



Kommunale Wärmeplanung Stadt Sulzbach-Rosenberg

- Abschlussbericht -

Kommunale Wärmeplanung Stadt Sulzbach-Rosenberg

Projekt	Kommunale Wärmeplanung Stadt Sulzbach-Rosenberg
Auftraggeber	Stadt Sulzbach-Rosenberg
Bearbeiter	Markus Rößler, Katharina Will, zeitgeist engineering gmbh
Kontakt	markus.roessler@ib-zeitgeist.de +49 (0) 911 21707-410
Datum	06.03.2026

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 grobe Skizzierung von Umsetzungsmaßnahmen, welche der Wärmeplanung folgen sollen, inklusive zweier Fokusgebiete.

Um Zeit und Kapazitäten zu sparen, wird den oben genannten Punkten eine Eignungsprüfung von Teilgebieten außerhalb der Kernstadt vorangestellt. Hierbei wird untersucht, ob eine leistungsgebundene Wärmeversorgung, mittels Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz, anhand von groben Abschätzungen der Bedarfe und Potenziale von vornherein ausgeschlossen werden kann. Gegebenenfalls wird eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. Sieben der 33 untersuchten Gebiete werden einer erweiterten Wärmeplanung unterzogen.

In der Bestandsanalyse 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 25 % der Gemeindefläche. Der Großteil der Wohnbebauung ist aus den 1970- und 1980er Jahren. Es existieren drei Biomasse(heiz)kraftwerke im Gemeindegebiet und eines direkt an der Gemeindegrenze, zwei PV-Freiflächenanlagen und eine kleinere Wasserkraftturbine im Gemeindegebiet. Mit Biomasse wird mit circa 37.360 MWh pro Jahr gefolgt von Photovoltaik mit 28.050 MWh pro Jahr am meisten elektrische Energie erzeugt. In der Kernstadt



und den umliegenden Gebieten ist sowohl ein Gas- als auch ein Wärmenetz verbaut. Es existiert ein Umspannwerk in der Nähe des Industriegebietes sowie eine 110-kV Hochspannungsfreileitung. Erdgas und Heizöl machen für die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte und des Kleingewerbes zusammen 65 % der installierten Wärmeerzeugerleistung aus; bei der Industrie und dem Großgewerbe sogar 97 %. Die Wärmeerzeugerleistung der kommunalen Liegenschaften und der öffentlichen Großverbraucher besteht circa zur Hälfte aus Fernwärme. 75 % der erzeugten Energiemenge für Raumwärme und Warmwasser in den Haushalten und dem Kleingewerbe stammt aus Erdgas oder Heizöl, 18 % aus Biomasse. Circa 98 % der Wärme (inklusive Prozesswärme) der Industrie und des Großgewerbes wird durch die Verbrennung von Erdgas gewonnen. 51 % der Raumwärme und des Warmwassers zur Versorgung von kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbrauchern wird durch Fernwärme bereitgestellt, der Rest durch Heizöl und Erdgas. Dreiviertel des Strombezugs aus dem Stromnetz geht auf die Industrie zurück. Insgesamt summiert sich der thermische Endenergieverbrauch aller Verbrauchergruppen im Gemeindegebiet auf circa 420.500 MWh pro Jahr; der elektrische Endenergieverbrauch, bezogen aus dem Stromnetz, auf 127.300 MWh pro Jahr. Dies entspricht einem Ausstoß von 91.800 bzw. 48.500 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr.

In der Potenzialanalyse werden zuerst Ausschlussgebiete für die Nutzung erneuerbarer Energieanlagen identifiziert und das Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet. Danach werden alle vorhandenen Potenziale für erneuerbare Erzeugung von Wärme und Strom ermittelt. Im Westen des Gemeindegebietes existiert ein Fauna-Flora-Habitat sowie ein Naturpark. Auch zwei Trinkwasserschutzgebiete sind vorhanden. In der Kernstadt sind vereinzelt Baudenkmäler vorhanden; die Altstadt und der Annaberg sind als Ensemble-Denkmal deklariert. Je nachdem welchen Ansatz man für die Berechnung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung annimmt, können auf das Gemeindegebiet gemittelt 77 % bzw. 56 % des Endenergiebedarfes für Raumwärme durch Sanierung eingespart werden. Als mögliche Quellen erneuerbarer Wärme werden unter anderem die Potenziale Biomasse, oberflächennahe Geothermie, Solarthermie, Abwärme und Umweltwärme (Luft und Gewässer) betrachtet. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von 514.100 MWh pro Jahr, wobei das Potenzial der Umweltwärme nicht quantifizierbar ist und somit noch zusätzlich zur Verfügung steht. Das Potenzial von Photovoltaik und Windkraft zur Erzeugung erneuerbaren Stroms auf dem Gemeindegebiet beläuft sich auf 310.500 MWh_{el} pro Jahr. Circa 6 % der Bürgerinnen und Bürger der Stadt Sulzbach-Rosenberg haben den Fragebogen zur kommunalen Wärmeplanung ausgefüllt. Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass 63 % der Bürgerinnen und Bürger Interesse und 31 % mögliches Interesse an einem Anschluss an ein Wärmenetz haben.

Eine Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse ergibt, dass das Potenzial an erneuerbarer Wärme circa das 1,22-fache des aktuellen Wärmeverbrauches auf dem Gemeindegebiet beträgt; für den Sektor Strom das 2,44-fache. Hierbei ist zu beachten, dass es sich lediglich um Energiemengen handelt. Parameter wie Temperatur und Verfügbarkeit der Energiequellen müssen individuell betrachtet werden.

