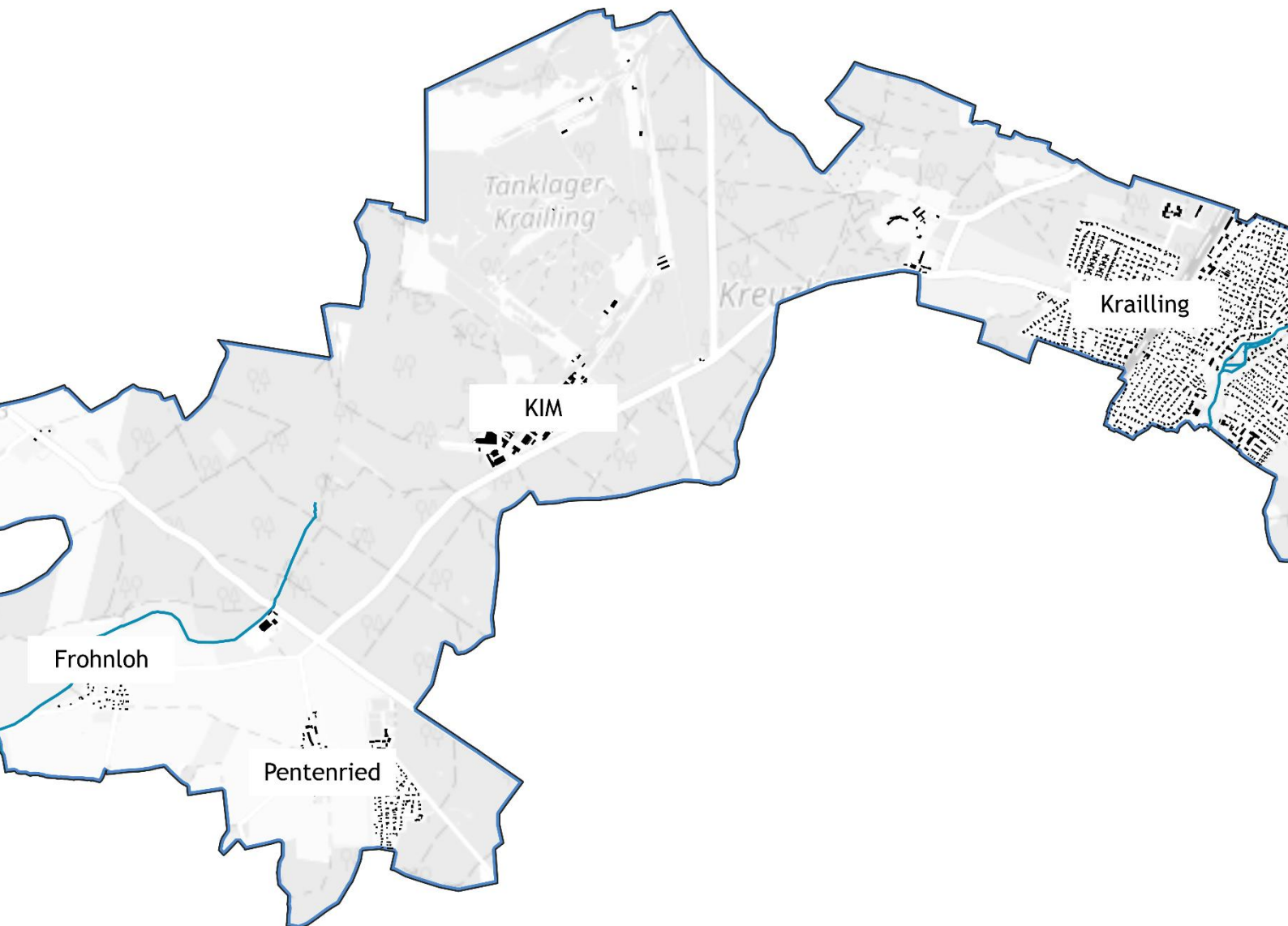
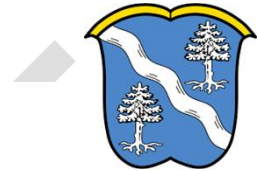


Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Krailling



IMPRESSUM

Herausgeber: Gemeinde Krailling
Rudolf-von-Hirsch-Straße 1
82152 Krailling
rathaus@krailling.de
Ansprechpartnerin: Dr. Christine Papst



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

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

Projekt- Steffen Mayer (Bayernwerk Netz GmbH)
leitung: Béla van Rinsum (Institut für nachhaltige Energieversorgung GmbH)

Projektteam: Nils Schild, Odai Alasmar, Antonia Paulus, Adrian Hausner, Christina Spiegel, Sebastian Stöhr, Erik Jacobs, Patricia Pöllmann, Lea Schmidtke, Benedikt Schumann, Andreas van Eyken, Tobias Eckardt, Christina Albrecht, Lukas Matschiner, Zoe Weber

Version: V 1.3
Stand: Dezember 2025

Gefördert nach: Kommunalrichtlinie, Förderkennzeichen 67K28232
Erstellung einer kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Krailling
Projektträger Z-U-G gGmbH
Laufzeit: 01.12.2024 - 31.12.2025
www.klimaschutz.de/kommunalrichtlinie

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz,
Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Nationale Klimaschutz-initiative: 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.

ENTWURF

INHALTSVERZEICHNIS

1	Rechtlicher Rahmen und aktuelle Förderprogramme	12
1.1	Wärmeplanungsgesetz und Kommunalrichtlinie	12
1.2	Wärmeplanungsgesetz und Gebäudeenergiegesetz	14
1.3	Rechtsfolgen der kommunalen Wärmeplanung	15
1.4	Bundesförderungen für effiziente Gebäude und effiziente Wärmenetze	16
2	Bestandsanalyse	19
2.1	Datenerhebung und Energieinfrastruktur	19
2.2	Eignungsprüfung und bauliche Struktur	23
2.3	Energie- und Treibhausgasbilanz	26
2.4	Wärmebedarf	34
3	Potenzialanalyse.....	39
3.1	Wärmenetze	40
3.2	Gebäudenetze	49
3.3	Betreibermodelle.....	50
3.4	Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien.....	52
3.5	Effizienzpotenziale.....	68
3.6	Potenziale zur Nutzung von Abwärme	71
3.7	Fazit Potenziale	74
4	Zielsetzung und Szenarienentwicklung	75
4.1	Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren und im Zieljahr	75
4.2	Zielszenario	84
5	Umsetzungsstrategie	89
5.1	Fokusgebiete	89
5.2	Maßnahmenfahrplan für das gesamte Gemeindegebiet	99
5.3	Controlling	101
5.4	Kommunikation	103
5.5	Verstetigung.....	107
6	Fazit	108
	Verweise.....	109
	Glossar	111
	Anhang	113
	Maßnahmenkatalog.....	113

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ablauf der kommunalen Wärmeplanung, eigene Darstellung	13
Abbildung 2: Aufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), eigene Darstellung.....	16
Abbildung 3: Energieversorgung in Krailling: Standorte von Wasserkraft- und Biomasseanlagen, bestehende Gebäudenetze sowie der Verlauf des Strom- und Gasnetzes, eigene Darstellung.....	20
Abbildung 4: Standortbezogene Darstellung des identifizierten Industriebetriebs in Krailling, eigene Darstellung	22
Abbildung 5: Überwiegender Gebäudetyp auf Baublockebene, eigene Darstellung	24
Abbildung 6: Ergebnisdarstellung der Eignungsprüfung, eigene Darstellung	25
Abbildung 7: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und Sektoren, eigene Darstellung	27
Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereich und Sektoren im Wärmebereich, eigene Darstellung	28
Abbildung 9: Wärmeverbrauch nach Energieträgern, eigene Darstellung	29
Abbildung 10: Treibhausgasemissionen nach Energieträger, eigene Darstellung	30
Abbildung 11: Anteil des erneuerbaren Wärmeverbrauchs, eigene Darstellung.....	31
Abbildung 12: Wärmeverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung	32
Abbildung 13: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und Anteil am Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2022, eigene Darstellungen.....	33
Abbildung 14: Überwiegende Baualtersklasse auf Baublockebene, eigene Darstellung	34
Abbildung 15: Wärmebedarf nach Hektarraster in Krailling, eigene Darstellung.....	36
Abbildung 16: Aggregierter Wärmebedarf auf Baublockebene in Krailling, eigene Darstellung	36
Abbildung 17: Wärmelinien dichten in Krailling, eigene Darstellung	37
Abbildung 18: Potenzialpyramide, eigene Darstellung	39
Abbildung 19: Wärmenetzuntersuchungsgebiete, eigene Darstellung	41
Abbildung 20: Detailbetrachtung Krailling Zentrum Nord Ausbaustufe I + II, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung	43
Abbildung 21: Detailbetrachtung Gewerbemischgebiet Süd, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung.....	45
Abbildung 22: Detailbetrachtung Rathaus + Siedlung Nord, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung.....	47
Abbildung 23: Technologien der oberflächennahen Geothermie mit ihren Funktionsweisen [11], eigene Darstellung	54
Abbildung 24: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Erdwärmesonden [12, 13]	55
Abbildung 25: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Grundwasserwärmepumpen [12, 13].....	55
Abbildung 26: Ertragspotenzial für Solarthermieranlagen auf Dachflächen, eigene Darstellung	59
Abbildung 27: Biomassepotenzial auf Waldflächen in Krailling, eigenen Darstellung	60
Abbildung 28: Biomassepotenzial auf Acker- und Grünflächen in Krailling, eigene Darstellung	63
Abbildung 29: Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen, eigene Darstellung	65
Abbildung 30: Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen, eigene Darstellung	66

Abbildung 31: Windvorranggebiete aus der laufenden Fortschreibung des Flächennutzungsplans in Krailling, eigene Darstellung.....	67
Abbildung 32: Sanierungswahrscheinlichkeitsverteilung nach Baualtersklasse, eigene Darstellung	69
Abbildung 33: Jährlich 1,5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung	69
Abbildung 34: Abwasserkanäle größer gleich DN800 in Krailling, eigene Darstellung	72
Abbildung 35: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2030, eigene Darstellung	79
Abbildung 36: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2035, eigene Darstellung	80
Abbildung 37: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2040, eigene Darstellung	81
Abbildung 38: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2045, eigene Darstellung	82
Abbildung 39: Gebietseinteilung im Zieljahr 2045, eigene Darstellung.....	83
Abbildung 40: Verlauf des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes nach KWW-Halle [17] .	84
Abbildung 41: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Sektoren für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	86
Abbildung 42: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	86
Abbildung 43: Entwicklung der THG-Emissionen aus dem prognostizierten Wärmebedarf für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung	87
Abbildung 44: Entwicklung des Wärmebedarfs der leitungsgebundenen Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung.....	88
Abbildung 45: Übersicht der Fokusgebiete in Krailling, eigene Darstellung.....	89
Abbildung 46: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet Rathaus/Stieglitzweg, eigene Darstellung	90
Abbildung 47: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Ökosiedlung, eigene Darstellung	91
Abbildung 48: Möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes im Fokusgebiet Rathaus/Stieglitzweg, eigene Darstellung	92
Abbildung 49: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Ökosiedlung, eigene Darstellung	93
Abbildung 50: Möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes im Fokusgebiet Ökosiedlung, eigene Darstellung.....	94
Abbildung 51: Darstellung der überwiegenden Baualtersklassen und Gebäudetypen im Fokusgebiet Gut Pentenried auf Baublockebene, eigene Darstellung	96
Abbildung 52: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Gut Pentenried, eigene Darstellung	97
Abbildung 53: Möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes im Fokusgebiet Gut Pentenried, eigene Darstellung.....	98
Abbildung 54: PDCA-Managementprozess, eigene Darstellung	101
Abbildung 55: Akteursbeteiligung am 02.04.2025 im Rathaus Krailling, Foto: Gemeinde .	104
Abbildung 56: Mögliche Inhalte der Öffentlichkeitsarbeit, eigene Darstellung.....	106

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Modulaufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)	18
Tabelle 2: Kesseltypen und Anzahl der dezentralen Wärmeerzeuger in Krailling [15]	22
Tabelle 3: Datengrundlagen und Analysekriterien der Eignungsprüfung, eigene Darstellung	23
Tabelle 4: Einschätzung zur Eignung für Wärmenetze nach Wärmedichte, entnommen aus dem Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]	35
Tabelle 5: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmeliniendichte, entnommen aus Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]	38
Tabelle 6: Aspekte verschiedener Betreibermodelle bei Gebäude- und Wärmenetzen, eigene Darstellung.....	50
Tabelle 7: U-Werte der Gebäudehülle des Referenzgebäudes nach GEG 2024, eigene Darstellung	68
Tabelle 8: Zusammenfassung und Bewertung der Relevanz der Potenziale, eigene Darstellung	74
Tabelle 9: Maßnahmenliste mit Einteilung in Handlungsfelder, Bereiche und Effekte, eigene Darstellung	99
Tabelle 10: Kommunikationskanäle und Darstellungsmöglichkeiten, eigene Darstellung ..	105

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
CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalente
COP	Coefficient of Performance
DN	Durchmesser Nennweite
EH	Effizienzhaus
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe-Handel-Dienstleistungen
H ₂	Wasserstoff
IND	Industrie
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
iKWK	intelligente KWK-Systeme
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
KIM	Kraillinger Innovationsmeile
KOMM	Kommunale Einrichtungen
KRL	Kommunalrichtlinie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
LoD	Level-of-Detail
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Managementprozess)
PHH	Private Haushalte

PV	Photovoltaik
SWM	Stadtwerke München
THG	Treibhausgasemissionen
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizienz
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WSchV	Wärmeschutzverordnung

ENTWURF



Vorwort des Bürgermeisters

Liebe Kraillinger Bürgerinnen und Bürger,

mit der kommunalen Wärmeplanung geht Krailling einen wichtigen Schritt in Richtung Zukunft. Unser Ziel ist es, die Kraillinger Bürgerinnen und Bürger dabei zu unterstützen, ihre Wärmeversorgung möglichst klimaneutral, zuverlässig und bezahlbar zu gestalten. Damit schaffen wir Planungssicherheit - sowohl für unsere Gemeinde als auch für jede und jeden Einzelnen.

Unsere Wärmeplanung zeigt auf, wo Wärmenetze sinnvoll entstehen können, welche erneuerbaren Energien genutzt und wie Gebäude energieeffizienter werden. Besonders in den Bereichen rund um Rathaus, Schule und Stieglitzweg sowie in der Ökosiedlung ergeben sich bereits konkrete Chancen für den Ausbau nachhaltiger Netze.

Doch die Wärmeplanung ist mehr als ein technisches Konzept. Sie ist ein steuerndes Instrument der kommunalen Entwicklung: Sie betrifft Stadt- und Raumplanung, Klimaschutzstrategien und Infrastrukturentscheidungen. Sie dient als Orientierung für Investoren, Bürgerinnen und Bürger und Unternehmen, welche Energieversorgung vor Ort künftig gesichert und gefördert wird. Dabei ist zu beachten, dass hier genannte gesetzliche Regelungen den Stand Dezember 2025 abbilden. Eventuelle Ergänzungen oder Änderungen müssen entsprechend beachtet werden.

Nicht zuletzt ist sie auch Anstoß für einen politischen Prozess und lebt von der Zusammenarbeit vieler Akteure - von Verwaltung und Politik über Fachleute und Unternehmen bis hin zu Ihnen, den Bürgerinnen und Bürgern. Nur gemeinsam können wir Energie einsparen, Kosten senken und einen wirksamen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Mein Dank gilt allen, die sich mit Wissen, Ideen und Engagement einbringen. Nutzen wir diese Chance, Krailling nachhaltig und zukunftsfähig zu gestalten.

Ihr

Rudolph Haux
Erster Bürgermeister

Über die Gemeinde

Die Gemeinde Krailling liegt in Oberbayern im Landkreis Starnberg. Das Gemeindegebiet umfasst vier Gemeindeteile und zählt insgesamt rund 7.800 Einwohner auf einer Fläche von 16 km². Krailling grenzt unmittelbar an den Forstenrieder Park sowie dem Kreuzlinger Forst und ist damit naturnah geprägt, zugleich aber Teil des wirtschaftlich starken Münchner Umlands. Durch die Nähe zur Landeshauptstadt München besteht eine gute Verkehrsanbindung über die Staatsstraße 2063 sowie die unmittelbare Nähe zur S-Bahn-Linie S6.

Aufgrund der zukünftigen Herausforderungen in der Wärmeversorgung hat sich die Gemeinde Krailling 2024 entschieden, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentrales Instrument zur Umsetzung der Wärmewende und leistet einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz. Ziel der Wärmeplanung ist es, die Wärmeversorgung in Krailling langfristig klimaneutral zu gestalten. Durch die systematische Analyse des aktuellen Wärmebedarfs, die

Identifikation von Potenzialen zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen sowie die Ausarbeitung einer Umsetzungsstrategie wird eine umfassende Planung geschaffen, um die Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

Die Motivation hinter der kommunalen Wärmeplanung basiert auf dem dringenden Handlungsbedarf im Klimaschutz. Der Wärmesektor ist einer der größten Verursacher von Treibhausgasemissionen in Deutschland und die Umstellung auf erneuerbare Energien spielt eine wesentliche Rolle bei der Erreichung der nationalen Klimaziele. Krailling sieht die Wärmewende als eine zentrale Aufgabe an, um den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren, gleichzeitig die lokale Wirtschaft zu stärken und eine nachhaltige Energieversorgung für künftige Generationen sicherzustellen.

Bisherige Planungen bezüglich energetischer Belange beinhalten etwa eine Machbarkeitsbewertung für eine nachhaltige energetische Quartierslösung nahe der Ringstraße in Krailling. Aus dieser Bewertung ist jedoch keine konkrete Maßnahme umgesetzt worden.

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. Zum Zeitpunkt der Erstellung des kommunalen Wärmeplans in Krailling bestand keine landesrechtliche Regelung zur Wärmeplanung. Die Verordnung zur Ausführung energiewirtschaftlicher Vorschriften (AVEn) ist am 2. Januar

2025 in Kraft getreten. Der bayrische Gesetzgeber greift im Wesentlichen die Vorgaben des Bundesgesetzes auf und regelt die Handlungsspielräume der Länder parallel dazu. Die Gemeinde Krailling 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 rechtssicher gestalten zu können.

1.1 Wärmeplanungsgesetz und Kommunalrichtlinie

Die Gemeinde Krailling hat im Oktober 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 Energie 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 Wärmeplanungsgesetzes aus. Die Förderinhalte der Kommunalrichtlinie spiegeln im Wesentlichen die Inhalte des Wärmeplanungsgesetzes wider.

Dank der frühzeitigen Antragstellung profitiert die Gemeinde Krailling von einer

Förderquote von 90 % und konnte im Herbst 2024 mit der Ausschreibung zur kommunalen Wärmeplanung starten.

Abbildung 1 zeigt den vorgesehenen Ablauf der kommunalen Wärmeplanung. Zunächst beschließt die Kommune als planungsverantwortliche Stelle die Durchführung. Dieser Beschluss wurde am 22.10.2024 vom Gemeinderat gefasst.

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 Gemeindegebiet von Krailling 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, Wärmenetzausbaubereich, Wärmenetzneubaugebiet
- Wasserstoffnetzgebiete
- Prüfgebiete

Daraufhin wird eine Umsetzungsstrategie entwickelt, die konkrete Maßnahmen enthält, um das Zielszenario zu erreichen. Akteursbeteiligungen dienen dazu, über das Projekt zu informieren, Bedenken aufzunehmen. Durch das Einbeziehen wichtiger Akteure können weitere Anregungen in die Planung einbezogen werden, um einen möglichst breiten Konsens zu schaffen.

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

Dekarbonisierung von Wärmenetzen

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) 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 klimaneutral sein (§31 WPG). Zur Erreichung dieser Ziele sind Wärmenetzbetreiber gemäß §32 WPG verpflichtet, Dekarbonisierungs- bzw. Transformationspläne zu erstellen.

1.2 Wärmeplanungsgesetz und Gebäudeenergiegesetz

Das Wärmeplanungsgesetz und das Gebäudeenergiegesetz (GEG) sind zentrale Elemente für den Umbau der deutschen Energieversorgung hin zu Nachhaltigkeit und Klimaneutralität.

Ab dem 1. Januar 2024 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.

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 klimaneutralen Energiequellen.

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 später auf 100 % Wasserstoff umgerüstet werden kann. Zudem gibt es mehrere Ausnahmen, wie etwa eine Übergangsfrist bis zum Anschluss an ein Wärmenetz.

Die kommunale Wärmeplanung (KWP) soll Bürger sowie Unternehmen über die bestehenden und zukünftigen Optionen zur lokalen Wärmeversorgung informieren und das Gemeindegebiet 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 - auch nach dem 1. Januar 2024 - bis zum Ablauf der Fristen für die kommunale Wärmeplanung 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 (Stand Dezember 2025). In Härtefällen können Eigentümer von der Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien befreit werden.

1.3 Rechtsfolgen der kommunalen Wärmeplanung

Obwohl der Wärmeplan selbst keine rechtliche Außenwirkung hat (§ 23 WPG), kann die Gemeinde auf dessen Basis Gebiete für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffnetzen festlegen. Solche Beschlüsse ziehen rechtliche Konsequenzen nach sich und sind im WPG geregelt. Verbindliche Festlegungen entstehen nur durch zusätzliche, optionale Beschlüsse der Gemeinde, wenn Gebiete für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder

Wasserstoffnetzen ausgewiesen werden (§ 26 WPG). In diesen Gebieten greifen die entsprechenden Vorschriften des GEG zum Heizungstausch und zu Übergangslösungen (§ 71 Abs. 8 Satz 3, § 71k Abs. 1 Nr. 1 GEG) einen Monat nach dem Beschluss der Gemeinde. Diese Festlegung verpflichtet jedoch nicht zur tatsächlichen Nutzung der ausgewiesenen Versorgungsart oder zum Bau entsprechender Wärmeinfrastrukturen.

1.4 Bundesförderungen für effiziente Gebäude und effiziente Wärmenetze

1.4.1 Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

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.

In Abbildung 2 werden die drei Hauptbereiche der BEG für Sanierung unterteilt in Einzelmaßnahmen und systemische Maßnahmen, vorgestellt (Stand Oktober 2025). Zudem gibt es Förderprogramme bzw. zinsvergünstigte KfW-Kredite für Neubauten.

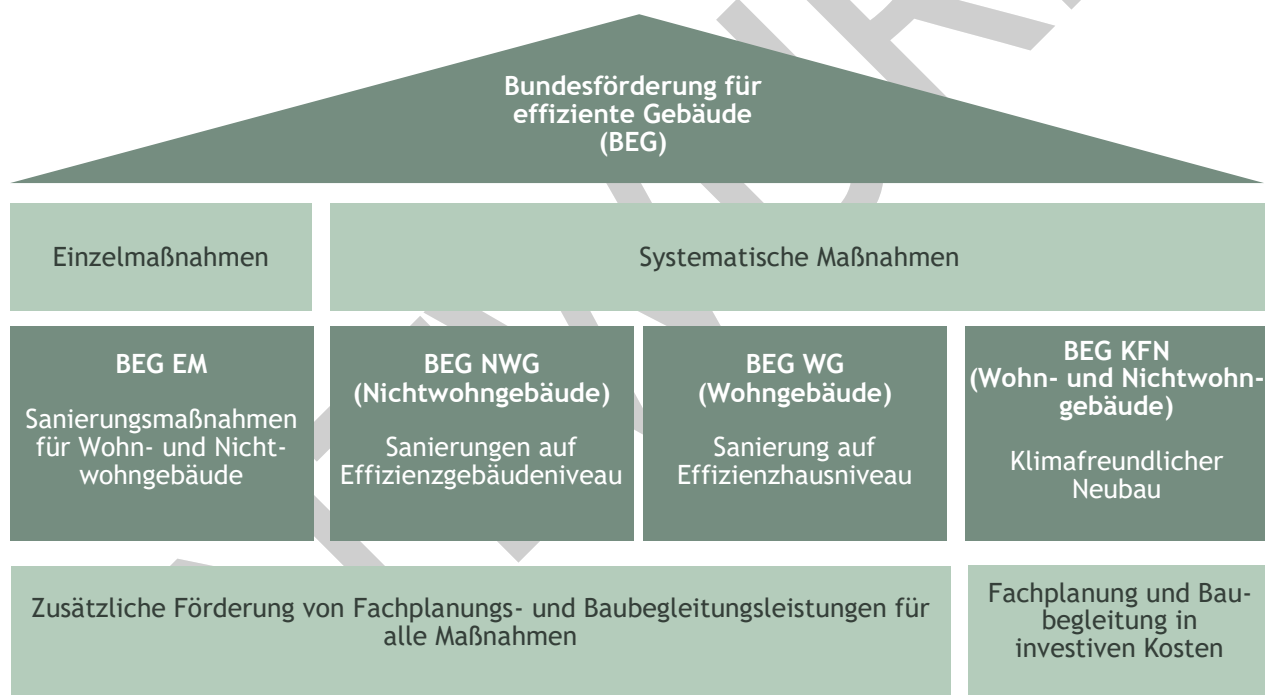


Abbildung 2: Aufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), eigene Darstellung

1.4.1 BEG Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Die BEG Einzelmaßnahmen (BEG EM) deckt einzelne Modernisierungen in Bestandsgebäuden ab, z. B. Heizungsoptimierung, Dämmung und Installation erneuerbarer Energien, wobei die Förderung als Zuschuss oder Kredit mit Tilgungszuschuss erfolgt.

Einzelmaßnahmen können neben Wärmeerzeugungsanlagen auch die Errichtung und den Anschluss an Gebäudenetze oder Wärmenetze umfassen. Ein Gebäudenetz dient dabei der Wärmeversorgung von bis zu 16 Gebäuden und maximal 100 Wohneinheiten.

Förderfähig sind das Netz selbst, alle zugehörigen Komponenten sowie notwendige Umfeldmaßnahmen, wobei die Förderquote vom Anteil erneuerbarer Energien im Wärmenetz abhängt. So beträgt die Förderung für den Aufbau eines Gebäudenetzes 30 %, wenn mindestens 65 % der

Wärme aus erneuerbaren Energien stammen. Der Anschluss an ein solches Netz wird ebenfalls mit 30 % gefördert, sofern nur die Grundförderung nach BEG für den Gebäudeeigentümer gilt und es sich um Nichtwohngebäude oder unbewohnte Wohneinheiten handelt. Der Fördersatz steigt auf 50 %, wenn der Eigentümer das Gebäude selbst bewohnt und zusätzlich einen sogenannten Klimageschwindigkeitsbonus erhält. Bei einem Netzausbau von mindestens 65 % erneuerbarer Energien und einem Haushaltsjahreseinkommen unter 40.000 Euro ist eine Förderung von 70 % möglich. Die Höchstfördersätze für Wohngebäude liegen bei 30.000 Euro für die erste Wohneinheit, 15.000 Euro für die zweite bis sechste Einheit und 7.000 Euro für jede weitere. Dieselben Fördersätze gelten auch für dezentrale Wärmeerzeuger und den Anschluss an Wärmenetze.

1.4.2 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).

1.4.3 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.

1.4.4 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze 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.

Tabelle 1: Modulaufbau und Förderinhalte der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

	Modul 1 Planung	Modul 2 Systemische Investition	Modul 3 Einzelmaßnahme	Modul 4 Betriebsförderung
Neue Wärmenetze	Machbarkeitsstudie und Planungsleistung (HOAI LP 2-4) Förderquote: 50%	systemische Investitionsförderung Neubau Wärmenetzsystem Förderquote: 40%		Betriebskostenförderung von Wärmepumpen & Solarthermie Wärmepumpe: bis zu 9,2 ct/kWh _{th} Solarthermie: 1 ct pro kWh _{th}
Bestehende Wärmenetze	Transformationsplan und Planungsleistung (HOAI LP 2-4) Förderquote: 50 %	systemische Investitionsförderung Wärmenetzsystem Förderquote: 40 %	Förderung einzelner Investitionsmaßnahmen wie EE-Wärmeerzeuger, Digitalisierung etc. Förderquote: 40 %	Betriebskostenförderung von Wärmepumpen & Solarthermie Wärmepumpe: bis zu 9,2 ct/kWh _{th} Solarthermie: 1 ct pro kWh _{th}

2 Bestandsanalyse

2.1 Datenerhebung und Energieinfrastruktur

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden verschiedene Daten erhoben, um ein umfassendes Bild der aktuellen Wärmeversorgung und -nutzung in Krailling 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 wurden über das Bayerische Vermessungsamt bereitgestellt. Alle Abbildungen wurden auf Grundlage der Open Street Map erstellt [4]. Weitere Informationen über den aktuellen Energieverbrauch, die Art der Heizsysteme, die Energiequellen sowie Infrastrukturdaten und Versorgungsleitungen wurden direkt erhoben.

Das Institut für nachhaltige Energieversorgung hat auf Basis der Systematik des *Klimaschutz-Planers* passgenaue Datenerhebungsbögen entwickelt. Durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren wurden die erforderlichen Daten erfasst. Die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen in Krailling wurde für das Kalenderjahr 2022 vorgenommen. Der zeitliche Versatz zwischen Bilanzjahr und Erstellungsjahr ist durch die Verfügbarkeit von Daten begründet. Die ausgewiesenen Potenziale spiegeln den aktuellen Stand wider und können teilweise bereits nicht mehr verfügbar sein. Für die Bilanzerstellung wurden insbesondere folgende Datenquellen angesprochen:

- **Stromnetzbetreiber:**
Bayernwerk Netz GmbH
- **Gasnetzbetreiber:**
Stadtwerke München GmbH

- **Wärmenetzbetreiber:**
*Gemeinde Krailling,
BayWa Energie- und Dienstleistungs GmbH,
Ökosiedlung,
Waldsanatorium*
- **Kehrdaten:**
Landesamt für Statistik Bayern
- **Daten zu kommunalen Liegenschaften und Abwasser:**
*Gemeinde Krailling
Würmtal Zweckverband*
- **Verbrauchs- und Abwärmedaten von Großverbrauchern und Industrie, unter anderem:**
*EOS GmbH,
Schweyer Feinmechanik GmbH,
Radotec GmbH*
- **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 der Gemeinde Krailling behandelt. Zunächst wird der Wärmedarf und die Energiestruktur analysiert und Großverbraucher räumlich verortet. Die Eignungsprüfung als grobe Einschätzung zu leitungsgebunden versorgten Gebieten ist das erste Ergebnis im Prozess der Wärmeplanung. Anschließend wird der Ist-Zustand mithilfe einer Energie- und Treibhausgasbilanz dargestellt. Die Energie- und Treibhausgasbilanz 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 mit der Energieversorgung in der Gemeinde. Dargestellt sind die Standorte der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung durch Wasserkraft und Biomasse. Darüber hinaus ist der Verlauf des Mittelspannungsnetzes für den Transport elektrischer Energie ersichtlich. Die Hochspannungs-Freileitungen verbinden die Gemeinde Krailling mit dem übergeordneten Stromnetz und spielen eine wichtige Rolle in der überregionalen Energieversorgung.

Ebenso ist das Erdgasnetz, das den Hauptort und den östlichen Teil von Pentenried versorgt, dargestellt.

Im Gewerbegebiet *Kraillinger Innovationsmeile (KIM)* betreibt die *BayWa Energie- und Dienstleistung GmbH* ein Wärmenetz. Des Weiteren sind die bestehenden Gebäudenetze des *Waldsanatoriums*, der *Ökosiedlung* und der *Gemeinde Krailling* beim Rathaus zu sehen. Die Wärme dafür wird dabei durch Biomasseanlagen und im Falle der Ökosiedlung über einen zentralen Erdgaskessel bereitgestellt.

Gebäudenetze grenzen sich durch die Anzahl an angeschlossenen Gebäuden von Wärmenetzen ab. Gebäudenetze werden in Kapitel 5.2 ausführlich beschrieben.

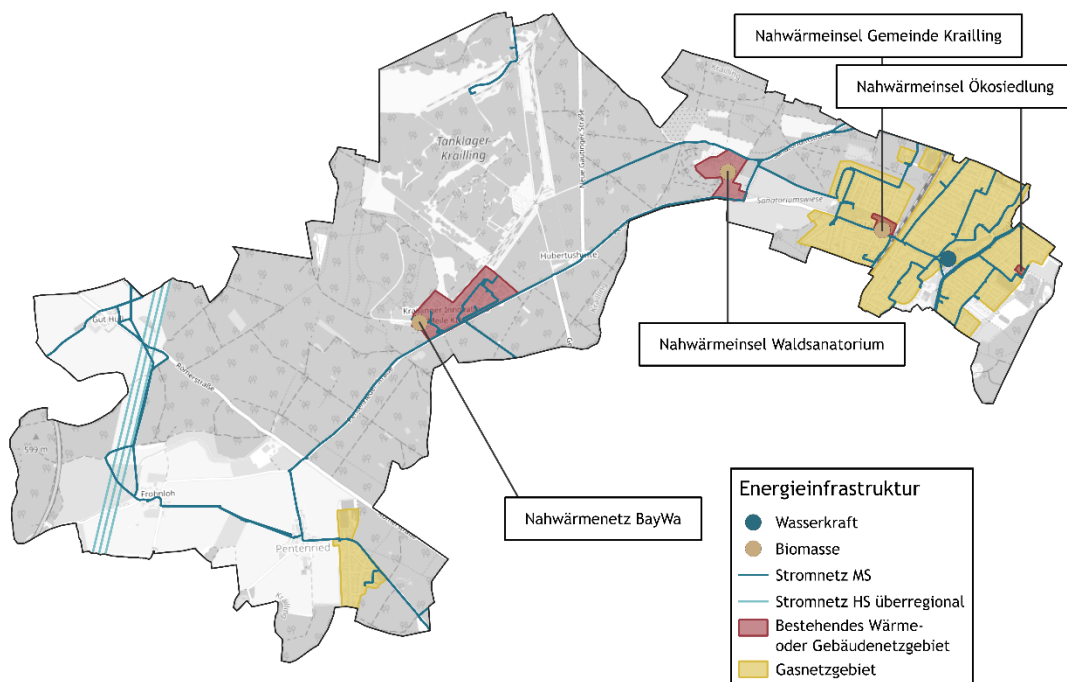


Abbildung 3: Energieversorgung in Krailling: Standorte von Wasserkraft- und Biomasseanlagen, bestehende Gebäudenetze sowie der Verlauf des Strom- und Gasnetzes, eigene Darstellung

Die Erdgasversorgung spielt eine wichtige Rolle in der Wärmebereitstellung der Gemeinde Krailling. Die Bestandsanalyse der Gasinfrastruktur beinhaltet eine detaillierte Erfassung der vorhandenen Gasleitungen, ihre Verteilung sowie die Anschlussdichte in den verschiedenen Ortsteilen. Insgesamt hat das von den *Stadtwerken München* betriebene Erdgasnetz eine Länge von über 23 Kilometern. *Energie Südbayern* liefert das Erdgas an die Stadtwerke.

