel</i>	<i>Mittel bis Hoch</i>	<i>Mittel bis Hoch</i>	<i>Gering bis Mittel</i>
Investitionskosten für Nutzer	<i>Gering</i>	<i>Gering</i>	<i>Gering</i>	<i>Mittel bis Hoch</i>
Vorteile	<i>Direkter Draht zum Betreiber, schnelle Entscheidungsfindung</i>	<i>Entlastung bei Organisation, Technik und Finanzierung</i>	<i>Professioneller Betrieb, langfristige Preisgestaltung</i>	<i>Bürgernah, geteilte Kosten, wirtschaftlicher Gewinn durch geringe Wärmebezugskosten</i>
Nachteile	<i>Hohe Abhängigkeit von einer Person, begrenzte Professionalität</i>	<i>Geringe Einflussnahme, langfristige Bindung mit möglichen Mehrkosten</i>	<i>Wenig Gestaltungsspielraum, begrenzte Anbieterauswahl, Gewinnmarge für EVU</i>	<i>Erhöhter Abstimmungsaufwand, Engagement erforderlich, Wissensaufbau nötig</i>

3.4 Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien

3.4.1 Wärme

Das Kapitel *Wärme* der Potenzialanalyse widmet sich der Identifikation und Bewertung aller relevanten Wärmequellen, die zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung innerhalb des Markts beitragen können. Da der Wärmesektor maßgeblich zur Erreichung der lokalen und nationalen Klimaziele beiträgt, ist die Erschließung nachhaltiger Wärmequellen eine Kernaufgabe der kommunalen Wärmeplanung. Die nachfolgend untersuchten Wärmequellen umfassen eine Bandbreite von erneuerbaren Ressourcen bis hin zu innovativen Technologien, die einen zentralen Beitrag zur Reduktion fossiler Brennstoffe leisten können.

Luft-Wärmepumpen

Die Luft-Wärmepumpe ist eine bewährte Technologie, die Wärme aus der Umgebungsluft auf ein höheres Temperaturniveau hebt und so nutzbar für Heizzwecke macht. Dabei wird die vorhandene Wärmeenergie der Umgebung (hier: Luft) aufgenommen und durch den technischen Prozess in der Wärmepumpe „hochgepumpt“.

Im Inneren zirkuliert ein Kältemittel, das bereits bei niedrigen Temperaturen verdampft. Die Wärmepumpe saugt Außenluft an, die ihre Wärme im Verdampfer an das Kältemittel abgibt. Dieses verdampft und wird anschließend im Verdichter komprimiert. Dabei wird die elektrische Energie des Verdichters als mechanische Arbeit auf das Kältemittel übertragen – der Druck und die Temperatur steigen. Im Kondensator gibt das heiße Kältemittel seine Wärme an das Heizsystem ab, kühlt ab und verflüssigt sich wieder. Über ein Expansionsventil wird es entspannt und der Kreislauf beginnt von vorn. So kombiniert die Luft-Wärmepumpe die kostenlose Umweltwärme mit elektrischer Energie und macht sie effizient für Heizung und Warmwasser nutzbar.

Auf Grund der geringen Restriktionen bietet die Luft-Wärmepumpe ein gutes Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme. Ein wesentlicher Vorteil von Luft-Wärmepumpen ist ihre Flexibilität und einfache Installation, da sie keine tiefen Erdarbeiten benötigen und in der Regel auf bestehenden Gebäuden oder in neuen Bauvorhaben eingesetzt werden können. Sie können, je nach Anlagentyp, sowohl für die Heizung als auch für die Kühlung von Räumen verwendet werden, indem sie die Betriebsweise umkehren.

Durch den Ausbau von Wärmepumpen ist mit einem steigenden Strombedarf und erhöhten Anschlusskapazitäten auf der Gebäudeseite zu rechnen. Daher ist für die Integration von Luft-Wärmepumpen in Pyrbaum gegebenenfalls eine Erhöhung beziehungsweise ein Ausbau der Netzkapazitäten notwendig. Durch das kontinuierliche Monitoring der Netze durch den Stromnetzbetreiber kann auf Anstiege des Strombedarfs reagiert werden.

Im Zuge der Analyse wurde das Potenzial für Luft-Wärmepumpen in Pyrbaum ermittelt. In der Untersuchung wird der Wärmebedarf der Gebäude mit der potenziell möglichen Wärmebereitstellung durch Luft-Wasser-Wärmepumpen verglichen. Folgende Annahmen wurden in der Betrachtung getroffen:

- Der Wärmebedarf basiert auf den Ermittlungen der Bestandsanalyse. Es werden Wohn- und Nichtwohngebäude betrachtet.
- Die Wärmebereitstellung wird durch die Schallemission der Geräte und damit durch den Abstand der Wärmepumpen zu den Nachbarbebauung beschränkt. Maßgebend ist der nächtliche Immissionsrichtwert gemäß *TA-Lärm* für reine Wohngebiete.

- Verwendung einer standardisierten Wärmepumpe, die alleinig die Wärme bereitstellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass ab einer Außentemperatur von -6°C „nachgeheizt“ wird und eine Vorlauftemperatur von 50°C bereitgestellt werden kann.

Durch diese Methodik wird eine erste Grundlage dafür geschaffen, die Möglichkeit zur dezentralen Versorgung mittels Luft-Wasser-Wärmepumpen abschätzen zu können. Im Hektarraster wird dargestellt, wie viel Prozent der darin befindlichen Gebäude grundsätzlich für den alleinigen Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet sind, in welchen keine zusätzlichen Maßnahmen (wie Einhausungen) notwendig sind.

Die Ergebnisse der Analyse für Pyrbaum sind in Abbildung 21 dargestellt. Die Analyse zeigt im zentralen Bereich von Pyrbaum ein geringes Potenzial ($25 \leq 50\%$), was vorrangig auf diese schalltechnischen Rahmenbedingungen zurückzuführen ist. Einzelne Gebiete mit sehr geringem Potenzial ($0 \leq 25\%$) sind überwiegend durch einen hohen spezifischen Wärmebedarf der Gebäude gekennzeichnet, der mit der angenommenen Luft-Wasser-Wärmepumpe nicht wirtschaftlich oder technisch vollständig abdeckbar ist. Dennoch bestehen für viele dieser Fälle praktikable Lösungswege: schalltechnische Einhausungen, der Einsatz leiser Geräteserien oder eine detaillierte, standortspezifische Planung können die Umsetzbarkeit deutlich verbessern.

Das Ergebnis lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Im Zentrum von Pyrbaum und bei Gebäuden mit hohem Wärmebedarf können sich auf Grund der dichten Bebauung Herausforderungen in der Umrüstung auf Luft-Wärmepumpen ergeben.**
- **Das Stromnetz in Pyrbaum kann den zusätzlichen Bedarf durch Luft-Wärmepumpen abdecken bzw. kann gegebenenfalls entsprechend ausgebaut werden**

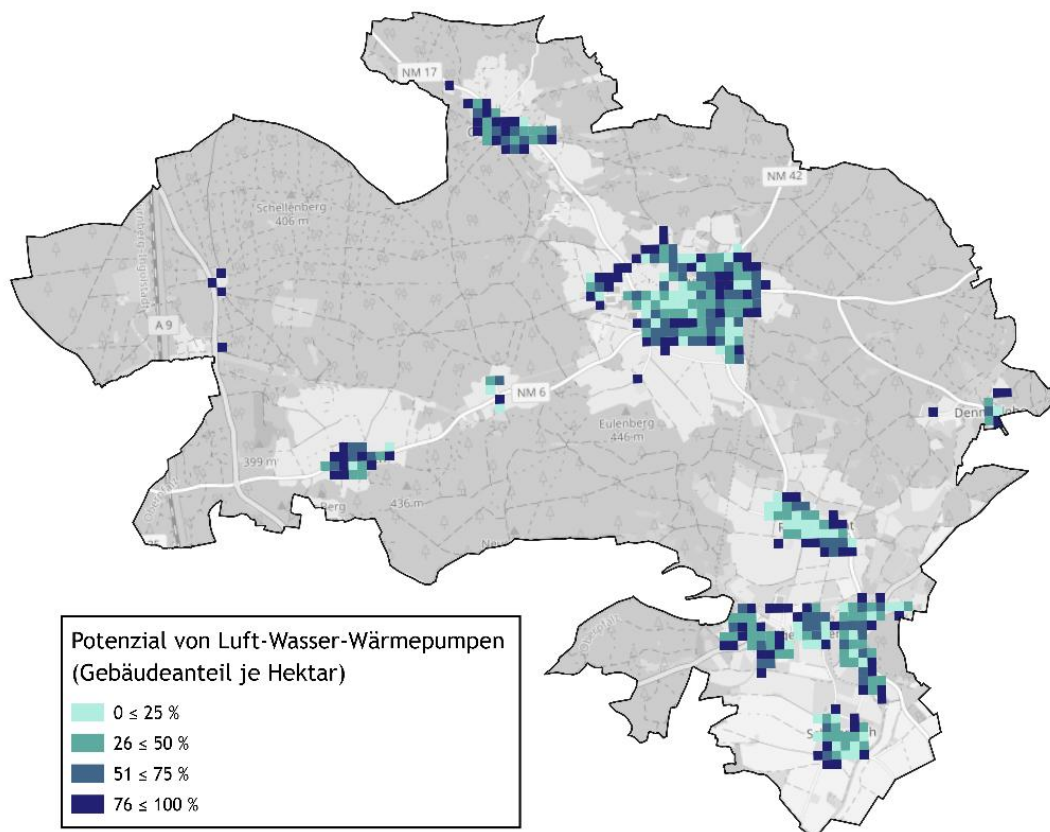


Abbildung 21: Gebäudeanteil mit Potenzial zur Abdeckung des Wärmebedarfs durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe je Hektar, eigene Darstellung

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich gespeicherte Wärme zur Beheizung von Gebäuden und zur Warmwasserbereitung. In der dezentralen Anwendung kommen verschiedene Systeme zum Einsatz, die sich hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Effizienz unterscheiden und in Abbildung 22 dargestellt werden. Ähnlich wie im zuvor beschriebenen Kapitel werden auch bei der oberflächennahen Geothermie Wärmepumpen eingesetzt, die der Umgebung (hier: Erdreich) Wärme entzieht und mittels der Wärmepumpe auf das zur Verfügung stehende Temperaturniveau anhebt.

Dabei ist die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ein Indikator für die Eignung von Geothermie. Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, wie das geothermische Potenzial eines Bodens ist. Sie hängt maßgeblich vom Substrat und den hydrologischen Verhältnissen ab. In Pyrbaum liegt die mittlere Wärmeleitfähigkeit bis zwei Meter Tiefe bei 1,2 bis 1,6 W/m·K. In 100 m Tiefe weist der Boden eine Wärmeleitfähigkeit im Bereich von 2,0 bis zu 3,0 W/m·K auf, was gute Bedingungen für die Wärmeentnahme schafft [10]. Bei der oberflächennahen Geothermie kann zwischen nachfolgenden Technologien unterschieden werden.

Erdwärmekollektoren und -körbe nutzen die oberflächennahe Erdwärme, indem sie die Wärme des Erdreichs aufnehmen und über ein Wärmeträgermedium, meist eine spezielle Flüssigkeit (Glykol), zur Wärmepumpe leiten. Während Kollektoren flach und horizontal in wenigen Metern Tiefe verlegt werden, sind Körbe in vertikalen Bohrungen angeordnet. Die Wärmepumpe erhöht das Temperaturniveau der entzogenen Wärme, um sie für die Heizung oder Warmwasserbereitung nutzbar zu machen. Bei Erdwärmekollektoren wird für ein typisches Einfamilienhaus etwa das 1,5- bis 2,5-fache der beheizten Wohnfläche als Kollektorfläche im Boden benötigt. Damit eignen sich diese Systeme besonders für Einfamilienhäuser mit ausreichend freier Grundstücksfläche. Erdwärmekörbe sind hingegen platzsparender und können auch bei einer hohen Grundflächenzahl (GRZ) eingesetzt werden. Das Erdwärmekollektorpotenzial für Pyrbaum ist in Abbildung 25 dargestellt.

- **Die Entzugsleistung je Flurstück für die Nutzung von Erdwärmekollektoren in Pyrbaum ist mit <5 bis 25 MWh/a in bebauten Gebieten gut geeignet.**

Grundwasser-Wärmepumpen nutzen die im Grundwasser gespeicherte Wärme, indem Wasser aus einer Quelle entnommen, durch die Wärmepumpe geleitet und anschließend wieder in den Untergrund zurückgeführt wird. Dieses System kann besonders effizient sein, wenn die Grundwasserquelle über eine konstante Temperatur verfügt. Für die Nutzung sind ein Saug- und ein Schluckbrunnen erforderlich in einem gewissen Abstand voneinander. Die Nutzung ist jedoch mit gewissen Risiken verbunden, da der Grundwasserspiegel beeinflusst werden kann. Zudem ist eine wasserschutzrechtliche Genehmigung erforderlich, was zu zusätzlichen Kosten im Vergleich zu Luft-Wasser-Wärmepumpen oder Erdkollektoren führt. In Abbildung 24 sind die Potenziale der Grundwasser-Wärmepumpen in Pyrbaum dargestellt.

- **Ein Potenzial für Grundwasser-Wärmepumpen ist im Hauptort Pyrbaum nicht gegeben, vereinzelt gibt es Potenziale in Seligenporten**

Erdwärmesonden erschließen die Erdwärme in größerer Tiefe (bis zu 400 Meter), indem sie vertikale Bohrungen nutzen, durch die ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Diese Systeme sind effizienter, da die Temperatur in tieferen Bodenschichten saisonal konstant ist, und eignen sich besonders für größere Gebäude oder bei höherem Wärmebedarf. Die Länge der Bohrlöcher ist vor allem vom Wärmebedarf und der Untergrundbeschaffenheit abhängig. Bei Bohrungen mit einer Tiefe von mehr als 100 m sind bergbaurechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Für ein typisches Einfamilienhaus werden in der Regel ein bis zwei Erdwärmesonden benötigt. Jedoch sind die Bohrungen mit recht hohen Kosten verbunden und es besteht ein gewisses Fündigkeitsrisiko. Dargestellt wird das Erdwärmesondenpotenzial in Abbildung 24Abbildung 23.

- **Die Entzugsleistung für Erdwärmesonden beträgt 10 bis 25 kW und ist somit gut für Wohngebäude geeignet.**

Die Ergebnisse zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie in Pyrbaum lassen sich folgendermaßen beschreiben [11]:

- **Es bestehen einige Flächenrestriktionen für oberflächennahe Geothermie. Wasserschutzgebiete bestehen in Oberhembach, nördlich von Pruppach und im Westen der Gemeinde.**

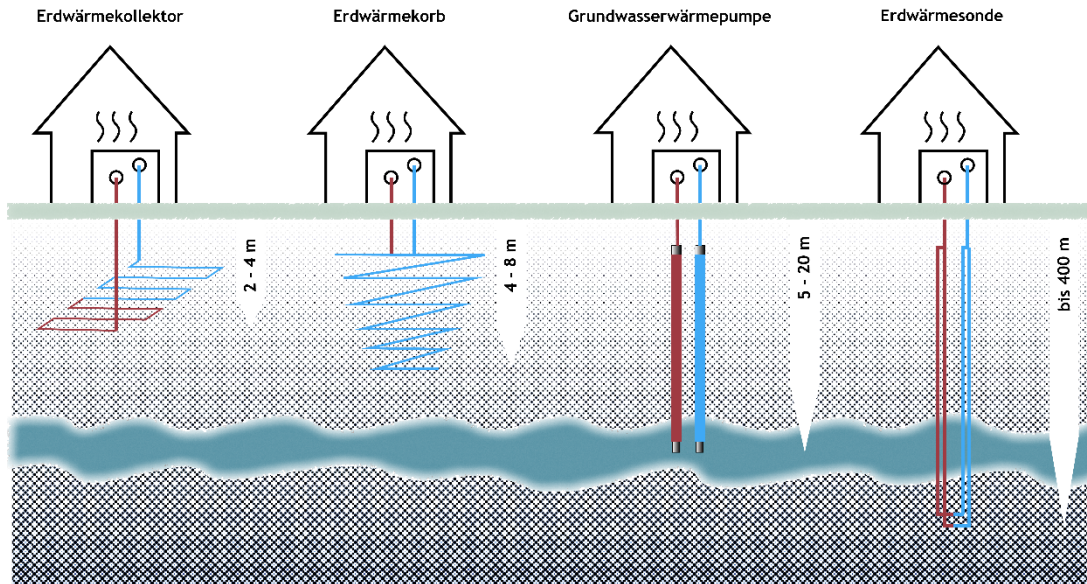


Abbildung 22: Technologien der oberflächennahen Geothermie mit ihren Funktionsweisen [12], eigene Darstellung

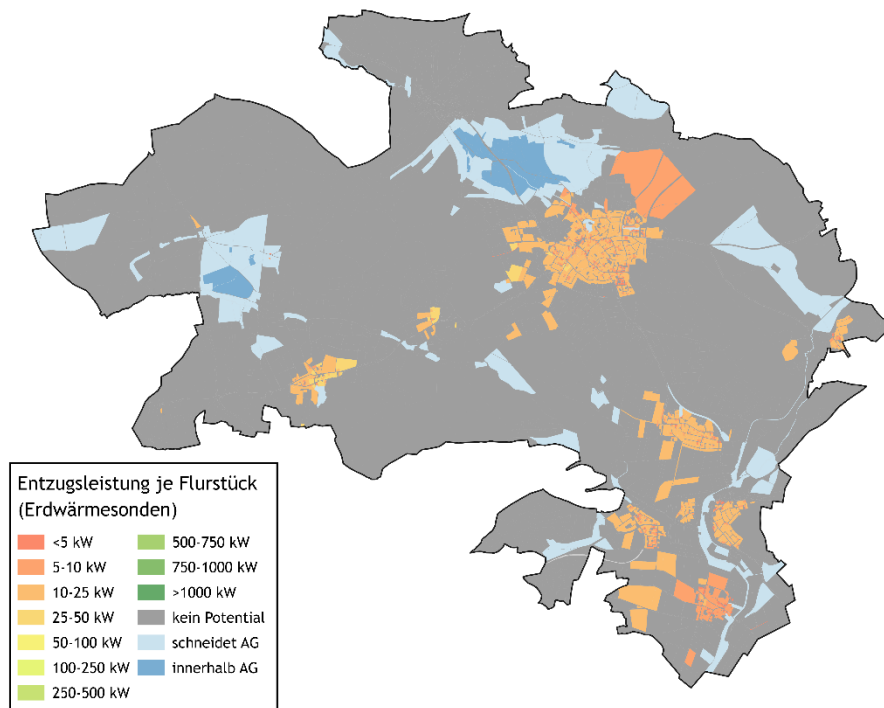


Abbildung 23: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Erdwärmesonden [11]

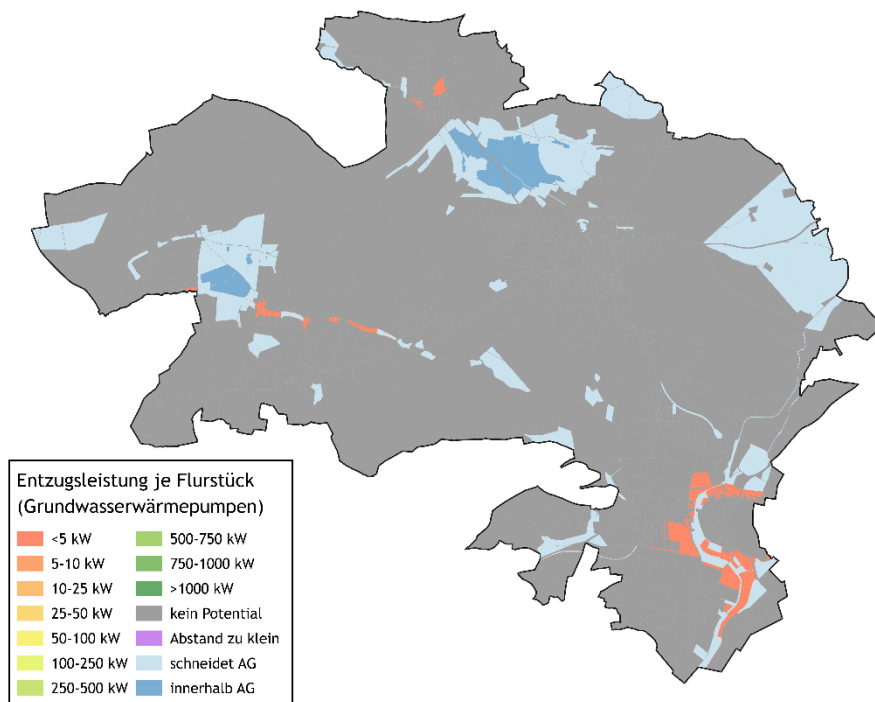


Abbildung 24: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Grundwasserwärmepumpen [11]

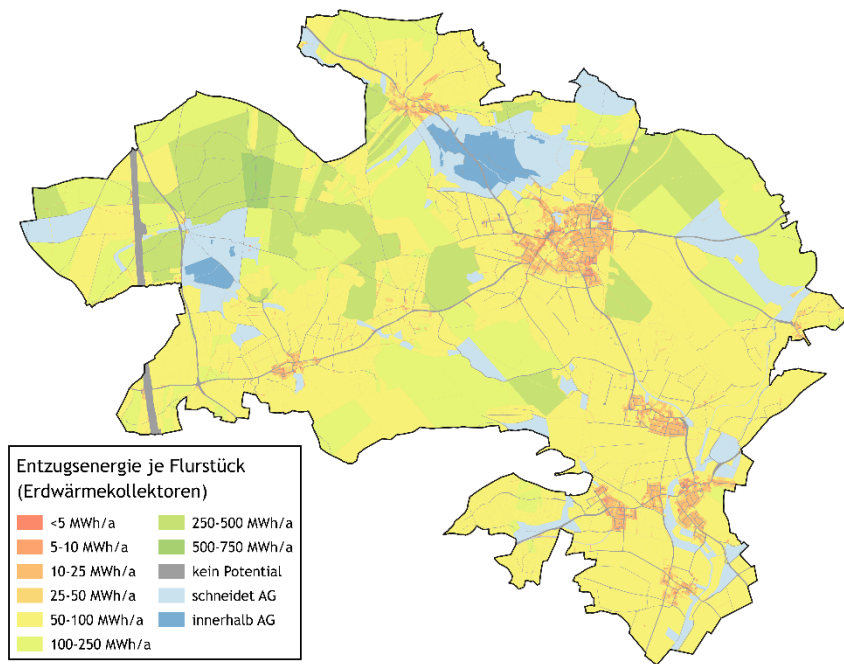


Abbildung 25: Entzugsenergie je Flurstück bei der Nutzung von Erdwärmekollektoren in Pyrbaum [11]

Tiefengeothermie

Tiefengeothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme aus großen Tiefen von mehr als 400 Metern bis zu mehreren Kilometern unter der Erdoberfläche. In diesen Erdschichten herrschen aufgrund des geothermischen Gradienten – das heißt der natürlichen Temperaturzunahme mit zunehmender Tiefe – Temperaturen von 60 °C bis über 150 °C. Diese Wärme kann durch den Einsatz spezieller Bohrtechnologien erschlossen, über Rohre und Pumpen an die Oberfläche gebracht und über Wärmetauscher nutzbar gemacht werden.

Das Verfahren der Tiefengeothermie nutzt entweder Thermalwasser, welches in den tiefen Erdschichten zirkuliert, oder heißes Gestein als Wärmequelle. Mithilfe eines geschlossenen Kreislaufs wird die Wärme aus diesen Schichten an die Oberfläche gefördert und für die Beheizung von Gebäuden und Industrieanlagen nutzbar gemacht. Die Wärme wird entweder direkt genutzt oder durch Wärmetauscher auf ein sekundäres Wärmenetz übertragen, in dem sie verteilt wird.

Aufgrund der konstanten und ganzjährig verfügbaren Wärmeleistung bietet die Tiefengeothermie eine besonders zuverlässige und nachhaltige Energiequelle. Für den effizienten Einsatz dieser Energieform ist jedoch ein Wärmenetz erforderlich, um die Wärme über größere Distanzen ohne signifikante Verluste zu transportieren. Das Wärmenetzpotenzial ist in Pyrbaum nach Kapitel 3.1 und Kapitel 5.1 überschaubar.

Die geologischen Voraussetzungen für die Nutzung von Tiefengeothermie sind basierend auf großräumigen geologischen Auswertungen zu Temperaturverteilung und Gesteinsvorkommen in Pyrbaum gering [10].

- **In der Gemeinde Pyrbaum wird keine Anlage zur Nutzung Tiefengeothermie betrieben.**
- **Aufgrund einer zu geringen Abnehmerzahl sowie hohen Kosten ist Tiefengeothermie nicht zu empfehlen.**

Fließgewässer

Flusswärme beschreibt die Nutzung von Wärmeenergie, die in Fließgewässern gespeichert ist, zur Beheizung von Gebäuden oder zur Einspeisung in ein Wärmenetz. Bei dieser Technologie wird das Temperaturniveau des Gewässers genutzt, welches in der Regel über dem der Umgebungsluft liegt, insbesondere im Winter. Mithilfe von Wärmetauschern und Wärmepumpen wird diese Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben und zur Wärmeversorgung eingesetzt.