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Stadt in Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. In Gebieten mit Wärmenetzeignung werden weitere Untersuchungen für eine mögliche Versorgung durch heiße Fern-/Nahwärme empfohlen. In dezentralen Gebieten ist eine individuelle Wärmeversorgung der einzelnen Gebäude wahrscheinlich. Dennoch ist auch hier eine Versorgung durch kalte Nahwärme oder eines Inselnetzes möglich. In Prüfgebieten wird bereits eine Versorgung durch ein Wärmenetz geprüft. Der Großteil der innerstädtischen



Bebauung weist eine Wärmenetzeignung auf. In den Ortsteilen Feuerhof und Gallmünz wird bereits die Nutzung eines Wärmenetzes erwägt. Dies ist auch für das Gebiet in und um die Eisenhämmerstraße zu empfehlen. In den restlichen Gebieten ist eine dezentrale Lösung, kalte Nahwärme oder ein Inselnetz wahrscheinlich.

Eine beispielhafte zukünftige Versorgung wird für ein dezentrales Gebiet im Sternstein und für ein Gebiet mit Wärmenetzeignung im südlichen Loderhof dargestellt. Als Fokusgebiet wird ein Wärmenetz mit Fokus auf die Großabnehmer im Loderhof weiter untersucht. Eine Versorgung mittels Geothermie-Freiflächenkollektor und Biomethan sowie einer Luft-Wärmepumpe und Biomethan werden geprüft. Nach ersten groben Berechnungen liegen die Verbraucherpreise der Varianten um die 20-22 ct pro kWh netto und damit im wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen. Im zweiten Fokusgebiet wird eine netzgebundene Wärmeversorgung im Industriegebiet Eisenhämmerstraße und Umgebung untersucht. Als Wärmequelle steht die Abwärme zweier Firmen sowie der Kläranlage zur Verfügung. Auch hier wird Biomethan zur Spitzenlast verwendet. Die Verbraucherpreise befinden sich ebenfalls nach ersten groben Berechnungen mit 8-12 ct pro kWh netto im wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen. Zusätzlich wird das PV-Potenzial in beiden Gebieten abgeschätzt und das Prinzip der Sektorenkopplung mitbetrachtet. In beiden Gebieten sinken in allen betrachteten Varianten die Treibhausgasemissionen signifikant im Gegensatz 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 und Fernwärme erfolgt, benötigt die Industrie, vor allem für die Prozesswärme, eine große 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 13 Maßnahmen aufgelistet, welche nach der Wärmeplanung begonnen werden sollten. Vorschläge im Bereich Wärmenetz(aus)bau, Sanierung und strategischen Ursprungs werden in Stechbriefen genauer beschrieben.



Inhalt

1. Zusammenfassung.....	1
2. Eignungsprüfung	13
2.1. Ausgangslage	13
2.1.1. Gesetzliche Vorgaben	13
2.1.2. Prüfgebiete.....	14
2.1.3. Einteilungskriterien.....	14
2.2. Ergebnis Eignungsprüfung	15
2.3. Weiteres Vorgehen	16
2.3.1. Erweiterte Wärmeplanung.....	16
2.3.2. Verkürzte Wärmeplanung.....	17
2.4. Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung.....	17
2.4.1. Energetische Sanierung	17
2.4.2. Erfüllungsoptionen der 65%-Regelung nach GEG.....	17
2.4.3. Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung.....	18
3. Bestandsanalyse	23
3.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen	23
3.1.1. Datengrundlagen.....	23
3.1.2. Verbrauchergruppen	23
3.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur	24
3.2.1. Flächennutzung	24
3.2.2. Siedlungsstruktur	25
3.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	27
3.3.1. Energieerzeugungsanlagen	27
3.3.2. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung.....	29
3.3.3. Stromversorgungsnetze	30
3.3.1. Abwasserkanalnetz.....	30
3.4. Wärmeerzeugung	31
3.4.1. Methodik	31
3.4.2. Private Haushalte und Kleingewerbe.....	32
3.4.3. Industrie und Großgewerbe.....	33
3.4.4. Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern	33
3.5. Energiebilanz Wärme.....	34
3.5.1. Methodik	34
3.5.2. Private Haushalte und Kleingewerbe.....	36



3.5.3.	Industrie und Großgewerbe.....	36
3.5.4.	Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern	37
3.5.5.	Zusammenfassung Energiebilanz Wärme	38
3.6.	Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene.....	40
3.6.1.	Absoluter Heizwärme- und Warmwasserbedarf	41
3.6.2.	Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche	41
3.6.3.	Wärmelinienichte.....	42
3.7.	Energiebilanz Strombezug	43
3.7.1.	Methodik	43
3.7.2.	Zusammenfassung Energiebilanz Strombezug	44
3.8.	Treibhausgasbilanz Wärme und Strom	45
4.	Potenzialanalyse	48
4.1.	Datengrundlage	48
4.2.	Schutzgebiete und Denkmalschutz	48
4.2.1.	Schutzgebiete	48
4.2.2.	Denkmalschutz	49
4.3.	Energieeinsparpotenzial durch Sanierung.....	50
4.4.	Potenziale erneuerbarer Wärme	52
4.4.1.	Oberflächennahe Geothermie	52
4.4.2.	Solarthermie.....	55
4.4.3.	Biomasse	57
4.4.4.	Abwärme.....	60
4.4.5.	Sonstige	61
4.4.6.	Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme.....	61
4.5.	Potenziale erneuerbarer Strom	62
4.5.1.	Photovoltaik	62
4.5.2.	Windenergie.....	64
4.5.1.	Sonstige	65
4.5.2.	Zusammenfassung Potenzial erneuerbarer Strom	65
4.6.	Anschlussinteresse an einem Wärmenetz.....	66
5.	Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse	68
6.	Wärmeversorgungsgebiete	69
6.1.	Einteilungskriterien.....	69
6.2.	Wärmenetzeignung.....	69
7.	Beispielhafte Versorgungsfälle	71



