

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Schwaig

- Abschlussbericht -

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Schwaig

Projekt	Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Schwaig b. Nürnberg
Auftraggeber	Stadt Röthenbach a. d. Pegnitz, Gemeinden Rückersdorf, Leinburg, Schwaig b. Nürnberg
Bearbeiter	Katharina Will, Christian Raab, zeitgeist engineering gmbh
Kontakt	katharina.will@ib-zeitgeist.de +49 (0) 911 21707-411
Datum	26.05.2025

1. Zusammenfassung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein informelles Planungsinstrument der Kommune zur Gestaltung der langfristigen Wärmeversorgung. Sie soll als Grundlage für weitere Schritte wie z.B. Machbarkeitsstudien oder energetische Quartierskonzepte dienen. Inhalt der Wärmeplanung ist eine Bestands- und Potenzialanalyse des Sektors Wärme, die Einteilung der Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete, eine schrittweise Zielsetzung hin zum Ziel der Klimaneutralität 2040 sowie die Skizzierung von ersten Umsetzungsmaßnahmen, welche der Wärmeplanung folgen sollen, einschließlich der Betrachtung von zwei Fokusgebieten.

Um Zeit und Kapazitäten zu sparen, wird den oben genannten Punkten eine Eignungsprüfung von Teilgebieten außerhalb der Kernstadt vorangestellt. Hierbei wird untersucht, ob eine leitungsgebundene Wärmeversorgung (mittels Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz) anhand von ersten Abschätzungen der Bedarfe und Potenziale von vornherein ausgeschlossen werden kann. Gegebenenfalls wird für diese Gebiete eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. Da in der Schwaig keine Ortsteile außerhalb des Kernortes vorhanden sind, kommt kein Gebiet der Gemeinde für eine verkürzte Wärmeplanung in Frage.

In der Bestandsanalyse wird die aktuelle Situation in der Wärme- und Stromversorgung aufgezeigt. Dazu wird die Flächennutzung sowie Siedlungsstruktur, die bestehenden Energieversorgungsanlagen und -netze und die Verteilung der Wärmeerzeuger analysiert. Darauf basierend wird eine Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt. Das bebaute Gebiet umfasst circa 55,4 Prozent der Gemeindefläche. Der Großteil der Wohnbebauung stammt aus den Jahren von 1919 bis 1948 (Kernorte) und von 1949 bis 1978. Die Stromerzeugung vor Ort erfolgt durch ca. 460 PV-Anlagen (meist kleiner als 30 kWp) mit ca. 4.400 MWh pro Jahr sowie

durch mehrere kleine fossile Anlagen, die ca. 1.100 MWh pro Jahr erzeugen. Darüber hinaus existieren keine weiteren Stromerzeugungsanlagen. Im Süden des Gemeindegebiets gibt es ein Umspannwerk. Das Gasnetz erstreckt sich über den gesamten Ort. Im Bereich Wohnen & Kleinverbraucher stammt 88 Prozent der erzeugten Energiemenge für Raumwärme und Warmwasser aus Erdgas oder Heizöl, 9 Prozent aus Biomasse. Bei Industrie & Großgewerbe wird 94 Prozent der Wärme (inklusive Prozesswärme) durch die Verbrennung von Erdgas gewonnen, 5 Prozent stammt aus Heizöl. Raumwärme und Warmwasser zur Versorgung von Öffentlichen Einrichtungen wird zu 78 Prozent aus Erdgas und 22 Prozent aus Biomasse erzeugt. Die Hälfte des Strombezugs aus dem Stromnetz ist auf den Bereich Wohnen & Kleinverbraucher zurückzuführen, 48 Prozent auf Industrie & Großgewerbe und nur 2 Prozent auf die öffentlichen Einrichtungen. Insgesamt summiert sich der thermische Endenergieverbrauch aller Verbrauchergruppen im Gemeindegebiet auf circa 111.900 MWh pro Jahr; der elektrische Endenergieverbrauch, bezogen aus dem Stromnetz, auf 32.200 MWh pro Jahr. Dies entspricht einem Ausstoß von 26.800 bzw. 12.300 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr.

In der Potenzialanalyse werden die möglichen Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Wärme und erneuerbaren Stroms aufgezeigt. Dazu werden zuerst Ausschlussgebiete für die Nutzung erneuerbarer Energieanlagen identifiziert und das Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet. Danach werden alle möglichen Potenziale für erneuerbare Erzeugung von Wärme und Strom ermittelt. Im Norden des Gemeindegebietes befindet sich ein Vogelschutzgebiet und um die Pegnitz herum ein Landschaftsschutzgebiet. Auch einige Biotope sind vorhanden. Die größte Herausforderung stellt das Trinkwasserschutzgebiet dar, das sich über das gesamte Gemeindegebiet erstreckt. In den Kernorten sind mehrere Baudenkmäler vorhanden. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung ergibt vor allen in den Randgebieten Einsparmöglichkeiten von teils über 65 Prozent des Endenergiebedarfes für Raumwärme. Als mögliche Quellen erneuerbarer Wärme werden unter anderem die Potenziale von Biomasse, oberflächennaher Geothermie, Solarthermie, Abwärme und Umweltwärme (Luft und Gewässer) betrachtet. Insgesamt ergibt sich ein ungenutztes Potenzial von 100.400 MWh pro Jahr, wobei das Potenzial der Umweltwärme nicht quantifizierbar ist und somit noch zusätzlich zur Verfügung steht. Das ungenutzte Potenzial von Photovoltaik zur Erzeugung erneuerbaren Stroms auf dem Gemeindegebiet beläuft sich auf 31.700 MWh_{el} pro Jahr. Es wurden für circa 4,4 Prozent der Gebäude in der Gemeinde von den Bürgerinnen und Bürgern Fragebogen zur kommunalen Wärmeplanung ausgefüllt. Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass 77 Prozent der Befragten Interesse an einem Anschluss an ein Wärmenetz haben.

Eine Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse ergibt, dass die Potenziale an erneuerbarer Wärme und Strom höher sind als die aktuellen Verbräuche auf dem Gemeindegebiet, besonders im Bereich Wärme. Hierbei ist zu beachten, dass es sich lediglich um Energiemengen handelt. Parameter wie Temperatur und Verfügbarkeit der Energiequellen müssen zusätzlich betrachtet werden.

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. In Gebieten mit Wärmenetzsignung werden weitere Untersuchungen für eine mögliche Versorgung durch Nahwärme empfohlen. In dezentralen Gebieten ist eine individuelle Wärmeversorgung der einzelnen Gebäude wahrscheinlich. Dennoch ist auch hier eine Versorgung durch kalter Nahwärme oder eines Inselnetzes möglich. In Prüfgebieten liegen besondere Gegebenheiten vor, die vor einer Einstufung durch die Kommune geprüft werden müssen. Die meisten Baublöcke in der Gemeinde Schwaig sind als wahrscheinlich ungeeignet

für ein Wärmenetz eingestuft. Als (sehr) wahrscheinlich geeignet eingestuft wurden 4 Gebiete. In den restlichen Gebieten ist eine dezentrale Lösung, kalte Nahwärme oder ein Inselnetz wahrscheinlich.

Als Fokusgebiete wird die Errichtung zweier Wärmenetze um das Schloss Schwaig herum und im Industriegebiet Haimendorfer Straße genauer untersucht. Am Schloss wird eine Versorgung mittels Luftwärmepumpe und Biomethan zur Spitzenlastabdeckung geprüft. Nach ersten groben Berechnungen liegen die Verbraucherpreise bei circa 18 ct pro kWh netto und damit im wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen. In der Haimendorfer Straße wird ein Netz mit industrieller Abwärme, Luftwärme und Biomethan geprüft. Die Verbraucherpreise liegen bei circa 18 ct pro kWh. Die Treibhausgasemissionen sinken in beiden Netzen signifikant im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung.

In den Zielszenarien werden für alle Verbrauchergruppen Wege aufgezeigt, wie die Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 klimaneutral werden kann. Auch diese Ergebnisse basieren auf der Bestands- und Potenzialanalyse. Während die Versorgung der privaten Haushalte größtenteils durch Wärmepumpen erfolgt, benötigt die Industrie, vor allem für die Prozesswärme, eine größere Menge an Grünen Gasen und Direktstrom. Im Falle der kommunalen Liegenschaften und der öffentlichen Großverbraucher liegt das Hauptaugenmerk der Wärmeversorgung auf der Fernwärme.

In einem Maßnahmenkatalog werden der Kommune 14 Maßnahmen aufgelistet, welche nach der Wärmeplanung begonnen werden sollten. Vorschläge im Bereich Wärmenetzaufbau, Sanierung und strategischen Ursprungs werden in Stechbriefen genauer beschrieben.

Inhalt

1. Zusammenfassung.....	1
2. Eignungsprüfung	10
2.1. Ausgangslage	10
2.1.1. Gesetzliche Vorgaben	10
2.1.2. Ergebnis der Eignungsprüfung	10
2.2. Weiteres Vorgehen	11
2.2.1. Erweiterte Wärmeplanung	11
2.2.2. Verkürzte Wärmeplanung.....	12
2.3. Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung	13
2.3.1. Energetische Sanierung	13
2.3.2. Erfüllungsoptionen der 65-Prozent-Regelung nach GEG	13
2.3.3. Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung.....	14
3. Bestandsanalyse	18
3.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen	18
3.1.1. Datengrundlagen.....	18
3.1.2. Verbrauchergruppen	18
3.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur	19
3.2.1. Flächennutzung.....	19
3.2.2. Siedlungsstruktur	20
3.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	22
3.3.1. Energieerzeugungsanlagen.....	22
3.3.2. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung	24
3.3.3. Stromversorgungsnetze	25
3.3.4. Abwasserkanalnetz	25
3.4. Wärmeerzeugung: Methodik zur Ermittlung des IST-Zustands.....	27
3.5. Energiebilanz Wärme.....	30
3.5.1. Wohnen & Kleinverbraucher.....	30
3.5.2. Industrie & Großgewerbe	31
3.5.3. Öffentliche Einrichtungen	32
3.5.4. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme	33
3.6. Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene.....	35
3.6.1. Absoluter Heizwärme- und Warmwasserbedarf.....	36
3.6.2. Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche	37
3.6.3. Wärmeliniendichte.....	37

3.7.	Energiebilanz Strombezug	38
3.7.1.	Methodik	38
3.7.2.	Zusammenfassung Energiebilanz Strombezug	39
3.8.	Treibhausgasbilanz Wärme und Strom	40
4.	Potenzialanalyse	43
4.1.	Datengrundlage	43
4.2.	Schutzgebiete und Denkmalschutz	43
4.2.1.	Schutzgebiete	43
4.2.2.	Denkmalschutz.....	45
4.3.	Energieeinsparpotenzial durch Sanierung.....	46
4.4.	Potenziale erneuerbarer Wärme	47
4.4.1.	Oberflächennahe Geothermie	47
4.4.2.	Solarthermie.....	49
4.4.3.	Biomasse	50
4.4.4.	Abwärme	53
4.4.5.	Sonstige	54
4.4.6.	Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme.....	54
4.5.	Potenziale erneuerbarer Strom	56
4.5.1.	Photovoltaik	56
4.5.2.	Windenergie	57
4.5.3.	Sonstige	57
4.5.4.	Zusammenfassung Potenzial Strom.....	57
4.6.	Anschlussinteresse an einem Wärmenetz.....	57
5.	Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse	60
6.	Wärmeversorgungsgebiete	61
6.1.	Einteilungskriterien.....	61
6.2.	Wärmenetzeignung.....	62
7.	Fokusgebiet Schloss Schwaig	64
7.1.	Abgrenzung zum Gebäudenetz.....	65
7.2.	Auslegung Wärmenetz.....	66
7.3.	Annahmen Berechnung	67
7.4.	Ergebnisse Simulation Wärmenetz	68
7.5.	Alternative Wärmeversorgung.....	71
8.	Fokusgebiet Haimendorfer Straße.....	72
8.1.	Ausgangssituation.....	72

8.1.1.	Wärmebedarfe	72
8.1.2.	Wärmequelle: Industrielle Abwärme	73
8.2.	Auslegung Wärmenetz	74
8.3.	Annahmen Berechnung	75
8.4.	Ergebnisse Simulation Wärmenetz	76
8.5.	Alternative Wärmeversorgung	79
9.	Zielszenario	80
9.1.	Entwicklung des Wärmeverbrauchs	80
9.2.	Entwicklung der Wärmeerzeugung	82
9.2.1.	Methodik	82
9.2.2.	Wohnen & Kleinverbraucher	84
9.2.3.	Öffentliche Einrichtungen	85
9.2.4.	Industrie & Großgewerbe	86
9.3.	Energie- und Treibhausgasbilanz 2040	88
9.4.	Entwicklung Nahwärme	89
9.5.	Zukünftige Versorgungsstruktur	90
9.6.	Entwicklung Erdgasnetz	91
9.7.	Ausblick Strom	92
9.8.	Vergleich der Kosten verschiedener Versorgungsfälle	93
9.8.1.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dezentrale Versorgung	93
9.8.2.	Bau von neuen Nahwärmenetzen	95
10.	Umsetzungsstrategie und Maßnahmen	96
11.	Literaturverzeichnis	101
12.	Hinweise	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnis der Eignungsprüfung für Schwaig b. Nürnberg.....	11
Abbildung 2: Wasserschutzgebiet (blaue Fläche) bei Schwaig b. Nürnberg. [5]	14
Abbildung 3: Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie in Schwaig. [5].....	15
Abbildung 4: Auszug aus dem Solarkataster des Landkreises Nürnberger Land in der Gemeinde Schwaig. [6]	16
Abbildung 5: Absoluter Flächenbedarf und Potenzialfläche für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen im Gemeindegebiet Schwaig b. Nürnberg. [7]	17
Abbildung 6: Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet Schwaig	20
Abbildung 7: Siedlungsentwicklung der Gemeinde Schwaig	21
Abbildung 8: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten	22
Abbildung 9: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen	23
Abbildung 10: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister	24
Abbildung 11: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken	25
Abbildung 12: Stromversorgungsnetze auf dem Gemeindegebiet	26
Abbildung 13: Kanalnetz mit Durchmesser größer 800 mm und Sammel-, Rückhalte- und Überlaufbecken	27
Abbildung 14: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher ...	31
Abbildung 15: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe	32
Abbildung 16: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen	33
Abbildung 17: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen	34
Abbildung 18: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen	34
Abbildung 19: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock	36
Abbildung 20: Jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche	37
Abbildung 21: Wärmelinien dichten am Beispiel des Ortsteils Schwaig südlich der Bahngleise	38
Abbildung 22: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen	39
Abbildung 23: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch	41
Abbildung 24: CO ₂ -Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen	41
Abbildung 25: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet	44
Abbildung 26: Wasserschutzgebietszonen in Schwaig	45
Abbildung 27: Boden- und Baudenkmäler in der Kernstadt	46
Abbildung 28: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [18]	47
Abbildung 29: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie	49
Abbildung 30: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen	50
Abbildung 31: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand	51
Abbildung 32: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Schwaig	52

Abbildung 33: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der im Landkreis Nürnberger Land und im Regierungsbezirk Mittelfranken	52
Abbildung 34: Potenzialanalyse Abwärme.....	54
Abbildung 35: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme	55
Abbildung 36: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik.....	56
Abbildung 37: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.....	58
Abbildung 38: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz	59
Abbildung 39: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom.....	60
Abbildung 40: Bewertungsmatrix zur Bestimmung von Wärmenetzeignungsgebieten.	61
Abbildung 41: Einteilung der Gemeinde Schwaig in Wärmenetzeignungsgebiete.....	63
Abbildung 42: Mögliches Wärmenetz um das Schloss Schwaig.	64
Abbildung 43: Benötigte Wärmeleistung des Quartiers (einschl. Verluste) in kW mit Jahresdauerlinie.....	65
Abbildung 44: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [34]	67
Abbildung 45: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger.....	69
Abbildung 46: Wärmebedarf und CO ₂ -Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet Schloss Schwaig bis zum Zieljahr 2040.	70
Abbildung 47: Mögliches Wärmenetz Haimendorfer Straße.	72
Abbildung 48: Benötigte Wärmeleistung (einschl. Verluste) des Quartiers in kW mit Jahresdauerlinie.....	73
Abbildung 49: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [34]	75
Abbildung 50: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger.....	78
Abbildung 51: Wärmebedarf und CO ₂ -Äq. Emissionen für das Wärmenetz Haimendorfer Straße.....	79
Abbildung 52: Thermischer Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppen bis 2040	81
Abbildung 53: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock 2030.....	81
Abbildung 54: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock 2040.....	82
Abbildung 55: Entwicklung des CO ₂ -Preises (Non-ETS) [18].....	83
Abbildung 56: Zielszenario der Energieträgerverteilung Wohnen & Kleinverbraucher	84
Abbildung 57: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen	86
Abbildung 58: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Raumwärme und Warmwasser Industrie & Großgewerbe.....	87
Abbildung 59: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040.....	88
Abbildung 60: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040.....	89
Abbildung 61: Entwicklung Nahwärme	90
Abbildung 62: Versorgungsstruktur in Schwaig in den Jahren 2030 und 2040.....	91
Abbildung 63: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der verschiedenen Heizungsvarianten	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfüllungsoptionen 65-Prozent-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen...	13
Tabelle 2: Datengrundlagen der Bestandsanalyse	18
Tabelle 3: Flächen nach Nutzungsart auf dem Gemeindegebiet der Gemeinde Schwaig [8].....	19
Tabelle 4: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister	24
Tabelle 5: Angenommene Leistung der einzelnen Energieträger.....	28
Tabelle 6: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher.....	31
Tabelle 7: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe.	31
Tabelle 8: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger	32
Tabelle 9: Kennwerte der Energiebilanz Wärme.....	35
Tabelle 10: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen.....	39
Tabelle 11: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug	40
Tabelle 12: CO ₂ -Äquivalente der Energieträger	40
Tabelle 13: Kennwerte der Treibhausgasbilanz.....	42
Tabelle 14: Datengrundlagen der Potenzialanalyse.....	43
Tabelle 15: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie.....	48
Tabelle 16: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen	50
Tabelle 17: Potenzial Biomasse	51
Tabelle 18: Potenzialanalyse Abwärme.....	53
Tabelle 19: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik	56
Tabelle 20: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen.....	57
Tabelle 21: Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.	57
Tabelle 22: Kategorien Einstufung Wärmenetzeignung	62
Tabelle 23: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude	65
Tabelle 24: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	67
Tabelle 25: Preiskomponenten für Kostenschätzung	68
Tabelle 26: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung	68
Tabelle 27: Ergebnisse Simulation Wärmenetz	69
Tabelle 28: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude	73
Tabelle 29: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	75
Tabelle 30: Preiskomponenten für Kostenschätzung	76
Tabelle 31: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung	76
Tabelle 32: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Haimendorfer Straße Geothermie und Biogas.....	77
Tabelle 33: Umsetzungsmaßnahmen Gemeinde Schwaig b. Nürnberg.....	97
Tabelle 34: Legende für Maßnahmenkatalog in Anlehnung an [52] [33]	98

2. Eignungsprüfung

2.1. Ausgangslage

2.1.1. Gesetzliche Vorgaben

Um den aktuell in der Erstellung befindlichen kommunalen Wärmeplan der Gemeinde Schwaig b. Nürnberg mit den künftigen Anforderungen an eine Wärmeplanung zu versehen, werden die Vorgaben des seit dem 01.01.2024 in Kraft getretenen Wärmeplanungsgesetzes (WPG) mitberücksichtigt. Daher wird zu Beginn der Planung die Gemeinde auf Teilgebiete geprüft, bei welchen eine Wärmeversorgung durch ein Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht in Frage kommt (§14 WPG).

Falls für ein Teilgebiet eine leitungsgebundene Versorgung ausgeschlossen wird, kann eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden, außer es handelt sich um ein Gebiet mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial (§18 Absatz 5 WPG). Dazu zählen Sanierungsgebiete (§136 Baugesetzbuch) und Gebiete mit einem hohen Anteil an Gebäuden mit einem hohen spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme.

Alle fünf Jahre, aber spätestens bis Ende 2030, soll der Wärmeplan fortgeschrieben werden (§25 WPG). Im Zuge der Fortschreibung werden die Teilgebiete erneut auf eine leitungsgebundene Wärmeversorgung überprüft.

Für Bürgerinnen und Bürger, die in einem Teilgebiet mit einer verkürzten Wärmeplanung wohnen, ist anzunehmen, dass sie sich in Zukunft eigenständig um die Einhaltung der 65-Prozent-Regelung (§71 Absatz 1 Gebäudeenergiegesetz) kümmern müssen.

Laut dem Antragsentwurf zu einem Wasserstoff-Kernnetz der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. soll das zukünftige Wasserstoff-Kernnetz 2032 durch den Landkreis Nürnberger Land verlaufen [1]. Laut dem Netzbetreiber N-ERGIE Netz GmbH wird die Priorität bei der Versorgung mit Wasserstoff zuerst auf der energieintensiven Industrie und den Kraftwerken liegen. Ob auch eine Versorgung von privaten Haushalten möglich ist, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht festsetzen, aber als in der ersten Stufe des Markthochlaufs als unwahrscheinlich einstufen. In einem Rechtsgutachten der Rechtsanwälte Günther für das Umweltinstitut München wird dargelegt, dass eine Wärmeplanung, die bis Mitte 2026 bzw. 2028 fertiggestellt werden muss, bei der aktuellen Sachlage nicht von einer Geeignetheit der Wasserstoffplanung für Haushalte ausgehen kann [2]. Aus diesem Grund wird in diesem Wärmeplan die Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes über darüberliegende Netzebenen als nicht sichergestellt eingeordnet (§71k Absatz 3 Gebäudeenergiegesetz). Dies kann sich in Zukunft ändern und ist bei der nächsten Fortschreibung des Wärmeplans zu berücksichtigen. Zudem ist aufgrund der Umwandlungsverluste und Verfügbarkeit der Einsatz von Wasserstoff zur Bereitstellung von Raumwärme als kritisch zu sehen.

2.1.2. Ergebnis der Eignungsprüfung

Da in der Schwaig b. Nürnberg keine Ortsteile außerhalb des Kernortes vorhanden sind, kommt kein Gebiet der Gemeinde für eine verkürzte Wärmeplanung in Frage. Abbildung 1 zeigt das betrachtete Gebiet in der Gemeinde Schwaig auf.

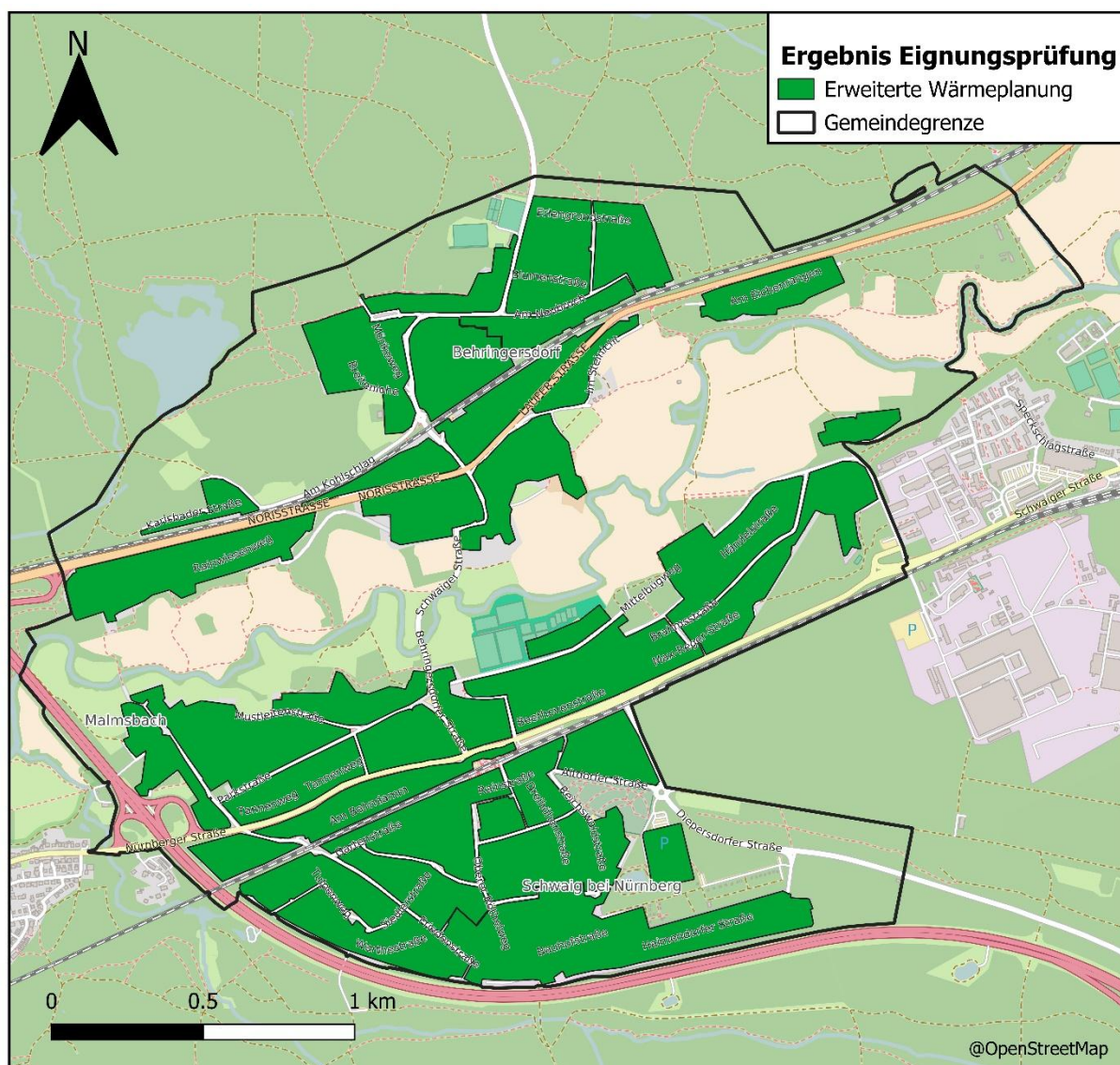


Abbildung 1: Ergebnis der Eignungsprüfung für Schwaig b. Nürnberg

2.2. Weiteres Vorgehen

2.2.1. Erweiterte Wärmeplanung

Für eine erweiterte kommunale Wärmeplanung ist eine detaillierte Bestands- und Potenzialanalyse vorgesehen. Ein gebäudescharfes Wärmekataster wird erstellt und potenzielle Quellen von Wärme aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme ermittelt. Die Gemeinde wird in Wärmeversorgungsgebiete mit zentraler oder dezentraler Wärmeversorgung eingeteilt. Dadurch werden der Kommune Empfehlungen gegeben, in bestimmten Gebieten eine tiefgreifendere Analyse zu einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung durchzuführen. Unter Berücksichtigung des Zieljahres 2040 wird schrittweise ein Fahrplan aufgezeigt, wie die Gemeinde Schwaig b. Nürnberg klimaneutral werden kann. Weiterhin werden erste Umsetzungsmaßnahmen skizziert und zwei Fokusgebiete genauer untersucht und damit die nächsten Schritte für die Kommune nach Beendigung der Wärmeplanung aufgezeigt.

2.2.2. Verkürzte Wärmeplanung

Eine verkürzte Wärmeplanung beinhaltet keine detaillierte Bestands- und Potenzialanalyse. Das Teilgebiet wird als voraussichtliches Gebiet für eine dezentrale Wärmeversorgung eingeordnet. Lediglich sind Potenziale zu ermitteln, die für eine dezentrale Wärmeversorgung in Betracht kommen. Bei der nächsten Fortschreibung des Wärmeplans wird erneut jedes Teilgebiet auf eine zentrale Wärmeversorgung untersucht. Gegebenenfalls haben sich ein oder mehrere Kriterien geändert, was dann auf ein anderes Ergebnis schließen lässt. Für Bürgerinnen und Bürger ist jedoch derweil davon auszugehen, dass sich in Teilgebieten einer verkürzten Wärmeplanung eigenständig um die Einhaltung der 65-Prozent-Regelung nach dem Gebäudeenergiegesetz gekümmert werden muss. Im nachfolgenden Kapitel werden die Möglichkeiten der zukünftigen dezentralen Wärmeversorgung sowie die Potenziale erneuerbarer Energien auf dem Gemeindegebiet aufgezeigt.

Zu erwähnen ist, dass die Einordnung eines Teilgebietes als Gebiet mit verkürzter Wärmeplanung auf Abschätzungen anhand von groben Wärmebedarfs- und Wärmepotenzialwerten beruht. Das bedeutet, dass die Umsetzung eines Wärmenetzes auch bei verkürzter Wärmeplanung nicht kategorisch auszuschließen ist. Jedoch benötigt es für eine mögliche Umsetzung die Initiative und die Ambitionen der Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer, ein Wärmenetz möglicherweise im Rahmen einer Genossenschaft zu errichten und zu betreiben.

Die nachfolgende Ausführung über Potentiale erneuerbarer Energien sind auch relevant für Gebiete, für die eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt wird und die für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung als voraussichtlich nicht geeignet eingestuft werden.

2.3. Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung

Jedes Gebäude ist individuell und bedarf daher einer Einzelbetrachtung. Im Folgenden werden Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung aufgezeigt, es handelt sich jedoch um eine generelle Aufzählung und dient nur der ersten Einschätzung. Für tiefergehende Empfehlungen ist eine Energieberatung notwendig.

2.3.1. Energetische Sanierung

Grundsätzlich ist zu empfehlen, vor dem Heizungstausch eine Energieberatung durchführen zu lassen. Diese wird staatlich bezuschusst (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [3]). Eine Energieberatung für ein Einfamilienhaus wird derzeit (Oktober 2024) mit 50 Prozent (max. 650 €) gefördert (da Änderungen möglich sind, sollten die aktuell geltenden Förderbedingungen vor Beantragung geprüft werden). In den meisten Fällen wird eine (Teil-) Sanierung vor dem Austausch der Heizung vorgeschlagen.

2.3.2. Erfüllungsoptionen der 65-Prozent-Regelung nach GEG

Ab dem 01.07.2028 werden in Schwaig die Regelungen der Gebäudeenergiegesetz-Novelle (GEG) vom 01.01.2024 in Kraft treten. Diese beinhaltet u.a. die 65-Prozent-Regelung für neue Heizungen. Dies bedeutet, dass neu eingebaute Heizungen mindestens 65 Prozent ihrer Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme bereitstellen müssen (§71 Absatz 1 GEG). Tabelle 1 listet die Erfüllungsoptionen für dezentrale Heizungen auf. Bei Unklarheiten zwecks der genauen eigenen Versorgungsoptionen sollte eine individuelle Beratung durchgeführt werden.

Tabelle 1: Erfüllungsoptionen 65-Prozent-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen

Technologie	Anmerkung
Wärmepumpe	Bei vollständiger Deckung des Wärmebedarfs. Sole-Wasser, Wasser-Wasser, Luft-Wasser, Luft-Luft.
Stromdirektheizung	Sehr hohe Anforderung an baulichen Wärmeschutz.
Solarthermische Anlage	Deckungsanteil von 65 Prozent in der Regel nicht möglich. Ergänzung von weiteren erneuerbaren Energien nötig.
Feste Biomasse	Aufgrund begrenzter Verfügbarkeit nur für bestimmte Anwendungsfälle zu empfehlen (siehe Kapitel 2.3.3).
Wärmepumpen-Hybridheizung	Wärmepumpe im Vorrangbetrieb. Fossile Spitzenlasterzeuger müssen Brennwertkessel sein.
Solarthermie-Hybridheizung	Mindestaperturfläche beachten. Anteil ergänzender Brennstoff mind. 60 Prozent Biomasse oder grüner oder blauer Wasserstoff.
Gas- und Ölheizung	Vor 01.07.2028 Einbau neuer Anlagen weiterhin erlaubt. Ab 2029 steigender Anteil an bereitgestellter Wärme aus Biomasse oder grünem oder blauem Wasserstoff notwendig. Beratungspflicht vor Einbau.

Die oben stehenden Technologien erfüllen die Anforderungen der 65-Prozent-Regelung des GEG automatisch (vereinfachtes Verfahren im Bestand). Kommt eine anderweitige Konstellation an Wärmeerzeugern zum Einsatz, ist der voraussichtliche Anteil erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung durch Berechnung zu bestimmen. Hierbei wird softwarebasiert ein Modell des zu betrachtenden Gebäudes erstellt sowie ein Profil des Wärmebedarfs ermittelt. Dies ist von einer Fachkraft durchzuführen. Weitere erste Informationen enthält die Broschüre „Novelle des GEG auf einen Blick“ der Bundesregierung [4].

2.3.3. Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung

Geothermie:

Erdwärme stellt ein großes Potenzial der zukünftigen Wärmeversorgung dar. Mittels einer Wärmepumpe können die niedrigen Bodentemperaturen auf Raumheizungsniveau gebracht werden. Die höheren Temperaturen des Erdreiches gegenüber der Außenluft im Winter reduzieren die nötige Strommenge einer erdwärmebetriebenen Wärmepumpe gegenüber einer Luft-Wärmepumpe. Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kann auf drei verschiedene Arten genutzt werden. Erdwärmekollektoren werden flächendeckend direkt unter der Oberfläche eingebracht. Für Erdwärmesonden werden vertikale Bohrungen durchgeführt (50 – 300 m Tiefe). Bei Grundwasserwärmepumpen wird Grundwasser gefördert und ausgekühlt. Im Umwelt-Atlas des Bayerischen Landesamt für Umwelt [5] können für jedes Grundstück in der Gemeinde Schwaig erste Informationen zur möglichen Nutzung von Geothermie gefunden werden (siehe Abbildung 3). In manchen Fällen muss eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde oder einen privaten Fachgutachter durchgeführt werden.

Da sich das gesamte Gemeindegebiet in einem Wasserschutzgebiet befindet [5], ist die Nutzung oberflächennaher Geothermie leider in Schwaig schwer zu realisieren (siehe Abbildung 2). In Einzelfällen können Anlagen auch in einem Wasserschutzgebiet genehmigt werden, dies muss jedoch individuell geprüft und beantragt werden.

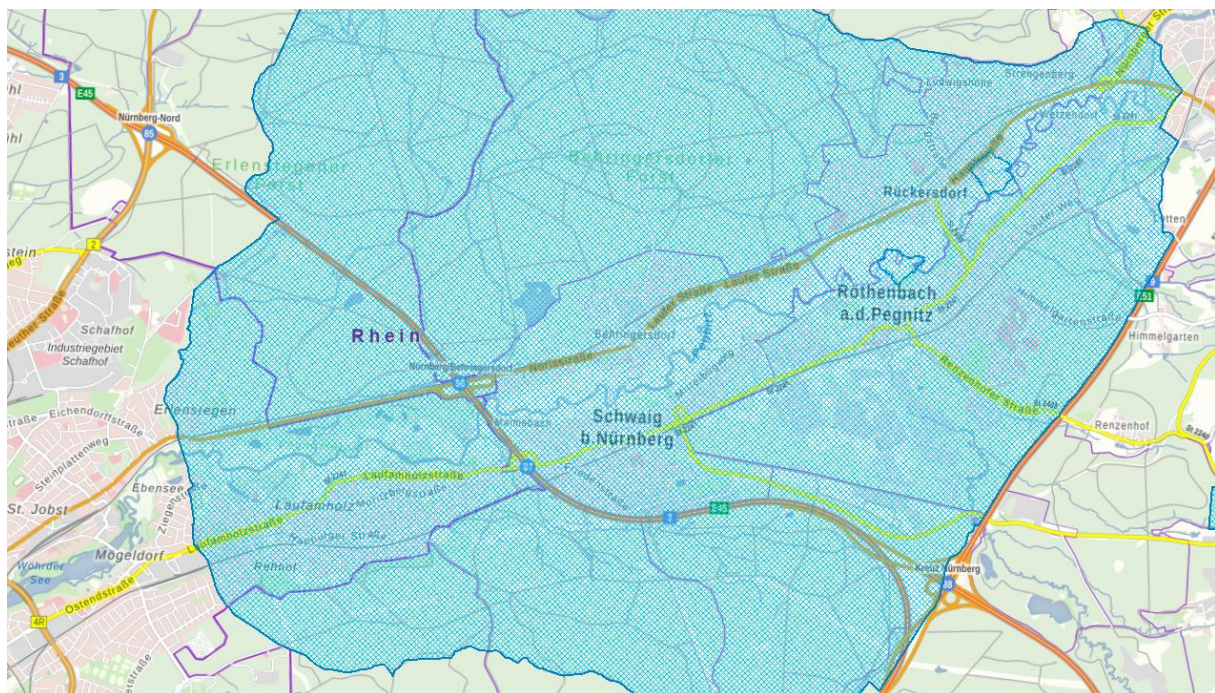
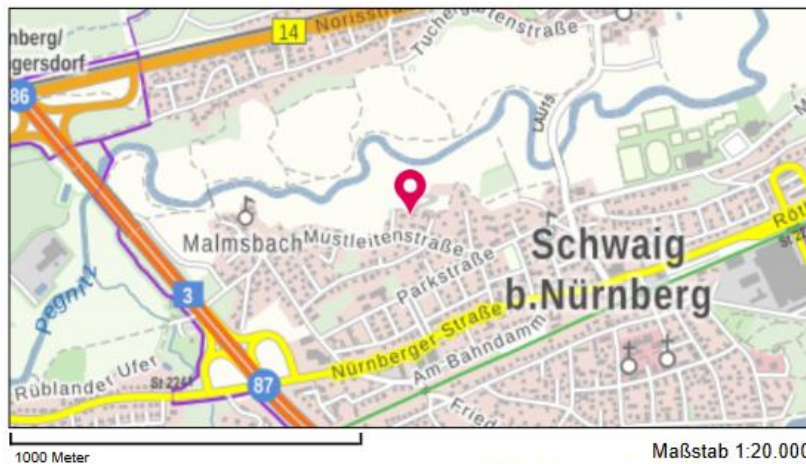


Abbildung 2: Wasserschutzgebiet (blaue Fläche) bei Schwaig b. Nürnberg. [5]

Standortauskunft Erdwärmekollektoren



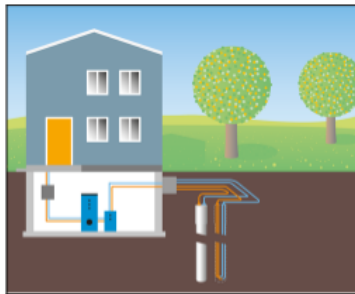
[UmweltAtlas Bayern: Angewandte Geologie](#)

📍 Schwaig b. Nürnberg
UTM-Koordinaten (Zone 32):
Ostwert: 658.796
Nordwert: 5.482.427

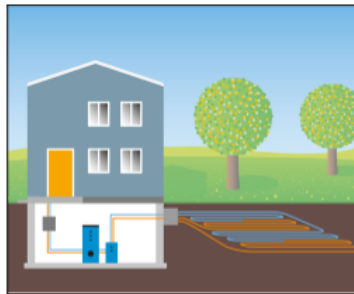


Ersteinschätzung für oberflächennahe Entzugssysteme am Standort

Erdwärmesonde:
nicht möglich



Erdwärmekollektor:
nicht möglich



Grundwasserwärmepumpe:
nicht möglich

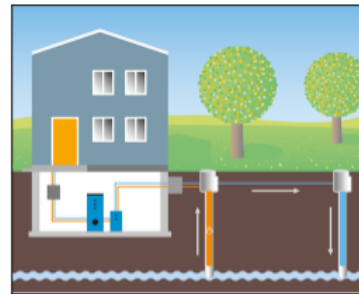


Abbildung 3: Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie in Schwaig. [5]

Solarenergie:

Photovoltaik und Solarthermie können eine finanziell rentable Ergänzung zur Strom- und Wärmeversorgung sein. Mit Hilfe des Solarpotenzialkatasters des Landkreises Nürnberger Land [6] können erste Abschätzungen zur Wirtschaftlichkeit einer PV- oder Solarthermie-Anlage auf jedem Haus gemacht werden (siehe Abbildung 4).

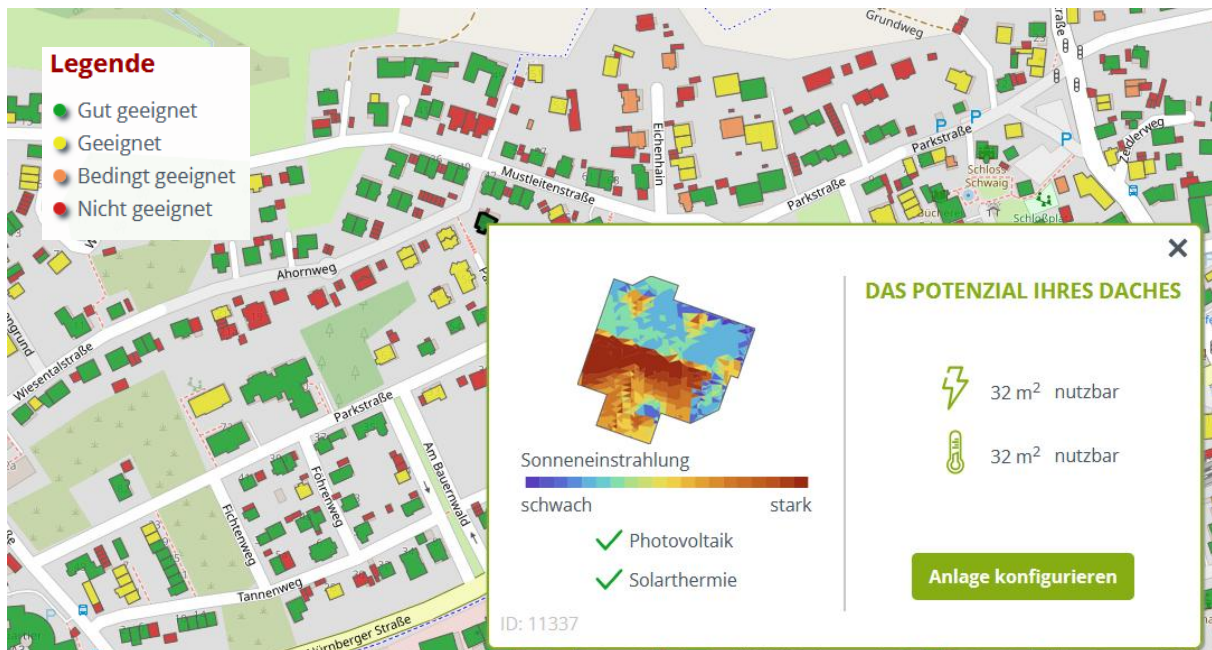


Abbildung 4: Auszug aus dem Solarkataster des Landkreises Nürnberger Land in der Gemeinde Schwaig. [6]

Feste Biomasse:

Heizungsanlagen zur Nutzung fester Biomasse erfüllen die 65-Prozent-Regelung des GEG, wenn sie der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen entsprechen. Allerdings ist es bei der Wärmebereitstellung auf Basis der Verbrennung von Biomasse grundsätzlich essenziell, die Ressource ausschließlich in nachwachsendem Ausmaß sowie durch regionalen Bezug zum Einsatz zu bringen. Als zur Verfügung stehendes Potenzial kann dabei der jährliche Aufwuchs innerhalb des Gemeindegebiets betrachtet werden. Für eine nachhaltige energetische Verwertung von Holz können fünf Grundregeln herangezogen werden:

- Vermeidung von Energieverbrauch (Dämmung)
- Verhältnismäßige Ertüchtigung bestehender Wärmeverteilsystemen in Gebäuden (Vergrößerung von Heizkörpern im Bestand, Großflächige Wärmeübertragung im Neubau, Hydraulischer Abgleich)
- Grundsätzlich: Bevorzugung verbrennungsfreier Energieerzeugung
- Vorrang stofflicher Verwertung von Holz (falls möglich)
- Nutzung effizienter und emissionsarmer Anlagen für die Verbrennung von Holz

Werden diese Grundregeln beachtet und besteht aufgrund der Rahmenbedingungen vor Ort keine Möglichkeit auf eine verbrennungsfreie Wärmebereitstellung zurückzugreifen, kann der regionale Bezug von Waldresthölzern und Koppelprodukten des holzverarbeitenden Gewerbes als nachhaltig betrachtet werden.