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 auf 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 zu einem Wasserstoffnetz wird in dem entsprechenden Kapitel der Potenzialanalyse eingegangen.

Die Stromversorgung bildet eine wichtige Grundlage für die Energieinfrastruktur und den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Krailling 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 erfolgt bei zusätzlichem Strombedarf, etwa durch Wärmepumpen, ein Netzausbau zur Erweiterung der Kapazitäten, um Überlastungen zu verhindern. Dieser wird von dem Netzbetreiber *Bayernwerk Netze GmbH* durchgeführt.

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 2.4 Wärmebedarf detailliert erläutert. Zum Ende der Bestandsanalyse wird der berechnete Wert mit dem tatsächlichen Verbrauchswert korrigiert.

Tabelle 3 zeigt die wichtigsten Informationsgrundlagen gemäß des Leitfadens Wärmeplanung [5], die in die Eignungsprüfung einfließen. Ziel dieser Prüfung ist es, bereits zu Beginn des Planungsprozesses Gebiete zu identifizieren, die potenziell nicht für die Versorgung durch ein Wärme- oder Wasserstoffnetz geeignet sind. In diesen Gebieten liegt der Fokus auf dezentralen Versorgungsstrategien.

Tabelle 3: 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 bestehender 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 Krailling

Zunächst wurden die verschiedenen Siedlungsstrukturen sowie die Gebäudetypen analysiert. Grundlage hierfür bildeten Geodaten, auf deren Basis sowohl Nutzungsarten als auch Gebäudetypen identifiziert wurden. Für die georeferenzierte Darstellung wurden neben Informationen zur tatsächlichen Nutzung auch Gebäudegeometriemodelle (LoD2-Daten) herangezogen. Diese sind jeweils mit einer Gebäudefunktion verknüpft, wodurch eine Unterscheidung zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden möglich ist.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Klassifizierung der Wohngebäude nach den IWU-Gebäudetypen, einer vom *Institut Wohnen und Umwelt* entwickelten Typologie für Wohngebäude in Deutschland [6]. Dafür wird in folgende Typen unterteilt:

- **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 vorherrschenden Gebäudetypen auf Baublockebene im Gemeindegebiet Krailling. Nichtwohngebäude konzentrieren sich vor allem an den Ortsrändern sowie in der *Kraillinger Innovationsmeile*, das durch kleine und mittelständische Unternehmen aus den Bereichen Lasertechnologie, IT, Gesundheitswesen und Handwerk geprägt ist.

Die Siedlungsstruktur Kraillings besteht zu rund 38 % aus Einfamilienhäusern und zu 37 % aus Reihenhäusern, während Mehrfamilienhäuser nur vereinzelt auftreten.

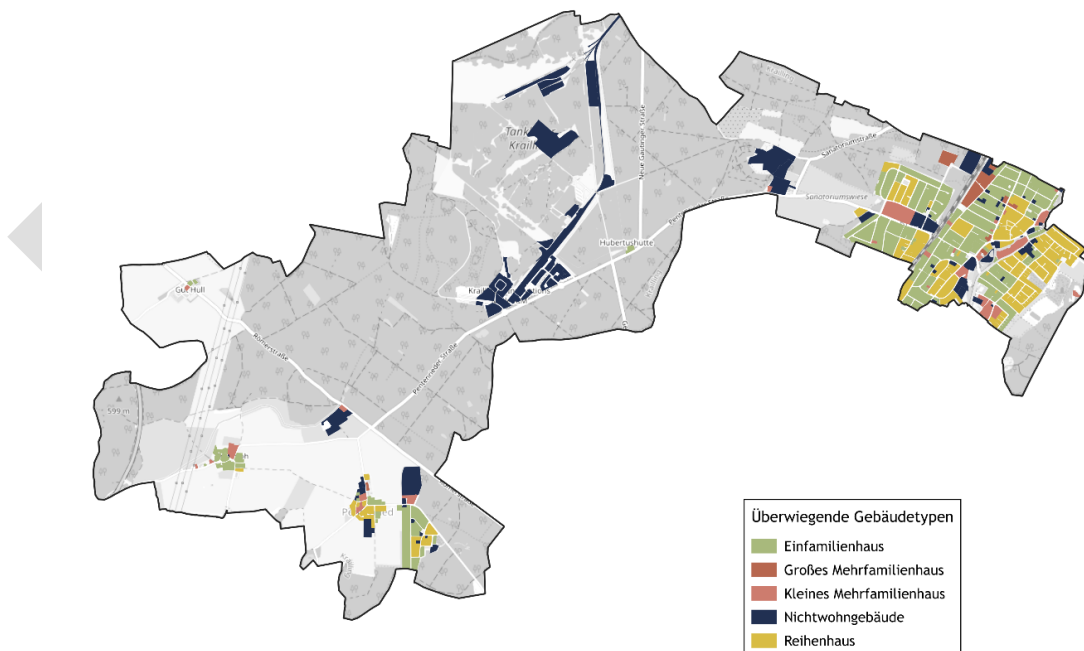


Abbildung 5: Überwiegender Gebäudetyp auf Baublockebene, eigene Darstellung

2.2.2 Ergebnis der Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung zeigt, dass im Hauptort, wie auch in den Ortsteilen Frohnloh und Pentenried Wärmebedarfschwerpunkte bzw. ein Gasnetz vorhanden sind. Diese Bereiche weisen grundsätzlich eine geeignete Struktur für den wirtschaftlichen Betrieb auf, sodass der Betrieb von Wärmenetzen in diesen Gebieten erstmal möglich erscheint. Diese Eignung wurde im weiteren Verlauf des Projektes geprüft.

Durch die Entfernung zum geplanten Wasserstoffkernnetz, hat Wasserstoff als Ersatzenergieträger im Gasnetz kein Potenzial in der Gemeinde Krailling.

Das Wasserstoffkernnetz bezeichnet ein zentrales Pipeline- und Speichernetzwerk, das den Transport und die Verteilung von Wasserstoff als nachhaltigem Energieträger zwischen Erzeugern, Speichern und Verbrauchern sicherstellt.

Das Ergebnis der Eignungsprüfung ist Abbildung 6 zu entnehmen. Gebäude, die eine große Entfernung zu den potenziell geeigneten Gebieten aufweisen, sind für die dezentrale Versorgung vorgesehen (blau markiert). Potenziell geeignete Gebiete sind in grün hervorgehoben, hier ist eine nähere Betrachtung im weiteren Verlauf der Wärmeplanung erforderlich.

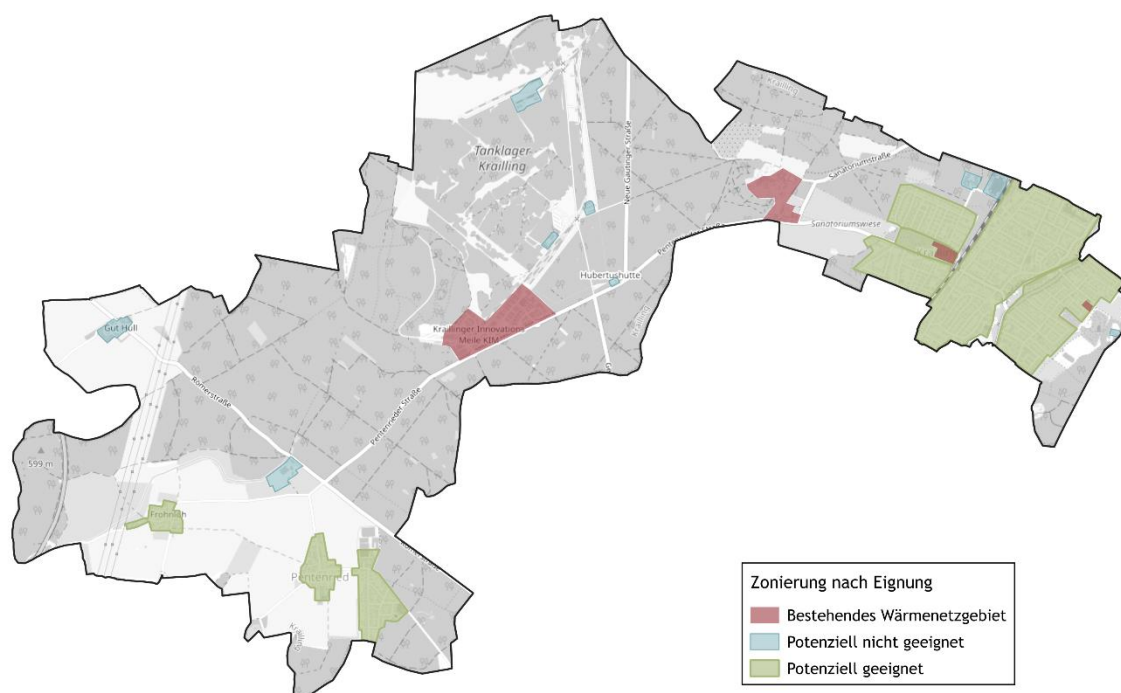


Abbildung 6: Ergebnisdarstellung der Eignungsprüfung, eigene Darstellung

2.3 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanzierung zeigt den aktuellen Energie- und Wärmeverbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen in der Gemeinde auf. Mit der Bilanz lassen sich die größten Emissionsquellen und Potenziale für Einsparungen identifizieren und Fortschritte durch umgesetzte Maßnahmen in folgenden Jahren nachvollziehen. Die Energie- und Treibhausgasbilanz für die Gemeinde Krailling wurde für das Jahr 2022 nach der *Bilanzierungs-Systematik Kommunal* (BISKO) erstellt [7].

Der *Klimaschutz-Planer* des Klima-Bündnisses fasst die BISKO-Methodik in einer webbasierten Software zusammen. Ziel dieser Methodik ist es, alle Endenergieverbräuche nach dem Territorialprinzip, die auf dem Gemeindegebiet anfallen, nach den folgenden Sektoren zu bilanzieren:

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

Die sektorenscharfe Aufteilung der Verbrauchsdaten erhöht den Detaillierungsgrad und ermöglicht die Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz. Der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen beinhaltet alle Verbräuche größerer oder kleinerer Gewerbebetriebe wie Büros oder Einzelhandel.

Nicht energiebedingte Emissionen der Land-, Forst- sowie Abfallwirtschaft werden nach BISKO nicht bilanziert. Durch die Verrechnung der Endenergieverbräuche mit den entsprechenden Emissionsfaktoren der Energieträger werden die

Treibhausgasemissionen (THG) pro Jahr in Tonnen CO₂-Äquivalenten (tCO₂eq) ausgewiesen. Dabei werden auch die Vorketten der Energieträger berücksichtigt.

Abhängig von der Datenquelle wird im Klimaschutz-Planer eine Datengüte zugewiesen. Primärdaten aus Direkterhebungen weisen eine hohe Datenqualität auf. Sekundärdaten, die auf Vergleichs- oder Hochrechnungen basieren, haben eine geringere Datengüte, darunter fallen beispielsweise Daten aus Modellen wie dem Verkehrsmodell TREMOD (Transport-Emission Modell). Das TREMOD des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) ist die Grundlage der Endenergieverbräuche und Emissionen des Straßen- und Schienenverkehrs, mit dem diese kommunenspezifisch abgebildet werden [8].

Die Datengüte der jeweiligen Eingabewerte ist im Klimaschutz-Planer gewichtet. Die Datengüte und somit die Aussagekraft der Energie- und Treibhausgasbilanz wird durch eine direkte Erhebung der Daten verstärkt. Die Daten der kommunalen Liegenschaften, des Landesamtes für Statistik, der Wärmenetze und der Strom- und Erdgasverbrauch konnten direkt erhoben werden. Zusammengefasst enthält die Energie- und Treibhausgasbilanz der Gemeinde Krailling somit eine hohe Datengüte.

2.3.1 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und Sektoren

Der Endenergieverbrauch der Gemeinde Krailling im Jahr 2022 beträgt insgesamt 148.077 MWh/a. Dies umfasst gemäß BSKO-Systematik alle Endenergieverbräuche im kommunalen Gebiet, also Wärme, Strom und Kraftstoffe aus dem Verkehrssektor.

Abbildung 7 veranschaulicht die Verteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Anwendungsbereiche. Mit 58,4 % entfällt der größte Anteil des Endenergieverbrauchs auf die Wärme während Verkehr 25,2 % und Strom 16,4 % ausmachen.

Zusätzlich ist die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Sektoren dargestellt. Den größten Anteil machen die privaten Haushalte mit 45,9 % aus. Darauf folgen der Verkehrssektor mit 25,2 %, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit 12,8 % sowie die Industrie mit 3,4 %. Kommunale Einrichtungen tragen mit lediglich 1,3 % nur in geringem Maße zum gesamten Endenergieverbrauch bei, was für eine Gemeinde wie Krailling typisch ist.

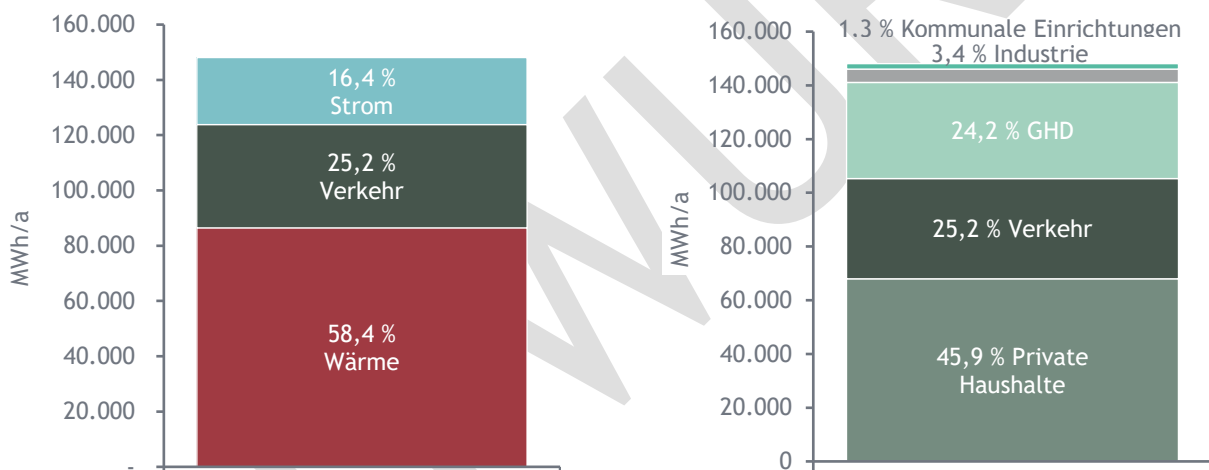


Abbildung 7: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und Sektoren, eigene Darstellung

2.3.2 Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereich und Sektoren

Die gesamten Treibhausgasemissionen der Gemeinde Krailling betragen im Jahr 2022 44.960 tCO₂eq. Abbildung 8 veranschaulicht die Verteilung der Treibhausgasemissionen auf die einzelnen Anwendungsbereiche. Der größte Anteil entfällt mit 44,3 % auf den Bereich Wärme. Der Verkehr verursacht 28,4 % der Emissionen, während die Stromerzeugung mit 27,2 % ebenfalls einen merklichen Beitrag zum Gesamtausstoß im Gemeindegebiet leistet.

Aufgeteilt nach Sektoren sind die Privaten Haushalte mit 41,2 % die Hauptemittenten. Neben dem Verkehrssektor weist insbesondere der Bereich Gewerbe, Handel

und Dienstleistungen mit 24,6 % einen erheblichen Anteil auf.

Die *EOS GmbH*, das einzige dem Industriesektor zugeordnetem Unternehmen, verursacht durch ihren hohen Stromverbrauch 4,7 % der Emissionen. Nach BISKO können ökologische Tarife bei den Emissionen aufgrund des ganzheitlichen Ansatzes nicht berücksichtigt werden. Da das Unternehmen bereits über Nahwärme versorgt wird, fallen die durch den Wärmebereich verursachten Emissionen gering aus.

Demgegenüber entfallen auf die kommunalen Einrichtungen lediglich 1,1 % der Gesamtemissionen.

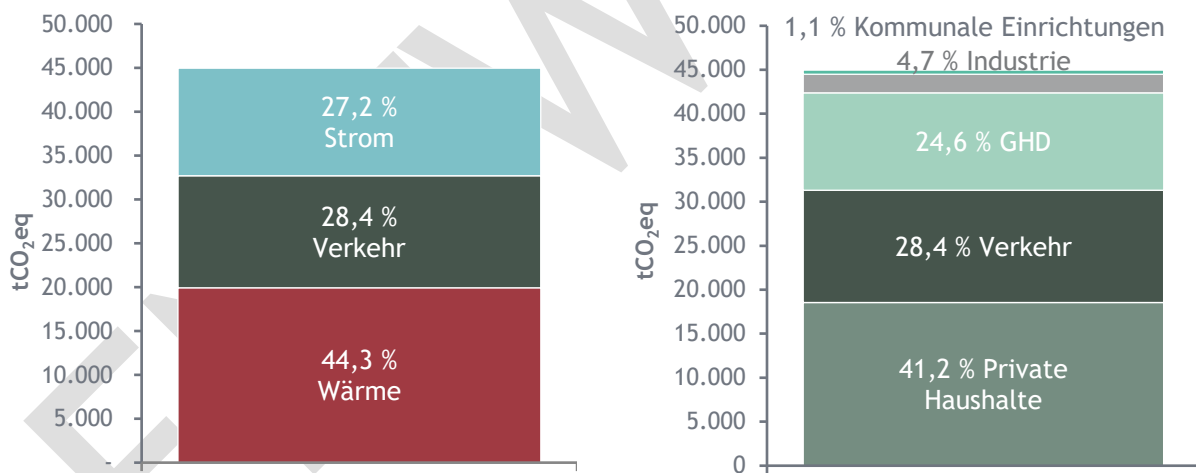
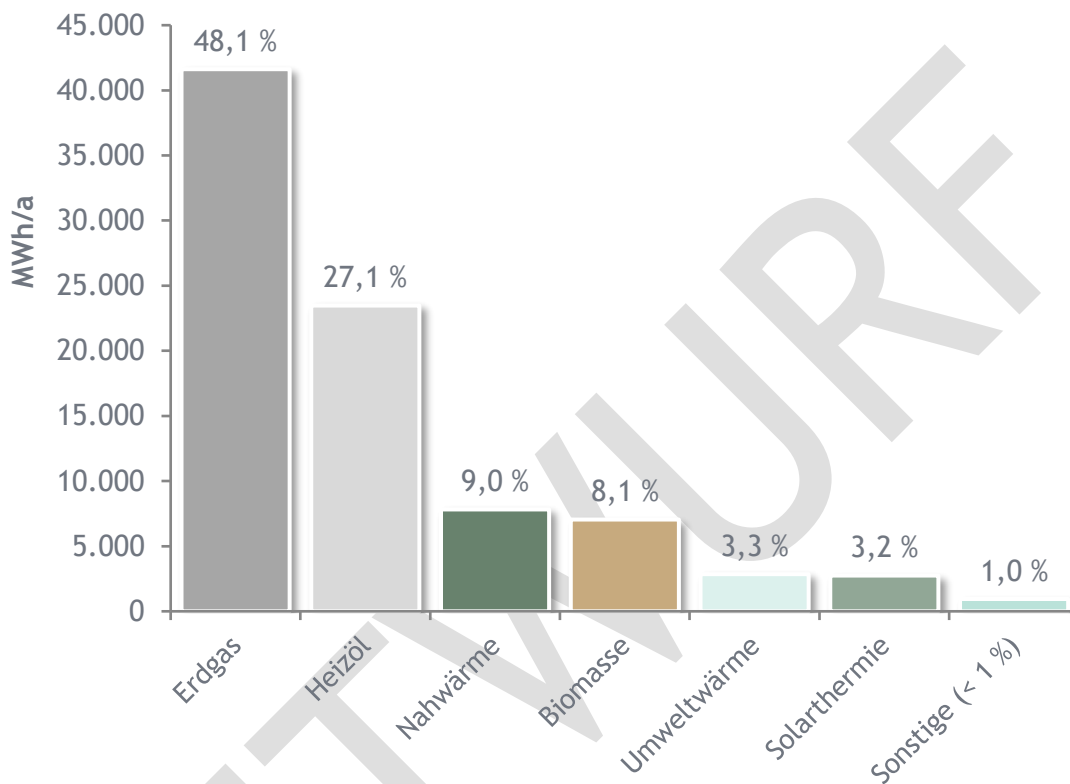


Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Anwendungsbereich und Sektoren im Wärmebereich, eigene Darstellung

2.3.3 Wärmeverbrauch und Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Der Wärmeverbrauch in Krailling beläuft sich auf 86.511 MWh/a. Abbildung 9 zeigt die Anteile der einzelnen Energieträger am gesamten Verbrauch. Erdgas überwiegt mit einem Anteil von 48,1 %, gefolgt von Heizöl mit 27,1 %. Nahwärme (alle

Gebäudenetze und das Wärmenetz in der KIM) mit einem Anteil von 9,0 %, Biomasse mit 8,1 %, Umweltwärme mit 3,3 % und Solarthermie mit 3,2 % decken einen niedrigen Betrag des Wärmeverbrauchs ab.



* Sonstige (in absteigender Reihenfolge, jeweils < 1 %): Flüssiggas, Steinkohle

Abbildung 9: Wärmeverbrauch nach Energieträgern, eigene Darstellung

Bei Blick auf die Treibhausgasemissionen zeigt sich ebenfalls, dass Erdgas mit über 50 % Hauptverursacher für den Ausstoß von Treibhausgasen ist (vgl. Abbildung 10). Den zweitgrößten Anteil bildet Heizöl mit 36,9 %, gefolgt von Nahwärme mit 4,8 %. Umweltwärme (Stromeinsatz von

Wärmepumpen) ist für 2,3 % und Flüssiggas für 1,2 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Biomasse hat eine geringe Treibhausgaswirkung, weswegen der Anteil der Biomasse am Gesamtausstoß weniger als 1 % entspricht.

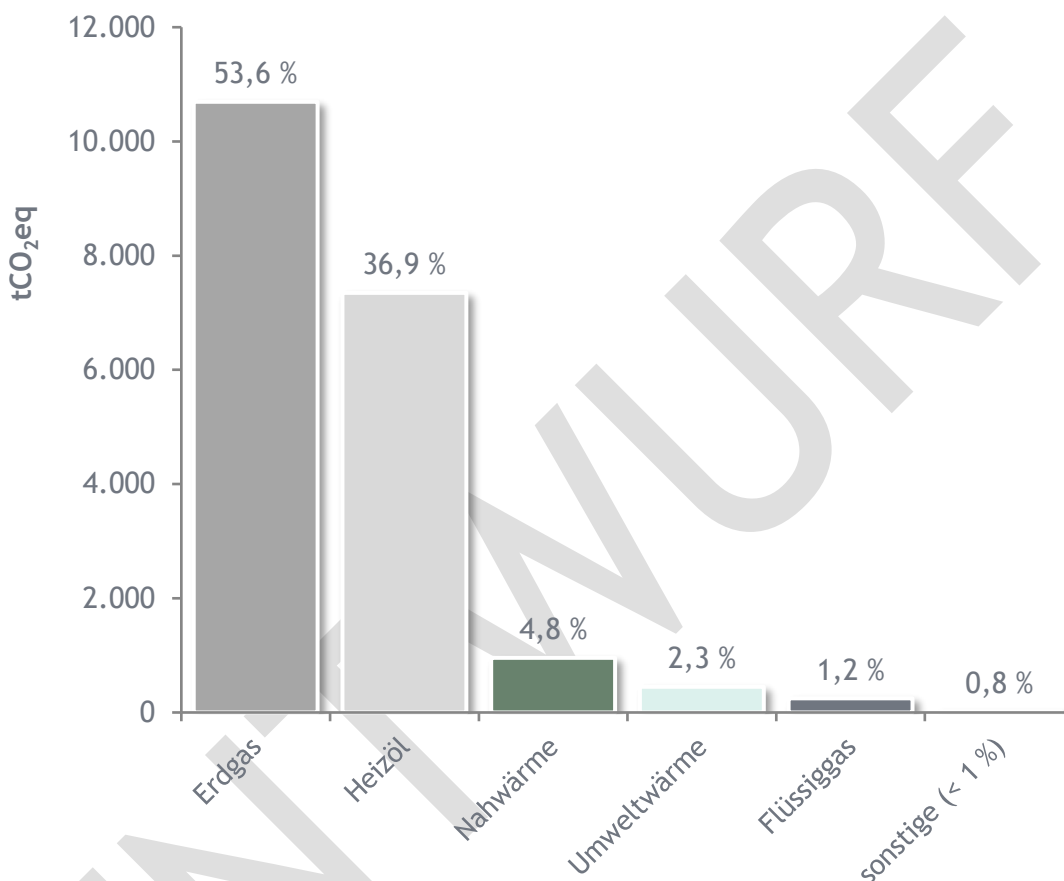


Abbildung 10: Treibhausgasemissionen nach Energieträger, eigene Darstellung

2.3.4 Wärmeverbrauch aus erneuerbaren Energieträgern

Aus der Zusammensetzung der Energieträger ergibt sich, dass der Anteil erneuerbarer Wärmeversorgung am gesamten Wärmeverbrauch bei 22,2 % liegt (vgl. Abbildung 11).

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 der Gemeinde Krailling den Bundesdurchschnitt um 4,3 % übertrifft, werden dennoch 77,8 % der Wärmemenge über fossile Energieträger gedeckt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer konsequenten Dekarbonisierung des Wärmesektors, um eine Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen.

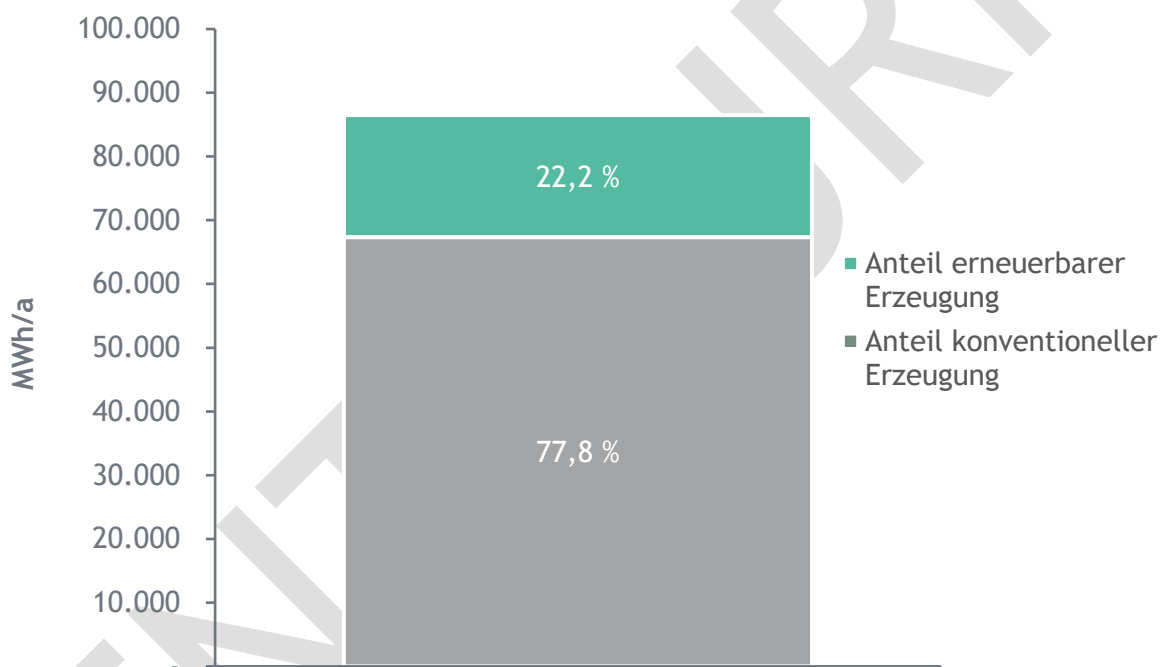


Abbildung 11: Anteil des erneuerbaren Wärmeverbrauchs, eigene Darstellung

2.3.5 Wärmeverbrauch nach Sektoren

Abbildung 12 zeigt die sektorale Verteilung des Wärmeverbrauchs in der Gemeinde Krailling. Der größte Wärmeverbrauch ist dem Sektor Private Haushalte mit einem Anteil von 67,7 % am gesamten Wärmeverbrauch zuzuordnen. Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen folgt mit einem Anteil von 29,3 % als zweitgrößter Wärmeverbraucher. Der Anteil der kommunalen Einrichtungen, wie auch der Industrie ist

mit jeweils 1,8 % und 1,3 % vergleichsweise gering.

Diese Verteilung spiegelt die siedlungsstrukturellen Gegebenheiten der Gemeinde wider, die überwiegend durch Wohnbebauung geprägt ist. Abgesehen von dem Gewerbegebiet Kraillingener Innovationsmeile ist kaum Gewerbe oder Industrie vorhanden.

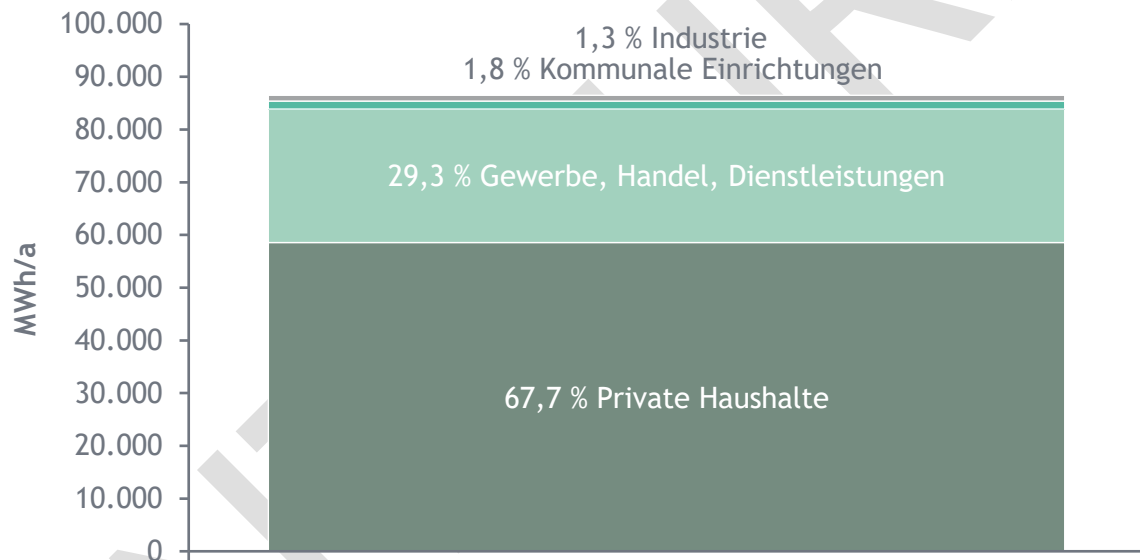


Abbildung 12: Wärmeverbrauch nach Sektoren, eigene Darstellung

2.3.6 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Erneuerbare Energien in der Gemeinde Krailling erzeugen bilanziell 10,2 % des Gesamtstromverbrauchs. Der gesamte Stromverbrauch beläuft sich auf 24.259 MWh/a. Die Bedeutung von erneuerbaren Energien ist vor allem auf einen großen Anteil von Photovoltaik sowie Biogas, Biomasse und in kleinem Teil Wasserkraft zurückzuführen.

Abbildung 13 zeigt die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Photovoltaik dominiert mit der Erzeugung von 1.631 MWh/a.

Es folgt Biogas mit 654 MWh/a, Biomasse mit 172 MWh/a und Wasserkraft aus der *Linnermühle* mit 30 MWh/a. Maßgeblich verantwortlich für den Biogasanteil ist das Heizkraftwerk des *Waldsanatoriums*.

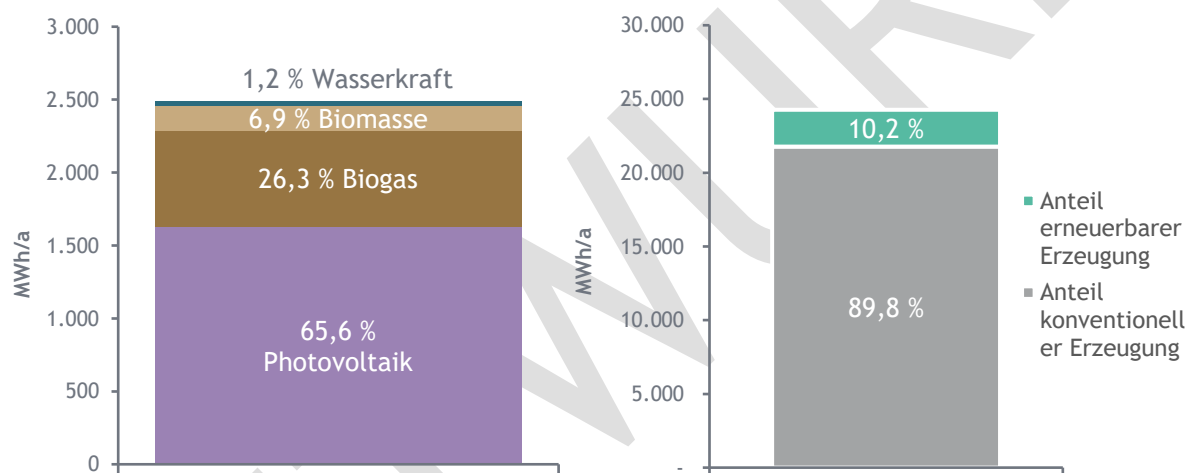


Abbildung 13: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und Anteil am Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2022, eigene Darstellungen

In der Gemeinde wird der Wärmebedarf durch die Vielzahl an Wohngebäuden, insbesondere Einfamilien- und Reihenhäuser, und die ansässigen Unternehmen bestimmt. Typischerweise liegen die Wärmebedarfsschwerpunkte im Ortskern, da hier eine verdichtete Bebauung vorliegt, während in den Außengebieten und Weilern oft mit größerem Abstand gebaut wird, so auch in Krailling.

Die Analyse umfasst sowohl den Energieverbrauch für Raumwärme als auch für Warmwasser. Dadurch gelingt die Identifizierung von Hotspots mit besonders hohem Bedarf, die für zukünftige Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung oder dem Ausbau von Wärmenetzen relevant sind.