7.1.	Versorgung des dezentralen Gebiets Sternstein	71
7.1.1.	Beschreibung der Bestandssituation	71
7.1.2.	Entwicklung zur Treibhausgasneutralität bis 2040	73
7.1.3.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines konkreten Versorgungsfalls	76
7.2.	Nachverdichtung bestehendes Fernwärmenetz	78
7.3.	Versorgung des Wärmenetzeignungsgebietes Loderhof	78
7.3.1.	Ausgangssituation	78
7.3.2.	Auslegung Wärmenetz	79
7.3.3.	Annahmen Berechnung	81
7.3.4.	Ergebnis Simulation Wärmenetz	82
8.	Fokusgebiet Loderhof	84
8.1.	Ausgangssituation	84
8.2.	Auslegung Wärmenetz	85
8.3.	Annahmen Berechnung	87
8.4.	Detailprüfung Geothermie	88
8.4.1.	Bodenbeschaffenheit oberflächennahe Geothermie	88
8.4.2.	Genehmigung oberflächennaher Geothermie	89
8.5.	Ergebnisse Simulation Wärmenetz	91
8.5.1.	Geothermie und Biogas	91
8.5.2.	Luft-Wärmepumpe und Biogas	93
8.5.3.	Treibhausgas-Emissionen	95
8.5.4.	Hydraulische Betrachtung	96
8.5.5.	Vergleich verschiedener Auslegungen	97
8.6.	Sektorgekoppelte Quartierslösung	98
8.7.	Alternative Wärmeversorgung	100
9.	Fokusgebiet Industriegebiet Eisenhammerstraße	101
9.1.	Ausgangssituation	101
9.2.	Abwärmepotenzial	102
9.2.1.	Industrie	102
9.2.2.	Kläranlage	103
9.3.	Auslegung Wärmenetz	104
9.4.	Annahmen Berechnung	105
9.5.	Ergebnisse Simulation Wärmenetz	105
9.5.1.	Abwärme Industrie	105
9.5.2.	Abwärme Industrie und Kläranlage	107



9.5.3. Treibhausgas-Emissionen.....	108
9.5.4. Vergleich verschiedener Auslegungen	109
9.6. Sektorgekoppelte Quartierslösung	110
9.6.1. PV-Potential	110
9.6.2. Energetische Gesamtbetrachtung	111
9.7. Ausblick Prozess- und Abwärme.....	112
10. Zielszenario	113
10.1. Entwicklung des Wärmeverbrauchs	113
10.2. Entwicklung der Wärmeerzeugung.....	114
10.2.1. Methodik	114
10.2.2. Private Haushalte und Kleingewerbe.....	115
10.2.3. Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern.....	117
10.2.4. Industrie und Großgewerbe.....	119
10.3. Energie- und Treibhausgasbilanz 2040	121
10.4. Entwicklung Fernwärme.....	123
10.5. Entwicklung Erdgasnetz.....	124
10.6. Ausblick Strom.....	125
11. Umsetzungsstrategie und Maßnahmen	126
12. Literaturverzeichnis.....	131
13. Maßnahmensteckbriefe	135
14. Hinweise	159



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnis Eignungsprüfung.....	16
Abbildung 2: Auszug aus dem Umwelt-Atlas des Bayerischen Landesamt für Umwelt.....	19
Abbildung 3: Auszug aus dem Solarkataster des Landkreises Amberg-Weizsach.....	20
Abbildung 4: Auszug aus dem Energie-Atlas Bayern.....	22
Abbildung 5: Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg	25
Abbildung 6: Siedlungsentwicklung der Stadt Sulzbach-Rosenberg	26
Abbildung 7: Gebäudenutzung am Beispiel des Stadtteils Rosenberg.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 8: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten.	27
Abbildung 9: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 10: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister.....	29
Abbildung 11: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken	30
Abbildung 12: Stromversorgungsnetze auf dem Gemeindegebiet	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 13: Kanalnetz mit Durchmesser größer 800 mm und Standort Kläranlage...	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 14: Verteilung Gesamtnennleistung (Wärme) private Haushalte und Kleingewerbe.	32
Abbildung 15: Verteilung Gesamtnennleistung (Wärme) Wärme der Industrie und Großgewerbe.....	33
Abbildung 16: Verteilung Gesamtnennleistung (Wärme) kommunalen Liegenschaften	34
Abbildung 17: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch private Haushalte und Kleingewerbe	36
Abbildung 18: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie und Großgewerbe. ...	37
Abbildung 19: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch kommunale Liegenschaften	38
Abbildung 20: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen.	39
Abbildung 21: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen.	39
Abbildung 22: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock.	41
Abbildung 23: Jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche.....	42
Abbildung 24: Wärmelinien dichten am Beispiel des Loderhofs.....	43
Abbildung 25: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.	44
Abbildung 26: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch.....	46
Abbildung 27: CO ₂ -Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch.....	46
Abbildung 28: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet	49
Abbildung 29: Ensemble- und Baudenkmäler in der Kernstadt.....	50
Abbildung 30: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung nach ENEKA Energie & Karten GmbH.	51
Abbildung 31: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikatalog der KEA Baden-Württemberg [9]	52
Abbildung 32: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie.	54
Abbildung 33: Potenzielle Geothermie Freiflächen.	55