Die Technologie der Holzvergasung bietet die Möglichkeit die thermische Verwertung von Holz mit der Kraft-Wärme-Kopplung zu verbinden und so neben Wärme auch Strom bereitzustellen. Einen Nachteil dieser Technologie stellen die miteinhergehenden Anforderungen an den eingesetzten Brennstoff dar. Um einen stabilen parallelen Prozess der Verbrennung und Vergasung innerhalb des Reaktors sicherzustellen, sind durch den Brennstoff in jedem Fall gewisse Grenzwerte der Stückigkeit, des Feingutanteils, des Fremdanteils und des Wassergehalts einzuhalten. Diesen Anforderungen steht der Vorrang der stofflichen Verwertung qualitativ

hochwertiger Hölzer gegenüber, welche so als Ersatz für energieintensive Baustoffe und gleichzeitig als Kohlenstoffsенke dienen. Noch schwerwiegender ist dieser Gegensatz bei der gezielten Holzernte für die Produktion von Holz-Pellets, an deren Ausgangsmaterial ebenfalls entsprechende Anforderungen gestellt werden. Des Weiteren ist beim Einsatz von Holzpellets vor dem Hintergrund zentralisierter Produktionsstätten der Aspekt des regionalen Bezugs in Frage zu stellen.

Abbildung 5 zeigt den absoluten Flächenbedarf von Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen (grünes Rechteck) für das Gemeindegebiet von Schwaig b. Nürnberg (rote Fläche). Mit Biomasse ist hier ausschließlich Holz gemeint (Waldholz, Industrie(rest)holz, Sägenebenprodukte, Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Flur- und Siedlungsholz). Diese Graphik entstammt dem Energie-Atlas-Bayern [7] und basiert auf statistischen Berechnungen der aktuellen Wärmeversorgung. Das gepunktete grüne Rechteck zeigt die Potenzialfläche der Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen in dem Gemeindegebiet auf. Es ist zu erkennen, dass bereits jetzt die Bedarfsfläche für Biomasse die Größe der Potenzialfläche überschritten hat. Wenn in Zukunft Gas und Öl in großem Maße von Biomasse als Energieträger zum Heizen ersetzt werden, wird der Bedarf das Potential noch weiter übersteigen. Dadurch wird deutlich, dass die Verbrennung von Biomasse im Gemeindegebiet nur unter Sicherstellung der genannten Kriterien erweitert werden sollte.

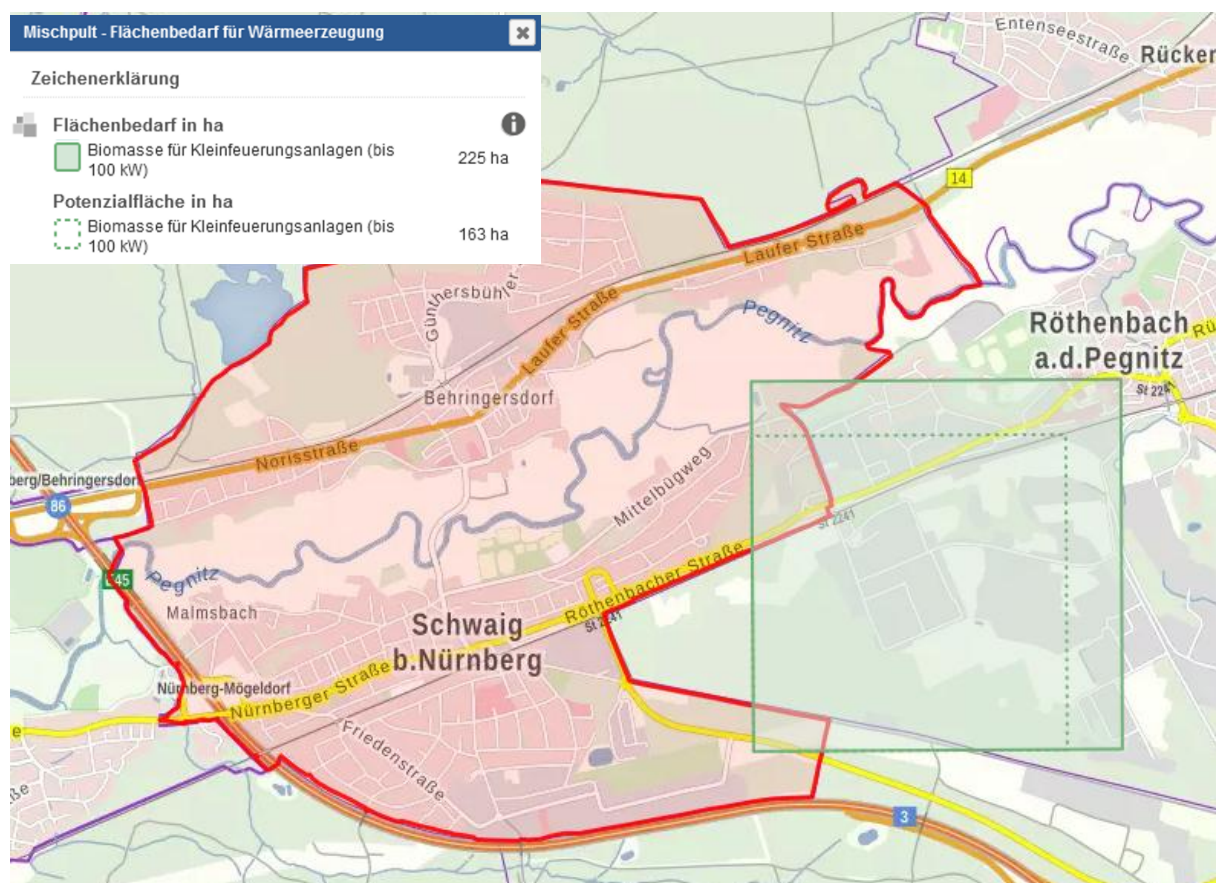


Abbildung 5: Absoluter Flächenbedarf und Potenzialfläche für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen im Gemeindegebiet Schwaig b. Nürnberg. [7]

3. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden die aktuelle Energieversorgung, die dazugehörige Infrastruktur und die bestehenden Energieerzeugungsanlagen untersucht. Zudem wird eine Treibhausgasbilanz für die Sektoren Wärme und Strom erstellt.

3.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen

In diesem vorgelagerten Kapitel werden die Datengrundlagen der Bestandsanalyse sowie die Einteilung der Verbrauchergruppen dargestellt und genauer erläutert.

3.1.1. Datengrundlagen

Für die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung sind Daten externer Akteure eine Grundvoraussetzung. In Tabelle 2 sind tabellarisch die Quellen der jeweiligen Daten für die verschiedenen Abschnitte der Bestandsanalyse aufgelistet.

Tabelle 2: Datengrundlagen der Bestandsanalyse

Kapitel	Datengrundlage
Gebäude- und Siedlungsstruktur	ALKIS, Gemeinde Schwaig
Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	Marktstammdatenregister, Energie-Atlas Bayern, N-ERGIE AG, N-ERGIE Netz GmbH, lokale Akteure
Wärmeerzeugung	Kehrbuchdaten Schwaig, N-ERGIE Netz GmbH, Gemeinde Schwaig
Energiebilanz Wärme	Energie-Atlas Bayern, Kehrbuchdaten Gemeinde Schwaig, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Gemeinde Schwaig, N-ERGIE Netz GmbH
Energiebilanz Strombezug	N-ERGIE Netz GmbH, Gemeinde Schwaig
Treibhausgasbilanz Wärme und Strom	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH u.a.
Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene	Wärmekataster des digitalen Energienutzungsplans des Landkreises Nürnberger Land, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Fragebogen an die Bürgerinnen und Bürger

3.1.2. Verbrauchergruppen

Die Verbraucher auf dem Gemeindegebiet Schwaig werden im Zuge der Bestandsanalyse in drei Verbrauchergruppen eingeteilt:

- Wohnen & Kleinverbraucher
- Industrie & Großgewerbe
- Öffentliche Einrichtungen

Diese Unterteilung geht auf die von den Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Daten zurück. Die tatsächlichen Verbrauchswerte für Strom und Gas werden in Großkunden und Jahreskunden aufgeteilt. Somit sind Industrie & Großgewerbe separat aufgelistet und lassen sich von privaten Haushalten und kleineren Gewerbebetrieben unterscheiden. Die möglichen Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors sind bei Kleingewerbe und privaten Haushalten miteinander vergleichbar, da hier die Wärmeverbräuche in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Die Daten der Verbrauchergruppe Öffentliche Einrichtungen

basieren auf tatsächlichen Verbräuchen und lassen sich somit von den anderen beiden Verbrauchergruppen differenzieren. Die Abgrenzung dieser Verbrauchergruppe ist außerdem sinnvoll, da der Kommune bei eigenen Gebäuden und öffentlichen Verbrauchern andere Handlungsmöglichkeiten als den privaten Verbrauchern zur Verfügung stehen.

Unter Öffentlichen Einrichtungen werden grundsätzlich alle Gebäude und Infrastruktur zusammengefasst, die sich im Eigentum der Kommune, des Landes oder des Bundes befinden. In Schwaig werden nur kommunale Liegenschaften untersucht. Dazu gehören auch im Eigentum der Gemeinde befindliche Wohnhäuser, Ampelanlagen und Abwasser-Infrastruktur.

Die Kategorie Wohnen & Kleinverbraucher umfasst neben privaten Haushalten und Kleingewerbe auch Wohn- und Pflegeheime, private Schulen und kirchliche Einrichtungen.

3.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die Flächennutzung und die Siedlungsstruktur auf dem Gemeindegebiet Schwaig untersucht. Diese Daten sind für die Abschätzung des Wärmebedarfs sowie für die Potenzialanalyse von Bedeutung.

3.2.1. Flächennutzung

Durch Auswertung der von der Kommune zur Verfügung gestellten ALKIS-Daten wird ein Überblick über die Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet geschaffen. Abbildung 6 zeigt kartografisch die Flächennutzung im Gemeindegebiet.

Wald und Landwirtschaft nehmen zusammen etwa ein Drittel der Fläche ein. Der Rest der Fläche wird überwiegend für Siedlung und Verkehr genutzt. In Tabelle 3 sind die Flächen nach Nutzungsart in Hektar und prozentual zum gesamten Stadtgebiet aufgelistet.

Tabelle 3: Flächen nach Nutzungsart auf dem Gemeindegebiet der Gemeinde Schwaig [8]

Nutzungsart	Fläche [ha]	Fläche [%]
Wald	100	16,9
Landwirtschaft	109	18,5
Siedlungs- und Verkehrsfläche	327	55,4
Sonstiges Gebiet	54	9,2
Gesamtes Gebiet	590	100

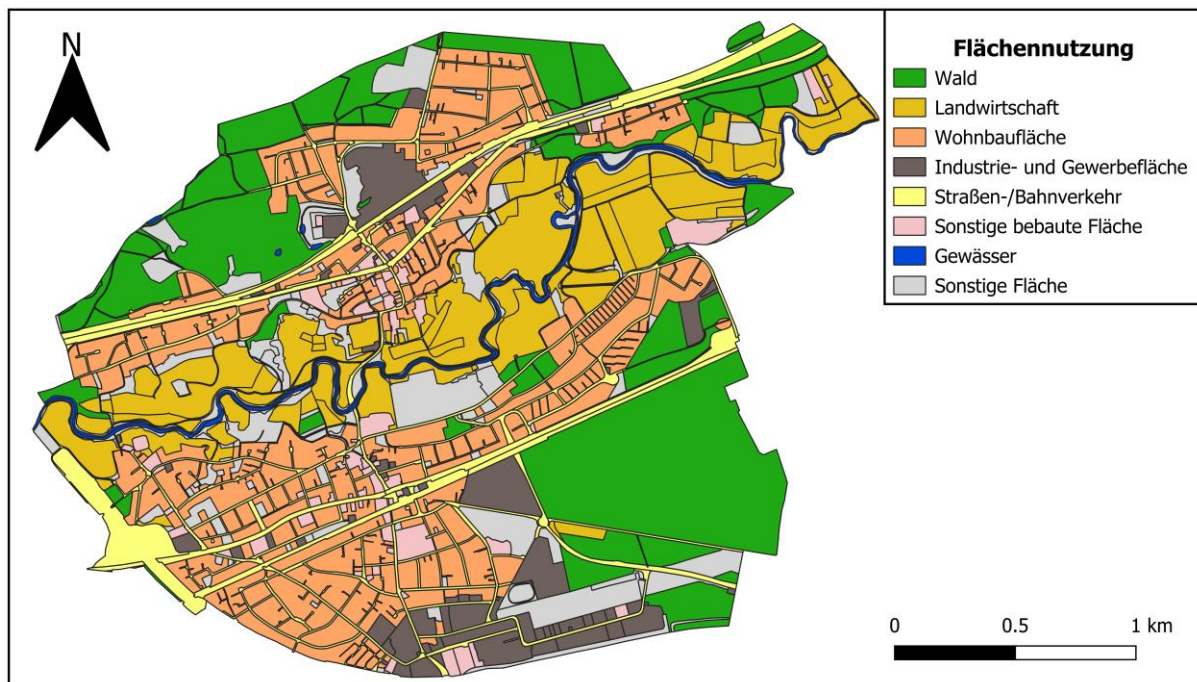


Abbildung 6: Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet Schwaig

3.2.2. Siedlungsstruktur

In Abbildung 7 ist die Siedlungsentwicklung der Gemeinde Schwaig aufgezeigt [9]. Die Ortskerne stammen aus der Zeit vor 1948. Darüber hinaus sind große Teile der Wohngebiete im Zeitraum von 1949 bis 1978 entstanden. Weite Teile der Industrie wurden in den 1980er- und 1990er-Jahren gebaut.

Zum Zwecke des Datenschutzes und der besseren Veranschaulichung wird das bebaute Gebiet in kleinere Baublöcke eingeteilt. Die Einteilung verläuft größtenteils entlang von Straßen und Schienen oder natürlichen Grenzen, wie zum Beispiel der Pegnitz. Es wird versucht, möglichst Gebiete mit gleicher Größe zu definieren. Bei Industrie und verwinkelten Bebauungsgebieten kann dies abweichen.

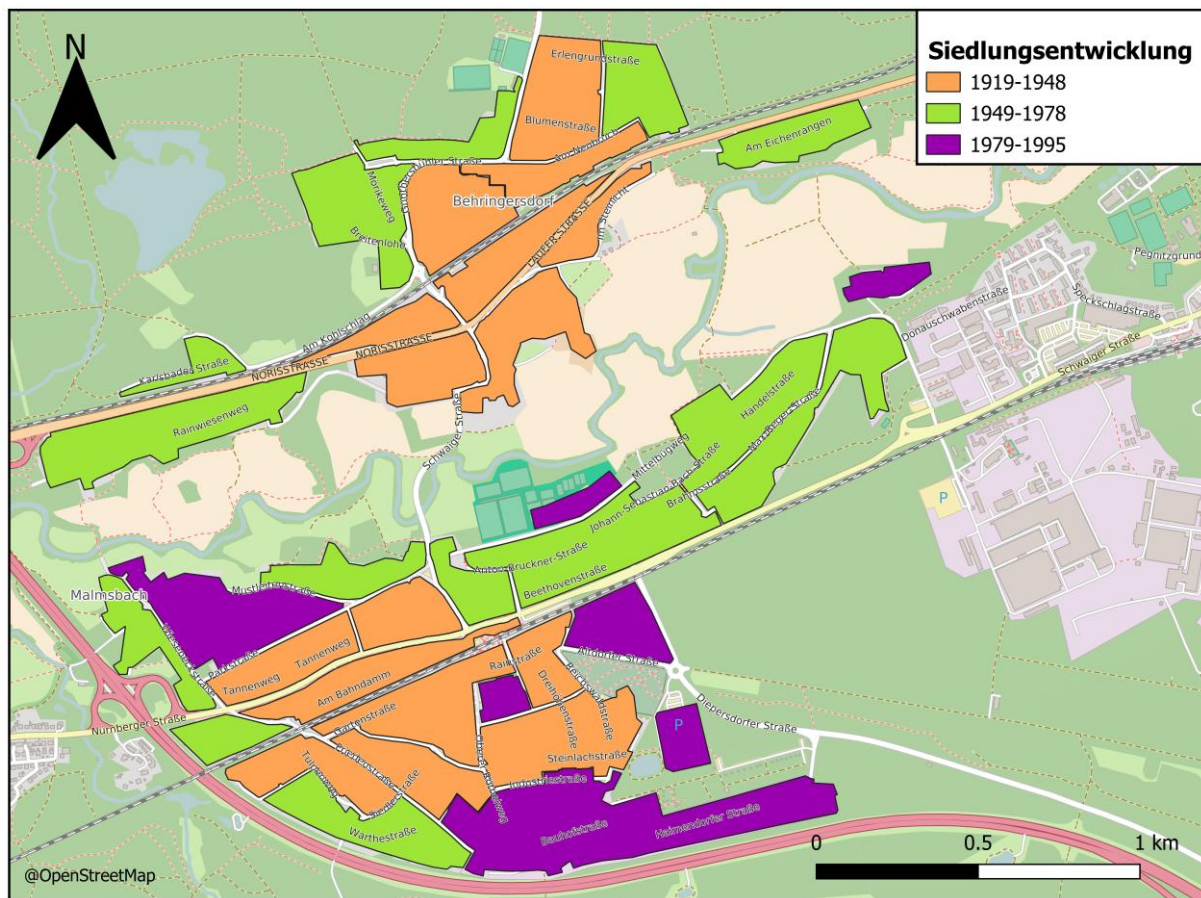


Abbildung 7: Siedlungsentwicklung der Gemeinde Schwaig

In Abbildung 8 sind die Nutzungsarten der Gebäude nach den drei Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher, Industrie & Großgewerbe sowie Öffentliche Einrichtungen dargestellt. In einigen Gebieten überlagern sich die Nutzergruppen. Die Industrie konzentriert sich vor allem auf drei Gebiete, zwei im Ortsteil Schwaig und eines im Ortsteil Behringersdorf. An der Diepersdorfer Straße befindet sich darüber hinaus ein Gewerbegebiet mit mehreren großen Supermärkten und Geschäften. Ansonsten besteht die Gemeinde vor allem aus Wohngebieten durchzogen von Gewerbe und öffentlichen Einrichtungen.

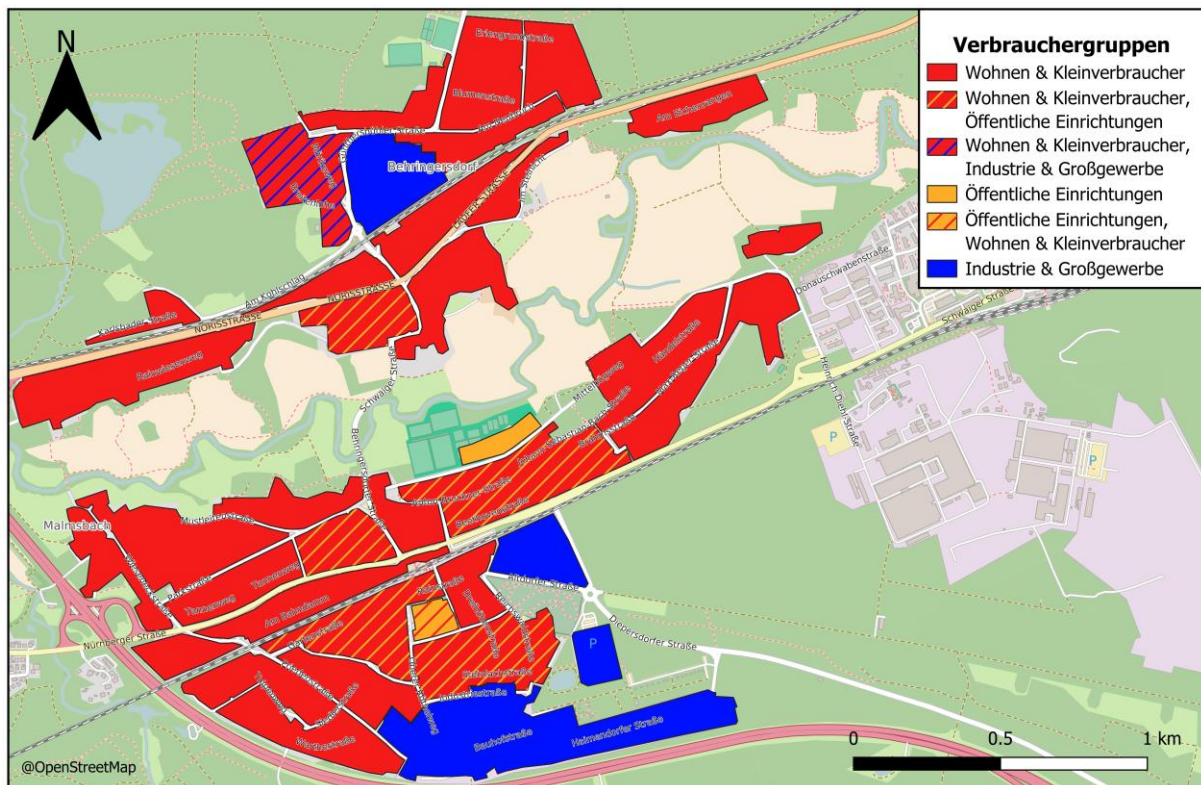


Abbildung 8: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten

3.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze

Für die Potenzialanalyse sowie die Planung der zukünftigen Energieversorgung ist die Beschreibung der Ist-Situation der erste Schritt. Daher werden im folgenden Kapitel die auf dem Gemeindegebiet bestehenden Energieerzeugungsanlagen sowie die Energieinfrastruktur untersucht.

3.3.1. Energieerzeugungsanlagen

Die Bestandsanalyse zu Energieerzeugungsanlagen basiert auf den Daten des Marktstammdatenregisters [10] für den Sektor Strom sowie des Energie-Atlas Bayern [7]. Zentrale Wärme-erzeugungsanlagen, welche in ein Wärmenetz einspeisen, gibt es in Schwaig nicht. Die größten Stromerzeugungsanlagen mit einer Leistung von größer als 30 kW sind in Abbildung 9 eingezeichnet.

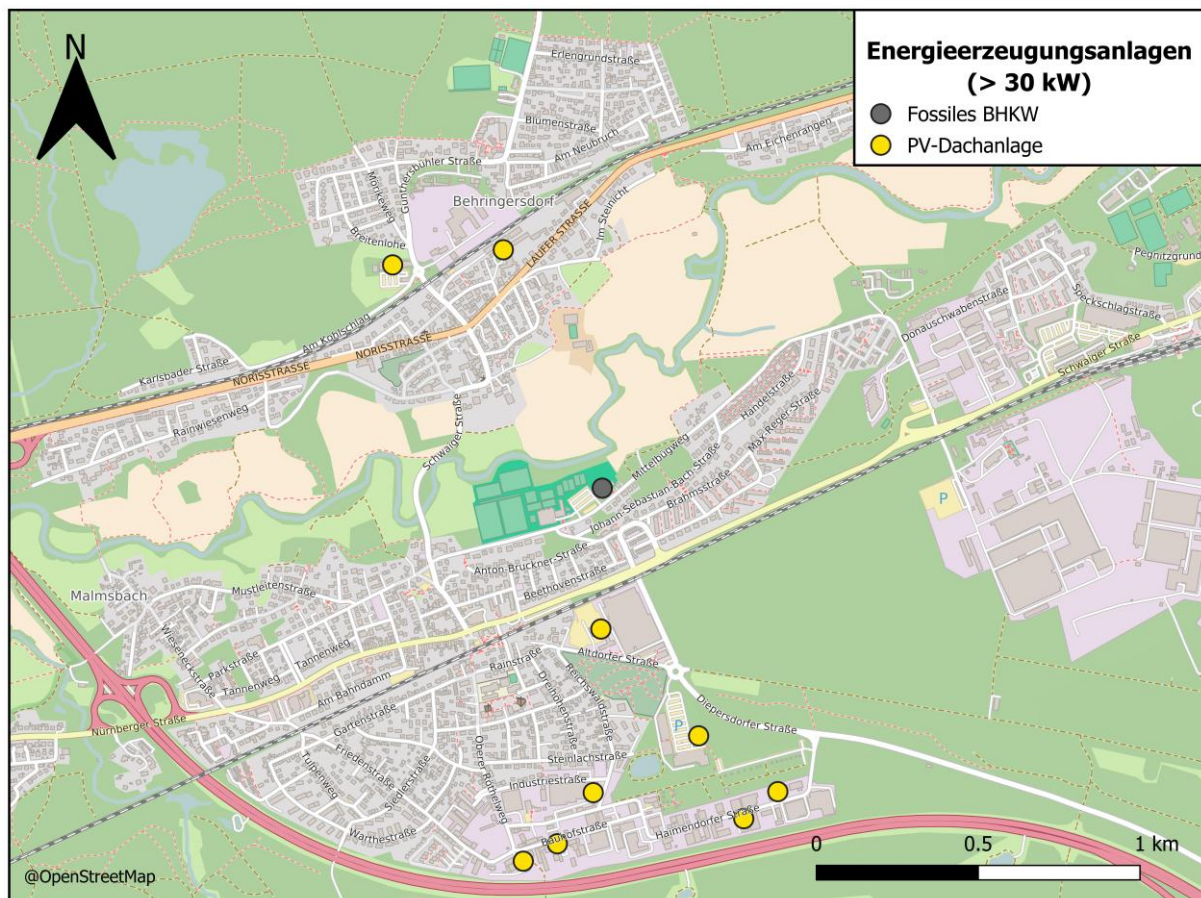


Abbildung 9: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen

Auf dem Gemeindegebiet sind ca. 460 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 4,63 MW installiert. Dabei handelt es sich um Aufdachanlagen auf Wohn- und Industriegebäuden oder Balkonsolaranlagen. Bis auf wenige Ausnahmen beträgt die installierte Leistung pro Anlage weniger als 30 kWp. Freiflächenanlagen sind in Schwaig keine vorhanden, auch Biomasse wird nicht zur Stromerzeugung verwendet. Es gibt insgesamt 9 kleine fossile Stromerzeugungsanlagen, teils in Verbindung mit Kraft-Wärmekopplung mit einer gesamten elektrischen Leistung von 0,2 MW und einer thermischen Leistung von 0,41 MW. Die Größte wird zur Beheizung des Hallenbads genutzt, hier werden 8.000 Vollbenutzungsstunden angesetzt. Bei den anderen Anlagen wird davon ausgegangen, dass sie überwiegend zu Heizzwecken genutzt werden und daher 1.500 Vollbenutzungsstunden aufweisen.

Tabelle 4 listet die elektrische Leistung und die jährlich erzeugte Strommenge aller Energieerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister auf. Aufgrund der höheren Volllaststundenzahl erzeugen die kleinen fossilen Blockheizkraftwerke trotz der geringen installierten Leistung eine vergleichsweise hohe Strommenge.

Tabelle 4: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister

Erzeugungsart	Thermische Leistung [MW]	Erzeugte Wärme- menge [MWh/a]	Elektrische Leistung [MW]	Erzeugte Strom- menge [MWh/a]
Photovoltaik	-	-	4,63	4.403
Biomasse	-	-	-	-
Wasserkraft	-	-	-	-
Fossile Energieträger	0,41	1,69	0,20	1.069
Strom- speicher	-	-	1,05	-

Abbildung 10 zeigt graphisch die installierte elektrische Leistung und den anhand von exemplarischen Vollaststunden berechneten elektrischen Ertrag auf dem Gebiet der Gemeinde Schwaig. Photovoltaik macht mit großem Abstand den Hauptanteil der erzeugten Strommenge aus.

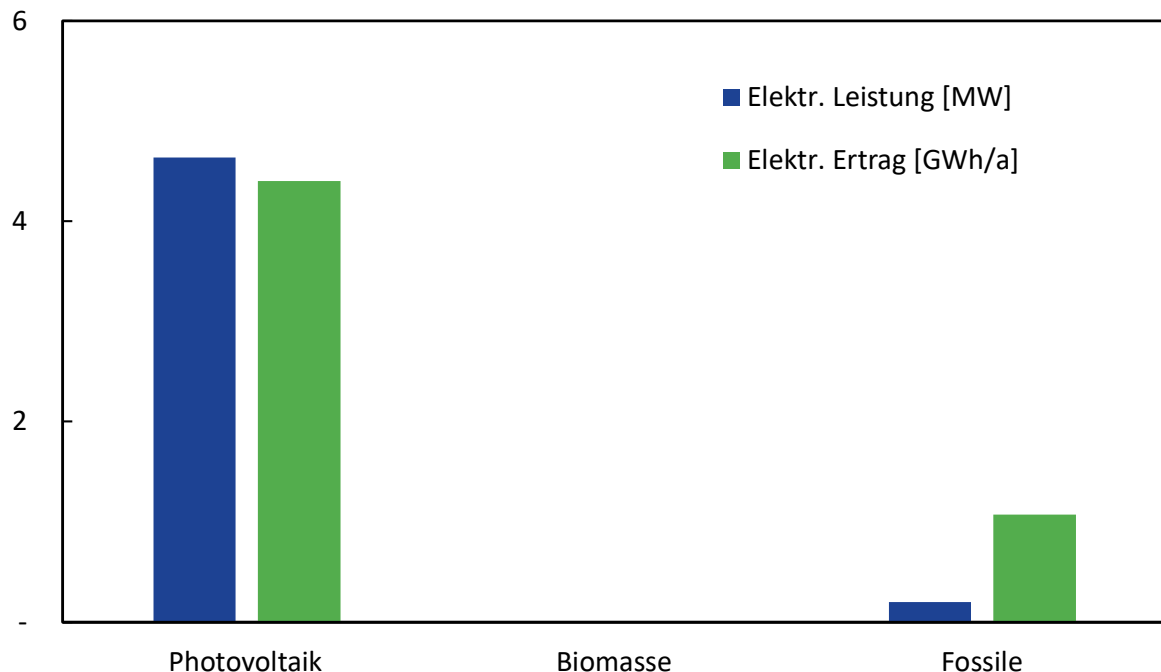


Abbildung 10: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister

3.3.2. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung eines Gebäudes kann laut Wärmeplanungsgesetz zentral oder dezentral erfolgen. Eine zentrale Wärmeversorgung liegt vor, wenn ein Gebäude entweder an einem Wärme- oder einem Gasnetz angeschlossen ist. Falls keine leitungsgebundene Energieversorgung vorhanden ist, handelt es sich um eine dezentrale Wärmeversorgung. In Schwaig gibt es keine Wärmenetze, aber ein sich über alle Baublöcke erstreckendes Gasnetz (betrieben von der N-ERGIE Netz GmbH), wie in Abbildung 11 dargestellt. Allerdings sind nicht alle Gebäude in den jeweiligen Blöcken auch ans Netz angeschlossen.

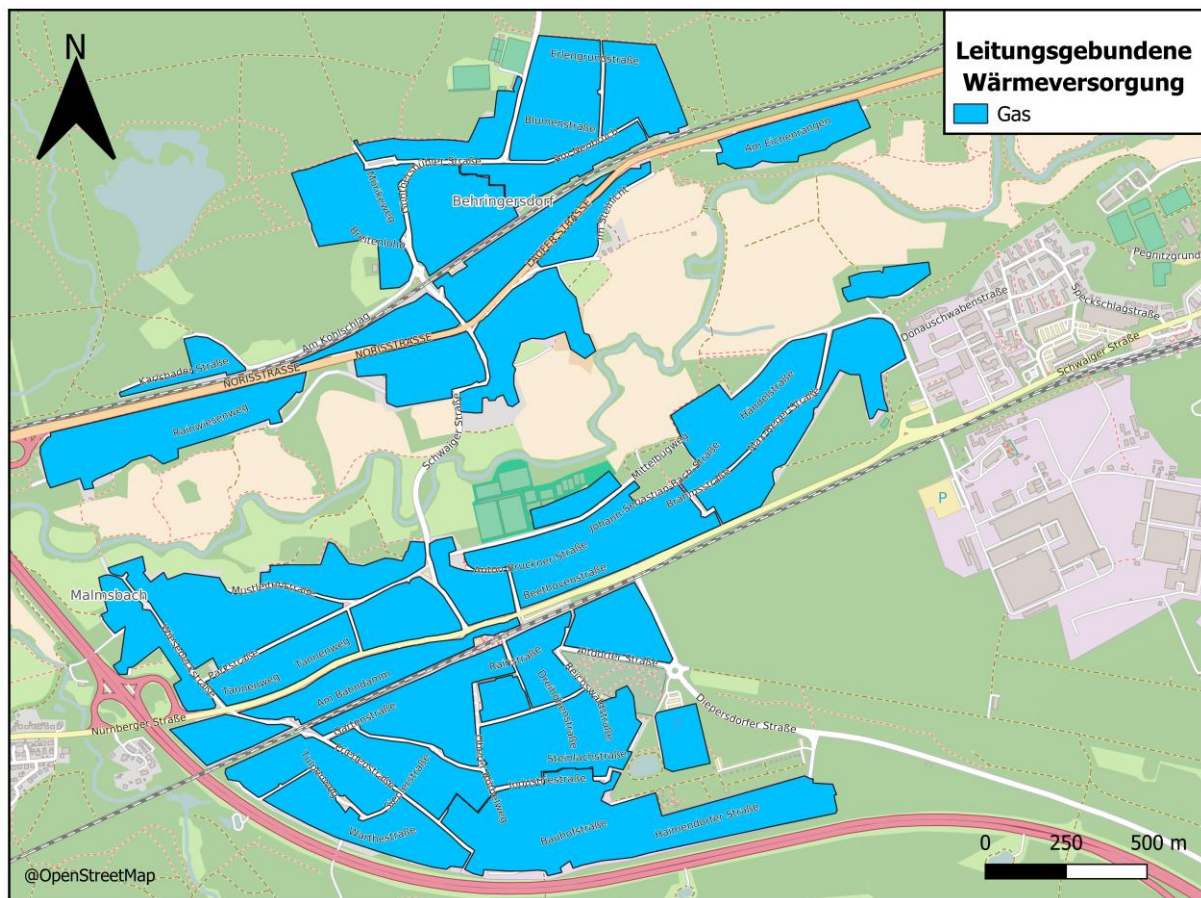


Abbildung 11: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken

3.3.3. Stromversorgungsnetze

Es ist wichtig, den Sektor Wärme nicht einzeln zu betrachten. Die Idee der Sektorenkopplung sollte bei jedem Energiekonzept mitbedacht werden. Da voraussichtlich in naher Zukunft die Nutzung von Strom zur Wärmergewinnung stärker in Anspruch genommen wird (primär durch den Einsatz von Wärmepumpen), ist in Abbildung 12 das Stromnetz im Betrachtungsgebiet dargestellt, welches von der N-ERGIE Netz GmbH betrieben wird. Dargestellt sind der Verlauf der Mittelspannungsfreileitungen und -kabel (MS = Mittelspannung), der Hochspannungsfreileitung (HS = Hochspannung) sowie das im südlichen Gemeindegebiet gelegene Umspannwerk.

3.3.4. Abwasserkanalnetz

Abwärme aus Abwasser stellt ein großes Potenzial dar. Allerdings muss dafür ein bestimmter Volumenstrom gegeben sein. Daher wird in Abbildung 13 nur das Kanalnetz mit einem Durchmesser von größer als 800 mm angezeigt. Zudem sind die Standorte der Sammel-, Rückhalte- und Überlaufbecken zu sehen.

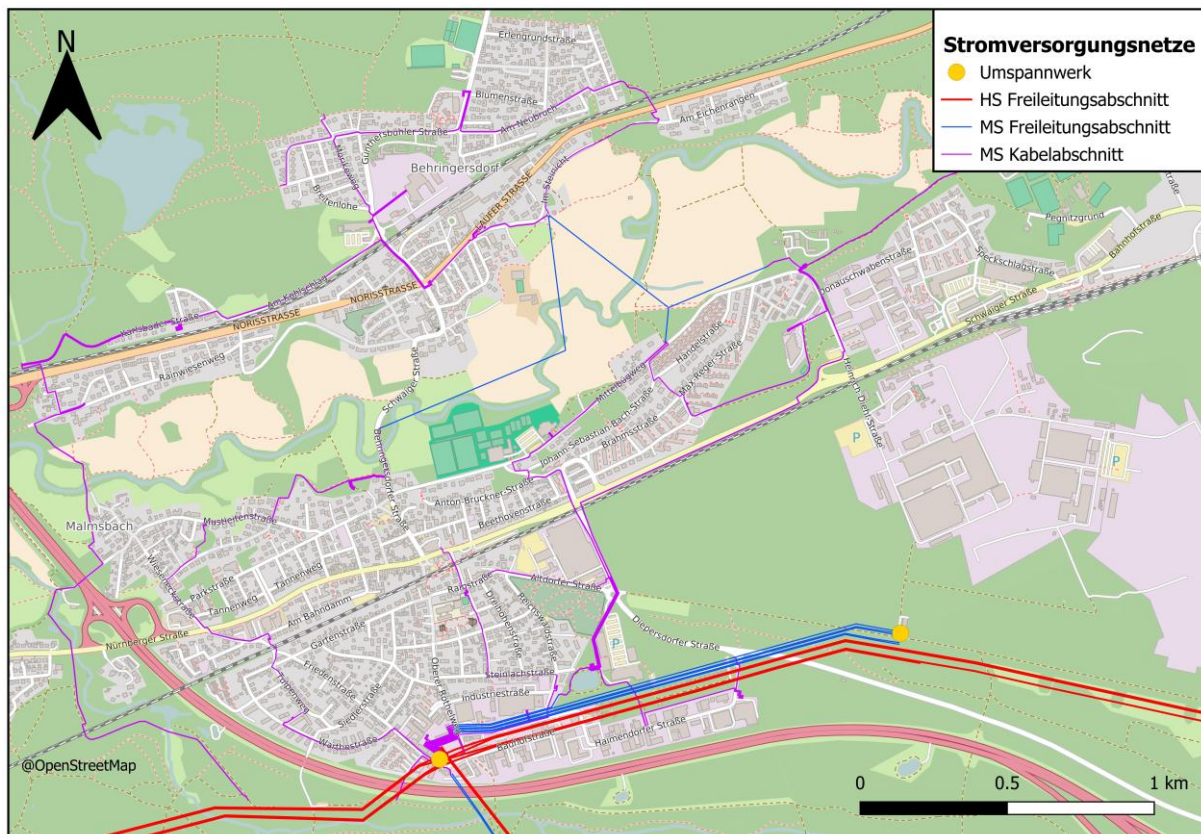


Abbildung 12: Stromversorgungsnetze auf dem Gemeindegebiet

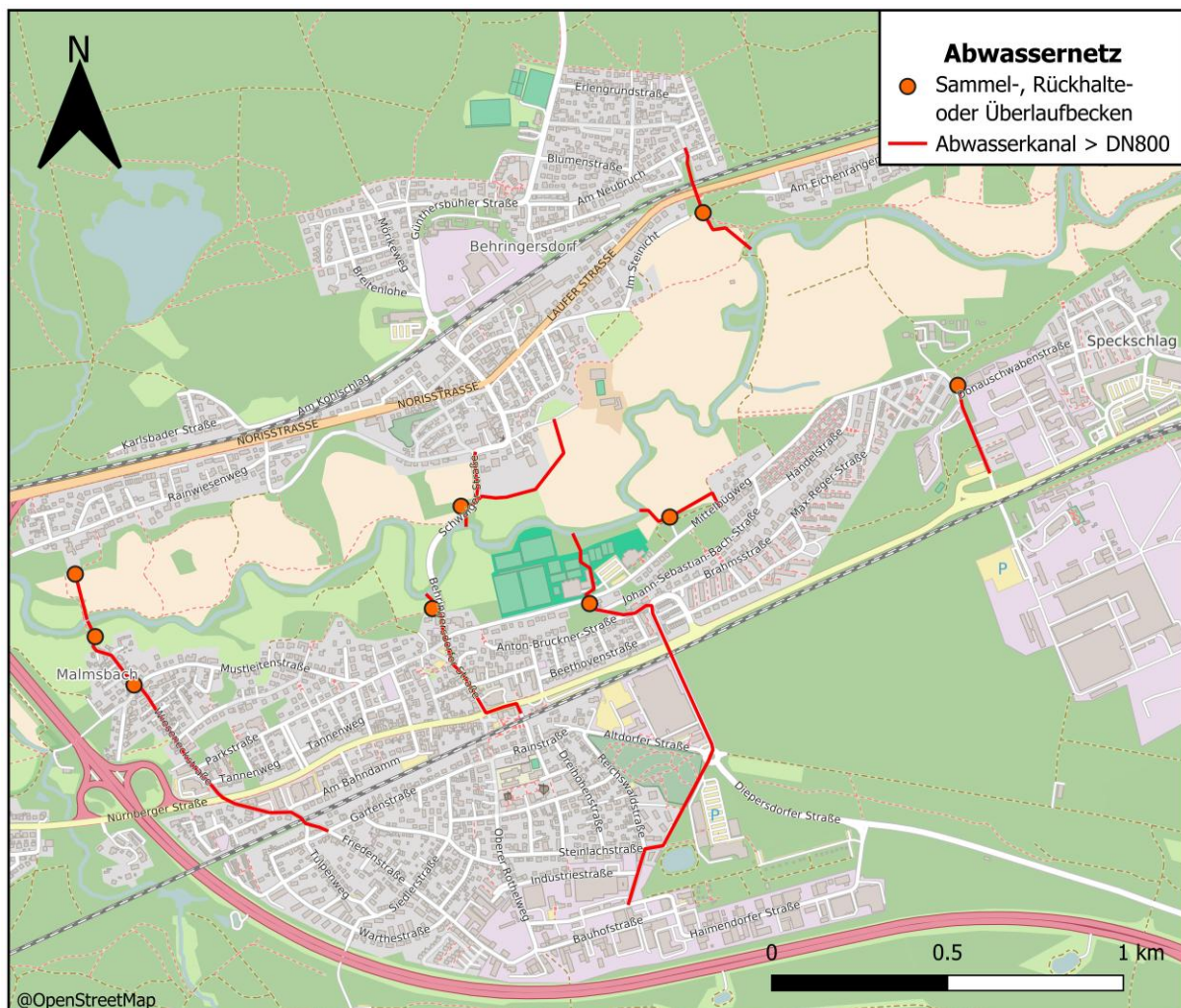


Abbildung 13: Kanalnetz mit Durchmesser größer 800 mm und Sammel-, Rückhalte- und Überlaufbecken

3.4. Wärmeerzeugung: Methodik zur Ermittlung des IST-Zustands

Für die Analyse der bestehenden Wärmeerzeugungsstruktur und der jährlichen Wärmeverbräuche werden sowohl die Daten der Kaminkehrer, übermittelt durch das Landesamt für Statistik, sowie die durch den Netzbetreiber N-ERGIE Netz GmbH übergebenen Erdgasverbräuche (aufgeteilt in Industrie- und Jahreskunden) ausgewertet.

Da es sich bei den Jahren 2022 und 2023 um energetische Krisenjahre mit abweichendem Verbrauchsverhalten handelt und 2023 darüber hinaus ein überdurchschnittlich warmes Jahr war [11], wird bei allen Verbrauchsdaten auf die Mittelwerte der Jahre 2019 bis 2021 zurückgegriffen.

Bei den Kehrbuchdaten werden für jede Straße folgende Angaben aufgeführt:

- Gesamtanzahl der Heizungen
- Durchschnittsalter der Heizungen
- Mittlere Nennwärmeleistung aller Anlagen
- Anteil fossiler Energieträger
- Anzahl der Zentral- und Einzelraumheizungen (Etagenheizungen zählen zu Zentralheizungen)
- Anzahl der Anlagen in den folgenden Energieträgern:
 - Gase
 - Heizöl
 - Feste Biomasse
 - Sonstige Fossile (u.a. Flüssiggas)

Ebenfalls aufgeführt, aber nicht mitbetrachtet, sind die Anlagen in folgenden beiden Energieträgerkategorien: Sonstige Erneuerbare Energien, für die eine Gesamtanzahl von 0 angegeben ist, und „Sonstige (Keine Zuordnung nach 1. BImSchV, Keine Angaben etc.)“, die nur einen sehr geringen Anteil der Heizungen ausmachen und eine zu heterogene Gruppe darstellen, um sie in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Aus Datenschutzgründen werden Straßen, in denen nur eine oder zwei Anlagen eines Energieträgers vorkommen, teilweise verschlüsselt. Das bedeutet, dass neben dem betroffenen Energieträger auch andere Werte der Straße wie z.B. die Gesamtanzahl der Heizungen und die Anzahl der Zentralheizungen verschlüsselt werden, so dass nicht auf den zu schützenden Wert zurückgeschlossen werden kann. Um die Daten dennoch auswerten zu können, müssen Annahmen für das verschlüsselte Energieträgerfeld getroffen werden und damit dann die anderen Felder berechnet werden, was zwangsläufig zu Ungenauigkeiten führt.