Eine genaue Erfassung der vorhandenen Wärmestrukturen hilft nicht nur bei der Entwicklung von Maßnahmen zur

Reduzierung des Wärmebedarfs, sondern zeigt auch Potenziale für den Einsatz erneuerbarer Wärmequellen auf. Bei der Einordnung des Wärmebedarfs gibt der *Leitfaden zur Wärmeplanung* des Bundes eine grobe 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 im Bestand gegeben (siehe Tabelle 4).

In Abbildung 15 ist der Wärmebedarf in einem Hektarraster von 100x100 m (Wärmekataster) dargestellt, während Abbildung 16 eine aggregierte Darstellung (unter Berücksichtigung der Datenschutzrichtlinien) auf Baublockebene zeigt, die sich an natürlichen Unterbrechungen wie Infrastruktur Schienen-, Straßen- oder Wasserwege orientiert und somit eine bessere Planungsgrundlage bietet.

Tabelle 4: Einschätzung zur Eignung für Wärmenetze nach Wärmedichte, entnommen aus dem Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]

Wärmedichte [MWh/ha·a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
< 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

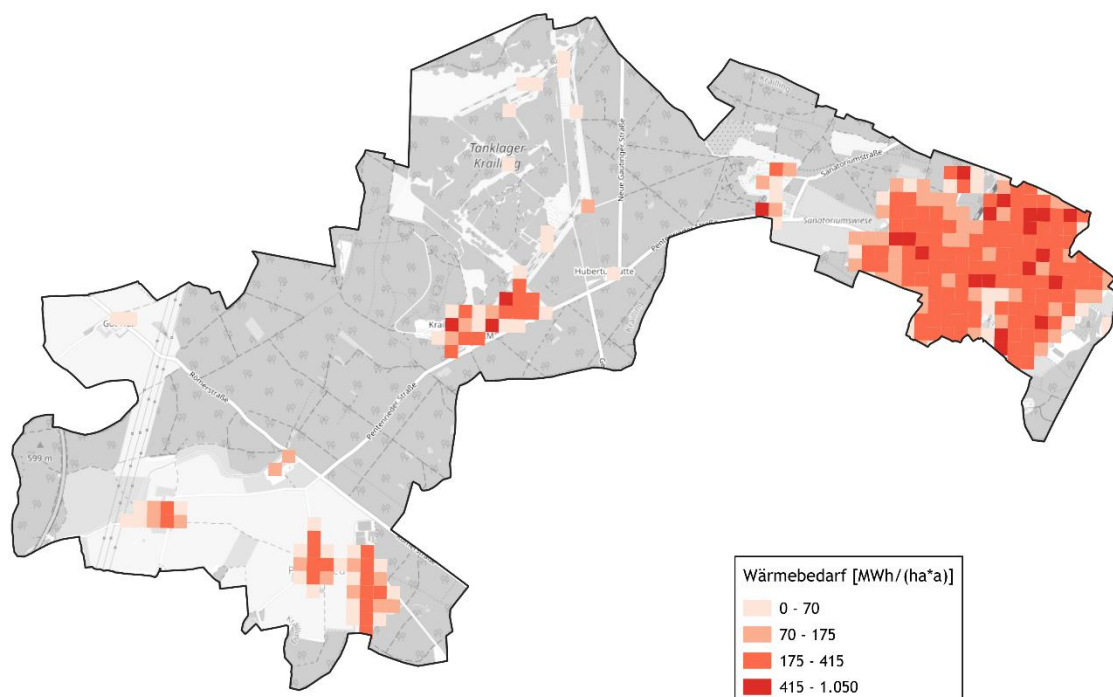


Abbildung 15: Wärmebedarf nach Hektarraster in Krailling, eigene Darstellung

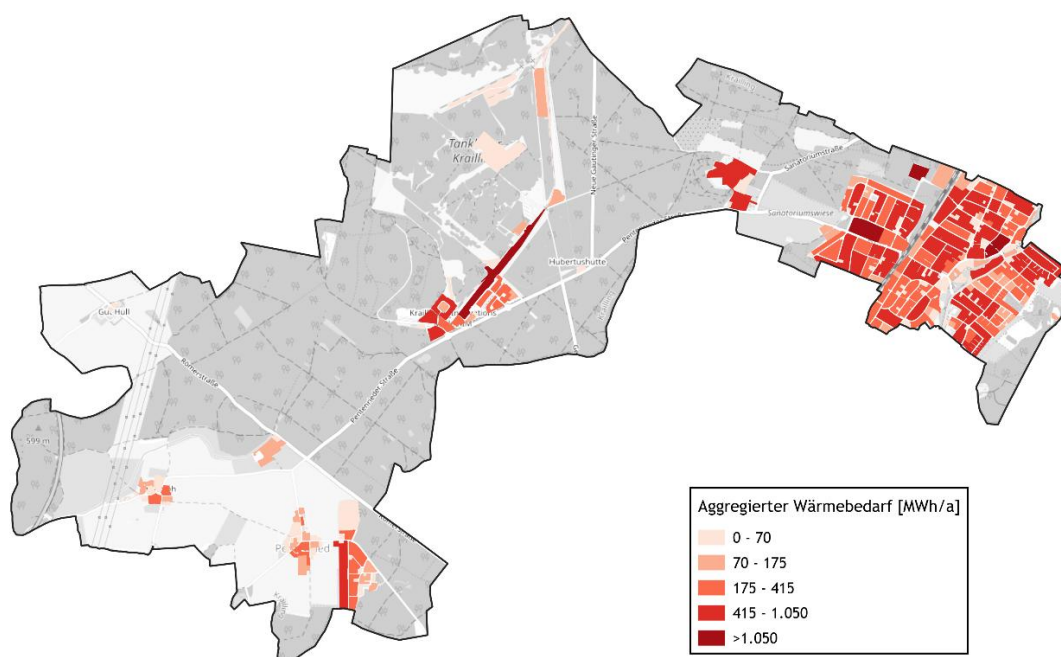


Abbildung 16: Aggregierter Wärmebedarf auf Baublockebene in Krailling, eigene Darstellung

Nachdem der Wärmebedarf der Gemeinde analysiert wurde, dient die Wärmelinien-dichte als Maß für die Wärmemenge pro Trassenmeter eines potenziellen Wärmenetzes. Dieser Kennwert zeigt die räumliche Bedarfsverteilung des Wärmebedarfs auf einen Blick, in welchen Bereichen der Gemeinde eine besonders hohe oder geringe Nachfrage besteht. Angegeben in kWh/m·a ist die Wärmelinien-dichte zugleich ein Indikator für die Auslastung der Wärmeverteilung sowie für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes. Sie wird genutzt, um Gebiete in zentrale oder dezentrale Versorgungszonen einzuteilen. Hohe Werte weisen darauf hin, dass sich eine Versorgung über ein Wärmenetz besonders lohnt, da je verlegtem Trassenmeter mehr Wärme abgenommen wird.

Im Gegensatz zu einer rein quantitativen Bedarfsanalyse bietet die Darstellung mittels Wärmelinien eine räumliche

Perspektive, die es ermöglicht, die Wärmeverteilung in Beziehung zur vorhandenen Infrastruktur und zu den bestehenden Bebauungsstrukturen zu setzen. Abbildung 17 stellt die Wärmelinien-dichten in unterschiedlichen Farbintensitäten dar, die den jeweiligen Nachfrageschwerpunkt verdeutlichen: Rot kennzeichnet Gebiete mit sehr hohem Bedarf bis zu grün mit geringem Wärmebedarf. Eine Übersicht der einzelnen Kategorien ist in Tabelle 5 dargestellt. Diese farbliche Einteilung erleichtert eine schnelle Orientierung und zeigt die räumliche Verteilung des Bedarfs.

So lassen sich Zonen mit dichter Besiedelung oder höherer gewerblicher Nutzung, die typischerweise eine stärkere Wärmefachfrage aufweisen, leicht von weniger dicht besiedelten Gebieten unterscheiden. Dabei wird deutlich, dass insbesondere der Ortskern von Krailling durch hohe Wärmelinien-dichten heraussticht.

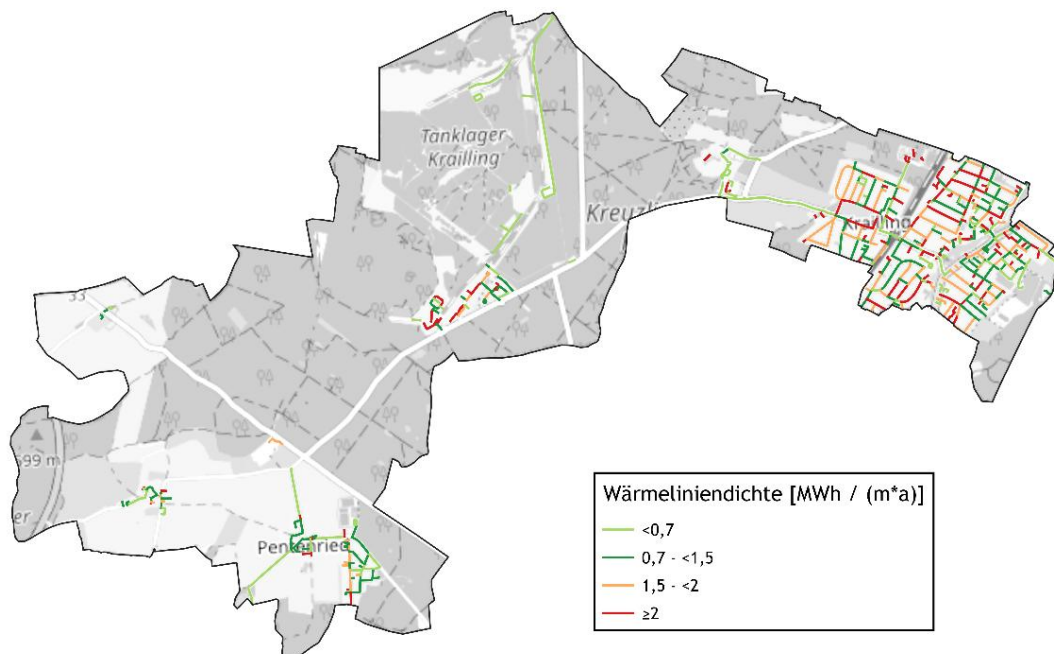


Abbildung 17: Wärmelinien-dichten in Krailling, eigene Darstellung

Tabelle 5: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmeliniendichte, entnommen aus Leitfaden Wärmeplanung des Bundes [5]

Wärmeliniendichte [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	Hohe Eignung, auch wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z.B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

3 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung dar und liefert wesentliche Erkenntnisse für eine klimaneutrale und ressourceneffiziente Wärmeversorgung. Zu Beginn wird das Potenzial für die Errichtung und den Ausbau von Wärmenetzen bewertet, um deren Rolle in der zukünftigen Wärmeversorgung einzuschätzen. Zudem wird untersucht, welche natürlichen und infrastrukturellen Ressourcen in der Gemeinde Krailling verfügbar sind und wie sie zur Deckung des künftigen Wärmebedarfs beitragen können. Im Fokus stehen dabei lokale Potenziale für erneuerbare Energien wie Solar- und Geothermie sowie die Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe. Ergänzend werden Möglichkeiten zur Reduktion des Wärmebedarfs und zur Effizienzsteigerung in Gebäuden und Anlagen berücksichtigt. Durch die umfassende Ermittlung und Bewertung dieser Potenziale entsteht die Grundlage für die Entwicklung eines Zielszenarios, das auf eine nachhaltige und emissionsarme Wärmeversorgung bis 2045 ausgerichtet ist.

Die von 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 Geo-Fachdaten oder Open Source Projekten (z.B. OpenStreetMap). Die georeferenzierten Darstellungen wurden von INEV erstellt. Geo-Fachdaten beschreiben georeferenziert fachspezifische Informationen. Ein Beispiel für Geo-Fachdaten 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 18 dargestellt.

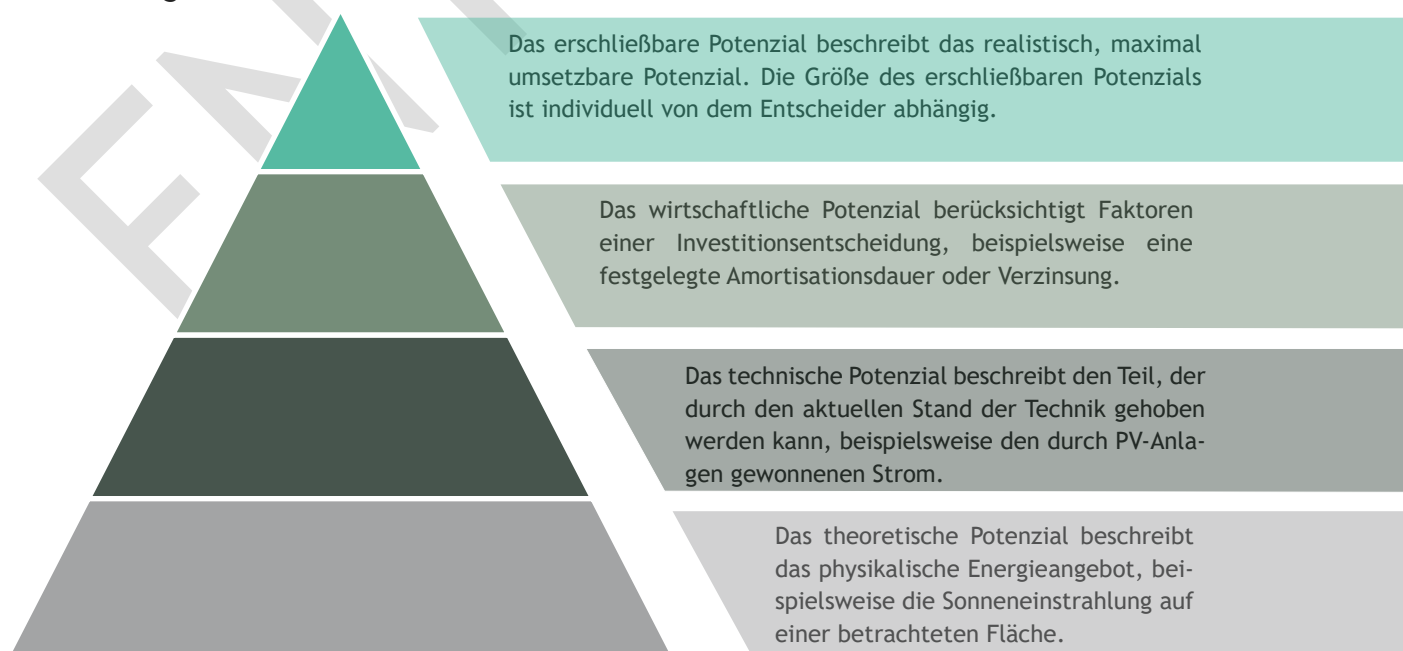


Abbildung 18: Potenzialpyramide, eigene Darstellung

Im Nachfolgenden 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 kann. Dabei werden Verluste, Verfügbarkeiten, technische Einschränkungen und infrastrukturelle Gegebenheiten berücksichtigt.

3.1 Wärmenetze

Wärmenetze sind Infrastrukturen zur zentralen Versorgung von Gebäuden mit Wärmeenergie. In einem Wärmenetz wird die erzeugte Wärme über ein Rohrleitungssystem von zentralen Erzeugungsanlagen, wie Blockheizkraftwerken, Geothermieranlagen oder Großwärmepumpen, zu den 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. Beim Transport entstehen zwar unvermeidbare Wärmeverluste, doch durch die zentrale Erzeugung lassen sich Ressourcen effizienter nutzen. Wärmenetze werden bevorzugt in dichtbesiedelten Gebieten mit hohem Wärmebedarf eingesetzt, wo sie wirtschaftlich und technisch besonders vorteilhaft sind.

Für die Planungen zur möglichen Einführung von Wärmenetzen in Krailling wurden detaillierte Untersuchungen durchgeführt. Dabei erfolgte eine Zonierung des Gemeindegebiets anhand des in Kapitel 2.4 beschriebenen Wärmekatasters, um die unterschiedlichen Wärmebedarfe und Strukturen besser analysieren zu können. Dabei werden zusammenhängende Gebiete mit einem hohen Wärmebedarf zusammengefasst. Für die Planungen zur möglichen Einführung von Wärmenetzen in Krailling wurden detaillierte Untersuchungen durchgeführt.

Für all diese Gebiete werden beispielhafte Wärmenetze modelliert. Dafür werden zunächst die Wärmebedarfe der jeweiligen Gebiete ermittelt. Um das Potenzial zu ermitteln, wird im ersten Schritt von einer Anschlussquote von 100 % ausgegangen. Ergänzend wird ein möglicher Trassenverlauf des Wärmenetzes entlang des Straßennetzes herangezogen. So kann für die jeweiligen Betrachtungsgebiete eine Wärmelinien-dichte angegeben werden.

Als Richtwert gilt eine Wärmelinien-dichte von über 1.500 kWh/m·a, die in der Regel auf eine wirtschaftliche Realisierbarkeit eines Wärmenetzes hinweist [5]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wärmelinien-dichte immer projektspezifisch zu bewerten ist, sodass auch Wärmelinien-dichten ab 1.200 kWh/m·a oder darunter zielführend sein können.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der beschriebenen Untersuchung dargestellt. Gebiete mit einer Wärmelinien-dichte unter 1.000 kWh/m·a werden nicht näher beschrieben, da diese üblicherweise als unwirtschaftlich einzustufen sind.

Neben der Wärmelinien-dichte 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.

In Abbildung 19 sind jene Gebiete als potenziell geeignet markiert, die auf Grundlage der Eignungsprüfung im Rahmen der Wärmenetzanalyse analysiert wurden. Die Wärmenetzuntersuchung ergab, dass nicht alle dieser Gebiete für ein Wärmenetz in

Frage kommen, deshalb werden im Folgenden die geeigneten Wärmenetzgebiete vorgestellt, die diese Kriterien erfüllen. Dazu zählen das Gebiet *Rathaus/Stieglitzweg + Siedlung Nord*, das *Gewerbemischgebiet Süd* sowie das *Zentrum Krailling Nord*. *Gut Pentenried*, die *Ökosiedlung* im Osten von Krailling sowie *Rathaus/ Stieglitzweg* (ohne Siedlung) werden als Fokusgebiete eingehender betrachtet und in Kapitel 5.1 detailliert beschrieben.

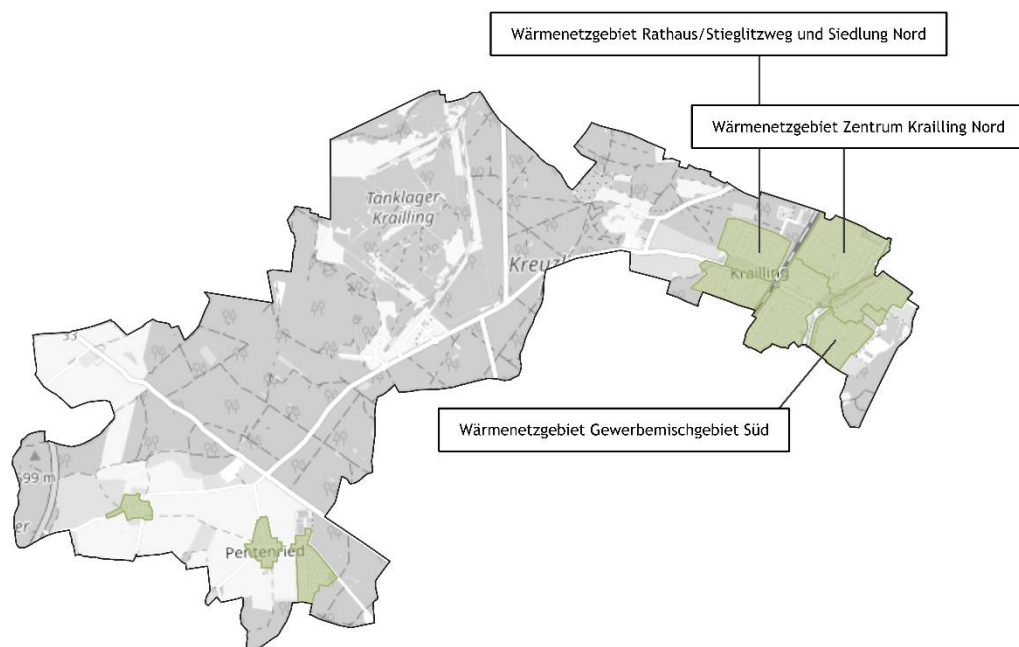


Abbildung 19: Wärmenetzuntersuchungsgebiete, eigene Darstellung

3.1.1 Detailbetrachtung Zentrum Krailling Nord

Das betrachtete Gebiet befindet sich im nördlichen Teil des Zentrums von Krailling. Etwa 40 % der Gebäude sind Einfamilienhäuser und 10% Nichtwohngebäude. Laut IWU-Kategorisierung entfallen 21 % auf Einfamilienhäuser und 29 % auf Reihenhäuser. Ein großer Teil der Bausubstanz stammt aus der Zeit vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1977, dem Vorläufer des heutigen GEGs. Rund 68 % der Gebäude wurden zwischen 1949 und 1986 errichtet. Aufgrund des Baualters und einer dichten Bebauungsstruktur weist der Ortsteil einen hohen spezifischen Wärmebedarf auf. Bezogen auf die Bruttogeschossflächen der Gebäude beträgt dieser durchschnittlich 131 kWh/m²·a.

Im östlichen und westlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind durch Gewerbebetriebe und Mehrfamilienhäuser verdichtete Bebauungsstrukturen gegeben. Bei der Ringstraße ist die Wohnbebauung sehr kompakt, wodurch sich eine hohe Wärmelinien-dichte ergibt. Im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets ist die Bebauung deutlich weniger kompakt als im restlichen Betrachtungsgebiet. Auch sind hier hauptsächlich Einfamilienhäuser zu finden. Aus diesem Grund wurde dieser Abschnitt als separate Ausbaustufe definiert.

Abbildung 20 zeigt eine mögliche Detailbetrachtung des Wärmenetzes in den zwei Ausbaustufen. Die Analyse der Indikatoren deutet darauf hin, dass der Aufbau eines Wärmenetzes im betrachteten Gebiet unter den aktuellen Rahmenbedingungen grundsätzlich wirtschaftlich umsetzbar sein kann. Bei einer Anschlussquote von 100 % beträgt die Wärmelinien-dichte für die beiden Ausbaustufen zusammen 1.698 kWh/m·a. Gemäß den in Kapitel 3.1 definierten Richtwerten

gilt eine Wärmelinien-dichte ab 1.200 kWh/m·a als potenziell wirtschaftlich unter Berücksichtigung von Anschlussquoten ab 1.000 kWh/m·a. Häufig wird eine Anschlussquote von 60 % herangezogen. Lokale Gegebenheiten wie die Größe des Wärmenetzes und bereits vorhandener Infrastruktur kann höhere Anschlussquoten zur Folge haben.

Angesichts dieser positiven Ausgangslage empfiehlt es sich, das Projekt weiter zu analysieren und eine Machbarkeitsstudie durchzuführen. Diese kann dazu beitragen, die spezifischen wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen detailliert zu bewerten, mögliche Optimierungspotenziale zu identifizieren und eine solide Entscheidungsgrundlage für den schrittweisen Ausbau des Wärmenetzes zu schaffen. Das betrachtete Gebiet wird deshalb als Wärmenetzgebiet im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes eingestuft. Die wesentlichen Kennzahlen für die zwei Ausbaustufen des Untersuchungsgebietes sind:

Ausbaustufe I:

- **Angeschlossene Gebäude: 269**
- **Trassenlänge: 5,4 km**
- **Wärmebedarf: 14.076 MWh/a**
- **Wärmelinien-dichte (60%):
1.064 kWh/m·a**
- **Wärmelinien-dichte (100%):
1.774 kWh/m·a**

Ausbaustufe I + II:

- Angeschlossene Gebäude: 315
 - Trassenlänge: 6,3km
 - Wärmebedarf: 15.869 MWh/a
 - Wärmelinienichte (60%): 1.019 kWh/m·a
 - Wärmelinienichte (100%): 1.698 kWh/m·a
- ➔ Eignung für ein Wärmenetzgebiet

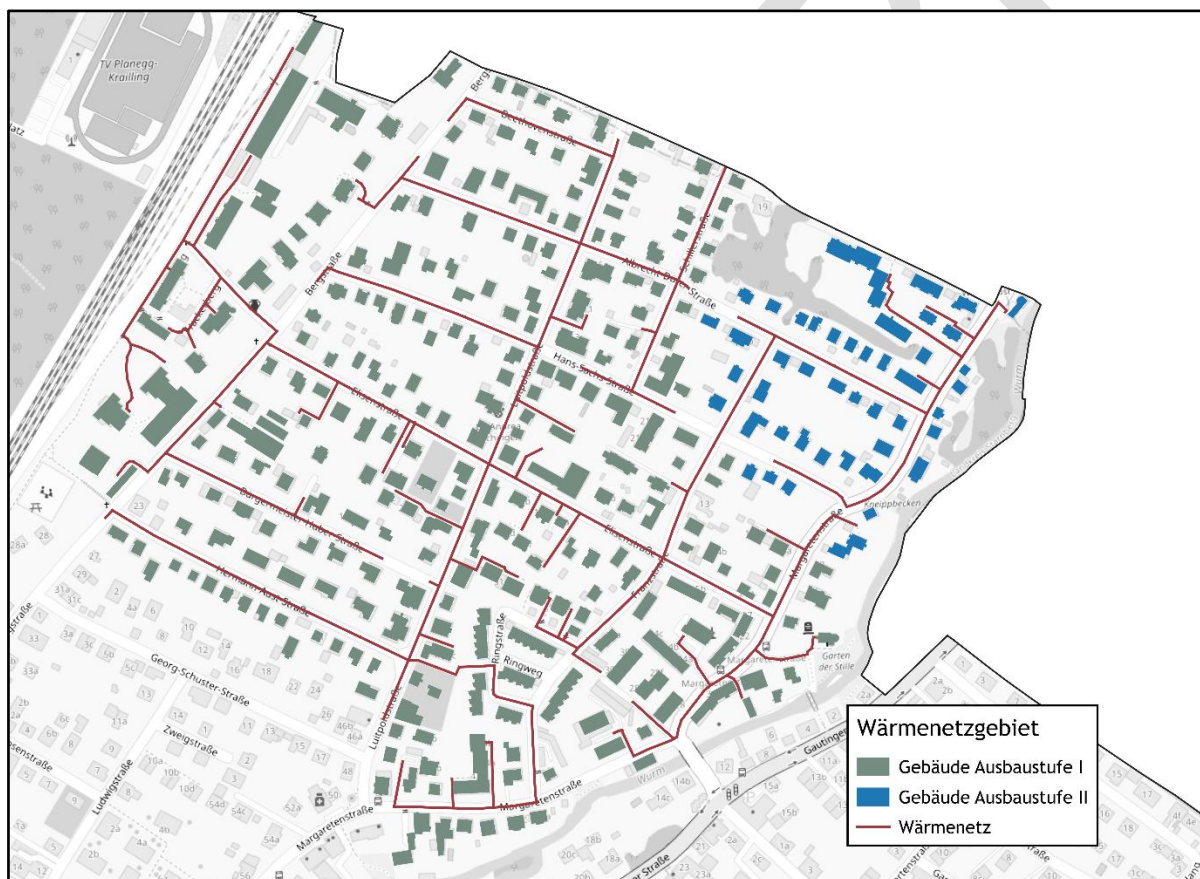


Abbildung 20: Detailbetrachtung Krailling Zentrum Nord Ausbaustufe I + II, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung

3.1.2 Detailbetrachtung Gewerbemischgebiet Süd

Das südöstlich gelegene Teilgebiet der Gemeinde Krailling weist eine gemischte, überwiegend wohnbaulich geprägte Struktur auf. Knapp die Hälfte des Gebäudebestands entfällt nach IWU auf Mehrfamilienhäuser. Einfamilienhäuser machen etwa 35 % aus, Reihenhäuser rund 15 %. Der Anteil an Nichtwohngebäuden ist mit 3 % vergleichsweise gering. Ein wesentlicher Aspekt des Gebiets ist die alte Bausubstanz. Etwa 85 % der Gebäude wurden zwischen 1949 und 1986 errichtet und somit zum Großteil noch vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung. Viele Gebäude entsprechen daher nicht dem heutigen energetischen Standard und weisen einen entsprechend hohen Wärmebedarf auf.

Besonders im nördlichen Abschnitt des Gebiets ist ein überdurchschnittlich hoher Wärmebedarf festzustellen. Dies liegt zum einen an der dort konzentrierten Bebauung mit größeren Mehrfamilienhäusern, zum anderen an mehreren für Gewerbe genutzte Flächen, darunter mehrere Supermärkte und ein Kindergarten sowie den Kraillinger Wertstoffhof. In der Gemeinde Gauting liegt direkt an der Kommunengrenze zu Krailling mit der *Webasto Group SE GmbH* ein großer potenzieller Ankerkunde. Aufgrund eines kürzlich durchgeführten Energieträgertausches ist ein unmittelbarer Anschluss an diesen Ankerkunden derzeit nicht sinnvoll, zukünftig aber eine Option.

Eine Darstellung eines möglichen Wärmenetzes im Gewerbemischgebiet Süd ist in Abbildung 21 gezeigt. Auch für dieses Gebiet zeigt sich, dass die Umsetzung eines Wärmenetzes wirtschaftlich sein kann. Die Wärmelinienichte beträgt, sofern alle Gebäude angeschlossen werden 1.525 kWh/m·a und liegt damit über dem

Schwellenwert. Bei einer Anschlussquote von 60 % wird der Richtwert von 1.000 kWh/m·a mit 915 kWh/m·a leicht unterschritten, dabei werden in der Anschlussquote Wohngebäude in gleichem Maße berücksichtigt wie Nichtwohngebäude. Durch eine überdurchschnittliche Anschlussquote bei Nichtwohngebäuden kann dieser Wert aufgrund des dort vorhandenen höheren Wärmebedarfs erreicht werden.

Vor diesem Hintergrund wird auch für dieses Teilgebiet empfohlen, eine detaillierte Machbarkeitsstudie durchzuführen. Diese kann dazu beitragen, die spezifischen wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen detailliert zu bewerten, mögliche Optimierungspotenziale zu identifizieren und eine solide Entscheidungsgrundlage für die Realisierung des Wärmenetzes zu schaffen. Aufgrund der Nähe zu Gewerbebetrieben in der Nachbarkommune Gauting kann auch eine Wärmenetz über die Gemeindegrenzen hinaus in Betracht gezogen werden. Auch dieses Gebiet wird deshalb als Wärmenetzgebiet im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes eingestuft. Die wesentlichen Kennzahlen für das Untersuchungsgebiet sind:

- **Angeschlossene Gebäude: 159**
- **Trassenlänge: 2,9 km**
- **Wärmebedarf: 7.150 MWh/a**
- **Wärmelinienichte (60%):
915 kWh/m·a**
- **Wärmelinienichte (100%):
1.525 kWh/m·a**
- ➔ **Eignung für ein Wärmenetzgebiet**



Abbildung 21: Detailbetrachtung Gewerbemischgebiet Süd, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung

3.1.3 Detailbetrachtung: Krailling Rathaus/Stieglitzweg + Siedlung Nord

Im Norden der Gemeinde Krailling befindet sich das Gebiet um das Rathaus, welches in Kapitel 5 als Fokusgebiet noch genauer untersucht wird. Die Siedlung ist überwiegend durch Wohnbebauung geprägt. Mehr als 40 % entfallen auf Einfamilienhäuser, während Reihenhäuser und kleinere Mehrfamilienhäuser zusammen rund die Hälfte an Gebäuden ausmachen. Zu den wenigen Nichtwohngebäuden gehören die Schule, das Kinderhaus und das Rathaus. Der überwiegende Teil der Bausubstanz, nämlich 92 %, entstand zwischen 1949 und 1978 und entspricht daher in weiten Teilen nicht mehr den heutigen energetischen und baulichen Standards.

Ein erhöhter Wärmebedarf tritt vor allem im Bereich des Rathauses mit den angrenzenden Mehrfamilienhäusern im Stieglitzweg und Pentenrieder Straße auf. Aufgrund des Baualters weist aber auch das restliche Gebiet einen hohen Wärmebedarf auf. Bezogen auf die Bruttogeschossfläche beträgt dieser durchschnittlich $140 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$.

Wie dementsprechend der Verlauf eines potenziellen Wärmenetzes aussieht, ist in Abbildung 22 gezeigt. Ergänzend zu dieser

Untersuchung wird das Gebiet rund um das Rathaus ohne der Siedlung Nord (Wohngebiet nördlich des Stieglitzwegs bis einschließlich Drosselweg) in Kapitel 5.1.1 als Fokusgebiet im Detail betrachtet.

Vor diesem Hintergrund wird für auch für dieses Teilgebiet empfohlen, eine detaillierte Machbarkeitsstudie durchzuführen. Diese kann dazu beitragen, die spezifischen wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen detailliert zu bewerten, mögliche Optimierungspotenziale zu identifizieren und eine solide Entscheidungsgrundlage für die Realisierung des Wärmenetzes zu schaffen. Mehr Informationen zur Maßnahme *Machbarkeitsstudie* sind dem Maßnahmenkatalog zu entnehmen.