Abbildung 34: Potenzieller Solarthermie-Freiflächen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 35: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen.....	57
Abbildung 36: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Sulzbach-Rosenberg.....	58
Abbildung 37: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand mit und ohne Einbeziehen des Holzverbrauchs durch Fernwärme.....	59
Abbildung 38: Potenzialanalyse Abwärme.....	61
Abbildung 39: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme.....	62
Abbildung 40: PV-Vorrangflächen auf dem Gemeindegebiet.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 41: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik.....	64
Abbildung 42: Potenzielle Standorte von Windenergieanlagen.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 43: Zusammenfassung Potenzialanalyse Strom.....	66
Abbildung 44: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.....	67
Abbildung 45: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.....	67
Abbildung 46: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom.....	68
Abbildung 47: Einteilung der Kernstadt (A) und Prohof (B) in Wärmenetzeignungsgebiete.....	70
Abbildung 48: Das dezentrale Gebiet Sternstein	72
Abbildung 49: Anzahl und installierte Leistung der Wärmeerzeuger im Gebiet Sternstein	72
Abbildung 50: Anzahl getauschter Heizungen pro Jahr bis 2040	73
Abbildung 51: Anteil installierter Wärmeerzeuger bis 2040 in Prozent.....	74
Abbildung 52:Wärmeerzeugung (links) und Emissionen CO ₂ -Äq. (rechts) bis 2040 nach Energieträgern	74
Abbildung 53: Kumulierte Kosten für Heizungstausch in Euro bis 2040	75
Abbildung 54: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der verschiedenen Heizungsvarianten	77
Abbildung 55: Betrachtetes Gebiet für ein Wärmenetz im Loderhof mit potenzieller Geothermie Freifläche.....	79
Abbildung 56: Schematische Darstellung eines Versorgungsfalles mit dem Simulationstool nPro [32]	80
Abbildung 57: Wärmebedarf und CO ₂ -Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet Loderhof.....	83
Abbildung 58: Mögliches Wärmenetz der Großabnehmer im Loderhof mit Heatmap.....	84
Abbildung 59: Benötigte Wärmeleistung des Quartiers in kW bei 80 % Anschlussquote mit Jahresdauerlinie	85
Abbildung 60: Schematische Darstellung des Versorgungsfalles Geothermie und Biogas mit dem Simulationstool nPro [5].....	86
Abbildung 61: Bodenbeschaffenheit um den Loderhof [3].....	89
Abbildung 62: Schutzgebiete sowie Boden- und Baudenkmäler im Loderhof.	90
Abbildung 63: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Geothermie, 80 % Anschlussquote)	92
Abbildung 64: Benötigte Flächen Geothermie (Kollektoren) mit Flurstücksnummern.....	93



Abbildung 65: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Luft-Wärmepumpe, 80 % Anschlussquote)	94
Abbildung 66: Wärmebedarf und CO ₂ -Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet Großabnehmer Loderhof.....	95
Abbildung 67: Beispielhafte Simulation eines Druckgefälles	96
Abbildung 68: Vergleich verschiedener Auslegungen Wärmenetz Loderhof	97
Abbildung 69: Schematische Darstellung des Versorgungsfalles Geothermie und Biogas sowie Dach-Photovoltaik mit dem Simulationstool nPro [5]	98
Abbildung 70: PV-Belegung Dachflächen Loderhof	99
Abbildung 71: Bereitgestellte elektr. Energie durch Dach-PV	99
Abbildung 72: Betrachtetes Fokusgebiet Eisenhämmerstraße mit Wärmelinien-dichte	101
Abbildung 73: Tages-Lastgang Entzugsleistung Kläranlage.	104
Abbildung 74: Schematische Darstellung des Versorgungsfalles Abwärme der Industrie und Biogas mit dem Simulationstool nPro [5]	105
Abbildung 75: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Abwärme Industrie).....	106
Abbildung 76: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Abwärme Industrie und Kläranlage)	108
Abbildung 77: Wärmebedarf und CO ₂ -Äq. Emissionen für das betrachtete Gebiet Eisenhämmerstraße.....	109
Abbildung 78: Vergleich verschiedener Auslegungen Wärmenetz Industriegebiet Eisenhämmerstraße.....	109
Abbildung 79: PV-Potenzial-Belegungsplan	111
Abbildung 80: Sektorgekoppelte Energiebetrachtung	112
Abbildung 81: Thermischer Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppen bis 2040	114
Abbildung 82: Entwicklung des CO ₂ -Preises (Non-ETS) [9].....	115
Abbildung 83: Zielszenario der Energieträgerverteilung private Haushalte und Kleingewerbe	116
Abbildung 84: Zielszenario der Energieträgerverteilung kommunale Liegenschaften und öffentl. Großverbraucher	118
Abbildung 85: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Raumwärme und Warmwasser Industrie und Großgewerbe	119
Abbildung 86: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Prozesswärme Industrie und Großgewerbe	120
Abbildung 87: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040.....	122
Abbildung 88: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040.....	123
Abbildung 89: Entwicklung Fernwärme.....	123
Abbildung 90: Möglicher Lastgang des Fernwärmenetzes der Danpower GmbH 2040	124



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Einwohnerzahl	14
Tabelle 2: Erfüllungsoptionen 65%-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen	18
Tabelle 3: Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher Geothermie in den einzelnen Prüfgebieten	20
Tabelle 4: Datengrundlagen der Bestandsanalyse	23
Tabelle 5: Flächen nach Nutzungsart auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg	24
Tabelle 6: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister	28
Tabelle 7: Gesamtnennleistung der Wärmeerzeuger aufgeteilt auf Energieträger der privaten Haushalte und des Kleingewerbes	32
Tabelle 8: Gesamtnennleistung der Wärmeerzeuger aufgeteilt auf Energieträger der Industrie und des Großgewerbes	33
Tabelle 9: Gesamtnennleistung der Wärmeerzeuger aufgeteilt auf Energieträger der kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbraucher	34
Tabelle 10: Thermischer Endenergieverbrauch der privaten Haushalte und des Kleingewerbes.	36
Tabelle 11: Thermischer Endenergieverbrauch der Industrie und des Großgewerbes	37
Tabelle 12: Thermischer Endenergieverbrauch der komm. Liegenschaften mit öffentl. Großverbrauchern	37
Tabelle 13: Kennwerte der Energiebilanz Wärme	40
Tabelle 14: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen	44
Tabelle 15: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug	45
Tabelle 16: CO ₂ -Äquivalente der Energieträger	45
Tabelle 17: Kennwerte der Treibhausgasbilanz	47
Tabelle 18: Datengrundlagen der Potenzialanalyse	48
Tabelle 19: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie	54
Tabelle 20: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen	57
Tabelle 21: Potenzial Biomasse.	59
Tabelle 22: Potenzialanalyse Abwärme	60
Tabelle 23: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik.	63
Tabelle 24: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen	64
Tabelle 25: Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.	66
Tabelle 26: Durchschnittliche Leistung und Kosten von neuen Heizungsanlagen nach dem Austausch	75
Tabelle 27: Wärmebedarf und Anzahl Hausanschlüsse im kompletten Netzgebiet	79
Tabelle 28: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung	81
Tabelle 29: Preiskomponenten für Kostenschätzung	81
Tabelle 30: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung	82
Tabelle 31: Ergebnisse Wärmenetz komplettes Netzgebiet	83
Tabelle 32: Wärmebedarf und Anzahl Hausanschlüsse im Netzgebiet der Großabnehmer	85
Tabelle 33: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung	87
Tabelle 34: Preiskomponenten für Kostenschätzung	87