Aus den Kehrbuchdaten geht nicht hervor, wie sich die Anlagen pro Energieträger jeweils auf Zentral- und Einzelraumheizungen aufteilen. Unter anderem nicht angegeben sind die jeweilige mittlere Leistung jedes Energieträgers, da es lediglich einen Gesamtwert pro Straße für alle Energieträger zusammen gibt. Daher wurden folgende Annahmen für die mittlere Leistung der Energieträger über alle Straßen gemittelt getroffen:

Tabelle 5: Angenommene Leistung der einzelnen Energieträger

Haushalte und Kleingewerbe	Energieträger	Leistung
Zentralheizung	Feste Biomasse [12]	19
	Gas	20,00
	Öl	25
	Sonstige fossile	30
Einzelraumheizung	Feste Biomasse	8
	Gas	20,00
	Öl	10
	Sonstige fossile	15

Hierbei wurde für zentrale Biomasseanlagen auf den im Biomasseatlas angegebenen Mittelwert der seit 2001 durch das Marktanreizprogramm geförderter Biomasseheizungen in der Kommune zurückgegriffen [12]. Die Werte für Öl, Sonstige Fossile und Einzelraumheizung

Biomasse basieren auf Erfahrungswerten. Die Werte für Gasheizungen sind für beide Heizungstypen gleich, da eine Unterscheidung aufgrund der Kehr buchdaten nicht möglich ist und der Leistungswert als Stellschraube verwendet wird, um insgesamt eine ähnliche mittlere Leistung zu erhalten wie in den Kehr buchdaten. Dafür wird zuerst ein Leistungswert für Gas ausgerechnet, indem die Gasverbräuche der Standardkunden durch die Anlagenanzahl in der Kategorie Wohnen & Kleinverbraucher sowie die hier im Allgemeinen verwendete Vollbenutzungsstundenzahl von 1200 h/a geteilt wird. Dieser Wert wird anschließend mit dem mittleren Wert aus den Straßen der Verbrauchsgruppe Wohnen & Kleinverbraucher verglichen. Danach kann der berechnete Wert noch minimal nach oben oder unten korrigiert werden, um die reale Situation vor Ort abzubilden. Die Volllaststundenzahl wurde so angesetzt, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind.

Da in den Kaminkehrer-Daten sämtliche dezentralen Wärmeerzeuger im Gemeindegebiet aufgelistet sind, müssen diese zunächst aufbereitet werden, um sie in die verschiedenen Verbrauchergruppen differenziert auswerten zu können. Dafür werden die Straßen nacheinander einzeln betrachtet und bestimmt, welche Verbrauchergruppen jeweils vorliegen. Für die Öffentlichen Einrichtungen liegt dafür eine Liste der Gemeinde einschließlich Adressen vor. Industrielle Großverbraucher wurden bereits im Rahmen der Akteursbeteiligung ermittelt und um Teilnahme an einer Umfrage für Industrieunternehmen gebeten, in der unter anderem der Wärme- und Stromverbrauch abgefragt wird. Darüber hinaus kann auch eine hohe durchschnittliche Leistung der Heizungsanlagen in einer Straße auf industrielle Verbraucher hinweisen. Häufig liegt eine Mischnutzung der Straßen vor.

Zunächst werden die Straßen mit industriellen Verbrauchern untersucht. Dafür wird im Falle von Mischnutzung abgeschätzt, wie viele Gebäude und damit Heizungsanlagen den jeweiligen Verbrauchergruppen zugeordnet werden können. Bezüglich der Aufteilung der eingesetzten Energieträger müssen ebenfalls Annahmen getroffen werden. So werden zum Beispiel Zentral- und Einzelfeuerungsanlagen Biomasse in der Regel dem Bereich Wohnen & Kleinverbraucher zugeordnet (z.B. Pelletheizungen und Kamine), während der Energieträger Sonstige Fossile überwiegend der Industrie zugewiesen wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Prozesswärme mehrheitlich mit Erdgas erzeugt wird.

Die installierte Leistung von Biomasse, Heizöl und Sonstige Fossile aufgeteilt in Zentral- und Einzelraumheizung werden errechnet, indem die jeweilige Anlagenanzahl mit der entsprechenden Leistung aus Tabelle 5 multipliziert wird.

Im Bereich Wohnen & Kleingewerbe wird nach derselben Vorgehensweise verfahren. Anlagen der Industrie und öffentlicher Einrichtungen müssen abgezogen werden.

Aus der errechneten Leistung wird der Verbrauch dann anhand eines angenommenen Kesselwirkungsgrades von 90 Prozent (Erfahrungsmittelwert Wirkungsgrad Verbrennungsheizung zur Berücksichtigung der auftretenden Bereitstellungsverluste) und einer Volllaststundenzahl bestimmt. Da industrielle Prozesse sehr heterogen sind und der Einsatz von Energieträgern von Prozess zu Prozess stark schwanken kann, ist eine pauschale Annahme von Volllaststunden für die Industrie schwierig. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die Prozesswärme überwiegend mit Erdgas erzeugt wird. Also wird angenommen, dass die restlichen Energieträger mehrheitlich zur Erzeugung von Raumwärme eingesetzt werden und damit eine einheitliche Volllaststundenzahl mit den anderen Verbrauchergruppen von 1200 h/a angesetzt werden

kann. Die einzige Ausnahme stellen die Einzelraumheizungen Biomasse dar, die mit einer niedrigeren Volllaststundenzahl betrieben werden, es wird der Wert von 570 h/a angesetzt [13]. Die Volllaststundenzahl wurde so angenommen, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind.

Für die Öffentlichen Einrichtungen lagen über die Gemeinde die tatsächlichen Verbrauchsdaten vor, so dass nicht auf andere Datenquellen zurückgegriffen werden musste.

Die Wärmeverbräuche aus dem Energieträger Gas werden jeweils anhand der von der N-ERGIE Netz GmbH übermittelten Gasverbräuche berechnet. Der Wert für die Industrie ist hier bereits separat ausgewiesen. Der Wert für den Bereich Wohnen & Kleinverbraucher wird aus dem Wert der Jahreskunden abzüglich der Gasverbräuche der Öffentlichen Einrichtungen errechnet.

Zur Validierung der Volllaststundenzahl wurde ein Vergleichswert der Verbrauchergruppen Wohnen & Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen mittels der Leistungen aus den Kehr- buchdaten für Erdgasheizungen berechnet. Da die Anlagenleistung für Gas bereits aus den tatsächlichen Verbräuchen stammt, ist hier eine Berücksichtigung des Verbrennungswirkungs- grades nicht notwendig. Die Abweichung beträgt lediglich 5,6 Prozent, was die Richtigkeit der Annahmen unterstreicht und eine ausreichende Genauigkeit für die Betrachtungsebene der Kommunalen Wärmeplanung darstellt.

Zur Berechnung der durch Wärmepumpen bereitgestellte Energie wird der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen mit einer exemplarischen Jahresarbeitszahl von 3,1 multipliziert. Da aus den Daten nicht hervorgeht, wie hoch der Anteil der Nachtspeicherheizun- gen an den mit Strom betriebenen Heizungen ist, wird vereinfachend davon ausgegangen, dass es sich bei allen Anlagen um Wärmepumpen handelt. Es wird eine Volllaststundenzahl von 1500 Stunden angenommen.

Die jährlich durch Solarthermie erzeugte Wärmemenge wird errechnet mittels einer im Sola- ratlas [14] angegebenen Kollektorfläche multipliziert mit einem im Energie-Atlas Bayern [7] verzeichneten repräsentativen Wert für die jährliche Wärmeerzeugung pro Fläche.

Somit liegen die Wärmeverbräuche aufgeteilt nach Energieträgern und Verbrauchergruppen für das ganze Gemeindegebiet vor. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln aufgelistet.

3.5. Energiebilanz Wärme

In diesem Kapitel werden die derzeit vorhandenen Energieverbräuche unterteilt nach den ein- gesetzten Energieträgern für die bereits genannten drei Verbrauchergruppen analysiert.

3.5.1. Wohnen & Kleinverbraucher

Tabelle 6 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher auf. In Abbildung 14 ist die prozentuale Ver- teilung dargestellt.

Tabelle 6: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher. Aufgeteilt auf Energieträger

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	54.800
Heizöl	26.900
Sonstige Fossile	400
Biomasse	8.300
Solarthermie	400
Wärmepumpen und Stromheizung	2.300
Gesamt	93.100

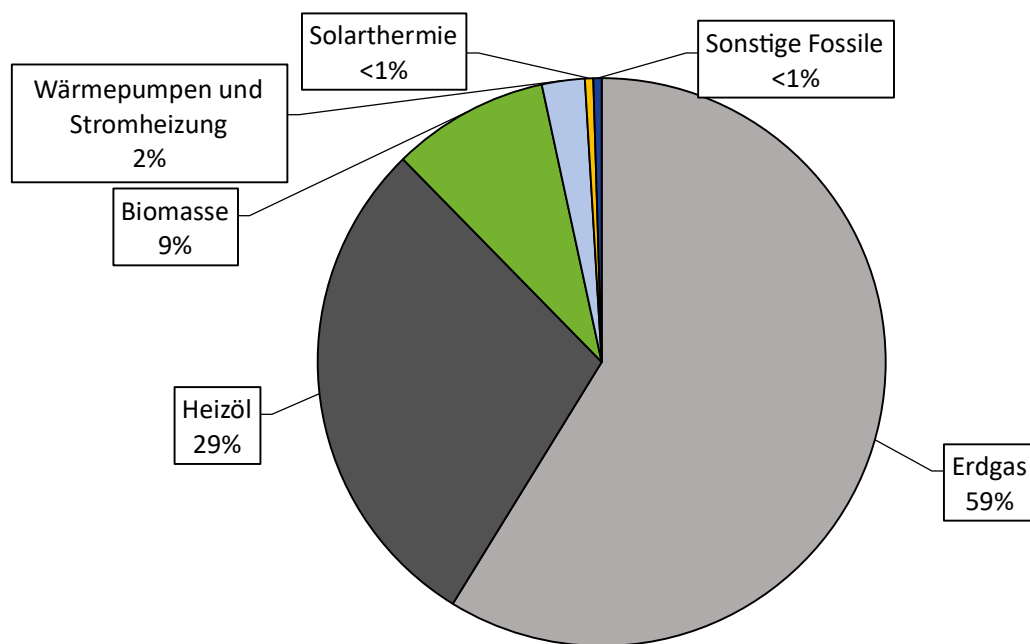


Abbildung 14: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher

Zu erkennen ist, dass Erdgas zusammen mit Heizöl 88 Prozent der bereitgestellten Energie für Raumwärme und Warmwasser in dieser Verbraucherguppe darstellen. Biomasse hat einen Anteil von circa 9 Prozent am Energieverbrauch. Wärmepumpen und Speicherheizungen, Solarthermie und Sonstige Fossile stellen zusammen nur 3 Prozent des Verbrauchs dar.

3.5.2. Industrie & Großgewerbe

Tabelle 7 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von Industrie & Großgewerbe auf. In Abbildung 15 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 7: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe. Aufgeteilt auf Energieträger

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	13.700
Heizöl	700
Sonstige Fossile	200
Biomasse	<100
Gesamt	14.700

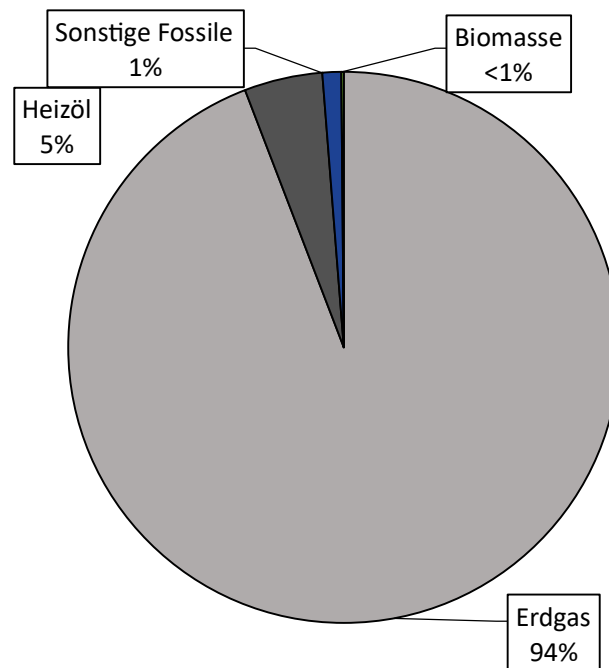


Abbildung 15: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe

Mit 94 Prozent stellt Erdgas den mit Abstand größten Anteil am Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe dar. Dies liegt daran, dass in der Industrie ein hoher Anteil der Wärmeerzeugung auf Prozesswärme zurückzuführen ist. Weitere 5 Prozent der Wärme werden mit Heizöl bereitgestellt. Der Rest setzt sich aus Biomasse und Sonstigen Fossilen zusammen.

3.5.3. Öffentliche Einrichtungen

Tabelle 8 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der Öffentlichen Einrichtungen auf. In Abbildung 16 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 8: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	3.200
Biomasse	900
Gesamt	4.100

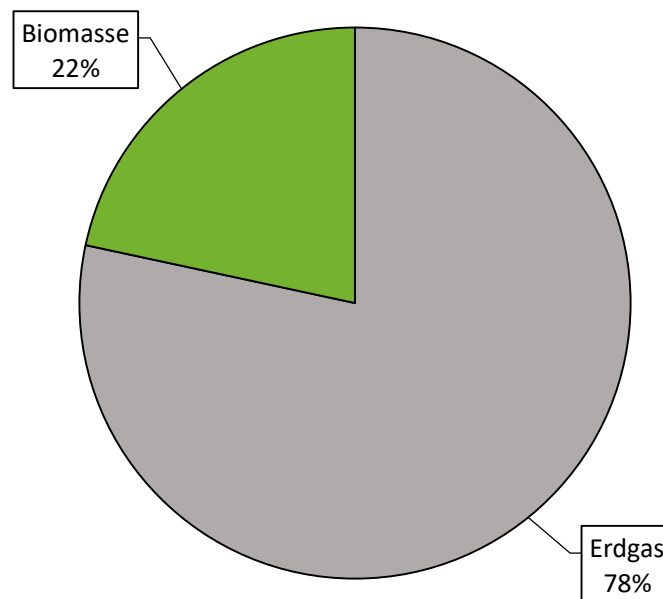


Abbildung 16: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen

Erdgas stellt mit 78 Prozent den größten Anteil am Verbrauch der öffentlichen Einrichtungen dar, Biomasse liegt bei 22 Prozent. Weitere Energieträger werden nach derzeitigem Wissensstand nicht eingesetzt.

3.5.4. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme

In Abbildung 17 ist die prozentuale Verteilung des Energiebedarfs von Raumwärme, Warmwasserbereitstellung und Prozesswärme aufgeteilt auf die drei Verbrauchergruppen zu sehen. Wohnen & Kleinverbraucher ist mit 83 Prozent des Gesamtwärmebedarfs die größte Verbrauchsgruppe. Es folgt Industrie & Großgewerbe mit 13 Prozent, öffentliche Einrichtungen liegen bei 4 Prozent.

Abbildung 18 zeigt die bereitgestellten Energiemengen je Energieträger für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen auf. Mit zusammen 89 Prozent stellen Erdgas und Heizöl den Großteil des Verbrauches dar. Biomasse hat einen Anteil von 8 Prozent, die anderen Energieträger machen nur 3 Prozent aus.

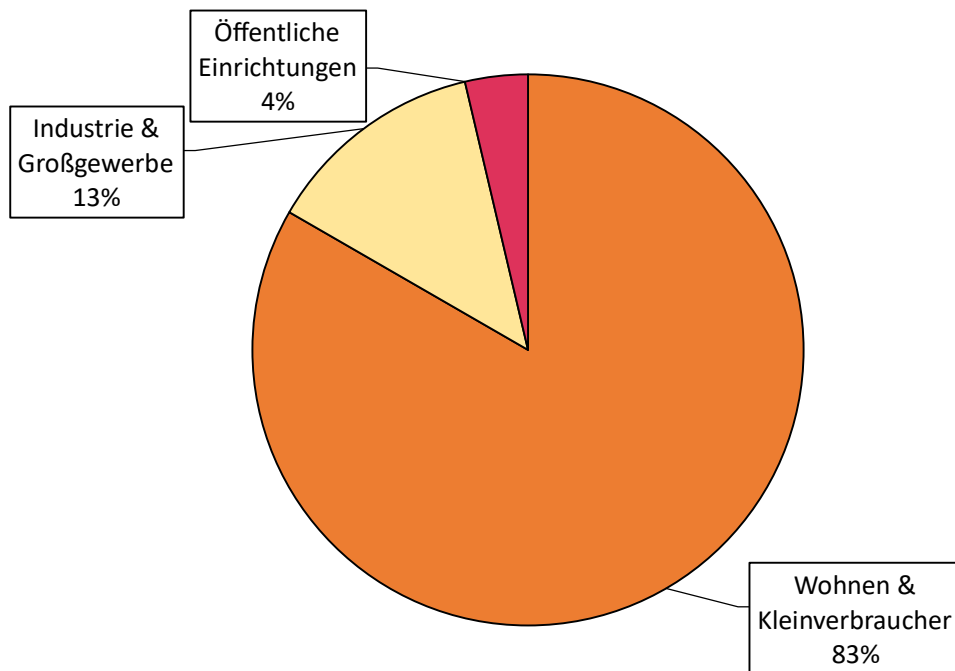


Abbildung 17: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen

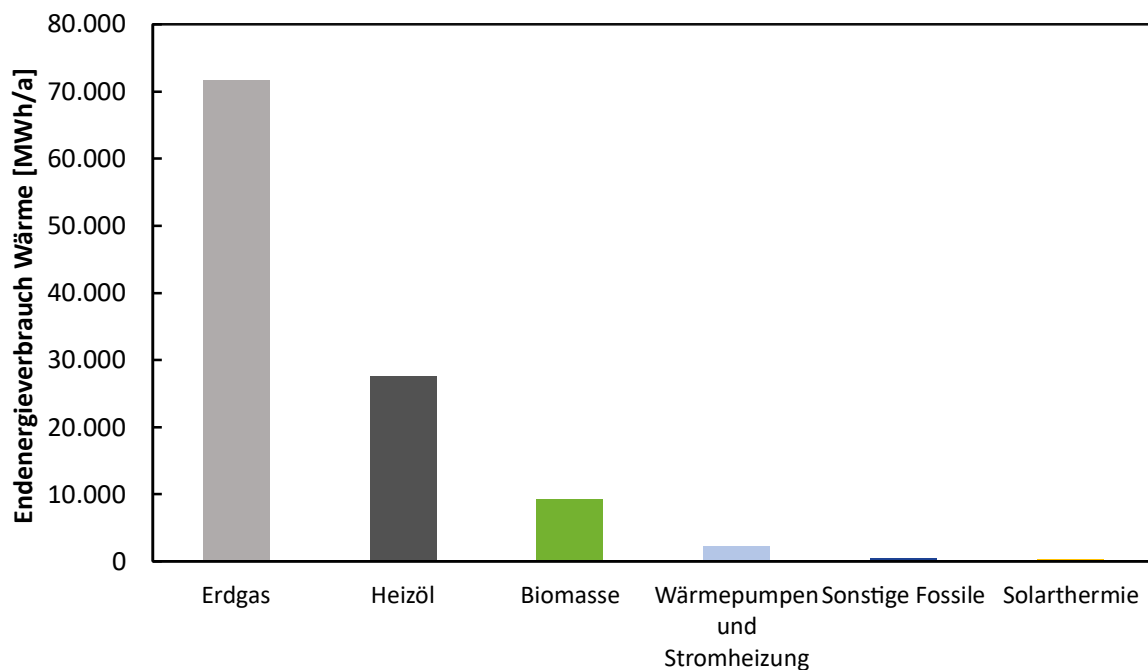


Abbildung 18: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen

Tabelle 9 listet die Kennwerte der Energiebilanz Wärme auf. Wie auch die Energiebilanz des Strombezugs und die Treibhausgasbilanz sollen diese einheitlichen Kennwerte einen Vergleichswert für die nächste Fortschreibung der Wärmeplanung darstellen. Somit kann die Ist-Situation und der Fortschritt in der Wärmewende auf dem Gemeindegebiet überprüft und beurteilt werden. Außerdem können Trends bei der Nutzung von KWK-Anlagen und dem Ausbau von Wärmenetzen festgestellt werden. [15]

Tabelle 9: Kennwerte der Energiebilanz Wärme

Kennzahl	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	10.430	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	460	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro m2 Wohnfläche	210	kWh/(a*Einwohner*m2)
Endenergieverbrauch Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	1.630	kWh/(a*Einwohner)
Einsatz erneuerbarer Energien (im Bereich Wärme) Wohnen & Kleinverbraucher pro Kopf	1.240	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien Wohnen & Kleinverbraucher an lokaler Wärmeherzeugung	12	%
Installierte thermische KWK-Leistung pro Kopf	0,05	kW/Einwohner
Anzahl Hausanschlüsse Wärmenetz	-	-
Anzahl Hausanschlüsse Gasnetz	k.A.	-
Länge Wärmenetzleitung	-	m
Länge Gasnetzleitung	ca. 55.300	m

Die Kennzahl für den flächenbezogenen Endenergieverbrauch Wärme wird anhand der Einwohnerzahl der Gemeinde und der durchschnittlichen Wohnfläche in Bayern pro Person von 48,8 m² berechnet [16]. Da hier auch der Energieverbrauch der Kleinverbraucher miteinbezogen ist, ist der Wert höher als bei einer ausschließlichen Betrachtung der Wohngebäude. Werte für die Anzahl der Hausanschlüsse im Gasnetz liegen nicht vor. Aus den Kkehrbuchdaten geht jedoch hervor, dass ca. 2500 Gasheizungen in Schwaig betrieben werden.

3.6. Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene

Da aus den Wärmeherzeugerleistungen der Kaminkehrer-Daten, welche straßenzugsweise vorliegen, nicht auf den Wärmebedarf eines einzelnen Gebäudes geschlossen werden kann, wird auf das gebäudescharfe Wärmekataster, das im Rahmen des Energienutzungsplans erstellt wurde, zurückgegriffen. Die vorhandenen tatsächlichen Verbrauchsdaten aus der Befragung von Bürgerinnen und Bürgern, der Industrie und der Öffentlichen Einrichtungen werden zusätzlich eingepflegt.

Wie bereits erwähnt wird die Gemeinde aus Datenschutzgründen und zur besseren Veranschaulichung in Baublöcke aufgeteilt. Die Bedarfe der einzelnen Gebäude in einem Baublock werden aufsummiert. Für Großabnehmer in öffentlicher Hand wie z.B. Schulen und Freibäder wird mit den tatsächlichen Verbräuchen gerechnet. Industriegebiete werden mit tatsächlichen Verbräuchen aus den Fragebögen hinterlegt. Allerdings werden die Baublöcke in den nachfolgenden Grafiken ausgegraut, wenn sich zu wenige Abnehmer in dem Gebiet befinden, so dass auf einzelne Firmen zurückgeschlossen werden könnte. Größere Industriegebiete/ Gewerbe werden zudem in separate Blöcke eingeteilt, damit diese die Werte der Haushalte nicht verfälschen.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz hat den Zweck die aktuelle Ist-Situation darzustellen. Dafür ist der tatsächliche Verbrauch ein geeigneter Parameter. Die folgenden Karten dienen dazu, die Gemeinde in Gebiete für eine zukünftige Wärmeversorgung einzuteilen. Dafür ist der Wärmebedarf eine geeignete Größe, da er unabhängig von der eingesetzten Technologie und dem verwendeten Energieträger ist.

3.6.1. Absoluter Heizwärme- und Warmwasserbedarf

Abbildung 19 zeigt in Baublöcken aufgeteilt den absoluten jährlichen Heizwärme- und Warmwasserbedarf auf. Wärmebedarfe großer Industrieunternehmen, die einzeln in einem Baublock liegen, werden aus Datenschutzgründen nicht aufgeführt.

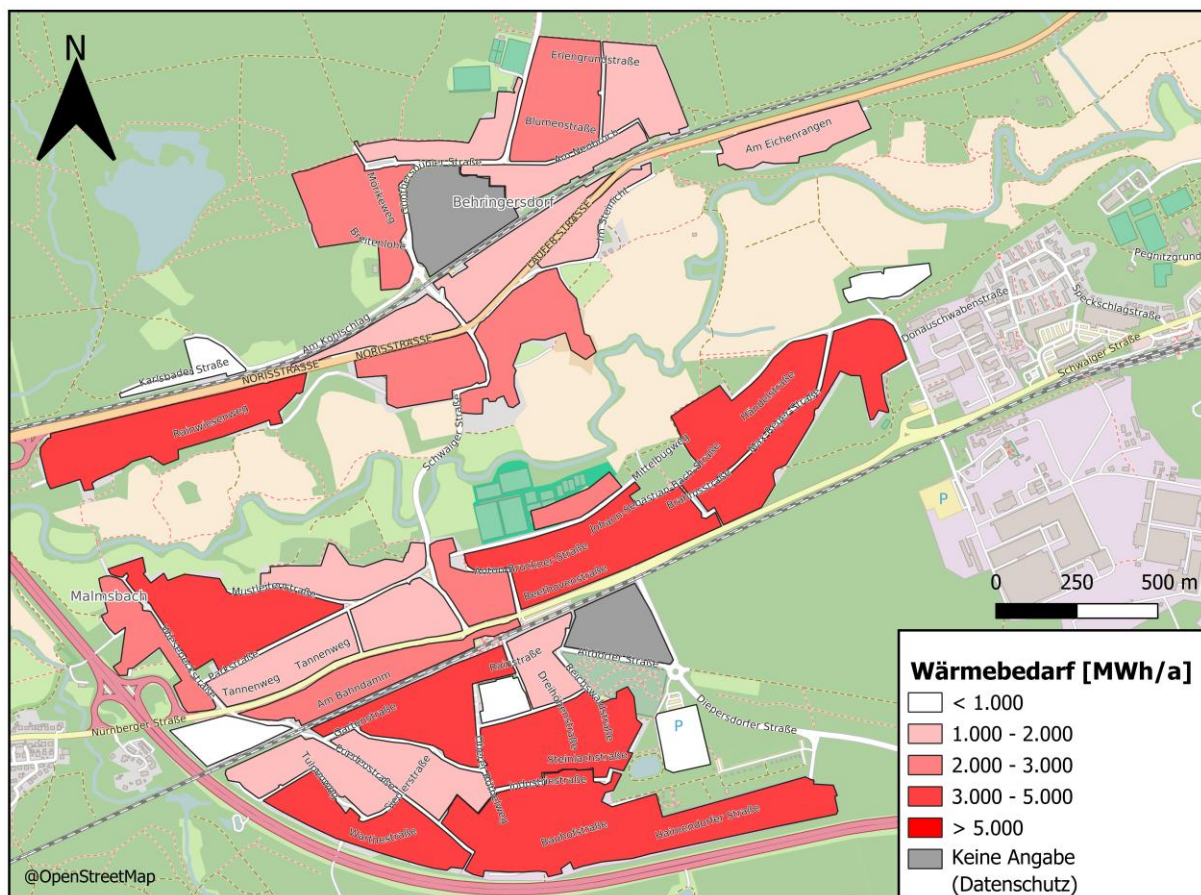


Abbildung 19: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock

Je dunkler das Rot der Fläche, desto größer ist der absolute Wärmebedarf. Es ist zu erkennen, dass vor allem in den Randgebieten des Ortsteils Schwaig die absoluten Wärmebedarfe sehr hoch sind. Da dieser Wert nicht relativiert ist, hängt die Größe des Wärmebedarf jedoch stark von der Größe des Baublockes ab. Dennoch ist es möglich mit dieser Karte schnell und einfach Gebiete mit einem hohen Wärmebedarf zu identifizieren.

3.6.2. Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche

In Abbildung 20 ist der jährliche Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche zu sehen. Auch hier sind einzelne Industrieverbraucher ausgegraut.

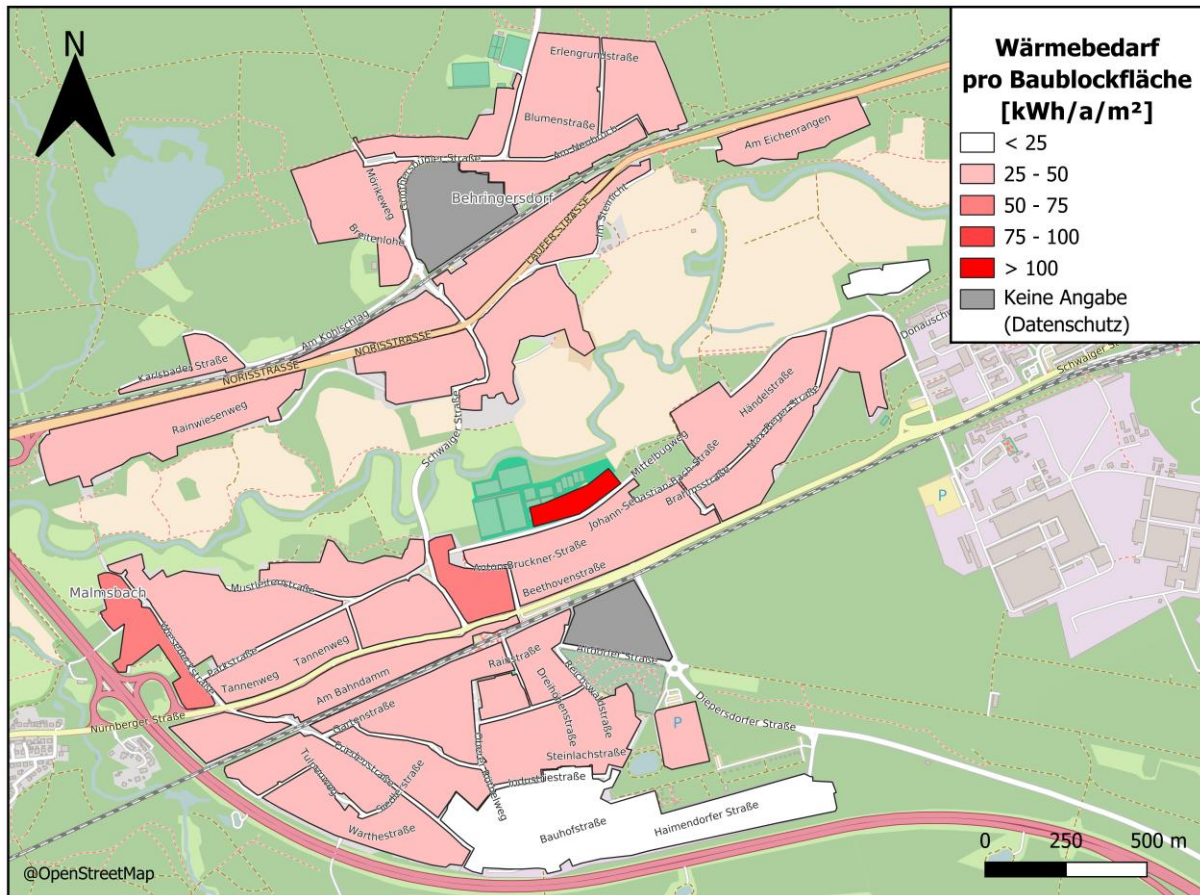


Abbildung 20: Jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche

Hier wird der Wärmebedarf auf die Fläche des Baublockes bezogen, wodurch sich je Baublock ein Wert in kWh pro Jahr und m² ergibt. Bei den Intervallen wurde sich an die Richtwerte für Wärmenetze angelehnt [15] [17]. Es ist zu erkennen, dass die meisten Baublocke einen ähnlichen spezifische Wärmebedarf aufweisen. Eine Ausnahme bildet zum Beispiel das Schwimmbad, bei dem ein relativ großer Bedarf auf einer kleinen Fläche vorliegt.

3.6.3. Wärmeliniendichte

Ein wichtiges Kriterium hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch ein konventionelles Wärmenetz stellt die Wärmeliniendichte mit der Einheit kWh pro Jahr und Meter dar. Hiermit lassen sich grob die Wärmemengen für einen Straßenabschnitt abschätzen, welche durch ein Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden müssten. Je höher dieser Wert ist, umso geringer sind die anteiligen Wärmeverluste während des laufenden Betriebs eines Wärmenetzes. Abbildung 21 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt des Ortsteils Schwaig südlich der Bahngleise, in dem unter anderem das Rathaus und die Grundschule liegen.

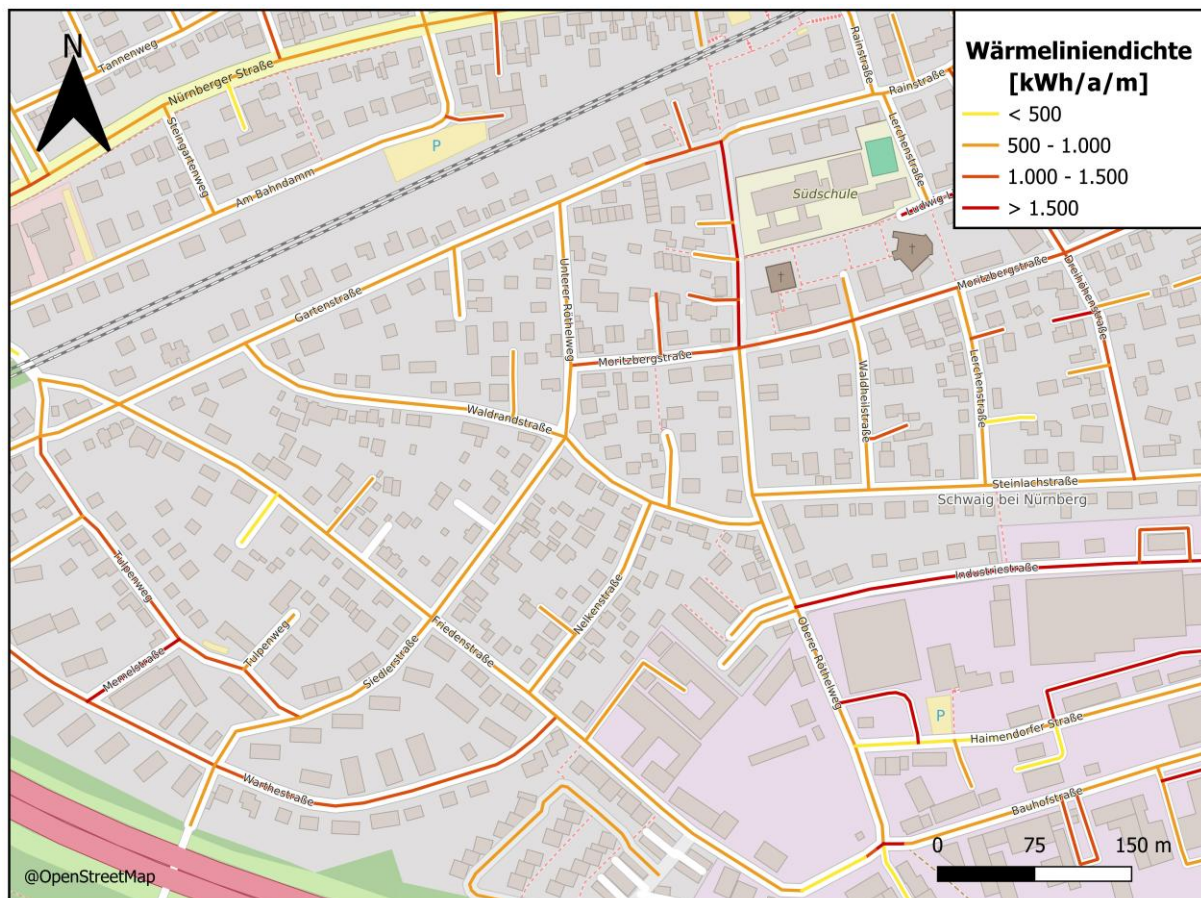


Abbildung 21: Wärmelinien-dichten am Beispiel des Ortsteils Schwaig südlich der Bahnleiße

Straßenabschnitte mit kleineren Häusern und geringer Dichte weisen einen geringeren Wert der Wärmelinien-dichte auf. In Straßenzügen mit Großverbrauchern und dichter Mehrfamilienhausbebauung ist ein höherer Wert vorhanden.

3.7. Energiebilanz Strombezug

Ziel der Sektorenkopplung ist es unter anderem, die Verknüpfung von Wärme und Strom weiter voranzureiben und so die Auslastung elektrischer, regenerativer Erzeugungskapazitäten zu optimieren. Daher wird für die Wärmeplanung auch eine Energiebilanz des Strombezuges aufgestellt.

3.7.1. Methodik

Wie auch bei den Gaswerten weichen die Jahre 2022 und 2023 ab und werden daher nicht berücksichtigt. Die Strombezugswerte für die Jahre 2019-2021 werden gemittelt. Stromerzeugung mit Eigenverbrauch, z.B. durch PV-Aufdachanlagen oder PPA-Freiflächen, sind in der Energiebilanz nicht enthalten. Die tatsächlichen Strombezugswerte werden auf die Verbrauchergruppen aufgeteilt. Zu den Öffentlichen Einrichtungen, für die die tatsächlichen Verbräuche vorliegen, wird der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung addiert. Der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen wird nicht mitberücksichtigt, da dieser schon in der Energiebilanz verrechnet ist.

3.7.2. Zusammenfassung Energiebilanz Strombezug

In Tabelle 10 sind die Strombezugsdaten des Energieversorgers für die ganze Gemeinde Schwaig aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen aufgelistet. Abbildung 22 zeigt den prozentualen Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

Tabelle 10: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Strombezug [MWh/a]
Industrie & Großgewerbe	15.300
Wohnen & Kleinverbraucher	16.200
Öffentliche Einrichtungen	700
Gesamt	32.200

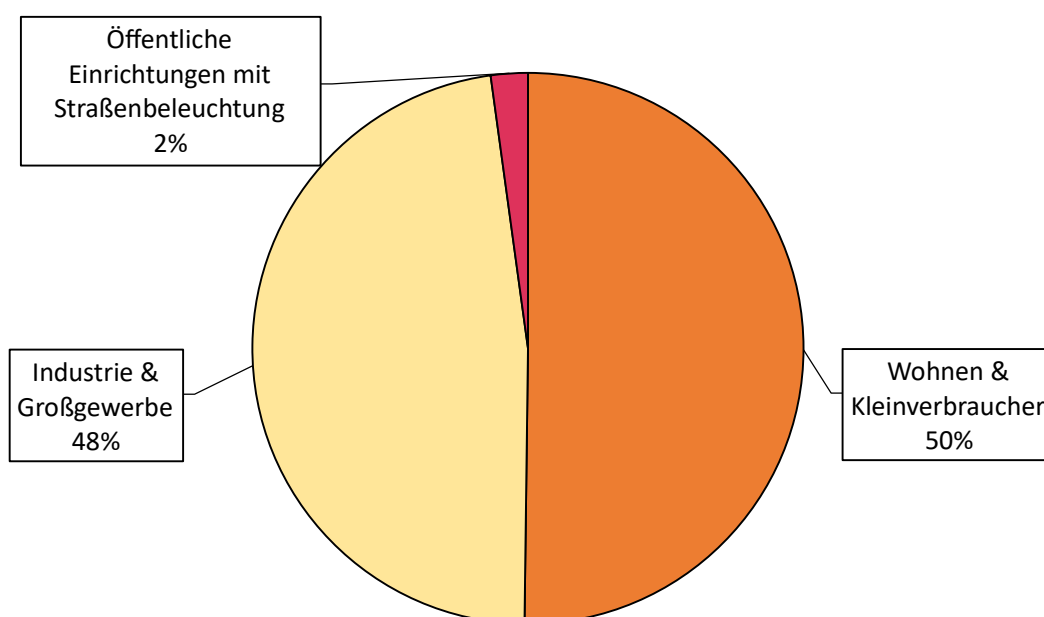


Abbildung 22: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Wohnen & Kleinverbraucher sowie Industrie & Großgewerbe liegen mit 50 Prozent und 48 Prozent des Strombezugs nahe beieinander. Die Öffentlichen Einrichtungen inklusive Straßenbeleuchtung machen nur 2 Prozent aus.

In Tabelle 11 sind die Kennwerte der Energiebilanz des Strombezugs aufgelistet. Der bilanzielle Anteil erneuerbarer Energien an der lokalen Stromerzeugung liegt bei circa 80 Prozent. Abgesehen von einzelnen kleinen fossilen KWK-Anlagen wird der Großteil des Stroms aus Photovoltaik (siehe Abbildung 10) erzeugt.

Tabelle 11: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug

Kennwert	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	1.810	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	80	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	0,80	-
Installierte elektrische KWK-Leistung pro Kopf	0,02	kW/Einwohner

3.8. Treibhausgasbilanz Wärme und Strom

Für die Treibhausgasbilanz werden die aktuellen Verbräuche für Wärme und Strom mit spezifischen Kennzahlen der CO₂-Äquivalente versehen. Für einen besseren Vergleich zukünftiger Treibhausgasemissionen sind in Tabelle 12 die spezifischen CO₂-Äquivalente aufgelistet.

Tabelle 12: CO₂-Äquivalente der Energieträger

Energieträger	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh _{Endenergie}]	Literatur
Heizöl	311	[18]
Erdgas	233	ebd.
Flüssiggas	313	[19]
Kohle	452	[18]
Biomasse (vgl. Naturbel. stückiges Holz)	24	[20]
Solarthermie	13	[18]
Strom-Mix	381	[21]
Strom-Mix Wärmepumpe (Berücksichtigung COP)	131	[20]
Sonstige Fossile	400	Eigene Annahme

Da in den Kkehrbuchdaten nicht zwischen verschiedenen Biomasse-Energieträgern wie Pellets, Stückholz, Hackschnitzel etc. unterschieden wurde, wird für die Biomasse ein einheitlicher Wert angenommen. Dieser entspricht dem von naturbelassenen stückigem Holz. Die in den Kaminkehrerdaten aufgeführte Kategorie Sonstige Fossile umfasst verschiedene fossile Energieträger, wie z.B. Kohle und Flüssiggas. Es wurde ein einheitlicher Wert von 400 g/kWh angenommen, der sich zwischen Kohle und Heizöl bewegt.

In Abbildung 23 sind die Endenergieverbräuche pro Verbrauchergruppe von Wärme und Strom aufsummiert dargestellt. Ausgehend von den Verbräuchen werden die CO₂-Äquivalente berechnet.

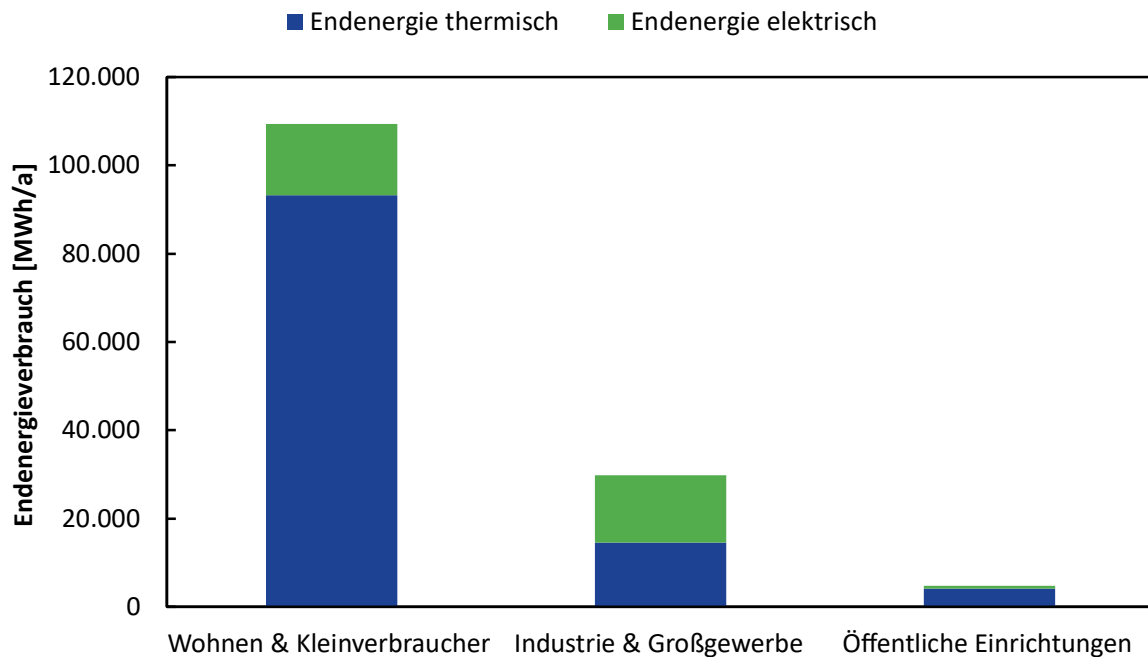


Abbildung 23: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch des ganzen Gemeindegebiets aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Abbildung 24 zeigt die Treibhausgasbilanz für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf Verbrauchergruppen für den Wärme- und Stromverbrauch. Aufgrund des höchsten Wärmebedarfs der Verbrauchergruppen hat der Bereich Wohnen & Kleinverbraucher auch den höchsten Treibhausgaswert. Die Emissionen durch die Bereitstellung von elektrischer Energie unterscheiden sich jedoch nur wenig von denen der Industrie und des Großgewerbes. Insgesamt werden auf dem Gemeindegebiet jährlich 39.000 t CO₂-äq. in den Sektoren Wärme und Strom emittiert.