Das betrachtete Gebiet wird als Wärmenetzgebiet im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes eingestuft, wobei die folgenden wesentlichen Kennzahlen das Untersuchungsgebiet charakterisieren:

- **Angeschlossene Gebäude: 132**
 - **Trassenlänge: 3,3 km**
 - **Wärmebedarf: 9.431 MWh/a**
 - **Wärmelinienichte (60%):**
1.151 kWh/ m·a
 - **Wärmelinienichte (100%):**
1.918 kWh/ m·a
- ➔ **Eignung für ein Wärmenetzgebiet**

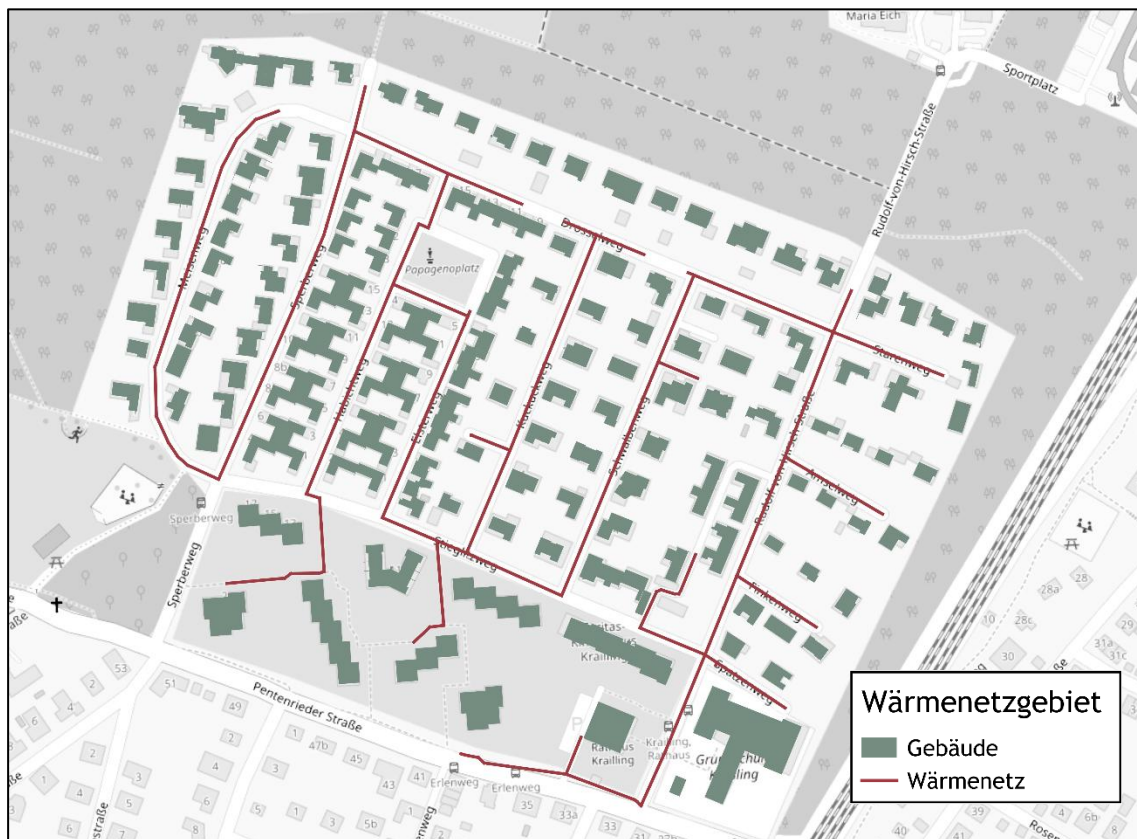


Abbildung 22: Detailbetrachtung Rathaus + Siedlung Nord, möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes, eigene Darstellung

3.1.4 Zwischenfazit Wärmenetzpotenzial

Die Analyse der drei Untersuchungsgebiete in Krailling, sowohl im nördlichen als auch im südöstlichen Bereich sowie beim Rathaus, zeigen jeweils ein vielversprechendes Potenzial für wirtschaftliche Wärmenetze.

Die Bebauungsdichte und auch das teilweise Vorhandensein von Ankerkunden schaffen in den drei Gebieten günstige strukturelle Voraussetzungen für den Aufbau eines Wärmenetzes. Die Wärmelinien-dichten liegen mit 1.918 kWh/m·a beim *Rathaus/Stieglitzweg + Siedlung Nord*, 1.698 kWh/m·a in *Krailling Zentrum Nord* und 1.525 kWh/m·a im *Gewerbemischgebiet Süd* deutlich über dem Wirtschaftlichkeitswert von 1.200 bis 1.500 kWh/m·a. Damit ist eine wirtschaftliche Umsetzung

grundsätzlich möglich. Darüber hinaus bestehen Optimierungsmöglichkeiten durch geeignete Betreibermodelle sowie die Nutzung möglicher Fördermittel.

Alle drei Gebiete sind daher im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes als potenzielle Wärmenetzgebiete einzustufen. Die weiteren Untersuchungsgebiete beim *Rathaus/Stieglitzweg*, dem *Gut Pentenried* sowie der *Ökosiedlung* werden im Detail in Kapitel 5.1 als Fokusgebiet betrachtet. Vor diesem Hintergrund empfehlen sich weiterführende Machbarkeitsstudien, die die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen vertieft analysieren, Optimierungspotenziale aufzeigen und eine fundierte Basis für die schrittweise Realisierung der Wärmenetze schaffen.

3.2 Gebäudenetze

Eine mögliche Alternative zu Wärmenetzen stellen Gebäudenetze dar. Sie sind kleiner im Maßstab und bilden eine effiziente Lösung für die Wärmeversorgung, wobei per Definition bis 16 Gebäude oder bis zu 100 Wohneinheiten über eine zentrale Wärmeerzeugungsanlage versorgt werden (vgl. BEG).

Wärmenetze transportieren erzeugte Wärme über ein weit verzweigtes Leitungsnetz und eignen sich besonders für großflächige, dicht besiedelte Gebiete mit hohem Wärmebedarf. Gebäudenetze hingegen sind kompakter ausgelegt und dienen der gemeinsamen Versorgung mehrerer zusammenhängender 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 Wärmenetz technisch oder wirtschaftlich nicht umsetzbar wäre.

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 Nutzer führt. Zudem reduzieren sich Wärmeverluste durch die Nähe der Verbraucher. 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 von einem oder mehreren Gebäudenetzen soll bei zukünftigen Fortschreibungen betrachtet werden. Gebäudenetze sind in vielen Fällen auch in ausgewiesenen dezentralen Wärmeversorgungsgebieten wirtschaftlich zu betreiben, da abweichende Anforderungen im Vergleich zum Wärmenetz gelten.

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 6 zeigt die verschiedenen Varianten im Detail.

Tabelle 6: Aspekte verschiedener Betreibermodelle bei Gebäude- und Wärmenetzen, eigene Darstellung

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

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. Genossenschaftliche Modelle können auch dort eine zentrale Versorgungslösung ermöglichen, wo Wärmenetze auf den ersten Blick nicht wirtschaftlich erscheinen.

ENTWURF

Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien

3.3.1 Wärme

Das Kapitel „Wärme“ der Potenzialanalyse widmet sich der Identifikation und Bewertung aller relevanten Wärmequellen, die zur klimaneutralen Wärmeversorgung innerhalb der Gemeinde 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-Wasser-Wärmepumpen

Die Luft-Wärmepumpe ist eine bewährte Technologie, die Wärme aus der Umgebungsluft in nutzbare Heizenergie umwandelt. Die Luft-Wärmepumpe nutzt die in der Außenluft enthaltene Wärmeenergie über einen Kältemittelkreislauf, um Gebäude zu heizen oder Warmwasser zu erzeugen. Dabei wird Außenluft angesaugt, das Kältemittel im Verdampfer erhitzt und verdampft. Ein Kompressor verdichtet das gasförmige Kältemittel, wodurch seine Temperatur steigt. Im Kondensator verflüssigt es sich wieder und gibt die dabei freiwerdende Wärme an den Gebäude- und/oder Warmwasserkreislauf ab.

Ein wesentlicher Vorteil von Luft-Wasser-Wärmepumpen ist ihre Flexibilität und einfache Installation, da sie keine tiefen Erdarbeiten benötigen und in der Regel in bestehenden Gebäuden oder bei neuen Bauvorhaben eingesetzt werden können. Sie sind besonders effizient in milden Klimazonen und können sowohl für die Beheizung als auch für die Kühlung von Räumen verwendet werden.

Aufgrund der geringen Restriktionen (keine geologisch bedingten Einschränkungen, lediglich Einschränkungen aufgrund

von Schallemissionen) bietet die Luft-Wärmepumpe ein gutes Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme in Krailling. Die Installation von Luft-Wärmepumpen ist im Vergleich zur Nutzung von Geothermie kostengünstig, da keine Erdarbeiten notwendig sind. Das macht sie zu einer attraktiven Option für Hausbesitzer und gewerbliche Anwender.

Die Stromnetzkapazität in Krailling sowie die Nähe zum Verteilnetz ermöglicht eine umfassende Integration von Luft-Wärmepumpen. Zudem können intelligente Steuerungssysteme eingesetzt werden, um die Betriebszeiten der Wärmepumpen optimal auf Zeiten mit hoher Stromverfügbarkeit, etwa durch Photovoltaikanlagen, abzustimmen. Das Ergebnis lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Das Stromnetz in Krailling kann den zusätzlichen Bedarf durch Luft-Wärmepumpen abdecken.**
- **Die Installation benötigt keine aufwendigen Erdarbeiten und lässt sich sowohl in bestehenden Gebäuden als auch in Neubauten integrieren.**

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich gespeicherte Wärme zur Beheizung von Gebäuden und zur Warmwasserbereitung. Für die Eignung zum Einsatz von oberflächennaher Geothermie ist vor allem die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ausschlaggebend. Sie bestimmt das geothermische Potenzial und hängt wesentlich vom jeweiligen Substrat sowie den hydrologischen Bedingungen ab. In Krailling liegt die mittlere Wärmeleitfähigkeit bis zwei Meter Tiefe bei 1,2 bis 1,6 W/m·K. In 100 Meter Tiefe erreicht der Boden Wärmeleitfähigkeiten von 2,0 bis 2,2 W/m·K auf, was gute Bedingungen für die Wärmeentnahme schafft [10]. In der dezentralen Anwendung kommen verschiedene Systeme zum Einsatz, die sich hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Effizienz unterscheiden und in Abbildung 23 dargestellt werden.

Erdwärmekollektoren und -körbe nutzen die oberflächennahe Geothermie, indem sie die im Erdreich gespeicherte Wärme aufnehmen und über ein Wärmeträgermedium, meist eine spezielle Flüssigkeit, an die Wärmepumpe weiterleiten. Kollektoren werden in wenigen Metern Tiefe horizontal verlegt, während Körbe vertikal eingebracht werden und sich besonders für Grundstücke mit begrenzter Fläche eignen.

Erdwärmesonden erschließen die Wärme in größeren Tiefen von typischerweise bis zu 400 Metern. Dazu werden vertikale Bohrungen genutzt, durch die ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Diese Systeme arbeiten besonders effizient, da die Temperatur in tieferen Bodenschichten konstanter ist, und eignen sich vor allem für größere Gebäude oder einen höheren Wärmebedarf. Allerdings sind die Bohrungen mit

Kosten verbunden, zudem besteht ein gewisses Fündigkeitsrisiko.

Die in Abbildung 24 dargestellten Entzugsleistungen für Erdwärmesonden beziehen sich immer auf einzelne Flurstücke. Potenziale werden nur für Flächen mit bestehendem Wärmebedarf dargestellt. Aufgrund von Ausschlusskriterien, wie etwa Wasserschutzgebieten (z.B. Pentenried) sind nicht alle Flächen nutzbar.

Die **Grundwasser-Wärmepumpe** nutzt 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. Es besteht das Risiko eines sinkenden Grundwasserspiegels. Das Potenzial in Krailling ist in Abbildung 25 dargestellt. Die Ergebnisse für Krailling lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Es bestehen kaum Flächenrestriktionen für oberflächennahe Geothermie. Lediglich das Gebiet um Pentenried bis östlich der Kraillinger-Innovationsmeile ist als Wasserschutzgebiet von der Nutzung ausgeschlossen.
- Die Entzugsleistung je Flurstück für die Nutzung von Erdwärmesonden liegt zwischen <5 bis 50 kW.
- Das Potenzial für Grundwasser-Wärmepumpen liegt bei bebauten Gebieten zwischen <5 bis 100 kW, steigt aber in den Randgebieten auf bis über 1.000 kW an.

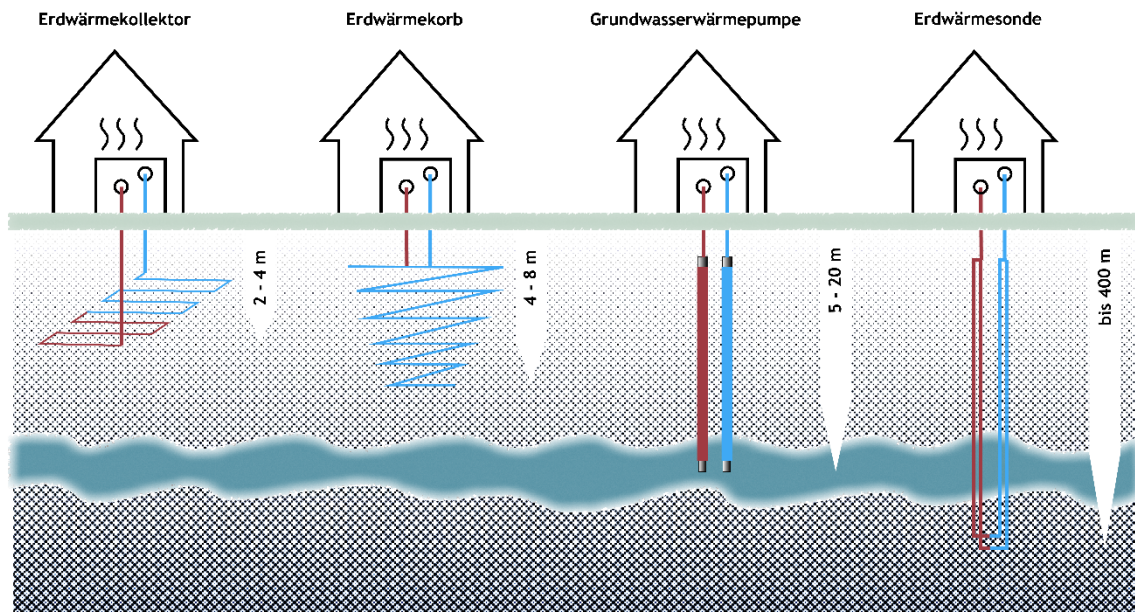


Abbildung 23: Technologien der oberflächennahen Geothermie mit ihren Funktionsweisen [11], eigene Darstellung

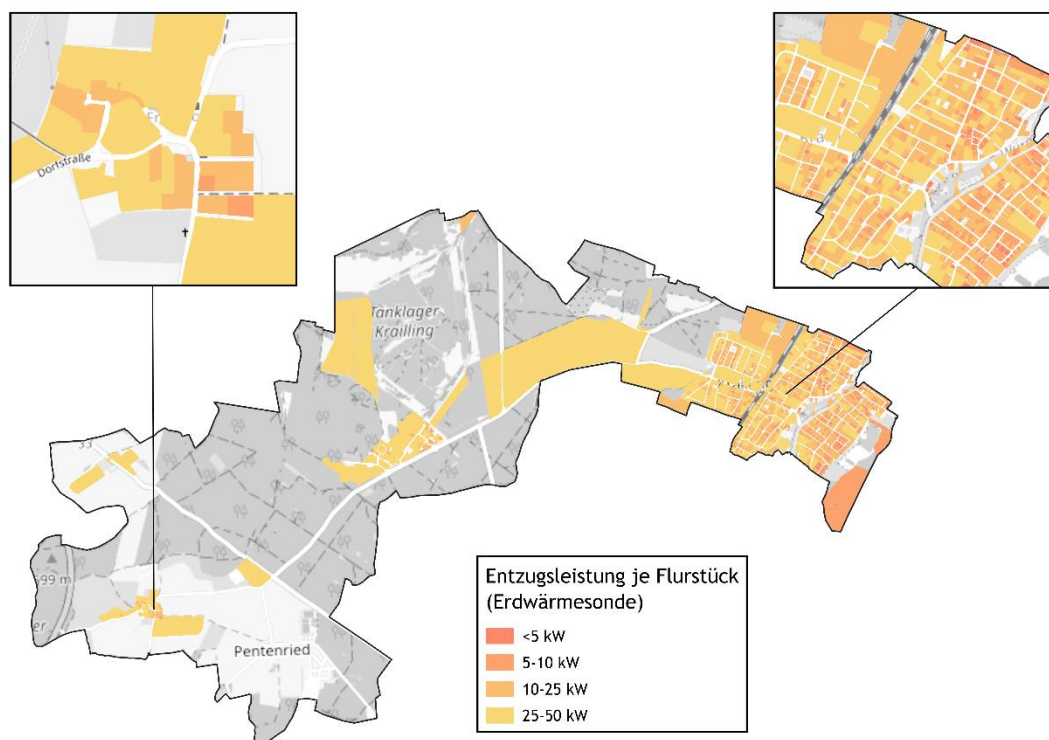


Abbildung 24: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Erdwärmesonden [12, 13]

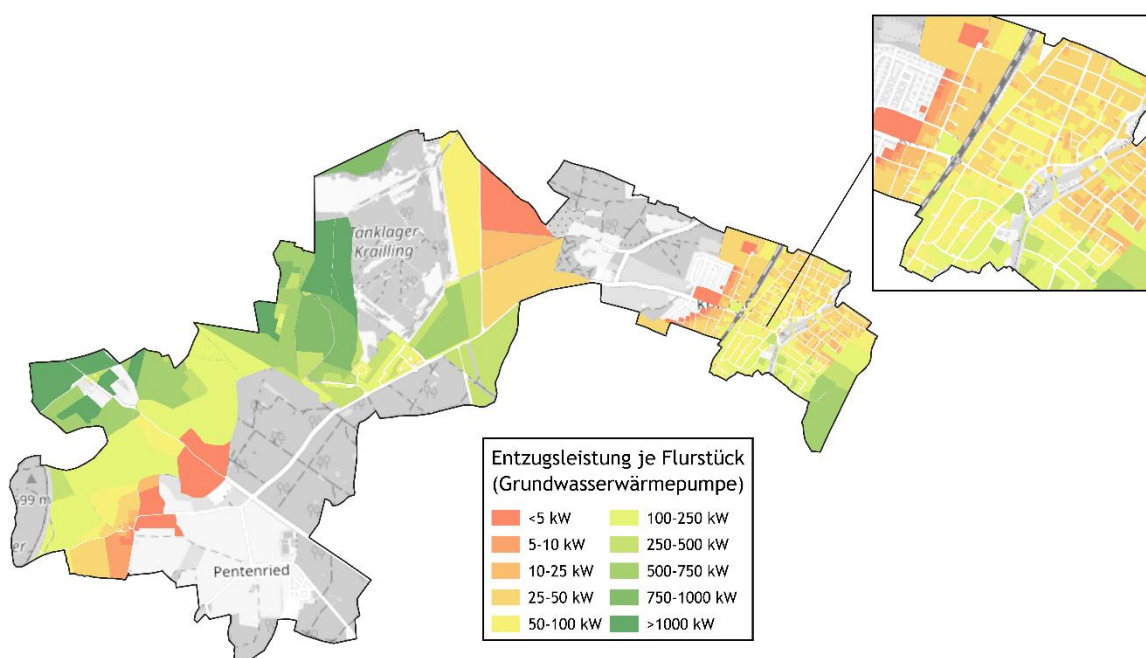


Abbildung 25: Entzugsleistung je Flurstück bei der Nutzung von Grundwasserwärmepumpen [12, 13]

Tiefe Geothermie

Tiefe Geothermie 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 und über Wärmetauscher an die Oberfläche gebracht werden.

Das Verfahren der tiefen Geothermie 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. Aufgrund der konstanten und ganzjährig verfügbaren Wärmeleistung bietet die tiefe Geothermie eine besonders zuverlässige und nachhaltige Energiequelle. Für den effizienten Einsatz dieser Energieform ist jedoch ein Wärmenetz erforderlich, das die Wärme über größere

Distanzen ohne signifikante Verluste zu transportiert.

Die geologischen Voraussetzungen für die Nutzung von Tiefengeothermie sind in Krailling durch die Lage im süddeutschen Molassebecken prinzipiell gegeben. Im Westen der Gemeinde an den Grenzen zu Gilching beziehungsweise Gauting werden derzeit mehrere Claims aufrechterhalten. Eine konkrete Umsetzung steht derzeit nicht an, potenzielle Bohrstandorte und geplante Wärmeleitungen liegen in zu großer Entfernung zum Hauptort Krailling, so dass ein Anschluss an ein mögliches Fernwärmenetz momentan nicht wirtschaftlich erscheint. Dies gilt auch für die Ortsgebiete Pentenried und Frohnloh.

- **In der Gemeinde Krailling wird keine Anlage zur Nutzung tiefer Geothermie betrieben.**
- **Die Gemeinde Krailling liegt in einem geologisch geeigneten Gebiet für die Tiefengeothermie.**
- **Bei aktuellen Claims gibt es kaum Fortschritte.**

Fließgewässer

Flussthermie beschreibt die Nutzung von Wärmeenergie, die in Fließgewässern gespeichert ist, zur Beheizung von Gebäuden oder zur Einspeisung in ein Wärmenetz. Diese Technologie nutzt den Temperaturunterschied zwischen Wasser und Luft, insbesondere während der kälteren Monate, um Wärme aus dem Flusswasser zu entziehen. Mithilfe von Wärmetauschern und Wärmepumpen wird diese Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben und zur Wärmeversorgung eingesetzt. Der Prozess ist besonders umweltfreundlich, da die Wärmeengewinnung emissionsfrei ist und keine nennenswerten Eingriffe in das Flusssystem erfordert. Die Technologie eignet sich besonders für städtische oder dicht bebaute Gebiete in der Nähe großer Fließgewässer. Eine ganzjährige Nutzung kann aufgrund äußerer Einflüsse wie zu niedriger Gewässertemperaturen oder zu geringe Abflüsse nicht sicher gewährleistet werden, weshalb die Flussthermie insbesondere in Hybridsystemen zu empfehlen ist.

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 Gemeindegebiet Krailling kommt die Würm als Flusswärmequelle in Betracht. Die Würm fließt vom Starnberger See in Richtung Norden, durchfließt den Ortskern von Krailling und mündet bei Dachau in die Amper. An der Messstelle in Leutstetten, etwa 11 km flussaufwärts, wurde im Zeitraum zwischen 1921 und 2020 eine Abflussgeschwindigkeit im arithmetischen Mittel der niedrigsten Tageswerte von 2,71 m³/s gemessen.

Diese Durchflussmenge wäre grundsätzlich für den Betrieb einer kleineren Wärmepumpenanlage geeignet, vorausgesetzt, die Wassertemperaturen erfüllen ebenfalls die notwendigen Anforderungen. An der Messstelle ist dabei seit 2011 eine durchschnittliche Temperatur von 12,1 °C aufgezeichnet worden, wobei die niedrigste Temperatur bei 1,6 °C lag [14]. Die Würm fließt durch den dicht besiedelten Ortskern von Krailling, wodurch auch die räumliche Nähe zu potenziellen Wärmeabnehmern gegeben ist.

Für die Abschätzung des theoretischen und technischen Potenzials wird ein COP (Coefficient of Performance) der Wasser-Wasser-Wärmepumpe von 3,5 bei 4.500 Vollastbenutzungsstunden angenommen. Wird am Wärmetauscher nun eine Entnahmemenge von maximal 5 % und eine Temperaturdifferenz von 5 Kelvin (K) festgelegt, lässt sich ein technisches Potenzial von 12.548 MWh erreichen. Dem gegenüber steht ein gesamter Wärmebedarf des Ortes von etwa 60.000 MWh. Der Einsatz einer Flusswärmepumpe als Wärmequelle kann daher nicht flächendeckend verwendet werden, lokal können dennoch unterstützend mehrere dutzend Gebäude versorgt werden. Somit lassen sich die Ergebnisse folgendermaßen zusammenfassen:

- **Durch die Gemeinde fließt die Würm, welche ein technisches Potenzial von 12.548 MWh/a vorweist**
- **Ein Genehmigungsvorteil besteht bei bestehenden Anlagen wie der Linnermühle. Da diese jedoch an einem Nebenarm liegt, ist das ausgewiesene Potenzial nicht direkt übertragbar.**

Solarthermie

Solarthermie wandelt solare Strahlung in nutzbare Wärme um. Kollektoren fangen Sonnenlicht ein und erzeugen Wärme, die zur Gebäudeheizung, Wassererwärmung oder Einspeisung ins Wärmenetz genutzt werden kann. Zur kommunalen Wärmeversorgung eignen sich insbesondere Aufdach- und Freiflächenanlagen. Beide Optionen haben spezifische Vorteile und Einsatzbedingungen:

1. **Freiflächen-Solarthermie:** Diese Anlagen benötigen große, unbeschattete Flächen und sind besonders geeignet, wenn sie in Verbindung mit Wärmespeichern und Wärmenetzen betrieben werden. Bei Freiflächen-Solarthermie ist darauf zu achten, dass die Auslegung des Wärmespeichers bedarfsorientiert erfolgt. Ein solcher Aufbau bietet sich für kommunale oder großflächige Wohnprojekte an, setzt jedoch die Verfügbarkeit eines Wärmenetzes voraus.
2. **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, je nach lokalen Energiebedarfen und vorhandenen Förderprogrammen.

Das Solarthermiepotezial basiert auf den Untersuchungen der Gebäudegeometriedaten des Bayerischen Vermessungsamtes (LoD2-Daten) [1]. Auf dessen Datengrundlage wird eine Methodik angewendet, die anhand technischer Rahmenbedingungen

die spezifischen Erträge für die Dachflächen in Krailling ausweist. In die Betrachtung gehen folgende Annahmen ein:

- Berücksichtigung von Flächen mit einer Strahlungsenergie über $800 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$
- Mindestgröße von geneigten Dächern: 5 m^2
- Mindestgröße von Flachdächern: $12,5 \text{ m}^2$

Für Krailling ergibt sich ein technisches Potential von 109.120 MWh/a . Daraus ergibt sich bei einer Umsetzungsquote von 15 % des Gesamtpotenzials bis 2045 ein erwartbarer Jahresertrag von 16.368 MWh , der durch die Solarthermie auf den Dachflächen erzeugt werden könnte.

Die Methodik liefert somit eine Abschätzung des Solarthermiepotezials auf den Dachflächen von Krailling und bildet eine Grundlage für die Integration dieser Energiequelle in das kommunale Wärmekonzept. Nicht berücksichtigt ist dabei die bereits installierte Solarthermie. Laut Auszug aus der Förderdatenbank der BAFA sind Kollektoren mit einer Gesamtfläche von 3.525 m^2 installiert, was einem Jahresertrag von 2.745 MWh entspricht. Der Großteil dieser Anlagen befindet sich auf privaten Wohngebäuden.

Wie sich das Potenzial je Dachfläche verteilt, ist in Abbildung 26 dargestellt. Das größte Potenzial zeigt sich im Gewerbegebiet der Kraillinger Innovationsmeile. Dort ist der bisherige Ausbau von Dachflächenanlagen noch gering, sodass ein erhebliches ungenutztes solarthermisches Potenzial vorhanden ist. In Pentenried hingegen sind bereits große Teile der Dachflächen mit Photovoltaik belegt, weshalb das dort ausgewiesene Potenzial größtenteils

erschöpft ist. In Krailling - insbesondere im Gewerbemischgebiet Süd sowie im Nordwesten - bestehen dagegen noch umfangreiche Möglichkeiten, da die Dachflächen bislang ungenutzt sind. Die Ergebnisse zeigen, dass Solarthermie auf Dachflächen in Krailling einen Beitrag zur dezentralen Wärmeversorgung leisten kann. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Erwartbarer Jahresertrag: 16.368 MWh**
- **Die Wärmeerzeugung durch Solarthermie könnte bilanziell etwa 20% des Wärmebedarfs in Krailling decken.**



Abbildung 26: Ertragspotenzial für Solarthermieranlagen auf Dachflächen, eigene Darstellung

Biomasse aus Waldflächen

Das Biomassepotenzial aus Holz ist stark von regionalen Gegebenheiten abhängig. Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass die Holzentnahme die Regenerationsfähigkeit der Wälder nicht übersteigt, um die nachhaltige Nutzung zu gewährleisten. Auf Grundlage des Holzzuwachses der letzten zehn Jahre in bayerischen Wäldern kann ein langfristig nutzbares Potenzial ausgewiesen werden. In Krailling sind 59 % der Fläche bewaldet (vgl. Abbildung 27) [15]. Unter Anwendung einer Kaskadennutzung - also der vorrangigen stofflichen Verwendung (z. B. Bau- oder Möbelindustrie) und anschließenden energetischen Verwertung - wird der nutzbare Anteil auf maximal 30 % begrenzt. Folgendes technisches Potenzial ergibt sich damit aus der Analyse:

- Biomassepotenzial Wald:
7.043 MWh/a

Diese Ergebnisse zeigen, dass die nachhaltige Nutzung von Biomasse aus Waldflächen etwa 10 % des Wärmebedarfs im Bilanzjahr decken kann.

Holz aus dem Gemeindegebiet Krailling kann somit einen Beitrag zur Wärmewende leisten, wobei zur energetischen Nutzung vorrangig Restholz und Schnittgut eingesetzt werden sollte, um einer Ressourcenverknappung entgegenzuwirken. Die Ergebnisse des Biomassepotenzials lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die energetische Nutzung von Waldflächen bietet sich insbesondere unterstützend an, insbesondere bei hybrid geführten Wärmenetzen.

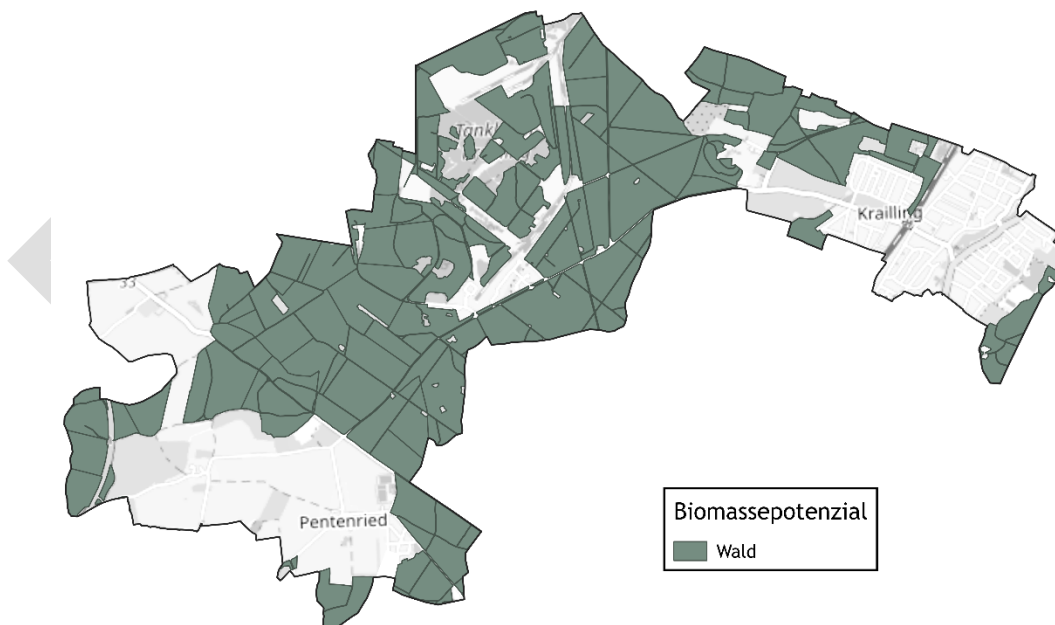


Abbildung 27: Biomassepotenzial auf Waldflächen in Krailling, eigenen Darstellung

Wasserstoff

Sowohl die Gemeinde Krailling als auch die Stadt München befinden sich etwa 50 Kilometer vom Wasserstoff-Kernnetz entfernt. Diese Entfernung macht den Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor zum aktuellen Zeitpunkt wirtschaftlich nicht sinnvoll. Die Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie stuft den Einsatz von Wasserstoff in der dezentralen Wärmeversorgung als nachrangig ein, da der begrenzt verfügbare grüne Wasserstoff vor allem in Industrie und Transport benötigt wird, wo er nur schwer durch andere Energieträger zu ersetzen ist. Die starke Nutzungskonkurrenz in diesen Bereichen sowie die aktuell hohen Wasserstoffpreise verhindern eine rentable Nutzung im Wärmesektor. Zur Transformation des Wasserstoffkernnetzes wurde der lokale Erdgasnetzbetreiber, die *Stadtwerke München (SWM)*, zur weiteren Entwicklung des Erdgasnetzes befragt. Die Stellungnahme beinhaltet folgende Kernaussagen:

- Die SWM rechnen mit der schrittweisen Entstehung eines Wasserstoffmarktes bis 2050, insbesondere für die Anwendung zur saisonalen Speicherung und Abfederung von Spitzenlasten bei der Produktion von Erneuerbaren Energien und Wärme.
- Klimaneutraler Wasserstoff kann, nach entsprechender Umrüstung und Verfügbarkeit, als Brennstoff in den zentralen Heizwerken und Heizkraftwerken der SWM für die Fernwärme oder im Industriebereich eingesetzt werden. Mit der schrittweisen technischen Umstellung rechnet SWM bis 2040.
- Für Privatkunden wird grüner Wasserstoff in absehbarer Zeit im Raum München, z. B. für das Heizen, keine große Rolle spielen.

Die kommunale Wärmeplanung der Landeshauptstadt München sieht im Zielszenario für die dezentrale Wärmeversorgung der Stadt Wasserstoff ebenfalls nicht vor.

- Die SWM gehen langfristig vom Einsatz von Wasserstoff in zentralen Erzeugungsanlagen (Heizwerke und Heizkraftwerke) aus und prüfen derzeit die notwendigen Maßnahmen zur Umrüstung. Der Einsatz ist aktuell zuerst am Standort Nord vorgesehen, aufgrund der Nähe zum Übergabepunkt in Finsing.

Daher ist für die Wärmeversorgung Kraillings in absehbarer Zeit keine wirtschaftlich lokale Wasserstofferzeugung und -nutzung zu erwarten. Um die Möglichkeit einer Wasserstoffnutzung zukünftig neu bewerten zu können, ist es notwendig, die Entwicklungen der Wasserstoffverfügbarkeit und -preise bei der Fortschreibung des Wärmeplans erneut zu betrachten. Alternativen wie andere erneuerbare Energiequellen bleiben vorerst im Fokus der kommunalen Wärmeversorgung. Das Wasserstoffpotenzial in Krailling lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Umstellung der SWM - Heiz(kraft)werke bis 2040 auf den Betrieb mit Wasserstoff**
- **Eine lokale Wasserstoffproduktion ist nicht geplant und nach derzeitigem Stand nicht zielführend**
- **Die Nutzung von Wasserstoff für die dezentrale Wärmeversorgung ist derzeit nicht absehbar**

3.3.2 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 genutzt werden, z. B. durch den Einsatz von Wärmepumpen. 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, der Stromerzeugung aus Biomasse sowie Windkraft näher betrachtet.

Für die Stromerzeugung aus Wasser gibt es nach derzeitigem Stand kein Erweiterungspotenzial. Für die Stromerzeugung aus Wasser wird derzeit ein kleines Laufwasserkraftwerk an der Linnermühle genutzt, welches in privater Hand ist.

Photovoltaik (PV)

Photovoltaik (PV) ist eine Technologie, die Sonnenenergie in elektrischen Strom umwandelt. Diese Elektrizität kann für den

Eigenverbrauch in Gebäuden und zur Einspeisung ins Stromnetz genutzt werden.