Tabelle 35: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung	88
Tabelle 36: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Großabnehmer Geothermie und Biogas	92
Tabelle 37: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Großabnehmer Luft-WP und Biogas	94
Tabelle 38: Vordimensionierung Rohrleitungen für 80 % Anschlussquote	96
Tabelle 39: Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser und Anzahl Hausanschlüsse.....	102
Tabelle 40: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Abwärme Industrie.....	106
Tabelle 41: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Abwärme Industrie und Kläranlage	107
Tabelle 42: PV-Potential Industriegebiet Eisenhammerstraße	111
Tabelle 43: Umsetzungsmaßnahmen Stadt Sulzbach-Rosenberg.....	127
Tabelle 44: Legende für Maßnahmenkatalog in Anlehnung.....	128



2. Eignungsprüfung

Vor der detaillierten Bestands- und Potenzialanalyse steht eine Eignungsprüfung. Hierbei wird untersucht, ob Gebiete bereits von vornherein für die Eignung eines Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetzes ausgeschlossen werden können. Somit können Zeit und Ressourcen gespart werden.

2.1. Ausgangslage

Im Folgenden werden die gesetzlichen Grundlagen sowie der Ablauf der Eignungsprüfung beschrieben.

2.1.1. Gesetzliche Vorgaben

Um den aktuell in der Erstellung befindlichen kommunalen Wärmeplan der Stadt Sulzbach-Rosenberg mit den künftigen Anforderungen an eine Wärmeplanung zu versehen, werden die Kriterien 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).

Die im Gesetzestext gelisteten Kriterien zur Eignungsprüfung sind in Kapitel 2.1.3 beschrieben. 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 zur Einhaltung der 65 %-Regelung (§71 Absatz 1 Gebäudeenergiegesetz) auf eine dezentrale Wärmeversorgungsart zurückgreifen müssen.

Laut dem Antragsentwurf zu einem Wasserstoff-Kernnetz der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. soll die Gasverteilung im nördlichen Teil des Landkreises Amberg-Sulzbach zum Transport von Wasserstoff umgestellt werden. Da dies lediglich ein erster Entwurf ist und die bisherige Gasleitung nicht durch das Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg verläuft, 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. 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. Zudem ist aufgrund der Umwandlungsverluste und Verfügbarkeit der Einsatz von Wasserstoff zur Bereitstellung von Raumwärme als kritisch zu sehen.



2.1.2. Prüfgebiete

Die umliegenden bebauten Gebiete der Stadt Sulzbach-Rosenberg wurden in insgesamt 33 Teilgebiete eingeteilt. Tabelle 1 listet die Teilgebiete mit der zugeordneten Nummer, Bezeichnung und der im Teilgebiet befindlichen Einwohnerzahl auf. In Abbildung 1 sind die Teilgebiete kartografisch abgebildet. Die Kernstadt Sulzbach-Rosenberg wird im Zuge der Eignungsprüfung nicht untersucht. Hier ist eine erweiterte Wärmeplanung festgeschrieben.

Tabelle 1: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Einwohnerzahl

Nummer	Bezeichnung	Einwohnerzahl (31.12.2023)
1	Prohof	57
2	Stifterslohe	72
3	Grund 1	22
4	Grund 2	8
5	Kropfersricht 1	215
6	Kropfersricht 2	10
7	Siebeneichen	154
8	Siedlung Heimerde	175
9	Obersdorf	307
10	Industriepark Ost	0
11	Lindhof	12
12	Gallmünz 1	83
13	Gallmünz 2	464
14	Feuerhof	528
15	Grottenhof	16
16	Am Lohgraben	107
17	Rummersricht	54
18	Großenfalz und Etzmannshof	81
19	Seidersberg	34
20	Prangershof	31
21	Kleinfalz	72
22	Forsthof	118
23	Großalbershof	173
24	Siedlung Tafelberg	655
25	Kummerthal	24
26	Niederricht	32
27	Untermainshof	11
28	Stephansricht	160
29	See	11
30	Kauerhof	160
31	Gewerbegebiet Kauerhof	6
32	Kempfenhof	490
33	Unterschwaig	66

2.1.3. Einteilungskriterien

Wie in Kapitel 2.1.1 bereits erwähnt, gibt das Wärmeplanungsgesetz Kriterien zur Eignungsprüfung vor. Im Folgenden werden die Kriterien zur Bewertung einer Wärmeversorgung mittels **Wärmenetz** aufgezählt:



- Art der Siedlungsstruktur
- Wärmenetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Wärmenetz
- Konkretes Abwärmepotenzial vorhanden
- Konkretes Potenzial Wärme aus Erneuerbaren Energien vorhanden
- Stromnetz Hoch- / Mittelspannung vorhanden
- Grobe Schätzung spezifischer Wärmebedarf in $\text{kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$

Die Bewertung einer Wärmeversorgung mittels eines **Biomethan- oder Wasserstoffnetzes** erfolgt unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Art der Siedlungsstruktur
- Stromnetz Hoch- / Mittelspannung vorhanden
- Gasnetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Gasnetz
- Konkrete Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Biomethan/Wasserstoff vorhanden
- Grobe Schätzung spezifischer Wärmebedarf in $\text{kWh}/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$

Zudem werden die Teilgebiete auf potenzielle städtebauliche Sanierungsmaßnahmen sowie auf einen hohen Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme überprüft.