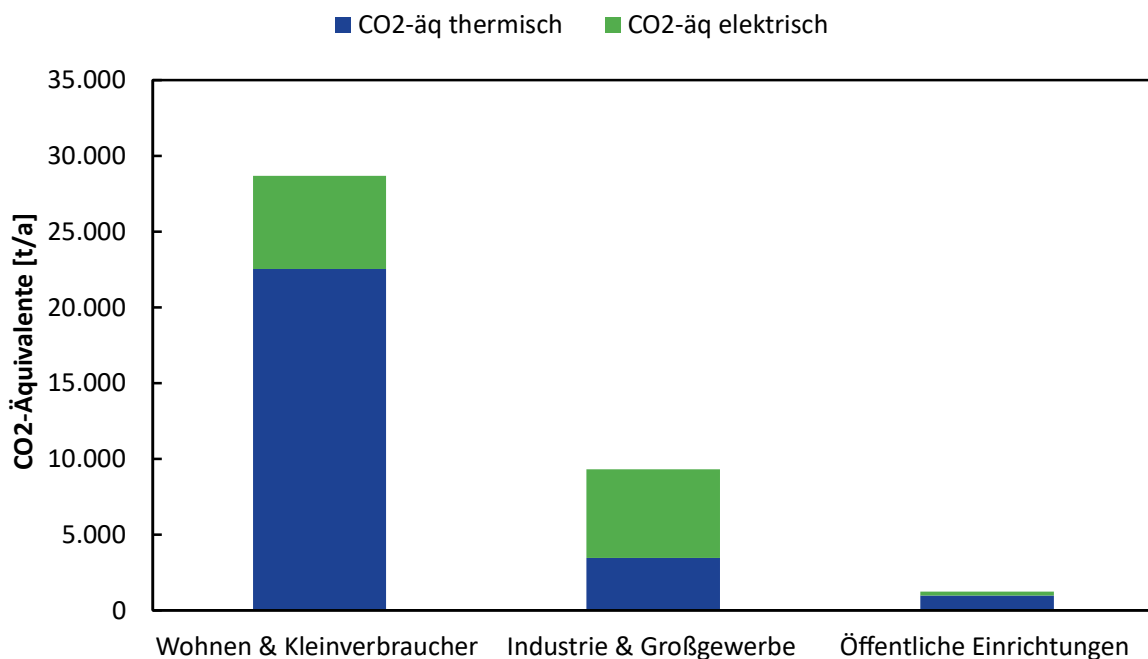


Abbildung 24: CO₂-Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Tabelle 13 listet die Kennwerte der Treibhausgasbilanz auf. Somit können Fortschreibungen des Wärmeplans mit der aktuellen Situation verglichen werden.

Tabelle 13: Kennwerte der Treibhausgasbilanz

Kennwert	Wert	Einheit
THG-Emissionen Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	2,52	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	0,11	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	0,39	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner	0,69	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner	0,03	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Strom Industrie & Großgewerbe pro Einwohner	0,65	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$

4. Potenzialanalyse

Das Ziel der Gemeinde Schwaig, so wie das des Freistaates Bayern, ist es bis 2040 klimaneutral zu werden. Dafür müssen fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ausgetauscht werden. Um mögliche Erfüllungsoptionen aufzuzeigen, wird in diesem Kapitel eine Potenzialanalyse für erneuerbare Wärme sowie Strom auf dem Gemeindegebiet durchgeführt.

4.1. Datengrundlage

In Tabelle 14 sind die Datengrundlagen der einzelnen Abschnitte für die Potenzialanalyse aufgelistet.

Tabelle 14: Datengrundlagen der Potenzialanalyse

Kapitel	Datengrundlage
Schutzgebiete und Denkmalschutz	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayern-Atlas
Energieeinsparpotenziale durch Sanierung	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Potenzial erneuerbarer Wärme	ALKIS, Energie-Atlas-Bayern, Umweltatlas-Bayern, Fragebogen Industrie & Großgewerbe
Potenzial erneuerbarer Strom	Energie-Atlas Bayern
Anschlussinteresse an einem Wärmenetz	Fragebogen Bürgerinnen und Bürger

4.2. Schutzgebiete und Denkmalschutz

Um die energetischen Potenziale im Gemeindegebiet einschätzen zu können, müssen Ausschlussgebiete, wie Schutzgebiete und Bauten unter Denkmalschutz, mitberücksichtigt werden. So können z.B. Standorte für Windkraftanlagen oder die Ausweisung von Sanierungsgebieten von vornherein für bestimmte Areale ausgeschlossen werden. Bei denkmalgeschützten Bauwerken kann es zu Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen kommen.

4.2.1. Schutzgebiete

Abbildung 25 zeigt die Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet Schwaig. Die Daten stammen aus dem Geodatendienst des Bayerischen Landesamt für Umwelt [22]. Unterteilt werden die Schutzgebiete in Trinkwasserschutz, Fauna-Flora-Habitat, Naturschutz, Landschaftsschutz, Vogelschutz, Biotop und Naturpark.

Im Norden des Gemeindegebietes befindet sich ein Vogelschutzgebiet und um die Pegnitz herum ein Landschaftsschutzgebiet. Auch einige Biotop sind vorhanden. Während in Naturparks, Flora-Fauna-Habitat Gebieten und Naturschutzgebieten der Bau von Windenergieanlagen und PV-Freiflächen „in der Regel unzulässig“ ist, ist dies in Landschaftsschutzgebieten unter Auflagen und Vorgaben möglich [23]. Für Landschaftsschutzgebiete stellt die Genehmigung der Nutzung von Geothermie eine Herausforderung dar.

Die größte Herausforderung stellt das Trinkwasserschutzgebiet dar, das sich über das gesamte Gemeindegebiet erstreckt. In Abbildung 26 ist die Unterteilung in die verschiedenen Schutzzonen dargestellt. In Zone III B sind geothermische Anlagen wie Erdwärmesonden, laut Stellungnahme des Wasserwirtschaftsamtes, grundsätzlich möglich, allerdings müssen

bestimmte Auflagen eingehalten werden. So kann es je nach Standort der Anlage eine Begrenzung der Bohrtiefe geben, ausreichende Abstände von min. 60 Metern zu Oberflächengewässern müssen eingehalten werden. Bei größeren Anlagen zur öffentlichen oder gewerblichen Nutzung ist im Vorfeld in der Regel ein Thermal-Response-Test erforderlich. Im Betrieb muss darauf geachtet werden, dass eine Wärmerегeneration im Bereich unterhalb der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen erfolgen kann (durch kombinierten Heiz- und Kühlbetrieb). Bei Anlagen, deren Leistung größer als 100 kW ist, muss in der Regel ein Temperatur-Monitoring im Grundwasser durchgeführt werden.

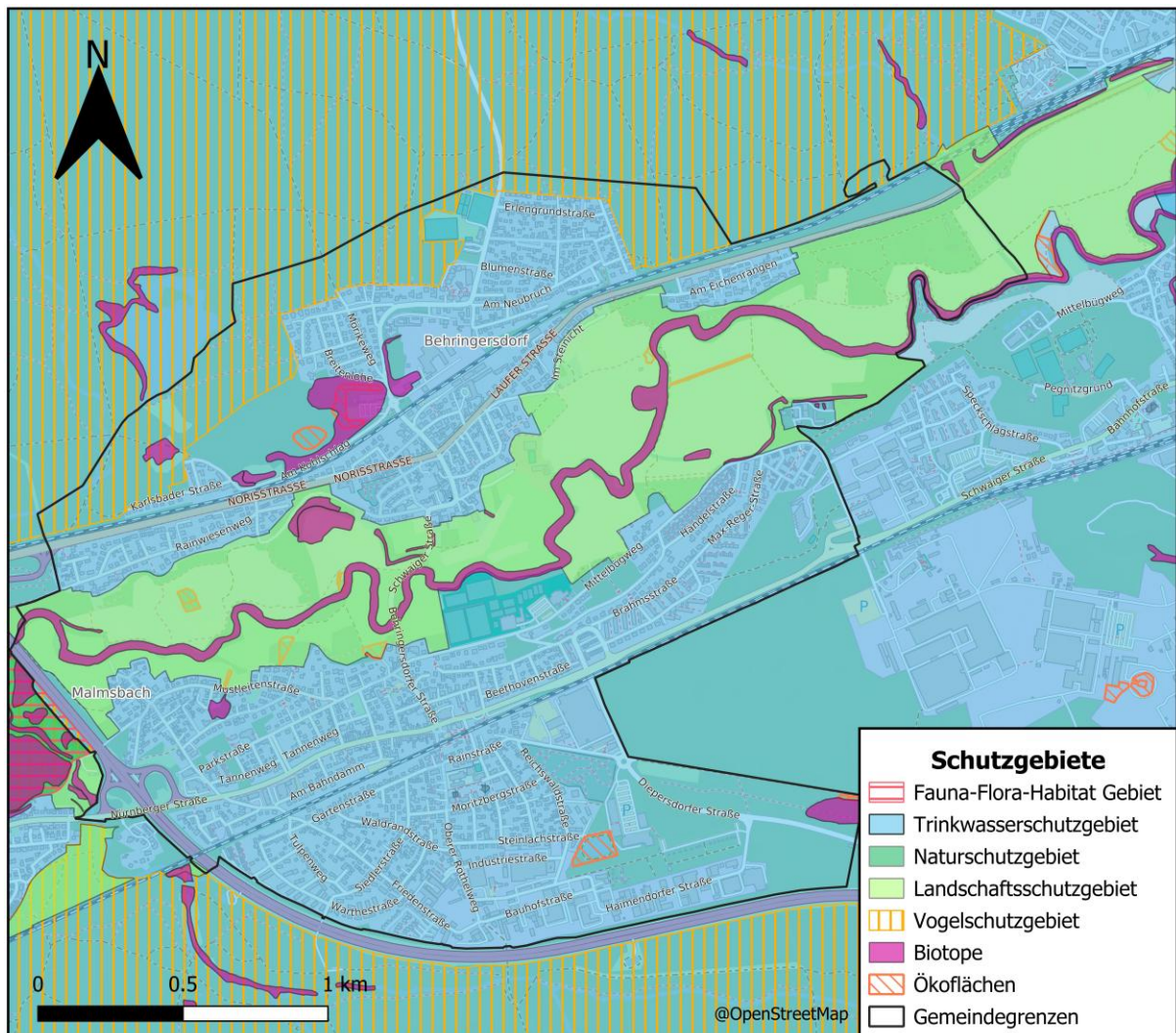
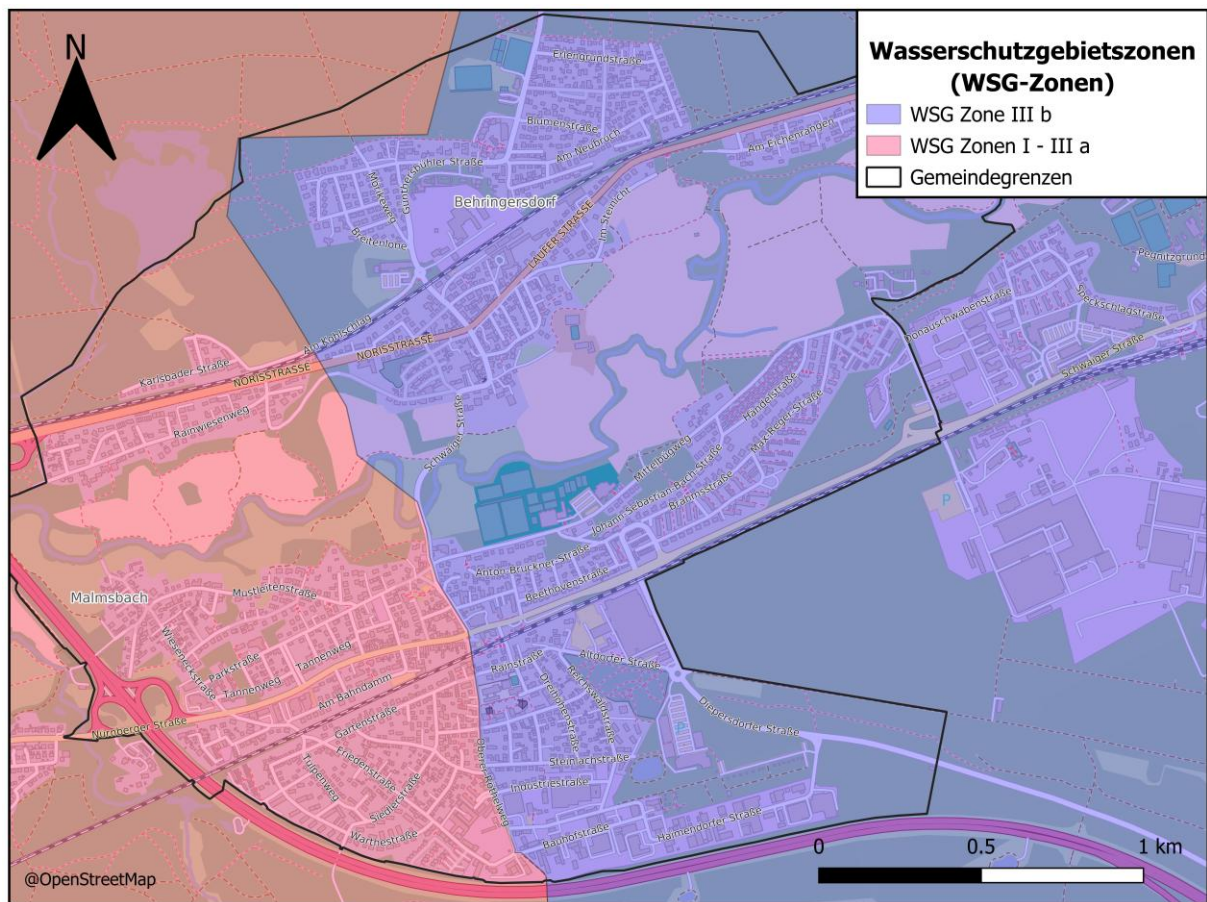


Abbildung 25: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet



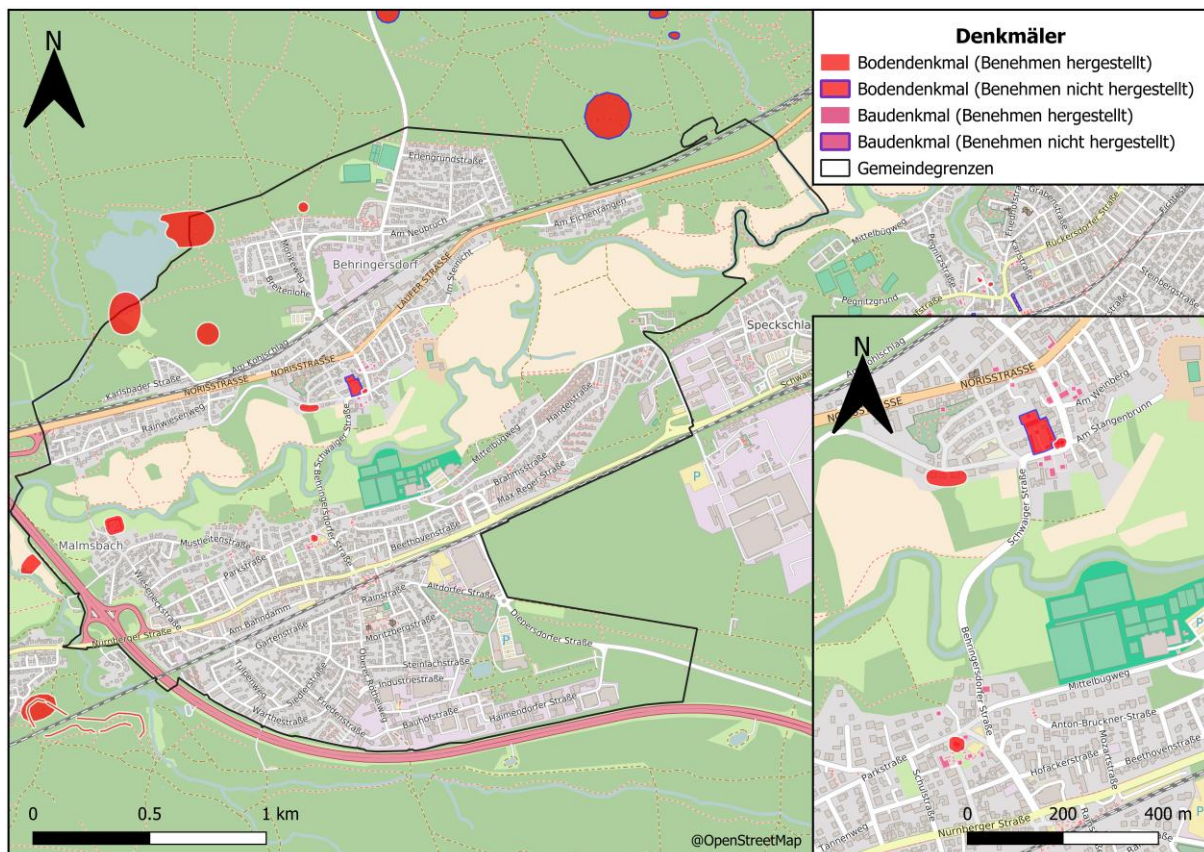


Abbildung 27: Boden- und Baudenkmäler in der Kernstadt

4.3. Energieeinsparpotenzial durch Sanierung

Das Ersetzen von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Technologien ist ein Baustein zum Gelingen der Energiewende. Ein weiterer wesentlicher Beitrag kann durch die Reduktion des Energiebedarfs geleistet werden. Für den Bereich Wohnen & Kleinverbraucher ist die Sanierung der Gebäude eine effektive Maßnahme, um den Wärmebedarf zu verringern. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung gibt einen ersten Hinweis darauf, in welchen Gebieten der Gemeinde Sanierungsmaßnahmen eine beachtliche Auswirkung auf die Wärmewende hätten.

Das Energieeinsparpotenzial kann mittels der Kennwerte Technikatalog der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) [18] berechnet werden, indem anhand der Siedlungsentwicklung [9] ein repräsentatives Gebäude-Baujahr für jeden Baublock angenommen wird. Die mögliche Wärmebedarfsreduktion hängt vom Baujahr des Gebäudes ab. Hier wird allerdings nicht davon ausgegangen, dass jedes Haus vollsaniert wird. In Abhängigkeit des Baujahres werden Einsparpotenziale zwischen 0 und 65 Prozent angenommen. Das höchste Potenzial haben Gebäude aus der Nachkriegszeit (1950 – 1975). Neuere Gebäude haben nahezu kein Einsparpotenzial. Dementsprechend fallen die Einsparpotenziale geringer aus. Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Es ist zu erkennen, dass vor allem die Baublöcke am Ortsrand ein hohes Energieeinsparpotenzial beinhalten. Das geringste Potenzial besteht in den Kernorten von Schwaig und Behringersdorf, die vor 1948 bebaut wurden. Bei Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen, ist eine energetische Sanierung zudem schwierig. Wie viel Energieeinsatz tatsächlich vermieden

werden kann, hängt vom Grad der Sanierung ab und kann in dieser Detailebene nur grob abgeschätzt werden.

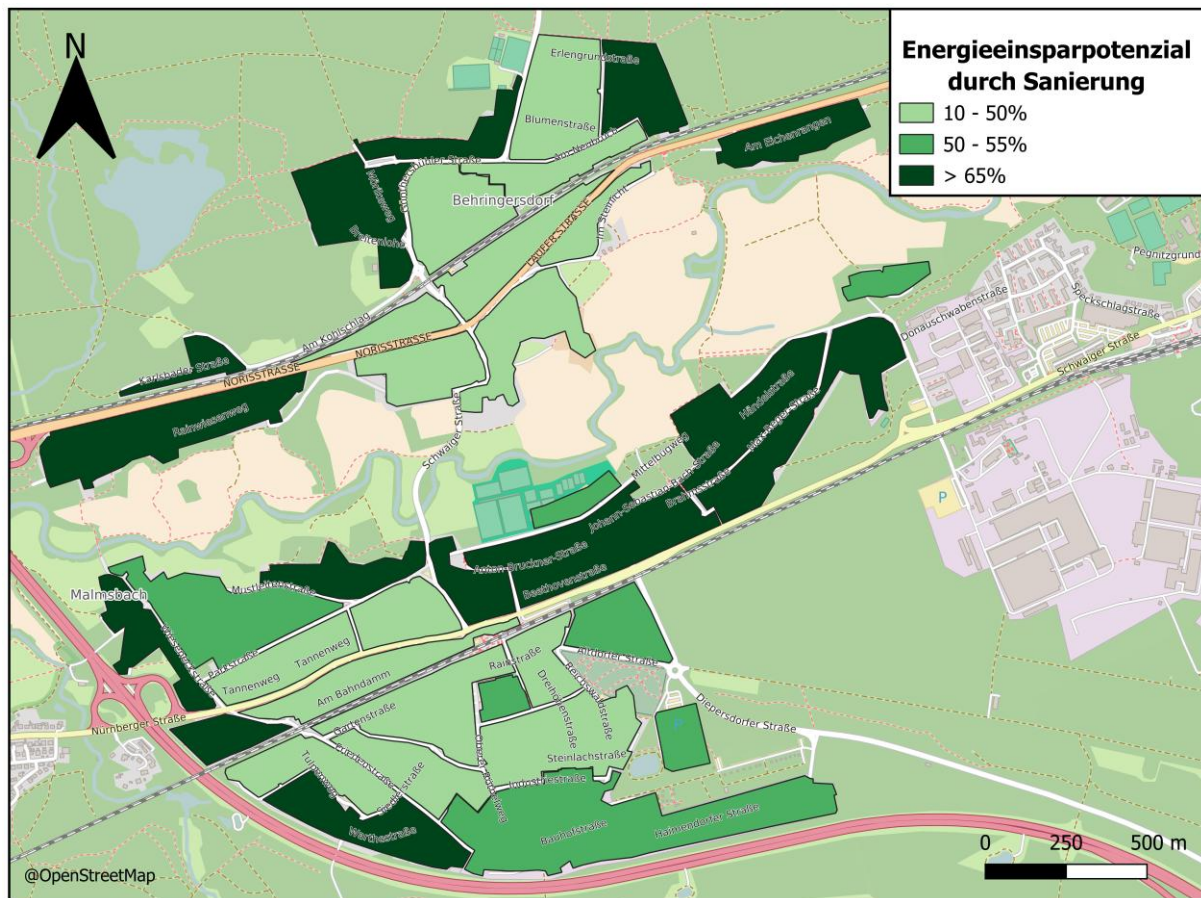


Abbildung 28: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [18]

4.4. Potenziale erneuerbarer Wärme

In diesem Kapitel werden die Potenziale erneuerbarer Wärme in Form von oberflächennaher Geothermie, Solarthermie, Biomasse und Abwärme berechnet. Hierbei handelt es sich um das nach derzeitigem technischen Stand realistisch umsetzbare Potenzial.

4.4.1. Oberflächennahe Geothermie

Zur Abschätzung des Potenzials erneuerbarer Wärme durch oberflächennahe Geothermie für eine dezentrale Wärmeversorgung wird die mögliche Nutzung und der mögliche Ertrag von Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden auf bebautem Grund innerhalb des Gemeindegebietes untersucht. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit sind Grundwasserwärmepumpen. Für diese ist das Potenzial jedoch nicht quantifizierbar, da hierfür an jedem Ort individuell die hydrothermalen Gegebenheiten im Untergrund betrachtet werden müssen. Aus diesem Grund werden diese hier nicht weiter untersucht.

Um das Potenzial für Erdwärmekollektoren und -sonden auf bebautem Gebiet zu errechnen, wird mit Hilfe der ALKIS-Daten die bebaute Fläche ermittelt und davon die Grundfläche der Gebäude abgezogen. Somit erhält man alle unbebauten Flächen, wie z.B. Gärten, innerhalb von Bebauungsgebieten. Hierbei unterscheiden sich Flächen der Verbraucher Wohnen &

Kleinverbraucher sowie der öffentlichen Liegenschaften von industriell genutzten Flächen. Für die ersten beiden Verbrauchergruppen wird die potenzielle unbebaute Fläche mit einem Faktor von 0,5 versehen, um Einflüsse wie Bäume, Terrassen, verwinkelte Flächen und Abstände zu Nachbargebieten mitzuberücksichtigen. Danach wird die durchschnittliche Wärmeerzeugung pro Gebäude bzw. Grundstück errechnet und dem durchschnittlichen Bedarf gegenübergestellt. Das Potenzial wird anhand des maximalen Bedarfs begrenzt. Bei der Industrie muss der Faktor zur Bestimmung der unbebauten Fläche für jeden Ort individuell mittels Luftbilder ermittelt werden. Dieser liegt in Schwaig bei 0,2. Für die Industrie wird das Potenzial anhand des geschätzten Bedarfs an Raumwärme begrenzt, da zur Erzeugung von Prozesswärme in der Regel höhere Temperaturen erforderlich sind und dies jeweils individuell und prozessabhängig betrachtet werden muss.

In Schwaig wurden nur Flächen der Schutzzone IIIB betrachtet. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Genehmigung von geothermischen Projekten bei der Unteren Wasserbehörde beantragt werden muss.

Erdwärmekollektoren:

Für die Abschätzung der potenziellen Energiemenge durch Erdwärmekollektoren spielt die Bodenbeschaffenheit eine wichtige Rolle. Diese erhält man aus dem Umweltatlas-Bayern [5]. Darauf aufbauend kann mittels der VDI-Norm 4640 die spezifische Entzugsenergie bestimmt werden [24]. Aus diesem Vorgehen ergibt sich für die grobe Potenzialabschätzung ein Mittelwert von 28 kWh pro Jahr und Quadratmeter für Erdwärmekollektoren. Für die Wärmepumpe wird eine Jahresarbeitszahl von 4 angenommen.

Erdwärmesonden:

Zur Abschätzung der potenziellen Energiemenge durch Erdwärmesonden wird die Anzahl der Sonden auf dem für oberflächennahe Geothermie möglichen Flächen berechnet. Es gilt ein Mindestabstand von Sonde zu Sonde von 6 m. Die Multiplikation der Sondenanzahl mit einem aus Umweltatlas und VDI 4640 ermittelten spezifischen Entzugsleistung von 46,8 W/m, 1500 Vollbenutzungsstunden und einer durchschnittlichen Bohrtiefe von 77,5 m (Mittelwert der auf dem Gemeindegebiet vorhandenen Bohrungen [7]) ergeben die potenzielle Energiemenge. Auch hier wird eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 4 angenommen.

Abbildung 29 und Tabelle 15 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Wärme aus oberflächennaher Geothermie graphisch und tabellarisch auf. Es ist zu sehen, dass das Potenzial für Erdwärmesonden generell höher ist als für Erdwärmekollektoren.

Tabelle 15: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie

System	Potenzial Wohnen & Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen [MWh/a]	Potenzial Industrie & Großgewerbe [MWh/a]
Erdwärmekollektor	13.100	300
Erdwärmesonden	93.200	2.300

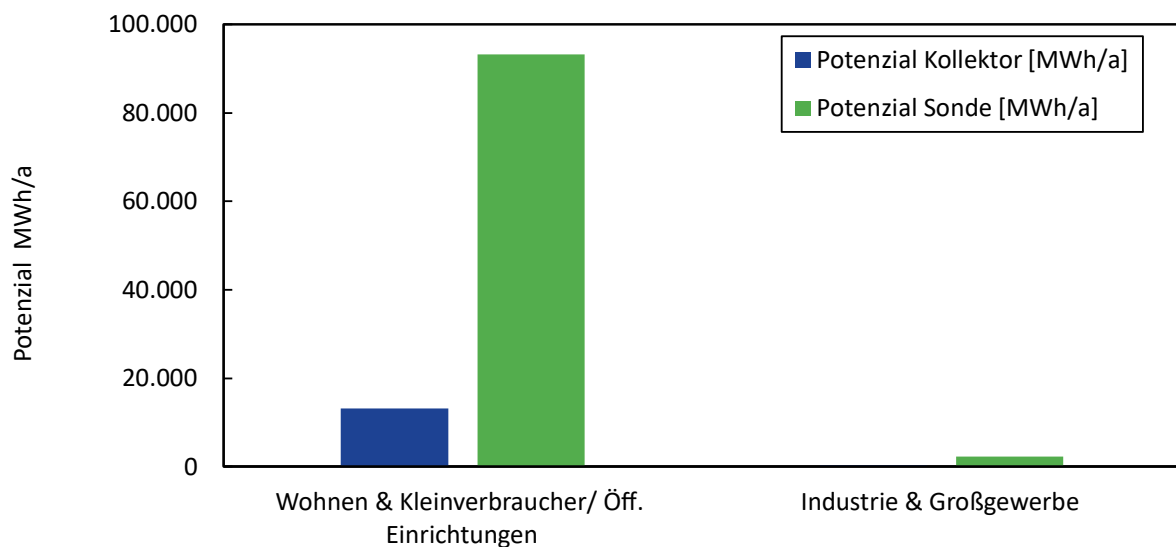


Abbildung 29: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie

Geothermie-Freiflächen:

Oberflächennahe Geothermie kann nicht nur für einzelne Häuser genutzt werden, sondern auch als Quelle für ein kaltes Nahwärmenetz dienen. Daher wird das grobe Potenzial von Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten zur Nutzung geothermischer Energie in Form von Flächenkollektoren abgeschätzt. Es werden alle landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie Wiesen und Felder größer einem Hektar Fläche betrachtet. Die einzigen Flächen in Schwaig, auf die diese Kriterien zutreffen, liegen um die Pegnitz herum und befinden sich im Landschaftsschutz- und Trinkwasserschutzgebiet. Darüber hinaus handelt es sich weitestgehend um ein Überschwemmungsgebiet [5]. Aus diesem Grund liegt in Schwaig kein Potenzial für Geothermie-Freiflächen vor.

4.4.2. Solarthermie

Das theoretische Potenzial von Solarthermie ist sehr hoch. Um eine realistische Einschätzung des Potenzials von Solarthermie zu bekommen, werden folgende Schritte unternommen.

Solarthermie-Freiflächen:

Wie bei den Geothermie-Freiflächen besteht auch für Solarthermie-Freiflächen kein Potenzial, da keine geeigneten Grundstücke im Gemeindegebiet zur Verfügung stehen.

Solarthermie-Dachflächen:

Das Potenzial der Solarthermie-Dachflächen wird mit Hilfe des Energie-Atlas Bayern berechnet [7], in dem jedoch nur das Potenzial der Warmwassererzeugung betrachtet wird. Grundsätzlich steht das Potenzial von Solarthermie und Photovoltaik immer in Konkurrenz zueinander. Neben den bereits jährlich erzeugten Wärmemengen von 440 MWh/a kann die Solarthermie auf Dachflächen noch weitere 6.600 MWh/a Wärme liefern, was zusammen ca. 7 Prozent der von den Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher sowie Öffentliche Einrichtungen benötigten Wärmemenge ausmacht.

Tabelle 16 listet die realistischen Potenziale für Solarthermie auf. In Abbildung 30 sind diese graphisch dargestellt.

Tabelle 16: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

System	Potenzial [MWh/a]
Freiflächen-Solarthermie	-
Dachflächen-Solarthermie	6.600
Gesamt	6.600

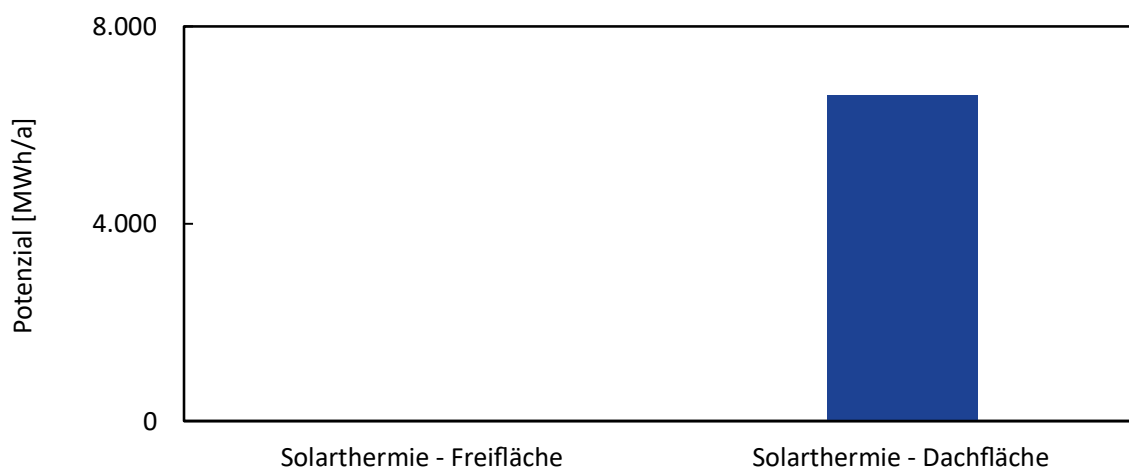


Abbildung 30: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

4.4.3. Biomasse

Zur Abschätzung des Potenzials für Wärme aus Biomasse werden die Bereiche Biomasse aus Abfällen, Biomasse aus Landwirtschaft und Biomasse aus Waldbestand betrachtet.

Biomasse aus Abfällen:

Biomasse aus Abfällen setzt sich aus Altholz, Grüngut und biogenen Hausabfällen zusammen. Hierfür werden die statistischen Werte des Bayerischen Landesamts für Umwelt für Mittelfranken aus dem Jahr 2022 verwendet [25]. Mit Hilfe der Brenn- und Heizwerte für Altholz [26] und Bioabfall [27] können die Potenziale abgeschätzt werden.

Biomasse aus Landwirtschaft:

Zur groben Abschätzung des energetischen Potenzials aus landwirtschaftlich genutzter Fläche wird ein Mittelwert des energetischen Ertrages von Silomais, Zuckerrüben, Sudangras und Grünland verwendet [28]. Der flächenspezifische Ertragswert mit der vorhandenen landwirtschaftlichen Fläche verrechnet ergibt das Potenzial. Auch hier werden die Werte der Flächen aus den ALKIS-Daten übernommen. Wegen der Konkurrenznutzung zum Futter- und Nahrungsmittelanbau wird davon ausgegangen, dass auf 16 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Ackerfläche nachwachsende Rohstoffe angebaut werden [29]. Der Flächenbedarf für bestehende Biogasanlagen auf dem Gemeindegebiet muss grundsätzlich vom möglichen Potenzial abgezogen, was jedoch auf Schwaig nicht zutrifft.

Biomasse aus Waldbestand:

Das energetische Potenzial der Waldfläche wird anhand der Kennzahlen aus dem Energie-Atlas Bayern abgeschätzt [7]. Da Biomasse ein begrenzter Rohstoff ist, wird das Potenzial der Waldfläche mit dem aktuellen Verbrauch verglichen. Hierfür werden die Verbrauchswerte von Biomasse aus der Energiebilanz Wärme für alle Verbrauchergruppen hergenommen. Hierbei ist zu beachten, dass die Herstellung der Pellets außerhalb der betrachteten Bilanzgrenzen liegt und das Holz zur Herstellung der Pellets sehr wahrscheinlich nicht aus der Gemeinde Schwaig stammt. Trotzdem werden diese mitbetrachtet. Die betreffende Waldfläche auf dem Gemeindegebiet Schwaig wird aus den ALKIS-Daten entnommen.

Wie bereits im Bericht zur Eignungsprüfung erwähnt, ist für Biomasse ein regionaler Bezug in nachwachsendem Ausmaß essenziell. Um das Thema der Biomasse aus Waldbestand genauer zu diskutieren, werden übrige Potenzialflächen für Energieholz aus dem Mischpult-Wärme sowie des Kartenmaterials des Energie-Atlas Bayern betrachtet [7].

Tabelle 17 listet das gesamte Potenzial der Biomasse auf dem Gemeindegebiet auf. Abbildung 31 zeigt das Ergebnis in graphischer Form.

Tabelle 17: Potenzial Biomasse

System	Potenzial [MWh/a]
Biomasse aus Abfällen	2.100
Biomasse aus Landwirtschaft	700
Biomasse aus Waldbestand	-5.900
Gesamt	-3.100

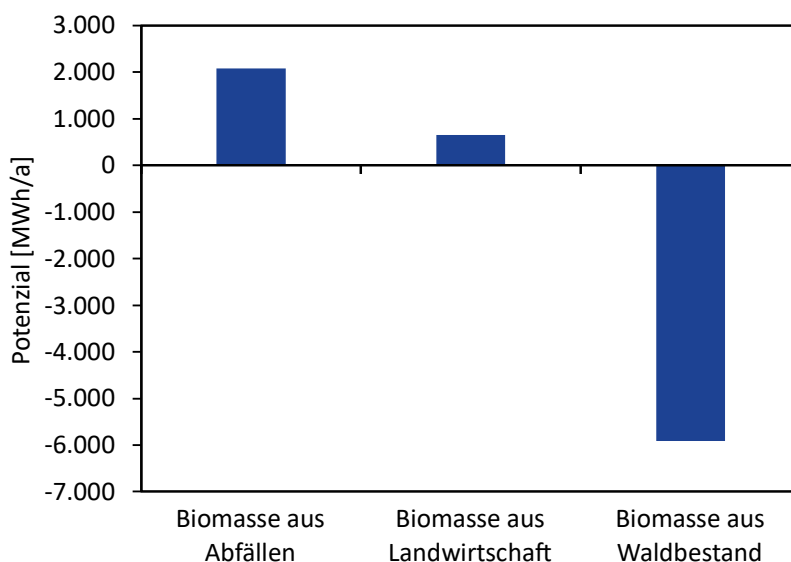


Abbildung 31: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand

Da bisher die Bilanzgrenzen um das Gemeindegebiet der Gemeinde Schwaig gezogen wurden, aber es möglich ist Holz aus benachbarten Gebieten zu importieren, werden zusätzlich die Potenzialflächen für Energieholz für die umliegenden Gemeinden aufgezeigt. Abbildung 32 zeigt das übrige Flächenpotenzial für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Schwaig. Eine negative Fläche bedeutet, dass mehr Holz genutzt wird als nachhaltig auf

dem Gemeindegebiet vorhanden ist. Das Potenzial für Heizkraftwerke stellt die Nutzung von Energieholz für KWK-Anlagen und zur Fernwärme dar. Das Potenzial für Kachelöfen und Einzelraumfeuerungen wird durch die Kleinf Feuerungsanlagen dargestellt.

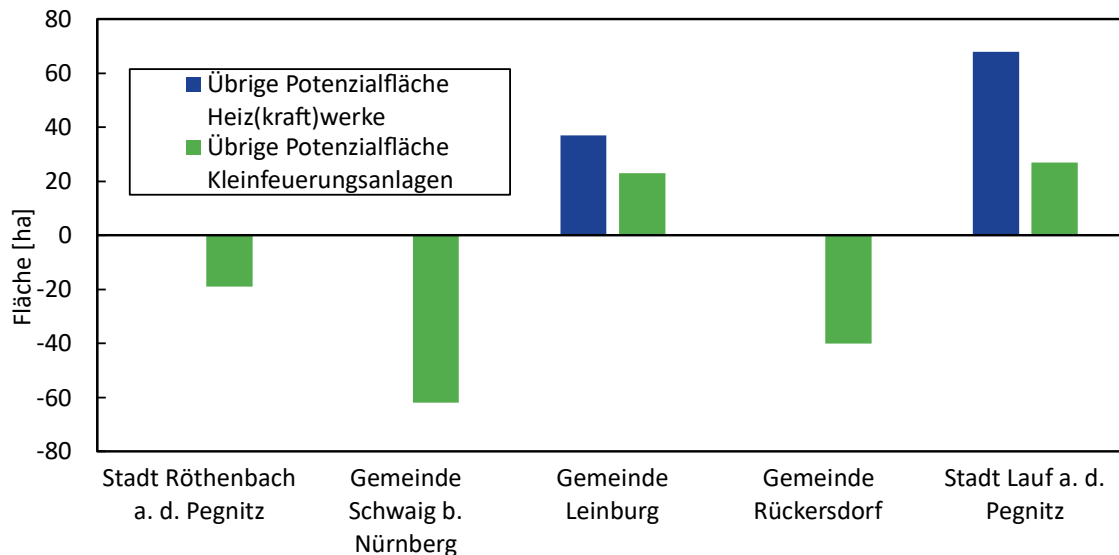


Abbildung 32: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Schwaig

Es ist zu sehen, dass für die Gemeinde Schwaig das Potenzial an Energieholz auf dem Gemeindegebiet sowohl für Heizkraftwerke sowie Kleinf Feuerungsanlagen negativ ist. Ein negatives Potenzial bedeutet, dass mehr Energieholz verwendet wird, als nachhaltig auf dem Gemeindegebiet nachwachsen kann. Im nahegelegenen Lauf a. d. Pegnitz dagegen ist das Potenzial hingegen noch nicht ausgeschöpft. Abbildung 33 zeigt, dass auch auf Landkreisebene noch Potenzialflächen vorhanden sind. Betrachtet man dagegen den ganzen Regierungsbezirk Mittelfranken, wird bereits erheblich mehr Energieholz eingesetzt als nachwachsen kann. Je nach Technologie zur Wärmebereitstellung wird im Energie-Atlas Bayern von einem spezifischen Flächenbedarf an Energieholz von 0,045 – 0,053 ha/MWh_{th} ausgegangen. Das Energiepotenzial aus Waldholz wurde durch die bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft errechnet [7].

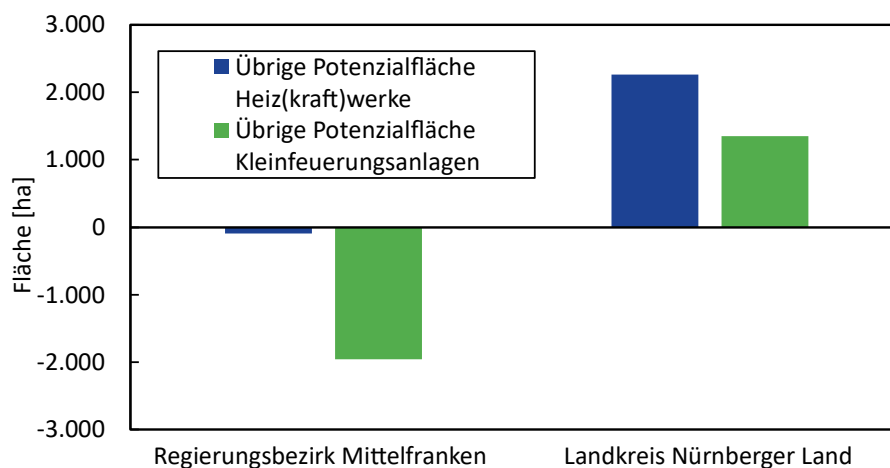


Abbildung 33: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der im Landkreis Nürnberger Land und im Regierungsbezirk Mittelfranken

Das Biomassepotenzial auf dem Gemeindegebiet ist also bereits ausgeschöpft, was auf die starke Nutzung von Energieholz zurückzuführen ist. Auch wenn es in manchen umliegenden Gemeinden und im Landkreis noch ungenutzte Potenziale gibt, ist das Potenzial im Regierungsbezirk betrachtet stark negativ.

4.4.4. Abwärme

Das Potenzial der Abwärme wird separat für die Bereiche Industrie, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Abwasser betrachtet. Da nicht für jedes Unternehmen Daten zur Verfügung stehen, sind die folgenden Potenziale nicht vollständig und lediglich die bekannten Energiemengen werden aufgelistet.

Unvermeidbare Abwärme aus Industrie:

Insgesamt nahmen fünf Firmen in Schwaig an der Befragung für Industrieunternehmen teil. Allerdings machten nur zwei davon Angaben zu ihren Abwärmemengen bzw. zeigten Interesse an der Einspeisung ihrer Abwärme in ein potenzielles Wärmenetz. Aus diesem Grund konnten nur diese beiden Angaben ins Potenzial mit einbezogen werden.