PV-Freifläche

Die Installation von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen im Gemeindegebiet ermöglicht die Nutzung brachliegender oder anderweitig genutzter Flächen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

Die Standortauswahl für PV-Freiflächen muss sorgfältig erfolgen, um Umwelt- und Landschaftsbelange zu berücksichtigen und die Energieerzeugung mit dem Umweltschutz in Einklang zu bringen. Zur Bestimmung des Potenzials wurden geeignete Flächen gemäß dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2023 definiert, darunter Konversionsflächen, Seitenstreifen entlang von Autobahnen und Schiene sowie bestimmte Acker- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten. Einschränkungen können die Anlagenerrichtung auf diesen Flächen unwahrscheinlich machen (harte Restriktionen) oder durch Auflagen beeinträchtigen (weiche Restriktionen).

Um zu ermitteln, welche dieser Flächen tatsächlich genutzt werden können, wurden sowohl die möglichen 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, also Flächen mit harten Restriktionen, wird kein Potenzial zugewiesen. Als Ausschlussflächen gelten:

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

Alle Flächen, die weder ausgeschlossen noch als eindeutig geeignet bewertet wurden, sind als „potenziell geeignet“ gekennzeichnet. Die aktuellen Eigentumsverhältnisse bleiben bei der Kategorisierung unberücksichtigt. 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: 1.400 kWp
- Ausrichtung: Südausrichtung mit 25° Aufständigung

Abbildung 29 zeigt das PV-Freiflächenpotenzial in Krailling. Dabei gelten die türkisen Flächen als geeignet und die dunkelgrünen Flächen als potenziell geeignet. Der daraus erwartbare jährliche Ertrag beläuft sich auf insgesamt 100.374 MWh pro Jahr, wobei sich 35.286 MWh/a aus den geeigneten Flächen um Gut Hüll ergeben.

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Zubau auf geeigneten Freiflächen:

- **PV-Leistung: 34,2 MWp**
- **Erwartbarer Jahresertrag auf geeigneten Flächen: 35.286 MWh/a**

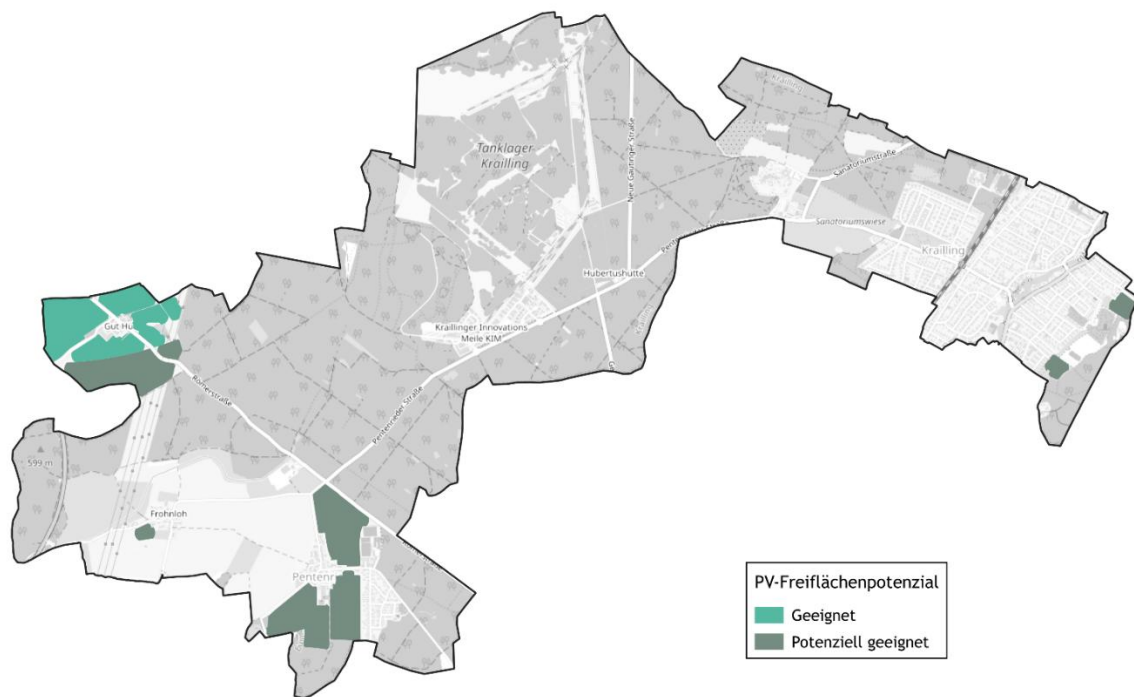


Abbildung 29: Photovoltaikpotenzial auf Freiflächen, eigene Darstellung

PV-Dachfläche

Die Untersuchung des PV-Potenzials auf Dachflächen basiert ebenso wie die Analyse des Solarthermiepoteziels auf den Erhebungen des Bayerischen Vermessungsamtes [1]. Zur Bewertung der Eignung wird dabei die Strahlungsenergie herangezogen. Grundlage bilden die folgenden Annahmen:

- Berücksichtigung von Flächen mit einer Strahlungsenergie über 814 kWh/m²·a
- Verschattung kleiner 20 %
- Mindestgröße geneigte Dächer 7 m²
- Mindestgröße Flachdächer 7,5 m²

Die berechneten Werte ergeben einen erwartbaren Jahresertrag von 45.083 MWh durch die Photovoltaikanlagen auf Dachflächen. Verglichen mit dem Kraillinger Stromverbrauch in Höhe von 25.364 MWh/a im Bilanzjahr 2022 würde dies bilanziell eine signifikante Überdeckung bedeuten. Unter Annahme einer

Umsetzungsquote von 40 % könnten rund 18.033 MWh erzeugt werden.

Die Kraillinger Innovationsmeile (KIM) weist das größte zusätzliche PV-Potenzial auf, wobei bereits rund 20 % der Dachflächen belegt sind (siehe Abbildung 30). Im Süden Kraillings bestehen bislang kaum genutzte Möglichkeiten, während auch die Wohnblöcke im Nordwesten noch erhebliches Potenzial bieten. In Pentenried ist das Potenzial dagegen weitgehend ausgeschöpft.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Photovoltaik auf Dachflächen einen bedeutenden Beitrag zur lokalen, emissionsfreien Stromversorgung leisten und die Grundlage für eine verstärkte Sektorenkopplung mit dem Wärmemarkt bilden kann. Die zentralen Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **PV-Leistung: 49,4 MWp**
- **Erwartbarer Jahresertrag: 18.033 MWh/a**

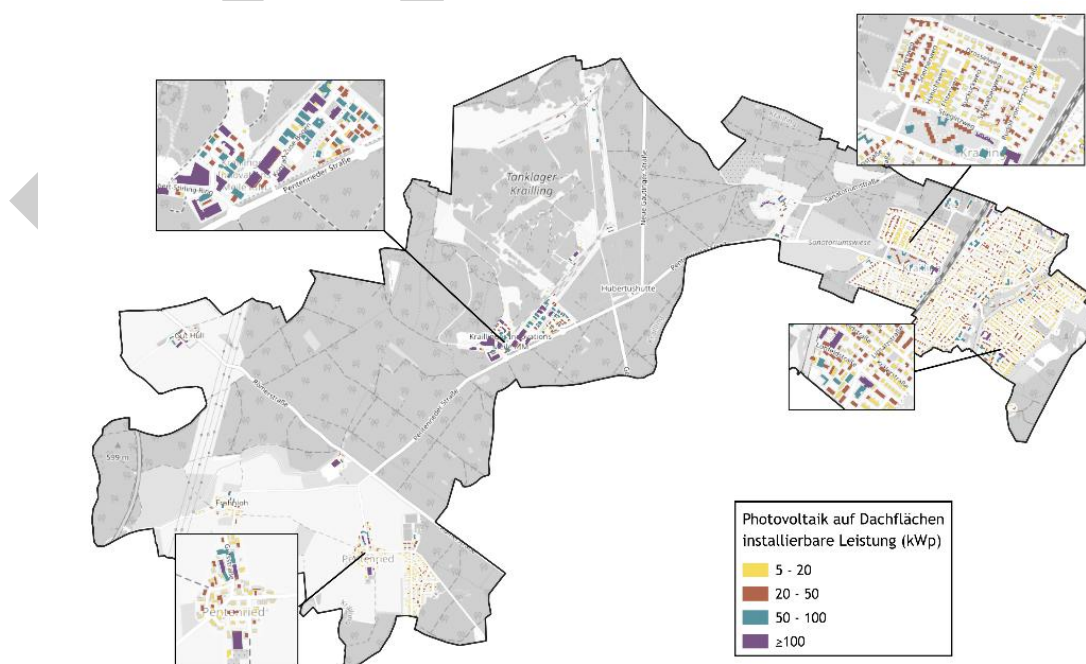


Abbildung 30: Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen, eigene Darstellung

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 setzen. 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.

Im Gemeindegebiet Krailling sind derzeit keine Windkraftanlagen vorhanden. Nach der aktuellen Fortschreibung des Regionalplans München liegt Krailling in zwei Vorranggebieten für Windenergieanlagen. Die Fläche SF_WE30c liegt nur zu einem kleinen Anteil in Krailling. Das Gebiet

SF_WE30a ist deutlich größer und liegt in der Nähe des Kreuzlinger Forsts. Diese Flächen sind in Abbildung 31 dargestellt. Nach aktuellem Stand (01.12.2025) ist noch nicht abschließend geklärt, ob diese Vorranggebiete Bestand haben werden.

Für die Windenergieflächen beim Kreuzlinger Forst im Westen der Kommune gibt es konkrete Planungen von fünf Windenergieanlagen auf Kraillinger Gemeindegebiet. Eine wirtschaftliche Bewertung der Anlagen insbesondere in Bezug auf die Windhöffigkeit wurde durchgeführt. Derzeit gibt es jedoch noch Hindernisse, die bei der Umsetzung noch im Weg stehen, insbesondere im Hinblick auf die Nabenhöhe der Anlage bezogen auf den nahegelegenen Sonderflugplatz Pfaffenhofen [16].

- Krailling verfügt über keine Windenergieanlagen.
- Umsetzung von Windenergieanlage offen



Abbildung 31: Windvorranggebiete aus der laufenden Fortschreibung des Flächennutzungsplans in Krailling, eigene Darstellung

3.4 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).

3.4.1 Sanierung

Die Sanierung von Wohngebäuden ist ein effektiver Ansatzpunkt zur Reduktion des Heizwärmebedarfs und ein guter Weg die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Durch gezielte Maßnahmen, wie die Verbesserung der Wärmedämmung, kann der Energieverbrauch gesenkt werden. Das detaillierte Wärmekataster ermöglicht die Bewertung der Energieeffizienz des Gebäudebestands, unter Berücksichtigung der Baualtersklassen.

Zur Ermittlung des Energieeinsparpotenzials wird angenommen, dass die Wohngebäude auf den Effizienzhausstandard 70 (EH70) gemäß der Förderrichtlinie

Bundesförderung für effiziente Gebäude saniert werden.

Die Gebäudekubatur wird hier vereinfacht im 3D-Modell dargestellt, wobei Flächen (Wände, Fenster, Dach) Standard U-Werte gemäß GEG zugewiesen werden. Daraus errechnet sich der Wärmebedarf des Referenzgebäudes nach GEG (siehe Tabelle 5). Bei einer angenommenen Energieeinsparung von 30 % beträgt der Verbrauch des sanierten Gebäudes 70 % des Referenzgebäudes und entspricht damit dem Effizienzhausstandard 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 32 stellt die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Sanierung dieser Gebäude innerhalb der Baualtersklassen dar.

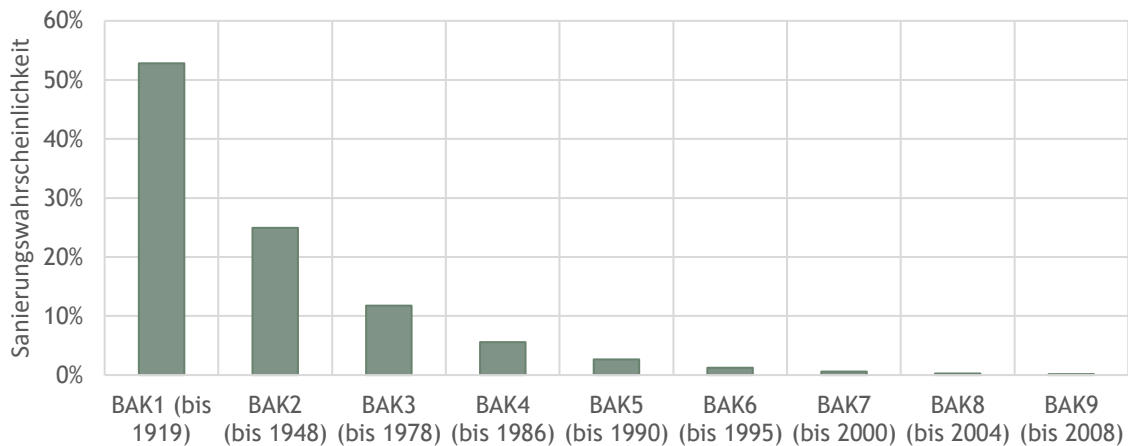


Abbildung 32: Sanierungswahrscheinlichkeitsverteilung nach Baualtersklasse, eigene Darstellung

Im Betrachtungsjahr 2022 betrug der Wärmebedarf der privaten Haushalte in Krailling 58.599 MWh/a. Für die Berechnung des Einsparpotenzials wird eine jährliche Sanierungsrate bestimmt. Diese gibt an, welcher Prozentsatz der Wohngebäude pro Jahr energetisch saniert wird. Bei einer realitätsnahen Rate von 1,5 % entspricht dies jährlich etwa 29 Häusern. Die Sanierungsrate ist zwar ambitioniert, gilt jedoch als realistisch umsetzbar. Bis

zum Jahr 2045 können dadurch 25,2 % Energie eingespart werden. Sanierungen werden in einem regelmäßigen Intervall durchgeführt, vergangene Sanierungen sind dabei mitberücksichtigt und fließen in den Ausgangszustand im Bilanzjahr mit ein. Bereits im ersten Jahr ergibt sich eine Einsparung von 768 MWh.

Der Verlauf der prozentuellen Einsparung gegenüber dem aggregierten Wärmebedarf ist in Abbildung 33 dargestellt.

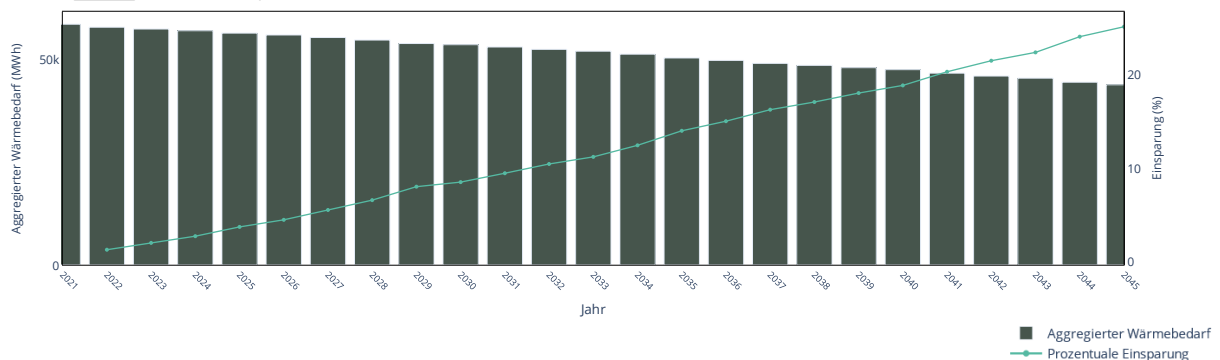


Abbildung 33: Jährlich 1,5 % energetische Sanierungen des Wohngebäudebestandes bis 2045, eigene Darstellung

3.4.2 Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist eine hoch effiziente Technologie zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme aus einer einzigen Energiequelle. KWK-Anlagen nutzen die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung, wodurch sich der Gesamtwirkungsgrad deutlich erhöht und Wärme nicht an die Umwelt abgegeben wird.

Ein Ansatz zur weiteren Effizienzsteigerung von KWK-Anlagen ist die Integration von intelligenten KWK-Systemen (iKWK). Diese Systeme optimieren den Betrieb der KWK-Anlagen durch den Einsatz moderner Steuerungstechniken 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 flexibel auf wechselnde Energienachfragen reagieren.

In Krailling wurde 2013 beim Gebäudenetz Sanatorium bereits eine KWK-Anlage, die mit Biomethan gespeist wird, in Betrieb genommen. Deshalb kann dieses Potenzial folgendermaßen zusammengefasst werden:

- **vorhandenes Potenzial am Sanatorium bereits erschöpft**
- **deshalb keine weiteren Potenziale für KWK oder iKWK-Anlagen verfügbar**

3.5 Potenziale zur Nutzung von Abwärme

3.5.1 Industrie

Die Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen stellt eine vielversprechende Möglichkeit dar, zusätzliche Wärmequellen für die kommunale Wärmeversorgung zu erschließen. In vielen Branchen, z. B. chemische Industrie oder Metallverarbeitung, entsteht bei Produktionsprozessen Wärme, die häufig nicht vollständig genutzt wird.

Durch geeignete Technologien kann diese Abwärme gesammelt und für die Beheizung von Gebäuden oder die Einspeisung in Wärmenetze verwendet werden. In Krailling wurde das Abwärmepotenzial der örtlichen Betriebe analysiert. Dabei zeigte sich, dass keine Abwärme zur Verfügung steht und somit kein nutzbares Potenzial für die Gemeinde besteht.

3.5.2 Abwasser

Abwasser enthält erhebliche thermische Energie, die bei der Behandlung meist ungenutzt bleibt. In der Wärmeplanung wird die Nutzung dieser als innovativer Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz und Förderung nachhaltiger Versorgungssysteme betrachtet. Die Technik beruht auf dem Einsatz von Wärmetauschern in den Abwasserleitungen, die die Wärme an ein Heizsystem übertragen. Für einen effizienten Einsatz sind bestimmte Voraussetzungen erforderlich.

Relevant sind dabei vor allem Kanäle mit einem Nenndurchmesser von DN 800 oder größer, da häufig erst ab dieser Größe eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung möglich ist. Ein weiterer zentraler Faktor für die Ermittlung des Abwasserpotenzials ist der Trockenwetterabfluss, dieser sollte in den Leitungen größer als 15 l/s

sein, damit eine ausreichende Menge an Wärme zur Verfügung steht.

Abbildung 34 zeigt den Verlauf des Abwasserkanals mit einem Durchmesser von mehr als DN 800.

Über diesen Kanal wird sowohl das kommunale Schmutzwasser sowie das der Nachbargemeinde Gauting in den Münchner Nordosten geleitet. Die Abwasserreinigung erfolgt aufgrund der Gegebenheiten vor Ort nicht über eine Kläranlage auf Verbandsgebiet, sondern in einen der beiden Klärwerke der Landeshauptstadt. An der Übergabestelle an der Gemeindegrenze wurden Tagesmittelwerte des Trockenwetterabflusses von etwa 30 l/s am Tag und 10 l/s in der Nacht gemessen.

Sollte künftig ein Trockenwetterabfluss von mindestens 15 l/s dauerhaft sichergestellt werden, ließe sich bei einer Wärmetauscherlänge von 300 Metern und einer Entzugsleistung von 2 kW pro Meter unter Berücksichtigung eines erhöhten Verschmutzungsfaktors eine nutzbare Wärmeenergie von etwa 3.510 MWh/a erzielen. Bei veränderten Rahmenbedingungen oder großangelegten Kanalsanierungsarbeiten kann dieses Potenzial relevant werden, somit kann das Potenzial folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Es gibt aktuell kein Potenzial zur Nutzung der Abwärme im Abwasser in Krailling
- Das mögliche Potenzial ist insbesondere bei anstehenden Kanalsanierungen zu berücksichtigen und neu zu bewerten.



Abbildung 34: Abwasserkanäle größer gleich DN800 in Krailling, eigene Darstellung

3.5.3 Rechenzentren

Rechenzentren sind spezialisierte Einrichtungen, die eine große Menge an Daten speichern, verarbeiten und verwalten. Die Klimatisierung dieser Zentren ist entscheidend, um die Server in einem optimalen Betriebszustand zu halten, da hohe Temperaturen die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Hardware beeinträchtigen können. Um die entstehende Abwärme effizient zu nutzen, bietet es sich an,

Rechenzentren in der Nähe von Wärmeverbrauchern zu betreiben, sodass die überschüssige Wärme zur Beheizung von Gebäuden oder zur Einspeisung in Wärmenetze verwendet werden kann.

- **Aktuell gibt es in Krailling kein Rechenzentrum und somit kein Potenzial zur Abwärmenutzung**

3.6 Fazit Potenziale

Tabelle 8 fasst die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie zur Effizienzsteigerung zusammen und bewertet sie hinsichtlich ihrer

Relevanz für Krailling. Neben den identifizierten Wärmenetzgebieten (vgl. Kapitel 3.1 und 5.1) haben Potenziale, die auch dezentral genutzt werden können, eine besonders hohe Bedeutung.

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

	Potenzial	Relevanz	Erläuterung
Wärmenetze	Krailling Rathaus + Siedlung (siehe Fokusgebiete)	Hoch	Sehr hohe Wärmeliniendichte, kommunale Einrichtungen und Mehrfamilienblöcke als Ankerkunden
	Gewerbemischgebiet Süd	Hoch	Hohe Wärmeliniendichte, räumlich konzentrierte Ankerkunden
	Krailling Zentrum Nord	Hoch	Hohe Wärmeliniendichte, räumlich verteilte Ankerkunden
	Gut Pentenried (siehe Fokusgebiete)	Mittel	Hohe Wärmeliniendichte
	Ökosiedlung (siehe Fokusgebiete)	Mittel	Mittlere Wärmeliniendichte, aufgrund bestehender Infrastruktur Erweiterung aber möglich
Wärme	Tiefe Geothermie	Mittel	Geologisch bedingt Potenzial vorhanden. Untersuchungen im Gange
	Oberflächennahe Geothermie	Mittel	Als dezentrale Lösung zielführend, teils Standorteinschränkungen
	Luft-Wasser-Wärmepumpen	Hoch	Als dezentrale Lösung zielführend
	Flusswärme	Gering	Nur als dezentrale Lösung bei bestehender Infrastruktur zielführend
	Solarthermie	Mittel	Als dezentrale Lösung insbesondere für Warmwassererzeugung zielführend
	Biomasse	Gering	Ausbau steht in Flächenkonkurrenz zu Landwirtschaft oder Freiflächenphotovoltaik
	Wasserstoff	Gering	Keine Nähe zu Wasserstoffkernnetz gegeben
Strom	Photovoltaik	Hoch	Als dezentrale Lösung zielführend
	Wind	Hoch	Krailling liegt im Vorranggebiet
	Wasserenergie	Gering	Bestehende Infrastruktur vorhanden, Erweiterung nicht absehbar
Effizienz	Sanierung	Hoch	Realistisches Energieeinsparpotenzial bis 2045 von 25,2 %
	KWK	Gering	Kein relevantes Energieeinsparpotenzial vorhanden
Abwärme	Industrie	Gering	Kein Abwärmepotenzial vorhanden
	Abwasser	Gering	Derzeit kein ausreichender Durchfluss
	Rechenzentren	Nicht vorhanden	Keine Rechenzentren vorhanden

4 Zielsetzung und Szenarienentwicklung

Im Nachfolgenden wird aufgezeigt, wie sich die Wärmeversorgung anhand der identifizierten Möglichkeiten bis zum Zieljahr 2045 entwickeln kann. Deutschland hat im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) die Treibhausgasneutralität bis 2045 festgeschrieben (KSG §3 Abs. 2). Daraus folgt auch die klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045.

Die Gemeinde Krailling hat über die gesetzlichen Anforderungen hinaus keine eigenen Ziele definiert. Der Landkreis

Starnberg hingegen hat 2005 die Klimaneutralität bis 2035 beschlossen, hängt seitdem den selbst aufgelegten Ambitionen hinterher. Deshalb wird für eine realitätsnahe Betrachtung sowie Umsetzungszeiträume das Zieljahr 2045 verwendet.

Das Kapitel umfasst die Zielsetzung mit der Einteilung des Gemeindegebiets in Wärmeversorgungsgebiete, sowie die Darstellung von Szenarien auf Basis der Potenzialanalyse mit der Entwicklung relevanten Indikatoren bis zum Zieljahr.

4.1 Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren und im Zieljahr

Die Einteilung der Gebiete basiert auf der Bewertung verschiedener Kriterien, die sich am Leitfaden zur Wärmeplanung des Bundes orientieren. Ziel ist eine fundierte und nachvollziehbare Kategorisierung 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 *gering*, *mittel* und *hoch*. Grundlage der Bewertung bildet eine systematische Analyse folgender Kriterien:

- **Wärmeliniendichte:** Gebiete mit einer Wärmeliniendichte über 1,5 MWh/m·a, die 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 an vorhandene Infrastrukturen:** 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 für 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:** Es wird untersucht, ob innerhalb des Untersuchungsgebiets oder in unmittelbar angrenzenden Bereichen bereits Wärme- oder Gebäudenetze 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 sind

eine weiterführende Analyse und Validierung erforderlich.

Nach Analyse dieser Kriterien bieten sich in Krailling mehrere Gebiete für die Leitungsgebundene Wärmeversorgung an. Besonders geeignet ist das Gebiet beim *Rathaus/Stieglitzweg* (vgl. Kapitel 5.1.1). Eine Netzerweiterung wäre mit der Siedlung Nord möglich. Auch die Wärmenetzgebiete *Gewerbemischgebiet Süd* sowie *Krailling Zentrum Nord* eignen sich durch mehrere Ankerkunden in dicht besiedelten Gebieten des Hauptortes gut für ein Wärmenetz (vgl. Kapitel 3.1.1 & 3.1.2). Als eines der wenigen Gebiete, in denen kein Erdgasnetz vorhanden ist, aber dennoch eine kompakte Bebauungsstruktur sowie ein hoher Wärmebedarf vorliegen, ist Gut Pentenried ebenfalls für ein Wärmenetz geeignet (vgl. Kapitel 5.1.3).

Die Ökosiedlung im Osten Kraillings versorgt derzeit mehrere Wohngebäude mit Nahwärme. Eine lokale Erweiterung dieses Netzes ist aufgrund der bestehenden Infrastruktur möglich und aufgrund der Lage durchaus interessant (vgl. Kapitel 5.1.2). Alle anderen Gebiete sind entweder stark landwirtschaftlich geprägt, oder weisen eine weit weniger dichte Bebauung und folglich eine zu geringe Wärmebelegungsdichte auf. Sie bieten sich daher bevorzugt für eine dezentrale Versorgung an.

4.1.1 Gebietseinteilung über die Stützjahre

Für das gesamte Gemeindegebiet Krailling 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. Die nachfolgenden Abbildungen visualisieren die Eignung der einzelnen

Untersuchungsgebiete für zentrale, dezentrale und wasserstoffbasierte Wärmeversorgung. Der Eignungsgrad wird dabei über unterschiedliche Deckkraftstufen 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. In den Abbildung 35 bis Abbildung 38 werden die Stützjahre 2030 bis 2045 dargestellt.

Dezentrale Wärmeversorgung

Im Jahr **2030** werden elf Untersuchungsgebiete aufgrund ihrer strukturellen Merkmale, darunter eine geringe Bebauungs- und Wärmebelegungsdichte sowie das Fehlen potenzieller Ankerkunden, als hoch geeignet für eine dezentrale Wärmeversorgung eingestuft. Vier Gebiete, ausschließlich im Stadtgebiet Krailling weisen eine mittlere Eignung für die dezentrale Versorgung auf. Neun weitere Gebiete sind nur gering geeignet, da dort bereits bestehende Wärmenetze oder hohe Wärmebelegungsdichten vorhanden sind.

Bis zum Stützjahr **2035** ergibt sich keine Veränderung in der Eignungsbewertung, sodass im Vergleich zu 2030 ein ähnliches Bild zu erwarten ist.

Im Jahr **2040** stellt die dezentrale Wärmeversorgung in allen hoch eingestuften Gebieten weiterhin die bevorzugte Option dar - sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus infrastruktureller Sicht. Die ursprünglich besonders für Wärmenetze geeigneten Gebiete *Gut Pentenried*, *Krailling Zentrum Nord*, *Ökosiedlung* und *Gewerbemischgebiet Süd* zeigen nun eine mittlere Eignung für dezentrale Wärmeversorgung. Energetische Sanierung und der Ausbau von Wärmepumpen senken die Wärmebelegungsdichte und beeinflussen so die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzbetriebs. Bei einem bereits erfolgten Netzausbau kann der Betrieb dennoch wirtschaftlich fortgeführt werden.

Im Gebiet *Krailling Rathaus/ Stieglitzweg (+Siedlung Nord)* ist die Eignung für dezentrale Versorgung aufgrund einer sehr

hohen Wärmebelegungsdichte nach wie vor niedrig.

Für das Jahr **2045** wird eine weitgehende Stabilisierung der Versorgungssituation angenommen. Die als hoch eingestuften Gebiete gelten nun als vollständig dezentral erschlossen. Die übrigen Regionen behalten ihre Bewertung aus dem Jahr 2040 bei. Damit zeigt sich für die dezentrale Wärmeversorgung eine klare räumliche und zeitliche Abgrenzung, die sich langfristig kaum noch verändern dürfte.

Wärmenetzgebiete

Wärmenetze kommen bevorzugt in Gebieten mit hoher Wärmebelegungsdichte, kurzen Leitungswegen und potenziellen Ankerkunden zum Einsatz. Im Jahr **2030** weisen neun Gebiete eine hohe Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung auf. Davon sind vier Gebiete bestehende Wärmenetzgebiete. Im Stadtgebiet Krailling gibt es vier weitere Gebiete mit mittlerer Eignung für das Stützjahr 2030. Das Wärmenetz *Krailling Rathaus/Stieglitzweg* könnte kurz vor der Fertigstellung sein. Die restlichen Gebiete mit niedriger Wärmebelegungsdichte oder fehlender Anschlussbereitschaft wurden als gering geeignet eingestuft. In ländlich geprägten, locker bebauten Bereichen wurde mit Ausnahme von *Gut Pentenried* keine Eignung für den Aufbau eines Wärmenetzes festgestellt.

Bis **2035** sind Veränderungen in der Eignung zu erwarten. Bis zu diesem Jahr ist die Fertigstellung der Wärmenetze *Gut Pentenried*, *Krailling Zentrum Nord* und *Ökosiedlung* möglich.

Im Stützjahr **2040** sinkt die Wärmenetzeignung mit Ausnahme des Wärmenetzgebiets *Krailling Rathaus/Stieglitzweg (+Siedlung Nord)* flächendeckend. Ein

Wärmenetz, welches das Gebiet *Gewerbemischgebiet Süd* versorgt, ist fertiggestellt. Die Eignung der Gebiete *Gut Pentenried*, *Krailling Zentrum Nord*, *Ökosiedlung* und *Gewerbemischgebiet Süd* sinkt für ein Wärmenetz auf ein mittleres Niveau, sollten diese Wärmenetze bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht umgesetzt worden sein. Die Gebiete mit niedriger Eignung bleiben unverändert.

Im Stützjahr **2045** sind keine weiteren Veränderungen zu erwarten und die Eignungen sowie bestehende Wärmenetze bleiben unverändert. In den übrigen Ortsteilen hingegen verstärkt sich der Trend zu individuellen Versorgungslösungen, was zentrale Systeme zunehmend unattraktiv macht. Neue potenzielle Wärmenetzgebiete entstehen in diesem Zeitraum nicht mehr.

Wasserstoffnetzgebiete

In keinem der betrachteten Stützjahre sowie im Zielbild spielt Wasserstoff, trotz

Vorhandensein eines Gasnetzes, eine nennenswerte Rolle für die kommunale Wärmeversorgung. Weder wirtschaftliche noch infrastrukturelle Voraussetzungen ermöglichen derzeit eine praktikable Nutzung. Zudem ist die zukünftige Entwicklung der Wasserstofftechnologie im Wärmesektor weiterhin mit großen Unsicherheiten behaftet. Klare Aussagen zur künftigen Relevanz lassen sich derzeit nicht treffen. Auch wenn Wasserstoff vereinzelt als mögliche Lösung für die Wärmeversorgung diskutiert wird, erscheint dies unter den örtlichen Gegebenheiten in Krailling wenig realistisch. Da im Ort Krailling selbst keine industriellen Großverbraucher mit signifikanter Prozesswärme existieren, besteht auch kein theoretischer Bedarf an einer lokalen Wasserstofferzeugung. Darüber hinaus wäre eine solche Erzeugung aus heutiger Sicht wirtschaftlich nicht darstellbar und wird auch langfristig als wenig tragfähige Option eingeschätzt, insbesondere bei der Versorgung von privaten Haushalten.