Jedes Teilgebiet wird nach diesen Kriterien bewertet und mit einer Punktzahl von 0, 1.5 oder 3 versehen. Je mehr ein Gebiet das Kriterium erfüllt, desto höher ist die Punktzahl. Wenn z.B. in einem Gebiet ein Wärmenetz vorhanden ist, gibt es für die Kategorie „*Wärmenetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Wärmenetz*“ 3 Punkte. Das in unmittelbarer Nähe gelegene Gebiet ohne Wärmenetz erhält 1.5 Punkte. Gebiete fernab von Wärmenetzen erhalten keinen Punkt.

Alle einzelnen Kriterien der Wärmenetz- bzw. Biomethan-/Wasserstoffnetz-Bewertung werden gewichtet, um am Ende eine Gesamtpunktzahl zu erhalten. Diese Gewichtung ist so ausgelegt, dass ein Gebiet höchstens 3 Punkte in einer Bewertung erlangen kann. Wenn z.B. ein Gebiet in der Kategorie Siedlungsstruktur 3 Punkte erhält und diese Kategorie mit einer Gewichtung von 10% in die Berechnung eingeht, bringt es dem Gebiet einen Wert von 0.3 in der Netz-Gesamtwertung.

Wenn die Gesamtzahl eines Gebietes den Wert 2 überschreitet, ist eine Wahrscheinlichkeit einer Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz gegeben. Für Gebiete, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz eignen, findet eine verkürzte Wärmeplanung statt. Falls für ein Gebiet eine der drei Möglichen leitungsgebundener Wärmeversorgungsarten zutrifft, wird eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt.

2.2. Ergebnis Eignungsprüfung

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis der Eignungsprüfung kartografisch auf. Alle rot dargestellten Gebiete werden einer verkürzten Wärmeplanung unterzogen. Für die grün gefärbten Teilgebiete wird, wie auch für die Kernstadt, eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt. In folgenden Gebieten wird eine zukünftige Wärmeversorgung mittels Wärme- und/oder Biomethan-/Wasserstoffnetz nicht als mit hoher Wahrscheinlichkeit ungeeignet eingestuft:

- Prohof
- Obersdorf
- Industriepark Ost
- Gallmünz 2
- Feuerhof
- Siedlung Tafelberg
- Unterschwaig

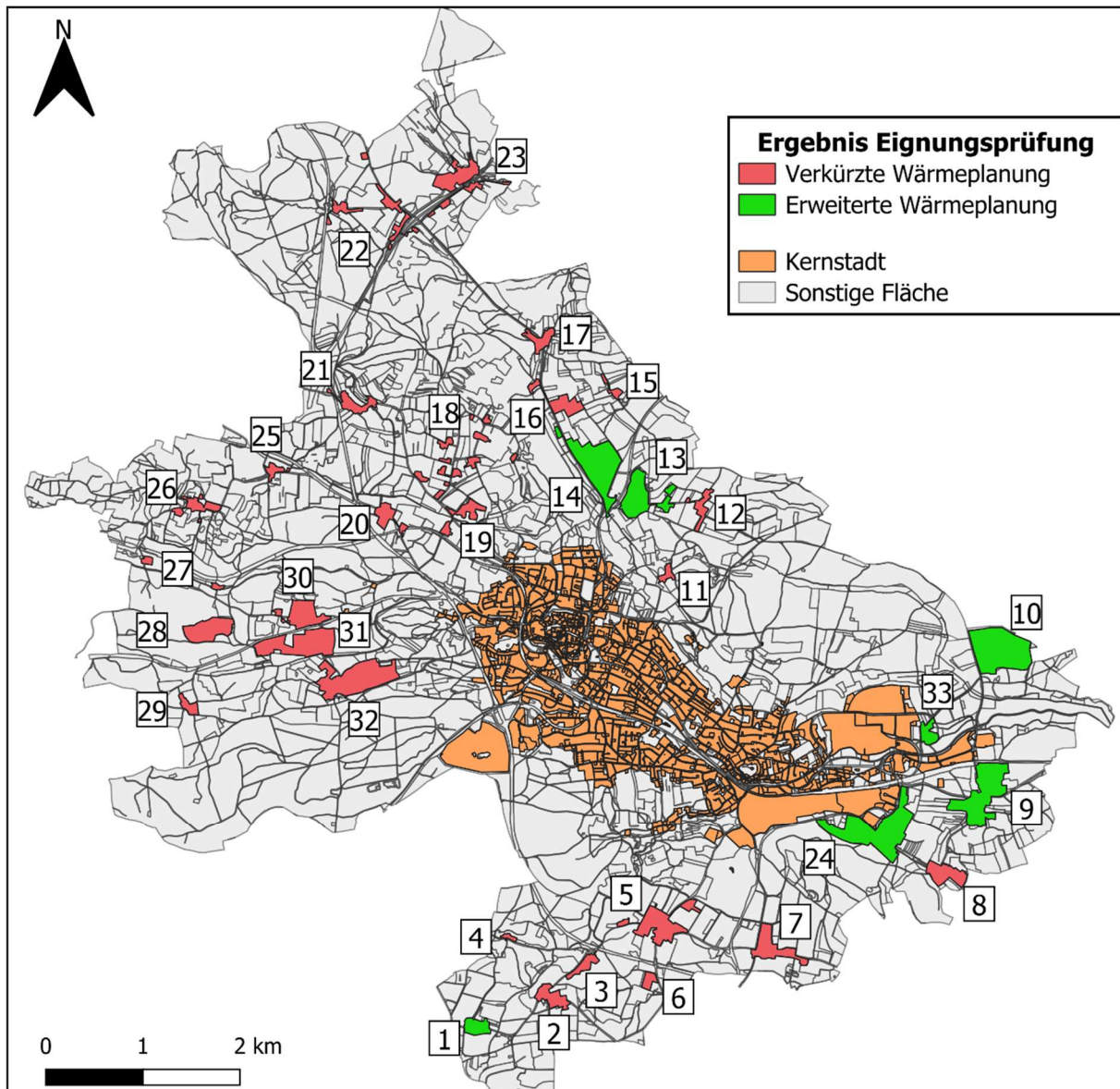


Abbildung 1: Ergebnis Eignungsprüfung. In allen rot dargestellten Gebieten wird eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. In der Kernstadt und den grünen Teilgebieten findet eine erweiterte Wärmeplanung statt. Für die Bezeichnungen der einzelnen Gebiete siehe Tabelle 1.