Der Prozess zeichnet sich insbesondere durch seine Umweltfreundlichkeit aus, da die Wärmegewinnung emissionsfrei erfolgt und keine nennenswerten Eingriffe in das Flusssystem erforderlich sind, wenn die Flusswasserwärmepumpe an bestehenden Bauten, wie beispielsweise Wasserkraftwerken, errichtet wird. In Pyrbaum ist keine Bestandswasserkraftanlage vorhanden.

Die Technologie empfiehlt sich insbesondere für städtische oder dicht bebaute Gebiete in der Nähe großer Fließgewässer. Gemäß den geltenden Bestimmungen wird für die Errichtung von Flusswasserwärmepumpen eine wasserrechtliche Genehmigung benötigt. Des Weiteren ist eine regelmäßige Reinigung der Systeme erforderlich, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten. Für die Nutzung von Flusswärme zur Versorgung von Wärmenetzen sind Fließgewässer mit ausreichendem Durchflussvolumen sowie einer möglichst konstanten Wasserführung über das gesamte Jahr hinweg erforderlich. Nur unter diesen Bedingungen kann eine stabile und nachhaltige Wärmeentnahme gewährleistet werden.

Im Marktgebiet Pyrbaum existiert kein Fließgewässer, das als potenzielle Flusswärmequelle in Frage kommt. Die lokalen Gewässer, wie beispielsweise die Schwarzach, sind zu klein und verfügen zudem über keine Messung des Abflussvolumens, sodass eine belastbare Potenzialabschätzung nicht möglich ist.

Somit lassen sich die Ergebnisse folgendermaßen zusammenfassen:

- **Es gibt kein geeignetes Fließgewässer in Pyrbaum, weshalb kein Potenzial zur Nutzung von Flusswärme vorhanden ist.**

Solarthermie

Solarthermie-Kollektoren wandeln solare Strahlung in nutzbare Wärme um. Die Kollektoren fangen Sonnenlicht ein und erhitzen ein Wärmeträgermedium (meist Glykol). Die thermische Energie kann so zur Gebäudeheizung, Wassererwärmung oder Einspeisung ins Wärmenetz genutzt werden.

Zur kommunalen Wärmeversorgung eignen sich insbesondere Aufdach-Anlagen und Freiflächenanlagen. Beide Optionen haben spezifische Vorteile und Einsatzbedingungen:

Freiflächen-Solarthermie: Diese Anlagen benötigen große, unverschattete Flächen und sind geeignet, wenn sie in Verbindung mit Wärmespeichern und Wärmenetzen unterstützend betrieben werden. Die Speicherung der erzeugten Wärme ermöglicht eine flexible und bedarfsorientierte Nutzung, auch zu Zeiten geringer Sonneneinstrahlung. Ein solcher Aufbau bietet sich für kommunale oder großflächige Wohnprojekte an, setzt jedoch die Verfügbarkeit eines Wärmenetzes voraus und bedingt einen hohen Flächenverbrauch.

Dachflächen-Solarthermie: Auf Dachflächen kann Solarthermie auf Wohn- und Gewerbegebäuden installiert werden. Dachflächen bieten oft eine hohe Verfügbarkeit für die Installation von Solarkollektoren, konkurrieren jedoch häufig mit Photovoltaikanlagen, die Sonnenenergie in Strom umwandeln. Diese Konkurrenz führt oft zu Abwägungen zwischen Wärme- und Stromnutzung auf demselben Dach. Meist werden Solarthermieanlagen zur Heizunterstützung und Warmwasserbereitung eingesetzt.

Das Solarthermiepotezial basiert auf den Untersuchungen der Gebäudegeometriedaten des Bayerischen Vermessungsamtes (LoD2-Daten) [1]. Auf dessen Datengrundlage wird auf Grundlage der hinterlegten Dachfläche sowie Ausrichtung und Neigung der Flächen das technische Potenzial in Pyrbaum ausgewiesen. In die Betrachtung gehen folgende Annahmen ein:

- Ausschluss von ungeeigneten Dachformen: Kegeldach, Kuppeldach, Turmdach oder Mischformen
- Ausschluss von nördlich ausgerichteten Dächern
- Mindestgröße Dachfläche: 5 m²
- Anteil verfügbare Dachfläche: 50 % bei Flachdächern, 70 % bei geneigten Dächern
- Jahresmittelwert Globalstrahlung: 1.120 kWh/ m² [13]

Für Pyrbaum ergibt sich ein technisches Potenzial in Höhe von 102.711 MWh/a. Daraus ergibt sich bei 15 % Umsetzungsquote ein erwartbarer Jahresertrag von 15.407 MWh, der durch die Solarthermie auf den Dachflächen erzeugt werden könnte.

Abbildung 26 zeigt das Ertragspotenzial für alle Dächer in Pyrbaum. Dargestellt ist das technische Potenzial. Bestandsanlagen können aufgrund fehlender Daten nicht räumlich verortet werden. Aus den Förderdaten des *BAFA* geht jedoch hervor, dass im Marktgebiet bereits 1.063 MWh/a erzeugt werden. Dies entspricht einer bereits umgesetzten Quote 1 % des technischen Potenzials.

Die größten Potenziale finden sich auf den Dächern der Gewerbebetriebe in Pyrbaum und Seligenporten oder auch auf kommunalen Liegenschaften, wie der Grundschule. Der erwartbare Ertrag auf Wohngebäuden in den einzelnen Ortsteilen liegt zwischen 25 und 75 MWh/a.

Diese Methodik schätzt das Solarthermiepotezial auf den Dachflächen von Pyrbaum ab und bildet die Grundlage für die Einbindung dieser Energiequelle in das kommunale Wärmekonzept. Die Ergebnisse zeigen, dass Solarthermie einen wichtigen Beitrag zur dezentralen Wärmeversorgung leisten kann. Zusammenfassend ergibt sich:

- **Erwartbarer Jahresertrag: 15.407 MWh**
- **Die Wärmeerzeugung durch Solarthermie könnte bilanziell etwa 27% des Wärmebedarfs in Pyrbaum decken.**
- **Gut geeignet zur dezentralen Unterstützung der Wärmeerzeugung.**



Abbildung 26: Ertragspotenzial für Solarthermieranlagen auf Dachflächen, eigene Darstellung

Biomasse

Biomasse umfasst eine breite Palette organischer Materialien wie Holz, pflanzliche Abfälle und landwirtschaftliche Produkte und dient als vielseitige Quelle erneuerbarer Energie. Die energetische Nutzung von Biomasse erfolgt durch Verbrennung, Vergasung oder Fermentation und anschließende Verbrennung, um Wärme und Strom zu erzeugen oder Bioenergieträger wie Biogas oder Biodiesel zu produzieren. Im Rahmen der Analyse wurde das Potenzial der Biomassenutzung untersucht. Für die Untersuchung wird zwischen Biogas, Biomasse aus Grünland und Ackerflächen sowie Biomasse aus Holz unterschieden. Das Potenzial von Biomasse aus Grünland und Ackerflächen wird in Kapitel 3.4.2 untersucht.

Die Möglichkeit, **Biogas** zu Biomethan aufzubereiten und ins Erdgasnetz einzuspeisen, wurde im Rahmen der Potenzialanalyse geprüft. Dabei ergab sich nach Aussage des Netzbetreibers folgende Ergebnis:

- **Der Markt Pyrbaum wird bereits teilweise mit Biomethan versorgt.**
- **Die Einspeisung erfolgt durch eine Biogasanlage in der Gemeinde Lauterhofen mit 420 Nm³/h in den Netzverbund. (Entspricht einer Energiemenge von 38.290 MWh)**
- **Die Menge an Biogas reicht aus, um den Bedarf des Netzverbundes im Sommer komplett decken zu können.**
- **In der Umgebung von Pyrbaum befinden sich einige Biogasanlagen deren EEG-Förderung im Laufe der nächsten Jahre ausläuft:**
 - **Im Umkreis von 5 km um Pyrbaum befinden sich drei Biogasanlagen (6 MW gesamte Leistung).**
 - **Im erweiterten Umkreis von 10 km um Pyrbaum befinden sich vier weitere Biogasanlagen (3 MW gesamte Leistung).**

Das Potenzial der **Biomasse aus Waldflächen** hängt stark von den regionalen Gegebenheiten ab. Grundsätzlich muss sichergestellt sein, dass die Holzentnahme die Regenerationsfähigkeit der Wälder nicht übersteigt, um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten. Zur Bewertung des Potenzials werden die Waldflächen im Verwaltungsgebiet herangezogen. Die entsprechenden Flächenangaben stammen aus den Geodaten zur tatsächlichen Nutzung. Die *Bundeswaldinventur* ermittelt den durchschnittlichen jährlichen Holzzuwachs je Hektar Wald in Deutschland. Unter Berücksichtigung der Kaskadennutzung des Holzbestands wird angenommen, dass 30 % des Zuwachses für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen. Dazu zählen beispielsweise Rest- und Abfallstoffe, die bei der Verarbeitung von Holz zu Bau- oder Werkstoffen anfallen. Die *Bundeswaldinventur* erfasst die Entwicklung der bayerischen Wälder über einen Zeitraum von zehn Jahren [14]. Das technische Potenzial kann über diese Herangehensweise wie folgt zusammengefasst werden:

- Biomassepotenzial Wald: 12.876 MWh/a

Auf Grundlage des Holzzuwachses der letzten zehn Jahre in den bayerischen Wäldern kann somit ein langfristig nutzbares Potenzial ausgewiesen werden. In der betrachteten Kommune sind 66 % der Fläche bewaldet (vgl. Abbildung 27). Diese Ergebnisse zeigen, dass die nachhaltige Nutzung von Biomasse aus Waldflächen etwa 23 % des Wärmebedarfs im Bilanzjahr decken kann. Somit ist insbesondere in Bezug auf die dezentrale Wärmeversorgung die Biomasse eine wichtige Option als Alternative zur Wärmepumpe. Dabei sollte zur energetischen Nutzung vorrangig Restholz und Schnittgut eingesetzt werden, um einer Ressourcenverknappung entgegenzuwirken.

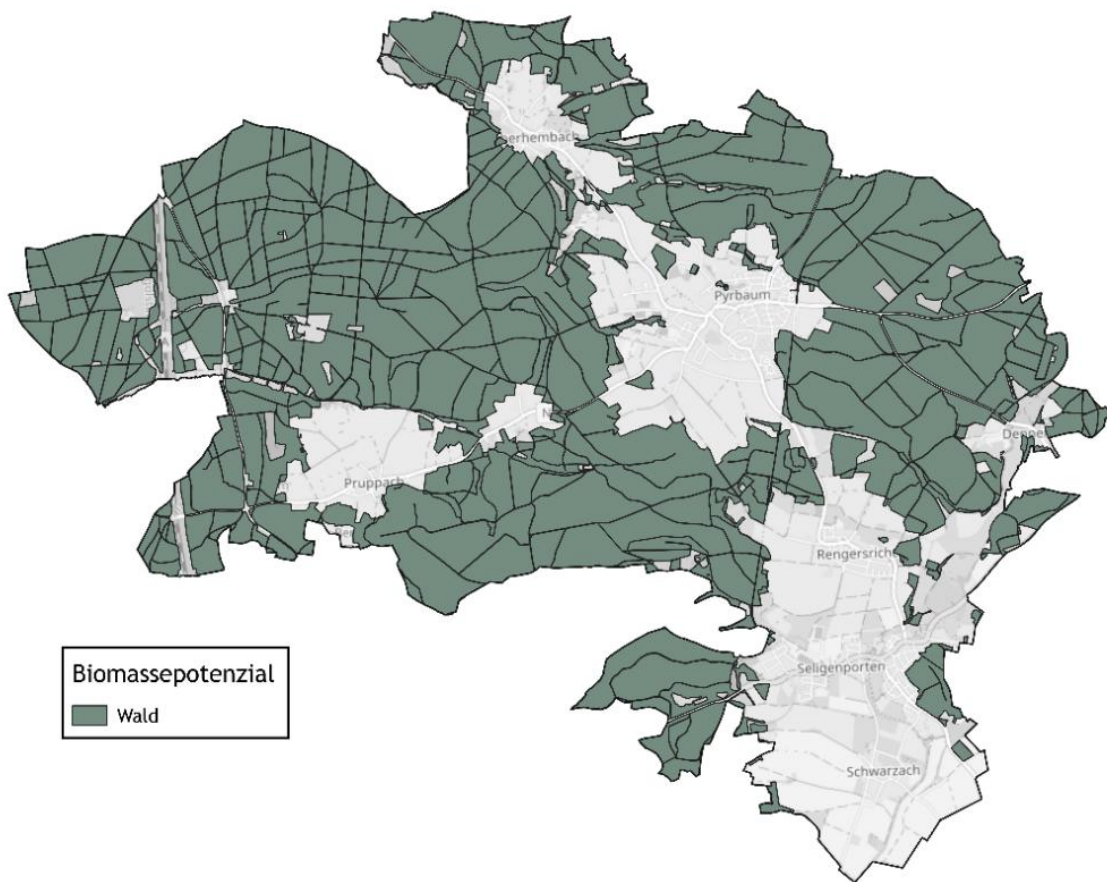


Abbildung 27: Biomassepotenzial auf Waldflächen in Pyrbaum, eigenen Darstellung

Wasserstoff

Der Markt Pyrbaum liegt etwa 25 Kilometer entfernt vom geplanten Wasserstoff-Kernnetz, welches nördlich von Nürnberg verläuft. Aufgrund der räumlichen Distanz und dem fehlenden Bedarfsschwerpunkt in Form von Industrie ist ein kurzfristiger, wirtschaftlicher Einsatz von Wasserstoff für Raumwärme und Warmwasser nicht absehbar. Die aktuelle Forschungslage stützt diese Einschätzung: *Diefenbach et al.* halten fest, dass Wasserstoff weder in ausreichender Menge noch zu bezahlbaren Kosten kurzfristig für die Wärmeversorgung verfügbar sein wird [15].

Auch mittel- bis langfristig bleiben zentrale Voraussetzungen unsicher. Ein breiter H₂-Einsatz im Gebäudebereich setzt die Umrüstung von Gasnetzen sowie angepasste Endgeräte voraus. Regulatorisch prägt das Gebäudeenergiegesetz (GEG) die Lage: Bei Heizungserneuerungen ist nach kommunaler Wärmeplanung ein EE-Anteil von 65 % einzuhalten. Reine Kessellösungen wären dann nur noch mit entsprechendem Zukauf „grüner Gase“ zulässig. Es ist daher notwendig robuste Transformationspfade zu wählen, da Zeiträume und Unsicherheiten für einen H₂-Hochlauf groß sind.

Für die nationale Einordnung gilt: Die Fortschreibung der *Nationalen Wasserstoffstrategie* setzt den Einsatz von Wasserstoff vorrangig in Bereichen an, die nicht elektrisch durchdrungen werden können – insbesondere in der Industrie (stoffliche Nutzung in Chemie/Stahl) und für Prozesswärme. Diese Priorisierung erklärt, warum der Gebäudewärmemarkt kurzfristig nicht auf H₂ setzen sollte.

Für eine spätere Neubewertung der Wasserstoffoption sind Verfügbarkeit und Preisentwicklung im Rahmen der Fortschreibung des Wärmeplans erneut zu prüfen. Bis dahin stehen alternative erneuerbare Optionen im Fokus der kommunalen Wärmeversorgung.

Das Wasserstoffpotenzial in Pyrbaum lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Für die Gebäudewärme in Pyrbaum ist Wasserstoff derzeit aufgrund unsicherer Verfügbarkeit, fehlender Netzanbindung und hoher Kosten nicht als kurzfristige Option zu bewerten.**
- **Vorrang erhalten alternative erneuerbare Lösungen – insbesondere Wärmepumpen, Biomasse, Gebäude- und Wärmenetze.**
- **Die Wasserstoffoption bleibt perspektivisch offen und sollte bei der Fortschreibung des Wärmeplans neu bewertet werden.**

3.4.2 Strom

Die Sektorenkopplung von Strom- und Wärmemarkt ist ein wesentlicher Ansatz zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Durch die Elektrifizierung der Wärmeversorgung kann Strom aus erneuerbaren Quellen wie Wind- und Solarenergie für die Erzeugung erneuerbarer Wärme zum Beispiel durch den Betrieb von Wärmepumpen genutzt werden. Langfristig unterstützt eine umfassende Sektorenkopplung nicht nur den Ausbau der erneuerbaren Energien, sondern trägt auch zur Flexibilisierung des Stromnetzes bei. Besonders bei einer hohen Verfügbarkeit von Wind- oder Solarstrom kann überschüssige Energie in Wärme umgewandelt und in Speichern bevorratet werden. Dies entlastet das Stromnetz und fördert die Integration der erneuerbaren Energien in die Energieversorgung. Im Folgenden werden die Potenziale von Photovoltaik, Biomasse aus Grün- und Ackerlandflächen sowie Windkraft näher betrachtet.

PV-Freifläche

Die Installation von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen innerhalb des Marktgebietes bietet eine Möglichkeit zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien. Durch die Installation von PV-Freiflächenanlagen können bislang brachliegende oder anderweitig genutzte Flächen für die Energieerzeugung genutzt werden.

Es bedarf einer sorgfältigen Standortwahl, um Landschafts- und Umweltbelange zu berücksichtigen, sowie Energieerzeugung mit Umweltschutz in Einklang zu bringen. Um das Potenzial für die Installation von PV-Freiflächenanlagen zu bestimmen, wurden zunächst die geeigneten Standorte nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2023 (EEG) definiert, darunter fallen Konversionsflächen, Seitenstreifen entlang von Autobahnen und Schienen, sowie bestimmte Acker- und Grünflächen in benachteiligten Gebieten. Jedoch gibt es Einschränkungen für die Nutzung dieser potenziell geeigneten Flächen, die entweder die Errichtung von Anlagen unwahrscheinlich machen (harte Restriktionen) oder mit bestimmten Auflagen verbunden sind (weiche Restriktionen).

Um zu ermitteln, welche dieser Flächen tatsächlich genutzt werden können, wurden sowohl die potenziell geeigneten Standorte als auch die eingeschränkten Flächen räumlich abgegrenzt. Dazu wurden den Kriterien Geodaten zugeordnet, die Angaben zu Herkunft, Aktualität und zu möglichen Einschränkungen enthalten. Zur Umwandlung von linearen Daten in Flächendaten wurden Flächenpuffer verwendet und Mindestabstände zu Gebäuden oder Gewässern berücksichtigt. Ausschlussflächen (Flächen mit harten Restriktionen) werden kein Potenzial zugewiesen. Als Ausschlussflächen gelten:

- Landschafts- und Naturschutzgebiete
- Fauna-Flora-Habitat Gebiete
- Biosphärenreservate
- Siedlungsgebiete
- Freizeiteinrichtungen (Parks)
- Bewaldete Gebiete und Gewässer
- Verkehrs- und Schienenwege

Es gibt jedoch einige Kriterien, die nicht in die Analyse einbezogen werden konnten, entweder weil keine entsprechenden Daten verfügbar waren oder aufgrund von Datenschutz- bzw. Sicherheitsbedenken. Dazu gehören Aspekte wie Artenschutz, Altlasten, geplante Bauprojekte und regionale Planungen. Vogelschutzgebiete, in denen ein Teil der *potenziell geeigneten* Ackerflächen

von Pyrbaum liegen, fallen unter Artenschutz und reduzieren die Wahrscheinlichkeit einer Umsetzung. Generell ist vor der Umsetzung einer Freiflächenphotovoltaikanlage ein Umweltbericht erforderlich, in welchem unter anderem auch auf Artenschutz und auf weitere Naturräumliche Gegebenheiten eingegangen werden.

Alle Flächen, die weder als Ausschlussflächen noch als geeignet gelten, sind als *potenziell geeignet* gekennzeichnet. Aktuelle Eigentumsverhältnisse werden bei der Kategorisierung der Flächen nicht berücksichtigt. Nach der Ermittlung und Kategorisierung der Flächen wird das Potenzial für die geeigneten Flächen ermittelt. Dafür wurden folgende Annahmen getroffen:

- Ausschluss von Flächen kleiner 1 ha
- Installierbare PV-Freiflächenleistung je Hektar: 1.000 kWp
- Ausrichtung: Südausrichtung mit 25° Aufständigung

Abbildung 28 zeigt das PV-Freiflächenpotenzial in Pyrbaum. Standorte die nach EEG 2023 als geeignet gelten gibt es in Pyrbaum nicht. Die eingezeichneten dunkelgrünen Flächen sind als *potenziell geeignet* eingestuft. Geplante beziehungsweise derzeit im Bau befindliche PV-Freiflächenanlagen gibt es derzeit nicht. Der daraus erwartbare jährliche Ertrag beläuft sich auf 754.881 MWh.

Technisch ist der Abstand von etwa 5 Kilometer bis zum nächsten Umspannwerk kein Hindernis für die Umsetzung. Nach der TAB-Mittelspannung der Bayernwerk Netz GmbH müssen Anlagen ab 300 kW und bis 5.000 kW an das Mittelspannungsnetz angeschlossen werden. Für Pyrbaum sind die Verläufe der Mittelspannung ebenfalls in Abbildung 28 dargestellt, an diesen Leitungen nahelegende potenziell geeigneten Freiflächenphotovoltaikflächen sind somit besonders interessant. Auch wenn keine *geeigneten* Flächen, wie etwa entlang von Schienenwegen, vorhanden sind, bleibt Freiflächen-Photovoltaik eine valide Option für Pyrbaum.

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Zubau auf geeigneten Freiflächen:**
- **PV-Leistung: 793 MWp**
- **Erwartbarer Jahresertrag: 754.881 MWh/a**

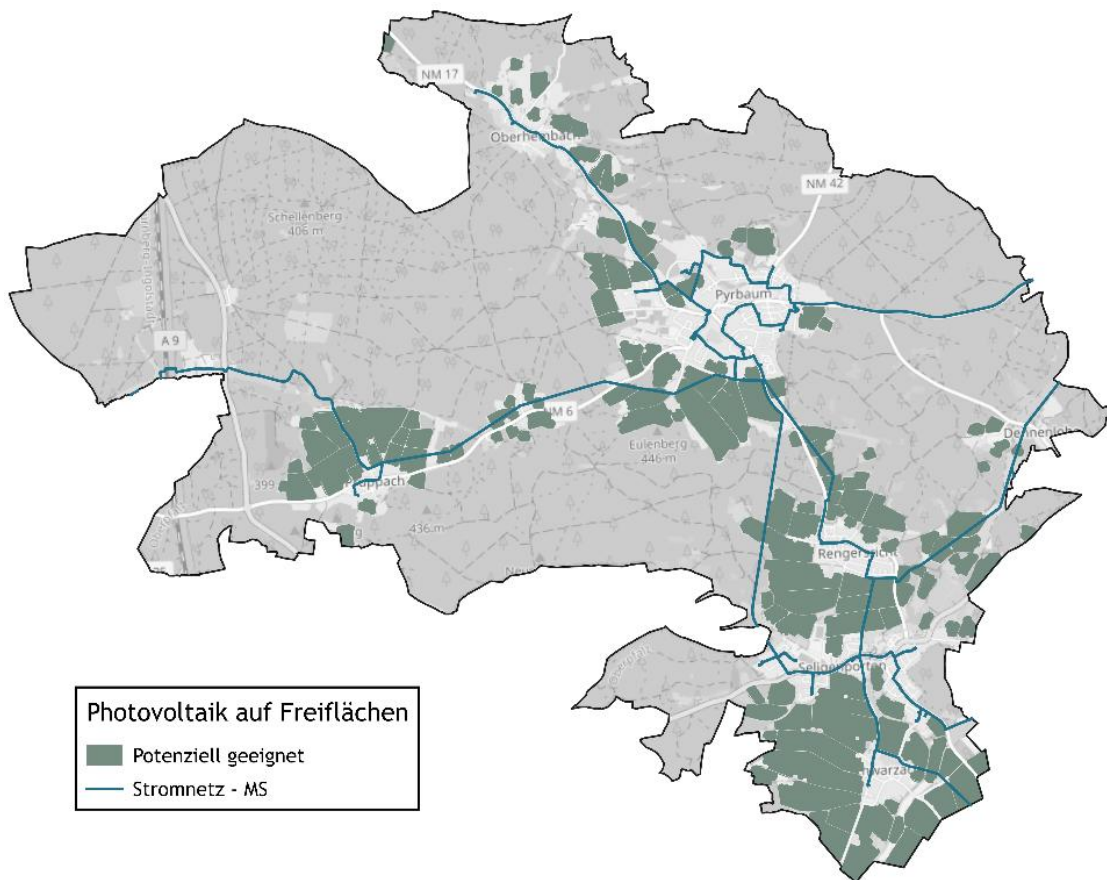


Abbildung 28: Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen, eigene Darstellung

PV-Dachfläche

Die PV-Potenzialuntersuchung auf Dachflächen basiert genauso wie die Potenzialuntersuchung für Solarthermie auf den Untersuchungen des Bayerisches Vermessungsamtes [1]. Im Rahmen der Bewertung werden auch hier die Ausrichtung und Neigung der Flächen sowie die Größe der Dachflächen berücksichtigt. Auf Grundlage der ermittelten spezifischen installierbaren Leistung kann der erwartbare Jahresertrag unter Berücksichtigung der lokalen jährlichen Strahlungssumme bestimmt werden. Für die Berechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Ausschluss von ungeeigneten Dachformen: Kegeldach, Kuppeldach, Turmdach oder Mischformen
- Ausschluss von nördlich ausgerichteten Dächern
- Mindestgröße von Dachflächen 5 m²
- Anteil verfügbarer Dachfläche: 50 % auf Flachdächern, 70 % auf geneigten Dachflächen
- Jahresmittelwert Globalstrahlung: 1.120 kWh/m² [13]
- Wirkungsgrad: 22 %

Die berechneten Werte ergeben einen erwartbaren Jahresertrag von 52.399 MWh durch die Photovoltaikanlagen auf Dachflächen. Verglichen mit dem Stromverbrauch in Höhe von 16.632 MWh/a im Bilanzjahr 2022 würde dies bilanziell eine signifikante Überdeckung bedeuten.