Kraft-Wärme-Kopplung:

Es gibt auf dem Gemeindegebiet nur ein BHKW, dessen installierte elektrische Leistung über 30 kW beträgt. Es handelt sich um die Anlage im Schwimmbad, bei der bereits eine Nutzung der Wärme stattfindet. Daher ist im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung kein Abwärmepotenzial vorhanden.

Abwasser:

Schwaig verfügt über keine eigene Kläranlage, die Abwässer werden nach Nürnberg geleitet. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Abwärme direkt aus den Kanälen zu gewinnen, für eine Quantifizierung des Potenzials liegen jedoch nicht genügend Daten vor.

Tabelle 18 und Abbildung 34 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Gewinnung von Wärme aus unvermeidbarer Abwärme und Abwasser.

Tabelle 18: Potenzialanalyse Abwärme

System	Potenzial [MWh/a]
Industrie	1.450
KWK-Anlagen	0
Abwasser Kläranlage	0
Gesamt	1.450

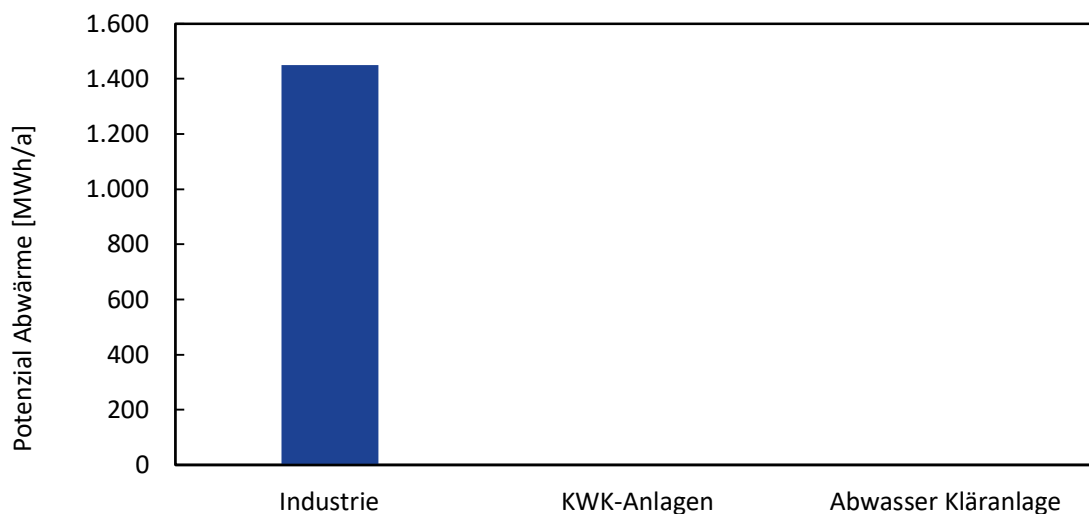


Abbildung 34: Potenzialanalyse Abwärme

4.4.5. Sonstige

Weitere mögliche Potenziale für erneuerbare Energien sind Umweltwärme, Tiefengeothermie und Kraft-Wärme-Kopplung. Die Quantifizierung des Potenzials von Umweltwärme, welche z.B. bei Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet wird, ist nicht sinnvoll. Gleichwohl werden diese Potenziale im weiteren Vorgehen betrachtet. Das Potenzial von Umweltwärme ist, in Bezug zu den betrachteten Energiemengen, quasi unbegrenzt. Da Schwaig in keinem der drei deutschen für hydrothermale Tiefengeothermie geeigneten Gebiete (Norddeutsches Becken, Süddeutsches Molassebecken, Oberrheingraben) liegt, wird dieses Potenzial als nicht vorhanden eingestuft. Neue Entwicklungen im Bereich der nicht-hydrothermalen Technologien der Tiefengeothermie könnten jedoch zukünftig neue Potenziale erschließbar machen. Das Potenzial an Biomasse aus Waldgebieten ist verbraucht. Da seitens des Gasverteilnetzbetreiber noch kein Transformationsplan für Wasserstoff vorliegt, wird diese Option nicht betrachtet. Aus diesen zwei Gründen wird das Potenzial von Kraft-Wärme-Kopplung als ausgeschöpft betrachtet. Zudem sind keine Anlagen zur thermischen Müllbehandlung auf dem Gemeindegebiet vorhanden. Perspektivisch könnte Wasserstoff im Gemeindegebiet eine Rolle spielen. 2032 soll das zukünftige Wasserstoff-Kernnetz laut dem Antragsentwurf zu einem Wasserstoff-Kernnetz der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. durch den Landkreis Nürnberger Land verlaufen [1]. Für die Deckung von Spitzenlasten in Heizzentralen könnte Wasserstoff also prinzipiell in Betracht gezogen werden. Primär liegt der Einsatzbereich von Wasserstoff auf dem Gemeindegebiet allerdings bei der Industrie.

4.4.6. Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme

In Abbildung 35 sind die abgeschätzten technisch-realistischen Potenziale für erneuerbare Wärme auf dem Gemeindegebiet aufgezeigt, nicht eingerechnet sind die Energiemengen, die schon genutzt werden. Umgebungswärme kann in Verbindung mit z.B. einer Wärmepumpe nutzbar gemacht werden. Da das Potenzial nicht sinnvoll abzuschätzen ist, wird dieses in der Graphik in grau exemplarisch dargestellt. Insgesamt ergibt das ein Potenzial von ca. 100.400 MWh pro Jahr plus die Energiemenge der Umweltwärme. Das Potenzial oberflächennaher Geothermie-Bebauung wird auf das Potenzial der Erdwärmesonden beschränkt, da eine

gleichzeitige Nutzung von Sonden und Kollektoren als unwahrscheinlich gilt. Da Solarthermie und Photovoltaik sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen in Konkurrenz stehen, wird dies in der untenstehenden Graphik berücksichtigt. Somit wird eine doppelte Betrachtung von Potenzialflächen verhindert.

Hierbei handelt es sich jedoch ausschließlich um Energiemengen. Parameter wie Temperatur oder zeitliche Verfügbarkeit der Wärmequelle sind noch nicht berücksichtigt. So variieren vor dem Hintergrund der verfügbaren Potenziale die zu präferierende Anwendung der verschiedenen Quellen. Der begrenzte Rohstoff Biomasse, der die Eigenschaft hat, im Verbrennungsprozess hohe Vorlauftemperaturen generieren zu können, sollte so im Schwerpunkt zur Deckung der Spitzenlast bei sehr niedrigen Außentemperaturen eingesetzt werden.

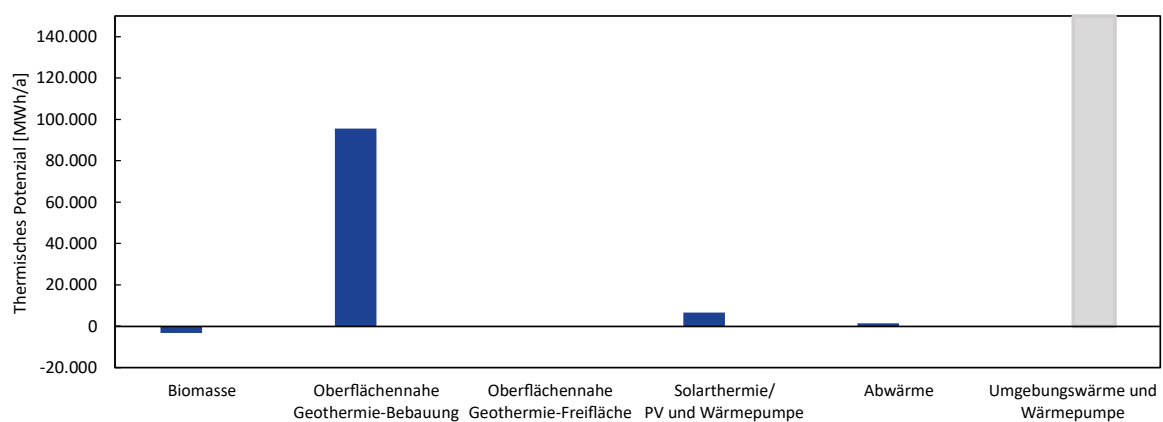


Abbildung 35: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme

4.5. Potenziale erneuerbarer Strom

In diesem Kapitel werden die Potenziale von erneuerbarem Strom in Form von Photovoltaik, Windenergie und Biomasse berechnet.

4.5.1. Photovoltaik

Analog zur Potenzialabschätzung der Solarthermie wird auch bei der Photovoltaik in Dach- und Freiflächen unterschieden.

Photovoltaik-Freiflächen:

Wie bei den Geothermie- und Solarthermie-Freiflächen besteht auch für PV-Freiflächen kein Potenzial, da keine geeigneten Grundstücke im Gemeindegebiet zur Verfügung stehen.

Photovoltaik-Dachflächen:

Das Dachflächenpotenzial für Photovoltaik wird aus dem Energie-Atlas Bayern entnommen [7]. Bereits für PV genutzte Dachfläche wird gegengerechnet.

Tabelle 19 und Abbildung 36 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Photovoltaik auf dem Gemeindegebiet Schwaig. Angegeben wird hier das noch nicht genutzte Potenzial.

Tabelle 19: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik

System	Potenzial [MWh _{el} /a]
Freiflächen-Photovoltaik	0
Dachflächen-Photovoltaik	31.700
Gesamt	31.700

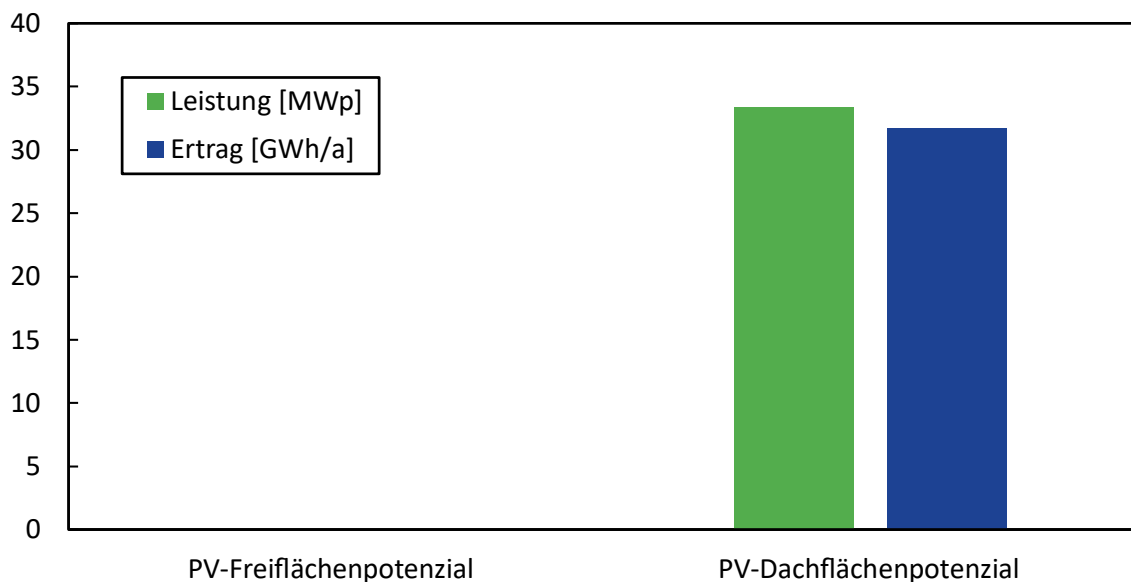


Abbildung 36: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik

Verglichen mit den Daten aus dem Marktstammdatenregister werden aktuell 12 Prozent des Potenzials an Photovoltaik im Gemeindegebiet genutzt.

4.5.2. Windenergie

Wie in Tabelle 20 dargestellt, gibt es im Gemeindegebiet Schwaig keine Potenzialflächen für Windenergie.

Tabelle 20: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen

Betrachtung	Potenzial [MWh _{el} /a]
Windenergieanlagen	0

4.5.3. Sonstige

In Bayern ist der Neubau von Wasserkraftanlagen vor allem an bereits vorhandenen und noch nicht energetisch genutzten Querbauwerken vorgesehen [7]. Darüber hinaus sind hierbei Anforderungen hinsichtlich Mindestwasserführung, Durchgängigkeit und Fischschutz zu erfüllen [30]. Aus diesem Grund wird das Potenzial von Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung in Schwaig als nicht vorhanden eingestuft. Laut Energie-Atlas Bayern ist das Potenzial für Biomasse zur Stromerzeugung bereits ausgenutzt [7]. Da seitens des Gasverteilnetzbetreiber noch kein Transformationsplan für Wasserstoff vorliegt, wird diese Option nicht betrachtet. Aus diesen zwei genannten Gründen wird das Potenzial von Kraft-Wärme-Kopplung als ausgeschöpft betrachtet.

4.5.4. Zusammenfassung Potenzial Strom

Das Potenzial zur Erzeugung von elektrischer Energie besteht auf dem Gemeindegebiet von Schwaig nur aus Photovoltaik mit einer möglichen jährlichen Strommenge von circa 31.700 MWh_{el} pro Jahr.

4.6. Anschlussinteresse an einem Wärmenetz

Im Zuge der Bestandsanalyse wurde ein Fragebogen an die Bürgerinnen und Bürger ausgehändigt. Darin wird u.a. das Interesse am Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz abgefragt. Insgesamt gibt es nach aktuellem Stand 120 Rückläufer. Bei 2753 Adressen ergibt das eine Antwortquote von circa 4,4 Prozent. Da die Adressen auch industrielle Gebäude und Öffentliche Einrichtungen umfassen, die nicht in diese Befragung mit aufgenommen wurden, ist die Rücklaufquote der Verbrauchsgruppe Wohnen & Kleinverbraucher noch einmal höher. Tabelle 21 listet die Antworten der Bürgerinnen und Bürger auf die Frage, ob ein Interesse am Anschluss Ihres Hauses an ein Wärmenetz besteht, auf. Abbildung 37 stellt das Ergebnis graphisch prozentual dar.

Tabelle 21: Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. Auswertung der Rückläufer der Fragebögen an die Bürgerinnen und Bürger

Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz	Anzahl Gebäude
Ja	92
Nein	26
Keine Angabe	2
Summe	120

Bei circa 77 Prozent der Antworten besteht Interesse am Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz der Bürgerinnen und Bürger. Da weniger als 5 Prozent der Hauseigentümer den

Fragebogen ausgefüllt haben, lässt sich dieses Ergebnis nicht auf die ganze Gemeinde übertragen. Es liegt außerdem nahe, dass Personen, die ein Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz haben, mehr gewillt sind, einen Fragebogen auszufüllen. Dennoch kann anhand dieser Rückmeldungen darauf geschlossen werden, dass der Aus- und Neubau von Wärmenetzen in dem Gemeindegebiet auf das Interesse der Bürgerinnen und Bürger stößt. Außerdem können Gebiete mit besonders vielen Interessenten identifiziert werden. Abbildung 38 zeigt kartografisch das Interesse von Gebäuden am Anschluss an ein Wärmenetz auf.

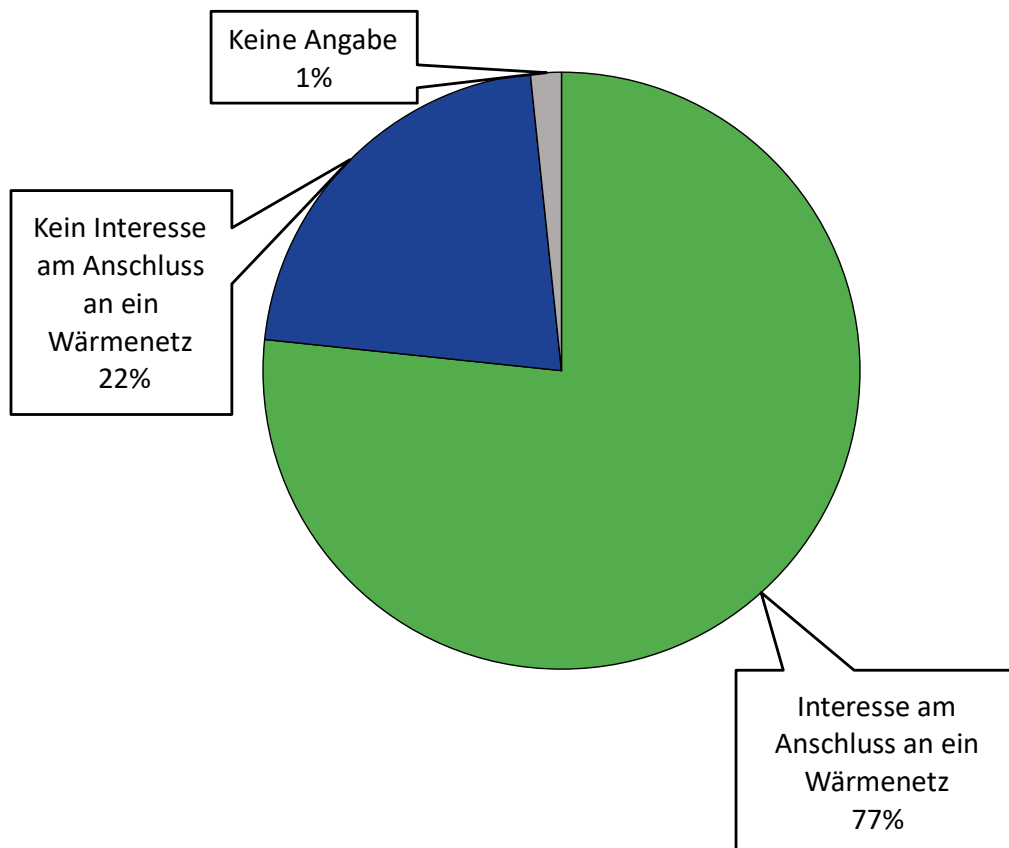


Abbildung 37: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. Auswertung der Rückläufer der Fragebögen an die Bürgerinnen und Bürger

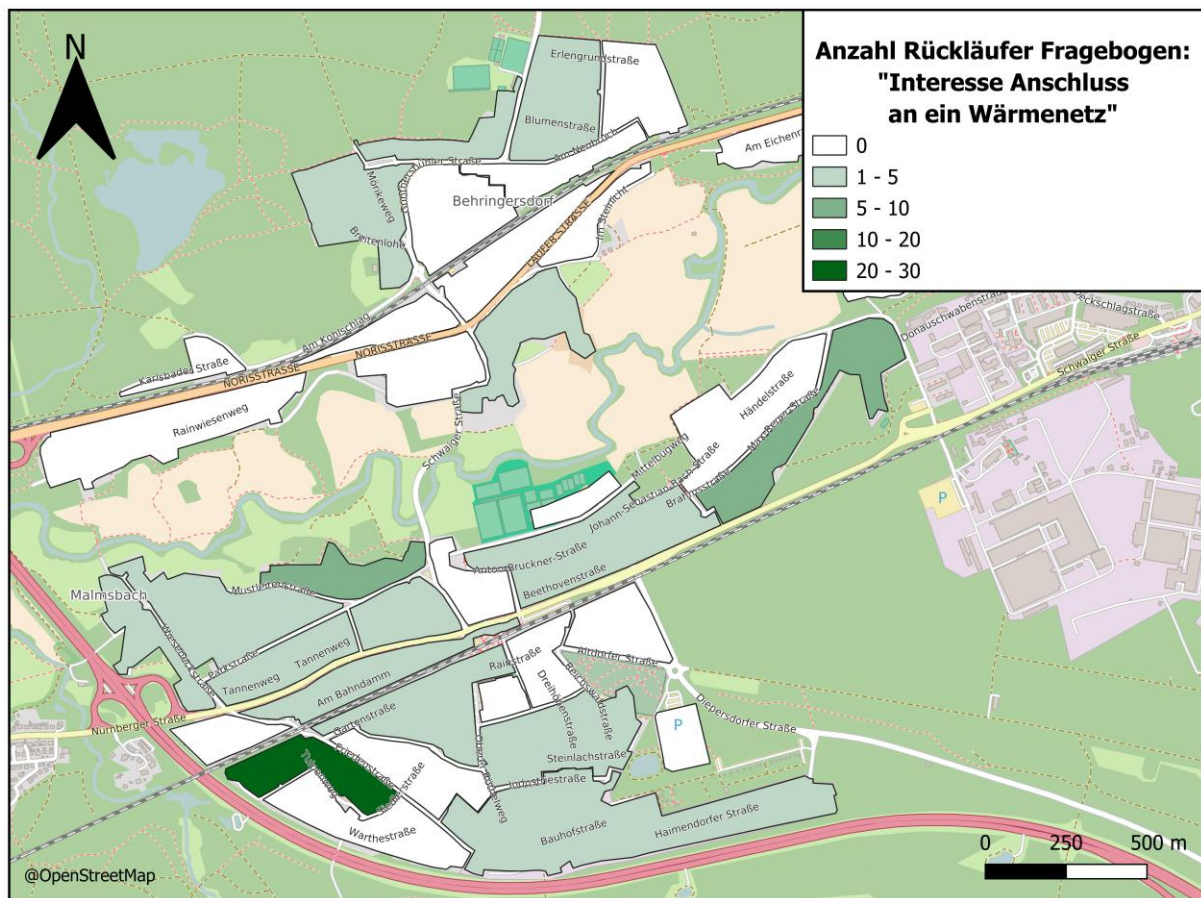


Abbildung 38: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz

5. Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse

In *Abbildung 39* sind die Verbräuche und Potenziale der Sektoren Wärme und Strom gegenübergestellt. Die Verbräuche sind zudem auf die einzelnen Verbrauchergruppen aufgeteilt. In Grau ist wieder das nicht zu quantifizierende Potenzial von Umweltwärme dargestellt. Es ist zu sehen, dass bilanziell das Potenzial an erneuerbarer Energie den aktuellen Verbrauch überragt. Dies ist besonders signifikant im Wärmebereich, bei dem das genaue Potenzial aufgrund der theoretisch unbegrenzt zur Verfügung stehenden Umgebungswärme schwer quantifizierbar ist. Im Strombereich ist das Potenzial ebenfalls höher als der Verbrauch, allerdings nur um etwa 1,1-fache. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl das Temperaturniveau als auch die Verfügbarkeit des Potenzials eine entscheidende Rolle spielen. So kann das Potenzial von oberflächennaher Geothermie nur schwer für Hochtemperatur-Prozesswärme in der Industrie genutzt werden. Auch das elektrische Potenzial von PV- und Windenergieanlagen steht häufig nicht zur richtigen Zeit zur Verfügung. Daher spielen ein schlaues Energiemanagement und Speicher eine wichtige Rolle. Vor allem der Austausch von Erdgas hin zu umweltfreundlichen Energieträgern für Prozesswärme in der Industrie stellt eine große Herausforderung dar. Ebenfalls muss berücksichtigt werden, dass ein Teil des Potenzials der Wärme mit dem elektrischen Potenzial verschnitten ist (Anteil Strom der Wärmepumpe).

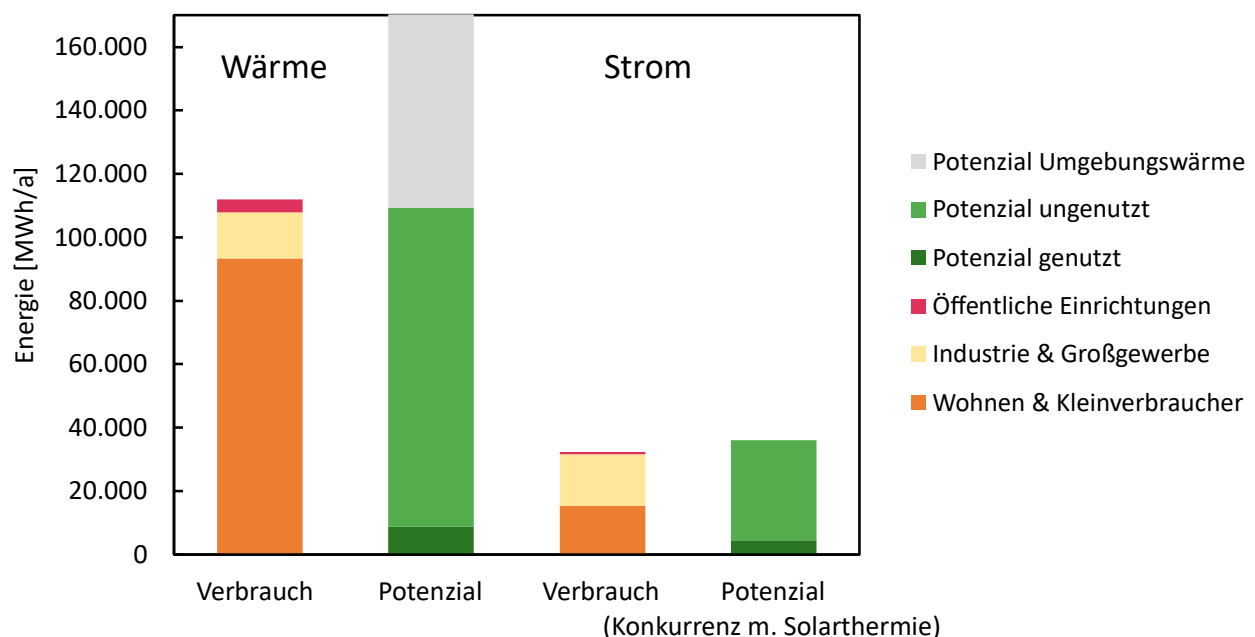


Abbildung 39: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom

6. Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Gemeinde auf Baublockebene auf das Potenzial einer zentralen Wärmeversorgung mittels Wärmenetz untersucht. In allen als Wärmenetzeignungsgebiet deklarierten Bereichen ist eine weitere Untersuchung zur möglichen Realisierung eines Wärmenetzes sinnvoll. Diese Einordnung ist eine Empfehlung an die Kommune, entsprechende Gebiete eingehender zu betrachten und weitere Studien durchzuführen. In einem Gebiet, welchem eine Wärmenetzeignung zugesprochen wurde, ist der Bau eines Netzes jedoch nicht garantiert. Dafür sind zuerst weitere Studien und Bemühungen notwendig. In allen anderen Gebieten wird eine dezentrale Wärmeversorgung empfohlen.

6.1. Einteilungskriterien

Im Zuge der Einteilung der Stadt in Wärmeversorgungsgebiete wird jeder Baublock nach dessen Wärmenetzeignung anhand des vorhandenen Wärmebedarfs als auch des Potenzials erneuerbarer Wärmequellen vor Ort betrachtet. Diese Parameter werden auf Basis der folgenden Kriterien bewertet:

- **Wärmebedarf:**
 - o Wärmebedarfsdichte (bezogen auf die Baublockfläche)
 - o Wärmeliniendichte
 - o Sanierungspotenzial auf Basis der Bausubstanz (nur halbe Gewichtung)
- **Vorhandenes Potenzial:** Bewertung der vorhandenen Wärmequellen nach ihrer Eignung für die Einspeisung in ein Wärmenetz (Gewichtung der Quellen zwischen 0,5 und 3 Punkten)
- **Andere Faktoren:**
 - o Vorhandenes oder in unmittelbarer Umgebung befindliches Wärmenetz
 - o Vorhandene Ankerkunden/ Großabnehmer (Gemeinde oder Firma/ Wohnungsgesellschaft mit bekanntem Anschlussinteresse)
 - o Hohes Anschlussinteresse (auf Basis der Befragung der Bürgerinnen und Bürger)

Zudem werden die Anmerkungen und Vorhaben der relevanten Akteure (v.a. Energieversorger) in die Einteilung miteinbezogen. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe der Bewertungsmatrix dargestellt in Abbildung 40.

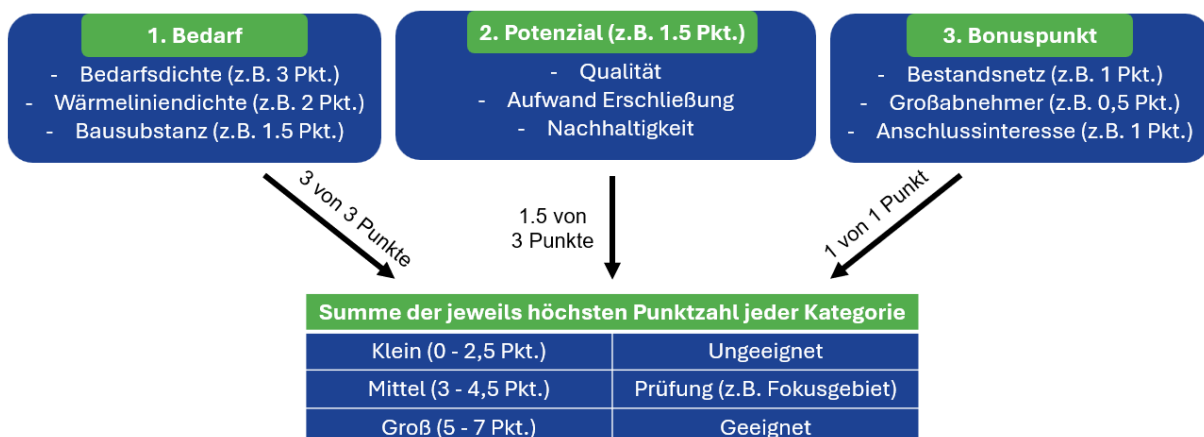


Abbildung 40: Bewertungsmatrix zur Bestimmung von Wärmenetzeignungsgebieten.

In den Bereichen Bedarf und Potenzial können jeweils maximal 3 Punkte erreicht werden. Die anderen Faktoren machen zusammen maximal einen Punkt aus. Ausschlaggebend für die Wertung ist jeweils die Teilkategorie, die die meisten Punkte erreicht. Erhält ein Baublock zum Beispiel in der Wärmebedarfsdichte 3, in der Wärmeliniendichte 2 und beim Sanierungspotenzial 1,5 Punkte, wird der Bereich Wärmebedarf insgesamt mit 3 Punkten gewertet. Dasselbe Vorgehen wird beim vorhandenen Potenzial und den vorhandenen Wärmequellen verfolgt. So kann jeder Baublock maximal 7 Punkte erreichen. Die Abstufung der erreichten Punktzahlen innerhalb der einzelnen Einteilungskriterien wird anhand von Erfahrungswerten und Richtwerten aus der Literatur bestimmt [15, 31, 32, 33].

Tabelle 22: Kategorien Einstufung Wärmenetzeignung

Erreichte Punkte aus Bewertung	Einstufung Wärmenetzeignung
Bis einschließlich 1,5 Punkte	Sehr wahrscheinlich ungeeignet
Bis einschließlich 3 Punkte	Wahrscheinlich ungeeignet
Bis einschließlich 4,5 Punkte	Wahrscheinlich geeignet
Alle über 4,5 Punkte	Sehr wahrscheinlich geeignet

6.2. Wärmenetzeignung

Abbildung 41 zeigt die Baublöcke der beiden Ortsteile Behringsdorf und Schwaig mit der jeweils ermittelten Eignung für ein Wärmenetz. In Dunkelrot und Hellrot eingefärbt sind Gebiete, in welchen sowohl ein heißes als auch ein kaltes Nahwärmenetz als (sehr) wahrscheinlich geeignet erachtet wird. Die in Dunkelblau und Hellblau eingefärbten Gebieten sind für ein Wärmenetz als (sehr) wahrscheinlich ungeeignet eingestuft, was bedeutet, dass in diesen Baublöcken eine dezentrale Wärmeversorgung wahrscheinlich geeigneter ist. Aber auch hier können unter bestimmten Gegebenheiten Inselnetze (z.B. fünf Häuser mit gemeinsamer Wärmeversorgung) oder kalte Nahwärmenetze realisiert werden. Eine netzgebundene Wärmeversorgung sollte also nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Prüfgebiete, in Lila eingefärbt, weisen darauf hin, dass eine besondere Situation vorliegt.

Die meisten Baublöcke in Schwaig sind als wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet für ein Wärmenetz eingestuft. Dies ist unter anderem auf die in der Potenzialanalyse beschriebenen Schutzgebiete und den Mangel an geeigneten Freiflächen zurückzuführen. Vier Gebiete wurden als wahrscheinlich und sehr wahrscheinlich geeignet eingestuft. Es handelt sich dabei um einen Baublock in Behringsdorf und drei Baublöcke in Schwaig:

- Baublock „Schürstabstraße“ (mit Bürgersaal, Freiwillige Feuerwehr, Schloss und Volkshochschule): hoher Wärmeliniendichte und viele kommunale Liegenschaften
- Baublock „Schwimmbad“: sehr hoher Wärmebedarf und kommunales Gebäude
- Baublock „Hofackerstraße“: sehr hohe Wärmeliniendichte
- Baublock „Haimendorfer Straße“: Potenzial an industrieller Abwärme

Der Baublock um die Firma Zapfwerke GmbH & Co. KG wurde als Prüfgebiet deklariert, da für eine fundierte Aussage zur Wärmenetzeignung ausführliche Gespräche der Kommune mit dem Unternehmen notwendig sind.

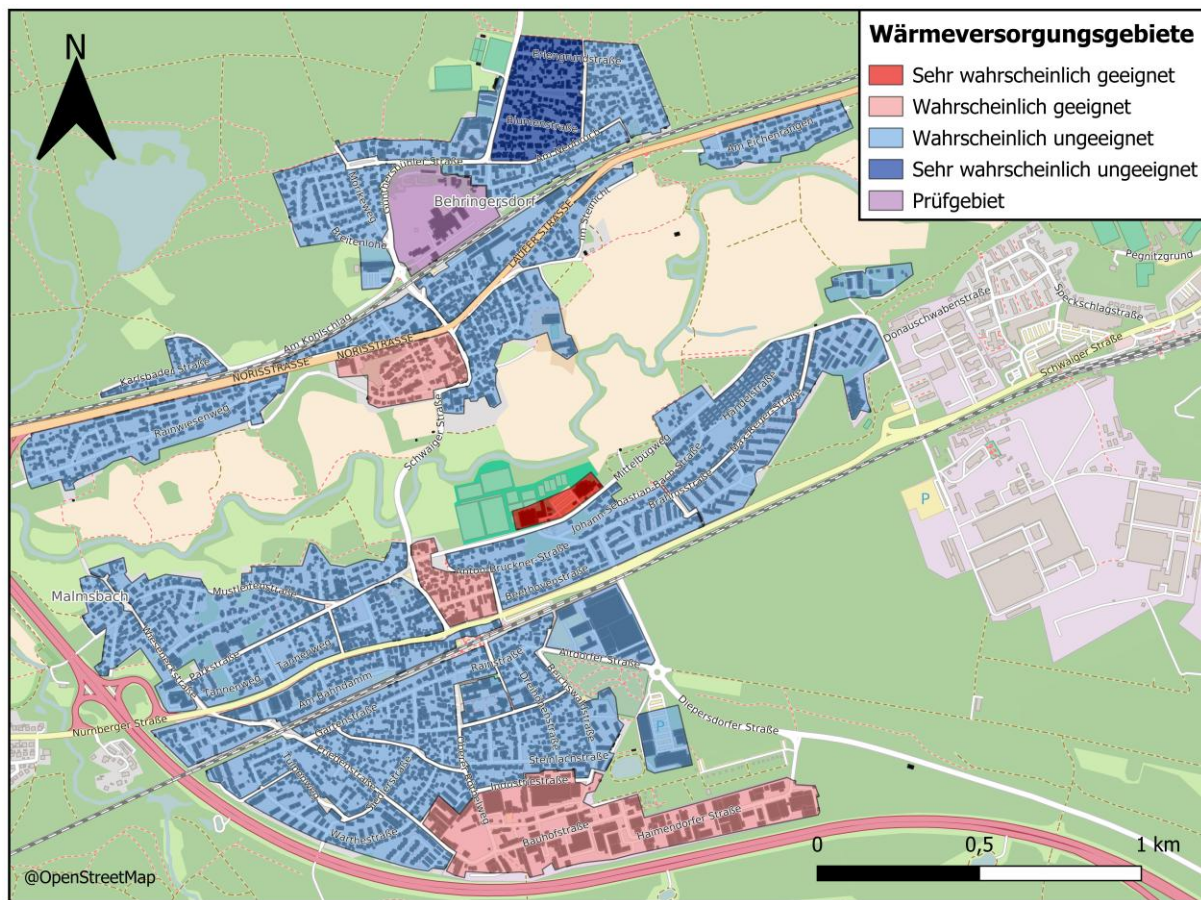


Abbildung 41: Einteilung der Gemeinde Schwaig in Wärmenetzeignungsgebiete.

7. Fokusgebiet Schloss Schwaig

Im Rahmen der Kommunalrichtlinie sind zwei Fokusgebiete im Zuge der kommunalen Wärmeplanung zu erstellen. Fokusgebiete sind Projekte, die aufgrund ihrer signifikanten Auswirkung auf dem Weg zur Klimaneutralität mit Priorität zu behandeln sind. Hierbei sind zusätzlich konkretere und räumlich verortete Umsetzungspläne zu erarbeiten. Für die Gemeinde Schwaig werden zwei potenzielle Wärmenetze untersucht.

Als erstes Fokusgebiet wird das Schloss Schwaig mit den umliegenden kommunalen Liegenschaften und Wohngebäuden detaillierter betrachtet. Das Schloss und die umliegenden Gebäude sind Teil des festgelegten Sanierungsgebiets „Altort Schwaig“.

Das untersuchte Gebiet wird begrenzt durch die Parkstraße im Norden, die Behringersdorfer Straße im Osten, die Lindenstraße im Süden und die Häuser an der Schloßhofstraße bzw. Schloßplatz im Westen. Bei den kommunalen Liegenschaften Schloss, Bibliothek und Tagelöhnerhaus sowie dem Wohnhaus in der Behringersdorfer Straße 13 handelt es sich um Bau- und Denkmäler. Aktuell werden das Schloss und die Bibliothek bereits mit einem gemeinsamen Heizsystem versorgt.

In Abbildung 42 ist das mögliche Wärmenetz mit allen angeschlossenen Gebäuden und einer Heizzentrale auf dem Parkplatz vor dem Schloss dargestellt. Die Rohrleitungen sind eingefärbt nach der maximal in den einzelnen Abschnitten übertragbaren Leistung. Wohngebäude sind in grau, Nicht-Wohngebäude in rot dargestellt

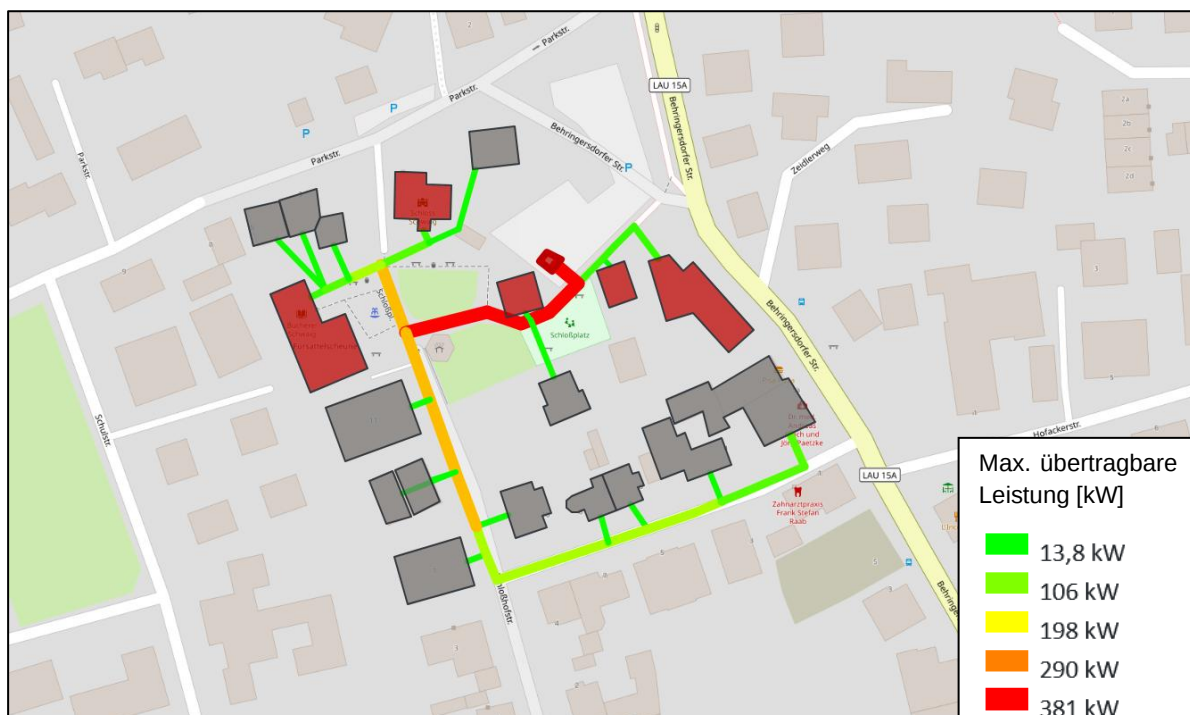


Abbildung 42: Mögliches Wärmenetz um das Schloss Schwaig. Wohngebäude in grau, Nicht-Wohngebäude in rot. Netzzentrale rot umrandet.

Tabelle 23 listet die Wärmebedarfe und Anzahl der potenziellen Hausanschlüsse im Netzgebiet auf. Die Länge der Verteilungen des Netzes beträgt ungefähr 0,3 Kilometer, hinzu kommen die Hausanschlussleitungen mit ca. 0,2 Kilometer Länge. Der Gesamtwärmebedarf

summiert sich auf ungefähr 800 MWh/a. Insgesamt sind 20 Häuser (einschl. Netzzentrale und bezogen auf eigene Hausnummern, teils handelt es sich um Doppelhäuser) im Netzgebiet vorhanden. Die Wärmebedarfe basieren so weit möglich auf in den Fragebögen angegebenen realen Verbrauchswerten sowie Näherungsrechnungen auf Basis der straßenzugsweisen Gasverbräuche. Darüber hinaus wird auf das Wärmekataster des verwendeten Simulationstools nPro [34] zurückgegriffen.

Tabelle 23: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude

Abnehmergröße	Wärmebedarf [MWh/a]	Anzahl Gebäude
< 25 MWh/a	60	4
25 – 60 MWh/a	470	13
> 60 MWh/a	290	3
Gesamt	820	20

Es wird von einer Anschlussquote von 100 Prozent ausgegangen. In der Realität wird die tatsächliche Anschlussquote vermutlich geringer sein, was die spezifischen Wärmegestehungskosten entsprechend erhöhen wird. Abbildung 43 zeigt die benötigte Wärmeleistung des Quartiers (einschließlich der Verluste in den Leitungen), ermittelt anhand von Standardprofilen. Wärme wird vor allem in den Wintermonaten zur Raumheizung benötigt. Die Spitzen stellen besonders kalte Tage dar. Dennoch ist auch in den Sommermonaten Wärme für Warmwasser erforderlich. Die Jahresdauerlinie gibt an, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Leistung bereitgestellt werden muss.

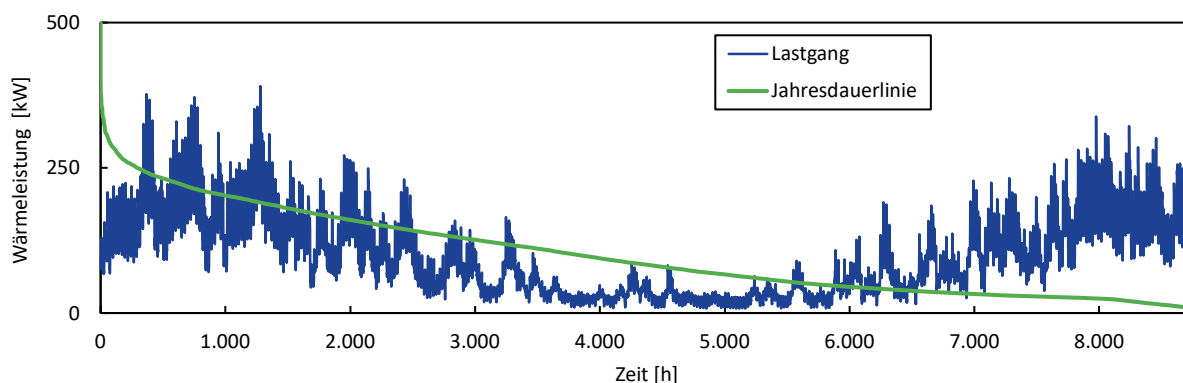


Abbildung 43: Benötigte Wärmeleistung des Quartiers (einschl. Verluste) in kW mit Jahresdauerlinie

7.1. Abgrenzung zum Gebäudenetz

Die Zuordnung der Bezeichnung Wärmenetz oder Gebäudenetz hat Einfluss auf die mögliche Förderung der Maßnahme.