2.3. Weiteres Vorgehen

Nach der Eignungsprüfung wird in einem Gebiet entweder eine erweiterte oder verkürzte Wärmeplanung durchgeführt.

2.3.1. 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 Stadt



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 Kommune Sulzbach-Rosenberg klimaneutral werden kann. Weiterhin werden Umsetzungsmaßnahmen grob skizziert und zwei Fokusgebiete genauer untersucht. Somit werden die nächsten Schritte nach Beendigung der Wärmeplanung der Kommune aufgezeigt.

2.3.2. 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 hat sich ein oder mehrere Kriterien geändert, was auf ein anderes Ergebnis schließen lässt. Für Bürgerinnen und Bürger ist davon auszugehen, dass in Teilgebieten einer verkürzten Wärmeplanung sich eigenständig um die Einhaltung der 65 %-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 einzelner Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer ein Wärmenetz möglicherweise im Rahmen einer Genossenschaft zu errichten und zu betreiben.

2.4. Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung

Jedes Gebäude ist individuell und benötigt daher einer Einzelbetrachtung. Im Folgenden werden Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung aufgezeigt. Dies ist eine generelle Aufzählung und dient nur der ersten groben Einschätzung. Für weitere Empfehlungen ist eine Energieberatung notwendig.

2.4.1. Energetische Sanierung

Grundsätzlich ist zu empfehlen, vor dem Heizungstausch eine Energieberatung durchführen zu lassen. Diese wird staatlich bezuschusst (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [1]). Eine Energieberatung für ein Einfamilienhaus wird mit 50 % (max. 650 €) gefördert. In den meisten Fällen wird eine (Teil-) Sanierung vor dem Austausch der Heizung vorgeschlagen.

2.4.2. Erfüllungsoptionen der 65%-Regelung nach GEG

Ab dem 01.07.2028 wird in Sulzbach-Rosenberg die Regelungen der Gebäudeenergiegesetz-Novelle (GEG) vom 01.01.2024 in Kraft treten. Diese beinhaltet u.a. die 65 %-Regelung für neue Heizungen. Dies bedeutet, dass neu eingebaute Heizungen mindesten 65 % ihrer Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme bereitstellen müssen (§71



Absatz 1 GEG). Tabelle 2 listet die Erfüllungsoptionen für dezentrale Heizungen auf. Bei weiteren Fragen wenden Sie sich an eine Energieberaterin oder einen Energieberater.

Tabelle 2: Erfüllungsoptionen 65%-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 % in der Regel nicht möglich. Ergänzung von weiteren erneuerbaren Energien nötig.
Feste Biomasse	Aufgrund begrenzter Verfügbarkeit nur für bestimmte Anwendungsfälle zu empfehlen (siehe Kapitel 2.4.3).
Wärmepumpen-Hybridheizung	Wärmepumpe im Vorrangbetrieb. Fossile Spitzenlasterzeuger müssen Brennwertkessel sein.
Solarthermie-Hybridheizung	Mindestaperturfläche beachten. Anteil ergänzender Brennstoff mind. 60% 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.

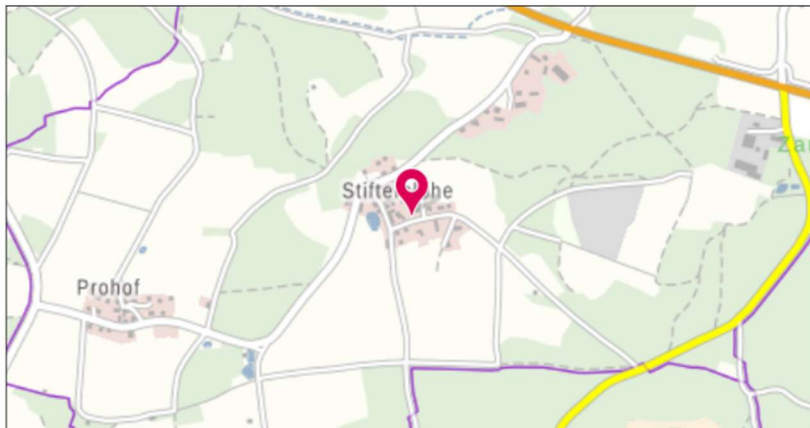
Die oben stehenden Technologien erfüllen die Anforderungen der 65 %-Regelung des GEG automatisch (vereinfachtes Verfahren im Bestand). Kommt eine anderweitige Konstellation an Wärmeerzeugern zum Einsatz, ist der voraussichtliche Anteil erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung durch die Berechnung des Gebäudes 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 [2].

2.4.3. 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 [3] können für jedes Grundstück in der Stadt Sulzbach-Rosenberg erste Informationen zur möglichen Nutzung von Geothermie gefunden werden (siehe Abbildung 2).