Bei 40 % Umsetzungsquote ergibt sich ein erwartbarer Jahresertrag von 20.960 MWh, der durch PV auf den Dachflächen erzeugt werden könnte. Den vorliegenden Netzbetreiberdaten zufolge werden bereits 2.732 MWh durch PV-Anlagen erzeugt. Damit sind rund 5 % des Potenzials und 16 % des aktuellen Strombedarfs bereits umgesetzt.

Abbildung 29 zeigt das Ertragspotenzial für alle Dächer in Pyrbaum. Dargestellt ist das technische Potenzial. Die größten Potenziale finden sich auf den Dächern der Gewerbebetriebe in Pyrbaum und Seligenporten oder auch auf kommunalen Liegenschaften, wie der Grundschule. Die installierbare Leistung auf Wohngebäuden in den einzelnen Ortsteilen liegt zwischen 5 und 50 kWp.

Diese Methodik liefert eine fundierte Schätzung des PV-Potenzials auf den Dachflächen in Pyrbaum. Die Ergebnisse zeigen, dass Photovoltaik auf Dachflächen wesentlich zur lokalen, emissionsfreien Stromversorgung beitragen kann und die Basis für eine stärkere Sektorenkoppelung mit dem Wärmemarkt schafft. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **PV-Leistung: 62,3 MWp**
- **Erwartbarer Jahresertrag: 20.960 MWh/a**

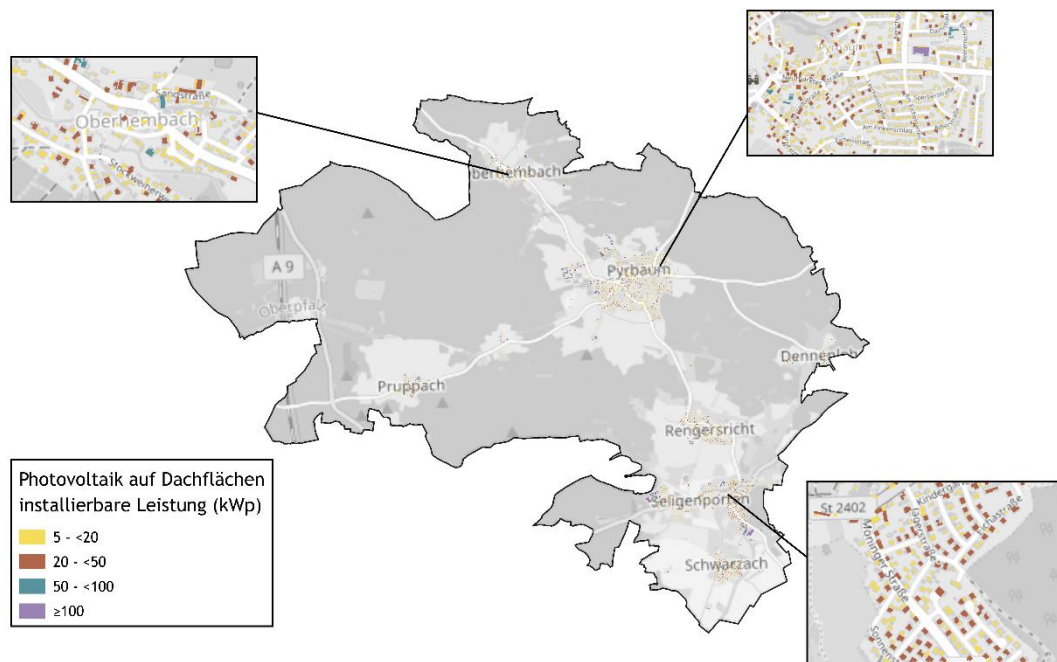


Abbildung 29: Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen in Pyrbaum, eigene Darstellung

Wind

Die Windkraft stellt eine der zentralen Säulen der erneuerbaren Energieerzeugung dar und spielt eine bedeutende Rolle in der Energiewende. Windkraftanlagen wandeln die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um, indem sie große Rotorblätter in Bewegung versetzen. Diese Rotoren sind mit einem Generator verbunden, der die mechanische Energie in Strom umwandelt. Die Effizienz und Energieausbeute einer Windkraftanlage hängen von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Windgeschwindigkeit, die Höhe der Nabe und die Größe der Anlage. Eine optimale Standortwahl ist entscheidend, um die besten Windverhältnisse zu nutzen und eine hohe Stromausbeute zu gewährleisten. Der Ausbau von Windkraftanlagen wird im *Wind-an-Land-Gesetz (WindBG)* geregelt. Das Gesetz sieht vor, dass in allen Bundesländern Flächen zur Nutzung von Windenergie ausgewiesen werden. In Bayern sind 1,1 % der Flächen bis 2027 und 1,8 % der Flächen bis 2032 der 18 Planungsregionen als Windenergiefläche auszuweisen. Das Verfahren von den regionalen Planungsverbänden durchgeführt, Kommunen innerhalb der Verbände werden beteiligt. Aus diesem Verfahren ergeben sich die Vorranggebiete, die als Flächenpotenziale im Konzept aufgenommen werden.

Im Rahmen einer Potenzialuntersuchung hat der Markt Pyrbaum 2023 eine Untersuchung der Windenergieflächen beauftragt. Dabei wurde festgestellt, dass die grundsätzlich für Windkraft in Frage kommenden Flächen in Schutzgebieten (Nürnberger Reichswald) liegen, die im Rahmen der Regionalplanung im Vorhinein bereits ausgeschlossen sind (vgl. Mitteilungsblatt 10.2024). Demnach gibt es in Pyrbaum keine geeigneten Flächen für Windenergie.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Pyrbaum verfügt über keine Windkraftanlagen**
- **Die ertragsreichsten Standorte befinden sich im Nürnberger Reichswald und gelten somit im Rahmen der Regionalplanung als Ausschlussgebiet**

Biomasse

Die Analyse des **Biomassepotenzials aus Grünland und Ackerfläche** basiert auf den landwirtschaftlichen Flächen im Verwaltungsgebiet, je nach Flächenart (Grünland oder Ackerfläche) kann über Energiekennwerte [16] das energetische Potenzial bewertet werden. Die Flächen werden den Geodaten der Tatsächlichen Nutzung entnommen [2]. Aus der Analyse ergeben sich folgende technische Erträge für Biomasse aus landwirtschaftlichen Flächen:

- Biomassepotenzial Grünland: 5.651 MWh/a
- Biomassepotenzial Ackerland: 10.757 MWh/a

Die untersuchten Flächen sind in Abbildung 30 dargestellt. Dieses Potenzial steht jedoch in Konkurrenz zur Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion, zudem sind die landwirtschaftlich genutzten Flächen aufgrund des hohen Flächenanteils des Waldes überschaubar.

Die Ergebnisse des Biomassepotenzials ergeben:

- **Vorhandene Flächenkonkurrenz mit Landwirtschaft**
- **Die Potenzialanalyse zeigt selbst bei flächendeckender Nutzung einen geringen theoretischen Ertrag der Biomasseressourcen im betrachteten Gebiet.**

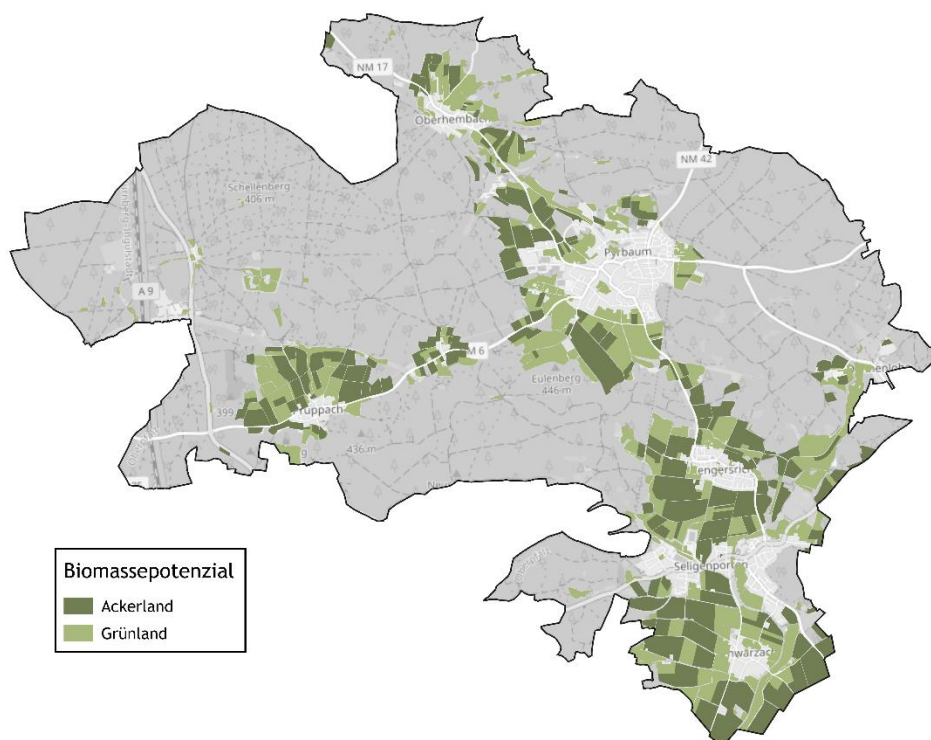


Abbildung 30: Biomassepotenzial auf Acker- und Grünflächen in Pyrbaum, eigene Darstellung

3.5 Effizienzpotenziale

Im Rahmen der Effizienzpotenziale wird untersucht, wie durch gezielte Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Wärmeversorgung signifikante Einsparungen bei Verbrauch und Emissionen erzielt werden können. In den folgenden Unterkapiteln werden zwei zentrale Ansatzpunkte betrachtet: die Sanierung von Gebäuden und der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

3.5.1 Sanierung

Die Sanierung von Wohngebäuden stellt eine Möglichkeit dar, den Heizbedarf zu reduzieren und den Einsatz von fossilen Brennstoffen zu verringern. Durch gezielte Maßnahmen, wie beispielsweise die Verbesserung der Wärmedämmung, kann der Energiebedarf gesenkt werden.

Das Wärmekataster ermöglicht die Bewertung der Energieeffizienz des Gebäudebestands, da auch die Baualtersklasse der Gebäude berücksichtigt werden. Aus den Baualtersklassen kann auf den energetischen Stand der Gebäude geschlossen werden, da beispielsweise vor 1970 Gebäude wenig gedämmt wurden und Fenster beispielsweise nur einfach verglast worden sind. Im Laufe der Jahre haben Standards (Wärmeschutzverordnung, Energieeinsparverordnung etc.) und die Weiterentwicklung von Baustoffen dazu beigetragen die Gebäude hinsichtlich Energieeffizienz zu steigern.

Für die Ausweisung des Energieeinsparpotenzials wird davon ausgegangen, dass die Wohngebäude auf den *Effizienzhausstandard 70 (EH70)* gemäß der Förderrichtlinie *Bundesförderung für effiziente Gebäude* saniert werden.

Dafür werden die Wohngebäude anhand des Wärmekatasters energetisch bewertet und mithilfe einer Szenarienbetrachtung die Wärmebedarfsentwicklung bis zum Zieljahr 2045 betrachtet. Für die energetische Bewertung wird das *Gebäudeenergiegesetz (GEG)* herangezogen.

Im Wärmekataster werden den 3D-Gebäudemodellen Wärmebedarfe zugeordnet. Davon ausgehend wird die Kubatur des Bestandsgebäudes vereinfacht über die Gebäudemodelle dargestellt und den hinterlegten Flächen, wie Wänden, Fenster und Dachflächen Standard U-Werte nach dem GEG zugeordnet. So wird der Wärmebedarf des Referenzgebäude nach GEG modelliert. Die angewandten U-Werte können Tabelle 7 entnommen werden. Auf das Referenzgebäude wird eine Einsparung von 30 % angewandt, damit verbraucht das sanierte Gebäude nur noch 70 % des Referenzgebäudes und entspricht dem Effizienzhaus 70.

Tabelle 7: U-Werte der Gebäudehülle des Referenzgebäudes nach GEG 2024, eigene Darstellung

Bauteil	U-Wert des Referenzgebäudes nach GEG
Dach	0,20 W/m²K
Außenwand	0,28 W/m²K
Außentüren	1,8 W/m²K
Fenster	1,3 W/m²K
Bodenplatte (gegen Erdreich)	0,35 W/m²K

Die Auswahl der zu sanierenden Gebäude erfolgt zufällig anhand einer von der Baualtersklasse abhängigen Exponentialverteilung. Dies bedeutet, dass alte Gebäude mit einem hohen Energiebedarf bevorzugt saniert werden. Dieser Ansatz wird gewählt, um eine realistische Entwicklung darzustellen. Abbildung 31 stellt die Wahrscheinlichkeitsverteilung dieser Gebäude innerhalb der Baualtersklassen dar.

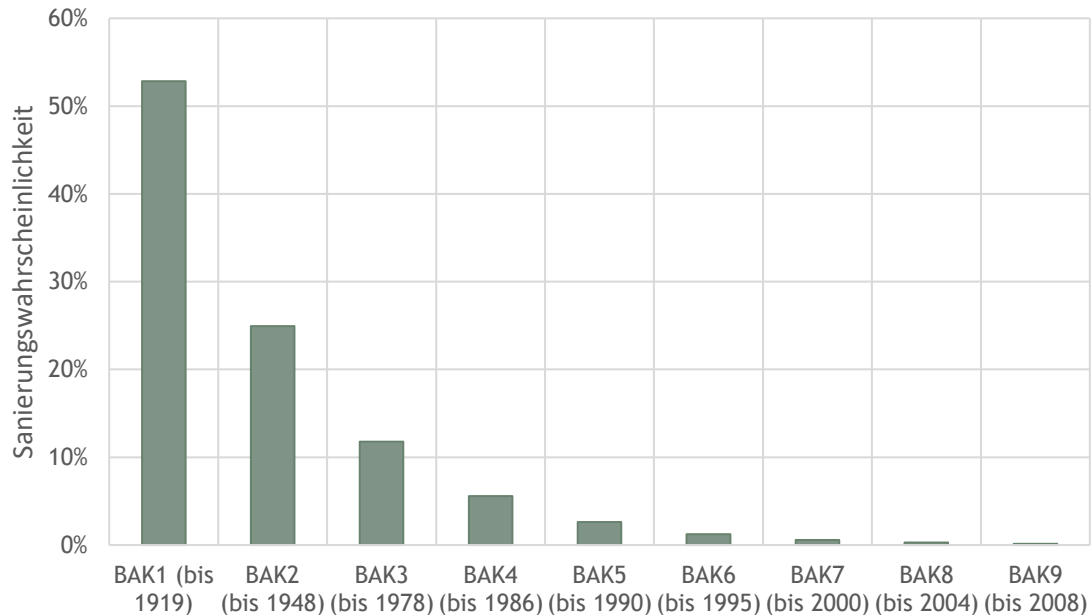


Abbildung 31: Verteilung der Sanierungswahrscheinlichkeitsverteilung nach Baualtersklasse, eigene Darstellung

Der Wärmebedarf der privaten Haushalte beträgt in Pyrbaum im Betrachtungsjahr 2022 56.774 MWh/a. Für die Berechnung des Sanierungspotenzials wird ein Szenario entwickelt, welches auf einer ermittelten Sanierungsrate basiert. Diese gibt an, welcher Prozentsatz der Anzahl an Wohngebäuden innerhalb eines Jahres energetisch saniert wird.

Bei einer umsetzbaren, jährlichen Sanierungsrate von 1,5 % Wohngebäuden pro Jahr, was einer Anzahl von 30 Gebäuden entspricht, kann eine Wärmeeinsparung von 27 % bis 2045 erreicht werden. Bereits im Jahr 2030 können 4.749 MWh im Vergleich zum Betrachtungsjahr eingespart werden (vgl. Abbildung 32).

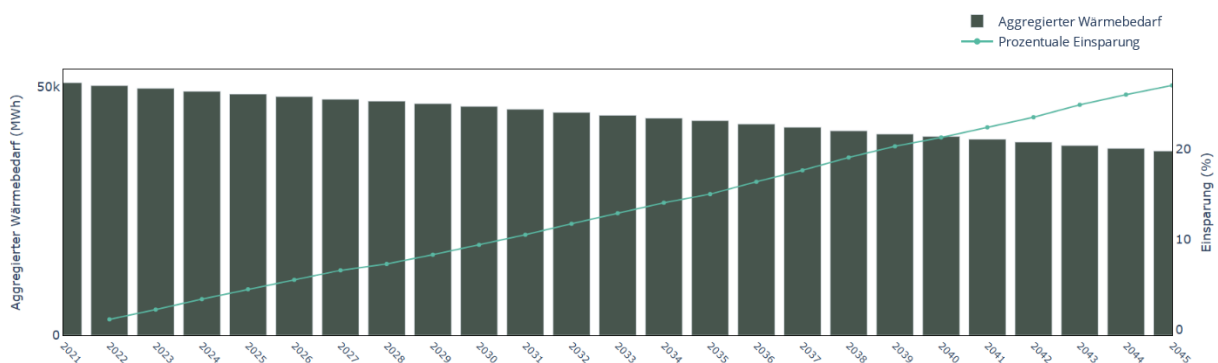


Abbildung 32: Jährlich 1,5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung

3.5.2 KWK

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist eine hocheffiziente Technologie zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme aus einer einzigen Energiequelle. Die Funktionsweise basiert darauf, dass bei der Erzeugung von elektrischem Strom in einem Generator, der durch eine Verbrennungsanlage oder eine andere Energiequelle betrieben wird, auch Wärme entsteht. Diese Wärme, die bei herkömmlichen Kraftwerken oft ungenutzt in die Umwelt abgegeben wird, wird in KWK-Anlagen gezielt zur Beheizung von Gebäuden oder zur Warmwasserbereitung genutzt. Dadurch wird der Gesamtwirkungsgrad erheblich gesteigert.

Ein Ansatz zur weiteren Effizienzsteigerung von KWK-Anlagen ist die Integration von intelligenten KWK-Systemen (iKWK) und der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern. Diese Systeme optimieren den Betrieb der KWK-Anlagen durch den Einsatz moderner Steuerungstechniken (Managementsystemen) und ermöglichen eine bedarfsgerechte Anpassung der Strom- und Wärmeproduktion. Durch die intelligente Vernetzung von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch können iKWK-Systeme die Effizienz der Energieerzeugung weiter erhöhen, indem sie Lastspitzen ausgleichen und die Anlagen flexibel auf wechselnde Energienachfragen reagieren. So kann das Gesamtsystem effizient gestaltet werden

- **In Pyrbaum besteht derzeit lediglich ein über Hackschnitzel versorgtes Gebäudenetz, weshalb kein großflächiges KWK-Potenzial vorhanden ist.**
- **Das Nichtbestehen weiterer geeigneter Infrastruktur führt dazu, dass kein Potenzial in Pyrbaum existiert.**

3.6 Potenziale zur Nutzung von Abwärme

3.6.1 Industrie

Die Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen stellt eine vielversprechende Möglichkeit dar, zusätzliche Wärmequellen für die kommunale Wärmeversorgung zu erschließen. In vielen Branchen, zum Beispiel in der chemischen Industrie oder Metallverarbeitung, entsteht bei Prozessen Wärme, die häufig ungenutzt in die Umwelt abgegeben wird. Durch geeignete Technologien (Wärmetauscher oder -speicher, Wärmepumpen) kann diese Abwärme ausgekoppelt und für die Beheizung von Gebäuden oder die Einspeisung in Wärmenetze verwendet werden.

In Pyrbaum wurden die Prozesswärmebedarfe der befragten Großverbraucher untersucht. Dabei zeigte sich, dass keine der ansässigen Firmen über ein ausreichend großes Abwärmepotenzial verfügt.

- **Es stehen keine industrielle Abwärmequellen zu Verfügung**

3.6.2 Abwasser

Abwasser enthält eine beträchtliche Menge an thermischer Energie, die bei der Behandlung und Entsorgung oft ungenutzt bleibt.

Im Rahmen der Wärmeplanung wird die Nutzung von Wärme aus Abwasserkanälen als innovativer Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme betrachtet. Die grundlegende Technologie basiert auf der Installation von Wärmetauschern in den Abwasserleitungen. Diese Tauscher nehmen die Wärme aus dem Abwasser auf und übertragen sie an ein Heizsystem. Um diese Technik effizient einsetzen zu können, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Die Rohrleitungen, aus denen die Wärme gewonnen werden soll, müssen einen Mindestdurchmesser von 800 mm aufweisen, um ausreichend Volumenstrom und damit eine effektive Wärmeübertragung zu gewährleisten. Zudem sollte der Trockenwetterabfluss in diesen Leitungen größer als 15 m/s sein, damit kontinuierlich eine ausreichende Menge an Wärme zur Verfügung steht.

Im Markt Pyrbaum gibt es insgesamt drei Kläranlagen in den Ortsteilen Oberhembach, Seligenporten und in Schwarzach. Des Weiteren erfüllt das Kanalnetz die Anforderungen an den Durchmesser. In Abbildung 33 sind alle Kanalnetze über DN800 dargestellt, deren Lage eindeutig bekannt ist. Hauptsammler außerorts sind deshalb nicht dargestellt. Angaben über den Trockenwetterabfluss belaufen sich vor den jeweiligen Kläranlagen bei 0,4 bis 8,8 l/s. Auf Grundlage dieser Daten ist der Trockenwetterabfluss zu niedrig für eine wirtschaftliche Betrachtung. Bei künftigen, größeren Maßnahmen an der Leitungsführung ist dieses Potenzial neu zu bewerten.

- **Ausreichend dimensionierte Abwasserkanäle vorhanden**
- **Derzeit kein ausreichender Trockenwetterabfluss**
- ➔ **Kein nutzbares Potenzial vorhanden**

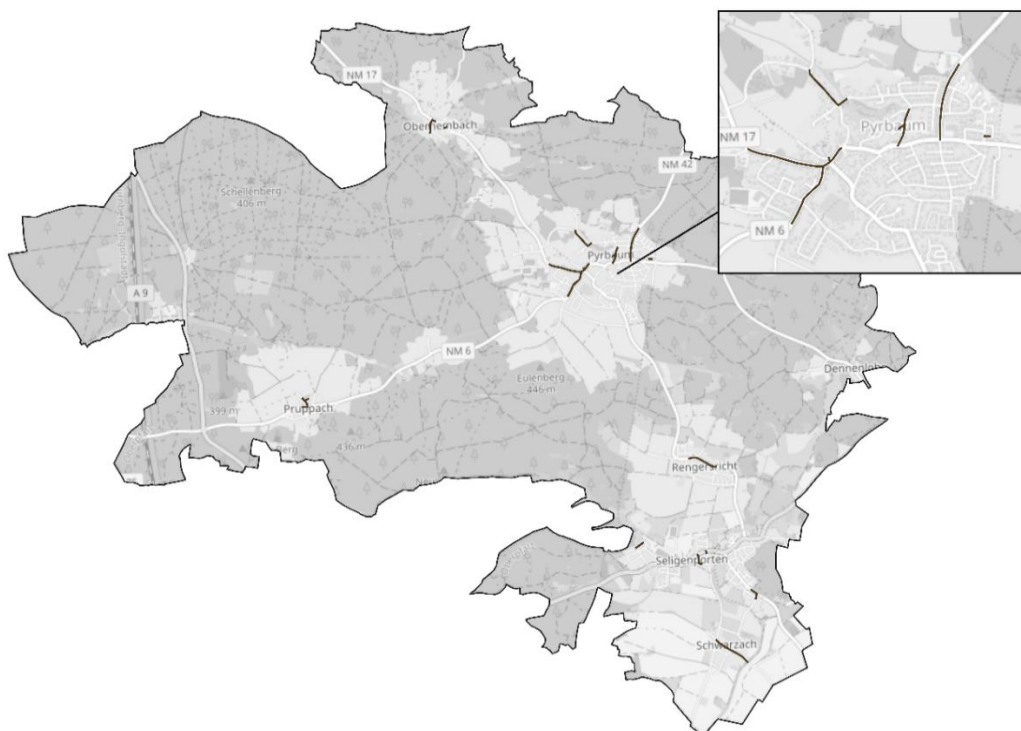


Abbildung 33: Abwasserkanäle größer gleich DN800, ohne Hauptsammler, eigene Darstellung

3.6.3 Rechenzentren

Rechenzentren sind spezialisierte Einrichtungen, die eine große Menge an Daten speichern, verarbeiten und verwalten. Bei diesen Zentren ist die Kühlung entscheidend, um die Server in einem optimalen Betriebszustand zu halten, da hohe Temperaturen die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Hardware beeinträchtigen. Um die entstehende Abwärme effizient zu nutzen, können Rechenzentren in der Nähe von Wärmeverbrauchern integriert werden, sodass die erzeugte Wärme zur Beheizung von Gebäuden oder zur Einspeisung in Wärmenetze verwendet werden kann. Dabei ist die angewandte Art der Klimatisierung oder Kühlung zu prüfen, um das Potenzial weiter zu bewerten. Beispielsweise kann über wassergekühlte Systeme Abwärme leichter nutzbar gemacht werden als luftgeführte Systeme.