In der Bundesförderung für effiziente Gebäude wird ein Gebäudenetz als ein Wärmeversorgungsnetz mit 2 bis 16 Gebäuden und bis zu 100 Wohneinheiten definiert. Netze mit mehr als 16 Gebäuden werden also nicht mehr von der Förderung abgedeckt [35]. Ab einer Anzahl von 17 Gebäuden kann die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) beantragt werden [36].

Bei kleinen Netzen wie das des Fokusgebiets Schloss Schwaig ist die Definition des Gebäudes entscheidend. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle legt folgende Kriterien fest:

„Als ein Gebäude im Rahmen der BEW gilt grundsätzlich jede vollständig abgeschlossene Gebäudehülle (Gründung, Wände, Türen, Fenster, Dach), welche einen Wärmebedarf hat und durch das Wärmenetz mit Wärme versorgt werden soll.

Bei Doppelhaushälften und Reihenhäusern zählt jedes Teilhaus - sofern jedes Teilhaus mit einer separaten Heizungsanlage versorgt wird, bzw. einen separaten Hausanschluss oder Hausübergabestation hat - als separates Gebäude.“ [37]

Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die im Gebiet befindlichen Doppelhaushälften jeweils über eine eigene Heizung verfügen und das Netz damit unter die Definition eines Wärmenetzes nach BEW fällt (19 angeschlossene Gebäude). Vor Beantragung einer Machbarkeitsstudie nach BEW ist dies in jedem Fall zu überprüfen. Ebenfalls zu prüfen ist das tatsächliche Anschlussinteresse der Eigentümer.

7.2. Auslegung Wärmenetz

Zur Konzeptionierung der Wärmeversorgung des Fokusgebietes Schloss Schwaig über ein Wärmenetz wird das Simulationsprogramm nPro verwendet. Dieses Tool wurde speziell für die Planung und Simulation von Energieversorgungskonzepten entwickelt und bietet auf Grundlage vielfältiger Last- und Erzeugungsprofile eine ausführliche Systemsimulation mit verschiedenen Arten von Energieverbrauchern sowie -quellen. Betrachtet wurde eine Kombination folgender Wärmequellen:

- Luftwärme
- Biomethan zur Spitzenlastdeckung

Die optimale Kombination dieser Potenziale wird im Folgenden untersucht.

Da wie in der Potentialanalyse dargelegt das Biomassepotential auf dem Gemeindegebiet bereits weitestgehend ausgereizt ist, soll Umgebungswärme in Form von Luft die Hauptquelle des Wärmenetzes darstellen. Biomethan als Verbrennungsprozess wird zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz benötigt. Aus den möglichen Biomassequellen (Hackschnitzel und Biomethan) wird in diesem Fall von einem Biomethankessel ausgegangen, da im betrachteten Gebiet ein flächendeckendes Gasnetz vorhanden ist. Übergangsweise kann also auch Erdgas als Spitzenlastabdeckung verwendet werden, bis die Gasversorgung klimaneutral wird oder unter Umständen die Nutzung von Wasserstoff möglich ist. Außerdem ist laut Potenzialanalyse im Stadtgebiet noch ein ungenutztes Potenzial für Biogas aus Landwirtschaft, Grüngut und Abfällen aus der Biotonne von circa 2.000 MWh vorhanden, was teilweise in diesem Wärmenetz zum Einsatz kommen könnte.

In Abbildung 44 ist schematisch der Versorgungsfall dargestellt. Gleichzeitig zeigen die Linien bereits mit der jeweiligen Breite die Energiemengen im Jahresverlauf an, ähnlich wie in einem Sankey-Diagramm. In den folgenden Auslegungen wird ausschließlich Strom (für die Energiezentrale), Umweltwärme in Form von Luftwärme sowie Biomethan zur Wärmebereitstellung betrachtet. Anfänglich kann, bis zur flächendeckenden Verfügbarkeit, Erdgas anstatt Biomethan zur Spitzenlast genutzt werden.

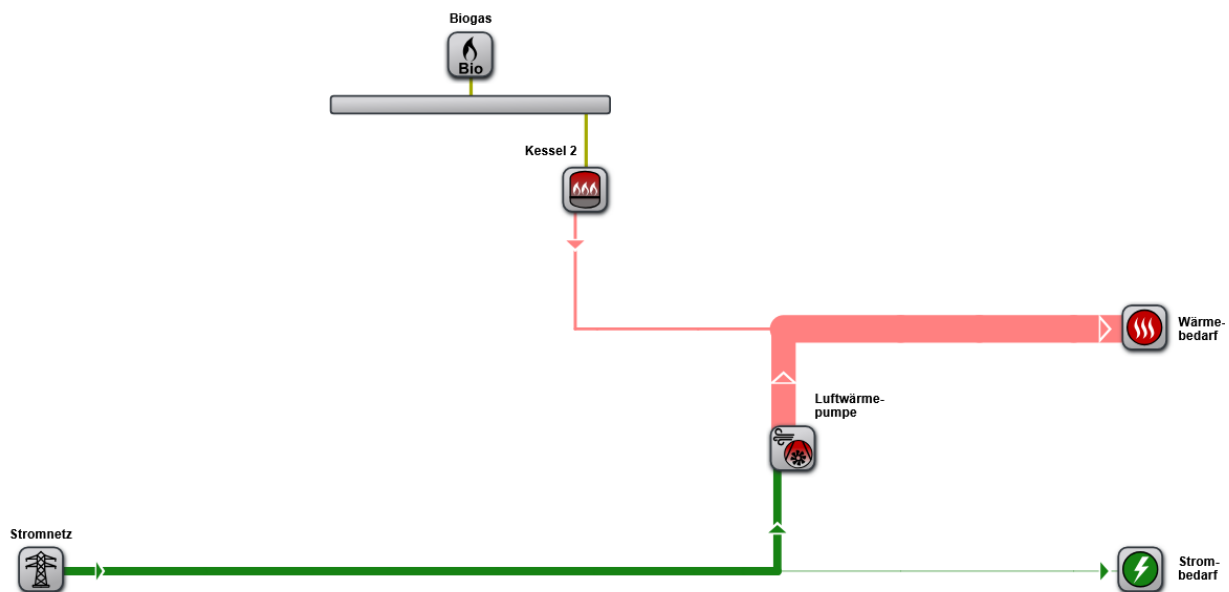


Abbildung 44: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [34]

7.3. Annahmen Berechnung

In diesem Unterkapitel sind alle Annahmen zur Wärmenetzauslegung und Kostenrechnung aufgelistet. Alle folgenden Preisangaben sind netto-Werte. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Varianten wird in Anlehnung an das Kurzverfahren nach VDI 2067 [38] durchgeführt. Tabelle 24 zeigt die Annahmen und Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wärmekonzepte. Diese basieren auf aktuellen Marktpreisen und Entwicklungen der letzten Jahre sowie eigenen Annahmen. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird angenommen, dass die BEW-Förderung mit einer Förderquote von 40 Prozent der förderfähigen Kosten zum Tragen kommt [39].

Tabelle 24: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung

Parameter	Wert
Betrachtungshorizont	20 Jahre
Kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Förderung auf Investitionen (BEW)	40 %
Lebensdauer Komponenten	20 – 40 Jahre (je nach Technologie)
Wartungskosten	1 – 2,5 % der Investitionskosten (je nach Technologie)

Für die Kostenermittlung sollte das gesamte Wärmenetz inklusive Wärmeerzeuger, Leitungen und Übergabestationen betrachtet werden. Tabelle 25 listet die spezifischen Kosten einzelner Komponenten zur Wärmeerzeugung und zum Netzbau auf. Für Planungskosten, Regeltechnik und unvorhergesehene Kosten werden Pauschalen angesetzt. Die Kosten der Wärmeerzeuger entstammen zum Großteil dem Technikkatalog des Bundes [40] und den in nPro hinterlegten Angaben [34]. Die Installationskosten sind bereits in den spezifischen Kosten enthalten. Die Preise der Energieträger beziehen sich auf aktuelle Marktpreise [41] [42]. Es wird davon ausgegangen, dass bei den eingesetzten Strommengen Industriestrompreise in Anspruch genommen werden können.

Tabelle 25: Preiskomponenten für Kostenschätzung

Preiskomponente	Angesetzte Kosten
Biogas-Kessel (Biomethan)	131 €/kW _{th}
Luft-Wärmepumpe	1.163 €/kW _{th}
Wärmenetz (Rohrleitung + Verlegekosten)	350 - 470 €/m (durchmesserabhängig)
Hausanschlüsse	10.000 € je Gebäude
Pauschale Planung	10 % der Gesamtkosten
Pauschale Mess- und Regelungstechnik	15 % der Gesamtkosten
Pauschale unvorhergesehene Kosten	5 % der Gesamtkosten
Strompreis	16,99 ct/kWh (keine Preisänderung)
Biogas-Preis (Biomethan)	12 ct/kWh (keine Preisänderung)
CO ₂ -Bepreisung	55 €/t

Die CO₂-Bepreisung wird hier als Fixwert (Stand 2025) angenommen, da die Prognosen für den zukünftigen Verlauf sehr hohe Unsicherheiten aufweisen. Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung sind in Tabelle 26 aufgelistet. Die spezifischen CO₂-Emissionen der Energieträger stimmen mit den Werten aus der Potenzialanalyse überein. Die Verlustwerte entstammen dem Technikkatalog des Bundes [40].

Tabelle 26: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung

Parameter	Wert
CO ₂ -Emissionen Strombezug	381 g/kWh
CO ₂ -Emissionen Biogas (Biomethan)	90 g/kWh [18]
Wärmeverluste	15,8 % der bereitgestellten Wärme

Ergebnis der Betrachtungen sind die Investitionskosten für das Wärmenetz. Diese stellen die Kosten für die Errichtung des gesamten beschriebenen Energiesystems dar. Neben der Anschaffung der Komponenten wird auch der Aufwand für Planung, Genehmigungen, Installation und Inbetriebnahme berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden Kosten für Komponenten, die unabhängig vom jeweiligen Energiesystem ohnehin erforderlich wären, darunter etwaige Anpassungen und Sanierung in den Gebäuden. Die Gesamt-Investitionskosten werden per Annuitätenmethode auf Basis des zugrunde gelegten Kapitalzins auf die Nutzungsdauer umgelegt, um die jährlichen kapitalgebundenen Kosten zu erhalten. Ein weiteres Ergebnis und wichtiger wirtschaftlicher Faktor sind die Wärmegestehungskosten. Unter diesen Kosten ist der Preis zu verstehen, der unter Berücksichtigung von Errichtung, Wartung, Betrieb und Verbrauch (Strom sowie Brennstoffe) für die Bereitstellung von einer Kilowattstunde Nutzwärme entsteht. Angegeben werden die Wärmegestehungskosten als Preis pro Wärmemenge.

7.4. Ergebnisse Simulation Wärmenetz

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Simulation des Wärmenetzes einschließlich der wichtigsten wirtschaftlichen Kennzahlen sowie der emittierten CO₂-Äquivalente dargestellt.

Tabelle 27 zeigt die wichtigsten Parameter des Netzes. Aus der Strommenge, welche zum Betreiben der Wärmepumpe benötigt wird, sowie dem Biomethanverbrauch lassen sich die Anteile der Wärmebereitstellung der einzelnen Energieträger errechnen. Ebenfalls dargestellt werden die beim Betrieb anfallenden Treibhausgasemissionen sowie die wirtschaftlichen Kennzahlen, allen voran der Endpreis für den Kunden. Der Verbraucherpreis wird anhand der

Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 Prozent der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 Prozent) errechnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Kosten lediglich eine Orientierung geben sollen und nach der tatsächlichen Realisierung dieses Netzes die Verbraucherpreise abweichen können.

Tabelle 27: Ergebnisse Simulation Wärmenetz

Wärmenetz Schloss Schwaig / Sanierungsgebiet	
Wärmeerzeugung in Energiezentrale [MWh/a]	890
Wärmebedarf der Abnehmer [MWh/a]	820
Spitzenlast [kW]	390
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	270
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	110
Leistung Luftwärmepumpe [kW _{th}]	250
Leistung Biomethankessel [kW _{th}]	390
Anteil Wärmebereitstellung Luftwärme [%]	88,9
Anteil Wärmebereitstellung Biomethan [%]	11,1
CO ₂ - Äq. Emissionen spezifisch 2025 [g/kWh]	130
CO ₂ - Äq. Emissionen absolut 2025 [t/a]	106
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	0,43
Wärmegestehungskosten (mit Förderung) [ct/kWh]	13,3
Verbraucherpreis (mit Förderung) [ct/kWh]	17,7

Der Anteil der bereitgestellten Wärme durch Luftwärme liegt ungefähr bei 89 Prozent und Biomethan bei 11 Prozent. Abbildung 45 zeigt den monatlichen Einsatz bereitgestellter Wärme aufgeteilt nach Energieträgern. Von April bis Oktober wird die Wärme fast ausschließlich durch die Luftwärmepumpe gedeckt. Biomethan kommt weitestgehend nur in den Monaten November bis Februar zum Einsatz. Der Verbraucherpreis ist mit netto 17,7 bzw. brutto 21,1ct pro kWh in einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen.

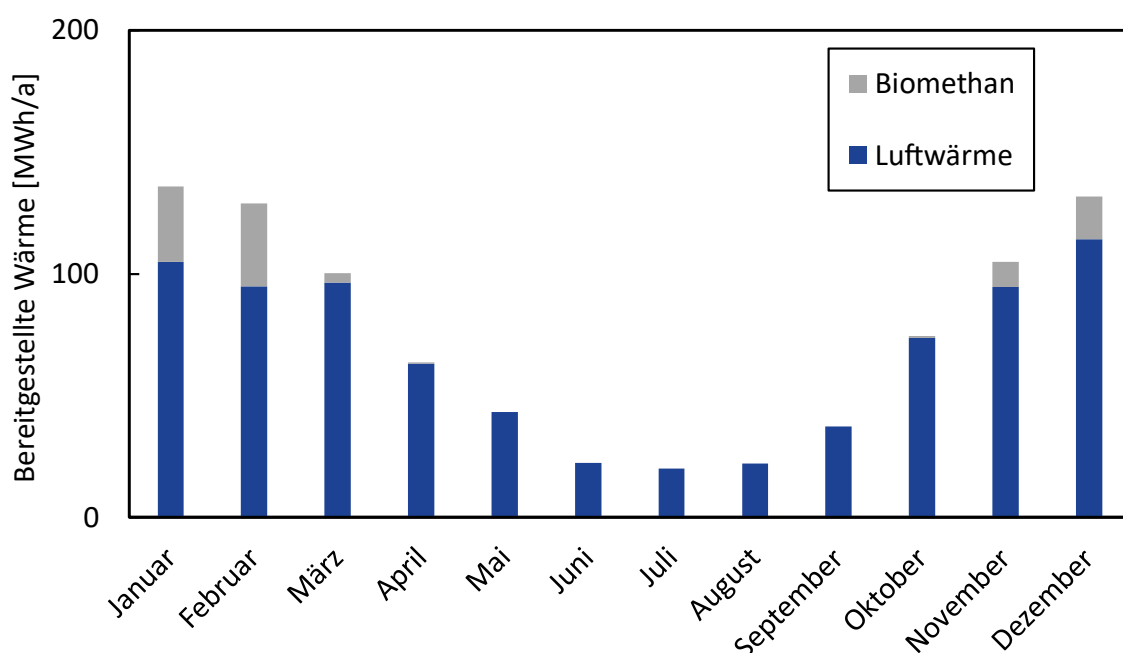


Abbildung 45: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger

Die spezifischen CO₂-Äquivalente liegen bei ca. 130 g/ kWh. Im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung des Schlosses, größtenteils gedeckt durch Gas und Öl, mit spezifischen Emissionen von 342 g/kWh (mittlere Emissionen der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher nach Treibhausgasbilanz) sind die spezifischen Emissionen des betrachteten Wärmenetzes geringer. Abbildung 46 zeigt den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung im Vergleich mit dem simulierten Wärmenetz. Zudem ist der gesamte Wärmebedarf der Gebäude dargestellt. Dieser reduziert sich um circa 20 Prozent aufgrund von Sanierungen (Annahme einer Sanierungsquote von 2 Prozent aufgrund der vielen kommunalen Liegenschaften und des festgelegten Sanierungsgebiets) und steigenden Temperaturen im Winter bedingt durch den Klimawandel um durchschnittlich 0,52 Prozent pro Jahr [43]. Dementsprechend nehmen die absoluten Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung ab. Die CO₂-Äquivalente des Wärmenetzes nehmen hingegen deutlich mehr ab. Dies liegt an den sinkenden Emissionswerten des Energieträgers Strom. Der aktuelle Wert von 381 g/kWh [21] soll sich bis 2040 auf 32 g/kWh verringern [18]. Dahingegen bleiben die spezifischen Emissionen der Energieträger Öl, Gas und Biomethan konstant [18]. Aufgrund der grauen Emissionen, die auch bei Biomasse und unter Annahme eines regenerativen Strommixes 2040 noch anfallen, bleiben noch Restemissionen im Wärmenetz. Insgesamt könnten mit einem Wärmenetz bis 2040 im Vergleich zu aktuellen Wärmeversorgung 2.100 t eingespart werden.

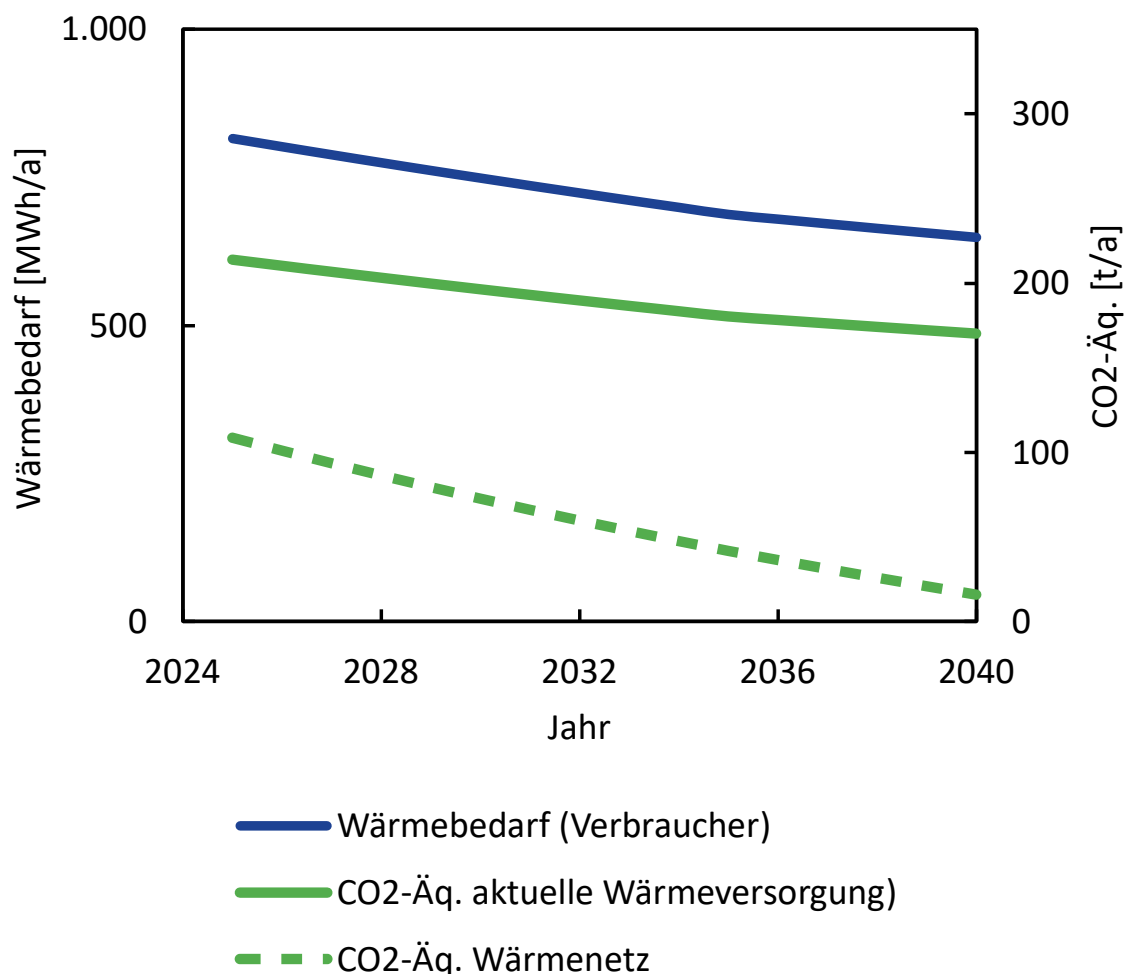


Abbildung 46: Wärmebedarf und CO₂-Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet Schloss Schwaig bis zum Zieljahr 2040.

7.5. Alternative Wärmeversorgung

Neben der netzgebundenen Versorgung kann das Gebiet am Schloss auch dezentral versorgt werden. Gerade bei den nicht sanierten Gebäuden sollte jedoch das Heizsystem für eine Versorgung mittels Luftwärmepumpe optimiert werden (hydraulischer Abgleich, Heizkörpertausch). Auflagen des Denkmalschutzes müssen beachtet werden.

8. Fokusgebiet Haimendorfer Straße

Als zweites Fokusgebiet für die Gemeinde Schwaig wird das Industriegebiet Haimendorfer Straße betrachtet.

8.1. Ausgangssituation

Das Industriegebiet Haimendorfer Straße befindet sich im Südosten des Ortsteils Schwaig an der A3. Es befinden sich dort produzierendes Gewerbe, Büros, Lagerhallen sowie die kommunalen Liegenschaften Bauhof und Freiwillige Feuerwehr. Das Wärmenetz soll zum Teil mit industrieller Abwärme betrieben werden, die durch die Firma H. u. E. Büschel GmbH bereitgestellt werden kann, die Feinschneideteile produziert.

In Abbildung 47 ist das mögliche Wärmenetz mit allen angeschlossenen Gebäuden und Heizzentrale auf dem Gelände der Firma Büschel dargestellt. Die Rohrleitungen sind eingefärbt nach der maximal in den einzelnen Abschnitten übertragbaren Leistung. Die Wärmenetzzentrale ist rot umrandet.



Abbildung 47: Mögliches Wärmenetz Haimendorfer Straße.

8.1.1. Wärmebedarfe

Tabelle 28 listet die Wärmebedarfe und Anzahl der potenziellen Hausanschlüsse im Netzgebiet auf. Die Länge der Verteilungen des Netzes beträgt ungefähr 1,0 Kilometer, hinzu kommen die Hausanschlussleitungen mit ca. 0,5 Kilometer Länge. Der Gesamtwärmebedarf summiert sich auf ungefähr 4.100 MWh/a. Insgesamt sind circa 35 Gebäude im Netzgebiet vorhanden. Es muss allerdings beachtet werden, dass aneinander liegende Gebäude (z.B. Reihenhäuser oder Wohnblöcke mit mehreren Hausnummern) teils als ein Gebäude erfasst werden.

Die Wärmebedarfe basieren so weit möglich auf in den Fragebögen angegebenen realen Verbrauchswerten sowie Errechnung aus den straßenzugsweise vorliegenden Gasverbräuchen. Darüber hinaus wird auf das Wärmekataster des verwendeten Simulationstools nPro zurückgegriffen. Für die Gasverbräuche werden Werte des Jahres 2021 zugrunde gelegt. Durch den kalten Winter [44] des Jahres ist zwar mit überdurchschnittlich hohen Werten zu rechnen, dafür kann jedoch strombasierte Heizung und Nutzung strombasierter Abwärme aus den vorliegenden Daten nicht ermittelt werden, was die berechneten Verbräuche wiederum niedriger ausfallen lässt. Auch Biomasse-Einzelraumheizungen wurden nicht eingerechnet.

In Tabelle 28 zu erkennen, dass fast zwei Drittel des Wärmebedarfs auf die zwölf größten Abnehmer (bzw. Gebäude) entfällt.

Tabelle 28: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude

Abnehmergröße	Wärmebedarf [MWh/a]	Anzahl Gebäude (Simulation)
< 50 MWh/a	300	10
50 - 150 MWh/a	1.100	13
> 150 MWh/a	2.700	12
Gesamt	4.100	35

Es wird von einer Anschlussquote von 100 Prozent ausgegangen. In der Realität wird die tatsächliche Anschlussquote vermutlich geringer sein, was die spezifischen Wärmegestehungskosten entsprechend erhöhen wird. Abbildung 48 zeigt die benötigte Wärmeleistung des Quartiers (einschließlich der Verluste in den Leitungen), ermittelt anhand von Standardprofilen. Wärme wird vor allem in den Wintermonaten zur Raumheizung benötigt. Die Spitzen stellen besonders kalte Tage dar. Dennoch ist auch in den Sommermonaten Wärme für Warmwasser erforderlich. Die Jahresdauerlinie gibt an, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Leistung bereitgestellt werden muss. Aufgrund der Rückmeldungen aus den Fragebogen und der Tätigkeitsfelder der Unternehmen im Gebiet wird davon ausgegangen, dass es sich beim Wärmebedarf weitestgehend um Raum- und nicht um Prozesswärme handelt.

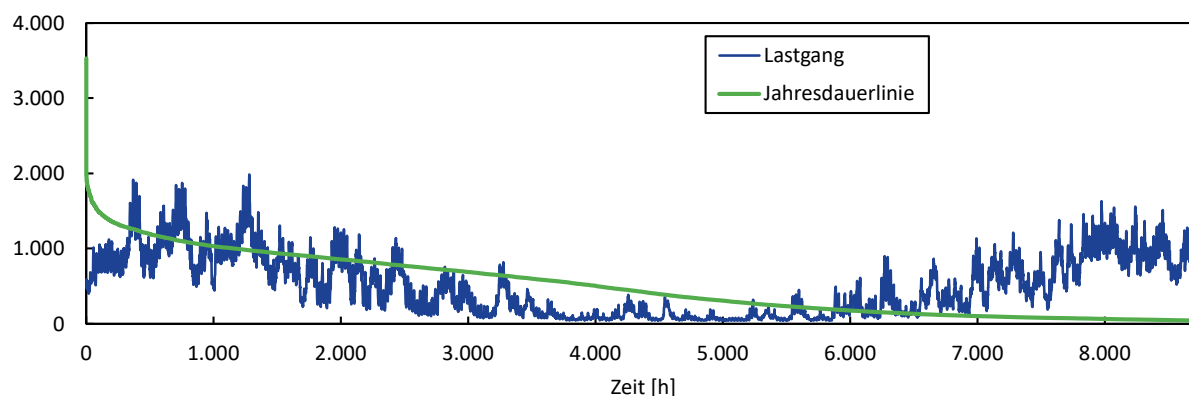


Abbildung 48: Benötigte Wärmeleistung (einschl. Verluste) des Quartiers in kW mit Jahresdauerlinie

8.1.2. Wärmequelle: Industrielle Abwärme

Die Firma Büschel ist auf drei Grundstücken in der Haimendorfer Str. vertreten, auf einem befindet sich eine Lagerhalle, auf den anderen beiden Produktions- und Verwaltungsgebäude.

Die Grundstücke werden einmal durch die Straße und einmal durch dazwischen liegende andere Unternehmen getrennt. Im Produktionsprozess der Firma Büschel fällt an zwei Stellen Abwärme an: für die Kühlung der Pressen und bei der Erzeugung von Druckluft mittels Kompressoren. Beide Abwärmequellen befinden sich auf dem Gelände Haimendorfer Straße 58 (s. Standort Heizzentrale in Abbildung 47). Insgesamt steht eine nutzbare Wärmemenge von ca. 1.000 MWh zur Verfügung, die über den Jahresverlauf relativ konstant anfällt und Temperaturen von 40 und 60 °C aufweist. Da die Abwärme an den Produktionsprozess gekoppelt ist, steht sie an Feiertagen, Wochenenden und während Betriebsruhen nicht und nachts nur eingeschränkt zur Verfügung.

Von Seiten der Firma besteht Interesse, den eigenen Raumwärmebedarf auf regenerative Quellen umzustellen und sich entsprechend auch selbst an ein entstehendes Wärmenetz anzuschließen. Folglich bleiben nach Abzug des Eigenbedarfs in den Wintermonaten weniger Abwärme für andere Abnehmer im Netz übrig als im Sommer.

Für die Simulation wurden durch die Firma Büschel Lastgänge der beiden Abwärmequellen zur Verfügung gestellt.

8.2. Auslegung Wärmenetz

Zur Konzeptionierung der Wärmeversorgung des Fokusgebietes Haimendorfer Straße über ein Wärmenetz wird ebenfalls das Simulationsprogramm nPro [34] verwendet. Betrachtet wurde eine Kombination folgender Wärmequellen:

- Abwärme der Firma H. u. E. Büschel GmbH
- Luftwärme
- Biomethan zur Spitzenlastdeckung

Die optimale Kombination dieser Potenziale wird im Folgenden untersucht.

Da, wie in der Potenzialanalyse dargelegt, das Biomassepotential auf dem Gemeindegebiet bereits weitestgehend ausgereizt ist, sollen Luft- und Abwärme die Hauptquellen des Wärmenetzes darstellen, wobei zuerst die Abwärme so weit wie möglich ausgenutzt werden soll. Biomethan als Verbrennungsprozess wird zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz benötigt. Aus den möglichen Biomassequellen (Hackschnitzel und Biomethan) wird in diesem Fall von einem Biomethankessel ausgegangen, da im betrachteten Gebiet ein flächendeckendes Gasnetz vorhanden ist. Übergangsweise kann also auch Erdgas als Spitzenlastabdeckung verwendet werden, bis die Gasversorgung klimaneutral wird oder unter Umständen die Nutzung von Wasserstoff möglich ist. Außerdem ist laut Potenzialanalyse im Stadtgebiet noch ein ungenutztes Potenzial für Biogas aus Landwirtschaft, Grüngut und Abfällen aus der Biotonne von circa 2.000 MWh vorhanden, was teilweise in diesem Wärmenetz zum Einsatz kommen könnte.

In Abbildung 49 ist schematisch der Versorgungsfall dargestellt. Gleichzeitig zeigen die Linien bereits mit der jeweiligen Breite die Energiemengen im Jahresverlauf an, ähnlich wie in einem Sankey-Diagramm. In den folgenden Auslegungen wird ausschließlich Strom (für die Energiezentrale), Abwärme, Umgebungswärme in Form von Luftwärme sowie Biomethan zur Wärmebereitstellung betrachtet. Anfänglich kann, bis zur flächendeckenden Verfügbarkeit, Erdgas anstatt Biomethan zur Spitzenlastdeckung genutzt werden. Zusätzlich wird ein Pufferwärmespeicher in das System integriert.

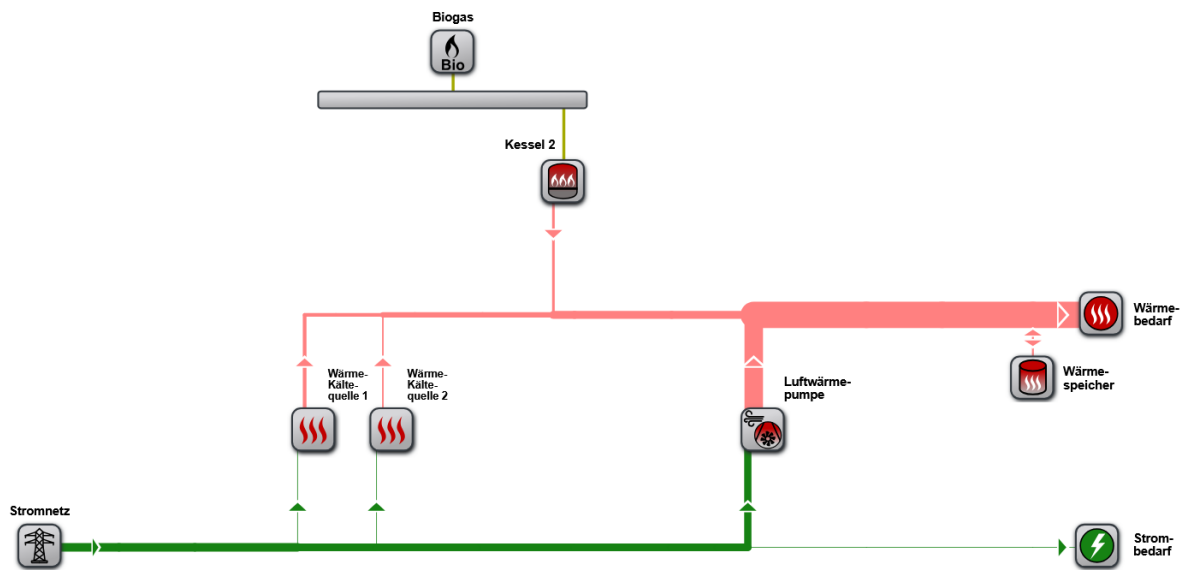


Abbildung 49: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [34]

8.3. Annahmen Berechnung

In diesem Unterkapitel sind alle Annahmen zur Wärmenetzauslegung und Kostenrechnung aufgelistet. Alle folgenden Preisangaben sind netto-Werte. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Varianten wird in Anlehnung an das Kurzverfahren nach VDI 2067 durchgeführt. Tabelle 29 zeigt die Annahmen und Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wärmekonzepte. Diese basieren auf aktuellen Marktpreisen und Entwicklungen der letzten Jahre sowie eigenen Annahmen. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird angenommen, dass die BEW-Förderung mit einer Förderquote von 40 Prozent der förderfähigen Kosten zum Tragen kommt.

Tabelle 29: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung

Parameter	Wert
Betrachtungshorizont	20 Jahre
Kalkulatorischer Zinssatz	3 %
Förderung auf Investitionen (BEW)	40 %
Lebensdauer Komponenten	20 – 40 Jahre (je nach Technologie)
Wartungskosten	1 – 2,5 % der Investitionskosten (je nach Technologie)

Für die Kostenermittlung sollte das gesamte Wärmenetz inklusive Wärmeerzeuger, Leitungen und Übergabestationen betrachtet werden. Tabelle 30 listet die spezifischen Kosten einzelner Komponenten zur Wärmeerzeugung und zum Netzbau auf. Für Planungskosten, Regeltechnik und unvorhergesehene Kosten werden Pauschalen angesetzt. Die Kosten der Wärmeerzeuger entstammen zum Großteil dem Technikkatalog des Bundes [40] und den in nPro hinterlegten Angaben [34]. Die Installationskosten sind bereits in den spezifischen Kosten enthalten. Die Preise der Energieträger beziehen sich auf aktuelle Marktpreise [41] [42]. Es wird davon ausgegangen, dass bei den eingesetzten Strommengen Industriestrompreise in Anspruch genommen werden können.

Tabelle 30: Preiskomponenten für Kostenschätzung

Preiskomponente	Angesetzte Kosten
Biogas-Kessel (Biomethan)	131 €/kW _{th}
Luft-Wärmepumpe	1.163 €/kW _{th}
Wärmequelle Abwärme Erschließungskosten	100 €/kW _{th}
Wärmepumpe Abwärme	1.243 €/kW _{th}
Wärmespeicher	550 €/m ³
Wärmenetz (Rohrleitung + Verlegekosten)	350 - 630 €/m (durchmesserabhängig)
Hausanschlüsse	10.000 € je Gebäude
Pauschale Planung	10 % der Gesamtkosten
Pauschale Mess- und Regelungstechnik	15 % der Gesamtkosten
Pauschale unvorhergesehene Kosten	5 % der Gesamtkosten
Strompreis	16,99 ct/kWh (keine Preisänderung)
Biogas-Preis (Biomethan)	12 ct/kWh (keine Preisänderung)
Wärmebezugspreis Abwärme	2 ct/kWh (keine Preisänderung)
CO ₂ -Bepreisung	55 €/t

Die CO₂-Bepreisung wird hier als Fixwert (Stand 2025) angenommen, da die Prognosen für den zukünftigen Verlauf sehr hohe Unsicherheiten aufweisen. Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung sind in Tabelle 31 aufgelistet. Die spezifischen CO₂-Emissionen der Energieträger stimmen mit den Werten aus der Potenzialanalyse überein. Die Verlustwerte entstammen dem Technikatalog des Bundes [40].

Tabelle 31: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung

Parameter	Wert
CO ₂ -Emissionen Strombezug	381 g/kWh
CO ₂ -Emissionen Biogas (Biomethan)	90 g/kWh [18]
Wärmeverluste	15,8 % der bereitgestellten Wärme

Ergebnis der Betrachtungen sind die Investitionskosten für das Wärmenetz. Diese stellen die Kosten für die Errichtung des gesamten beschriebenen Energiesystems dar. Neben der Anschaffung der Komponenten wird auch der Aufwand für Planung, Genehmigungen, Installation und Inbetriebnahme berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden Kosten für Komponenten, die unabhängig vom jeweiligen Energiesystem ohnehin erforderlich wären, darunter etwaige Anpassungen und Sanierung in den Gebäuden oder die Einrichtung eines zentralen Heizungssystems (im Fall der eigenständigen Beheizung einzelner Hallen). Die Gesamt-Investitionskosten werden per Annuitätenmethode auf Basis des zugrunde gelegten Kapitalzins auf die Nutzungsdauer umgelegt, um die jährlichen kapitalgebundenen Kosten zu erhalten. Ein weiteres Ergebnis und wichtiger wirtschaftlicher Faktor sind die Wärmegestehungskosten. Unter diesen Kosten ist der Preis zu verstehen, der unter Berücksichtigung von Errichtung, Wartung, Betrieb und Verbrauch (Strom sowie Brennstoffe) für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Nutzwärme entsteht. Angegeben werden die Wärmegestehungskosten als Preis pro Wärmemenge.

8.4. Ergebnisse Simulation Wärmenetz

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Simulation des Wärmenetzes einschließlich der wichtigsten wirtschaftlichen Kennzahlen sowie der emittierten CO₂-Äquivalente dargestellt.

Tabelle 32 zeigt die wichtigsten Parameter des Netzes. Aus der Strommenge, welche zum Betreiben der Wärmepumpe benötigt wird, sowie dem Biomethanverbrauch lassen sich die Anteile der Wärmebereitstellung der einzelnen Energieträger errechnen. Zur optimierten Betriebsführung wird ein Wärmespeicher eingebaut, für den das laut Simulation benötigte, optimale Volumen angegeben ist. Ebenfalls dargestellt werden die beim Betrieb anfallenden Treibhausgasemissionen sowie die wirtschaftlichen Kennzahlen, allen voran der Endpreis für den Kunden. Der Verbraucherpreis wird anhand der Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 Prozent der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 Prozent) errechnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Kosten lediglich eine Orientierung geben sollen und nach der tatsächlichen Realisierung dieses Netzes die Verbraucherpreise abweichen können.

Tabelle 32: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Haimendorfer Straße Geothermie und Biogas

Wärmenetz Haimendorfer Straße	
Wärmeerzeugung in Energiezentrale [MWh/a]	4.450
Wärmebedarf der Abnehmer [MWh/a]	4.100
Spitzenlast [kW]	1.980
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	1.400
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	500
Leistung Wärmepumpen (Abwärme) [kW _{th}]	200
Leistung Luftwärmepumpe [kW _{th}]	1.240
Leistung Biomethankessel [kW _{th}]	1.980
Anteil Wärmebereitstellung Abwärme [%]	19,8
Anteil Wärmebereitstellung Luftwärme [%]	70,2
Anteil Wärmebereitstellung Biomethan [%]	10,0
Wärmespeicher [m ³]	38
CO ₂ - Äq. Emissionen spezifisch 2025 [g/kWh]	143
CO ₂ - Äq. Emissionen absolut 2025 [t/a]	585
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	1,9
Wärmegestehungskosten (mit Förderung) [ct/kWh]	13,6
Verbraucherpreis (mit Förderung) [ct/kWh]	18,0

Der Anteil der bereitgestellten Wärme durch Abwärme liegt ungefähr bei 20 Prozent und Biomethan bei 10 Prozent. Abbildung 50 zeigt den monatlichen Einsatz bereitgestellter Wärme aufgeteilt nach Energieträgern. Der Anteil der Abwärme bleibt über das Jahr hinweg relativ konstant. Biomethan kommt weitestgehend nur in den Monaten November bis Februar zum Einsatz. Der Verbraucherpreis ist mit netto 18,0 bzw. brutto 21,4 ct pro kWh zwar grundsätzlich in einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen, es muss jedoch beachtet werden, dass Großabnehmer von Erdgas günstigere Einkaufspreise aufweisen als Haushaltskunden.

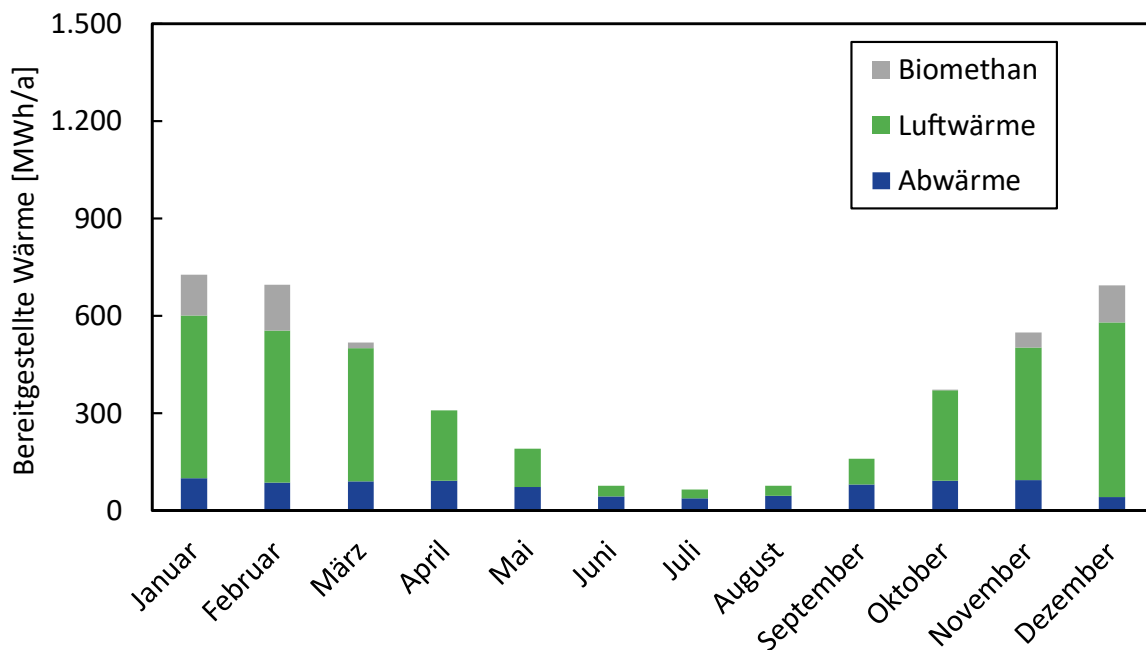


Abbildung 50: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger

Die spezifischen CO₂-Äquivalente liegen bei ca. 143 g/ kWh. Im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung der Haimendorfer Straße, größtenteils gedeckt durch Gas und Öl, mit spezifischen Emissionen von 238 g/kWh (mittlere Emissionen der Verbrauchergruppe Industrie & Großgewerbe nach Treibhausgasbilanz) sind die spezifischen Emissionen des betrachteten Wärmenetzes geringer. Abbildung 51 zeigt den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung im Vergleich mit dem simulierten Wärmenetz. Zudem ist der gesamte Wärmebedarf der Gebäude dargestellt. Dieser reduziert sich um circa 14 Prozent aufgrund von Sanierungen (Annahme einer Sanierungsquote von 1 Prozent) und steigenden Temperaturen im Winter bedingt durch den Klimawandel um durchschnittlich 0,52 Prozent pro Jahr [43]. Dementsprechend nehmen die absoluten Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung ab. Die CO₂-Äquivalente des Wärmenetzes nimmt hingegen deutlich mehr ab. Dies liegt an den sinkenden Emissionswerten des Energieträgers Strom. Der aktuelle Wert von 381 g/kWh [21] soll sich bis 2040 auf 32 g/kWh verringern [18]. Dahingegen bleiben die spezifischen Emissionen der Energieträger Öl, Gas und Biomethan konstant [18]. Aufgrund der grauen Emissionen, die auch bei Biomasse und unter Annahme eines regenerativen Strommixes 2040 noch anfallen, bleiben noch Restemissionen im Wärmenetz. Insgesamt könnten mit einem Wärmenetz bis 2040 im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung circa 10.400 t eingespart werden.