Wärmeversorgungsgebiete im Stützjahr 2030

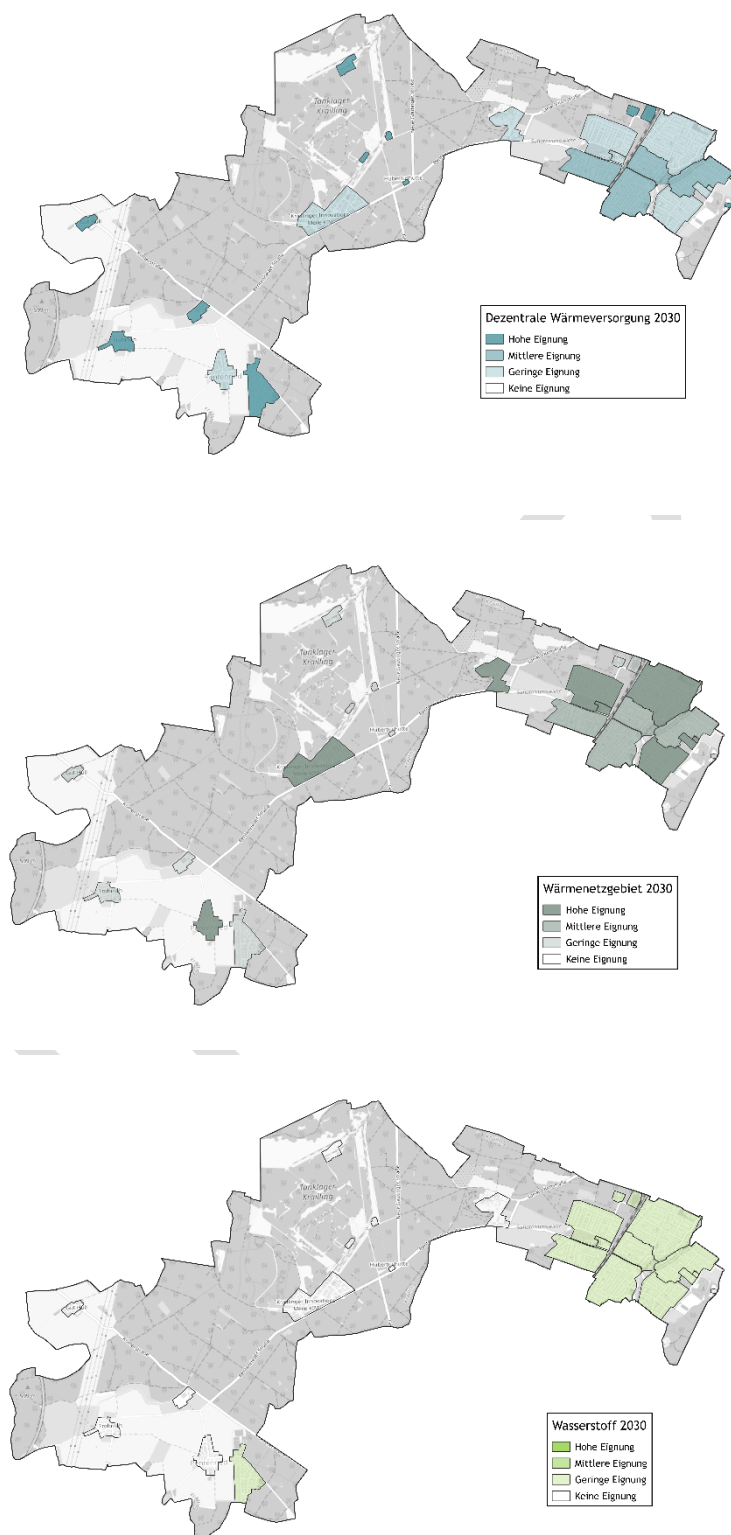


Abbildung 35: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2030, eigene Darstellung

Wärmeversorgungsgebiete im Stützjahr 2035

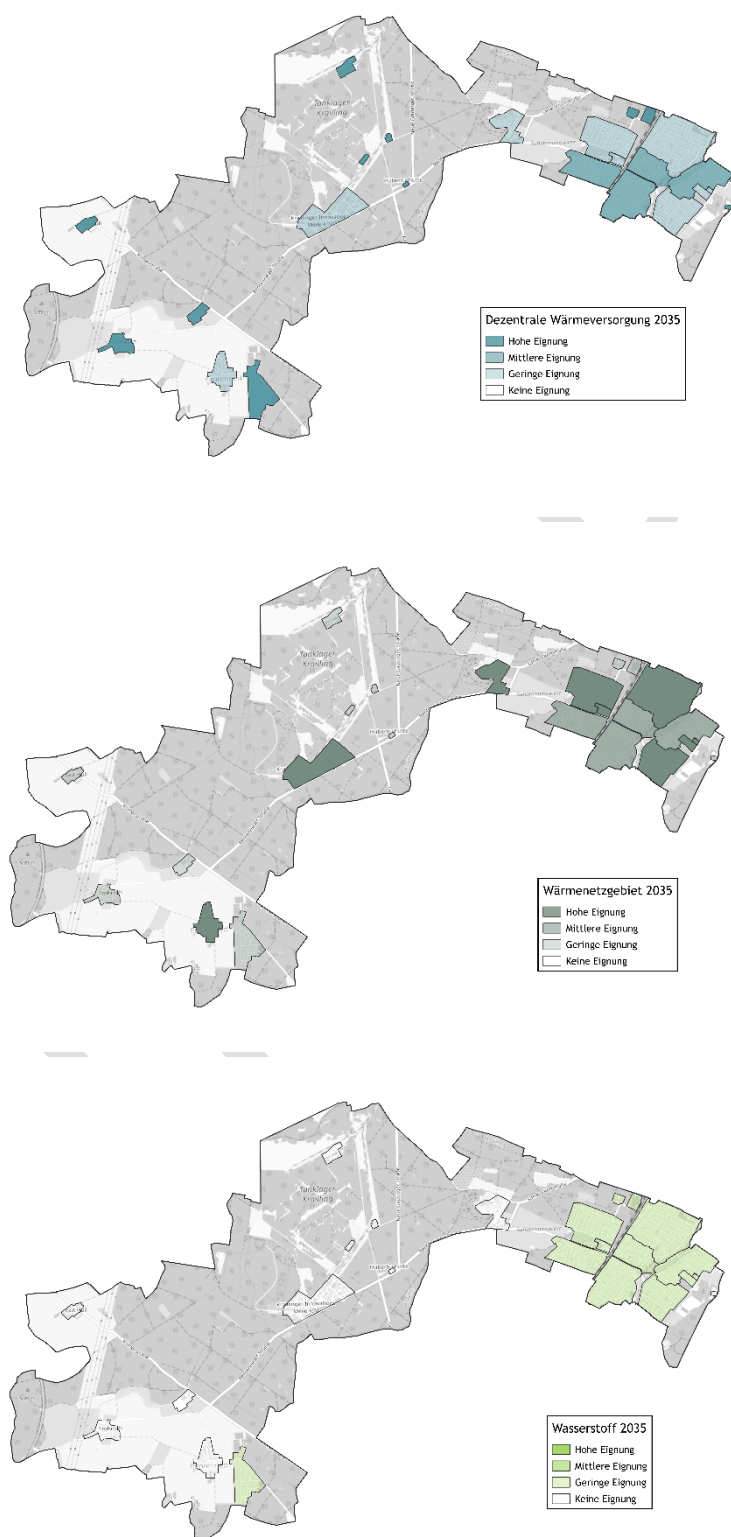


Abbildung 36: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2035, eigene Darstellung

Wärmeversorgungsgebiete im Stützjahr 2040

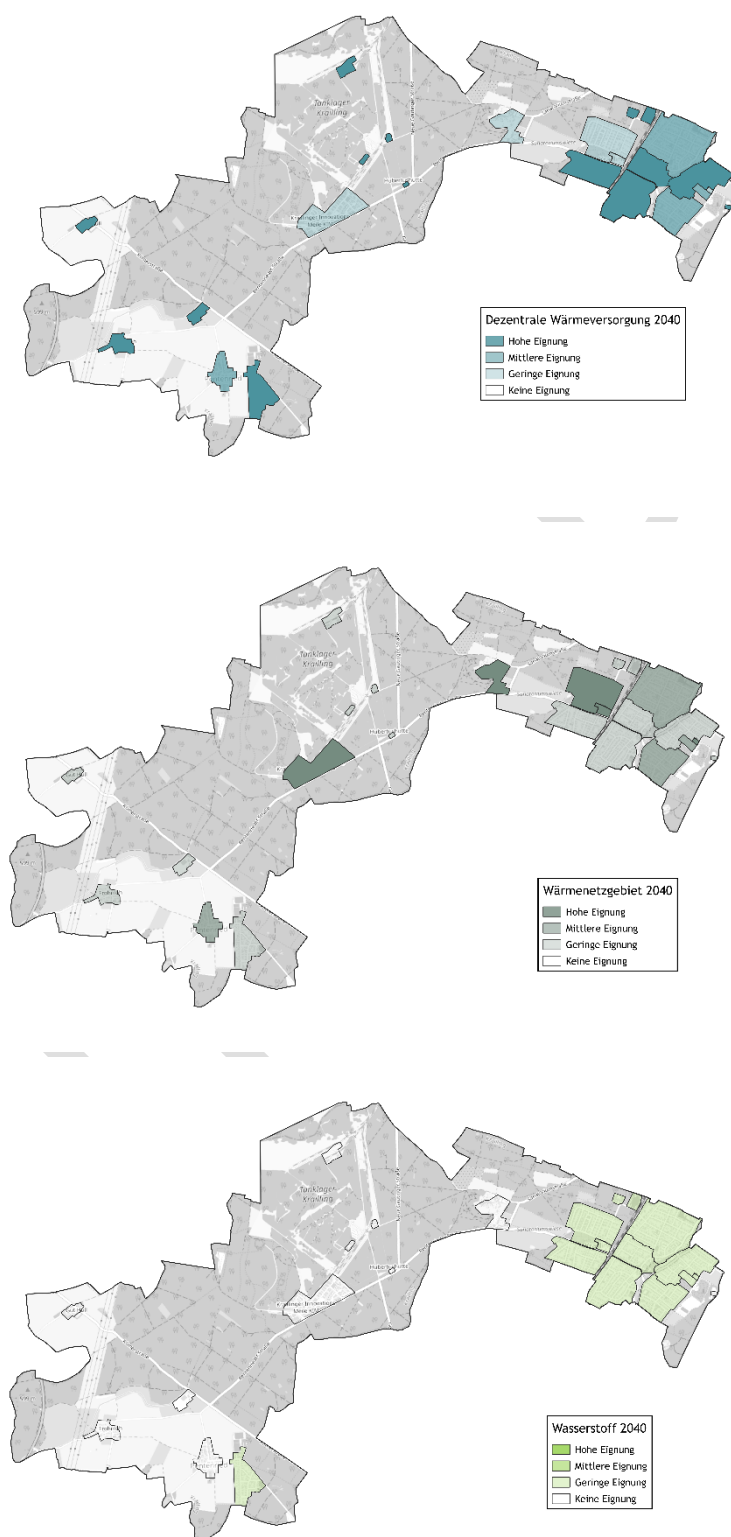


Abbildung 37: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2040, eigene Darstellung

Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2045

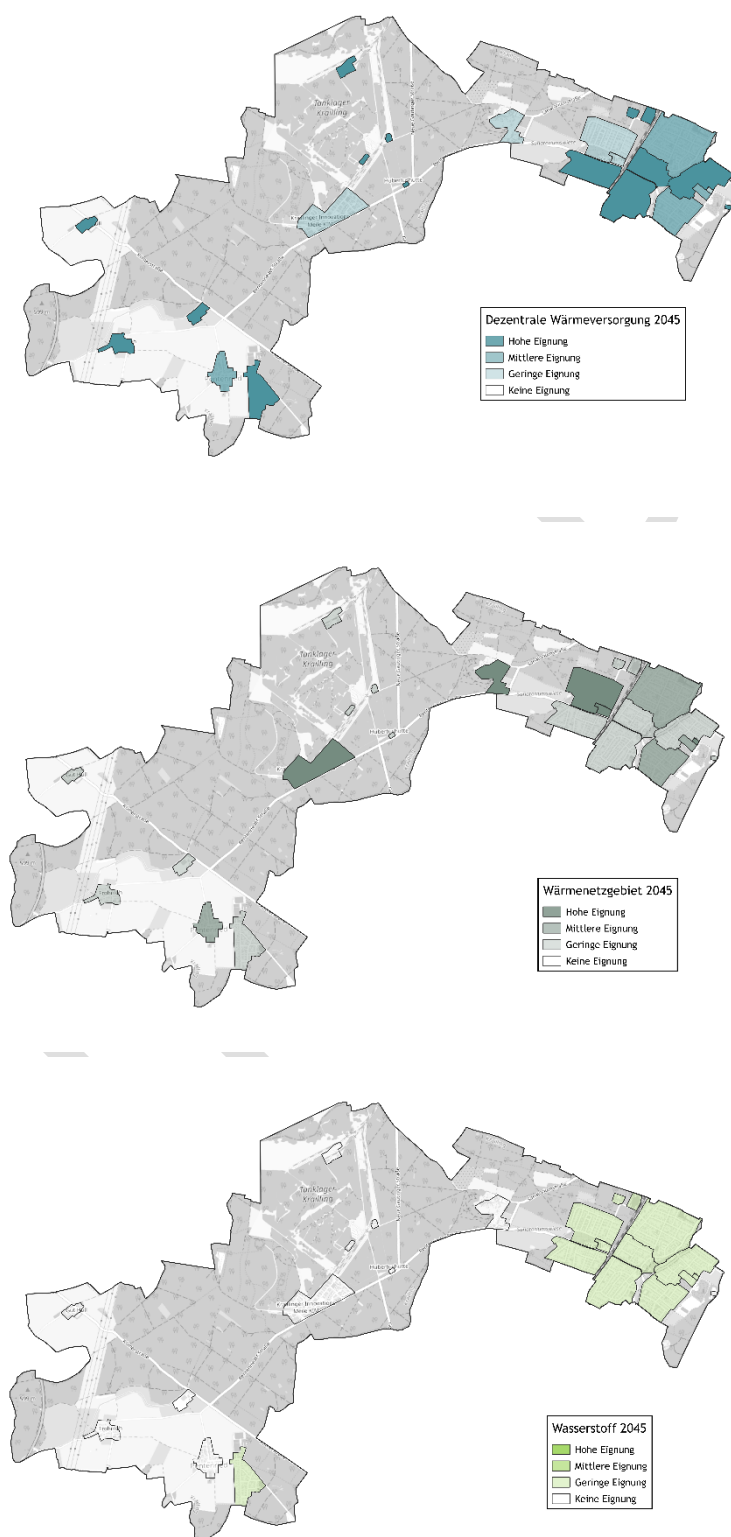


Abbildung 38: Eignung der Wärmeversorgungsgebiete in Krailling im Stützjahr 2045, eigene Darstellung

Die in Abbildung 39 dargestellten Wärmenetzgebiete weisen nach den Kapiteln 3.1 und 5.1 Eignungen für ein Wärmenetz auf. Diese werden gemäß Zielszenario schrittweise umgesetzt.

Bestehende Wärmenetzgebiete bleiben bis zum Zieljahr bestehen und alle übrigen Gebiete werden dezentral versorgt.

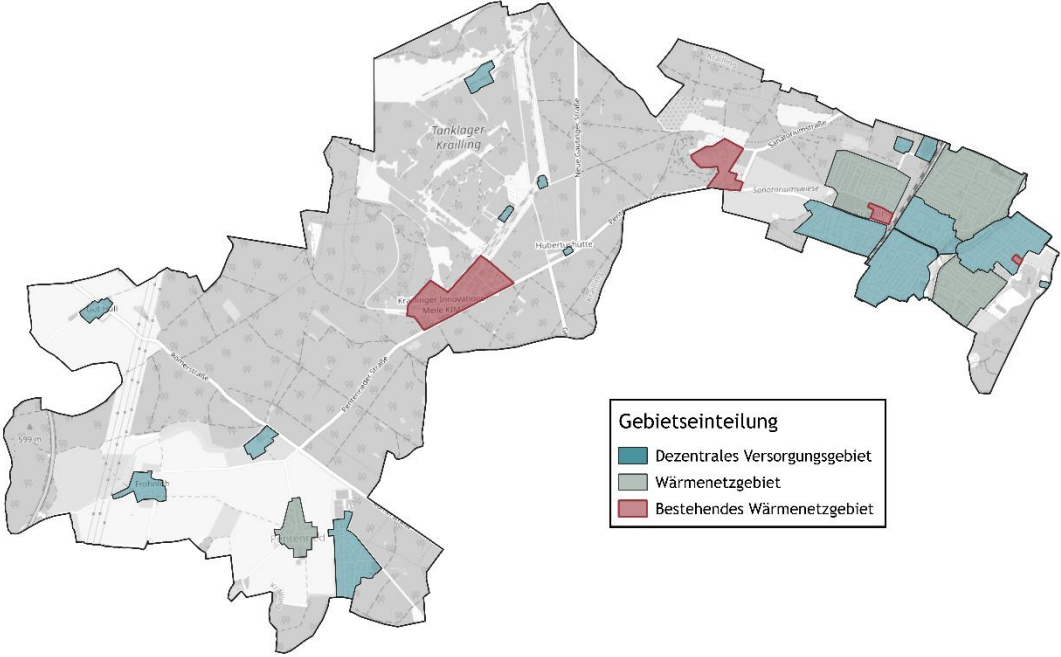


Abbildung 39: Gebietseinteilung im Zieljahr 2045, eigene Darstellung

4.2 Zielszenario

Das Zielszenario beschreibt die Entwicklung vom Bilanzjahr über die einzelnen Stützjahre bis hin zum Zieljahr 2045. Bei der Betrachtung des zukünftigen Wärmebedarfs werden alle gemeinsam mit der Kommune erarbeiteten Maßnahmen berücksichtigt. 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. Ein typisches Beispiel hierfür ist energetische Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, die den Energiebedarf dauerhaft senken.

Substitution von Energieträgern: Hierbei wird der bisher eingesetzte Energieträger durch einen erneuerbaren Energieträger ersetzt, z. B. durch Biomasse oder Umweltwärme. Fossile Energieträger wie Heizöl behalten über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg einen konstanten Emissionsfaktor. Dies liegt daran, dass die Treibhausgasemissionen bei einer idealen Verbrennung ausschließlich von der

chemischen Zusammensetzung des Brennstoffs abhängen - nicht vom Wirkungsgrad der Anlage.

Umweltwärme wird über den Einsatz von Strom - beispielsweise mit Wärmepumpen - bereitgestellt und in der Bilanz nach dem Bundesstrommix bewertet, dessen Emissionsfaktor gemäß Technikatalog KWW-Halle bis 2045 auf 15 g CO₂eq/kWh sinkt (siehe Abbildung 40) [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. Damit entstehen aus 1 kWh Strom 3,2 kWh Wärme, sodass der Emissionsfaktor etwa einem Drittel des Bundesstrommixes entspricht. Mit der fortschreitenden Dekarbonisierung des Strommixes sinkt auch der CO₂-Faktor der Umweltwärme, wodurch sich in Kombination mit einer Minderung des Wärmebedarfs und der Substitution fossiler Energieträger bis 2045 eine nahezu treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreichen lässt.

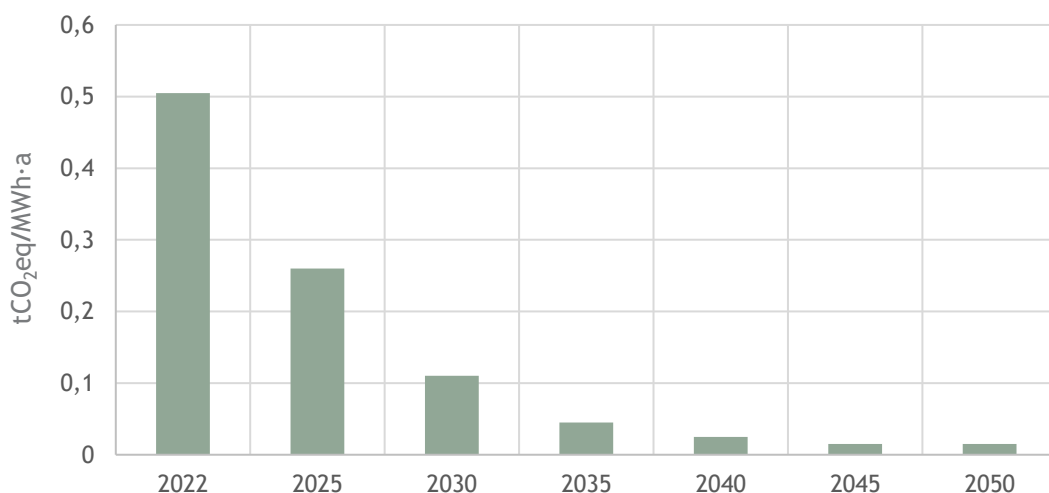


Abbildung 40: Verlauf des Emissionsfaktors des Bundesstrommixes nach KWW-Halle [17]

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 Krailling erhöht.

Die Analyse zeigt, dass der Wärmebedarf über alle Sektoren von 86.511 MWh/a im Jahr 2022 auf 64.854 MWh/a im Jahr 2045 sinken wird. Diese Prognose berücksichtigt unter anderem, wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, eine Sanierungsrate von 1,5 %. Neben der Reduktion des Wärmebedarfs werden fossile Energieträger durch erneuerbare ersetzt. Wichtige Faktoren sind dabei der Ausbau der identifizierten Wärmenetzgebiete *Krailling Rathaus/Stieglitzweg + Siedlung Nord, Gut Pentenried, Ökosiedlung, Krailling Zentrum Nord* und der dezentrale Ausbau von Wärmepumpen. Der zusätzliche Strombedarf für Wärmepumpen wird ebenfalls bilanziert. Zusätzlich werden die Maßnahmen gemäß Maßnahmenkatalog des Anhangs

berücksichtigt. Die Umsetzungszeiträume der Maßnahmen sind Kapitel 5.2 zu entnehmen. Abbildung 41 zeigt die Entwicklung des Wärmebedarfs in den Sektoren Private Haushalte (PHH), Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Industrie (IND) sowie kommunale Einrichtungen (KOMM). Besonders deutlich ist der Rückgang im Bereich der Privaten Haushalte und dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Dort sinkt der Endenergiebedarf um 40 %. Dies ist auf einen Synergieeffekt zwischen Sanierungen und Optimierung bzw. Umstellung der Anlagentechnik zurückzuführen.

Abbildung 42 veranschaulicht 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 Erdgas und Heizöl zu erwarten. Gleichzeitig wird der Einsatz erneuerbarer Energieträger insbesondere Nahwärme und Umweltwärme, aber auch Biomasse zunehmen.

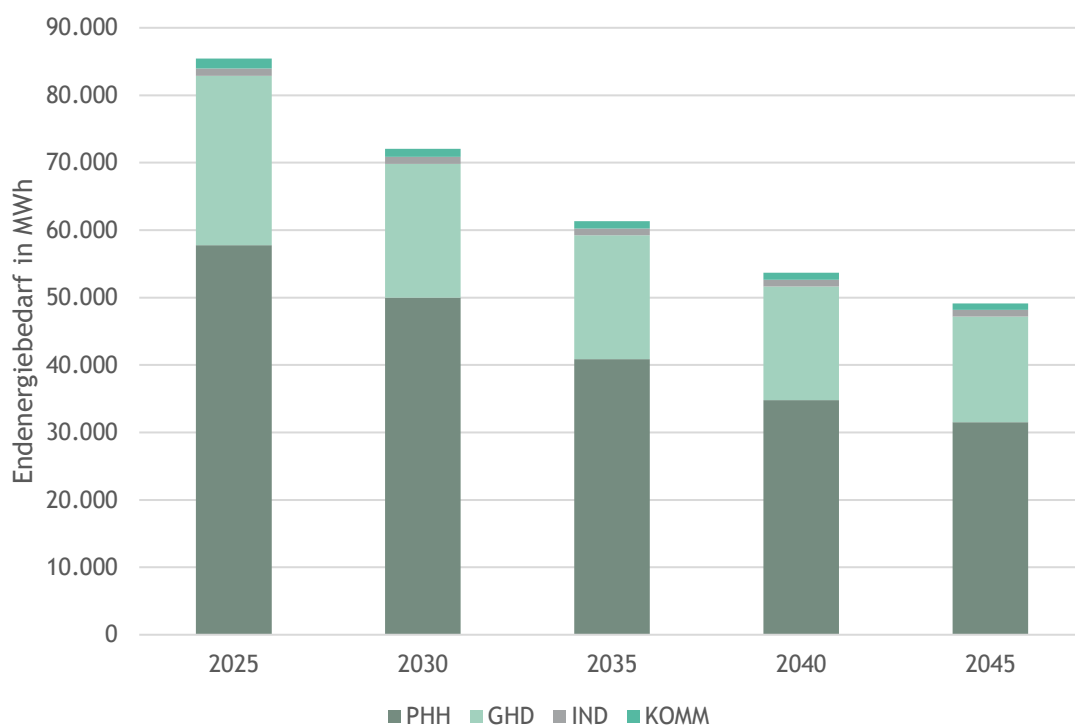


Abbildung 41: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Sektoren für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

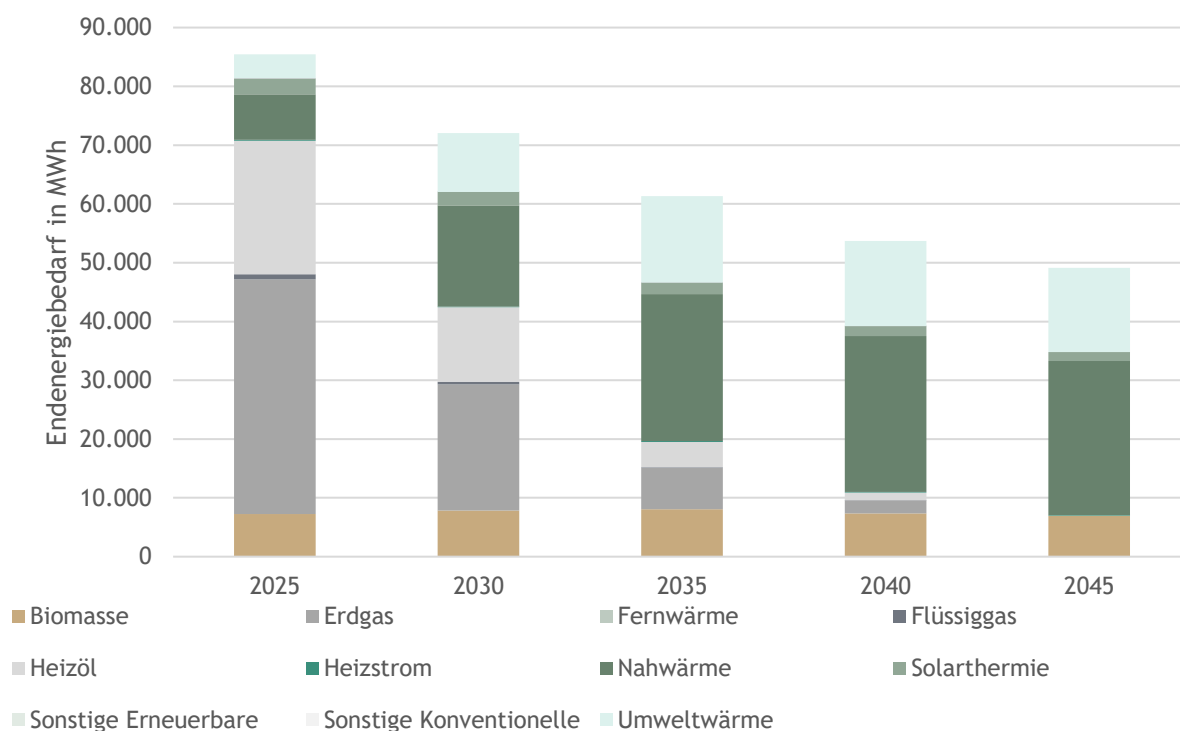


Abbildung 42: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

4.2.2 Treibhausgasemissionen

Ausgehend von der Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern zeigt Abbildung 43 die Veränderungen der Treibhausgasemissionen. Die Analyse berücksichtigt die jeweiligen Emissionsfaktoren der Energieträger sowie deren prognostizierte Entwicklung gemäß dem Technikatalog des *ifeus* [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 durch Nahwärme sowie aus der Verringerung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden. Im Stützjahr 2030 sind die ersten Wärmenetze umgesetzt und reduzieren folglich die Anteile und Emissionen der fossilen Energieträger. Auch die kontinuierliche Umstellung dieser Energieträger auf Biomasse oder Umweltwärme zeigt ab diesem Jahr erste Auswirkungen.

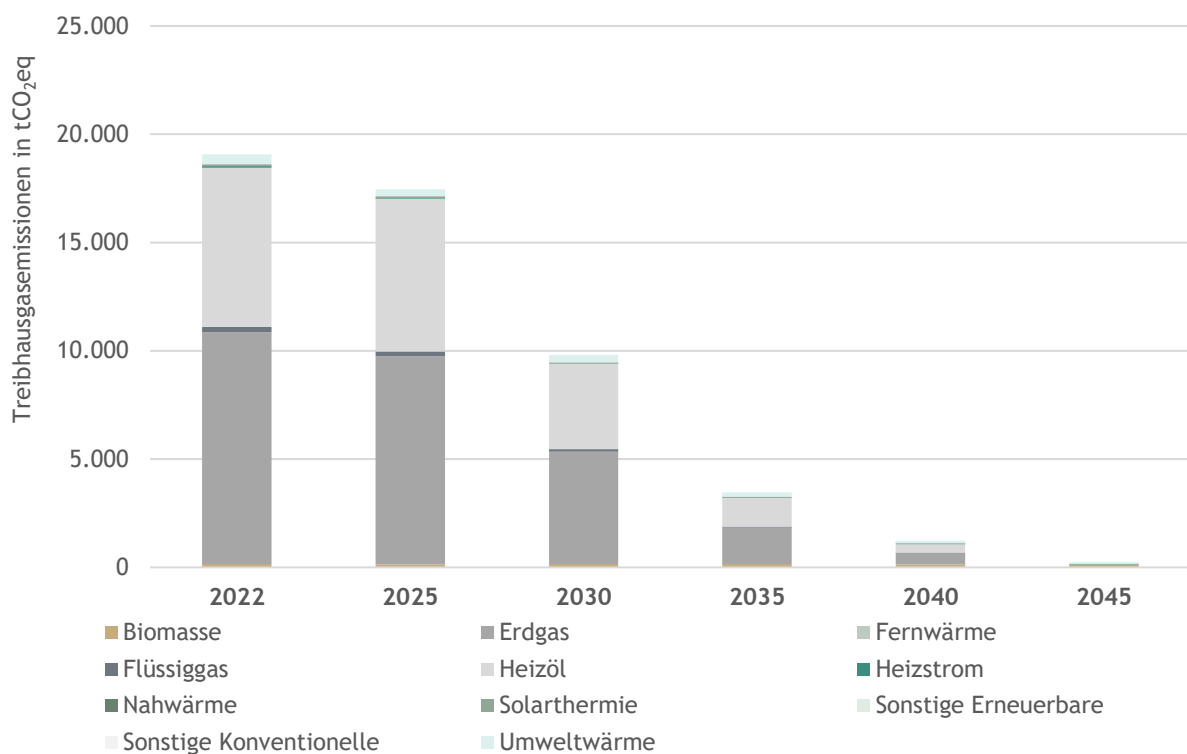


Abbildung 43: Entwicklung der THG-Emissionen aus dem prognostizierten Wärmebedarf für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

4.2.3 Leitungsgebundene Versorgung

Wie bereits in Kapitel 3.1 erläutert, erscheint der zielgerichtete Bau von Wärmenetzen in Krailling sinnvoll.

Den Auftakt bildet das Wärmenetz *Rathaus/Stieglitzweg + Siedlung Nord*, dessen Umsetzung bis 2030 abgeschlossen ist.

Anschließend folgt der Wärmenetzneubau in *Gut Pentenried*, für den Bau ist der Zeitraum von 2029 bis 2031 vorgesehen ist.

Ab 2030 starten die Projekte in der *Ökosiedlung* (Fertigstellung bis 2032) sowie im *Zentrum Nord* (Fertigstellung bis 2034).

Den Abschluss bildet das Wärmenetz im Gewerbemischgebiet Süd, das bis 2038 realisiert werden soll.

Für die Szenarienbetrachtung wird angenommen, dass bis zum Ende des Umsetzungszeitraums 60 % der Anschlüsse realisiert sind. Diese Entwicklung ist in Abbildung 43 dargestellt. Der hellblaue Anteil veranschaulicht den Anteil an leitungsgebundener Versorgung bis zum Zieljahr 2045.

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

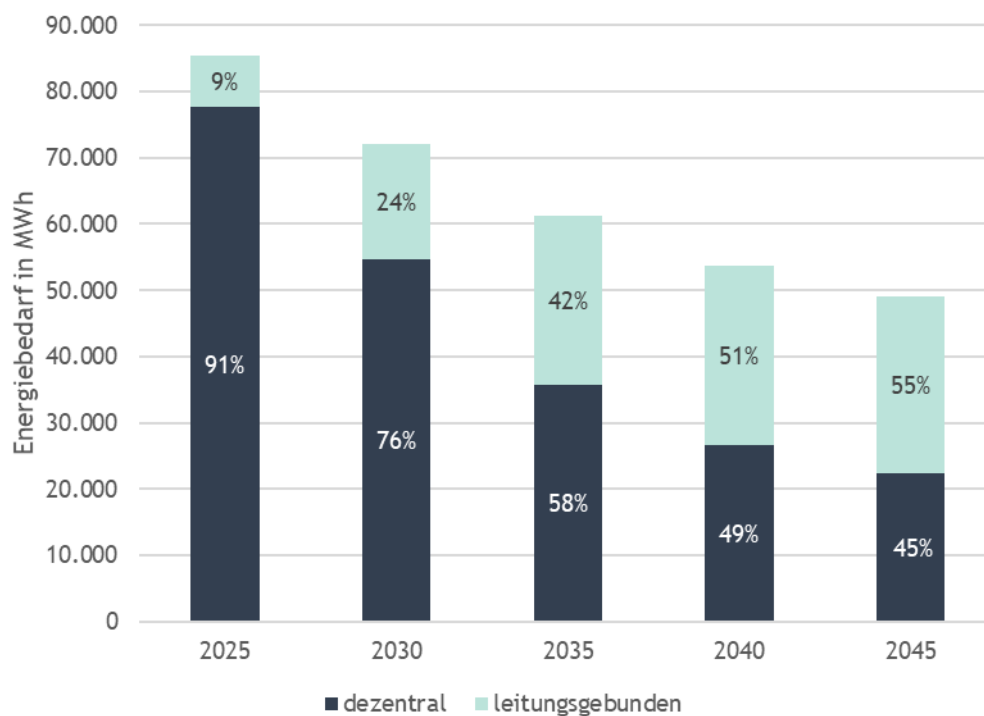


Abbildung 44: Entwicklung des Wärmebedarfs der leitungsgebundenen Energieträger für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045, eigene Darstellung

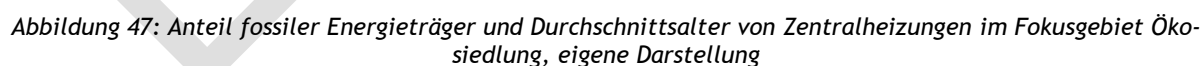
5.1.1 Fokusgebiet 1: Rathaus/Stieglitzweg

Im Westen von Krailling liegt das Fokusgebiet *Rathaus/Stieglitzweg*, das insgesamt 23 Gebäude umfasst, überwiegend große Mehrfamilienhäuser. Zusätzlich befinden sich dort mehrere Nichtwohngebäude, darunter Schule, Rathaus und Kindertagesstätte. Das in Abbildung 46 dargestellte Einfamilienhaus dient als Hausmeisterwohnung der kommunalen Liegenschaften.

Alle Gebäude im Fokusgebiet liegen in der gleichen Baualtersklasse und wurden zwischen 1949 und 1978 errichtet. Aus der Gebäudestruktur ergibt sich ein jährlicher Wärmebedarf von über 4.000 MWh. Der durchschnittliche spezifische Wärmebedarf pro Bruttogeschossfläche liegt bei 136 kWh/m²·a.



Abbildung 46: Darstellung der überwiegenden Gebäudetypen im Fokusgebiet Rathaus/Stieglitzweg, eigene Darstellung



Erweiterung des bestehenden Gebäudenetzes

Der mögliche Verlauf der Trassen für eine Erweiterung des Wärmenetzes ist in Abbildung 48 dargestellt. Dabei werden die Wohnblöcke an das bestehende Gebäude-netz Rathaus angeschlossen.