- **In Pyrbaum gibt es derzeit keine Rechenzentren**
- ➔ **Kein nutzbares Abwärmepotenzial vorhanden**

3.7 Fazit Potenziale

Tabelle 8 fasst die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Nutzung erneuerbarer Energien und zur Effizienzsteigerung zusammen und bewertet sie hinsichtlich ihrer Relevanz für Pyrbaum. Neben den zwei betrachteten Wärmenetzgebieten (vgl. Kapitel 3.1) sowie den Fokusgebieten (vgl. Kapitel 5.1) haben Potenziale, die dezentral genutzt werden können, eine besonders hohe Bedeutung.

Tabelle 8: Zusammenfassung und Bewertung der Relevanz der Potenziale, eigene Darstellung

	Potenzial	Relevanz	Erläuterung
Wärmenetze	Pyrbaum Schulstraße	Gering	Wärmeliniendichte zu gering
	Pyrbaum Am Eichelgarten	Gering	Wärmeliniendichte zu gering, keine Ankerkunden
Fokusgebiete	Kemnather Straße	Hoch	Wärmeliniendichte hoch, Wärmenetzneubaugebiet
	Rathaus	Hoch	Wärmeliniendichte hoch, Wärmenetzneubaugebiet
	Gemeindebibliothek	Mittel	Wärmeliniendichte zu gering, potenzielles Ausbaugbiet
Wärme	Luft-Wärmepumpen	Hoch	Abdeckung durch Stromnetz möglich, insbesondere als dezentrale Lösung zielführend
	Oberflächennahe Geothermie	Hoch	Erdwärmesonden & -kollektoren möglich, Grundwasserwärmepumpen kaum möglich
	Tiefengeothermie	Gering	Nicht zielführend, da geologisch bedingt begrenztes Potenzial vorhanden und lokaler Bedarf zu gering ist
	Flusswärme	Gering	Keine geeigneten Gewässer vorhanden
	Solarthermie	Hoch	Als dezentrale Lösung insbesondere für Warmwassererzeugung zielführend
	Biomasse Wald/ Biogas	Mittel	Großes Waldpotenzial kurz- und mittelfristig vorhanden, Biogas bereits im Netz aus dem Umkreis vorhanden
	Wasserstoff	Gering	Keine Nähe zu Wasserstoffkernnetz, kein Bedarf der Industrie
Strom	Aufdach-Photovoltaik	Hoch	Als dezentrale Lösung zielführend
	Freiflächen-Photovoltaik	Mittel	Geeignete Flächen, geringe Flächenverfügbarkeit
	Wind	Gering	Keine Vorranggebiete
	Biomasse - Energiepflanze	Gering	Keine Biogasanlagen, begrenzte Flächenverfügbarkeit
Effizienz	Sanierung	Hoch	Energieeinsparpotenzial bis 2045 von 27 % in Wohngebäuden
	KWK	Gering	Keine geeignete Energieinfrastruktur vorhanden
Abwärme	Industrie	Gering	Relevantes Abwärmepotenzial vorhanden
	Abwasser	Gering	Ausreichend großer Kanaldurchmesser, derzeit zu geringer Trockenwetterabfluss
	Rechenzentren	Nicht vorhanden	Keine Rechenzentren vorhanden

4 Gebietseinteilung und Szenarienentwicklung

Im Nachfolgenden wird aufgezeigt, wie sich die Wärmeversorgung anhand der identifizierten Möglichkeiten bis zum Zieljahr 2045 entwickeln kann. Das Zieljahr ergibt sich aus der gesetzlichen Vorgabe einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis 2045 (§ 1 WPG). Pyrbaum hat über die gesetzlichen Anforderungen hinaus keine eigenen Ziele definiert. Das folgende Kapitel gliedert sich in zwei Teile: Die Einteilung des Marktgebiets in Wärmeversorgungsgebiete und das Zielszenario, welche die Ergebnisse der Potenzialanalyse einschließlich der Wärmenetzoptionen aufgreift. So können wesentliche Indikatoren bis 2045 beschrieben werden.

4.1 Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren und im Zieljahr

Die Einteilung der Gebiete erfolgt auf Grundlage einer Bewertung verschiedener Kriterien, orientiert am Leitfaden zur Wärmeplanung des Bundes. Ziel ist eine fundierte und nachvollziehbare Kategorisierung hinsichtlich der Eignung unterschiedlicher Wärmeversorgungsoptionen. Für jedes Gebiet wird die Eignung differenziert nach Wärmenetzgebiet, Wasserstoffnetzgebiet und dezentrale Versorgung ausgewiesen. Die Abstufung erfolgt nach der Angabe der Wahrscheinlichkeit nach *sehr wahrscheinlich geeignet*, *wahrscheinlich geeignet*, *wahrscheinlich ungeeignet* und *sehr wahrscheinlich ungeeignet*. Grundlage der Bewertung bildet eine systematische Analyse folgender Kriterien:

- **Wärmeliniendichte:** Gebiete mit einer Wärmeliniendichte zwischen 1,1 und 2,0 MWh/m·a, die also eine verdichtete Bebauung aufweisen, werden als besonders geeignet für die Versorgung über Wärmenetze bewertet.
- **Vorhandensein von Ankerkunden:** In die Bewertung fließt ein, ob sich im jeweiligen Gebiet kommunale Liegenschaften oder andere Großverbraucher mit einem hohen Wärmebedarf befinden, da diese als potenzielle Ankerkunden für ein Wärmenetz fungieren können.
- **Anschlussquote:** Hier wird die zu erwartende Anschlussquote an Wärme- oder Gasnetze im Zieljahr betrachtet. Eine hohe prognostizierte Anschlussquote spricht für eine hohe Eignung des Gebiets für netzgebundene Wärmeversorgung.
- **Langfristiger Prozesswärme- oder Wasserstoffbedarf:** Bewertet wird, ob in dem Gebiet ein dauerhafter Prozesswärmebedarf mit Temperaturen über 200 °C besteht oder ob Unternehmen bereits konkrete Pläne zur Nutzung von Wasserstoff in Prozesswärmeanwendungen verfolgen bzw. einen signifikanten Wasserstoffbedarf aufweisen.
- **Spezifischer Investitionsaufwand für Netz(um)bau:** Die Netzkosten werden in Abhängigkeit von der Untergrundbeschaffenheit (z. B. Versiegelungsgrad, Bodenart) analysiert. Je nach geologischen und infrastrukturellen Gegebenheiten variieren die Kosten erheblich, was die wirtschaftliche Eignung des Gebiets beeinflusst.
- **Vorhandensein von Bestandsnetzen/Infrastruktur:** Es wird untersucht, ob innerhalb des Untersuchungsgebiets oder in unmittelbar angrenzenden Bereichen bereits Wärme- oder Gasnetze existieren, die potenziell erweitert werden können.
- **Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Abwärmequellen:** In die Bewertung fließt ein, ob nutzbare industrielle oder gewerbliche Abwärmequellen vorhanden sind und welche Investitions- bzw. Betriebskosten mit deren Nutzung verbunden sind.

- **Entwicklung der Wasserstoffpreise:** Die wirtschaftliche Bewertung von Wasserstoffnetzen berücksichtigt die erwartete Preisentwicklung für Wasserstoff im Vergleich zu anderen Energieträgern.

Darüber hinaus kann ein Gebiet als *Prüfgebiet* klassifiziert werden, wenn zum aktuellen Zeitpunkt noch keine eindeutige Bewertung möglich ist. In diesen Fällen ist eine weiterführende Analyse und Validierung erforderlich.

Nach Analyse der Kriterien bietet sich für die Fokusgebiete *Kemnather Straße* und *Rathaus* ein Anschluss an ein Wärmenetzneubau als geeignete Versorgungsoption an. Alle weiteren Wärmenetzuntersuchungs- und Fokusgebiete weisen geringeres Wärmenetzpotenzial auf.

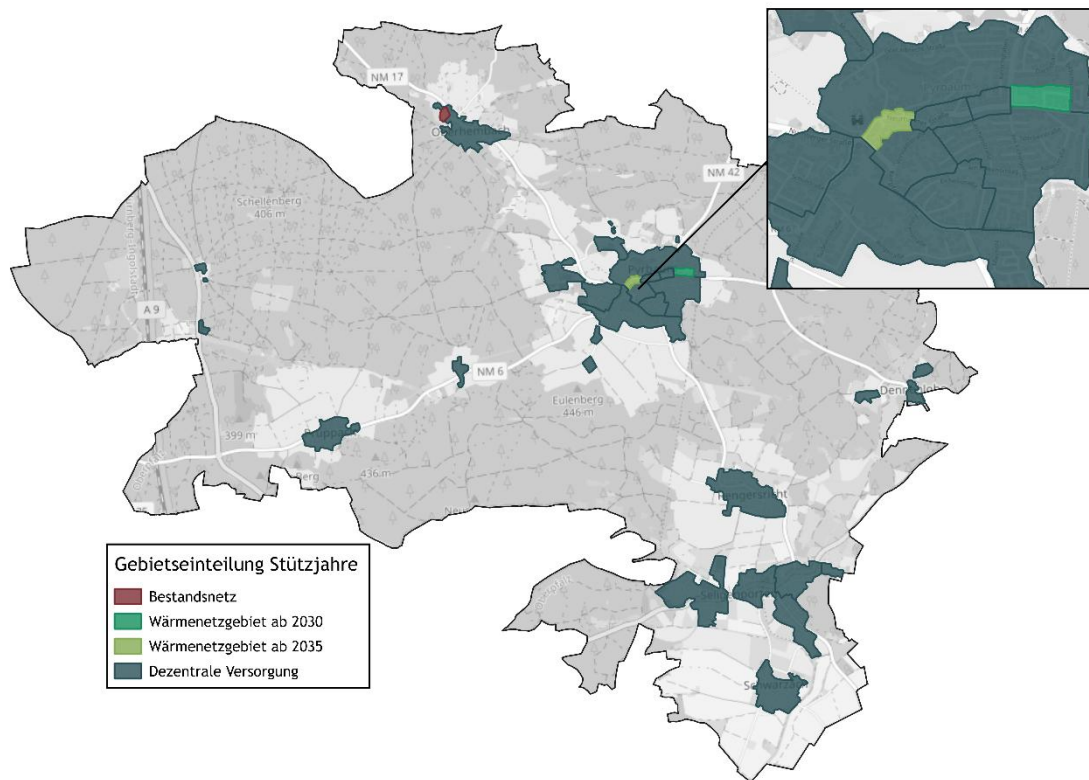
4.1.1 Gebietseinteilung über die Stützjahre

Für die gesamte Kommune Pyrbaum wurden die zuvor beschriebenen Bewertungskriterien systematisch angewendet und sämtliche Teilgebiete entsprechend analysiert und klassifiziert. Ausgehend vom Stützjahr 2030 wurde die Einordnung mit Blick auf die zukünftige Entwicklung schrittweise bis zum Jahr 2045 weitergeführt.

Wie in Abbildung 34 dargestellt, wird ein Großteil des Gemeindegebiets aufgrund seiner strukturellen Merkmale, darunter eine geringe Bebauungs- und Wärmeliniedichte sowie das Fehlen potenzieller Ankerkunden als dezentrales Wärmeversorgungsgebiet eingestuft. Auch bei zukünftige Neubaugebieten ist aufgrund des niedrigen Wärmebedarfs einer hohen Eignung für dezentrale Versorgungslösungen auszugehen.

Die Fokusgebiete *Kemnather Straße* und *Rathaus*, die in Kapitel 5.1 näher analysiert werden, haben sich hingegen im Verlauf der Untersuchung als gut geeignet für eine zentrale Wärmeversorgung erwiesen. Ausschlaggebend hierfür sind unter anderem die hohe Wärmeliniedichte sowie die lokal kompaktere Bauweise. Für diese Gebiete wird ein gestaffelter Aufbauplan vorgeschlagen, welcher für diese Gebiete eine Umsetzung eines Wärmenetzes bis 2035 vorsieht.

Die Eignung der Gebiete für die unterschiedlichen Wärmeversorgungsarten für das Jahr 2045 wird im folgenden Kapitel ausführlich dargestellt.



4.1.2 Gebietseinteilung im Zieljahr

Abbildungen 35 bis 37 zeigen die Eignung unterschiedlicher Wärmeversorgungsoptionen im Zieljahr. Da die langfristige Perspektive bis 2045 mit größeren Unsicherheiten verbunden ist, werden die Gebiete nicht scharf voneinander abgegrenzt, sondern nach ihrer Eignung in Kategorien eingeteilt. Die ergänzende Darstellung der Eignungen im Zieljahr soll zudem ein genaueres Verständnis der potenziellen Entwicklungen ermöglichen und die Einordnung der Kategorien weiter unterstützen. Nachfolgend werden die Eignung der einzelnen Untersuchungsgebiete für eine zentrale, dezentrale und wasserstoffbasierte Wärmeversorgung visualisiert. Der Eignungsgrad wird dabei über unterschiedliche Farben dargestellt, von geringer bis hoher Eignung. Zu beachten ist, dass die Bewertung der verschiedenen Wärmeversorgungsgebiete nicht isoliert erfolgt. Die Eignung eines Gebiets für eine bestimmte Versorgungsform beeinflusst in der Regel auch die Einschätzung der anderen Wärmeversorgungsoptionen.

Dezentrale Wärmeversorgung

Auch im Jahr 2045 ist davon auszugehen, dass die Eignung für dezentrale Versorgung in vielen Teilen der Kommune hoch bleibt (siehe Abbildung 35). Durch energetische Sanierungen und dem Ausbau von Wärmepumpen sinkt der Wärmebedarf und die Anschlussbereitschaft weiter, was zentrale Versorgungslösungen wirtschaftlich unattraktiv macht. Die für eine dezentrale Versorgungslösung als *wahrscheinlich geeignet* eingestuften Gebiete *Pyrbaum Am Eichelgarten*, *Pyrbaum Schulstraße* und *Gemeindebücherei* werden in den Kapiteln 3.1.1, 3.1.2 und 5.1.3 näher betrachtet. Gebiete, die an ein Wärmenetz angrenzen, wie in Oberhembach, aber eine zu geringe Wärmelinienichte aufweisen, gelten als *wahrscheinlich ungeeignet* für eine zentrale Versorgung. Das Gewerbegebiet Seligenporten ist trotz vorhandener Ankerkunden aufgrund der geringen Wärmelinienichte eher für eine dezentrale Versorgung geeignet. Zudem sind keine nutzbaren Abwärmequellen (vgl. Kapitel 3.6.1) vorhanden. Zwar schließt dies die Möglichkeit einer zentralen Lösung nicht vollständig aus, jedoch sind diese Gebiete nach den aktuellen Bewertungsgrundlagen aufgrund wirtschaftlicher Rahmenbedingungen für Wärmenetze nicht tragfähig.

Aufgrund der guten Eignung für ein Wärmenetzneubau sind die Fokusgebiete *Kemnather Straße* und *Rathaus* (Kapitel 5.1.1 und 5.1.2) entsprechend *wahrscheinlich ungeeignet* für eine dezentrale Wärmeversorgung.

Alle weiteren Gebiete sind *sehr wahrscheinlich* für eine dezentrale Versorgung geeignet. Generell steigt die Eignung dezentraler Versorgungssysteme im Zeitverlauf bis 2045. Der zunehmende Einbau dezentraler Heizungssysteme, wie Wärmepumpen, verringert die Wirtschaftlichkeit zentraler Lösungen kontinuierlich und stärkt die Relevanz dezentraler Ansätze.

Wärmenetzgebiete

Wärmenetze kommen bevorzugt in Gebieten mit hoher Wärmelinienichte, kurzen Leitungswegen und potenziellen Ankerkunden zum Einsatz. Für das Jahr 2045 gelten vor allem die als Wärmenetzneubaugebiete ausgewiesenen Gebiete *Kemnather Straße* (vgl. Kapitel 5.1.1) und *Rathaus* (vgl. Kapitel 5.1.2), sowie das Bestandsgebäudenetz als *sehr wahrscheinlich geeignet* für zentrale Wärmenetzlösungen. Nach aktuellem Stand können sich die entsprechenden Infrastrukturen 2045 bereits im Betrieb befinden (siehe Abbildung 36).

Auch Gebiete, die an das Bestandsnetz oder potenzielle Wärmenetze angrenzen, wurden ausführlich auf ihre Eignung untersucht. Aufgrund eher niedriger Wärmelinienichte gilt das Fokusgebiet *Gemeindebibliothek* als eingeschränkt relevant und wird hier als *wahrscheinlich ungeeignet* klassifiziert.

In den übrigen Ortsteilen hingegen geht man davon aus, dass sich der Trend zu individuellen Versorgungslösungen verstärkt. Noch nicht umgesetzte Wärmenetzneubaugebiete verlieren ihre Wärmenetzeignung, da fortschreitende energetische Sanierungen sowie der Einbau dezentraler Heizungssysteme die Wärmelinienichte verringern und eine wirtschaftlich tragfähige Umsetzung verhindern. Neue potenzielle Wärmenetzgebiete entstehen im Jahr 2045 voraussichtlich nicht mehr.

Wasserstoffnetzgebiete

Für das Jahr 2045 wird in Pyrbaum kein Wasserstoffnetzgebiet ausgewiesen. Das derzeit mit Erdgas versorgte Gebiet wird als *wahrscheinlich ungeeignet*, das übrige Gebiet als *sehr wahrscheinlich ungeeignet* für eine zukünftige Wasserstoffversorgung eingestuft (siehe Abbildung 37). Aufgrund der Entfernung zum Wasserstoffkernnetz und fehlender infrastruktureller Voraussetzungen ist Wasserstoff somit keine realistische Option für die kommunale Wärmeversorgung. Eine ausführliche Bewertung hierzu findet sich im Kapitel 3.4.1.

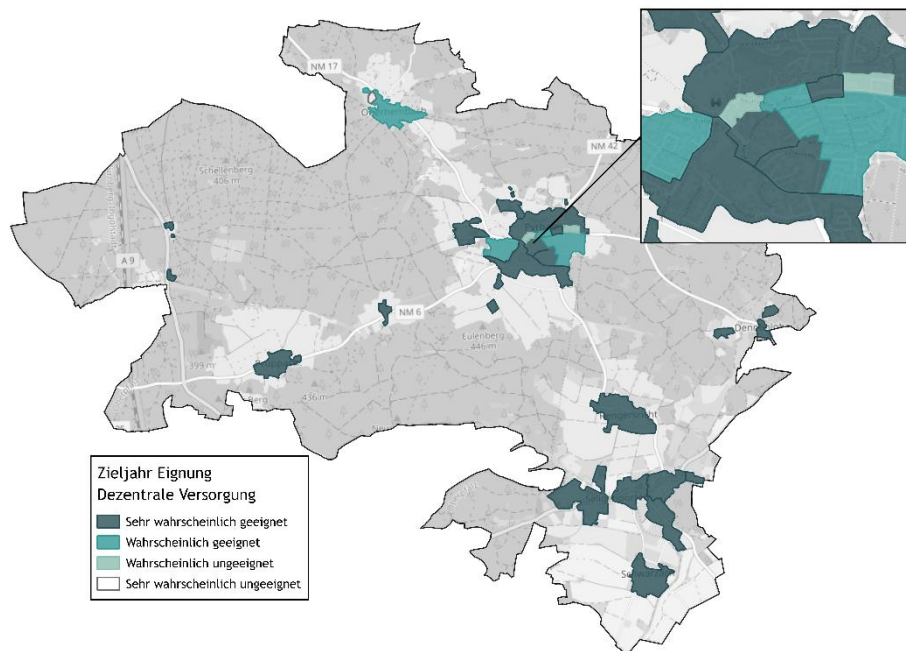


Abbildung 35: Eignung der dezentralen Versorgung in Pyrbaum im Zieljahr 2045, eigene Darstellung

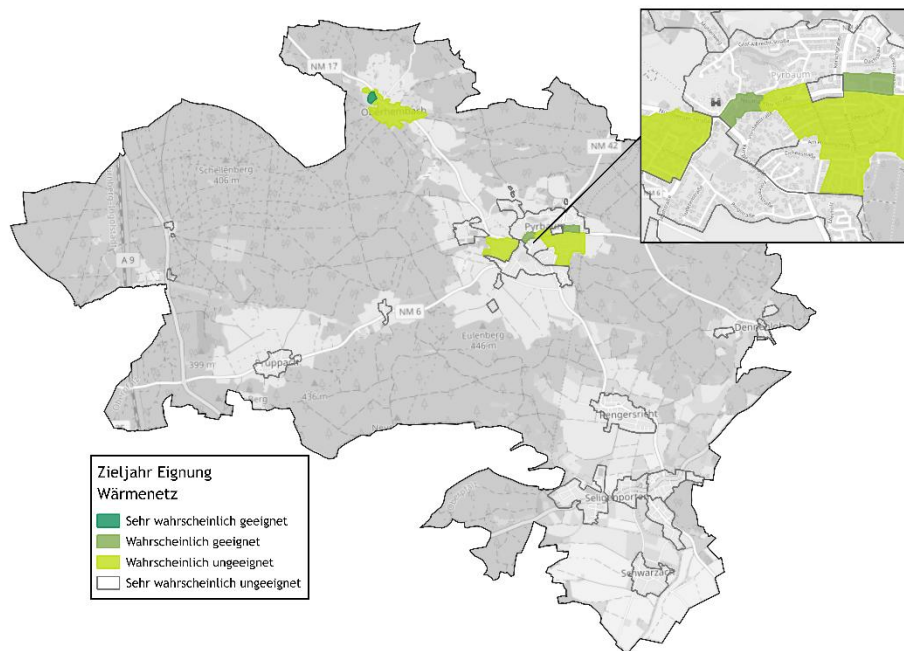


Abbildung 36: Eignung für Wärmenetze in Pyrbaum im Zieljahr 2045, eigene Darstellung

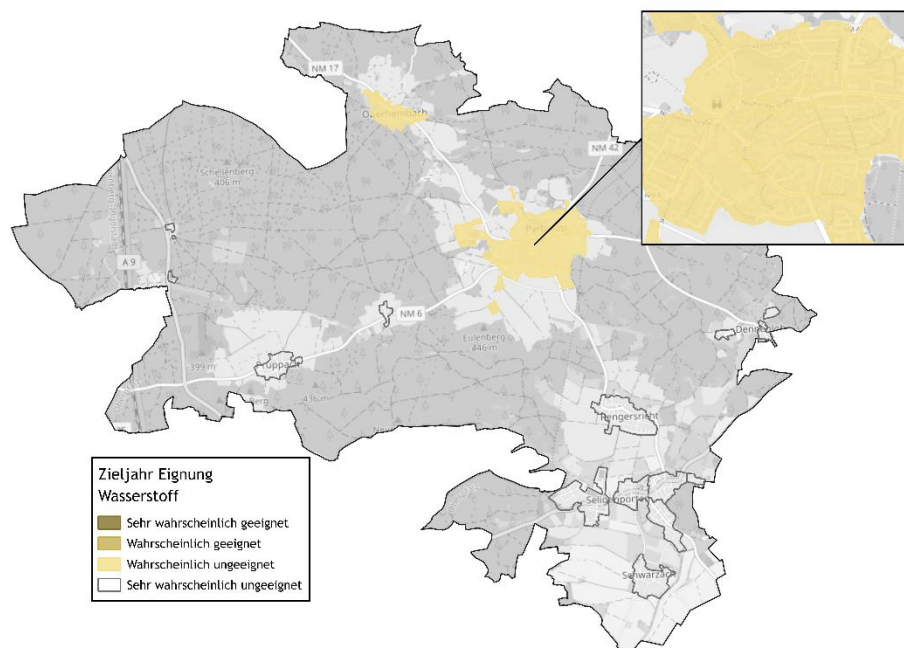


Abbildung 37: Eignung für Wasserstoff in Pyrbaum im Zieljahr 2045, eigene Darstellung

4.2 Zielszenario

Grundlage ist das in § 1 des *Wärmeplanungsgesetzes (WPG)* verankerte Ziel, bis 2045 eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Bei der Betrachtung des zukünftigen Wärmebedarfs werden alle gemeinsam mit der Kommune erarbeiteten Maßnahmen berücksichtigt. Weiterhin fließen alle zur Verfügung stehenden Potenziale in der Kommune in die Szenarienentwicklung ein. Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen erfolgt dabei im Wesentlichen durch zwei grundlegende Mechanismen:

Minderung des Energiebedarfs: Dies bedeutet, dass der bestehende Wärmebedarf insgesamt sinkt, z. B. durch Effizienzsteigerungen oder Verlustreduzierungen. Typische Beispiele hierfür sind energetische Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, die den Energiebedarf dauerhaft senken.