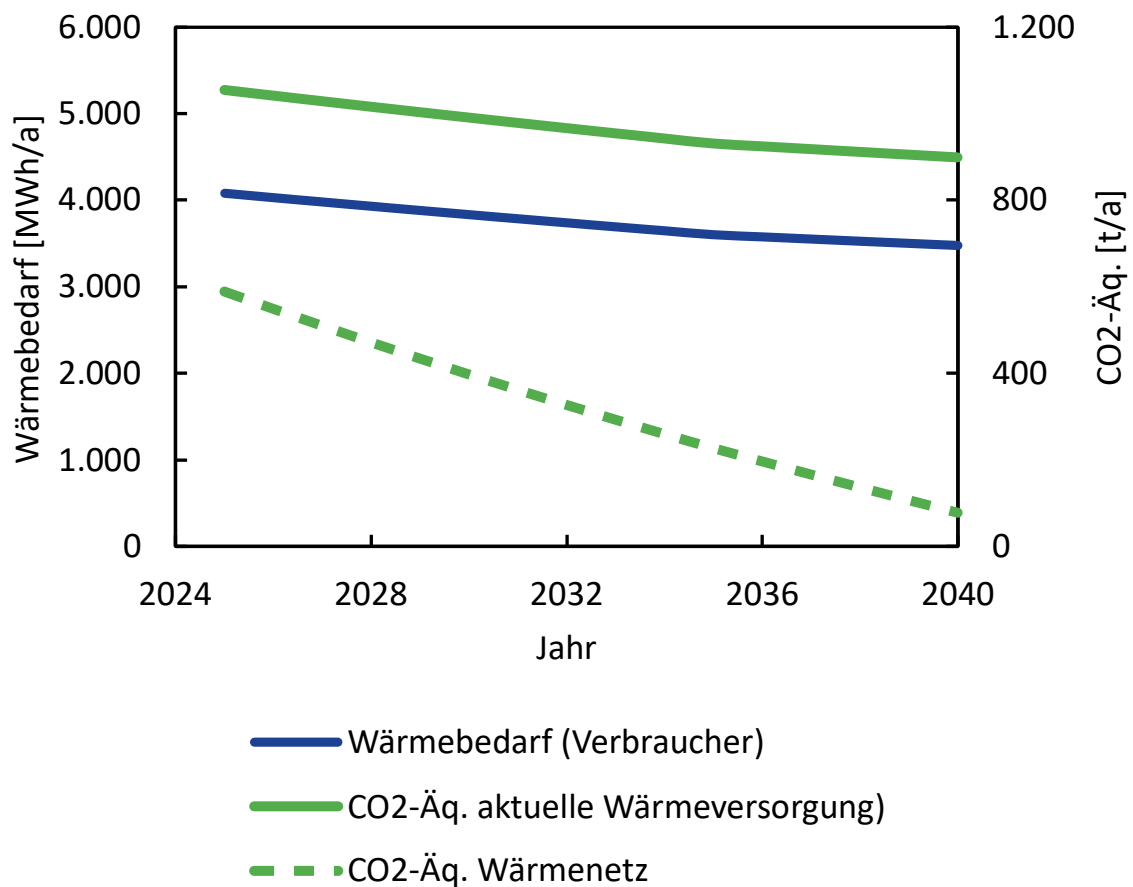


Abbildung 51: Wärmebedarf und CO₂-Äq. Emissionen für das Wärmenetz Haimendorfer Straße.

8.5. Alternative Wärmeversorgung

Der Deckungsgrad der Abwärme im Netz ist mit unter 20 Prozent sehr gering. Die restliche Wärme muss mit Luftwärmepumpe und Biomethankessel bereitgestellt werden, was den benötigten Platz für eine Wärmenetzzentrale vergrößert. Die Haimendorfer Straße ist relativ dicht bebaut. Das Firmengelände der Firma Büschel weist ebenfalls nicht viel freie Fläche auf. Aufgrund des geringen Abwärmeanteils sind die Wärmegestellungskosten für die Industriekunden relativ hoch – eine dezentrale Versorgung könnte je nach individuellen Gegebenheiten günstiger ausfallen, wobei jedoch gerade bei den nicht sanierten Gebäuden das Heizsystem für eine Versorgung mittels Luftwärmepumpe optimiert werden sollte (hydraulischer Abgleich, Heizkörpertausch).

Die Firma Büschel könnte insbesondere in den Wintermonaten ihre Abwärme selbst für Raumheizung nutzen. Aufgrund der Verteilung der Standorte empfiehlt sich die Prüfung eines kleineren Netzes, welches die Firmen zwischen den Büschel-Grundstücken miteinschließt. Hierdurch könnten höhere Deckungsgrade mit Abwärme und damit auch niedrigere Wärmegestellungskosten erzielt werden.

9. Zielszenario

Im Zielszenario wird die Entwicklung verschiedener Aspekte der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr 2040 betrachtet. Ausgehend von der Bestands- und Potenzialanalyse sowie der Einteilung der Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete werden Szenarien aufgezeigt. Der Rückgang des Wärmebedarfs durch Sanierung und steigende Temperaturen aufgrund des Klimawandels wird abgeschätzt. Die Entwicklung der Wärmeerzeugung aufgeteilt auf Verbrauchergruppen und Energieträger wird aufgezeigt sowie eine Treibhausgasbilanz der einzelnen Jahre bis 2040 durchgeführt. Zudem wird ein Szenario der Entwicklung der Nahwärme beschrieben. Auch die Entwicklungen des Erdgasnetzes sowie des Sektors Strom werden diskutiert.

9.1. Entwicklung des Wärmeverbrauchs

Für die Erarbeitung des Zielszenarios muss zunächst der zukünftige Wärmeverbrauch ermittelt werden. Dabei spielen zwei Faktoren eine wichtige Rolle: die Einflüsse steigender Temperaturen aufgrund des Klimawandels und der Bedarfsrückgang in Folge von Sanierung.

Angelehnt an die Studie der TU Graz [43] wird in den Jahren 2025 bis 2035 ein Bedarfsrückgang von 0,69 Prozent und in den Jahren 2036 bis 2040 ein Bedarfsrückgang von 0,15 Prozent für Raumwärme und Warmwasser angenommen. Für den Einfluss der Sanierung müssen die Baublöcke einzeln betrachtet werden, um auf die individuellen Gegebenheiten vor Ort eingehen zu können. In der Potenzialanalyse wurde für jeden Baublock das Sanierungspotential ermittelt. Bei der wie bereits in den vorigen Kapiteln bereits angenommen Sanierungsquote von einem Prozent pro Jahr für die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher kann damit die jährliche Energieeinsparung pro Baublock ausgerechnet werden. Zusammen betrachtet kann aus den beiden Einflussfaktoren der abnehmende jährliche Energiebedarf ermittelt werden.

Diese Betrachtung wird für die Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher, Öffentliche Einrichtungen sowie Industrie & Großgewerbe einzeln durchgeführt. Anders als bei den beiden zuerst genannten Verbrauchergruppen, muss bei der Industrie jedoch der große Anteil an Prozesswärme am Gesamtwärmebedarf berücksichtigt werden, der von den oben betrachteten Faktoren unabhängig ist. Das Optimierungs- und Einsparpotential muss in jedem Unternehmen grundsätzlich individuell betrachtet werden. Für diese Betrachtung wird eine gesamte jährliche Reduktion (Raum- und Prozesswärme) von 1,5 Prozent pro Jahr gemäß Energieeffizienzrichtlinie [45] angenommen. Bei den Öffentlichen Einrichtungen wird eine Einsparung von 2 Prozent angesetzt (gemäß Energieeffizienzgesetz [46]).

Die Veränderung des Wärmeverbrauchs der einzelnen Verbrauchergruppen ist in Abbildung 52 dargestellt. Im Bereich Wohnen & Kleinverbraucher, die Verbrauchergruppe mit dem höchsten Gesamtwärmebedarf ist auch der absolute Rückgang am größten. Der prozentuale Rückgang aller Verbrauchergruppen liegt insgesamt bei ca. 18 Prozent.

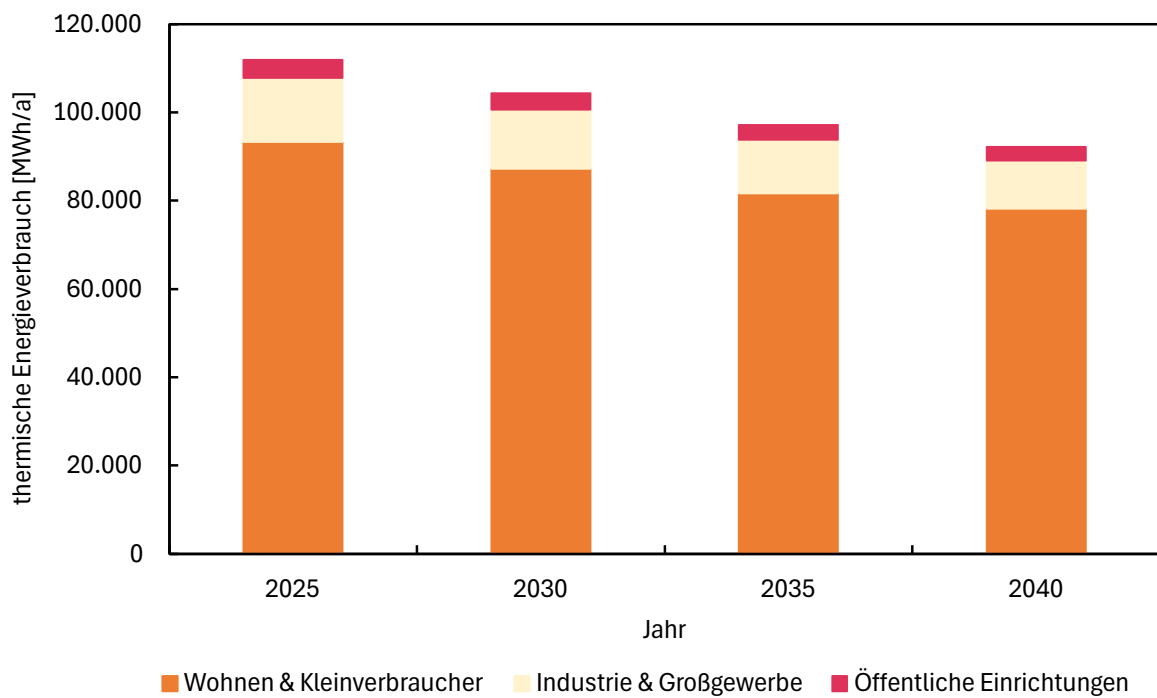


Abbildung 52: Thermischer Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppen bis 2040

In Abbildung 53 und Abbildung 54 sind die Wärmebedarfe der Baublöcke in den Jahren 2030 und 2040 dargestellt.

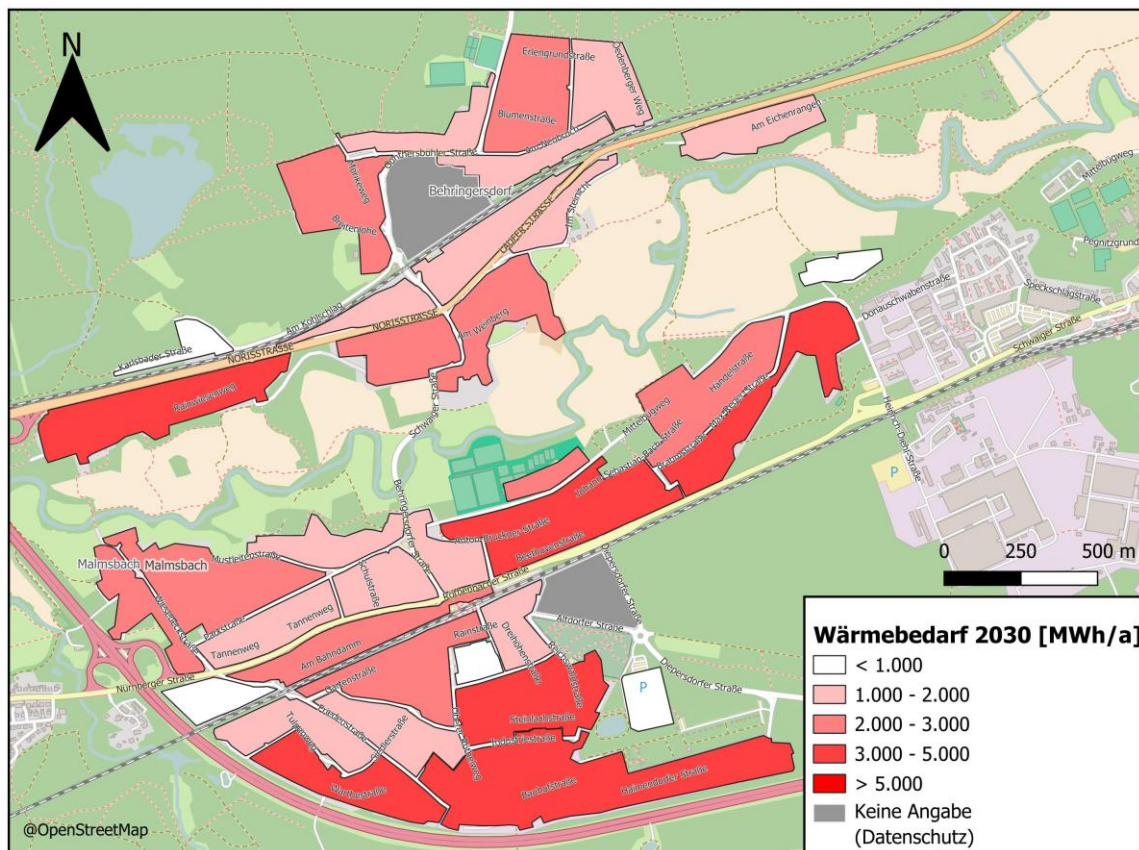


Abbildung 53: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock 2030

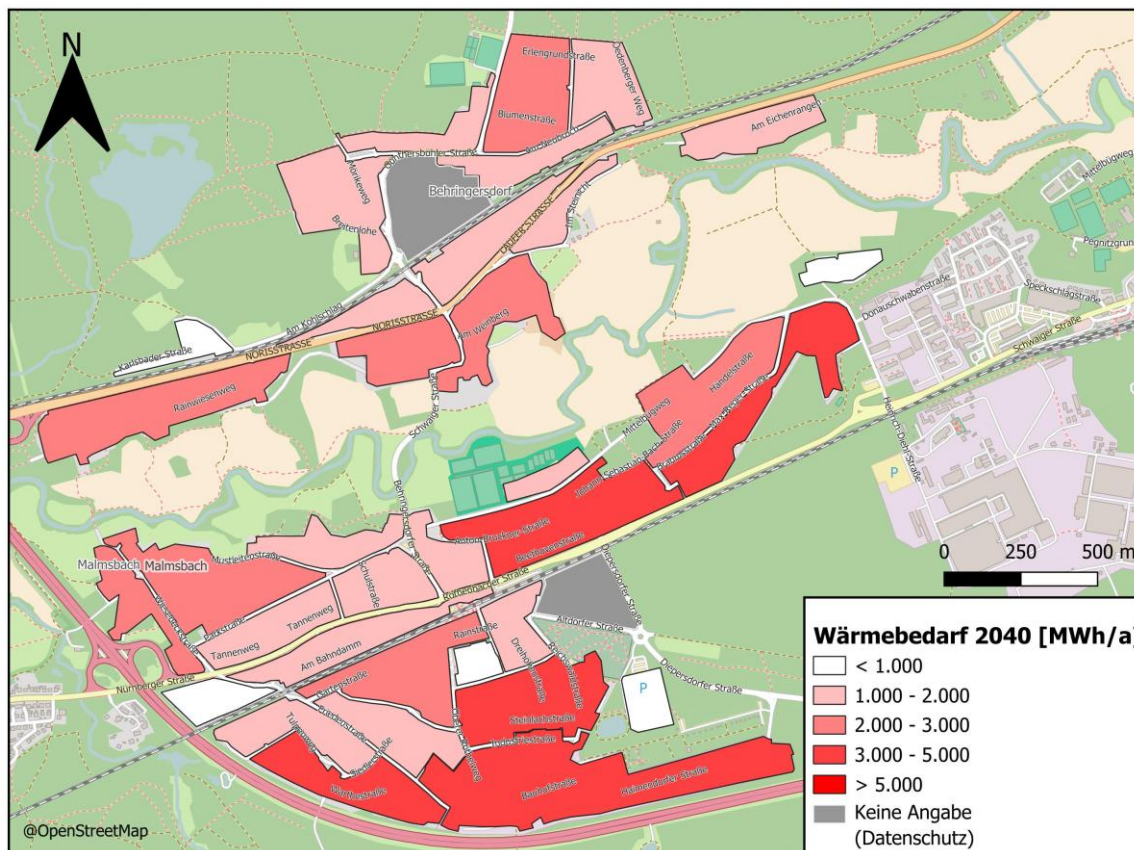


Abbildung 54: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock 2040

9.2. Entwicklung der Wärmeerzeugung

Im Folgenden wird eine mögliche Entwicklung der Wärmeerzeuger der einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Hierbei handelt es sich um Prognosen. Da die Entwicklung der Wärmeerzeugung von unterschiedlichen Parametern (Kosten, politische Vorgaben, private und wirtschaftliche Interessen) abhängt, kann eine abweichende Entwicklung eintreten. Im Zuge der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung ist dies zu überprüfen.

9.2.1. Methodik

Für die Entwicklung der Wärmeerzeugung werden die Daten aus der Bestandsanalyse als Ausgangspunkt verwendet und anhand der Ergebnisse der Potenzialanalyse weiterentwickelt. Es werden zudem die Stellungnahmen der in der Gemeinde aktiven Energieversorger berücksichtigt. Die Annahmen für den Fernwärmenetzausbau beruht auf den zukünftigen Wärmeverbräuchen der Wärmenetzeignungsgebiete. Dabei teilt sich die Versorgung auf Haushalte & Kleinverbraucher, Industrie & Großgewerbe und Öffentliche Einrichtungen auf.

Unter dem Überbegriff Grüne Gase sind Biomethan, grüner Wasserstoff und daraus erzeugtes synthetisches Methan zusammengefasst. Aufgrund der Preise und Verfügbarkeiten kommt es im Bereich der Raumwärme nur in geringem Maß zum Einsatz und wird vorwiegend für die Erzeugung von Prozesswärme verwendet. Weiterhin werden sie zur Spitzenlastdeckung in Wärmenetzen gebraucht. Wie bereits erwähnt gibt es laut Potenzial noch ein ungenutztes Potenzial für Biogas aus Landwirtschaft, Grüngut und Abfällen aus der Biotonne von circa 2,0 GWh in Schwaig, was neben dem Einsatz in der Nahwärme auch ins Gasnetz eingespeist

werden kann. Bei der Entwicklung des Energieträgers Gas werden die Anmerkungen des Gasverteilnetzbetreibers N-ERGIE Netz GmbH berücksichtigt.

Da das Potenzial der festen Biomasse im Gemeindegebiet bereits vollständig genutzt wird, wird ein Zubau von Pellets oder Scheitholzkesseln nur in Ausnahmefällen angenommen. Durch die durch Sanierung und den Klimawandel sinkenden Wärmebedarfe kann insgesamt von einem Rückgang der erzeugten Wärmemengen ausgegangen werden. Es wird hier davon ausgegangen, dass die Verbrauchsabnahme durch den Einsatz effektiverer Heizungen, teilweise in Kombination mit einer Brauchwasserwärmepumpe, die vereinzelt Neuinstallationen kompensiert. Im Zielszenario wird das Biomassepotenzial durch die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher aufgebraucht.

Da die Kosten der Energieträger eine entscheidende Rolle bei deren Einsatz spielen, muss der CO₂-Preis bei der Entwicklung der Wärmeerzeugung berücksichtigt werden. Für den CO₂-Preis wird der in Abbildung 55 dargestellte Verlauf (Non-ETS) zugrunde gelegt. Der europäische Emissionshandel (engl.: emission trading system; ets) richtet sich an Unternehmen, welche Emissionswerte einhalten müssen. Dies gilt nicht für den Gebäudesektor und daher werden hierfür die Prognosen des Non-ETS-CO₂-Preises betrachtet. Es kann also angenommen werden, dass die steigende Bepreisung zunehmend einen Einfluss nehmen wird auf die Entscheidung, welches Heizungssystem genutzt wird.

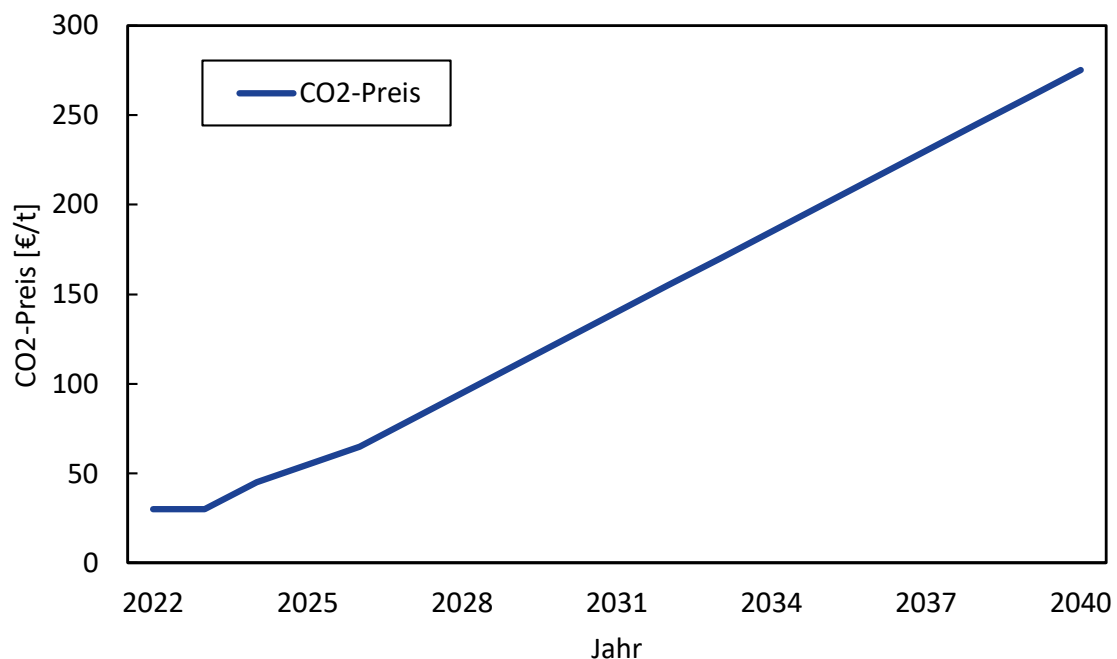


Abbildung 55: Entwicklung des CO₂-Preises (Non-ETS) [18]

Im Sektor Industrie & Großgewerbe muss grundsätzlich bei der Wärmeerzeugung zwischen Raumwärme und Prozesswärme unterschieden werden. Für die Prozesswärme konnten nur die im Rahmen der ausgefüllten Fragebögen vorliegenden Daten als Untersuchungsgrundlage genutzt werden und darüber hinaus über die Aufteilung und benötigten Temperaturen Annahmen getroffen werden.

9.2.2. Wohnen & Kleinverbraucher

In Abbildung 56 ist die Entwicklung der Wärmeerzeugung des Sektors Wohnen & Kleinverbraucher zu sehen. Die sinkenden Energieverbräuche sind anhand der Größe der Kreise verdeutlicht.

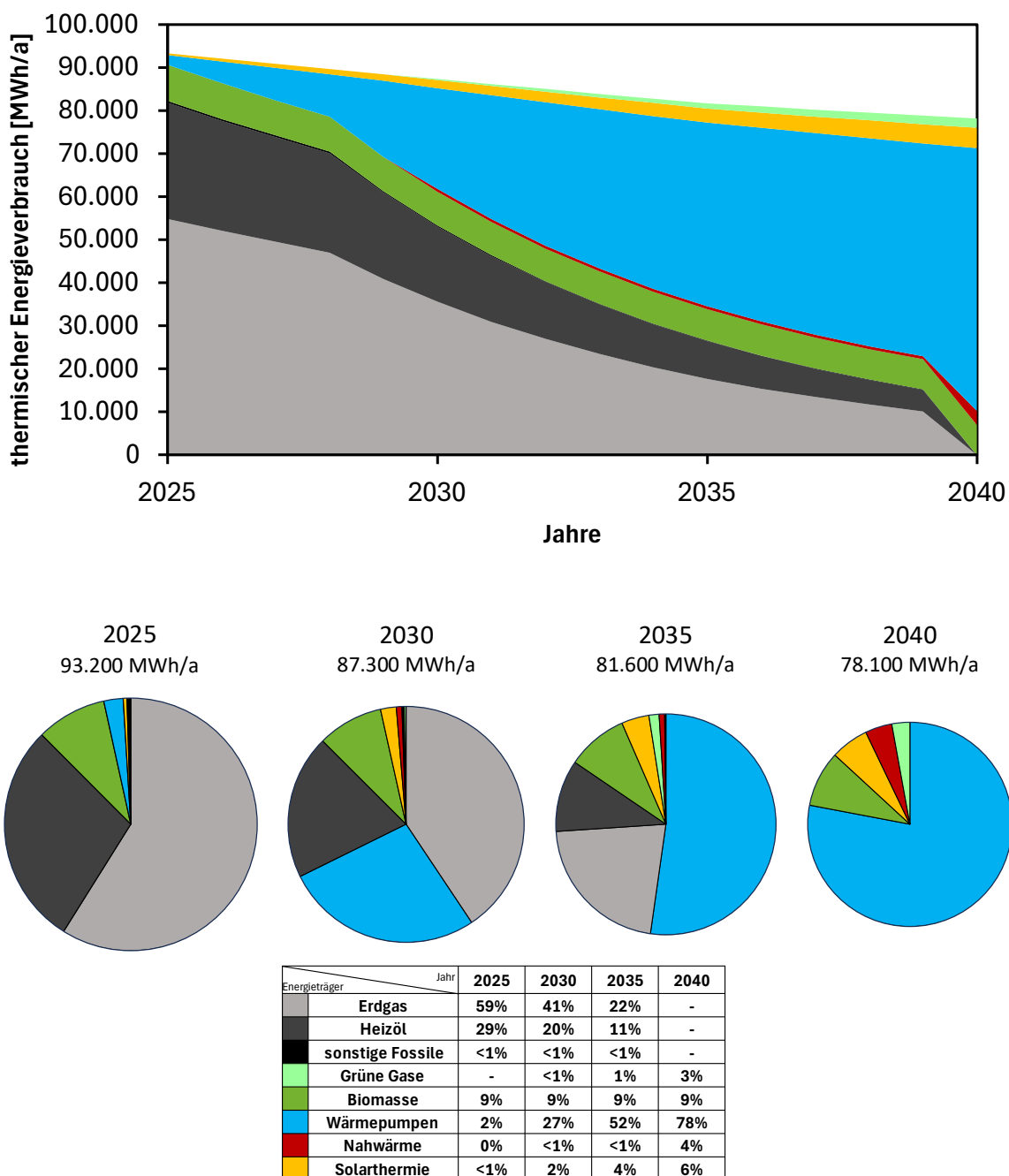


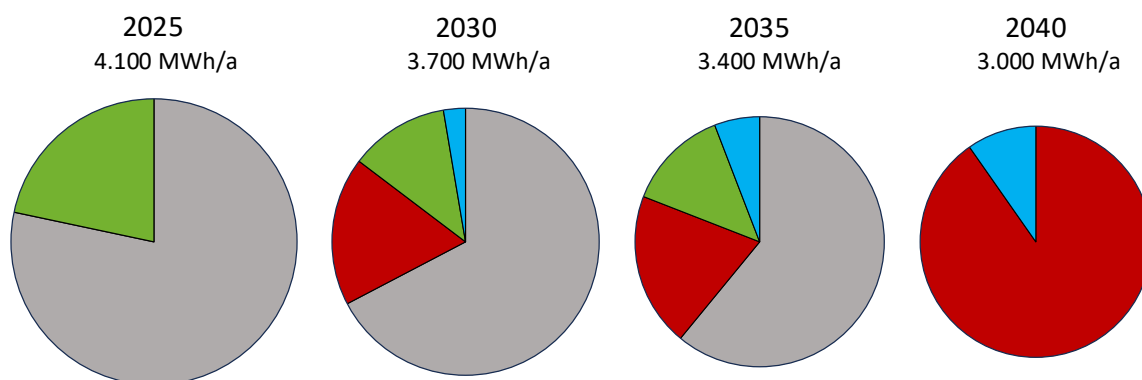
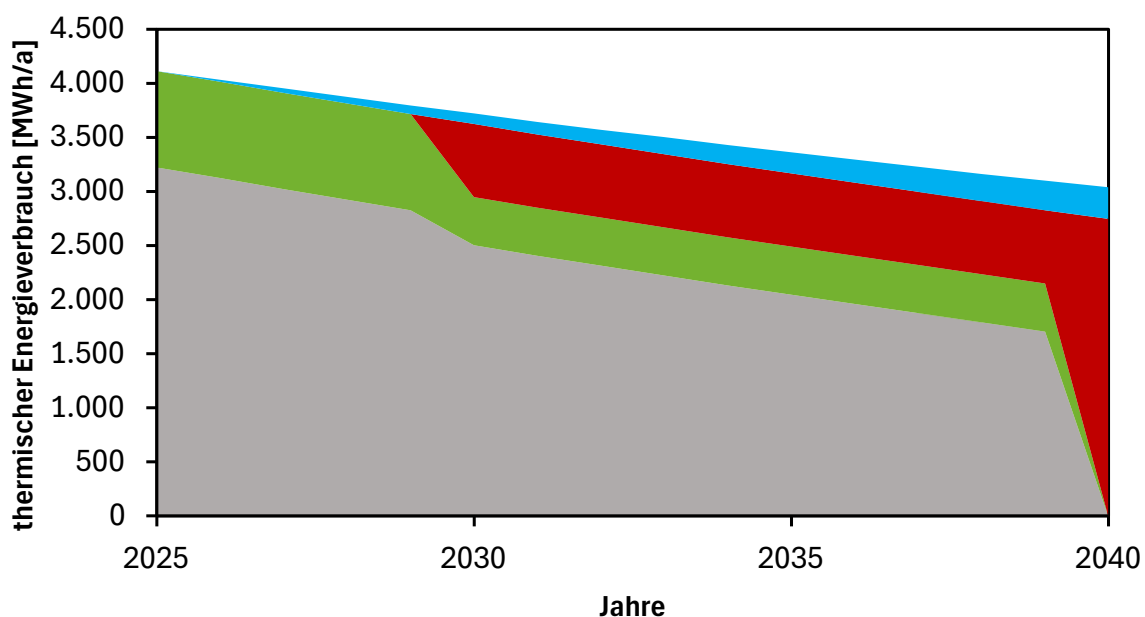
Abbildung 56: Zielszenario der Energieträgerverteilung Wohnen & Kleinverbraucher

Im Jahr 2030 sind die Energieträger Erdgas und Heizöl immer noch die meistgenutzten Brennstoffe, es ist jedoch bereits ein starker Ausbau anderer Erzeugungstechnologien wie Wärmepumpen und Solarthermie zu erkennen. In diesem Jahr werden auch die Fernwärmenetze Haimendorfer Straße und Schloss in Betrieb genommen. In den Jahren darauf beschleunigt

sich die Entwicklung aufgrund des Inkrafttretens der 65-Prozent-Regel des Gebäudeenergiegesetzes und der sukzessive steigenden CO₂-Preise. Die Nahwärme macht im Jahr 2040 4 Prozent der erzeugten Wärme aus. Da Projekte in diesem Bereich jedoch langwieriger sind als der Tausch einer Einzelheizung, wird davon ausgegangen, dass diese Entwicklung erst nach 2030 deutlich zu Tage tritt. Die größte Erzeugungstechnologie bilden die Wärmepumpen mit 78 Prozent, wobei es sich hier um Luft- und Sole-Wärmepumpen handeln kann. Grüne Gase, feste Biomasse und Solarthermie liegen jeweils im einstelligen Prozentbereich. Bei fester Biomasse wird wie bereits beschrieben davon ausgegangen, dass aufgrund des bereits ausgeschöpften Potenzials kaum neue Anlagen mehr gebaut werden und sich die Gesamtmenge durch den sinkenden Verbrauch und ggf. der Nutzung von effektiveren Anlagen sowie hybriden Systemen um ca. 16 Prozent reduziert. Bei der Solarthermie wird auf das in der Potenzialanalyse ermittelte Potenzial zurückgegriffen, die maximale Wärmemenge aber auf maximal 6 Prozent des Gesamtverbrauchs der Verbrauchergruppe beschränkt. Grüne Gase stellen in der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher die Ausnahme dar (4 Prozent des aktuellen Erdgasverbrauchs, der Wert ist aufgrund der stärkeren Einschränkung durch die Schutzgebiete höher angesetzt als bei den anderen Kommunen). Andere Energieträger wie Erdgas, Heizöl, Kohle und Flüssiggas verschwinden aus dem Energiemix.

9.2.3. Öffentliche Einrichtungen

Im Bereich der Öffentlichen Einrichtungen stellen aktuell noch Erdgasheizungen die dominante Erzeugungstechnologie dar. Mit der Realisierung der Wärmenetze 2030 und 2040 kommt ein signifikanter Anteil von Fernwärme hinzu. Die restliche Wärme wird durch Wärmepumpen bereitgestellt. Die Entwicklung wird in Abbildung 57 dargestellt.



Energieträger \ Jahr	2025	2030	2035	2040
Erdgas	78%	67%	61%	0%
Biomasse	22%	12%	13%	0%
Wärmepumpen	0%	3%	6%	10%
Nahwärme	0%	18%	20%	90%

Abbildung 57: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen

9.2.4. Industrie & Großgewerbe

Bei Industrie & Großgewerbe muss aufgrund des Temperaturniveaus bei der Wahl der Energieträger zwischen Raum- und Prozesswärme unterschieden werden. Neben den Angaben aus dem Fragebogen müssen Annahmen auf Basis öffentlich verfügbarer Informationen getroffen werden.

In Abbildung 58 ist die Entwicklung der Raum- und Prozesswärme bis 2040 abgebildet.

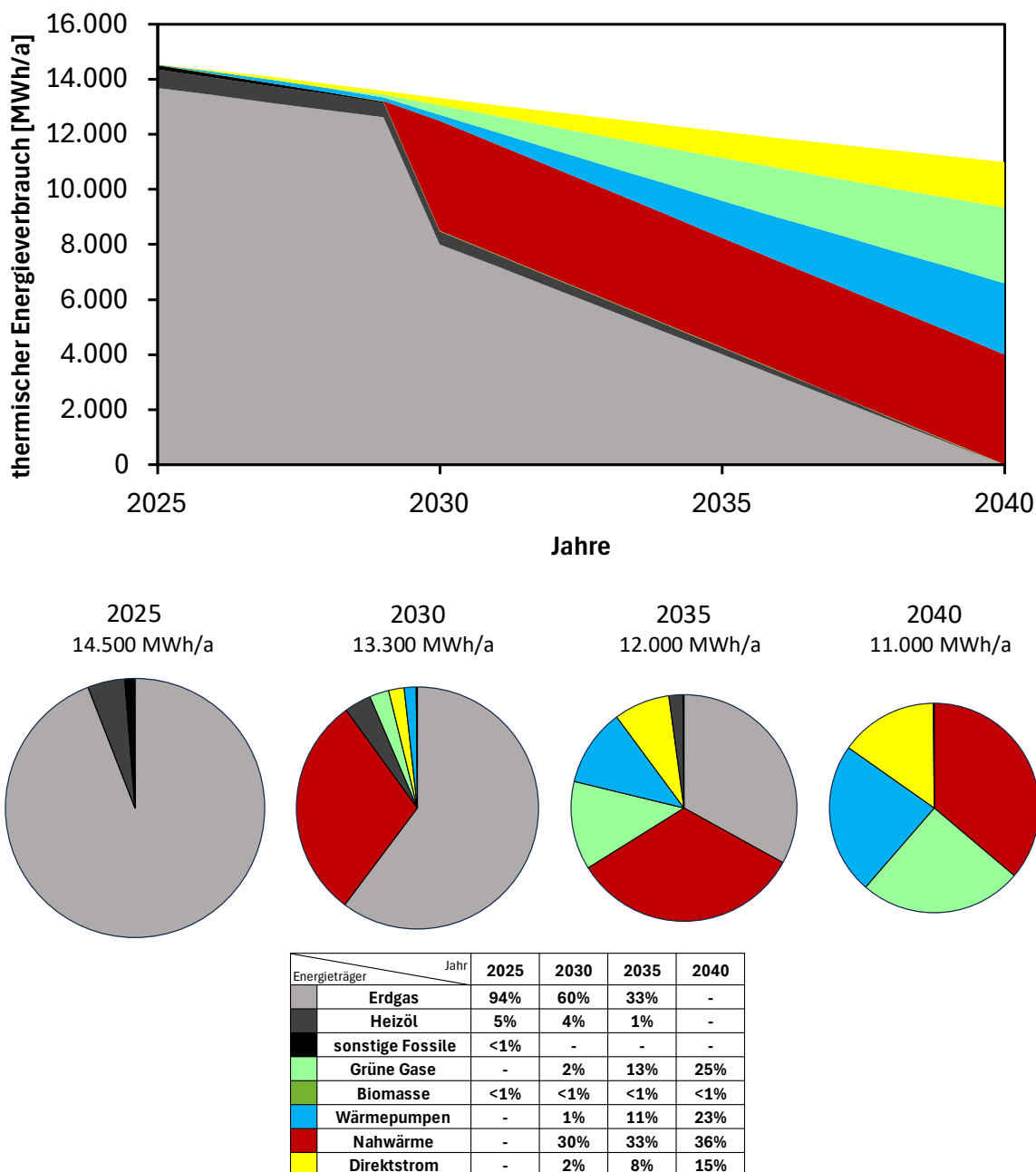


Abbildung 58: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Raumwärme und Warmwasser Industrie & Großgewerbe

Im Moment dominiert Erdgas die gesamte industrielle Wärmeerzeugung, es wird jedoch davon ausgegangen, dass es sich bei der erzeugten Wärme mehrheitlich um Raumwärme handelt. Diese wird in Zukunft hauptsächlich mittels Fernwärme, Wärmepumpen und in Einzelfällen mittels Direktstrom (z.B. Infrarotheizung, Heizstrahler) erzeugt. Es wird davon ausgegangen, dass im Industriebereich die Dachflächen für PV-Anlagen verwendet werden, weshalb Solarthermie nicht zum Einsatz kommt. Unter der Annahme, dass die Verfügbarkeit grüner Gase erst nach 2030 sukzessive in größeren Umfang in Schwaig möglich ist, und die Elektrifizierung von Prozessen einer aufwendigeren Planung bedürfen, erfolgt auch 2030 die Wärmeerzeugung abgesehen von der Fernwärme noch überwiegend fossil. Nur ein kleiner Anteil der

Wärme wird mittels Wärmepumpen, Grünen Gasen und Direktstrom bereitgestellt. Im Jahr 2040 machen grüne Gase etwa 25 Prozent der Energieträger aus, da davon ausgegangen wird, dass bestimmte Prozesse in Bestandsanlagen, die hohe Temperaturniveaus benötigen, nicht elektrifiziert werden können. Die übrige Wärme wird mittels Direktstrom (15 Prozent) und Wärmepumpen (25 Prozent) erzeugt. Inwieweit zukünftig interne Abwärmenutzung zur Raumheizung durchgeführt werden kann, erfordert einer individuellen Betrachtung in jedem Unternehmen. Aus diesem Grund wird dieser Aspekt in den Szenarien nicht berücksichtigt.

9.3. Energie- und Treibhausgasbilanz 2040

Für die Treibhausgasbilanz werden je Verbrauchergruppe die erzeugten Wärmemengen jedes Energieträgers mit den entsprechenden CO₂-Äquivalenten multipliziert und aufaddiert. Dabei ist zu beachten, dass sich der Fußabdruck des Stroms und der Nahwärme über den Betrachtungszeitraum verändert. Durch die Dekarbonisierung der Stromerzeugung sinken die vom Strommix verursachten Emissionen bis 2040 auf weniger als ein Zehntel des heutigen Wertes. Dies beeinflusst auch die Nahwärmeerzeugung durch den für die Wärmepumpen benötigten Strom. Synthetisches Methan und Wasserstoff, enthalten in der Kategorie Grüne Gase, haben, auch wenn sie mittels Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, höhere Treibhausgasemissionen als der Strommix, da ein entsprechender Energieeinsatz für die Gewinnung erforderlich ist und Umwandlungsverluste eintreten. Es ist zu beachten, dass jeder betrachtete Energieträger aufgrund grauer Emissionen auch 2040 noch nicht vollständig treibhausgasneutral ist.

In Abbildung 59 ist die Entwicklung der Treibhausgasbilanz aus dem beschriebenen Zielszenario dargestellt. Dabei wird deutlich, dass zum heutigen Zeitpunkt der Bereich Wohnen & Kleinverbraucher aufgrund der vergleichsweise hohen erzeugten Wärmemengen die meisten Emissionen verursacht. Entsprechend bringt diese Verbrauchergruppe die größte absolute Reduktion an Emissionen mit sich.

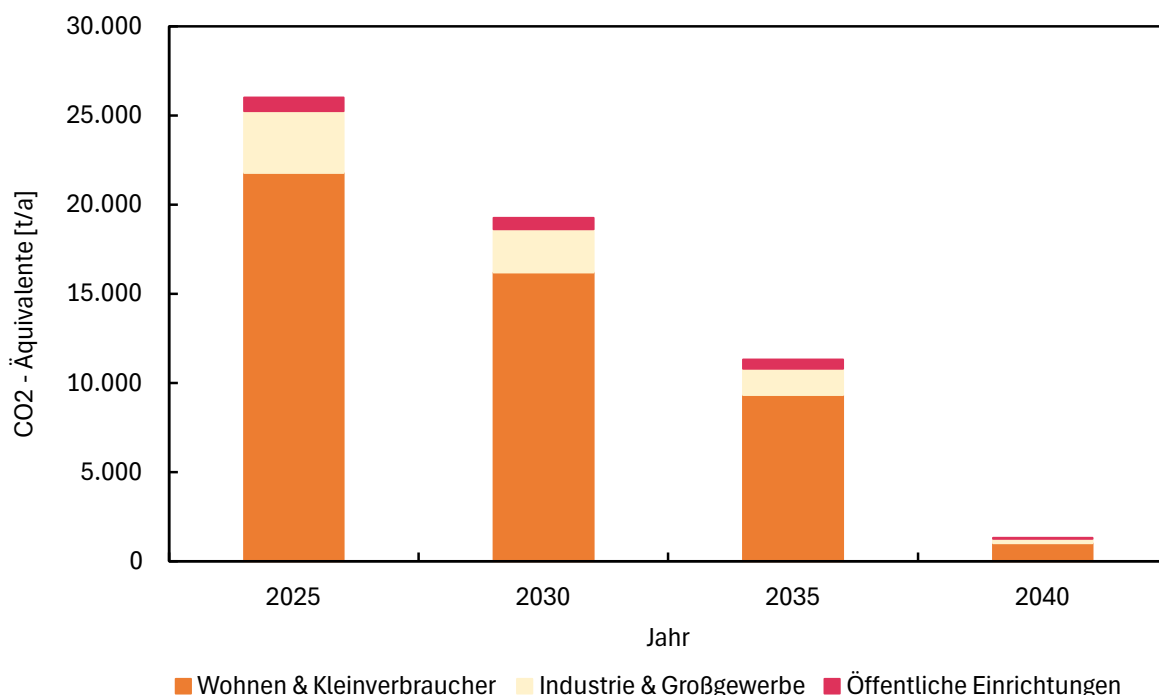


Abbildung 59: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040

Abbildung 60 zeigt die Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 auf. Für dezentrale Gebiete werden Wärmepumpen in Zukunft die größte Rolle im Sektor Wärme darstellen. Dies stimmt mit dem Ziel der Sektorenkopplung überein. Aber auch in Wärmenetzen oder der Industrie sind Wärmepumpen eine Möglichkeit der Wärmebereitstellung. Zur Erzeugung von Prozesswärme werden weiterhin Grüne Gase sowie Direktstrom eingesetzt. Mehrere Nahwärmenetze werden aufgebaut, nehmen aber insgesamt nur einen kleinen Teil der gesamten Wärmeherzeugung ein. Die restliche Wärmemenge wird durch Solarthermie und fester Biomasse bereitgestellt. Dieses Szenario stimmt mit dem Ziel der Wärmewende überein. Alle Energiequellen können regenerativ betrieben werden. Insgesamt fallen in diesem Szenario 2040 noch ca. 1.300 t CO₂-Äquivalente an Emissionen an. Das sind 95 Prozent weniger im Vergleich zur aktuellen Situation. Für den Betrieb der dezentralen Wärmepumpen werden bei einer Jahresarbeitszahl von 3 circa 21.300 MWh pro Jahr an elektrischer Energie benötigt. Dies entspricht rund 67 Prozent des theoretischen PV-Potenzials in der Stadt (nicht eingeschlossen bereits gebaute Anlagen).