Der gesamte Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 2.415 MWh pro Jahr. Daraus ergibt sich bei vollständiger Anschlussquote eine Wärmebelegungsdichte von 5.367 kWh/m²·a. Selbst bei einer Anschlussquote von lediglich 60 % liegt die Wärmebelegungsdichte noch bei 3.220 kWh/m²·a. Aufgrund der niedrigen Anzahl an Akteuren ist jedoch von einer erhöhten Anschlussquote und einem geringeren Aufwand für die Umsetzung auszugehen. Zusätzlich reduzieren sich die Tiefbaukosten dadurch, dass die Wohnblöcke bereits leitungsgebunden miteinander

verbunden sind. Insgesamt ist die Realisierung des Wärmenetzes sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvoll.

Als nächsten Schritt wird die Beantragung einer Förderung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Modul 1 zur Durchführung einer Machbarkeitsstudie (beziehungsweise eines Transformationsplans) empfohlen. Insbesondere soll dabei die Möglichkeit betrachtet werden, inwieweit die bestehende Infrastruktur für eine Erweiterung genutzt werden kann. Ausführliche Informationen zum Vorgehen sind Kapitel 1.4.4 und dem Anhang zu entnehmen.



Abbildung 48: Möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes im Fokusgebiet Rathaus/Stieglitzweg, eigene Darstellung

5.1.2 Fokusgebiet 2: Die Ökosiedlung

Im Osten von Krailling liegt die Ökosiedlung, ein Bauprojekt, das Anfang der 1990er Jahre als ökologische Mustersiedlung errichtet wurde. Das Fokusgebiet umfasst neben den elf Reihenhäusern der ursprünglichen Siedlung auch die angrenzenden Reihen- und Einfamilienhäuser. Diese wurden überwiegend zwischen 1949 und 1978 gebaut. Gebäude anderer Baualtersklassen sind nur in geringem Umfang vorhanden. Aus der Gebäudestruktur und den Baualtersklassen ergibt sich ein Wärmebedarf von etwa 1.140 MWh/a.

Im Fokusgebiet besteht derzeit ein Gebäudenetz, das die elf Gebäude der ursprünglichen Ökosiedlung über zwei Erdgaskessel mit Wärme versorgt. In den übrigen Bereichen erfolgt die Wärmeversorgung dezentral, wobei überwiegend Erdgas und Heizöl zum Einsatz kommen. Die Astenstraße

liegt nicht am Erdgasnetz und wird folglich überwiegend über Heizöl beheizt.

Abbildung 49 ergänzt hierzu den Anteil fossiler Energieträger der Zentralheizungen je Straßenzug (Bedeutung *Zentral* in diesem Kontext: innerhalb eines Wohngebäudes). Aus Datenschutzgründen beziehen sich die angegebenen Werte stets auf den gesamten Straßenzug, auch wenn nur ein Teil davon im Fokusgebiet liegt. Zudem wird deutlich, dass das Durchschnittsalter der Heizungen im gesamten Gebiet sehr hoch ist. Das Durchschnittsalter beträgt beispielsweise in der Ludwig-von-Nagel-Straße 29 Jahre und macht einen zeitnahen Tausch der Anlagen und Energieträger erforderlich. Eine zukunftsfähige Energieversorgung im Fokusgebiet erfordert daher sowohl die Steigerung der Energieeffizienz der Gebäude als auch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien.

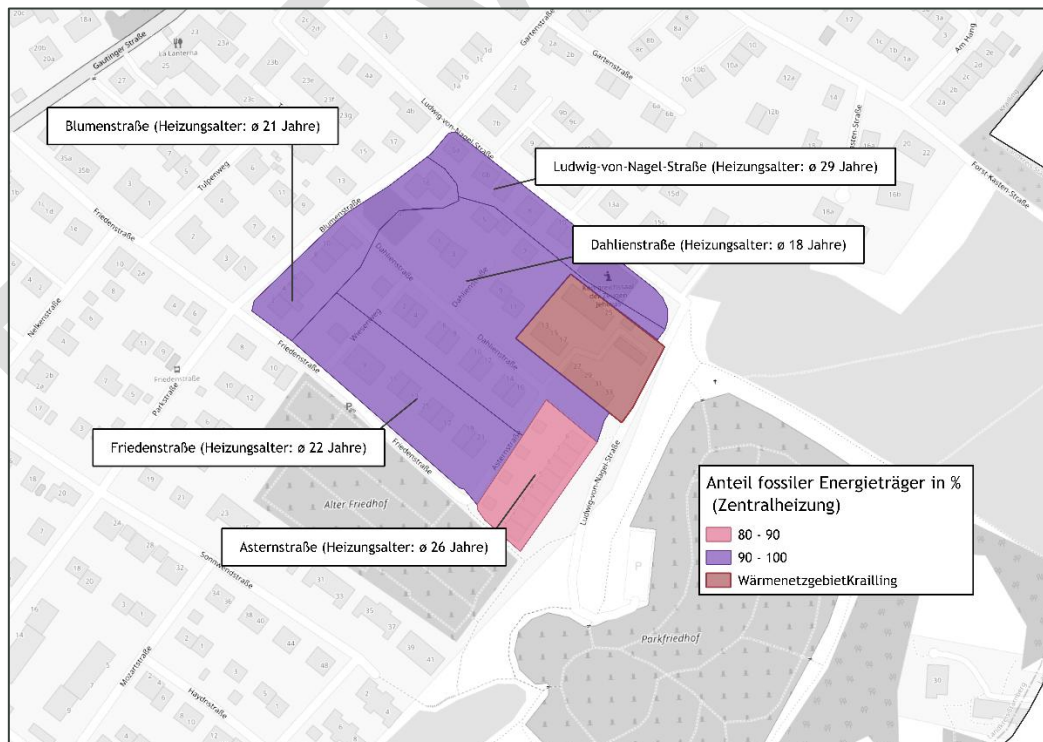


Abbildung 49: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Ökosiedlung, eigene Darstellung

Erweiterung des bestehenden Gebäudenetzes

Die Erdgaskessel des bestehenden Gebäudenetzes sind derzeit nur gering ausgelastet. Mit einer Volllaststundenzahl von rund 930 Stunden besteht aus Erzeugersicht die Möglichkeit, das Netz zu erweitern.

Abbildung 50 zeigt ein Beispiel, wie die Gebäude in der Blumen-, Dahlien-, Astern- und Friedenstraße an das bestehende Netz angebunden werden können. Durch die Führung der Trasse über Grünflächen lassen sich zudem die Tiefbaukosten reduzieren, womit die Wirtschaftlichkeit des Projektes zusätzlich erhöht wird. Die geplante

Netzerweiterung umfasst eine Länge von 595 Metern. Bei einem Wärmebedarf von 597 MWh/a ergibt sich daraus eine Wärmebelegungsichte von 1.003 kWh/m·a.

Das übrige Gebiet ist weniger für den Anschluss an ein Wärmenetz geeignet, lediglich der Königreichssaal der Zeugen Jehovas weist ebenfalls eine hohe Eignung aus. Eine Erweiterung lohnt sich insbesondere im Zuge der Umstellung der Wärmeerzeugung im Bestandsnetz.



Abbildung 50: Möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes im Fokusgebiet Ökosiedlung, eigene Darstellung

Dezentrale Wärmeversorgungsmöglichkeiten

Für Gebäude und Straßenzüge, die im Betrachtungsgebiet nicht an das zentrale Wärmenetz angeschlossen werden können, stellt der Ausbau dezentraler, klimafreundlicher Wärmeerzeugungssysteme eine nachhaltige Alternative zur fossilen Energieversorgung dar.

Wärmepumpen und oberflächennahe Geothermie

Zukünftig können insbesondere Wärmepumpensysteme in Verbindung mit oberflächennaher Geothermie einen wichtigen Beitrag zur klimafreundlichen Wärmeversorgung leisten. Luft-Wasserwärmepumpen, Grundwasserwärmepumpen und Sole-Wasserwärmepumpen eignen sich dabei besonders für Einfamilienhäuser sowie kleinere Mehrfamilienhäuser.

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie über Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden (Entzugsleistung 5 - 25 kW pro Flurstück) oder Grundwasserwärmepumpen (Entzugsleistung 10 - 50 kW pro Brunnenpaar) ist im gesamten Fokusgebiet Ökosiedlung möglich. Somit eignen sich über Erdwärme betriebene Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung.

Solarthermie und Photovoltaik

Solarthermische Anlagen können zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung beitragen. Photovoltaikanlagen liefern Strom, unter anderem für den

Betrieb von Wärmepumpen. Das Potenzial von Dachflächen für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen in der Gemeinde Krailling sind in Abbildung 26 und Abbildung 30 dargestellt.

Biomasse

Biomasse ist bereits ein fester Bestandteil der Wärmeversorgung in Krailling, insbesondere bei Einzelraumfeuerstätten. Vor allem aufgrund der guten lokalen Verfügbarkeit von Holz stellt sie eine wirtschaftlich attraktive und nachhaltige Heizlösung dar.

Sanierung

Der durchschnittliche spezifische Wärmebedarf des Fokusgebiets liegt bei 125 kWh/m²·a. Zum Vergleich: Moderne Einfamilienhäuser erreichen heute Werte von rund 50 kWh/m²·a. Maßnahmen wie die Dämmung von Fassaden, Dächern und Kellerdecken, der Austausch veralteter Fenster und Türen sowie die Optimierung bestehender Heizsysteme können den Wärmebedarf deutlich senken. Zusätzlich schaffen Sanierungen die Grundlage für eine effiziente Nutzung regenerativer Energien.

5.1.3 Fokusgebiet 3: Gut Pentenried

Der Ort Pentenried im Südwesten der Gemeinde Krailling zählt rund 700 Einwohner. Dort befindet sich auch das Fokusgebiet *Gut Pentenried*. Die Siedlungsstruktur ist ländlich geprägt und konzentriert sich um die ehemaligen Gutsgebäude.

Die Gebäudealtersstruktur ist heterogen und stammt überwiegend aus den Jahren 1949 bis 1978. Im Westen des Ortes befindet sich zudem ein Neubaugebiet, das zwischen 1996 und 2000 erschlossen wurde. Hinsichtlich der IWU-Gebäudetypen dominieren in Gut Pentenried Reihenhäuser und Einfamilienhäuser, die zusammen

etwa 75 % des Gebäudebestands ausmachen. Ergänzend gibt es Mehrfamilienhäuser sowie einige Nichtwohngebäude. Neben mehreren kleineren Gewerbebetrieben ist in den Gebäuden der alten Brennerie heute ein Veranstaltungsort untergebracht.

Die vorherrschende Gebäudestruktur und Baualtersklassen führen zu einem Wärmebedarf pro Bruttogeschossfläche von durchschnittlich $122 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$. Der gesamte Wärmebedarf des Gebiets beträgt 2.495 MWh/a .

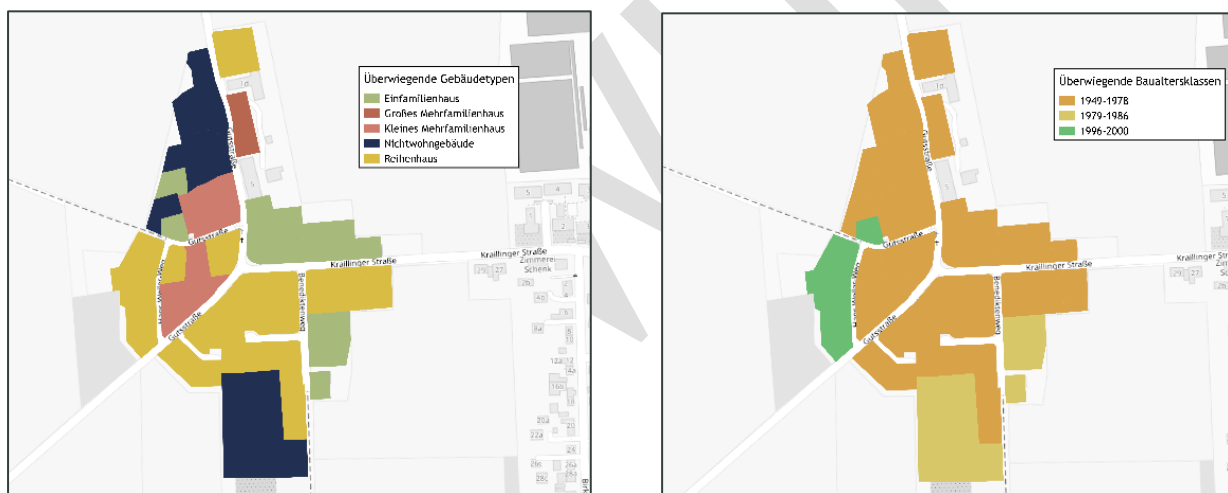


Abbildung 51: Darstellung der überwiegenden Baualtersklassen und Gebäudetypen im Fokusgebiet Gut Pentenried auf Baublockebene, eigene Darstellung

Die aktuelle Energieversorgung basiert primär auf Heizöl, da im Gegensatz zum östlichen Teil von Pentenried kein Gasnetz vorhanden ist. Dadurch liegt der Anteil fossiler Energieträger bei Zentralheizungen im Fokusgebiet zwischen 80 und 100 %. Abbildung 52 stellt diesen Sachverhalt auf Straßenzugebene dar. Dabei ist zu beachten, dass sich die Angaben zur Kraillinger Straße auf alle Gebäude an dieser Straße beziehen und nicht nur auf den dargestellten Abschnitt.

Zusätzlich ist das durchschnittliche Alter der Heizungen je Straßenzug angegeben. Im gesamten Fokusgebiet sind die Heizungen älter als 20 Jahre. Im Benediktenweg beträgt das durchschnittliche Alter von Zentralheizungen sogar durchschnittlich 30 Jahre.

Eine nachhaltige und zukunftsfähige Transformation der Energieversorgung erfordert daher sowohl die Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäude als auch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien.

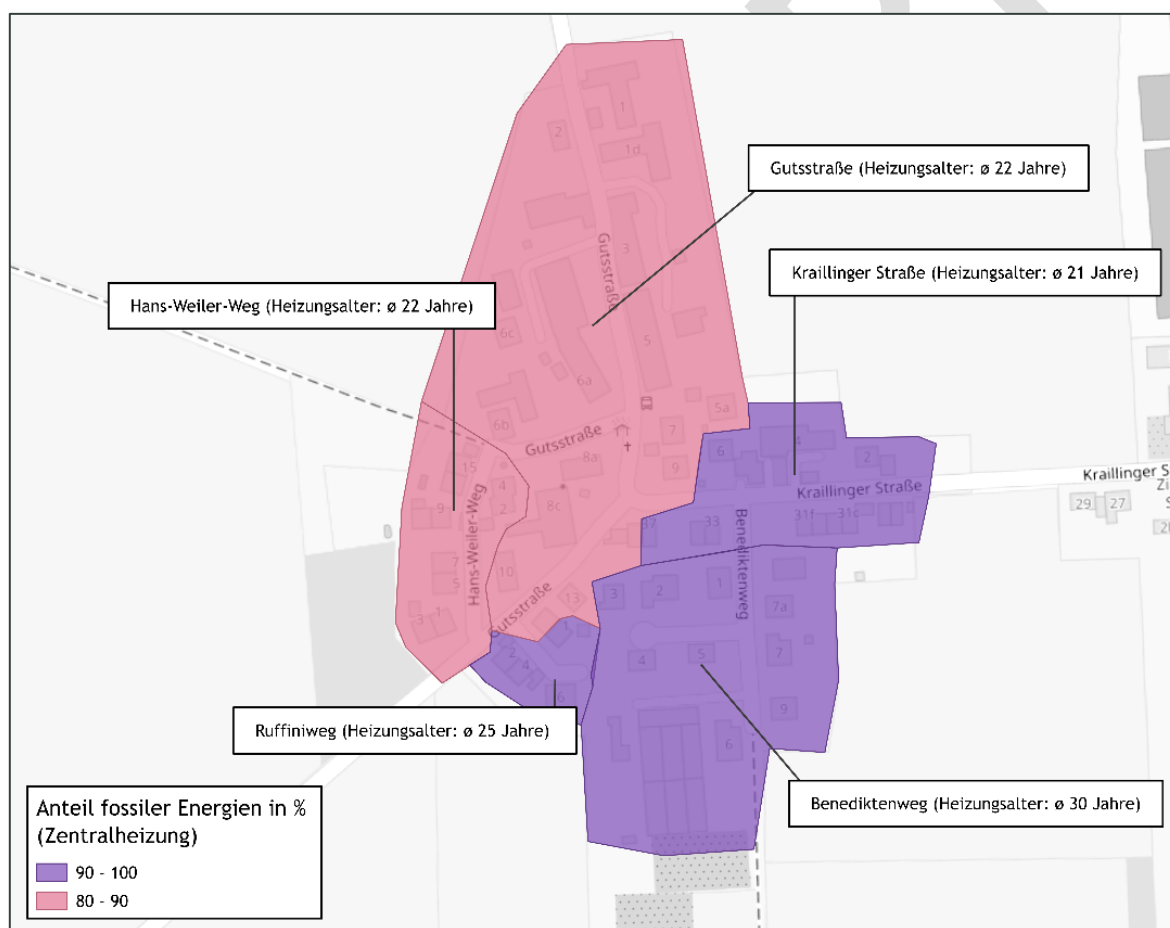


Abbildung 52: Anteil fossiler Energieträger und Durchschnittsalter von Zentralheizungen im Fokusgebiet Gut Pentenried, eigene Darstellung

Neubau eines Wärmenetzes

Im Fokusgebiet bietet die Errichtung eines Wärmenetzes eine aussichtsreiche Möglichkeit für eine nachhaltige Wärmeversorgung. Der in Abbildung 53 dargestellte Trassenverlauf berücksichtigt 37 anzuschließende Gebäude mit einem gesamten Wärmebedarf von 1.885 MWh pro Jahr. Bei einer Gesamtlänge von 853 Metern ergibt sich daraus bei vollständiger Anschlussquote eine Wärmebelegungsdichte von 1.464 kWh/m·a. Werden 60 % der Gebäude im Betrachtungsgebiet angeschlossen, wird eine Belegungsdichte von 878 kWh/m·a erreicht.

Aufgrund der überschaubaren Netzgröße ist eine weit höhere Anschlussquote realistisch. Damit sind die technischen Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Umsetzung des Wärmenetzes grundsätzlich gegeben. Zusätzlich empfiehlt es sich, das

Wärmenetz genossenschaftlich zu betreiben (vgl. Kapitel 3.3).

Bei einer gefundenen Genossenschaftsstruktur wird die Beantragung einer Förderung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) - Modul 1, zur Durchführung einer Machbarkeitsstudie empfohlen (vgl. Kapitel 1.4.4).

Zu berücksichtigen ist an dieser Stelle zusätzlich, dass sich die Rahmenbedingungen seit dem Bilanzjahr 2022 verändert haben können, was eine Neubewertung der Wirtschaftlichkeit dieses Netzes zur Folge hätte.

Spätestens im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans in fünf Jahren sollte das Gebiet erneut in die Betrachtung einbezogen werden.

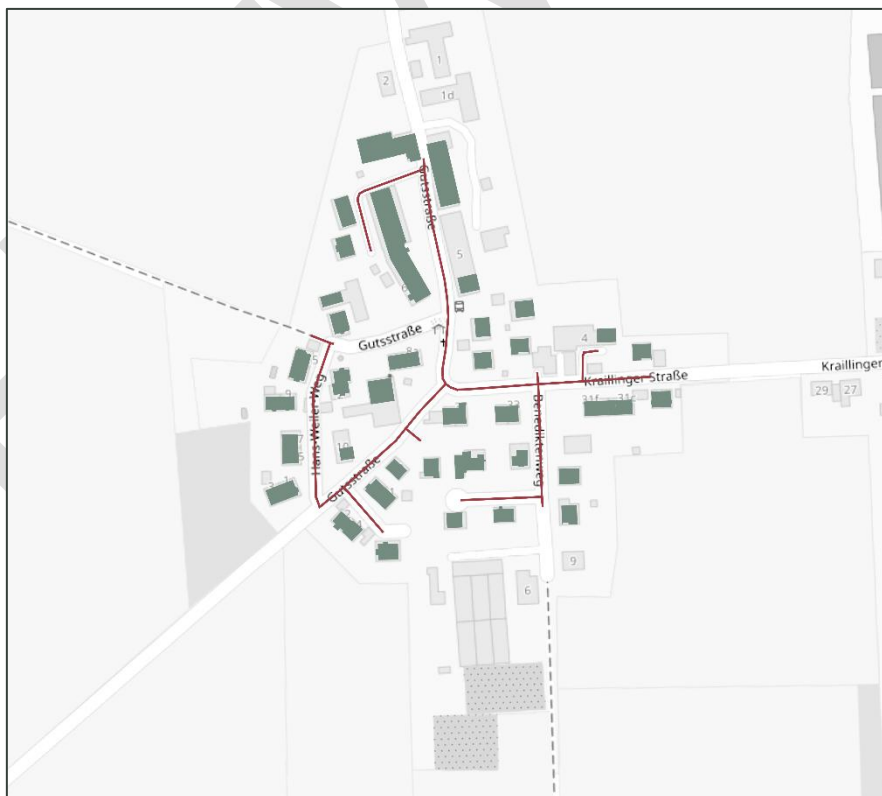


Abbildung 53: Möglicher Trassenverlauf eines Wärmenetzes im Fokusgebiet Gut Pentenried, eigene Darstellung

5.2 Maßnahmenfahrplan für das gesamte Gemeindegebiet

Auf Grundlage der analysierten und identifizierten Potenziale sowie der definierten Fokusgebiete wurden gemeinsam mit der Gemeinde konkrete Maßnahmen entwickelt. Diese Maßnahmen sind detailliert in Maßnahmensteckbriefen dokumentiert, die im Anhang einsehbar sind.

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 der Gemeinde. So wurde sichergestellt, dass die Maßnahmen praxisnah, zielgruppengerecht und nachhaltig wirksam gestaltet sind. Tabelle 9 zeigt eine Übersicht aller Maßnahmen, die einen Effekt auf den Anwendungsbereich Wärme haben.

Tabelle 9: Maßnahmenliste mit Einteilung in Handlungsfelder, Bereiche und Effekte, eigene Darstellung

Maß-Nr.	Beschreibung	Maßnahmentyp	Effekt im jeweiligen Sektor	Umsetzungszeit
-	Sanierungspotenzial	Minderung	25 %	2025 – 2045
R1	Beschleunigte Genehmigungsverfahren	Substitution	2.769 MWh	2025 – 2045
R2	Groß angelegte Sanierungsstrategien	Substitution	5.043 MWh	2025 – 2045
VV2	Sanierungsfahrplan in kommunalen Liegenschaften	Minderung	15 %	2025 – 2032
VV3	Energieträgertausch in kommunalen Liegenschaften	Substitution	95 MWh	2025 – 2040
VV1	Energiemanagement in kommunalen Liegenschaften	Minderung	5 %	2026 – 2031
MB5	Energiemanagement bei Unternehmen	Minderung	20 %	2027 – 2030
MB1-1	Wärmenetz Rathaus/Stieglitzweg + Siedlung Nord	Substitution	5.093 MWh	2027 – 2030
MB2	Energetische Beratung und Aktivierung in dezentralen Wärmeversorgungsgebieten	Minderung	20 %	2028 – 2038
MB1 – 2	Wärmenetz Gut Pentenried	Substitution	1.029 MWh	2029 – 2031

MB1 – 3	Wärmenetz Krailling Zentrum Nord	Substitution	8.569 MWh	2030 – 2034
VA1	Umsetzung Flussthermie	Minderung	1%	2030
MB3	Kommunikationsplattform für Interessensbekundungen	Substitution	1.283 MWh	2028 – 2045
MB4	Informationsangebot bezüglich Betreibermodellen von Energiegenossenschaften	Substitution	1.283 MWh	2030 – 2045
MB1 – 4	Wärmenetz Ökosiedlung	Substitution	597 MWh	2030 – 2032
MB1 – 5	Wärmenetz Krailling Gewerbe- mischgebiet Süd	Substitution	3.861 MWh	2034 – 2038

5.3 Controlling

Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentraler Baustein in der Umstellung von einer fossilen auf eine vollständig klimaneutrale 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 sowie zur 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) (siehe Abbildung 54).

Dieser zyklische Prozess ermöglicht die Steuerung der Planung, die Überwachung des Fortschritts und die Sicherung der nachhaltigen Zielerreichung.

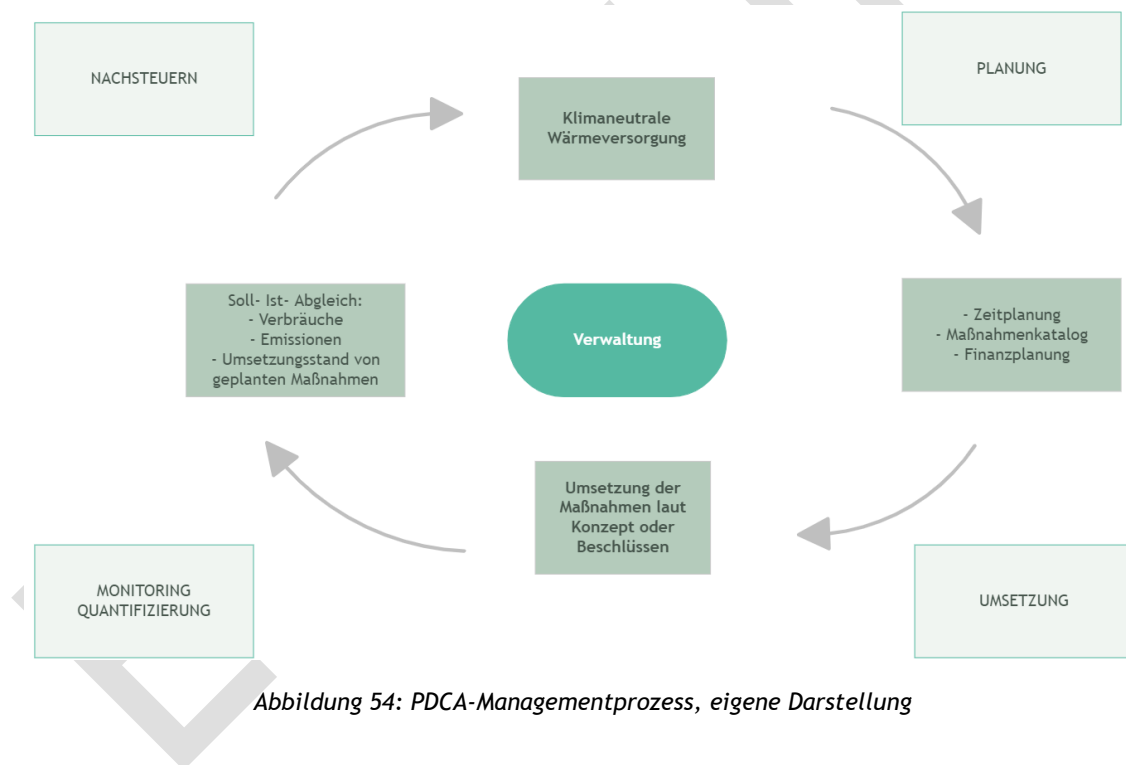


Abbildung 54: PDCA-Managementprozess, eigene Darstellung

Es wird empfohlen, den PDCA-Prozess jährlich bis zweijährlich 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 die Gemeinde Krailling 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 gegebenenfalls 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 die Reduktion von CO₂eq 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 die Gemeinde Krailling wurden im Rahmen des Prozesses der kommunalen Wärmeplanung erarbeitet und sind in Kapitel 4 und 5.2 dokumentiert. Im Rahmen des Nachsteuerens 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, rechtliche und finanzielle 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 Gemeindeverwaltung 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.

Das Maßnahmenmonitoring und -controlling kann in der Verwaltung niederschwellig umgesetzt werden, indem Maßnahmenziel, Bewertungsindikatoren und Erfolgsanalyse erfasst werden. Bei mäßigem Erfolg ist eine Ursachenanalyse unabdingbar und entscheidet über Korrekturmaßnahmen bzw. die nächsten Schritte.

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 Gemeindeverwaltung 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 fand auch ein intensiver Austausch mit örtlichen Unternehmen statt.

Den Auftakt bildete der Kick-Off am 13. 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 erste Akteursbeteiligung der kommunalen Wärmeplanung fand am 02. April 2025 als Vor-Ort-Termin statt und führte Netzbetreiber, örtliche Unternehmen sowie weitere wichtige Akteure zusammen. Neben allgemeinen Informationen zur kommunalen Wärmeplanung und der Vorstellung von Teilen der Bestandsanalyse lag der Schwerpunkt insbesondere auf der Präsentation der Potenzialanalyse. In einer zweiten Akteursbeteiligung am 04. September 2025 in einem Onlinetermin wurden die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung den Akteuren vorgestellt.

Um eine sinnvolle Einbindung aller Akteure zu gewährleisten, wurden die Veranstaltungen durch einen offenen Austausch abgerundet. In der Endpräsentation am 16. September wurden alle Ergebnisse dem Gemeinderat vorgestellt.

Die öffentliche Bürgerbeteiligung erfolgte am 23. Oktober 2025 in der Grundschule in Krailling. Dabei wurden die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung, ihre rechtlichen Auswirkungen auf Gebäudeeigentümer, sowie die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz vorgestellt. Die Maßnahmen und das Zielszenario wurden ebenfalls präsentiert. Im Anschluss an die Präsentation fand eine Frage- und Antwortrunde statt, in der die Bürger ihre Anliegen und Fragen einbringen konnten.

Diese enge Abstimmung mit der Öffentlichkeit und allen relevanten Akteuren gewährleistet eine tragfähige und zukunftsorientierte Planung der kommunalen Wärmeversorgung.



Abbildung 55: Akteursbeteiligung am 02.04.2025 im Rathaus Krailling, Foto: Gemeinde

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. Hier empfehlen sich neben Printmedien (u. a. lokale Zeitungen und Gemeinde-Infobriefe) auch soziale Medien, wie Facebook, LinkedIn oder Instagram zu nutzen. Für aktuelle Transparenz sorgt die gemeindeeigene Website mit dem Bereich "Wärmeplanung" der weiter ausgebaut und laufend aktualisiert wird. Für die Belange der Wärmeplanung ist die Klimaschutzmanagerin der Kommune, Dr. Christine Papst, die Ansprechpartnerin. Des Weiteren können öffentliche Veranstaltungen wie

Informationsabende oder Workshops den direkten Dialog ermöglichen.

Die Öffentlichkeit ist kontinuierlich über den aktuellen Stand und wichtige Meilensteine der Umsetzung der Wärmeplanung zu informieren. Regelmäßige Veröffentlichungen und Veranstaltungen, beispielsweise einmal jährlich, im Rahmen der Bürgerversammlung oder durch regelmäßige Zwischenstandsberichte auf der Website der Gemeinde, bieten eine verlässliche Informationsquelle.

Je nach Kommunikationskanal empfiehlt es sich Inhalte passend aufzubereiten. Dies ist beispielhaft in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Kommunikationskanäle und Darstellungsmöglichkeiten, eigene Darstellung

Kanal	Darstellungsmöglichkeiten
Zeitungen	Pressemitteilungen mit Inhalten des Reportings
Soziale Medien	Werbung für bevorstehende Veranstaltungen, Hinweise auf kurzfristige Änderungen, Kacheln mit einer Informationsübersicht und 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
Informationsabende und Workshops	Präsentation des aktuellen Stands und den kommenden Schritten, Vorstellung beschlossener und abgeschlossener Maßnahmen, Feedback zu geplanten und umgesetzten Maßnahmen in Form von Fragebögen

Die gemeindeeigene Website sollte 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. Mit der Platzierung der Artikel an einer einheitlichen Stelle mit einheitlichem Design entsteht ein hoher Wiedererkennungswert. Die Möglichkeit zur Ansprache aller Gemeindegewohner sollte unbedingt genutzt werden.

Soziale Medien spielen indes auch eine zentrale Rolle, da eine flexible und interaktive Ansprache ermöglicht wird. Plattformen wie Facebook, LinkedIn und Instagram bieten die Möglichkeit, Ankündigungen, Kurzvideos zu einzelnen Schritten der Planung oder Umfragen unkompliziert zu vermitteln 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 gemeindeeigenen Website oder durch Informationsveranstaltungen. Auf diese Weise kann die Gemeindeverwaltung konstruktives Feedback erhalten und darauf eingehen, um den Prozess gemeinsam mit den Bürgern voranzutreiben und diese zu unterstützen. 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. Diese Übersicht dient der Gemeinde als praktische Hilfestellung.



Abbildung 56: 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. Dabei bietet sich das Klimaschutzmanagement an. So kann sichergestellt werden, dass alle relevanten Inhalte und somit ein konsistentes Bild nach außen transportiert wird. Alle Inhalte sollten von dem jeweiligen Vorgesetzten freigegeben werden. Mit 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 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 zu decken.

Zusätzlich stellt der Freistaat Bayern derzeit 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.

Es wird empfohlen, die wiederkehrenden, zentralen Aufgaben der kommunalen Wärmeplanung in das Klimaschutzmanagement zu integrieren:

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

6 Fazit

Die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Krailling stellt eine strategische Grundlage für die langfristige Transformation der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität 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. Für die Gebiete *Gewerbemischgebiet Süd*, *Krailling Zentrum Nord*, *Ökosiedlung*, *Rathaus/Stieglitzweg* (+ *Siedlung Nord*) sowie *Gut Pentenried* bestehen langfristige Möglichkeiten zur Umsetzung leitungsgebundener Wärmeversorgung (Wärmenetze).

Gleichzeitig zeigt sich für dezentrale Siedlungsbereiche, für Teile des Hauptortes - sowie für viele kleinere Ortsteile - ein hoher Handlungsbedarf im Bereich individueller, 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. Zudem sind derzeit mehrere Windenergieanlagen auf Gemeindegebiet in Planung.

Insbesondere bei dem Fokusgebiet *Rathaus/Stieglitzweg* besteht großes Potenzial für die leitungsgebundene Wärmeversorgung. Da in diesem Fokusgebiet auch kommunale Gebäude vorhanden sind, kann die Kommune die Umsetzung dieses Netzes beeinflussen.

Krailling 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 und den begonnenen Transformationsprozess kontinuierlich weiterzuentwickeln. 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.