Substitution von Energieträgern: Bei der Substitution von Energieträgern wird der bislang verwendete Energieträger durch einen erneuerbaren ersetzt. Für fossile Energieträger bleibt der Emissionsfaktor über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant, da die Treibhausgasemissionen bei idealer Verbrennung ausschließlich von der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffs abhängen – nicht vom Wirkungsgrad der Anlage.

Umweltwärme wird über den Einsatz von Strom, beispielsweise durch Wärmepumpen, bereitgestellt. In der Bilanzierung erfolgt die Bewertung auf Basis des Bundesstrommixes, dessen Emissionsfaktor laut *Technikkatalog KWW-Halle* bis zum Jahr 2045 auf 15 g CO₂eq/kWh sinkt (siehe Abbildung 38) [17]. Da Strom sowohl für Direktheizungen als auch für Wärmepumpen genutzt wird, folgt die CO₂-Entwicklung dieser Technologien der gleichen Reduktionskurve wie der Strommix.

Für Umweltwärme wird eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,2 angesetzt. Die JAZ beschreibt das Verhältnis zwischen erzeugter thermischer Energie und eingesetzter elektrischer Energie. Bei einer JAZ von 3,2 werden aus 1 kWh Strom rund 3,2 kWh Wärme erzeugt. Da lediglich der eingesetzte Strom emissionsrelevant ist, entspricht der Emissionsfaktor der Umweltwärme etwa einem Drittel des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes.

Mit der fortschreitenden Dekarbonisierung des Stromsektors sinkt somit auch der CO₂-Faktor der Umweltwärme. In Kombination mit einer Reduktion des Wärmebedarfs und der Substitution fossiler Energieträger kann auf diese Weise bis 2045 eine nahezu treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreicht werden.

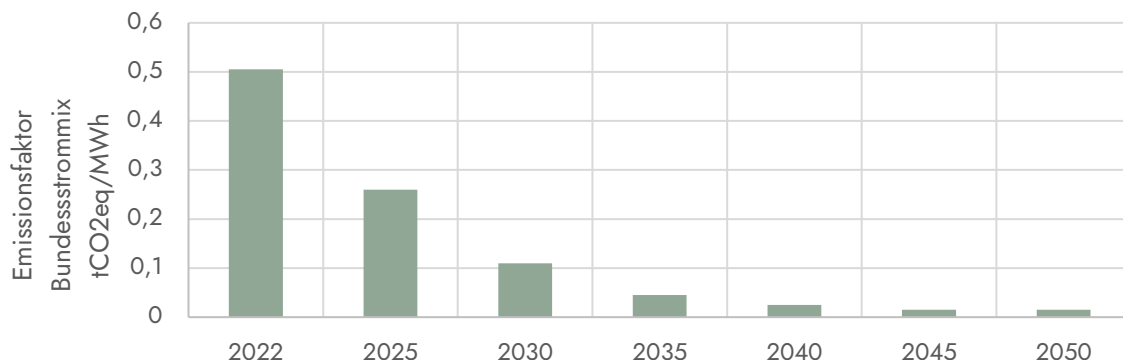


Abbildung 38: Verlauf des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes nach KWW-Halle [13]

4.2.1 Wärmebedarf

Basierend auf der Energie- und Treibhausgasbilanz wird die zukünftige Wärme- und Stromversorgung modelliert. Dabei werden Effizienzmaßnahmen umgesetzt, fossile durch erneuerbare Energieträger ersetzt und der Ausbau von Wärmepumpen berücksichtigt, was den Strombedarf in Pyrbaum erhöht.

Neben der Reduktion des Wärmebedarfs werden fossile Energieträger durch erneuerbare ersetzt. Ein wichtiger Faktor ist dabei der Ausbau von Wärmepumpen in den dezentralen Gebieten. Der zusätzliche Strombedarf für Wärmepumpen wird ebenfalls bilanziert. Zusätzlich werden die Maßnahmen gemäß Maßnahmenkatalog des Anhangs berücksichtigt.

Abbildung 39 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfs in den Sektoren Private Haushalte (PHH), Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Industrie (IND) sowie kommunale Einrichtungen (KOMM). Deutlich zu erkennen ist dabei auch die Einsparung im Endenergiebedarf durch Sanierungen auf Seiten der Privaten Haushalte. Die Anteile von GHD, IND und den kommunalen Einrichtungen sind im Vergleich zu den Privaten Haushalten in Pyrbaum deutlich geringer.

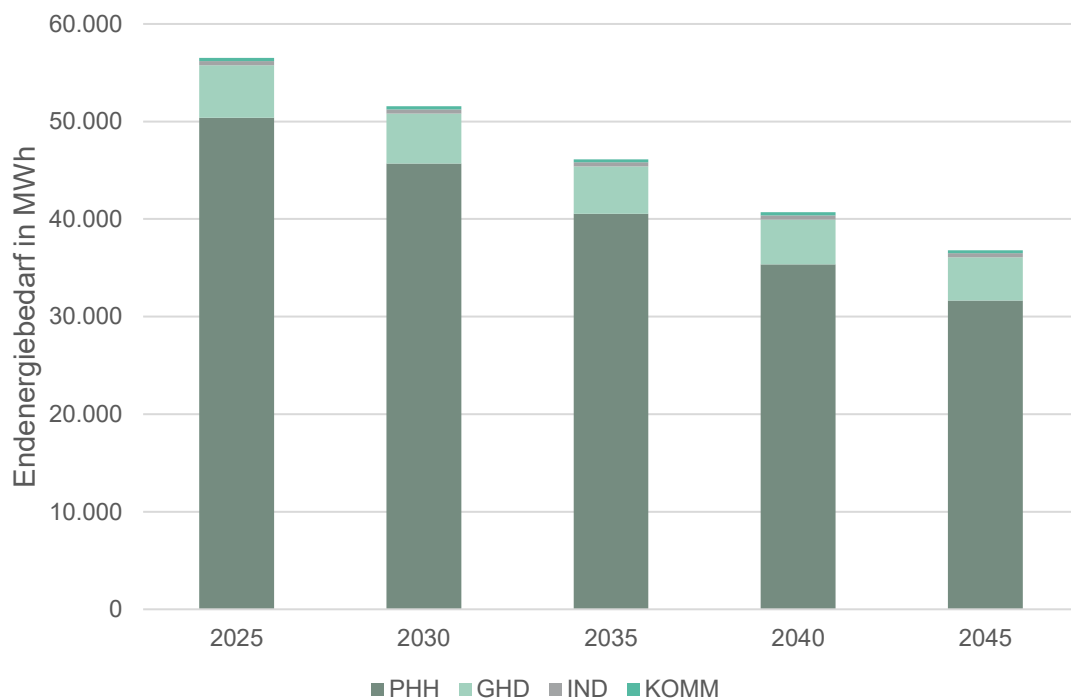


Abbildung 39: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Sektoren für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

Abbildung 40 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfs sowie die Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045. Dabei ist ein signifikanter Rückgang der fossilen Energieträger Heizöl, Erdgas und Flüssiggas zu erwarten. Gleichzeitig wird der Einsatz erneuerbarer Energieträger wie Umweltwärme, Nahwärme, Solarthermie und Biomasse zunehmen. Insbesondere Umweltwärme spielt eine außerordentlich wichtige Rolle in der Wärmeversorgung von Pyrbaum im Zieljahr, da die Transformation der Energieerzeugung in dezentral versorgten Gebieten überwiegend mit Wärmepumpen erfolgt.

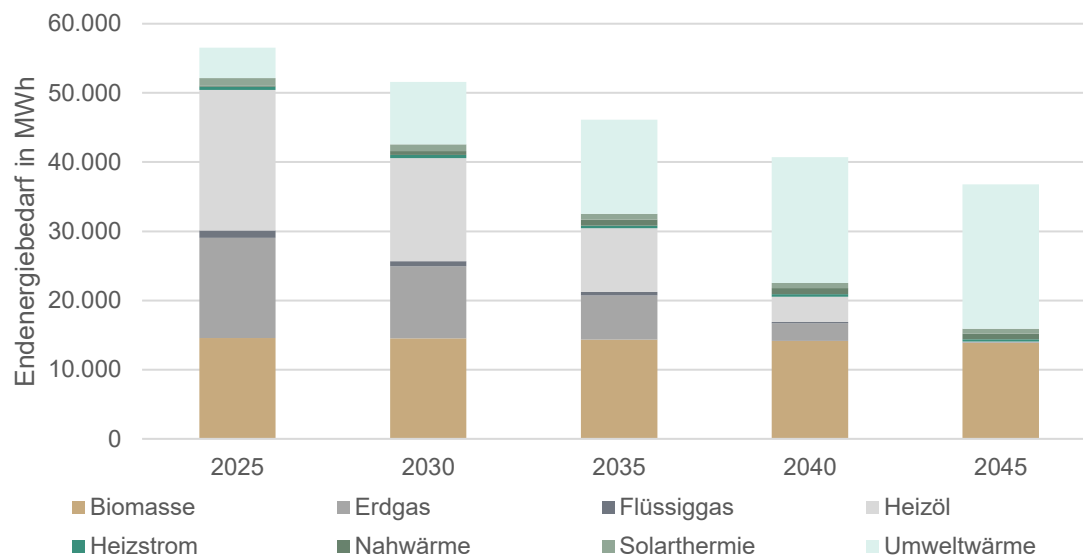


Abbildung 40: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

4.2.2 Treibhausgasemissionen

Ausgehend von der Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern zeigt Abbildung 41 die Veränderungen der Treibhausgasemissionen. Die Analyse berücksichtigt die jeweiligen Emissionsfaktoren der Energieträger sowie deren prognostizierte Entwicklung gemäß dem Technik-katalog [17].

Der Fokus liegt auf den Emissionen des Wärmesektors. Emissionen aus anderen Bereichen, wie dem Verkehr und Strom, bleiben in der Darstellung unberücksichtigt. Insgesamt ist ein deutlicher Rückgang der Treibhausgasemissionen zu erwarten.

Im Wärmesektor resultiert die Reduzierung der Emissionen aus der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien, wie etwa den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen sowie aus der Verringerung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden. Die Emissionen im Zieljahr 2045 ergeben sich aus dem Bundesstrommix (vgl. Abbildung 38).

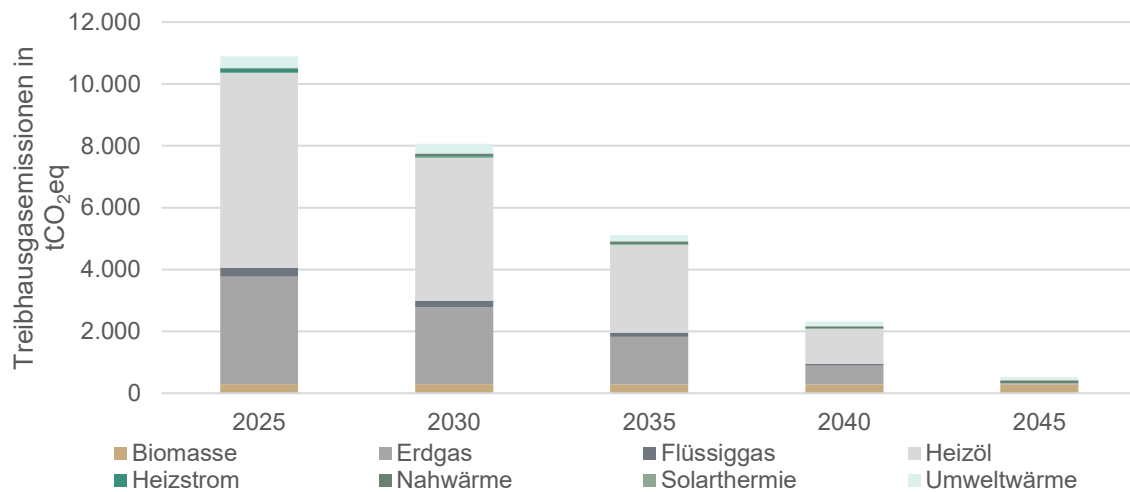


Abbildung 41: Entwicklung der THG-Emissionen aus dem prognostizierten Wärmebedarf für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

4.2.3 Leitungsgebundene Versorgung

Wie in Kapitel 4.1 erläutert, ist der Bau eines Wärmenetzes im Fokusgebiet *Rathaus* sowie *Kem-nather Straße* aus wirtschaftlicher Perspektive sinnvoll. In der Szenarienbetrachtung wird davon ausgegangen, dass der Bau dieser Netze bis 2030 beziehungsweise 2035 abgeschlossen ist und jeweils eine Anschlussquote von 60 % des im Gebiet verfügbaren Wärmebedarfs aufweisen. Diese Entwicklung ist in Abbildung 42 dargestellt. Der hellblaue Anteil veranschaulicht den durch den Bau die bis 2045 versorgten Anteile.

Im Rahmen zukünftiger Fortschreibungen der kommunalen Wärmeplanung ist diese Annahme regelmäßig zu überprüfen und an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen.

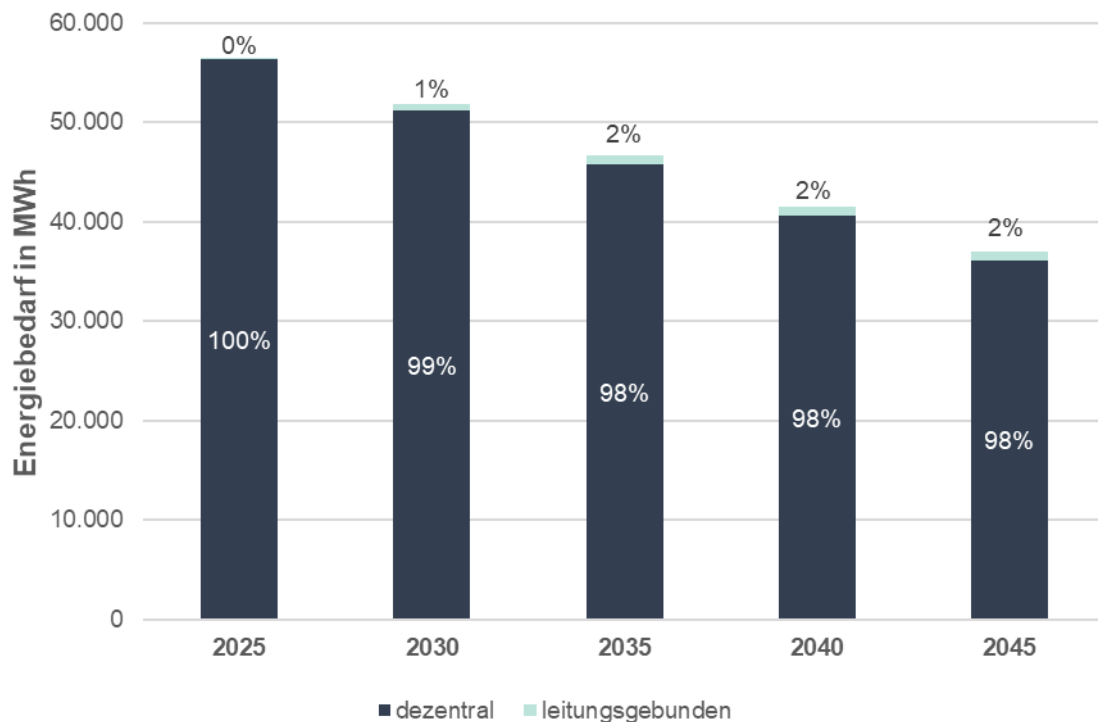


Abbildung 42: Entwicklung des Wärmebedarfs der leitungsgebundenen Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

5 Umsetzungsstrategie

Der folgende Abschnitt beschreibt die Strategie zur Umsetzung einer nachhaltigen Wärmeversorgung für Pyrbaum. Dabei werden die betrachteten Fokusgebiete und geplanten Maßnahmen detailliert vorgestellt, ergänzt durch eine Erläuterung des notwendigen Controllings, das die Umsetzung begleitet und sicherstellt.

Darüber hinaus wird das Kommunikationskonzept skizziert, das eine breite Akzeptanz und aktive Mitwirkung der relevanten Akteure fördern soll. Abschließend wird das Vorgehen zur langfristigen Verfestigung der Maßnahmen erläutert, um die nachhaltige Wärmeversorgung dauerhaft zu sichern und weiterzuentwickeln.

5.1 Fokusgebiete

Auf Basis der erhobenen Daten, Analysen und der konkreten Abstimmung mit dem Markt Pyrbaum wurden sogenannte Fokusgebiete identifiziert. Die Kommunalrichtlinie sieht die Entwicklung einer Strategie und eines Maßnahmenkatalogs zur Umsetzung und zur Erreichung der Energie- und THG-Einsparung inklusive Identifikation von zwei bis drei Fokusgebieten vor, die bezüglich einer klimafreundlichen Wärmeversorgung kurz- und mittelfristig prioritär zu behandeln sind. Für diese Fokusgebiete werden zusätzlich konkrete, räumlich verortete Umsetzungspläne dargestellt. In Abbildung 43 sind die Fokusgebiete in der *Kemnather Straße*, um das *Rathaus* und bei der *Gemeindebücherei* dargestellt. Diese Gebiete wurden unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Bestandsanalyse, wie Baualtersklassen, Wärmebedarf und Energieträger sowie mit Rücksprache mit der Kommune ausgewählt. Daneben spielt die hohe Priorität und Aktualität dieser Gebiete in der Wärmewende der Gemeinde Pyrbaum eine große Rolle. Im Folgenden werden die Fokusgebiete im Detail beschrieben, um diese Maßnahmen zu konkretisieren und eine Verwertbarkeit der Ergebnisse für die kommunalen Wärmeplanung in Pyrbaum sicherzustellen.



Abbildung 43: Übersicht der Fokusgebiete in Pyrbaum, eigene Darstellung

5.1.1 Fokusgebiet 1: Kemnather Straße

Im Osten von Pyrbaum liegt das Fokusgebiet *Kemnather Straße*, das insgesamt 10 Gebäude umfasst. Dabei handelt es sich überwiegend um Mehrfamilien- und Reihenhäuser sowie einem Nichtwohngebäude (vgl. Abbildung 44). Die Wohngebäude sowie der in der Neumarkter Straße liegende Supermarkt wurden zwischen 1996 und 2000 errichtet worden. Trotz des vergleichsweise jungen Baualters der Wohngebäude bietet sich in diesem Betrachtungsgebiet aufgrund der kompakten Bauweise und des Gebäudetyps eine leitungsgebundene Wärmeversorgung an.

Der Supermarkt ist der relevanteste Ankerkunden im Betrachtungsgebiet. Das Alter der Heizungen beträgt nach Abbildung 45 im Durchschnitt 21 Jahre. Im Betrachtungsgebiet wird nahezu ausschließlich fossil geheizt. Die nachfolgenden Abbildungen veranschaulichen die beschriebene Ausgangslage.

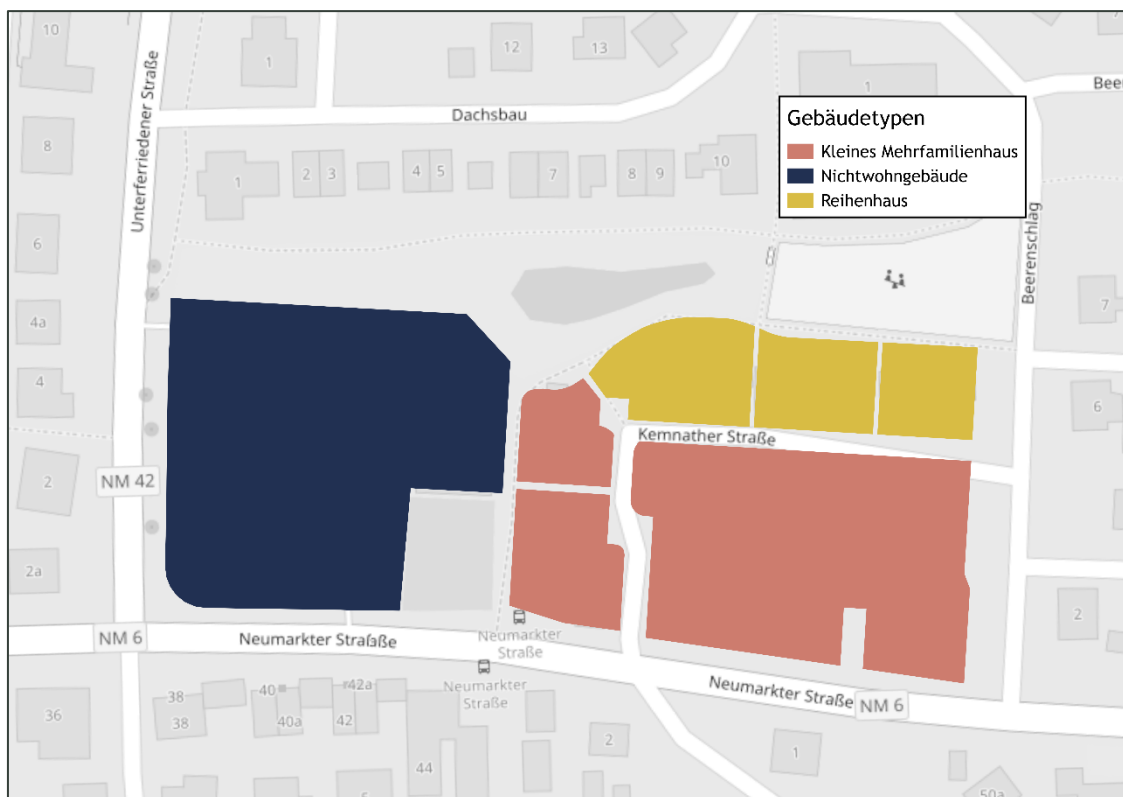


Abbildung 44: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet Kemnather Straße, eigene Darstellung

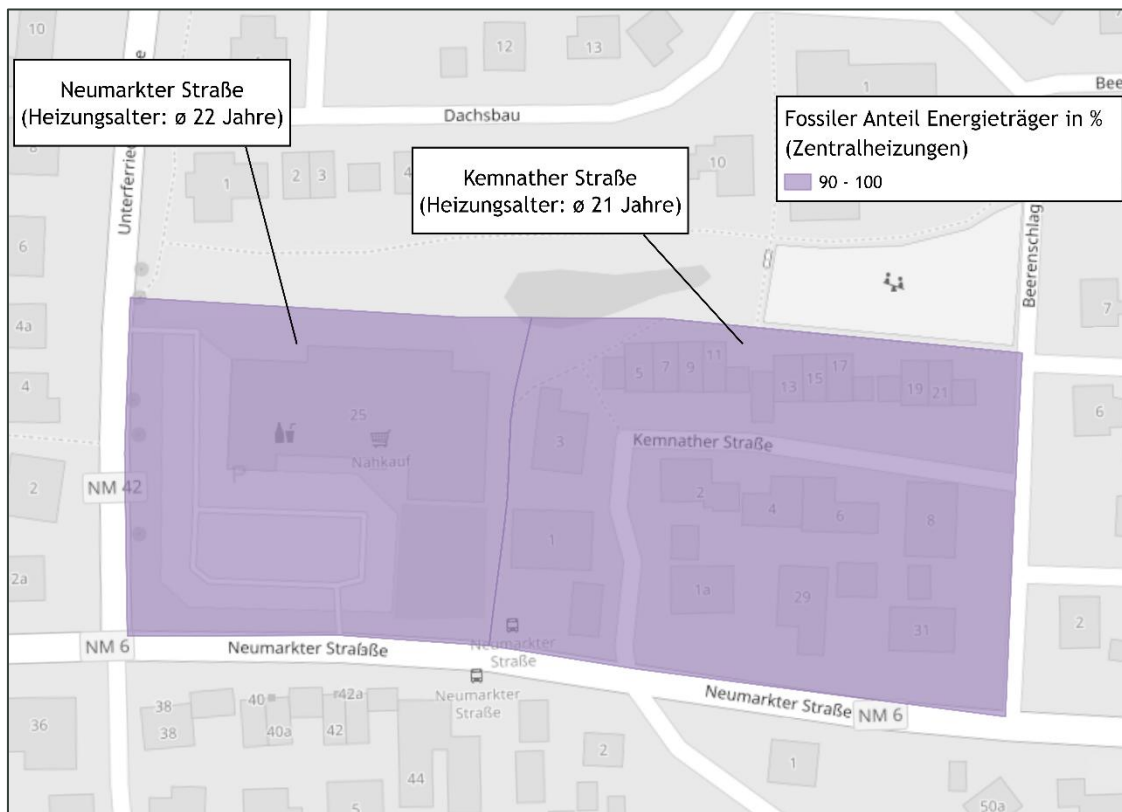


Abbildung 45: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Kemnather Straße, eigene Darstellung