Es muss jedoch betont werden, dass die Energieträger Biomasse und Biomethan hier als nachhaltig erzeugt angenommen wurden. Ist diese Nachhaltigkeit nicht mehr gegeben, zum Beispiel wenn mehr Holz den Wäldern entnommen wird als wieder nachwachsen kann, muss ein erheblich höheres Treibhausgasäquivalent angenommen werden. Dieser Wert liegt bei Holz um ein 15-faches höher als bei der nachhaltigen Variante (364 g/kWh versus 24 g/kWh). Biomasse kann also bei übermäßiger Nutzung höhere Emissionen erzeugen als Erdgas oder Heizöl [47] [18]. Aus diesem Grund ist die weitestmögliche Nutzung lokaler Ressourcen von entscheidender Bedeutung für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

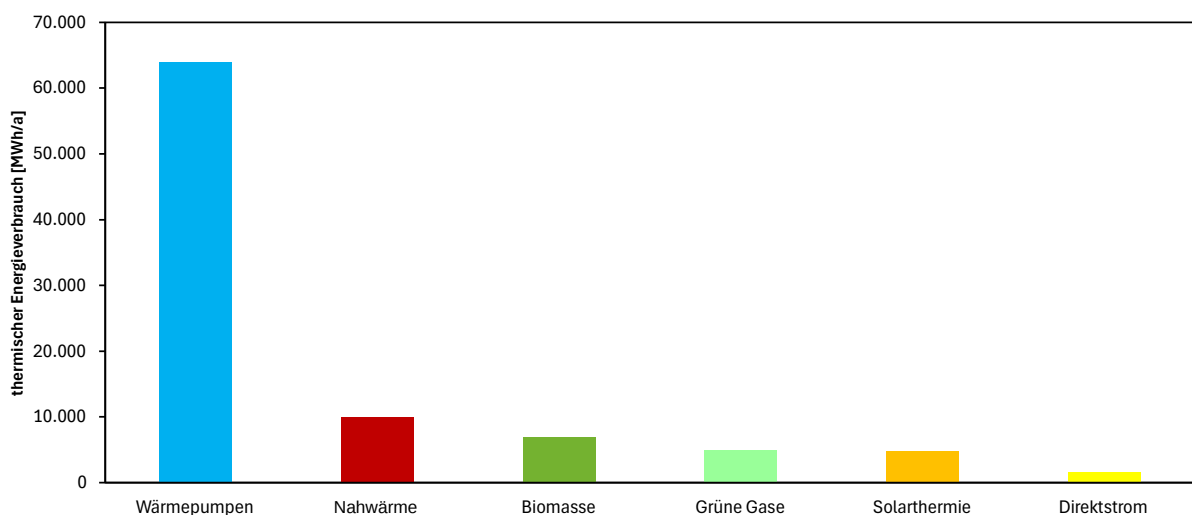
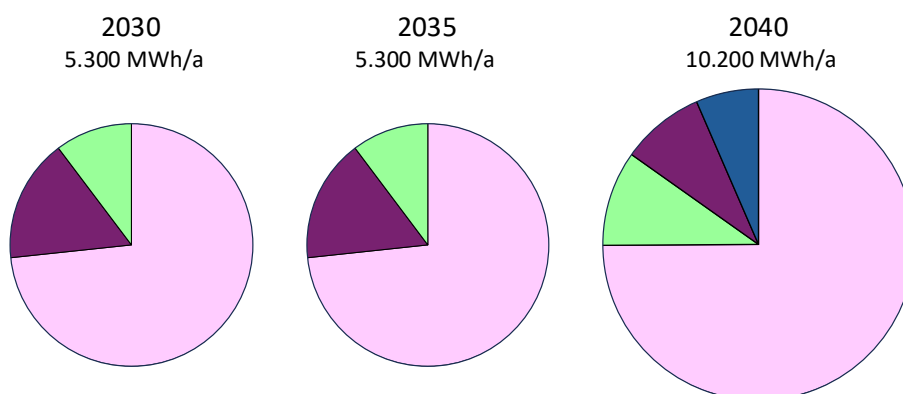
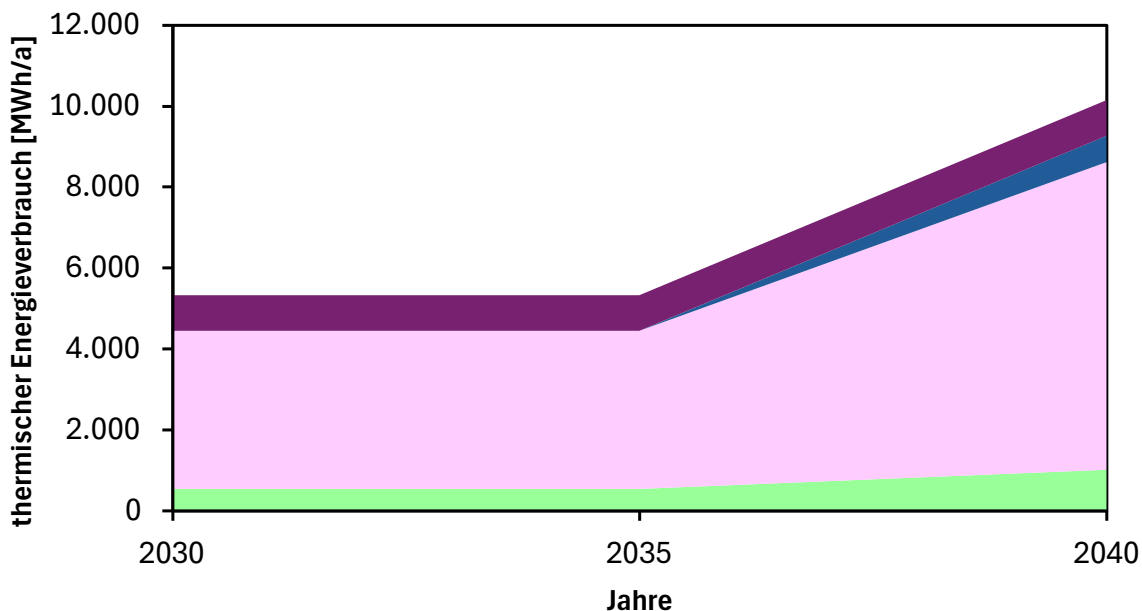


Abbildung 60: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040

9.4. Entwicklung Nahwärme

Die Nahwärme wird von aktuell 0 GWh/a auf 10,2 GWh/a ausgebaut. Dieser Ausbau beruht auf der Annahme der Umsetzung der im Rahmen der Fokusgebiete beschriebenen Netze (Schloss und Haimendorfer Straße) bis 2030, der 2040 in Betrieb genommenen Wärmenetzeignungsgebiete Schürstabstraße und Hofackerstraße (Anschlussquote je 80 Prozent) sowie das Schwimmbad, bei dem der vollständige Wärmebedarf durch das Netz gedeckt wird. In Abbildung 61 ist die Entwicklung der Nahwärme dargestellt. Die Größe der Kreise stellen die bereitgestellten Wärmemengen dar. Durch Sanierung und Auswirkung des Klimawandels

nehmen die Wärmebedarfe der einzelnen Abnehmer bis 2040 ab. Es wird davon ausgegangen, dass freiwerdende Abnahmekapazitäten im Netz durch den Anschluss neuer Gebäude kompensiert werden und die erzeugte Wärmemenge somit konstant bleibt.



Energieträger \ Jahr	2025	2030	2035	2040
Grüne Gase	-	10%	10%	10%
Luft-Wärmepumpe	-	73%	73%	75%
Abwasser	-	0%	0%	6%
Abwärme	-	17%	17%	9%

Abbildung 61: Entwicklung Nahwärme

Insgesamt wird in den Nahwärmenetzen 2040 75 Prozent der Wärme mittels Luftwärmepumpe, 6 Prozent mit Abwasser, 9 Prozent mit Abwärme und 10 Prozent mit Biomethan (zur Spitzenlastdeckung) erzeugt.

9.5. Zukünftige Versorgungsstruktur

In Abbildung 62 ist die Entwicklung der Versorgungsstruktur für die Jahre 2030 und 2040 zu sehen. Nahwärme als Versorgungsoption kommt in 5 Baublöcken vor und deckt insgesamt 11 Prozent des Gesamtwärmeverbrauchs.

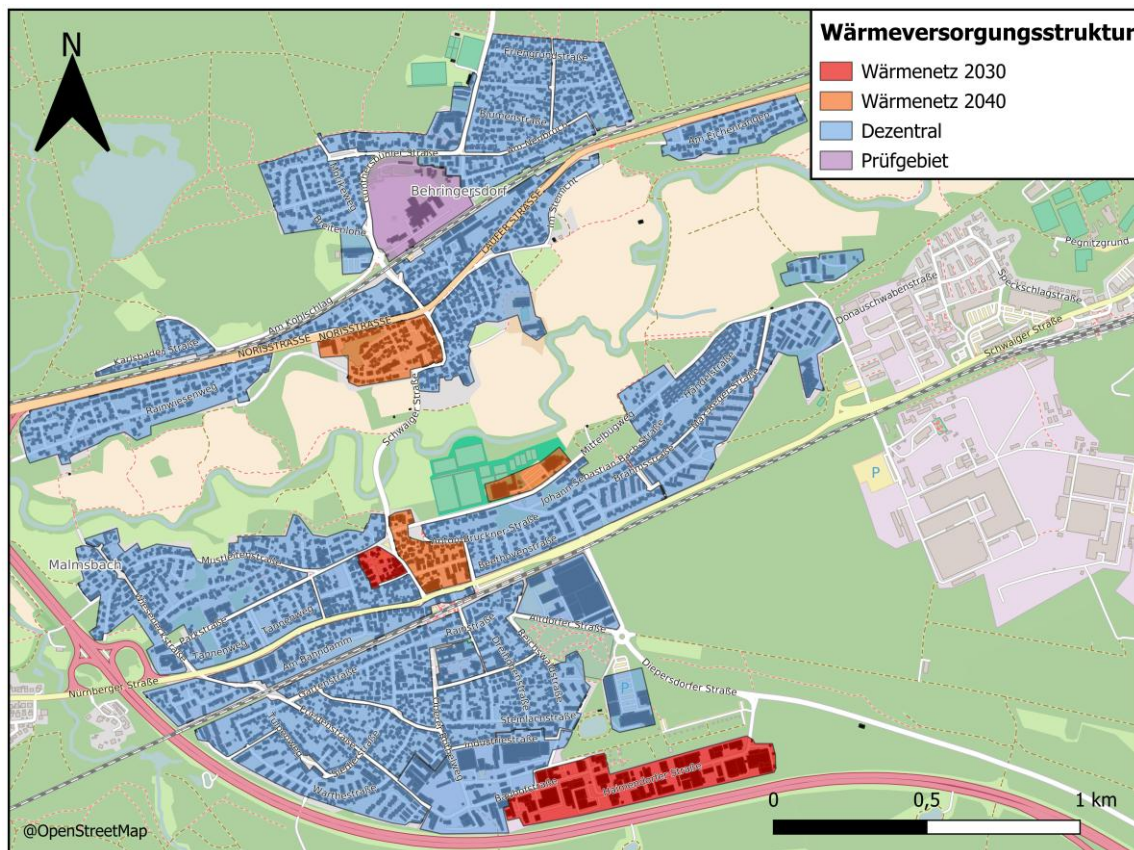


Abbildung 62: Versorgungsstruktur in Schwaig in den Jahren 2030 und 2040

9.6. Entwicklung Erdgasnetz

Laut dem Gasverteilnetzbetreiber in Schwaig, der N-ERGIE Netz GmbH, kann die Entwicklung des Gasnetzes nur auf das Endziel der Klimaneutralität 2040 hin definiert werden, wo das Netz entweder auf klimaneutrale Brennstoffe umgestellt oder stillgelegt werden muss. Eine Kündigung von Gaskunden durch den Netzbetreiber ist nach aktueller Gesetzeslage noch nicht vorgesehen. Dies bedeutet, dass der Netzbetreiber selbst nicht über die Stilllegung von Netzabschnitten verfügen kann, an dem noch Kunden angeschlossen sind. Auch im Falle eines neu errichteten Wärmenetzes kann nur in Neubau- und Sanierungsgebieten ein Anschluss- und Benutzungszwang von der Kommune beschlossen werden. In allen anderen Fällen besteht im Moment keine Handhabe. Grundsätzlich müssen bei der Stilllegung von Gasnetzen technische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Nachgelagerte Netzabschnitte müssen vor den vorgelagerten Abschnitten außer Betrieb genommen werden („Zwiebelschalenprinzip“). Auch der Zustand der Infrastruktur und deren potenzielle Eignung für eine Umstellung auf klimaneutrale Energieträger spielt eine Rolle. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass auch auf längere Sicht ein Rumpfnetz in Schwaig erhalten bleiben wird, um zukünftig gasbasierte klimafreundliche Versorgungsmöglichkeiten gewährleisten zu können.

Zwecks möglicher Umstellung auf Wasserstoff gibt es für die Netzbetreiber noch keine Regelung. Eine Leitung des geplanten Wasserstoffkernnetzes soll nördlich und östlich am N-ERGIE Netzgebiet vorbeilaufen. Dabei wird die Versorgung von Kraftwerken und der energieintensiven Industrie Priorität eingeräumt werden. Im Rahmen des Gasnetztransformationsplans der N-ERGIE Netz GmbH werden derzeit Ankerkunden bezüglich des Interesses an Wasserstoff befragt. Ob auch Endkunden wie private Haushalte mit Wasserstoff versorgt werden können,

ist zum jetzigen Stand aus Sicht des Netzbetreibers nicht abzusehen. Daher sollte in der ersten Phase des Markthochlaufs zunächst nicht mit einer Wasserstoffversorgung für Haushaltskunden gerechnet werden.

Biomethan kann als klimaneutraler Brennstoff bereits zum jetzigen Zeitpunkt bilanziell aus dem Erdgasnetz bezogen werden und erfüllt die Voraussetzung zur Deckung des im Gebäudeenergiegesetz festgelegten Mindestanteile an Erneuerbaren Energien ab dem Jahr 2026 bzw. 2028. In welchem Umfang und zu welchem Preis Biomethan in Zukunft verfügbar sein wird, ist jedoch nicht abzusehen.

Generell ist aus Sicht der Infrastrukturbetreiber ein Parallelbetrieb von Gas- und Wärmenetz in einem Gebiet nicht vorteilhaft. Eine Transformation von einer Gas- zu einer Fernwärmeversorgung sollte daher in einem möglichst kurzen Zeitraum stattfinden.

9.7. Ausblick Strom

Laut dem Stromnetzbetreiber N-ERGIE Netz GmbH wird derzeit eine Verstärkung der Stromnetzinfrastuktur vorangetrieben, so dass auch in Zukunft zusätzliche elektrische Verbraucher wie Wärmepumpen aufgenommen werden können. Allerdings bestehen auf Einspeiseseite mittlerweile deutliche Einschränkungen aufgrund von Kapazitätsengpässen, so dass bei der Integration neuer Erneuerbare-Energien-Anlagen eine frühzeitige Prüfung über den Netzananschlussmonitor empfohlen wird. Der entsprechende Netzausbau, um diesen Problemen zu begegnen, wird trotz hoher Investitionssummen seitens der N-ERGIE etliche Jahre dauern.

Eine kontinuierliche Abstimmung zwischen Kommune und Netzbetreibern ist also bei geplanten Projekten sehr wichtig.

9.8. Vergleich der Kosten verschiedener Versorgungsfälle

In Schwaig können zwei verschiedene Versorgungsoptionen in Betracht gezogen werden:

- Dezentrale Versorgung (Verschiede Heizungskonfigurationen möglich)
- Versorgung durch ein neu zu errichtendes Wärmenetz

9.8.1. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dezentrale Versorgung

Zur konkreten Betrachtung von Versorgungsfällen und zur differenzierteren Kostenentwicklung werden für den Heizungstausch in einem Referenzgebäude vier verschiedene Technologievarianten untersucht. Es wird von einem Einfamilienhaus mit Radiator-Heizkörpern und einer Leistung von 15 kW ausgegangen.

Als mögliche Heizungssysteme werden eine Luftwärmepumpe, eine Sole-Wasserwärmepumpe jeweils mit Erdwärmekollektor oder Erdwärmesonde und eine Pelletheizung betrachtet, für die jeweils eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 [38] durchgeführt wird. Die Investition umfasst neben der Heizungsanlage auch die notwendige Peripherie (wie z.B. Pufferspeicher, Heizflächentausch und geringinvestive Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems (z.B. hydraulischer Abgleich etc.)), Komponenten wie Pellet-Lager, Sonden bzw. Erdwärmekollektoren und Installation [40] [48]. Aufgrund der schwer zu prognostizierenden Preisentwicklung wird keine Preissteigerung/-senkung im Betrachtungszeitraum eingerechnet.

Für die Berechnung wird eine Laufzeit von 20 Jahren und ein Kapitalzinssatz von 3 Prozent hinterlegt. Die Betriebskosten stammen aus dem Technikkatalog des Bundes [40], für die Kosten für Strom und Pellets werden aktuelle Marktpreise (Neukunden) angesetzt [49] [50]. Für den Energieträger Strom wird wie bei den Investitionskosten ein konstanter Preis angenommen. Aufgrund des zukünftig erhöhten Angebots erneuerbarer Energien mit verringerten Gestehungskosten, soll hier nicht von zunehmenden Kosten ausgegangen werden. Bei den Pellets ist aufgrund der steigenden Nachfrage bei gleichbleibendem Potenzial eine Preissteigerung von 1 Prozent angesetzt. Für die Steigerung der Betriebskosten wird der Wert der Inflationsrate aus dem KEA-Technikkatalog [18] von einem Prozent angesetzt. Der jährliche Wärmeverbrauch wird aus dem Produkt der installierten Leistung und den jährlichen Vollbenutzungsstunden von 1.200 berechnet. Bei der Pelletheizung muss der Wert noch durch den Wirkungsgrad des Kessels dividiert werden, was zu einer größeren Wärmemenge führt als bei den anderen beiden Varianten. Der Strombedarf der Wärmepumpen wird mittels der im Technikkatalog [40] angegebenen oder aus Erfahrungswerten abgeleiteten Jahresarbeitszahl und auf Basis von Erfahrungswerten ermittelt. Hierbei wird im Technikkatalog auf den Wert von 2030 zurückgegriffen, da der Großteil der Heizungstausche zwischen 2030 und 2040 stattfinden werden. Es wird stets der mittlere Wert der angegebenen Wertspanne verwendet („Altbau saniert“). Damit ergibt sich für die Luft-Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3,12 und für die Sole-Wärmepumpe Werte von 3,96 (Kollektor) und 4,5 (Sonde). Ebenfalls berücksichtigt werden muss die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten (ebenfalls aus dem Technikkatalog des Bundes entnommen), die im Falle der Luft-Wärmepumpe 18 Jahre, der Sole-Wärmepumpe sowie des Pelletkessels 20 Jahre und des Kollektors und der Sonden 50 Jahre beträgt. Für das Pellet-Lager werden ebenfalls 20 Jahre angenommen.

In Schwaig müssen die verschiedenen Zonen des Trinkwasserschutzgebiets beachtet werden. Wie bereits in der Potenzialanalyse beschrieben ist die Genehmigung, laut Stellungnahme des

Wasserwirtschaftsamtes, in Zone III B von geothermischen Anlagen wie z.B. Erdwärmesonden unter Einhaltung von Auflagen grundsätzlich möglich. Während in Zone III B also alle 4 Anlagenkonfigurationen grundsätzlich möglich sind, können in Zone III A nur die Varianten mit Luftwärmepumpe und Pelletkessel betrachtet werden, da geothermische Anlagen dort grundsätzlich nicht genehmigungsfähig sind.

Für den Austausch von Heizungsanlagen kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude in Anspruch genommen werden [51]. Der Grundfördersatz für den Einbau neuer Heizungen in Bestandsgebäuden auf Basis erneuerbarer Energien beträgt 30 Prozent. Für die Erdwärmepumpenvarianten kann zusätzlich der Effizienzbonus von 5 Prozent in Anspruch genommen werden, der für Wärmepumpen gilt, die ihre Wärme aus dem Erdreich oder (Ab-)Wasser beziehen oder die ein natürliches Kältemittel verwenden. Bei Biomasseheizungen kann unter Einhaltung eines Emissionsgrenzwerts für Staub ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag von 2.500 Euro erfolgen. Nicht alle auf dem Markt befindlichen Heizungen erfüllen diese Bedingung, daher wird dieser Zuschuss im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Auch der Klimageschwindigkeitsbonus, der bis zu weitere 20 Prozent Förderung gewährleisten kann, wird nicht weiter betrachtet, da der Bonus nach 2028 jährlich abnimmt und hier kein konkretes Jahr für den Austausch festgelegt werden soll. Außerdem ist dieser Bonus nur für selbstnutzende Eigentümer anwendbar. Ebenso nicht eingerechnet wird der Einkommensbonus von 30 Prozent, der ebenfalls nur für selbstnutzende Eigentümer gilt und bei dem das zu versteuernde Haushaltseinkommen unter 40.000 Euro pro Jahr liegen muss. Die vorliegenden Fälle sollen eine möglichst breite Allgemeingültigkeit aufweisen, daher wird nur die Förderung betrachtet, die pauschal auf alle Häuser angewandt werden kann, unabhängig der konkreten Wohn- und Eigentumsverhältnisse. Es soll aber darauf hingewiesen werden, dass unter gegebenen Bedingungen erheblich höhere Fördersätze möglich sind. Insgesamt ist der Fördersatz auf 70 Prozent bei max. förderfähigen Ausgaben von 30.000 Euro pro Einfamilienhaus oder die erste Einheit in einem Mehrfamilienhaus begrenzt (ausgenommen davon ist der Emissionsminderungszuschlag). Bei Mehrfamilienhäusern erhöhen sich die maximal förderfähigen Kosten mit jeder weiteren Wohneinheit, erst um je 15.000 Euro und ab der 7. Einheit um je 8.000 Euro. Bei den förderfähigen Kosten handelt es sich um Bruttokosten.

Die Förderung wird in der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067 berücksichtigt. Da es sich beim Referenzgebäude um ein Einfamilienhaus handelt, beträgt die maximal förderfähige Summe 30.000 Euro brutto. Bei den Erdwärmepumpenvarianten beträgt der Fördersatz maximal 35 Prozent, bei der Luftwärmepumpe und beim Pelletkessel 30 Prozent. Abschließend kann aus den jährlichen Gesamtkosten und dem jährlichen Wärmeverbrauch ein spezifischer Netto-Wärmepreis ermittelt werden, der in Abbildung 63 dargestellt ist. Die Luftwärmepumpe hat mit 15,9 ct/ kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten, darauf folgt der Pelletkessel mit 19,9 ct/ kWh. Die beiden Sole-Wärmepumpenvarianten mit Kollektor und Sonde liegen bei 20,1 und 21,3 ct/ kWh. Bei den Wärmepumpen könnten die Kosten durch den Einsatz einer PV-Anlage noch gesenkt werden. Da das Biomassepotential in Schwaig bereits weitestgehend genutzt wird, ist auch im Sinne der Nachhaltigkeit eine Wärmepumpenlösung vorzuziehen.

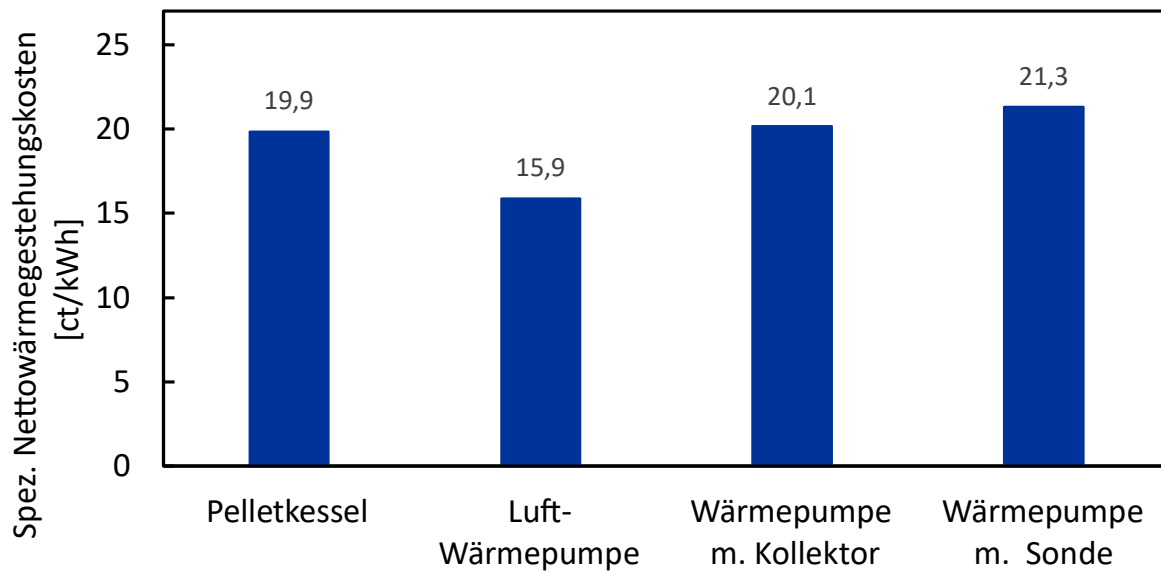


Abbildung 63: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der verschiedenen Heizungsvarianten

9.8.2. Bau von neuen Nahwärmenetzen

Derzeit finden über die beiden Fokusgebiete Schloss Schwaig und Haimendorfer Straße im Rahmen kommunale Wärmeplanung hinaus keine weiteren Studien über den Bau neuer Wärmenetze statt. Die Wärmegestehungskosten der Fokusgebiete unterliegen zu diesem frühen Stadium großen Unsicherheiten. Sie können jedoch eine erste Orientierung bieten. Die Netto-Verbraucherpreise betragen im Netz am Schloss 17,7 ct/ kWh und in der Haimendorfer Straße 18,0 ct/ kWh.

10. Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Um die beschriebenen Zielszenarien möglichst effizient und kostengünstig zu erreichen, müssen Maßnahmen in verschiedenen Bereichen ergriffen werden. Grundlage der Umsetzungsstrategie sind gemäß dem Leitfaden des Bundes [33] unter anderem folgende Kriterien:

Einordnung der Maßnahmen in thematische Strategiefelder:

1. Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien (P)
2. Wärmenetzausbau und -transformation (W)
3. Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung in Industrie und Gebäuden (M)
4. Heizungsumstellung und Transformation der Wärmeversorgung in Gebäuden und Quartieren (H)
5. Strom-/ Wasserstoffnetzausbau (N)
6. Verbrauchsverhalten und Suffizienz (V)

Kommunale Einflussmöglichkeiten benennen (folgende Rollen sind möglich):

1. **Verbraucherin** (weitere Akteure meist nicht nötig)
2. **Versorgerin** (Aufbau geeigneter Wärmeversorgungsarten, (künftige) Wärmenetzbetreiber sind mit einzubeziehen)
3. **Reguliererin** (setzt Rahmenbedingungen; ermöglicht und verpflichtet durch Vorgaben)
4. **Motiviererin** (informiert und fördert andere Akteure)

Im Weiteren sind konkrete Maßnahmen ausgearbeitet, die zeitnah von der Kommune und den betroffenen Akteuren umgesetzt werden können und sollen. Für jede Maßnahme wird ein Projektsteckbrief erstellt.

Die Steckbriefe enthalten neben einer Kurzbeschreibung und dem Ziel der Maßnahme auch die betroffene Ziel- und Verbrauchergruppe. Die Maßnahmen werden außerdem nach ihrem Potential Energie und/ oder CO₂ einzusparen, nach ihrer Außenwirkung und ihrem finanziellen, zeitlichen und ressourcenmäßigen Aufwand bewertet. Ebenso wurde ein Zeitplan, Kriterien zur Erfolgskontrolle und nächste Schritte festgelegt. In Tabelle 33 sind die geplanten Maßnahmen aufgelistet.

Tabelle 33: Umsetzungsmaßnahmen Gemeinde Schwaig b. Nürnberg

Kürzel	Maßnahme	Zeithorizont
V1	Einrichtung einer gemeinsamen Energie- und Klimaschutzhomepage für die vier Kommunen	No regret
V2	Suffizienzstrategie für die Wärmewende im Wohnsektor	No regret
V3	Interessensabfrage in den Fokusgebieten zu Wärmenetzanschluss	No regret
V4	Information der Bürgerinnen und Bürger über Energiegenossenschaften	No regret
V5	Kommunale Förderprogramme für den Heizungstausch und Gebäudedämmung	Mittelfristig
W1	Machbarkeitsstudie Wärmenetz Haimendorfer Straße	Kurzfristig
W2	Machbarkeitsstudie Wärmenetz Schloss Schwaig	Kurzfristig
P1	Potenzialanalyse Abwasserkanäle	Kurzfristig
M1	Beratung zu energetischer Gebäudesanierung für Wohngebäude	Kurzfristig
M/(H) 2	Auftakt-Informationsveranstaltung zur energetischen Gebäudesanierung und zum Heizungstausch im dezentralen Gebiet Musiker-viertel	Kurzfristig
H1	Wärmepumpenspaziergang	No regret
H2	Prüfung eines Programmes zur Heizungsvermietung	Mittelfristig
H3	Schaffung neuer Kapazitäten zur fortlaufenden Betreuung der KWP	Mittelfristig
H4	Einführung kommunales Energiemanagement nach ISO 50001	Mittelfristig

Um die Bewertung zu systematisieren, wird in Tabelle 34 eine Legende erarbeitet, in der für jede Kategorie jeweils drei Abstufungen getroffen werden.

Dabei wird die Bedeutung des CO₂-Minderungspotentials und der Energieeinsparung auf die vollständige Durchführung des mit der Maßnahme verknüpften Projekts bezogen, auch wenn der erste in den Steckbriefen dargestellte Umsetzungsschritt selbst noch keinen oder nur wenig Effekt hat (z.B. Durchführung einer Machbarkeitsstudie). Energieeinsparung bezieht sich hier auf die tatsächliche Reduktion des Energieverbrauchs, eine Substitution des Brennstoffs wirkt sich also in dieser Darstellung nur in Form des CO₂-Minderungspotentials aus.

Beim finanziellen Aufwand, Dauer und Ressourcenaufwand wird nur der in der Maßnahme beschriebene konkrete Projektschritt und der Aufwand, der seitens der Kommune erfolgt, betrachtet. Dabei bezieht sich finanzieller Aufwand auf Ausgaben für externe Dienstleister, Material etc. Kosten, die durch internen Personaleinsatz entstehen, sind der Kategorie Ressourcenaufwand zugeordnet.

Zeitlich werden die Maßnahmen nach Vorbild des Leitfadens Wärmeplanung des Bundes in vier Zeitschritte eingeteilt: no regret, kurzfristig, mittelfristig, langfristig. Dabei sind no regret Maßnahmen bestenfalls sofort anzustoßen, kurzfristig innerhalb des nächsten Jahres und mittelfristig innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre.

Maßnahmen, die den Faktor „Öffentlichkeitsarbeit“ beinhalten, tragen zur Information der Öffentlichkeit zum Thema Energie- und Klimaschutz bei. Maßnahmen, die in die Kategorie „Beratung“ fallen, klären die Bürgerinnen und Bürger gezielt zu Themen der Energieeinsparung, alternative Erzeugungstechnologien etc. auf.

Tabelle 34: Legende für Maßnahmenkatalog in Anlehnung an [52] [33]

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
↑	Wirkung: gering	< 100 t CO ₂ / a
↑↑	Wirkung: mittel	< 500 t CO ₂ / a und > 100 t CO ₂ / a
↑↑↑	Wirkung: hoch	> 500 t CO ₂ / a

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
↑	gering	< 50 MWh/ a
↑↑	mittel	< 1.000 MWh/ a und > 50 MWh/ a
↑↑↑	hoch	> 1.000 MWh/ a

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
€	niedrig	< 50.000 €
€€	mittel	> 50.000 € und < 200.000 €
€€€	hoch	> 200.000 €

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
🕒	Kurz	< 1 Jahr
🕒 🕒	Mittel	> 1 Jahr und < 3 Jahre
🕒 🕒 🕒	Lang	> 3 Jahre

Symbol	Bedeutung	Quantitativ
📄	Gering	< 10 Personentage
📄 📄	Mittel	> 10 Personentage und < 50 Personentage
📄 📄 📄	Hoch	> 50 Personentage

Im Folgenden ist exemplarisch der Maßnahmensteckbrief V1 abgebildet.

V1 Einrichtung einer gemeinsamen Energie- und Klimaschutzhomepage für die vier Kommunen		
Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Um die Thematik Wärme, Energie und Klimaschutz auch nach Abschluss der Kommunalen Wärmeplanung im Bewusstsein der Bürgerinnen und Bürger zu halten und eine bessere Übersicht über die einzelne Kommune hinaus zu gewährleisten, soll die bisherige KWP-Homepage zu einer gemeinsamen Energie- und Klimaschutzhomepage umgewandelt werden. Hier können aktuelle Veranstaltungen und Projekte, andere Neuigkeiten und eine aktuelle Übersicht über Fördermittel von Bund und Land gegeben werden.
	Ziel der Maßnahme	Informationsmöglichkeit über die Themen Wärme, Energie und Klimaschutz auf zentraler Energie- und Klimaschutzhomepage
	Verantwortung und Kostenträger	Kommune
	Ziel-/ Verbrauchergruppe	Gruppenübergreifend
	Kommunale Einflussmöglichkeiten	Motiviererin
	Getroffene Vereinbarungen	-
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	-
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✓
Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	-

Umsetzung	Zeitplan	No regret
	Maßnahme abgeschlossen bis	Mai 2026
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Aktualität der Webseite und Aufrufe
	Nächste Schritte	Entwicklung eines Konzeptes für die gemeinsame Energie- und Klimaschutzhomepage der 4 Kommunen

11. Literaturverzeichnis

- [1] FNB Gas e.V., „Wasserstoff Kernnetz,“ 2024. [Online]. Available: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>. [Zugriff am 10 September 2024].
- [2] Rechtsanwälte Günther, „Umweltinstitut München e.V. - Rechtsgutachten Wasserstoffnetzgebiete,“ 2024. [Online]. Available: https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten_Wasserstoffnetzgebiete.pdf. [Zugriff am 10 September 2024].
- [3] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude,“ 2024. [Online]. Available: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebäude/energieberatung_wohngebäude_node.html. [Zugriff am 05 September 2024].
- [4] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG),“ 07 09 2023. [Online]. Available: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf?__blob=publication-File&v=3. [Zugriff am 05 09 2024].
- [5] Bayrisches Landesamt für Umwelt, „UmweltAtlas,“ <https://www.umweltatlas.bayern.de/>, 2024.
- [6] Landratsamt Nürnberger Land, „Solarpotenzialkataster,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/Solarpotenzialkataster?lat=49.4508124&lon=11.3078985>. [Zugriff am 10 September 2024].
- [7] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Energie-Atlas Bayern,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>. [Zugriff am 01 2024].
- [8] Bayrisches Landesamt für Statistik, „Statistik kommunal 2023. Gemeinde Schwaig b. Nürnberg,“ März 2024. [Online]. Available: https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2023/09574156.pdf. [Zugriff am 24 10 2024].
- [9] PLANWERK Stadtentwicklung, Topos team, „Ortsentwicklungskonzept OEK. Gemeinde Schwaig b. Nürnberg,“ Nürnberg, 2019.
- [10] Bundesnetzagentur, „Marktsammdatenregister,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.marktsammdatenregister.de/MaStR>. [Zugriff am 5 Juni 2024].
- [11] K. Friedrich, D. Niemann, I. F., P. Bissolli, J. Daßler, V. Zins, H. S. und M. Ziese, „Deutscher Wetterdienst. Klimatologischer Rückblick auf 2023: Das bisher Wärmeste Jahr in Deutschland,“ 2024. [Online]. Available:

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimarueckblick-2023.pdf;jsessionid=F9E801852A692BA4A87E7AFF236A938F.live11042?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 02 12 2024].

- [12] eclareon GmbH, „Biomasseatlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.biomasseatlas.de/>. [Zugriff am Oktober 2024].
- [13] D. Merten und D. Falkenberg, „Wärmegewinnung aus Biomasse,“ Leipzig, 2004.
- [14] BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e.V., „Solaratlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solaratlas.de/index.php?id=1>. [Zugriff am 31 10 2024].
- [15] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden,“ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2020.
- [16] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Pressemitteilung,“ 17 06 2021. [Online]. Available: <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2021/pm154/index.html>. [Zugriff am 12 08 2023].
- [17] C.A.R.M.E.N, „C.A.R.M.E.N. Merkblatt. Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz,“ [Online]. Available: https://www.energiesystemtechnik.de/images/pdf/Merkblatt_Nahwaerme_CARMEN.pdf. [Zugriff am 03 12 2024].
- [18] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung,“ 01 2024. [Online]. Available: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>. [Zugriff am 09 04 2024].
- [19] Umweltbundesamt GmbH (Österreich), „Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger,“ 12 2023. [Online]. Available: <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html>. [Zugriff am 07 02 2024].
- [20] Umweltbundesamt, „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger,“ Dessau-Roßlau, 2022.
- [21] Statista GmbH, „Entwicklung des Emissionsfaktors der Stromerzeugung in Deutschland und Frankreich im Zeitraum 2000 bis 2023,“ 2024. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1421117/umfrage/emissionen-strom-deutschland-und-frankreich/>. [Zugriff am 02 03 2024].
- [22] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Detailinformationen zu Geodatendienst,“ [Online]. Available: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dId=schutzgebiete. [Zugriff am 01 2024].

- [23] Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende, „Schutzgebiete und Erneuerbare Energien,“ 05 2022. [Online]. Available: <https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/veroeffentlichungen/uebersicht-schutzgebiete-und-erneuerbare-energien/>. [Zugriff am 04 2024].
- [24] VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU), „VDI 4640,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2010.
- [25] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Hausmüll in Bayern,“ Augsburg, 2023.
- [26] Umweltbundesamt, „Altholz,“ 04 2019. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/altholz#sekundarproduktion>. [Zugriff am 02 2024].
- [27] Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., „Biogas - Biogasdaten Deutschland,“ Hürth, 2008.
- [28] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Faustzahlen Biogastechnologie,“ [Online]. Available: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>. [Zugriff am 12 04 2024].
- [29] Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, „Energie aus nachwachsenden Rohstoffen,“ 11 2023. [Online]. Available: <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/energie-aus-nachwachsenden-rohstoffen>. [Zugriff am 12 04 2024].
- [30] Landratsamt Nürnberger Land, „Nürnberger Land,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.nuernberger-land.de/serviceleistungen/tiere-natur-jagd/wasserkraftanlagen-stau-und-triebwerksanlagen>. [Zugriff am 04 12 2024].
- [31] C.A.R.M.E.N. e.V., QM Holzheizwerke - Planungshandbuch, Straubing, 2022.
- [32] Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Planungshandbuch Fernwärme, Ittigen, CH, 2021.
- [33] ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., Universität Stuttgart, Becker Büttner Held, Prognos AG, Fraunhofer-Institut für System- und Energieforschung ISI, „Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche,“ im Auftrag: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen , Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.
- [34] nPro Energy GmbH, „App - nPro Energy,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.npro.energy/main/de/>.
- [35] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz , „Energiewechsel: Antworten auf häufig gestellte Fragen zur BEG (FAQ),“ 20 Dezember 2024. [Online]. Available: https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Redaktion/DE/FAQ/FAQ-Uebersicht/BEG/Downloads/beg-faq-241210.pdf?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff am 26 März 2025].

- [36] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW). Technische Anforderungen der Module 1 bis 4,“ 2025. [Online]. Available: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_technik.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am 25 März 2025].
- [37] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW). Häufige Fragen,“ 2025. [Online]. Available: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html. [Zugriff am 25 März 2025].
- [38] VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), „VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2012.
- [39] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung Effiziente Wärmenetze. Modul 2: Antragstellung und Verwendungsnachweise,“ 14 Februar 2023. [Online]. Available: https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_antragstellung_m2.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am 04 April 2025].
- [40] Prognos AG, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, „Technikkatalog Wärmeplanung,“ im Auftrag: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.
- [41] Int. Wirtschaftsforum Regenerative Energien , „BDEW-Strompreisanalyse. Industrie-Strompreise in Deutschland sinken 2024 um 30 Prozent gegenüber Vorjahr,“ 18 Dezember 2024. [Online]. Available: <https://www.iwr.de/ticker/bdew-strompreisanalyse-industrie-strompreise-in-deutschland-sinken-2024-um-30-prozent-gegenueber-vorjahr-artikel7148>. [Zugriff am 25 März 2025].
- [42] Agriportance GmbH, „Biomethan Spotdeals: Aktuelle Preise und Marktqualitäten im Überblick,“ 2025. [Online]. Available: <https://agriportance.com/de/preisentwicklung/biomethan-entwicklung-preise/biomethan-preise-spot/>. [Zugriff am 25 März 2025].
- [43] A. M. U. G. H. K. A. Herrmann, „Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf von Gebäuden und den Ertrag erneuerbarer Energien,“ in *14. Symposium Energieinnovation*, Graz, 2016.
- [44] Deutscher Wetterdienst, „Jahresmittel der Stationsmessungen der Lufttemperatur in 2 m Höhe in °C. Nürnberg,“ 2025. [Online]. Available: <https://cdc.dwd.de/portal/>. [Zugriff am 03 April 2025].
- [45] „EUR-Lex. Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung),“ 13 September 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX:32023L1791>.

- lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791. [Zugriff am 23 April 2025].
- [46] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Bundestag beschließt Energieeffizienzgesetz,“ 21 September 2023. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/09/20230921-bundestag-beschliesst-energieeffizienzgesetz.html>. [Zugriff am 23 April 2025].
- [47] Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, „Ist die Verbrennung von Holz gesundheits- und klimaschädlich?,“ Straubing, 2023.
- [48] Carmen e.V., „C.A.R.M.E.N.-Information. Entscheidungskriterien für ein neues Heizsystem – mehr als ein Heizkostenvergleich,“ 2024. [Online]. Available: https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2024/02/Infoschrift_Heizkostenvergleich_2_2024.pdf. [Zugriff am 31 März 2025].
- [49] Wirtschaftswoche, „Strompreis aktuell. Das kostet die Kilowattstunde in Deutschland im Jahr 2025,“ Januar 2025. [Online]. Available: <https://www.wiwo.de/unternehmen/strompreis-aktuell-das-kostet-die-kilowattstunde-in-deutschland-im-jahr-2025/29558224.html>. [Zugriff am 23 Januar 2025].
- [50] Carmen e.V., „Marktpreise Pellets. Preisentwicklung bei Holzpellets,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-pellets/>. [Zugriff am 30 Januar 2025].
- [51] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch,“ November 2024. [Online]. Available: https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=25. [Zugriff am 10 März 2025].
- [52] Institut für systemische Energieberatung, „Energienutzungsplan Germering. Maßnahmenkatalog,“ Germering, 2022.
- [53] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch,“ November 2024. [Online]. Available: https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=25. [Zugriff am 10 März 2025].

12. Hinweise

zeitgeist engineering trifft keine verbindlichen rechts- und steuerberaterlichen Auskünfte, deren Hoheitsgebiete einschlägigen Berufsgruppen obliegen.

Alle im Rahmen dieser Arbeit angenommenen oder vorausgesetzten Rahmenbedingungen basieren auf der Sichtweise von zeitgeist engineering auf die aktuell vorliegenden Gesetzestexte und anderen Unterlagen. Die Betrachtung erfolgt grundsätzlich auf einer ingenieurtechnischen Perspektive. Aufgrund der komplexen Thematik und teils unterschiedlichen Auslegungen der Rechtslage kann keine Gewährleistung für die Richtigkeit dieser Annahmen übernommen werden.

Konkrete Rechtsfragen zu der Thematik dürfen ausschließlich durch zugelassene Anwälte und Experten beantwortet werden. Ebenso können steuerliche Fragen ausschließlich durch einen Steuerberater rechtssicher geklärt werden. Die hier getroffenen Annahmen können nicht als belastbare Steuerberatung oder Rechtsberatung angesehen werden.

Katharina Will

Katharina Will