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] 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.
- [8] 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.
- [9] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.), „Leitfaden Energieausweis,“ dena, Berlin, 2015.
- [10] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Wärmeleitfähigkeit,“ [Online]. Available: <https://www.lfu.bayern.de/gdi/wms/geologie/oberflaenhegeothermie?>. [Zugriff am 03 September 2025].
- [11] „[GGSC] - Oberflächennahe Geothermie,“ [Gaßner, Groth, Siederer & Coll.], [Online]. Available: <https://www.ggsc.de/referenzen/oberflaechennahe-geothermie>. [Zugriff am 22 08 2024].
- [12] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Kurzgutachten - Eignungsprüfung für die kommunale Wärmeplanung,“ München, 2025.

- [13] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Nutzungsmöglichkeiten von Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen,“ [Online].
- [14] B. L. f. Umwelt, „Gewässerkundlicher Dienst Bayern,“ [Online]. Available: <https://www.gkd.bayern.de/>. [Zugriff am 25.08.2025 August 2025].
- [15] B. L. f. Statistik, „GENESIS-Online,“ [Online]. Available: <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis>.
- [16] B. L. f. Umwelt, „Bayerischer Windatlas,“ München, 2021.
- [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.
- [18] 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].
- [21] L. u. E. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, „Energie-Atlas Bayern,“ [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>.

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. Sanierung, Wärmepumpe) durch Energieeinsparungen oder Förderungen wieder ausgeglichen sind.

BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude) - Förderprogramm des Bundes für Sanierungen und Neubauten. Es umfasst:

BEG EM (Einzelmaßnahmen) - z. B. Heizungstausch, Dämmung.

BEG WG (Wohngebäude) - Förderung für energetische Sanierungen oder Neubauten von Wohnhäusern.

BEG NWG (Nichtwohngebäude) - Förderung für Schulen, Rathäuser, Büros usw.

BEG KFN (Klimafreundlicher Neubau) - Zuschüsse für besonders klimafreundliche Neubauten.

BEW (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze) - Förderung für den Bau oder die Umstellung von Wärmenetzen, die überwiegend mit erneuerbaren Energien betrieben werden.

CO₂-Äquivalente (CO₂eq) - CO₂-Äquivalente geben an, wie viel ein Treibhausgas zur Erderwärmung beiträgt - im Vergleich zur gleichen Menge Kohlenstoffdioxid. Sie sind eine einheitliche 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. Oft über Wärmepumpen.

Klimaneutralität - wird synonym zur Treibhausgasneutralität verwendet.

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).

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.

Wärmeliniendichte - 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.

Wärmewende - Der Umbau der Wärmeversorgung von fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien.

ENTWURF

Anhang

Maßnahmenkatalog

Die folgenden Abschnitte zeigen den individuellen Maßnahmenkatalog für Krailling umfasst verschiedene Handlungsfelder. Diese Maßnahmen wurden in Zusammenarbeit mit der Kommune entwickelt. Die Maßnahmen sind in Maßnahmentypen (Verbrauch & Vorbild, Versorgen & Anbieten etc.) und Maßnahmenwirkung untergliedert (investiv, strategisch etc.).

Zu einigen Maßnahmen wurden bereits erste Schritte unternommen, jedoch ist eine konsequente Weiterführung notwendig, um das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu erreichen.

ENTWURF

VV1 Einführung eines Energiemanagementsystems in kommunalen Liegenschaften mit Optimierung des Eigenverbrauchs

Verbrauchen & Vorbild
Investiv, Strategisch

Die Implementierung eines Energiemanagements für kommunale Liegenschaften in Krailling soll sicherstellen, dass Potenziale zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung frühzeitig erkannt und gezielt genutzt werden können.

Beschreibung

Durch die kontinuierliche Erfassung und Auswertung von Verbräuchen aller kommunalen Liegenschaften (ausgenommen vermieteter und verpachteter Liegenschaften) können ungewöhnliche Verbrauchsmengen schnell erkannt und die Ursachen behoben werden. Ebenso können „verschwenderische“ Verbraucher (Anlagen, Geräte, menschliches Verhalten) identifiziert und Maßnahmen ergriffen werden, um diese zu reduzieren. Einerseits werden so die Energieverbräuche verringert, andererseits auch weitere Effizienzmaßnahmen umgesetzt. Daraus resultieren auch monetäre Ersparnisse.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Einbindung der Hausmeister zur schnellen Identifikation von Ursachen für erhöhte Verbräuche
- Schaffung oder Zuordnung einer halben Personalstelle zur Einführung, Überwachung und Auswertung des Energiemanagementsystems
- Abwicklung aller Aufgaben über die Personalstelle in Zusammenarbeit mit der Gebäudewirtschaft
- Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung
- Beteiligung der Gebäudenutzenden durch Bereitstellung von Informationen und Anreizen zur Unterstützung von Energieeinsparungen
- Regelmäßige Berichterstattung und Ableitung von Optimierungsstrategien

Zielgruppe

- Liegenschaftsverwaltung
- Gebäudenutzer

Initiatoren und Akteure Hauptverantwortlich

- Gemeindeverwaltung
- Gebäudemanagement

Weitere Akteure

- Hausmeister
- Kämmerei
- Regionale Energieagentur
- Technische Dienstleister

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel
- Fördermittel: Halbe Personalstelle über Kommunalrichtlinie (Implementierung und Erweiterung eines Energiemanagements)

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 15.000 € ohne Förderung

Zeitlich

Mittelfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

99 MWh/a

THG-Reduktion

24t CO₂eq/a

VV2 Sanierungsfahrplan für kommunale Liegenschaften

Verbrauchen & Vorbild

Strategisch, Organisatorisch

Die Erstellung eines Sanierungsfahrplans für kommunale Liegenschaften soll sicherstellen, dass diese systematisch energetisch saniert werden. Die Priorisierung erfolgt nach Gebäudealter, Energieverbrauch und Nutzungsintensität, um die größten CO₂-Einsparungen und Energieeffizienzgewinne zu erzielen.

Beschreibung

Die Priorisierungen des Sanierungsfahrplans sollten anhand des Gebäudealters und dem absoluten Energieverbrauch erfolgen. Damit können die ältesten und energieintensivsten Objekte zuerst saniert werden und die größten Einsparungen (Treibhausgase und Energieverbrauch) erreicht werden. Des Weiteren sind Synergien mit anderweitigen Vorhaben zu berücksichtigen, beispielsweise für Instandsetzungsmaßnahmen des Brandschutzes. Zusätzlich kann die Nutzungsintensität (Anzahl Nutzer der Liegenschaft) einbezogen werden. Ein Sanierungsfahrplan nach festen Kriterien schafft Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Erfassung und Analyse der kommunalen Liegenschaften in Bezug auf Energieverbrauch, Alter und Nutzung
- Erstellung eines Sanierungsfahrplans mit Priorisierungskriterien
- Integration des Sanierungsfahrplans in den kommunalen Haushaltsplan
- Monitoring und Anpassung des Fahrplans nach Fortschritt und weiteren Anforderungen

Zielgruppe

- Verwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Bau- und Liegenschaftsmanagement
- Gemeindeverwaltung

Weitere Akteure

- Energieberater
- Planungsbüros
- Externe Fachleute

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 5 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

228 MWh/a

THG-Reduktion

37t CO₂eq/a

VV3 Ergänzende Umstellung auf erneuerbare Energieträger zur Wärmeversorgung in den kommunalen Liegenschaften

Verbrauchen & Vorbild

Investiv

Mit dieser Maßnahme sollen alle kommunalen Einrichtungen auf eine Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energieträgern umgestellt werden. So kann die Gemeinde Krailling ihrer Vorbildfunktion nachkommen und zukünftigen Preissteigerungen der fossilen Energieträger entgegenwirken.

Beschreibung

Aus der Erhebung der kommunalen Einrichtungen für die Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz geht hervor, dass ein Großteil der kommunalen Liegenschaften in Krailling mit Erdgas versorgt werden. Durch eine schrittweise, vollständige Substitution der fossilen Energieträger in den kommunalen Liegenschaften ergibt sich eine Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Entwicklung eines Maßnahmenplans zur Umstellung auf erneuerbare Energieträger
- Einbindung von Fachplanern und Energieexperten zur Identifikation optimaler Lösungen
- Prüfung und Nutzung von Fördermitteln zur Finanzierung der Umstellung
- Umsetzung der Maßnahmen in Abhängigkeit der technischen Machbarkeit und finanzieller Ressourcen
- Monitoring und Optimierung der neuen Systeme nach der Implementierung

Zielgruppe

- Liegenschaftsverantwortliche

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gebäudemanagement

Weitere Akteure

- Planungsbüros
- Externe Fachleute
- Energieversorger
- Fördermittelgeber

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 150.000 € ohne Förderung

Zeitlich

Langfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

367 MWh/a

THG-Reduktion

91t CO₂eq/a

VV4 Solarstrategie für kommunalen Liegenschaften und Optimierung des Eigenverbrauchs

Verbrauchen & Vorbild

Investiv

Die Installation von Photovoltaik- und Solarthermieranlagen 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 der Gemeinde im Bereich nachhaltiger Energieversorgung gestärkt werden.

Beschreibung

Die Solarstrategie enthält für jede Liegenschaft einen Steckbrief des Potenzials und der Dimensionierung der geplanten Anlage, sodass die Ergebnisse transparent und vergleichbar dargestellt werden. Dies zielt auf Gebäude ab, die noch nicht mit Solarenergie versorgt werden. Auch Speicher sind zu berücksichtigen, um den Eigenverbrauch zu steigern. Anhand der Steckbriefe können Prioritäten abgeleitet werden, um kontinuierlich zuzubauen. Die Priorisierung der PV-Installationen soll eng mit der Erstellung eines Sanierungsfahrplans abgestimmt werden.

Bei bestehenden PV-Aufdachanlagen auf Liegenschaften ist der Eigenverbrauch ebenfalls 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

- Verwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeindeverwaltung

Weitere Akteure

- Planungsbüros

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 1.800 € je installierter Leistung in kWp, zusätzlich ca. 5.000 € für Erstellung der Solarstrategie

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

70t CO₂eq/a

VA1 Bereitstellung gemeindeeigener Wegeflächen für die Verlegung von Infrastrukturen

Versorgen & Anbieten
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.

Da es sich bei dieser Maßnahme um eine Maßnahme organisatorischer Natur handelt, lässt sich keine Energieeinsparung ableiten.

Handlungsschritte zur Umsetzung

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

Zielgruppe

- Wärmenetzbetreiber und zukünftige Wärmenetzbetreiber

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Verwaltung

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 5 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Langfristig

Priorität

Mittel

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

VA2 Zubau Flusswärmepumpe

Versorgen & Anbieten

Organisatorisch

Erschließung des erneuerbaren Wärmepotenzials der Würm mittels Großwärmepumpe zur Einspeisung in ein Nahwärmenetz.

Beschreibung

Nach einer Analyse des Potenzials durch eine Machbarkeitsstudie können durch den Zubau einer Flusswärmepumpe weitere Erzeugungskapazitäten für ein Nahwärmenetz geschaffen werden. Flusswasserwärmepumpen zeichnen sich durch eine hohe Leistungszahl aus. Zudem bieten Fließgewässer den Vorteil, dass durch den konstanten Frischwasserstrom eine gleichmäßige Wärmeleistung entzogen werden kann. Projekte, in denen Großwärmepumpen in Gewässern realisiert wurden, wurden vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert. Für die Sicherung der Maßnahme sind schnellstmöglich Fördermittel zu akquirieren und weitere Finanzierungsmöglichkeiten zu sichern. Hierfür würde sich etwa die Linnermühle anbieten, die derzeit zur Stromerzeugung über Wasserkraft genutzt wird. Die Umsetzung dieser Maßnahme ist an die Eigentümer der Linnermühle gebunden.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Machbarkeitsstudie (Technik, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit)
- Einholen von Genehmigungen
- Finanzierung und Fördermittel sichern

- Detailplanung
- Ausschreibung und Vergabe
- Bau und Inbetriebnahme
- Integration in das Wärmenetz

Zielgruppe

- Wärmenetzbetreiber
- Verwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Wärmenetzbetreiber
- Gemeindewerke
- Gemeinde

Weitere Akteure

- Genehmigungsbehörden
- Planungsbüros
- Hersteller von Großwärmepumpen
- Bauunternehmen

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel (des Betreibers)
- Fördermittel
- Kredite
- Investoren

Aufwand und Bewertung

Investitionskosten

Ca. 200.000 €, Förderungen möglich

Zeitlich

mittelfristig

Priorität

Mittel

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

VA3 Ausbau der Windenergie

Versorgen & Anbieten

Investiv, Strategisch

Mit dieser Maßnahme soll der Anteil erneuerbarer Energien in der Gemeinde Krailling deutlich erhöht und ein Beitrag zur kommunalen Energieunabhängigkeit sowie zum Klimaschutz geleistet werden. Die Windenergie stellt durch ihre hohe Flächen- und Energieeffizienz ein zentrales Element der Energiewende dar. Ziel ist es, geeignete Flächen zu identifizieren, Planungssicherheit zu schaffen und neue Windenergieprojekte aktiv zu ermöglichen oder voranzutreiben.

Beschreibung

Windkraftanlagen liefern einen hohen Ertrag an regenerativem Strom und ermöglichen die Erzeugung großer Energiemengen auf vergleichsweise kleinen Flächen. Krailling wird aller Voraussicht nach im Rahmen der Fortschreibung des Regionalplans als Vorranggebiete ausgewiesene Flächen erhalten. Ein nächster Schritt wäre die frühzeitige Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern, etwa durch die Umsetzung von Bürgerenergiegenossenschaften. Dies schafft Akzeptanz und Planungssicherheit. Ziel ist es, an bestehenden Vorranggebieten Windstandorte zu ermöglichen und somit die bestehenden Potenziale zu nutzen. Derzeit laufen Planungen für Windenergieanlagen in diesen Gebieten.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Abstimmung mit Regionalplanung / Analyse Windpotenziale (inkl. Ausschluss- und Eignungsgebiete)
- Identifikation geeigneter Flächen
- Flächensicherung und Planung (z. B. Änderung Flächennutzungsplan)
- Information & Beteiligung der Öffentlichkeit zur Akzeptanzförderung
- Prüfung möglicher Beteiligungsmodelle
- Ausschreibung & Realisierung

Zielgruppe

- Bürger
- Gemeinderat und Verwaltung
- Energieversorger
- Grundstückseigentümer

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeindeverwaltung

Weitere Akteure

- Regionale Planungsträger
- Grundstückseigentümer
- Bürgerinitiativen / lokale Energiegenossenschaften

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 1.500 € je kW installierte Leistung

Zeitlich

Mittelfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

VA4 Ausbau PV Freiflächenanlagen

Versorgen & Anbieten

Investiv

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

Der Ausbau von PV-Freiflächenanlagen sichert die Versorgung mit erneuerbarem Strom und ist angesichts des durch Sektorenkopplung steigenden Strombedarfs, z. B. für Wärmepumpen, für eine klimaneutrale Gemeindeentwicklung unverzichtbar. Zudem können zusätzliche Einnahmen für die Gemeinde generiert und regionale Wertschöpfung gefördert werden.

Um den Ausbau von PV-Freiflächenanlagen voranzutreiben kann der Flächennutzungsplan angepasst oder hybride Nutzungen wie etwa Agri-PV angestrebt werden.

Handlungsschritte zur Umsetzung

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

Zielgruppe

- Gemeinde
- Energiegenossenschaften
- Investoren

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeinde (Anpassung FNP)

Weitere Akteure

- Netzbetreiber

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel (des Betreibers)
- Investoren

Aufwand und Bewertung

Investitionskosten

Ca. 1.300 € / je kWp installierte Leistung

Zeitlich

Langfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

R2 Verstetigung - Berücksichtigung der Wärmeplanungsergebnisse bei der Fortschreibung und Aktualisierung der Regionalplanung

Regulieren

Strategisch, Organisatorisch

Ziel ist es, die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung für die Gemeinde Krailling kontinuierlich in die regionale und übergeordnete Planung zu integrieren, um eine langfristige, koordinierte Entwicklung klimafreundlicher Wärmesysteme zu gewährleisten.

Beschreibung

Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden systematisch bei der Fortschreibung der Regional- und Bauleitplanung berücksichtigt. Dies betrifft insbesondere die Koordinierung und die Ausweisung von Vorranggebieten für erneuerbare Energien sowie die Vermeidung von Nutzungskonflikten. Durch die enge Verzahnung der kommunalen Wärmeplanung mit der Regionalplanung wird sichergestellt, dass Wärmelösungen über Gemeindegrenzen hinweg gedacht werden und Synergieeffekte zwischen verschiedenen Gebieten entstehen. Der entstehende Arbeitsaufwand ergibt sich überwiegend aus der Koordination zwischen den jeweiligen Ansprechpartnern im Bauamt.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Erstellung eines Konzepts zur Integration der kommunalen Wärmeplanung in die Regionalplanung
- Zusammenarbeit mit regionalen Planungsbehörden und anderen Kommunen
- Prüfung der Wärmeplanungsergebnisse bei der Aktualisierung von Flächennutzungsplänen und Regionalplänen
- Monitoring und Anpassung der Planungen auf Basis neuer Entwicklungen und Technologien

Zielgruppe

- Verwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeindeverwaltung
- Regionalplanungsbehörden

Weitere Akteure

- Nachbargemeinden
- Planungsbüros
- Energieversorger

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 12 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

R3 Formulierung von Vorgaben und Pflichten beim Aufsetzen von Konzessionsverträgen

Regulieren

Organisatorisch

Diese Maßnahme hat zum Ziel, bei der erneuten Vergabe von Konzessionsverträgen an Netzbetreiber klare Vorgaben und Pflichten zu formulieren, die im Einklang mit den Klimazielen der Kommune stehen. Netzbetreiber sollen verpflichtet werden, einen Mindestanteil an erneuerbaren Energien sicherzustellen.

Beschreibung

Beim Abschluss neuer Konzessionsverträge mit Netzbetreibern sind Vorgaben zur Integration erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Klimaziele der Kommune festzulegen. Dies umfasst:

- Festlegung eines Mindestanteils erneuerbarer Energien in der Energieversorgung
- Vorgaben zur Verbesserung der Energieeffizienz und Netzintegration von dezentralen Erzeugenden
- Regelmäßige Berichterstattungspflichten der Netzbetreiber über Fortschritte bei der Umsetzung der Klimaziele

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Erstellung von Kriterienkatalogen für die Ausschreibung und Vergabe der Konzessionsverträge
- Verhandlungen mit Netzbetreiber und Überwachung der Vertragsumsetzung
- Regelmäßige Kontrolle und Evaluation der Zielerreichung durch die Netzbetreiber

Zielgruppe

- Verwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeindeverwaltung

Weitere Akteure

- Netzbetreiber
- Energieagenturen

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 10 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Mittelfristig

Priorität

Mittel

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

R4 Controllingkonzept

Regulieren

Organisatorisch, Strategisch

Ziel der Maßnahme ist die systematische Überprüfung und Fortschreibung der kommunalen Klimaziele durch ein strukturiertes Controllingkonzept mit Fokus auf Klimaneutralität bis spätestens 2045.

Beschreibung

Das Controllingkonzept stellt sicher, dass die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans und weiterer Klimaschutzmaßnahmen strategisch begleitet und regelmäßig überprüft wird. Es beinhaltet einen langfristigen Zeitplan zur Zielerreichung der Klimaneutralität bis 2045 sowie ein Verfahren zur regelmäßigen Fortschreibung des Klimaaktionsplans.

Wesentliche Bestandteile sind das Monitoring von energiebedingten und nicht-energiebedingten Emissionen, die Bewertung von Maßnahmenfortschritten und die Definition geeigneter Indikatoren. So können frühzeitig Steuerungsimpulse gesetzt und Prioritäten angepasst werden.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Definition der Zieljahre und Zwischenziele
- Erstellung eines strukturierten Controllingkonzepts inkl. Zuständigkeiten
- Aufbau eines Monitoringsystems für Emissionen und Maßnahmen
- Verknüpfung mit kommunaler Haushalts- und Investitionsplanung
- Regelmäßige Berichtserstellung und Fortschreibung des Klimaaktionsplans
- Politische Beschlussfassung und transparente Kommunikation

Zielgruppe

Gemeindeverwaltung
Klimaschutzmanagement

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

Gemeindeverwaltung

Weitere Akteure

- Fachbereiche mit Maßnahmenverantwortung
- Externe Monitoring-Dienstleister
- ggf. Gemeinderat und Öffentlichkeitsarbeit

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel
- Haushaltsmittel
- Fördermittel aus Klimaschutzprogrammen (z. B. KRL, Kommunalrichtlinie)

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 10 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

R5 Kooperation mit Wohnungsunternehmen zur Entwicklung und Umsetzung großflächiger Sanierungsstrategien

Regulieren

Organisatorisch, Strategisch

Ziel der Maßnahme ist die energetische Modernisierung großer Bestände im Wohnungsbau durch eine enge Kooperation mit dem Verband Wohnen. Durch die gemeinsame Entwicklung tragfähiger Sanierungsstrategien und die gezielte Nutzung innovativer Ansätze wie der seriellen Sanierung wird ein strukturierter Beitrag zur THG-Reduktion im Gebäudebestand geleistet.

Beschreibung

Die Kommune initiiert eine strategische Zusammenarbeit mit dem Zweckverband sozialer Wohnungsbau (Verband Wohnen) mit dem Ziel, umfassende Sanierungsstrategien für ihre Gebäudeportfolios zu entwickeln. In einem ersten Schritt werden gemeinsam Sanierungsfahrpläne erstellt, die sowohl technische als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigen und auf Klimaneutralität ausgerichtet sind.

Ein Fokus liegt auf der Identifikation geeigneter Gebäude für serielle Sanierungslösungen (z. B. mit vorgefertigten Fassaden- und Dachelementen), die eine schnelle und wirtschaftliche Umsetzung ermöglichen. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine Skalierung der Sanierungsaktivitäten bei gleichzeitiger Reduktion von Planungskosten und Bauzeiten. In einem zweiten Schritt sollen konkrete Umsetzungsmaßnahmen vorbereitet und durch Förderberatung, Projektentwicklung und Netzwerke unterstützt werden. Die Kommune fungiert als Moderations- und Impulsgeberin, um die Transformation im Gebäudebestand anzustoßen und Synergien zu heben.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Aufbau eines Runden Tisches „Sanierungsstrategie Bestand“ und gemeinsame Erarbeitung von Sanierungsfahrplänen
- Prüfung der Eignung für serielle Sanierungskonzepte
- Vermittlung von Fördermitteln und technischen Dienstleistungen
- Durchführung von Pilotprojekten und Ergebnisevaluation

- Unterstützung bei der Einbindung in kommunale Wärmeplanung

Zielgruppe

- Verband Wohnen
- Energieberater

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeinde

Weitere Akteure

- Bauunternehmen

Finanzierungsansatz:

- Eigenmittel der Kommune (Kordinierung)
- Investitionen durch Wohnungsunternehmen
- Förderprogramme wie KfW 432, BEG EM oder Serielle Sanierung (BMWK)

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 10 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

R6 Empfehlungen zu hohen Effizienzstandards bei Neubauten (Wohn- und Nichtwohngebäude)

Regulieren

Organisatorisch

Die Maßnahme zielt darauf ab, durch die Festlegung hoher Effizienzstandards den Energieverbrauch von Neubauten deutlich zu senken und somit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten.

Beschreibung

Im Rahmen gemeindebaulicher Verträge wird festgelegt, dass alle Neubauten (Wohn- und Nichtwohngebäude) in Neubaugebieten hohe Effizienzstandards einhalten sollen. Dies umfasst:

- Effizienzhaus-Standards oder höhere Anforderungen als im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgelegt
- Verpflichtung zur Installation von energieeffizienten Heiz- und Kühlsystemen
- Optimierung der Gebäudehülle (Dämmung, Fenster, Türen). Die Umsetzung wird durch städtebauliche Verträge verbindlich geregelt und durch die Gemeinde regelmäßig überprüft

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Anpassung der städtebaulichen Verträge zur Einführung hoher Effizienzstandards
- Begleitende Schulung von Bauverantwortlichen und Architekten zu den neuen Anforderungen
- Monitoring der Effizienzstandards durch Energieaudits

Zielgruppe

- Verwaltung

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeindeverwaltung
- Gemeindeplanung

Weitere Akteure

- Bauunternehmen
- Energieberater

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 5 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

MB1 Unterstützung einer Machbarkeitsstudie für den Bau und Betrieb am Beispiel des Wärmenetzgebietes Rathaus/Stieglitzweg und Siedlung

Motivieren und Beraten
Strategisch, Investiv

Das Ziel dieser Maßnahme ist die Entwicklung eines neuen Wärmenetzes gemäß Wärmeplan zur Förderung einer effizienten und erneuerbaren Wärmeversorgung.

Beschreibung

Auf Basis des kommunalen Wärmeplans werden Gebiete identifiziert, die für neue, eigenständige Wärmenetze geeignet sind. In dieser Maßnahme liegt der Fokus auf dem Gebiet Rathaus/Stieglitzweg (stellvertretend für die weiteren Wärmenetzgebiete). Dieses Gebiet ist besonders aufgrund der bestehenden Mehrfamilienhäuser, kommunalen Einrichtungen und einer Einfamilienhaussiedlung interessant. Machbarkeitsstudien werden beauftragt, um technische Optionen (Wärmequellen, Netzlayout), Wirtschaftlichkeit und Betreibermodelle zu prüfen. Zudem wird geprüft, wie das Rathaus-Gebäudenetz für ein Wärmenetz erweitert bzw. in ein solches integriert werden kann. Bei positivem Ergebnis erfolgen Ausschreibung und Vergabe für Planung, Bau und Betrieb des Netzes, ggf. unter Einbindung privater Investoren oder Energiegenossenschaften.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Definition des Untersuchungsrahmens und Beauftragung von Machbarkeitsstudien
- Bewertung der Studienergebnisse
- Entwicklung von Ausschreibungsunterlagen für Netzplanung, -bau und -betrieb
- Durchführung des Vergabe-/Konzessionsprozesses
- Begleitung der Umsetzung
- Kommunikation zum Wärmenetzgebiet sowie Zeitschienen der voraussichtlichen Erschließung, um sicherzustellen, dass GHD und Gebäudeeigentümer in entsprechenden Gebieten zu geeigneten Zeitpunkten angeschlossen werden können

Zielgruppe

- Gemeinde
- Potenzielle Netzbetreiber

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Gemeinde

Weitere Akteure

- Planungsbüros
- Energieberater
- Potenzielle Investoren/Betreiber

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel für Machbarkeitsstudie
- Fördermittel für Studien und Netzausbau über BEW
- Netzbetreiber/Investoren, beispielsweise Stadtwerke München

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 25.000 €

Zeitlich

Mittelfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

3.134t CO₂eq/a

MB2: Erstellung und Umsetzung von Qualifizierungskonzepten unter Berücksichtigung der Wärmeplanungsergebnisse

Motivieren & Beraten

Organisatorisch, Strategisch, Kommunikativ

Ziel dieser Maßnahme ist das Aktivieren zur Entwicklung von Fachkompetenzen und praktischen Fähigkeiten bei relevanten Akteuren, um die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung effektiv zu fördern, die Qualität der Maßnahmenumsetzung zu erhöhen, die Einhaltung der Klimaziele zu unterstützen und die Innovationsfähigkeit im Bereich der nachhaltigen Wärmeversorgung zu steigern.

Beschreibung

Um die erfolgreiche Umsetzung des kommunalen Wärmeplans zu gewährleisten, sollen Fachkenntnisse und Kompetenzen innerhalb der Verwaltung gezielt aufgebaut werden. Schulungs- und Weiterbildungsangebote sollen sicherstellen, dass die Mitarbeitenden den technischen, rechtlichen und organisatorischen Anforderungen der Wärmewende gewachsen sind. Diese Maßnahme bewirkt eine Effizienzsteigerung bei der Umsetzung anderer Maßnahmen. Es ist hieraus keine direkte Energieeinsparung abzuleiten.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Ermittlung der Qualifizierungsbedarfe
- Erstellen von Schulungsprogrammen
- Organisation von Workshops oder Seminaren
- Evaluation der Wirksamkeit

Zielgruppe

- Verwaltungsmitarbeitende
- Liegenschaftsverantwortliche
- Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Bauamt

Weitere Akteure

- Kämmerei
- TÜV oder ähnliche Schulungsanbieter

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

ca. 5.000 € je Lehrgang

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

MB3: Aktivierung von Unternehmen zur Einführung von Energiemanagementsystemen

Motivieren & Beraten
Investiv, Strategisch

Die Einführung von Energiemanagementsystemen in Unternehmen soll den Energieverbrauch senken und die Energieeffizienz in Betrieben verbessern. Die Maßnahme zielt darauf ab, Unternehmer in Krailling zu sensibilisieren und zu unterstützen, ein systematisches Energiemanagement in ihren Betrieben einzuführen.

Beschreibung

Unternehmen sollen durch gezielte Beratung und Förderprogramme zur Einführung von Energiemanagementsystemen motiviert werden. Die Maßnahme beinhaltet:

- Sensibilisierung durch Informationsveranstaltungen und Schulungen
- Unterstützung bei der Einführung von Energiemanagementsystemen nach ISO 50001 oder alternativen Standards
- Informativ-sensibilisierende Unterstützung der Gemeinde
- Durchführung von Energieaudits zur Identifizierung von Einsparpotenzialen

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Interessensabfrage bei Unternehmen bezüglich eines Energiemanagementsystems
- Organisation von Schulungen und Workshops zur Einführung von Energiemanagementsystemen
- Bereitstellung von Förderprogrammen und Beratungsangeboten
- Durchführung von Audits und Überprüfung der Umsetzungsfortschritte

Zielgruppe

- Unternehmen (z.B. in der KIM)

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Wirtschaftsförderung der Kommune
- Energieberater

Weitere Akteure

- Industrie- und Handelskammern
- Unternehmensverbände

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 10 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

2.040 MWh/a

THG-Reduktion

659t CO₂eq/a

MB4: Umfassendes Informationsangebot bezüglich dem Betreibermodel einer Energiegenossenschaft

Motivieren & Beraten

Kommunikativ, Vernetzend

Diese Maßnahme hat das Ziel, Bürger über die Möglichkeiten und Vorteile der Gründung und Beteiligung an Energiegenossenschaften, insbesondere für Wärmeprojekte, zu informieren und zu motivieren.

Beschreibung

Informieren und Motivieren der Bürger zur Gründung von Energiegenossenschaften zum Betrieb eines Wärmenetzes. Bereitstellung detaillierter Informationen zu Rechtsformen, Finanzierung, Organisation und Praxisbeispielen. Durchführung von Informationsveranstaltungen und Workshops. Etablierung einer Anlaufstelle für Erstberatung.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Erstellung von Informationsmaterialien
- Organisation und Durchführung von Informationsveranstaltungen/Workshops
- Vorstellung von Best-Practice-Beispielen
- Einrichtung einer kommunalen Anlaufstelle oder Verweis auf externe Beratungsstellen
- Vernetzung von Interessierten

Zielgruppe

- Bürger
- Lokale Initiative
- Investoren

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Klimaschutzmanagement
- Gemeindeverwaltung

Weitere Akteure

- Energieagenturen
- Genossenschaftsverbände
- Bestehende Energiegenossenschaften

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 5 Arbeitstage pro Jahr +
Materialkosten

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

MB5 Kommunikationsplattform für Interessensbekundungen (Anschluss an ein Wärmenetz oder Gebäudenetz)

Motivieren & Beraten

Organisatorisch, Kommunikativ, Vernetzend

Vernetzung von Interessierten an jeglicher Form gemeinschaftlicher Wärmeversorgung und Erfassung des potenziellen Anschlussinteresses zur Unterstützung der Netzplanung.

Beschreibung

Über die Website der Gemeinde Krailling kann eine Kommunikationsmöglichkeit aufgebaut werden, um Interessensbekundungen zu sammeln und Akteure zu vernetzen oder die Informationen für Machbarkeitsstudien zu nutzen. Alternativ könnten die Bekundungen direkt an mögliche Betreiber weitergeleitet werden. Die Plattform (z.B. Online-Formular) ermöglicht es Gebäudeeigentümern, unverbindlich ihr Interesse an einem Anschluss an ein zukünftiges Wärme- oder Gebäudenetz zu signalisieren. Die gesammelten Daten dienen als wichtige Grundlage für die Bedarfsanalyse und die Planung konkreter Netzprojekte.

Handlungsschritte zur Umsetzung

- Konzeption und technische Umsetzung der Plattform/des Formulars auf der Website der Gemeinde
- Bekanntmachung der Plattform über kommunale Kanäle
- Datenschutzkonforme Erfassung und Verwaltung der Interessensbekundungen
- Auswertung der Daten zur Unterstützung der Wärmeplanung und Machbarkeitsstudien
- Ggf. Weiterleitung aggregierter Daten an potenzielle Netzbetreiber

Zielgruppe

- Gebäudeeigentümer

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Klimaschutzmanagement
- IT/Web-Abteilung der Verwaltung

Weitere Akteure

- Potenzielle Netzbetreiber
- Planungsbüros

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 3 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Mittel

Energieeinsparung

Nicht quantifizierbar

THG-Reduktion

Nicht quantifizierbar

MB6: Beratung und Aktivierung von Bürger und Unternehmen in dezentralen Versorgungsgebieten zu energieeffizienter Gebäudesanierung, dezentraler Wärmeerzeugung und Energiespeicherlösungen

Motivieren & Beraten
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, oberflächen-nahe Geothermie, Biomasse) und Energiespeichern angeboten und die Umsetzung von der Gemeinde begleitet. Die Beratung wird durch regelmäßige Quartalskampagnen, Informationsveranstaltungen und Workshops unterstützt, um eine breite Sensibilisierung zu erzielen und Bürger zur Umsetzung zu motivieren.

Handlungsschritte zur Umsetzung

Vor-Ort-Beratung und Umsetzungsbegleitung durch Experten

- Identifikation von Sanierungs-, Wärmeerzeugungs- und Wärmespeicherungsmaßnahmen (z.B. Dämmung, Heizungstausch)
- Unterstützung bei der Beantragung von Fördermitteln
- Entwicklung individueller Wärmekonzepte und Sanierungsfahrpläne
- Bereitstellung von Checklisten, Informationsmaterialien und eines Beratungsportals

Zielgruppe

- Einwohner
- GHD

Initiatoren und Akteure

Hauptverantwortlich

- Bauamt

Weitere Akteure

- Marketing und Social Media
- Öffentlichkeitsarbeit
- Energieberater
- Externe Berater

Finanzierungsansatz

- Eigenmittel und/oder Fördermittel

Aufwand und Bewertung

Aufwand

Ca. 10 Arbeitstage pro Jahr

Zeitlich

Kurzfristig

Priorität

Hoch

Energieeinsparung

2.039 MWh/a

THG-Reduktion

556t CO₂eq/a