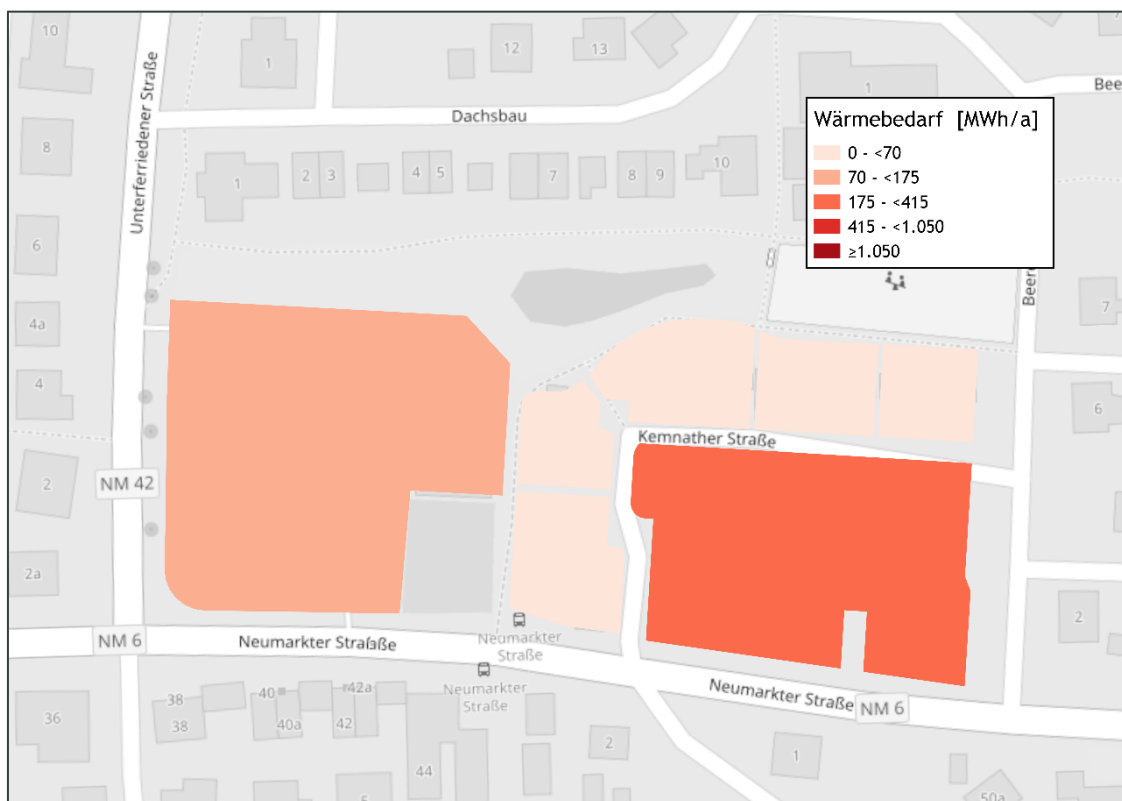


Abbildung 46: Aggregierter Wärmebedarf im Fokusgebiete Kemnather Straße (Baublockebene), eigene Darstellung

Möglicher Wärmenetzneubau

Der gesamte Wärmebedarf des Gebiets beträgt 472 MWh pro Jahr, was bei einer vollständigen Anschlussquote eine Wärmelinienlänge von 2.246 kWh/m·a ergibt. Selbst bei einer Quote von lediglich 60 % liegt der Wert noch bei guten 1.348 kWh/m·a. Aufgrund der niedrigen Anzahl an betroffenen Akteuren kann realistisch auch eine erhöhte Anschlussquote erreicht werden. Zusätzlich reduzieren sich die Tiefbaukosten durch geringeren Aufwand wie etwa durch das großflächige Öffnen von Straßenzügen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nur ein geringer Anteil des Wärmenetzes in der Kemnather Straße verlegt wird und ein merklicher Anteil in den Zuleitungen zu den Gebäuden sowie dem Supermarkt. Zur Kosteneinsparung sind auch parallel verlaufende Trassenverläufe mit einzelnen Querungen möglich. Abbildung 47 zeigt den möglichen Verlauf der Haupttrasse des Wärmenetzes.

Insgesamt ist die Realisierung des Gebäudenetzes sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvoll. Deshalb wird die Umsetzung empfohlen. Als nächster Schritt ist somit die gebietsinterne Interessensabfrage nach Eigeninitiative zu empfehlen. Bei ausreichend Interesse empfiehlt sich eine Genossenschaft als Betreibermodell (vgl. Kapitel 3.3). Darauf folgt eine technische Betrachtung durch einen Energieberater. Die förderfähigen Kosten entsprechen nach BEG zwischen 30 % und 70 % für den Neubau eines Gebäudenetzes. Die Fachplanung und Baubegleitung wird mit 50 % gefördert (Stand November 2025). Eine Netzerweiterung, wie etwa Richtung Dachsbau ist grundsätzlich möglich.

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung wird dieses Fokusgebiet somit als Wärmenetzneubaugebiet ausgewiesen. Dabei ist zu beachten, dass sich aus der kommunalen Wärmeplanung keine Rechtsfolgen ergeben. Eine Umsetzung des Gebietes als Wärmenetzgebiet erfordert einen gesonderten Marktratsbeschluss (vgl. Kapitel 1.4).



Abbildung 47: Möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes im Fokusgebiete Kemnather Straße, eigene Darstellung

5.1.2 Fokusgebiet 2: Rathaus

Im Zentrum von Pyrbaum liegt das Rathaus der Kommune. Das betrachtete Fokusgebiet umfasst insgesamt 26 Gebäude der überwiegenden Baualtersklasse 1949 – 1978. Im Gebiet befinden sich überwiegend Nichtwohngebäude, darunter das Rathaus, eine Bankfiliale sowie Kleingewerbe. Viele der in Abbildung 48 dargestellten Nichtwohngebäude sind trotz Mischnutzung von Gewerbe und Wohngebäude der Kategorie Nichtwohngebäude zugeordnet. Zusätzlich liegen einige Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser im Betrachtungsgebiet. Das Heizungsalter im Betrachtungsgebiet ist nach Abbildung 49 zwischen 21 und 30 Jahre mit einem fossilen Anteil von über 80 %, weshalb ein zeitnaher Austausch der Heizanlagen sehr wahrscheinlich ist. In den nachfolgenden Abbildungen wird die Ausgangslage des Fokusgebiets veranschaulicht.

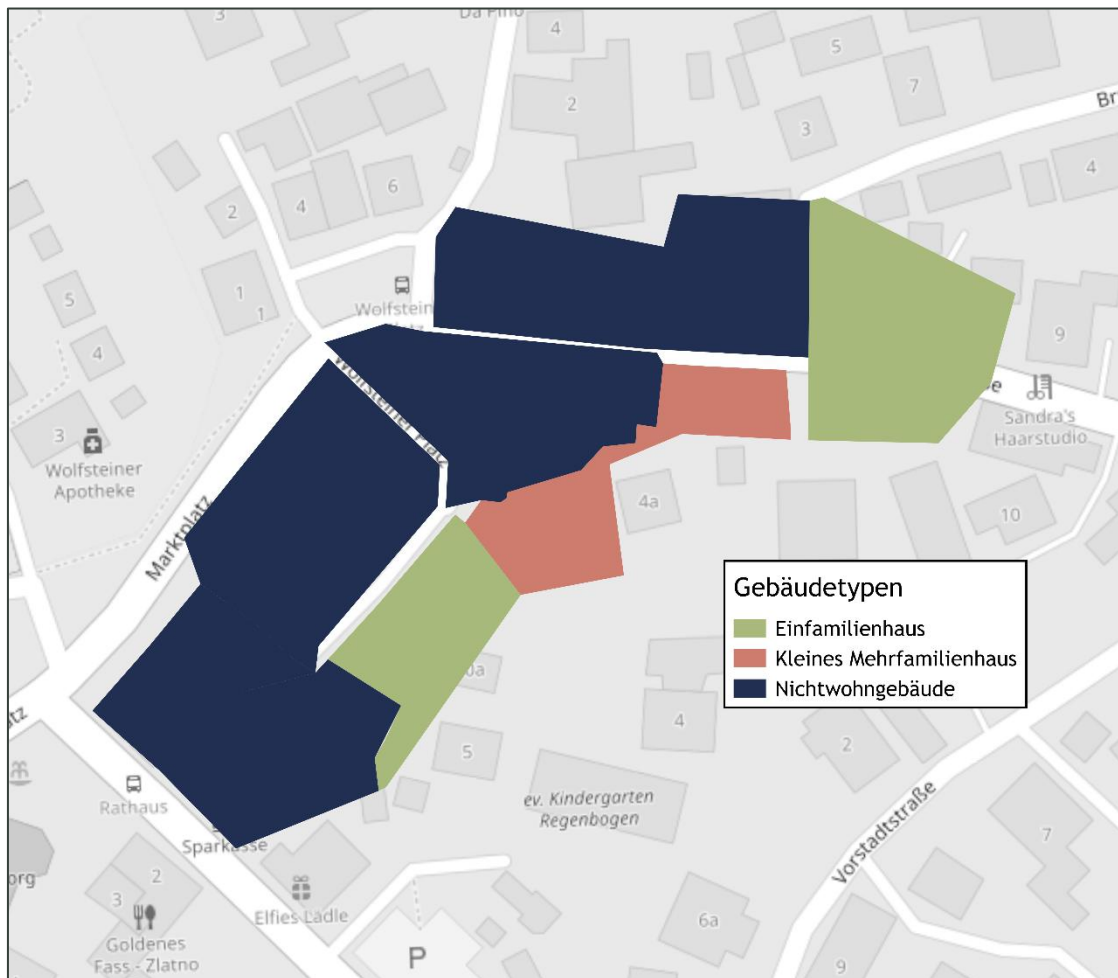


Abbildung 48: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet am Rathaus, eigene Darstellung

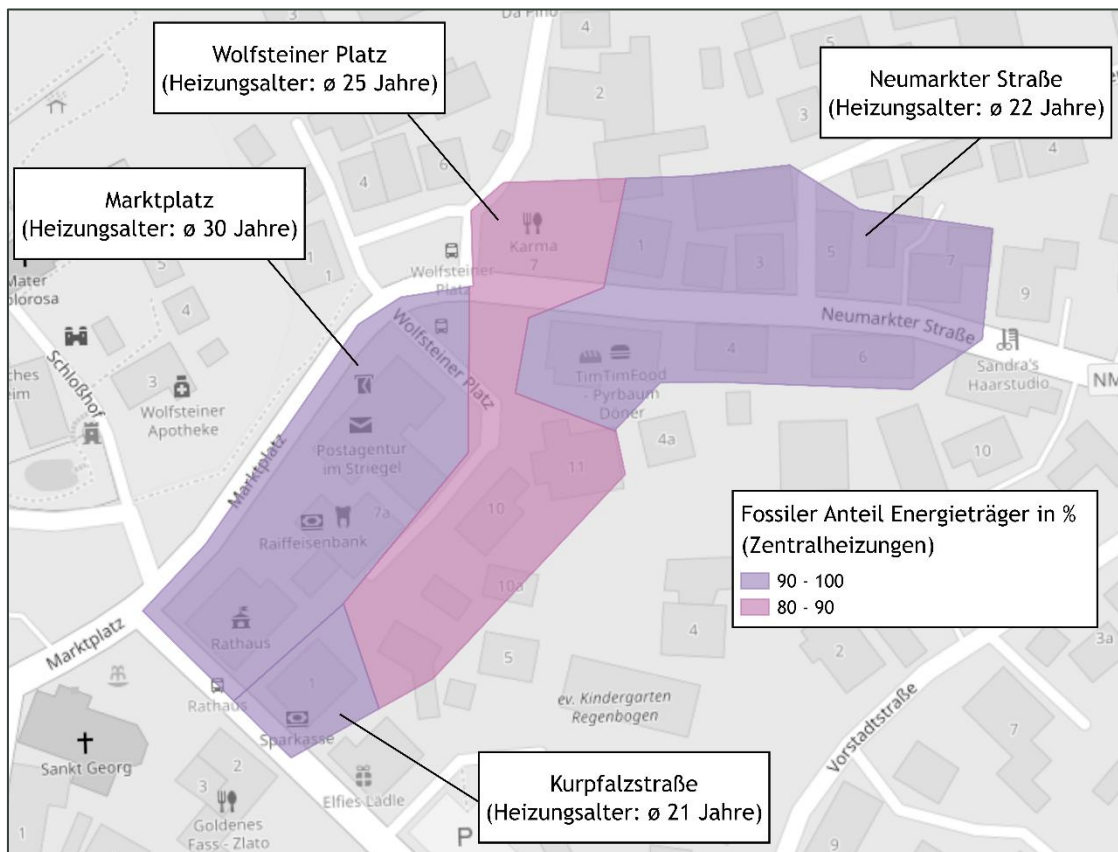


Abbildung 49: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet am Rathaus, eigene Darstellung

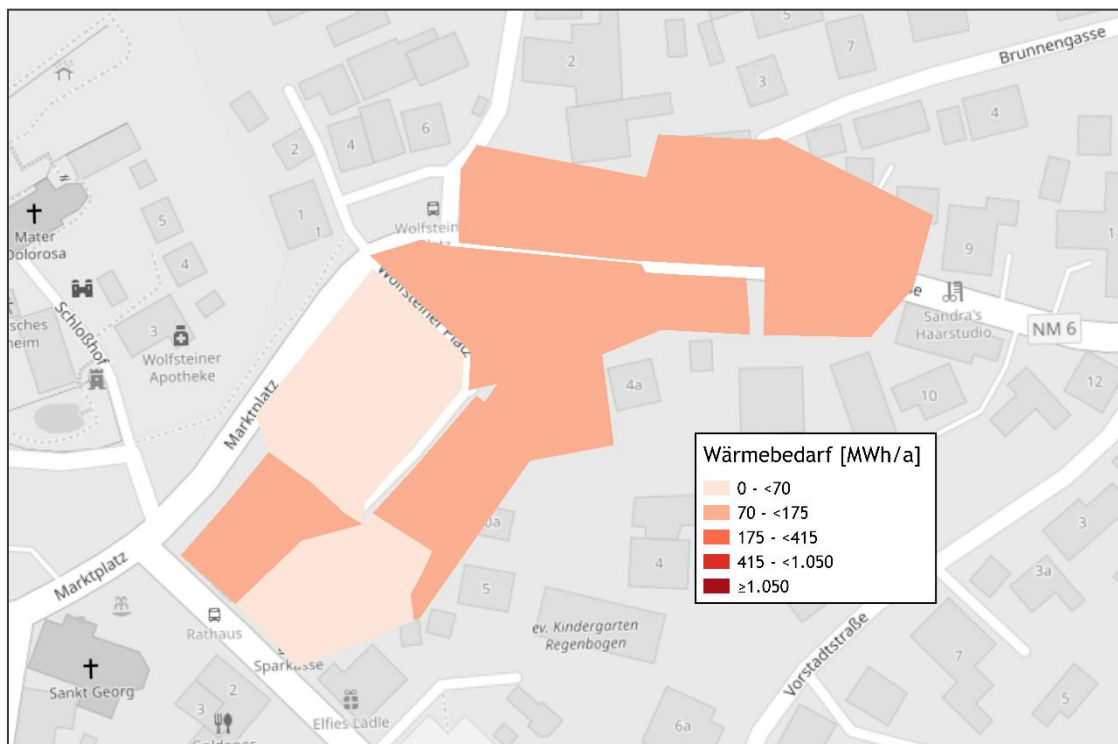


Abbildung 50: Wärmebedarf im Fokusgebiete am Rathaus, eigene Darstellung

Möglicher Wärmenetzneubau

Der Wärmebedarf des Fokusgebiets *Rathaus* beträgt 744 MWh/a und wird überwiegend durch das dort ansässige Gewerbe und den kommunalen Liegenschaften verursacht. Eine Wärmenetzuntersuchung, welche einen Haupttrassenverlauf überwiegend in der Neumarkter Straße vorsieht, ergibt eine Wärmelinienichte von 2.028 kWh/m·a bei einer Anschlussquote von 100 %. Die Liegenschaften der Kommune spielen eine wichtige Rolle und sind der Ausgangspunkt des Wärmenetzes. Vereinzelt anliegende Gebäude haben zudem Erweiterungspotenzial für den Wärmenetzanschluss, eine östliche Erweiterung des Wärmenetzes ist aufgrund der dort ebenfalls kompakten Bauweise nach der Umsetzung eines Wärmenetzes des Fokusgebiets denkbar. Der mögliche Trassenverlauf wird in Abbildung 51 dargestellt.

Auch in diesem Fokusgebiet ist ein wirtschaftlicher Betrieb möglich, weshalb die sinnvollste Versorgungsoption ein Wärmenetzneubaugebiet ist. Der nächste Schritt ist die Abklärung des Interesses zur Anschlussbereitschaft. Initiativ beziehungsweise unterstützend kann dabei die Kommune wirken. Bei positiver Rückmeldung ist eine BEW-Machbarkeitsstudie erforderlich, da es sich per Definition um ein Wärmenetz handelt. Eine BEW-Machbarkeitsstudie ist Fördervoraussetzung für den Bau eines Wärmenetzes (vgl. Kapitel 1.5.5).

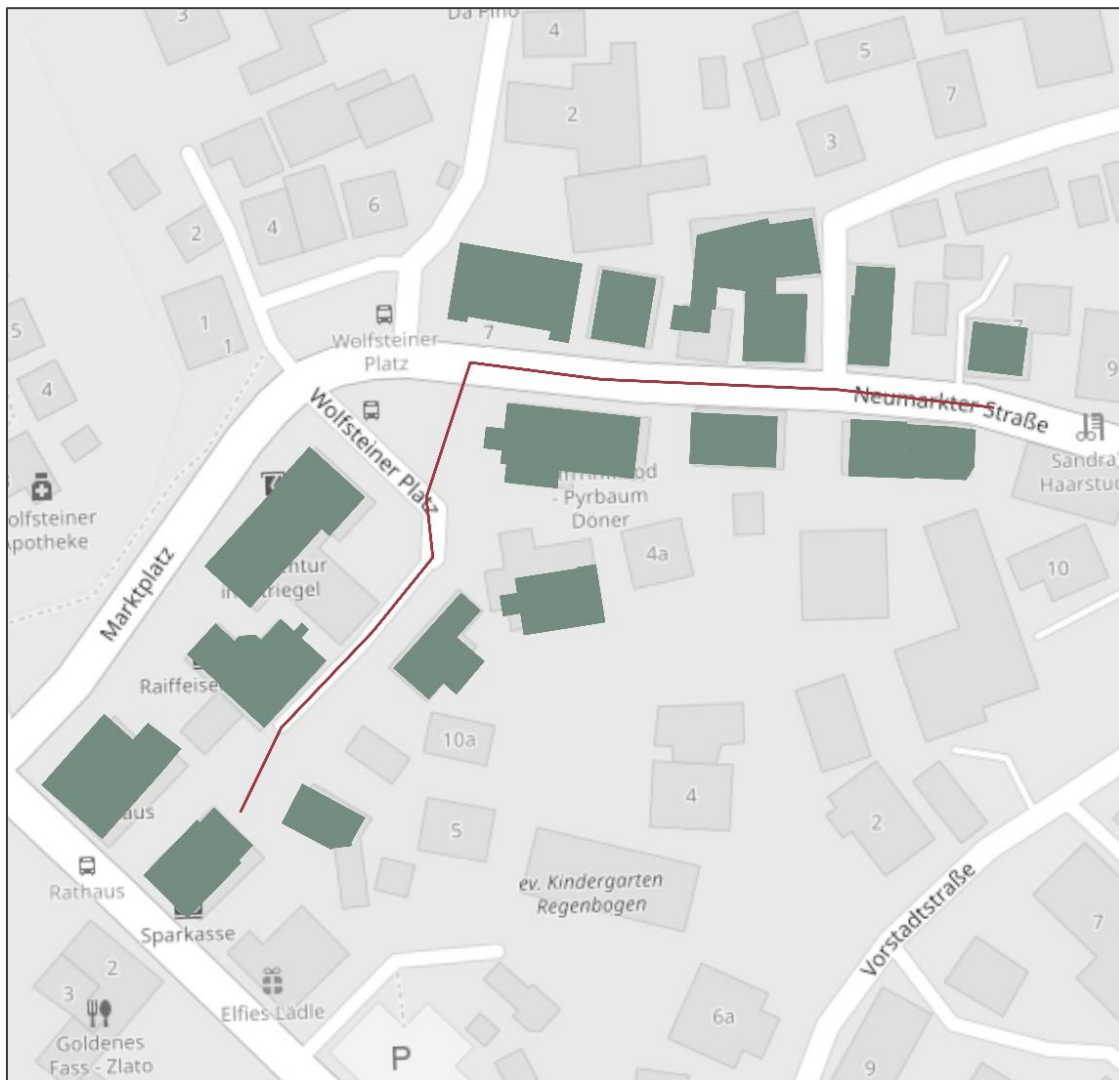


Abbildung 51: Möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes im Fokusgebiet am Rathaus, eigene Darstellung

5.1.3 Fokusgebiet 3: Gemeindebücherei

Das dritte Fokusgebiet *Gemeindebücherei* befindet sich im Zentrum von Pyrbaum zwischen dem Fokusgebiet *Rathaus* und *Kemnather Straße*. Insgesamt werden hier 14 Gebäude betrachtet, wozu auch kommunale Einrichtungen wie eine Bücherei und das Feuerwehrhaus zählen. Alle Bauwerke sind in den Jahren 1949 bis 1978 errichtet worden und werden überwiegend als Einfamilienhäuser genutzt. Außerdem befindet sich ein kleines Mehrfamilienhaus, Reihenhäuser und Nichtwohngebäude im Fokusgebiet. Das Durchschnittsalter der vorhandenen Heizanlagen beträgt nach Abbildung 52 zwischen 22 und 25 Jahre. Zudem ist der fossile Anteil der Zentralheizungen der Gebäude im Fokusgebiet über 80 %. Deshalb ist auch hier von einem zeitnahen Austausch dieser Anlagen auszugehen. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen den beschriebenen Ausgangslage.



Abbildung 52: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet Gemeindebücherei, eigene Darstellung

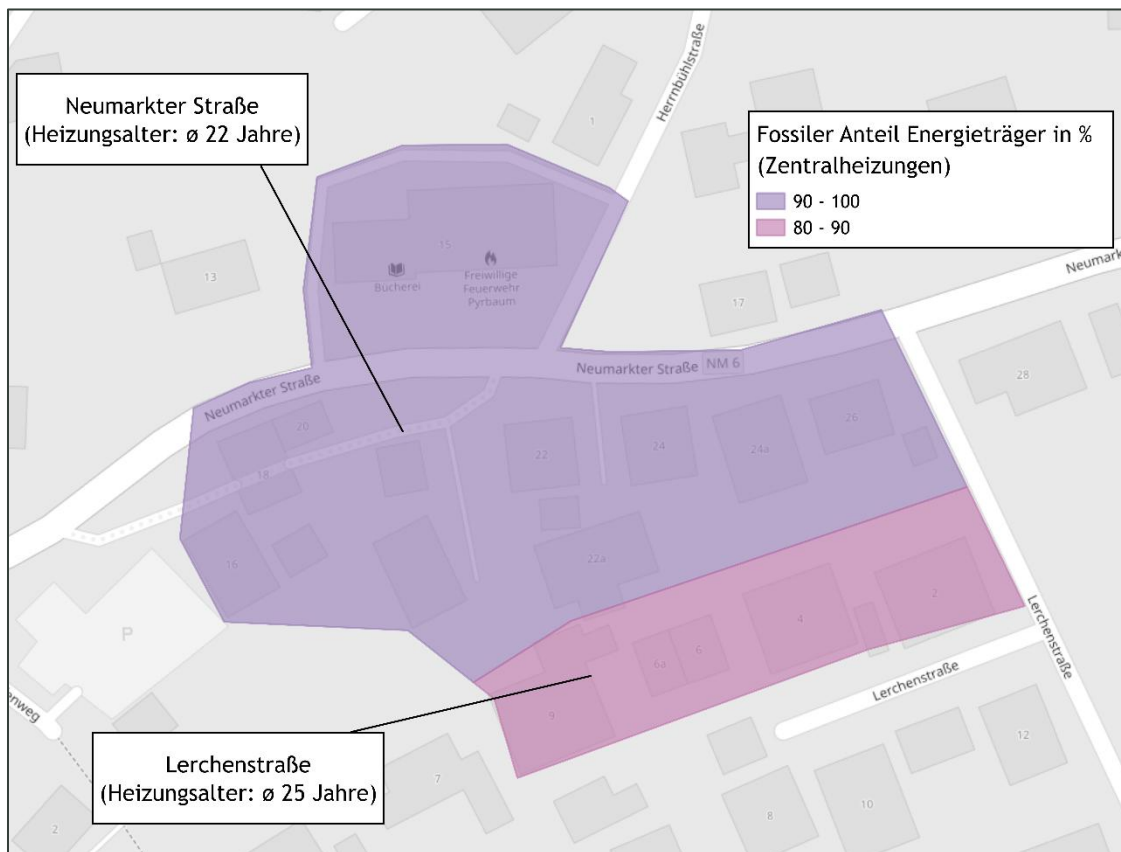


Abbildung 53: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Gemeindebücherei, eigene Darstellung

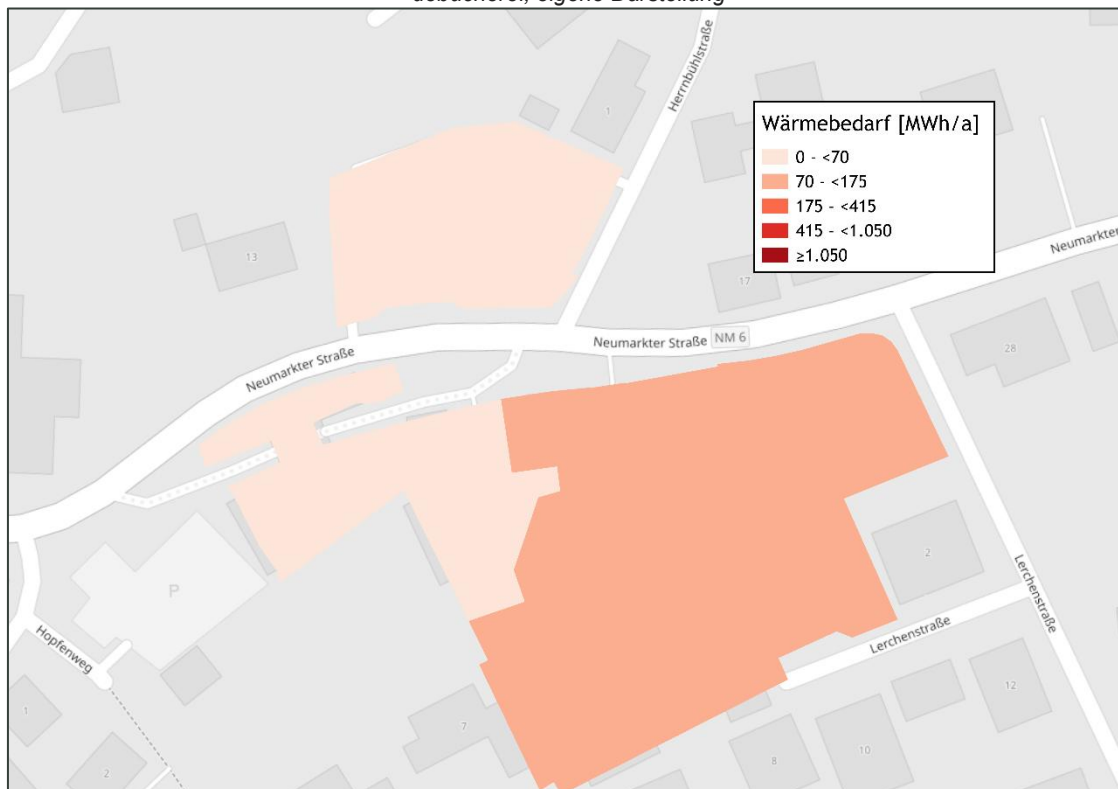


Abbildung 54: Wärmebedarf im Fokusgebiete Gemeindebücherei, eigene Darstellung

Möglicher Wärmenetzneubau

Im Betrachtungsgebiet befinden sich keine Ankerkunden, was den geringen Wärmebedarf von 279 MWh/a und die daraus resultierende Wärmelinien-dichte von lediglich 1.281 kWh/m·a begründet. Bei einer realistischen Anschlussquote von 60 % sinkt dieser Wert weiter auf 769 kWh/m·a. Durch die überwiegende Verlegung der Trasse durch vorhandene Grünflächen kann aber von geringen Tiefbaukosten ausgegangen werden.

Die Wärmelinien-dichte rechtfertigt im Betrachtungsgebiet voraussichtlich keinen wirtschaftlichen Betrieb. Ausschlaggebend ist dabei insbesondere die vorhandene Bebauungsstruktur von überwiegend Wohngebäuden des Fokusgebietes. Nachdem im Gebiet deshalb kein wirklicher Wärmebedarfsschwerpunkt zu analysieren ist sowie die kommunalen Liegenschaften der Feuerwehr etwas abgelegen liegen (vgl. Abbildung 52), bietet es sich an dieser Stelle nicht an ein Gebäude-netz zu errichten. Des Weiteren ist die Suche nach einem entsprechenden Akteur, der die Umsetzung voranbringt, bei dieser Ausgangslage erschwert. Kleinteiligere nachbarschaftliche Lösungen können im Betrachtungsgebiet dennoch wirtschaftlich betrieben werden.

Zusammengefasst bieten somit zwei der drei Fokusgebiete gute Potenziale für die leitungs-gebundene Versorgung. Diese werden dementsprechend im Maßnahmenfahrplan mitberücksichtigt (vgl. Kapitel 5.2).



Abbildung 55: Möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes im Fokusgebiet Gemeindebücherei, eigene Darstellung

5.2 Maßnahmenfahrplan für das gesamte Marktgebiet

Auf Grundlage der analysierten und identifizierten Potenziale sowie der definierten Fokusgebiete wurden gemeinsam mit dem Markt konkrete Maßnahmen analysiert und ausgewählt. Diese Maßnahmen sind detailliert in Maßnahmensteckbriefen dokumentiert, die im Anhang einsehbar sind (vgl. Kapitel 10.1).

Jeder Maßnahmensteckbrief enthält eine umfassende Beschreibung der Maßnahme, einschließlich der notwendigen Handlungsschritte, der relevanten Zielgruppen sowie der zentralen Initiatoren und Akteure, die an der Umsetzung beteiligt sind. Darüber hinaus wurden der erforderliche Aufwand und das Einsparpotenzial bewertet, um die Maßnahmen sowohl in ihrer Wirksamkeit als auch in ihrer Umsetzbarkeit zu priorisieren.

Die Entwicklung der Maßnahmen berücksichtigt die spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten des Markts. So wurde sichergestellt, dass die Maßnahmen praxisnah, zielgruppengerecht und nachhaltig wirksam gestaltet sind. In Tabelle 9 sind die Einflüsse auf den Wärmesektor dargestellt.

Tabelle 9: Maßnahmenliste mit Effekten im Sektor Wärme und Umsetzungszeiträumen, eigene Darstellung

Maß-Nr.	Beschreibung	Maßnahmen-typ	Effekt im jeweili-gen Sektor	Umsetzungszeit
-	Sanierungspotenzial	Minderung	27 %	2025 - 2045
MB3	Öffentlichkeitsarbeit: Niederschwelliges Informationsangebot	Minderung	2 %	2026 - 2045
VA1	Bereitstellung gemeindeeigener Wegeflächen für Infrastruktur	Minderung	5 %	2026 - 2045
WN1	Fokusgebiet Kemnather Straße	Substitution	283 MWh	2027 - 2030
MB1 + MB2	Beratung und Aktivierung zur energieeffizienten Gebäudesanierung und Rahmenvertrag für Fördermittelberatung	Minderung	10 %	2028 - 2045
WN2	Fokusgebiet Rathaus	Substitution	446 MWh	2030 - 2033

5.3 Controlling

Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentraler Baustein in der Umstellung von einer fossilen auf eine vollständig treibhausgasneutrale Wärmeversorgung und bedarf aufgrund ihrer Komplexität und Langfristigkeit einer Strategie zur Einführung und Umsetzung. Das Controlling fungiert dabei als zentrales Instrument zur Überwachung von Treibhausgasemissionen, Steuerung und fortlaufenden Anpassung von Maßnahmen aus dem Wärmeplan. Es sorgt dafür, dass die gesetzten Ziele termingerecht und ressourcenschonend erreicht werden. Dabei sind nicht nur die quantitative Überwachung von Indikatoren wie Treibhausgasreduktion, Anteil erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung und Energieeinsparungen von Bedeutung, sondern auch die qualitative Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Effizienz. Ein bewährter Ansatz für das Controlling der kommunalen Wärmeplanung ist der PDCA-Managementprozess (Plan, Do, Check, Act). Dieser zyklische Prozess stellt eine methodische Vorgehensweise dar, um die einzelnen Schritte der Planung zu steuern, den Fortschritt zu kontrollieren und durch gezielte Anpassungen sicherzustellen, dass die Ziele nachhaltig erreicht werden.

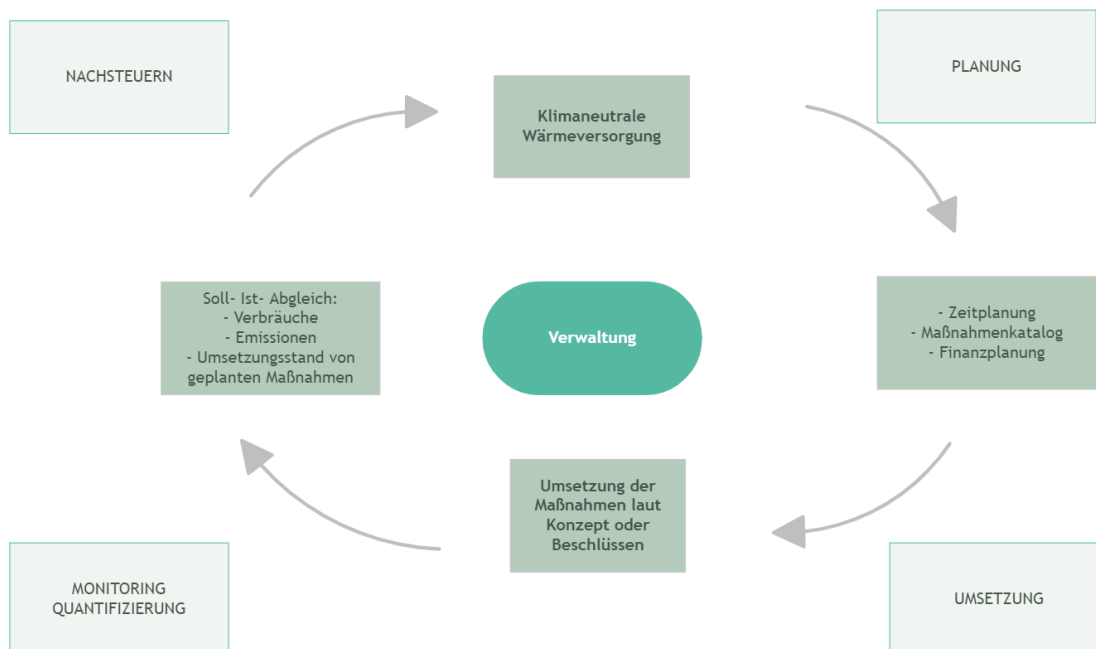


Abbildung 56: PDCA-Managementprozess, eigene Darstellung

Es wird empfohlen, den PDCA-Prozess regelmäßig durchzuführen. Zu den wichtigsten Indikatoren im Monitoring – dem Beobachten und Erfassen von Schlüsseldaten der Wärmeversorgung – gehören die emittierten Treibhausgase, der Energieverbrauch, der Anteil erneuerbarer Energien und die Sanierungsrate. Durch die systematische Erhebung dieser Daten mittels standardisiertem Erhebungsbogen wird ein Soll-Ist-Vergleich ermöglicht, der ein zentrales Element der Erfolgskontrolle darstellt und in die Nachsteuerung überführt werden kann. Für das Monitoring können die Indikatoren aus der Energie- und Treibhausgasbilanz herangezogen werden, die für das Bilanzjahr 2022 für den Markt Pyrbaum erstellt wurde (siehe Kapitel 2.3). Um die Wirksamkeit von umgesetzten Maßnahmen verfolgen zu können, wird die Fortschreibung der Energie- und Treibhausgasbilanz alle zwei Jahre empfohlen. Neben dieser Fortschreibung ist die kommunale Wärmeplanung alle fünf Jahre zu überprüfen und zu aktualisieren.

Sollten Abweichungen von den geplanten Zielen festgestellt werden, können im Rahmen des Controllings Korrekturmaßnahmen frühzeitig eingeleitet werden, um sicherzustellen, dass die Zielvorgaben für THG-Reduktion und Energieeinsparung eingehalten werden. Bei Abweichungen von Soll und Ist sind auch technologische Entwicklungen und gesetzliche Änderungen zu berücksichtigen. Die geplanten Ziele und spezifischen Maßnahmen für den Markt Pyrbaum wurden im Rahmen des Prozesses der kommunalen Wärmeplanung erarbeitet und sind in den Kapiteln 4 und 5.2 dokumentiert.

Im Rahmen des Nachsteuerns mit Korrekturmaßnahmen ist die Ursachenanalyse entscheidend, um zu verstehen, warum bestimmte Ziele nicht erreicht wurden. So können gezielte Korrekturmaßnahmen entwickelt werden. Mögliche Ursachen für das Nichterreichen der Ziele können in einer unzureichenden Planung, fehlenden Ressourcen oder einer Überlastung der umsetzenden Stellen begründet sein. Ebenso könnten technische oder rechtliche Hindernisse die Maßnahmen behindern.

Die Berichterstattung dient dazu, die Ergebnisse des kontinuierlichen Monitorings transparent an alle relevanten Akteure zu kommunizieren. Durch regelmäßige Berichte wird sichergestellt, dass die Marktverwaltung sowie die Bürger stets über den aktuellen Stand der Maßnahmen und den Fortschritt der Wärmewende informiert sind. Diese Transparenz schafft Vertrauen in den gesamten Planungsprozess und fördert die Beteiligung der Bevölkerung sowie anderer Interessengruppen.

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt eine mögliche Übersicht, wie das Maßnahmenmonitoring und -controlling in der Verwaltung niedrigschwellig umgesetzt werden kann. Dabei wird in den ersten Spalten das Ziel der Maßnahme und der Indikator zur Bewertung festgelegt. Während des Maßnahmenmonitorings werden dann in den weiteren Spalten der Ist-Wert mit dem Soll-Wert verglichen, Ursachen analysiert und Korrekturmaßnahmen sowie nächste Schritte definiert.

Tabelle 10: Beispielhafter Aufbau einer Übersicht des Maßnahmenmonitoring und -controlling

Maßnahme	Ziel	Indikator	Soll-Wert	Ist-Wert	Abwei- chung	Ursache	Korrektur- maß- nahme	Nächster Schritt	Überprüfungstermin

5.4 Kommunikation

Eine effektive Kommunikationsstrategie ist für die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung und Wärmewende unerlässlich. Sie stellt sicher, dass alle relevanten Akteure oder Zielgruppen– von der Marktverwaltung über Unternehmen bis hin zur Bevölkerung – regelmäßig und auf geeigneten Kanälen über die Ziele, Meilensteine und Fortschritte der Wärmeplanung informiert werden. Transparente und konsistente Kommunikation trägt nicht nur dazu bei, Vertrauen aufzubauen, sondern auch die Akzeptanz der geplanten Maßnahmen zu fördern und mögliche Hemmnisse abzubauen. Eine klare und offene Kommunikation ermutigt die Akteure, sich aktiv an der Wärmewende zu beteiligen.

Für eine gezielte Ansprache der verschiedenen Zielgruppen ist ein differenzierter Ansatz erforderlich. Angesichts der unterschiedlichen Interessen und Bedürfnisse der Akteure ist der Einsatz vielfältiger Kommunikationskanäle sinnvoll. Dabei können Multiplikatoren, wie etwa lokale Vereine, Medienschaffende oder Politiker, eine entscheidende Rolle spielen, indem sie Informationen glaubwürdig und effizient verbreiten.

5.4.1 Beteiligung während der Erstellung der Wärmeplanung

Im Rahmen der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurden verschiedene Akteure einbezogen. Neben der Öffentlichkeit wurde auch den örtlichen Unternehmen die Möglichkeit gegeben, einen Einblick in den Zwischenstand der kommunalen Wärmeplanung zu erhalten.

Den Auftakt bildete der Kick-Off am 03. Dezember 2024, bei dem die Ziele und der Ablauf der kommunalen Wärmeplanung vorgestellt wurden. Hierbei wurden die grundlegenden Schritte, der zeitliche Rahmen sowie die weiteren Schritte erläutert.

Die öffentliche Beteiligung erfolgte am 22. Oktober 2025 im Bürgerhaus in Pyrbaum. Dabei wurden die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung, ihre rechtlichen Auswirkungen auf Gebäudeeigentümer, das allgemeine Vorgehen sowie die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz vorgestellt. Im Anschluss an die Präsentation fand eine Frage- und Antwortrunde zusammen mit zwei örtlichen Energieberatern statt, in der die Bürger ihre Anliegen und Fragen einbringen konnten.

Im Gemeinderat wurde am 19. November 2025 die Abschlusspräsentation vorgestellt. Dabei wurden konkrete Ergebnisse wie die Gebietseinteilung, die Fokusgebiete und das Zielszenario vorgestellt.

5.4.2 Strategien für eine transparente und bürgernahe Kommunikation

Die Wahl der richtigen Kommunikationskanäle ist von entscheidender Bedeutung. Eine zielgerichtete Kombination aus traditionellen und digitalen Medien sorgt dafür, dass alle relevanten Zielgruppen erreicht werden. Dafür ist in Pyrbaum insbesondere das monatlich erscheinende Mitteilungsblatt geeignet. Ergänzend für den Informationsaustausch ist die lokale Presse (z.B. Nürnberger Nachrichten oder Mittelbayerische Zeitung) und die Sozialen Medien, wie *Facebook* oder *Instagram* zu empfehlen. Zusätzlich ist der Reiter auf der markteigenen Website zur Wärmeplanung mit den anschaulichen Inhalten der Wärmeplanung weiter aufrufbar. Für Belange bezüglich der Wärmeplanung kann das Bauamt kontaktiert werden.

Die Öffentlichkeit ist kontinuierlich über den aktuellen Stand und wichtige Meilensteine der Wärmeplanung zu informieren. Regelmäßige Veröffentlichungen und Veranstaltungen, beispielsweise einmal jährlich, im Rahmen der Bürgerversammlung bieten eine verlässliche Informationsquelle. Je nach Kommunikationskanal empfiehlt es sich Inhalte passend aufzubereiten. Dies ist in Tabelle 11 zusammengefasst.

Tabelle 11: Kommunikationskanäle und Darstellungsmöglichkeiten, eigene Darstellung

Kanal	Darstellungsmöglichkeiten
Zeitungen	Pressemitteilungen mit Inhalten des Reportings
Mitteilungsblatt	Artikel zu aktuellem Sachstand, abgeschlossener Maßnahmen und Neuerungen, Verweis auf Fördermöglichkeiten, Verweis auf bevorstehende Informationsveranstaltungen
Soziale Medien	Werbung für bevorstehende Veranstaltungen, Hinweise auf kurzfristige Änderungen, Kacheln mit einer Informationsübersicht mit Verweis auf die Website zur weiteren Erläuterung, Videos zum Ergebnis realisierter Projekte
Website	Zentraler Ort, der alle Informationen sammelt. Fließtexte, FAQs, Pressemitteilungen, Veröffentlichung von Karten und aktueller Wärmeplan zum Download, Verweis auf Fördermöglichkeiten, Verweis auf bevorstehende Informationsveranstaltungen oder Veröffentlichungen in der Politik

Die Website der Kommune soll als zentrale Informationsplattform dienen. Alle relevanten Inhalte – von Plänen über Termine bis hin zu häufig gestellten Fragen – müssen stets aktuell und leicht zugänglich sein. Zudem können hier Online-Umfragen und Konsultationen bereitgestellt werden, um Meinungen von Bürgern für eine fortwährende Beteiligung einzuholen.

Das Mitteilungsblatt kann über Zwischenschritte und Meilensteine informieren. Ein halbjährlicher Turnus wird empfohlen, wodurch ein guter Intervall zum regelmäßigen Austausch gegeben ist, die auch die mittel- bis langfristigen Maßnahmen der Wärmeplanung gut abdecken kann. Die Möglichkeit zur Ansprache aller Gemeindeglieder sollte unbedingt genutzt werden.

Soziale Medien spielen indes auch eine zentrale Rolle, da eine flexible und interaktive Ansprache ermöglicht wird. Plattformen wie *Facebook* und *Instagram* werden in der Kommune bereits genutzt und bieten die Möglichkeit, Ankündigungen, Kurzvideos zu einzelnen Schritten der Planung oder Umfragen unkompliziert zu verbreiten und in den Dialog mit der Bevölkerung zu treten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das aktive Zuhören. Die Anliegen der Öffentlichkeit sollten ernst genommen werden und die Gemeindeverwaltung sollte Möglichkeiten für Kommentare und einen Dialog schaffen – sei es per E-Mail, über ein Kontaktformular auf der Website der Kommune oder durch Informationsveranstaltungen. Auf diese Weise kann die Marktverwaltung konstruktives Feedback erhalten und darauf eingehen, um den Prozess gemeinsam mit den Bürgern voranzutreiben. Die zielgerichtete und klare Aufbereitung der Inhalte ist von besonderer Bedeutung. Die Informationen müssen gut strukturiert und fachlich präzise sein. Dabei ist jedoch darauf zu achten, eine für die Bürger gut verständliche Sprache zu verwenden. Abbildungen und Beispiele können dabei helfen, komplizierte Sachverhalte zu veranschaulichen und zugänglicher zu machen. Im Folgenden sind mögliche Inhalte für die Öffentlichkeitsarbeit aufgeführt, die über verschiedene Kommunikationskanäle vermittelt werden können.



Abbildung 57: Mögliche Inhalte der Öffentlichkeitsarbeit, eigene Darstellung

5.5 Verstetigung

Eine Verstetigungsstrategie für die kommunale Wärmeplanung zielt darauf ab, die langfristige Umsetzung und Fortschreibung der Wärmeplanung zu sichern. Dies umfasst auch Aufgaben aus dem Controllingkonzept und der Kommunikationsstrategie. Durch eine nachhaltige Verankerung und den Ausbau von Verwaltungsstrukturen wird gewährleistet, dass die Wärmeplanung dauerhaft zur Wärmewende und damit zur Erreichung der Klimaziele beiträgt.

Ein wesentlicher Schritt für eine erfolgreiche kommunale Wärmeplanung ist die feste Integration dieser Prozesse in die Verwaltungsstruktur. Dazu gehört die Implementierung einer festen Ansprechperson, die die übergeordnete Steuerung und Koordination sowie Kommunikation der Wärmeplanung übernimmt. Diese Person fungiert als zentrale Schnittstelle zwischen verschiedenen Akteuren und sorgt dafür, dass die Planungen kontinuierlich weiterentwickelt und an aktuelle Anforderungen angepasst werden (Maßnahmencontrolling). Zu berücksichtigen ist auch, dass die entsprechende Stelle ebenso die fortlaufende Kommunikation übernehmen sollte. So kann sichergestellt werden, dass alle relevanten Inhalte und somit ein konsistentes Bild nach außen transportiert werden. Alle Inhalte sollten von dem jeweiligen Vorgesetzten freigegeben werden. Mit diesen Freigabemechanismen sollen mögliche Missverständnisse vermieden werden und eine ganzheitliche Kommunikation von der Kommune an die Bürger sichergestellt werden.

Der erste Wärmeplan wurde vom Bauamt in Zusammenarbeit mit dem Bayernwerk Netz und INEV erstellt. Da die Wärmeplanung als strategisches Planungsinstrument ähnlich wie der Flächennutzungs- oder Bebauungsplan fungiert, wird empfohlen, die Fortführung ebenfalls in diesem Fachbereich zu belassen. So können Schnittstellen zu relevanten Aufgabenbereichen wie Gebäudemanagement, Straßenbau, Bauleitplanung, Bauanträgen und Denkmalschutz effizient genutzt werden.

Mittlerweile hat der Freistaat Bayern die Bundesvorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) auf Landesebene umgesetzt. Am 2. Januar 2025 trat die Verordnung zur "Ausführung energiewirtschaftlicher Vorschriften" (AVEn) in Kraft, die die finanzielle Unterstützung der Kommunen regelt, um die Kosten der Wärmeplanung deckt. Zusätzlich stellt der Freistaat Bayern einen finanziellen Ausgleich in Form sogenannter Konnexitätszahlungen zur Verfügung. Diese Ausgleichszahlungen gelten auch rückwirkend für bereits abgeschlossene Wärmeplanungen und sollen die Mehrbelastung der Kommunen vollständig kompensieren. Pyrbaum hat die Möglichkeit, diese in Anspruch zu nehmen.

Es wird empfohlen, im entsprechenden Fachbereich einen Ansprechpartner für die Wärmeplanung zu ernennen. Angesichts der interdisziplinären Anforderungen der Maßnahmen könnte geprüft werden, ob über diese Stelle auch weitere Klimaschutzaufgaben koordiniert werden können. Die zentralen Aufgaben umfassen:

- Monitoring und Controlling
- Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation
- Berichterstattung
- Maßnahmenumsetzung

6 Fazit

Die kommunale Wärmeplanung des Markts Pyrbaum stellt eine strategische Grundlage für die langfristige Transformation der Wärmeversorgung hin zur Treibhausgasneutralität dar. Der vorliegende Bericht bietet eine detaillierte Bestandsaufnahme, analysiert die energetische Ausgangssituation und zeigt auf, welche Potenziale für erneuerbare Energien sowie Effizienzmaßnahmen im Gemeindegebiet bestehen. Dabei wurden die unterschiedlichen Siedlungsstrukturen, Energieinfrastrukturen und sektoralen Anforderungen berücksichtigt.

Zentrales Ergebnis der Planung ist die Aufteilung des Gemeindegebiets in verschiedene Wärmeversorgungsgebiete, die jeweils spezifische Strategien erfordern. In den Gebieten *Rathaus* und *Kemnather Straße* bestehen langfristige Möglichkeiten zur Umsetzung leitungsgebundener Wärmeversorgungen, was durch die kompakten Bauweisen, den teilweise vorhandenen Ankerkunden und einen günstigen Trassenverlauf zu begründen. Die Vorteile von Wärmenetzen und deren Betreibermöglichkeiten werden in den Kapiteln 1.2, 3.1 und 3.3 erläutert. Gleichzeitig zeigt sich für dezentrale Siedlungsbereiche – wie alle weiteren Ortsteile von Pyrbaum und den Nebenorten ein hoher Handlungsbedarf im Bereich dezentraler, klimafreundlicher Heizsysteme.

Ein erheblicher Hebel zur Reduktion des zukünftigen Wärmebedarfs liegt im Gebäudebestand. Hier bieten energetische Sanierungsmaßnahmen großes Potenzial, um die Wärmenachfrage zu senken und die Grundlage für eine effiziente Einbindung erneuerbarer Energien zu schaffen. Ergänzend dazu können dezentrale Technologien wie Wärmepumpen und Solarthermie sowie das Nutzen von Biomasse wichtige Beiträge leisten. Aufgrund der geringen Potenziale zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung ist die Gebäudesanierung der größte Hebel, der in der Kommune existiert. Der Markt Pyrbaum unterstützt Maßnahmen der Energieeffizienz bereits überdurchschnittlich, wie etwa durch einen Zuschuss bei einem Hausgerätetausch (vgl. 10 Anhang Maßnahme MB 1).

Der Markt Pyrbaum hat mit dieser Planung einen ersten wichtigen Schritt hin zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung vollzogen. In den kommenden Jahren gilt es, auf dieser Basis konkrete Maßnahmen zu priorisieren, Fördermittel gezielt zu nutzen, die Kommunikation mit der Bürgerschaft zu intensivieren. Die im Wärmeplanungsgesetz vorgesehene Fortschreibung im Fünfjahresrhythmus ermöglicht es, neue technologische Entwicklungen, regulatorische Rahmenbedingungen sowie veränderte lokale Gegebenheiten fortlaufend zu integrieren.

Die kommunale Wärmeplanung bietet somit nicht nur eine planerische Orientierung, sondern auch eine Chance, die energetische Zukunft der Gemeinde aktiv, wirtschaftlich tragfähig und sozial ausgewogen zu gestalten.

7 Verweise

- [1] B. Vermessungsverwaltung, „Geodaten Bayern 3D-Gebäudemodelle,“ 2025. [Online]. Available: <https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=lod2>.
- [2] B. u. V. B. Landesamt für Digitalisierung, „Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®),“ München, 2025.
- [3] B. L. f. S. u. Datenverarbeitung, „Zensus 2011: Gemeindedaten Gebäude und Wohnungen,“ München, 2014.
- [4] OpenStreetMap contributors, „OpenStreetMap,“ OpenStreetMap Foundation, 2025. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org>. [Zugriff am 2025].
- [5] S. Ortner, A. Paar, L. Johannsen, P. Wachter, D. Hering und M. Pehnt, „Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche,“ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al., Heidelberg, 2024.
- [6] I. f. W. u. Umwelt, „Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU,“ Darmstadt, 2013.
- [7] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.), „Leitfaden Energieausweis,“ dena, Berlin, 2015.
- [8] B. G. L. S. P. W. D. N. R. Frank Dünnebeil, „BISKO Bilanzierungssystematik Kommunal - Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland,“ Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Berlin, 2024.
- [9] A. S. S. G. Wolfram Knörr, „Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Energieeinsätze und Emissionen des zivilen Flugverkehrs - TREMOD AV,“ ifeu Institut für Energie und Umweltforschung, Heidelberg, 2012.
- [10] U. Bayern, „www.umweltatlas.bayern.de,“ Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2025. [Online]. Available: <https://www.umweltatlas.bayern.de/mapapps/resources/apps/umweltatlas/index.html?lang=de>. [Zugriff am 20 Januar 2025].
- [11] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Kurzgutachten - Eignungsprüfung für die kommunale Wärmeplanung,“ München, 2025.
- [12] „[GGSC] - Oberflächennahe Geothermie,“ [Gaßner, Groth, Siederer & Coll.], [Online]. Available: <https://www.ggsc.de/referenzen/oberflaechennahe-geothermie>. [Zugriff am 22 08 2024].
- [13] Deutscher Wetterdienst, „Rasterdaten der vieljährigen mittleren Jahressummen für die Globalstrahlung auf die horizontale Ebene basierend auf Boden- und Satellitenmessungen,“ [Online]. Available: https://dwd-geoportal.de/products/GRD_DEU_P30Y_RAD-G_P1Y/. [Zugriff am 10 10 2025].
- [14] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Wald im Wandel, 2022.]
- [15] D. N. Diefenbach, M. Großklos und D. A. Enseling, „Auf dem Weg zur Klimaneutralität: Kosten und CO2-Emissionen bei der Wohngebäude-Wärmeversorgung,“ Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2025.
- [16] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Faustzahlen, 2025.]
- [17] N. Langreder, F. Lettow, M. Sahnoun, S. Kreidelmeyer, A. Wünsch und S. Lengning, „Technikkatalog Wärmeplanung,“ ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, Heidelberg, 2024.

8 Glossar

Abwärme – Wärme, die als Nebenprodukt in Industrie, Gewerbe oder Kraftwerken entsteht. Statt sie ungenutzt entweichen zu lassen, kann sie für Heizung oder Warmwasser genutzt werden.

Amortisationszeit – Zeitraum, bis die Investitionskosten einer Maßnahme (z. B. Dämmung der Außenwände, Erneuerung der Heizung) durch Energieeinsparungen wieder ausgeglichen sind.

CO₂-Äquivalente (CO₂eq) – CO₂-Äquivalente geben an, wie viel ein Treibhausgas zur Erderwärmung beiträgt – im Vergleich zur gleichen Menge Kohlenstoffdioxid. Sie sind eine vereinheitlichte Messgröße, mit der alle Treibhausgasemissionen zusammengefasst und verglichen werden können.

Dekarbonisierung – Verringerung von CO₂-Emissionen durch Nutzung erneuerbarer Energien statt fossiler Brennstoffe wie Öl oder Gas.

Effizienzhaus-Standard – Einstufung, wie energiesparend ein Gebäude ist. Je niedriger die Zahl (z. B. Effizienzhaus 40), desto weniger Energie wird benötigt.

Fernwärme – Wärme wird zentral (z. B. in einem Heizkraftwerk) erzeugt und über ein Leitungsnetz zu vielen Gebäuden transportiert.

Geothermie – Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder Grundwasser. Die Temperaturniveau wird oft über Wärmepumpen angehoben und nutzbar gemacht.

Kommunale Wärmeplanung – Gesetzlich geregelter Prozess, bei dem eine Kommune untersucht, wie sie ihre Wärmeversorgung klimafreundlich umbauen kann.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – Technik, die gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Dadurch wird Energie besonders effizient genutzt.

Nahwärme – Wie Fernwärme, aber für kleinere Gebiete (z. B. ein Dorf oder ein Stadtviertel). Die Abgrenzung zur Fernwärme erfolgt üblicherweise über die räumliche Ausdehnung und die Größe des Versorgungsnetzes.

Treibhausgasemissionen – Gase wie CO₂ oder Methan, die zum Klimawandel beitragen.

Treibhausgasneutral – der Ausstoß und der Abbau von Treibhausgasen stehen im Gleichgewicht. Es werden nicht mehr Treibhausgase ausgestoßen, als durch natürliche oder technische Prozesse wieder gebunden oder kompensiert werden können.

Wärmebedarf – berechnete Energiemenge, die nötig ist, um ein Gebäude zu heizen und Warmwasser bereitzustellen.

Wärmelinienichte – bezeichnet die spezifische Wärmebedarfsmenge pro Trassenmeter eines potenziellen Wärmenetzes und dient als Indikator für die Wirtschaftlichkeit einer Netzauslegung.

Wärmeverbrauch – tatsächlich gemessene Energiemenge, die ein Gebäude zum Heizen und für die Warmwasserbereitung benötigt.

9 Abkürzungsverzeichnis

AVEn	Ausführung energiewirtschaftlicher Vorschriften
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAK	Baualtersklasse
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	BEG Einzelmaßnahmen
BEG NWG	BEG Nichtwohngebäude
BEG WG	BEG Wohngebäude
BEG KFN	BEG Klimafreundlicher Neubau
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO₂eq	CO₂-Äquivalente
COP	Coefficient of Performance
DN	Durchmesser Nennweite
EH	Effizienzhaus
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FAQ	Frequently Asked Questions
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe-Handel-Dienstleistungen
H₂	Wasserstoff
IND	Industrie
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
iKWK	intelligente KWK-Systeme
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
K	Kelvin

KOMM	Kommunale Einrichtungen
KRL	Kommunalrichtlinie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
LoD	Level-of-Detail
Maß-Nr.	Maßnahmen-Nummer
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Managementprozess)
PHH	Private Haushalte
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgasemissionen
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizienz
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WSchV	Wärmeschutzverordnung

10 Anhang

10.1 Maßnahmenkatalog

Die folgenden Abschnitte zeigen den individuellen Maßnahmenkatalog für den Markt Pyrbaum, welcher verschiedene Handlungsfelder umfasst. Diese Maßnahmen wurden in Zusammenarbeit mit der Kommune entwickelt. Zu einigen Maßnahmen wurden bereits erste Schritte unternommen, jedoch ist eine konsequente Weiterführung notwendig, um das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu erreichen.

Solarstrategie für kommunale Liegenschaften und Optimierung des Eigenverbrauchs

Verbrauchen & Vorbild (VV1)

Investiv

Die Installation von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen auf Dachflächen kommunaler Liegenschaften zielt darauf ab, den Anteil erneuerbarer Energien in der Kommune zu erhöhen, die CO₂-Emissionen zu reduzieren und die energetische Eigenversorgung kommunaler Gebäude zu verbessern. Dadurch soll ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele geleistet und die Vorbildfunktion des Markts im Bereich nachhaltiger Energieversorgung gestärkt werden.

Beschreibung

Die Solarstrategie sieht für jede kommunale Liegenschaft einen Steckbrief vor, in dem das Solarpotenzial sowie die Dimensionierung der geplanten Anlage dargestellt werden.

Im Fokus stehen dabei vor allem Gebäude, die bislang noch nicht mit Solarenergie versorgt werden. Um den Eigenverbrauch zu erhöhen, sollen auch geeignete Speichermöglichkeiten berücksichtigt werden.

Auf den Liegenschaften des Kindergartens in Seligenporten, des Wasserwerks und der Bräustuben in Pyrbaum sind bereits Photovoltaikanlagen in Betrieb. Dennoch besteht auf weiteren kommunalen Gebäuden ein erhebliches Ausbaupotenzial. Erweiterungspotenzial herrscht insbesondere noch im Kindergarten Pyrbaum sowie den Feuerwehrrhäusern Schwarzach, Rengersricht und Pruppach.

Darüber hinaus gilt es, auch bei bestehenden Photovoltaikanlagen den Eigenverbrauch gezielt zu optimieren:

- Identifikation von passenden Messkonzepten
- Anpassung der Steuerungseinheiten für die Realisierung passender Messkonzepte
- Prüfung und Umsetzung von Speichermöglichkeiten

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Planung
- Ausschreibung

Zielgruppe

- Liegenschaftsverwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Marktverwaltung
- Gebäudemanagement

Weitere Akteure

- Planungsbüros

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel über Konnexitätszahlungen

Aufwand und Bewertung

Investitionskosten

- Ca. 1.300 € je installierter Leistung in kWp, zusätzlich ca. 5.000 € für Erstellung einer Solarstrategie

Zeitlich

- Kurzfristig

Priorität

- Hoch

Energieeinsparung bis 2045 (Strom)

- individuell

Bereitstellung gemeindeeigener Wegeflächen für die Verlegung von Infrastrukturen

Versorgen & Anbieten (VA1)

Strategisch, Organisatorisch

Die Bereitstellung gemeindeeigener Wegeflächen für die Verlegung von Infrastrukturen soll die Entwicklung moderner, effizienter und nachhaltiger Versorgungsnetze fördern. Ziel ist es, den Ausbau von Wärme-, Strom-, Gas- und Breitbandnetzen zu erleichtern, um eine sichere, zukunftsorientierte und klimafreundliche Infrastruktur bereitzustellen. Gleichzeitig sollen Synergien bei der Nutzung kommunaler Flächen geschaffen und der Zeit- sowie Kostenaufwand für Bau- und Genehmigungsverfahren reduziert werden.

Beschreibung

Die Bereitstellung gemeindeeigener Wegeflächen für die Verlegung leitungsgebundener Wärmeversorgung durch dritte Betreiber ermöglicht eine beschleunigte Umsetzung von Wärme- und Gebäudenetzen. Dies schafft einen effizienteren Umsetzungsprozess, reduziert bürokratische Hürden und fördert eine reibungslose Realisation der Projekte. Die zügige Implementierung trägt nicht nur zur nachhaltigen Energieversorgung bei, sondern steigert auch die Akzeptanz der Bürger durch transparente und bürgernahe Planungs- und Umsetzungsschritte.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Bestandsaufnahme
- Festlegung von Rahmenbedingungen
- Koordination mit Akteuren
- Bündelung von Umsetzungsmaßnahmen

Zielgruppe

- Bestehende und potenzielle Gebäude-/Wärmenetzbetreiber

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Marktverwaltung

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

- Ca. 5 Arbeitstage

Zeitlich

- Langfristig

Priorität

- Mittel

Energieeinsparung (Wärme) bis 2045

- 2.861 MWh/a

Rahmenvertrag für Fördermittelberatung

Motivieren & Beraten (MB1)

Strategisch, Organisatorsich

Das Ziel eines Rahmenvertrags für Fördermittelberatung ist es, die erfolgreiche Planung und Umsetzung von Klimaschutz- und Energieeffizienzmaßnahmen in Pyrbaum durch die Sicherstellung einer umfassenden und fachlich fundierten Beratung zu Fördermöglichkeiten zu unterstützen. Dadurch wird gewährleistet, dass Pyrbaum vorhandene Förderprogramme optimal nutzt und Maßnahmen entsprechend förderfähig gestaltet werden können.

Beschreibung

Ein Rahmenvertrag für Fördermittelberatung stellt für einen bestimmten Zeitraum sicher, dass Pyrbaum über geeignete Fördermittel für Klimaschutz- und Energieeffizienzmaßnahmen informiert und beraten wird. Die beratende Stelle ist hierbei insbesondere auch fachtechnisch qualifiziert, um die Förderfähigkeit vorgesehener Maßnahmen beurteilen zu können und bei der möglichen Weiterentwicklung von Maßnahmen zu einer förderfähigen Ausgestaltung unterstützen zu können. Geeignete Förderungen können dann in Anspruch genommen werden, um Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen. Mittels des Rahmenvertrags Fördermittelberatung wird ein Kontingent an Beratertagen gesichert, über die die geplanten Maßnahmen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Fördermitteln geprüft werden. Vorstellbar wäre zunächst ein dreimonatlicher Beratungszyklus der im Verlauf der Zeit je nach Bedarf zu einem halbjährlichen Zyklus reduziert wird. Zudem bietet die Kommune im Rahmen des AOM-Mittelfranken zusätzliche Energetische Förderungen bis zum 31.12.2026 an.

- Thermische Hülle: Dämmung, Fenstertausch, Thermografieaufnahme
- Hausgerätetausch
- Heizung: Heizungspumpentausch, Heizungserneuerung, Hydraulischer Abgleich
- Leuchtmitteltausch
- Lüftungsanlage

Die Anträge sind auf der Homepage der Kommune zu finden.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Auswahl von qualifizierten externen Dienstleistenden durch ein Ausschreibungsverfahren
- Fördermittelakquise
- Evaluierung der Beratungsergebnisse und der Effektivität des Rahmenvertrags und ggf. Anpassung der Strategie

Zielgruppe

- Bürgerinnen & Bürger

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Marktverwaltung

Weitere Akteure

- Externer Dienstleister

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel

Aufwand und Bewertung

Investitionskosten

- Ca. 3.500 €/a

Zeitlich

- Kurzfristig

Priorität

- Mittel

Energieeinsparung (Wärme) bis 2045

- 2.551 MWh/a

Ausbau PV Freiflächenanlagen

Versorgen & Anbieten (VA2)

Strategisch, Organisatorisch, Kommunikativ

Der Ausbau von PV-Freiflächenanlagen verfolgt das Ziel, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien deutlich zu erhöhen und damit einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende zu leisten.

Beschreibung

Photovoltaik-Freiflächenanlagen bieten ein erhebliches Potenzial zur Erzeugung erneuerbarer Energie. Ihr Ausbau trägt wesentlich zur Versorgungssicherheit mit erneuerbarem Strom bei und ist insbesondere mit Blick auf den durch Sektorkopplung steigenden Energiebedarf, etwa für Wärmepumpen, eine zentrale Voraussetzung für die klimaneutrale Entwicklung des Marktes.

Darüber hinaus lassen sich zusätzliche Einnahmen für die Kommune erzielen und die regionale Wertschöpfung nachhaltig stärken.

Um den Ausbau zu fördern, kann die Gemeinde zum Beispiel eigene Grundstücke verpachten oder durch Anpassungen im Flächennutzungsplan geeignete Rahmenbedingungen schaffen. Der Abstand von etwa 5 Kilometer (Luftlinie) bis zum nächsten Umspannwerk ist kein Hindernis für die Umsetzung. Nach der TAB-Mittelspannung der Bayernwerk Netz GmbH ist für Anlagen ab 300 kW und bis 5.000 kW ein Anschluss an das Mittelspannungsnetz notwendig (vgl. Kapitel 3.4.2). Grundsätzlich ist der Anschluss somit technisch möglich.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Systematische Ermittlung geeigneter Flächen mit Priorisierung von Flächen mit minimalem Eingriff in Natur und Landschaft
- Erstellen eines kommunalen PV-Freiflächenkonzepts
- Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit um transparent über Vorteile, Standorte und Auswirkungen zu informieren
- Förderung privater und öffentlicher Investitionen
- Integration in bestehende Energiekonzepte

Zielgruppe

- Bürgerinnen & Bürger
- Energiegenossenschaften
- Investoren

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Marktverwaltung (Anpassung FNP)

Weitere Akteure

- Netzbetreiber

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel (des Betreibers)
- Investoren

Aufwand und Bewertung

Investitionskosten

- Ca. 1.000 €/ je installierter Leistung kWp

Zeitlich

- Kurzfristig

Priorität

- Hoch

Energieeinsparung (Strom) bis 2045

- individuell

Öffentlichkeitsarbeit: Niedrigschwelliges Informationsangebot

Motivieren & Beraten (MB2)

Kommunikativ

Die Informationen zu den Klimaschutzaktivitäten des Marktes sollen leicht zugänglich sein und alle Bürger erreichen. Dasselbe gilt für Informationen und Hinweise zur Umsetzung eigener Maßnahmen und Förderungsmöglichkeiten. Dafür ist die Nutzung verschiedener Kanäle der Öffentlichkeitsarbeit erforderlich.

Beschreibung

Durch den niedrigschwelligen Zugang zu Informationen und Förderprogrammen wird erwartet, dass sowohl Effizienzpotenziale als auch die Umrüstung von Wärmeerzeugern vermehrt genutzt werden.

Handlungsschritte zur Umsetzung

Mögliche Kommunikationswege sind das Mitteilungsblatt, die Tageszeitung, die Website der Stadt, soziale Medien und Flyer/Plakate. So kann z.B. durch QR-Codes der Zugang zu den Informationen der Website erleichtert werden, auf welcher der Umsetzungsstand geplanter Maßnahmen und Hinweise zum klimabewussten Handeln und Förderungsmöglichkeiten geteilt werden. Zudem bietet Pyrbaum mehrere zusätzliche Förderungen an, etwa im Bereich Hausgeräte und Fenstertausch (vgl. Maßnahme MB1).

Mögliche zu teilende Informationen:

- Klimaschutzaktivitäten der Stadt
- Aufklärung zu den derzeit angebotenen Förderzuschüssen der Kommune
- Informationsveranstaltungen
- Information an Bürger zu Energie und Klimaschutz
- Tipps zum Energiesparen
- Verlinkung zu Verbraucheraufklärung und Fördermöglichkeiten
- Möglichkeiten für regionales Engagement aufzeigen
- Für den Aufbau und die Pflege zur Nutzung von Social-Media-Kanälen kann eine Werkstudierendenstelle und die Einbindung der Pressestelle hilfreich sein

Zielgruppe

- Bürgerinnen & Bürger
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Verwaltung

Weitere Akteure

- Öffentlichkeitsarbeit
- Marketing und Social Media

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel über Konnexitätszahlungen

Aufwand und Bewertung

Aufwand

- Ca. 5 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

- Kurzfristig

Priorität

- Hoch

Energieeinsparung (Wärme) bis 2045

- 1.119 MWh/a

Beratung von Bürger und Unternehmen in dezentralen Versorgungsgebieten zu energieeffizienter Gebäudesanierung, dezentraler Wärmeerzeugung und Energiespeicherlösungen

Motivieren & Beraten (MB3)

Organisatorisch, Kommunikativ

Diese Maßnahme hat das Ziel, Bürger umfassend über energieeffiziente und nachhaltige Möglichkeiten zur Gebäudesanierung, Wärmeerzeugung und Energiespeicherlösungen zu beraten und aktiv zur Umsetzung zu motivieren und dabei zu begleiten. Dadurch sollen die Energieeffizienz gesteigert, der Anteil erneuerbarer Energien erhöht sowie die Treibhausgasemissionen reduziert werden.

Beschreibung

Die Maßnahme umfasst ein vielfältiges Beratungsangebot für die energetische Sanierung, dezentrale Wärmeerzeugung mit erneuerbaren Energien und Energiespeicherlösungen. Hierbei werden spezifische Lösungen und individuelle Beratungen zu Sanierungsmaßnahmen sowie zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen (z.B. Wärmepumpen, Solarthermie, oberflächennahe Geothermie, Biomasse) und Energiespeichern angeboten und die Umsetzung durch den Markt begleitet. Die Beratung wird durch regelmäßige Quartalskampagnen, Informationsveranstaltungen und Workshops unterstützt, um eine breite Sensibilisierung zu erzielen und Bürger zur Umsetzung zu motivieren. Zu den zentralen Bestandteilen gehören:

- Vor-Ort-Beratung und Umsetzungsbegleitung durch Experten
- Identifikation von Sanierungs-, Wärmeerzeugungs- und Wärmespeicherungsmaßnahmen (z.B. Dämmung, Heizungs-tausch)
- Unterstützung bei der Beantragung von Fördermitteln
- Entwicklung individueller Wärmekonzepte und Sanierungsfahrpläne
- Bereitstellung von Checklisten, Informationsmaterialien und eines Beratungsportals

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Schulung von Berater und Festlegung von Beratungsformaten (z.B. Vor-Ort-Beratung, Online-Sprechstunden, Beratungsgutscheine)
- Organisation von Quartalskampagnen und Informationsveranstaltungen

- Einrichtung eines Begleitprogramms zur Unterstützung bei der Umsetzung
- Erstellung von Informationsmaterialien und Bereitstellung eines Beratungsportals

Zielgruppe

- Bürgerinnen & Bürger
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Bauamt

Weitere Akteure

- Öffentlichkeitsarbeit
- Marketing und Social Media
- Externe Berater

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel über Konnexitätszahlungen

Aufwand und Bewertung

Aufwand

- Ca. 10 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

- Kurzfristig

Priorität

- Hoch

Energieeinsparung (Wärme) bis 2045

- 2.551 MWh/a