Standortauskunft Erdwärmesonden



1000 Meter

Maßstab 1:20.000



Sulzbach-Rosenberg

UTM-Koordinaten (Zone 32):

Ostwert: 698.257

Nordwert: 5.483.370

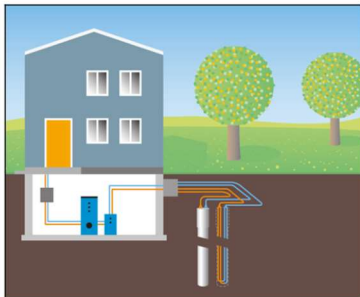
Höhe [m NHN]: 445,9



Ersteinschätzung für oberflächennahe Entzugssysteme am Standort

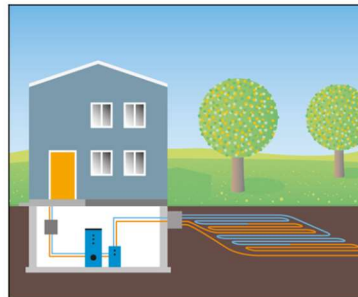
Erdwärmesonde:

nicht möglich



Erdwärmekollektor:

möglich



Grundwasserwärmepumpe:

nicht möglich

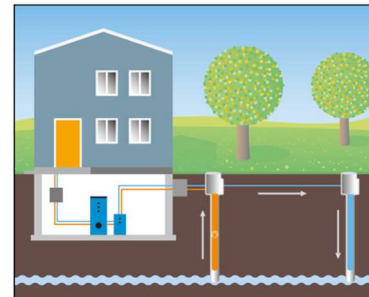


Abbildung 2: Auszug aus dem Umwelt-Atlas des Bayerischen Landesamt für Umwelt. Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie. Hier am Beispiel von Stifterslohe.

Tabelle 3 zeigt welche Arten von oberflächennaher Geothermie in den jeweiligen Prüfgebieten mit dezentraler Wärmeversorgung möglich sind. In manchen Fällen muss eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde oder einen privaten Fachgutachter durchgeführt werden.

Tabelle 3: Nutzungsmöglichkeiten oberflächennahe Geothermie in den einzelnen Prüfgebieten

Prüfgebiete		Nutzungsmöglichkeiten oberflächennahe Geothermie		
Nummer	Bezeichnung	Erdwärmekollektoren	Erdwärmesonden	Grundwasserwärmepumpen
2	Stifterslohe	Ja	Nein, Karstgesteine	Nein, Karstgesteine
3	Grund 1	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
4	Grund 2	Ja	Nein, Karstgesteine	Nein, Karstgesteine
5	Kropfersricht 1	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
6	Kropfersricht 2	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
7	Siebeneichen	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
8	Siedlung Heimerde	Ja	Ja	Ja, mit Einzelfallprüfung
11	Lindhof	Ja	Ja	Ja, mit Einzelfallprüfung
12	Gallmünz 1	Ja	Ja	Ja, mit Einzelfallprüfung
15	Grottenhof	Ja	Ja	Ja, mit Einzelfallprüfung
16	Am Lohgraben	Ja	Ja	Ja, mit Einzelfallprüfung
17	Rummersricht	Ja	Eventuell hydrogeologisch kritisch	Ja, mit Einzelfallprüfung
18	Großenfalz und Etmannshof	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
19	Seidersberg	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
20	Prangershof	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
21	Kleinfalz	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
22	Forsthof	Ja	Nein, hydrogeologisch kritisch	Ja, mit Einzelfallprüfung
23	Großalbershof	Ja	Eventuell hydrogeologisch kritisch	Ja, mit Einzelfallprüfung
25	Kummerthal	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
26	Niederricht	Ja	Nein, Karstgesteine	Nein, Karstgesteine
27	Untermainshof	Eventuell, mit Einzelfallprüfung	Nein, Wasserschutzgebiet	Nein, Wasserschutzgebiet
28	Stephansricht	Eventuell, mit Einzelfallprüfung	Nein, Wasserschutzgebiet	Nein, Wasserschutzgebiet
29	See	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
30	Kauerhof	Eventuell, mit Einzelfallprüfung	Nein, Wasserschutzgebiet	Nein, Wasserschutzgebiet
31	Gewerbegebiet Kauerhof	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine
32	Kempfenhof	Ja	Nein, Locker- über Karstgesteine	Nein, Locker- über Karstgesteine

Solarenergie:

Photovoltaik und Solarthermie können eine finanziell rentable Ergänzung zur Strom- und Wärmeversorgung sein. Mit Hilfe des Solarpotenzialkatasters des Landkreises Amberg-Sulzbach [4] können erste Abschätzungen zur Wirtschaftlichkeit einer PV- oder Solarthermie-Anlage auf jedem Haus gemacht werden (siehe Abbildung 3).

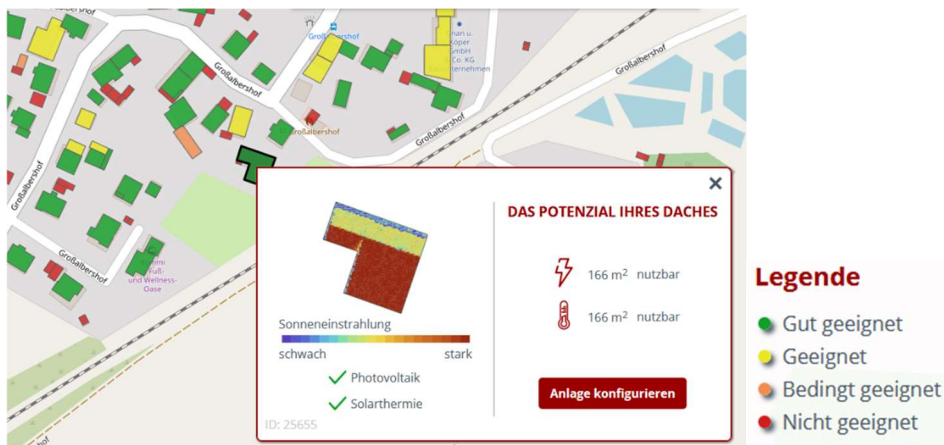


Abbildung 3: Auszug aus dem Solarkataster des Landkreises Amberg-Sulzbach. Hier am Beispiel eines Hauses in Großalbershof.

Feste Biomasse:

Heizungsanlagen zur Nutzung fester Biomasse erfüllen die 65 %-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 4 zeigt den absoluten Flächenbedarf von Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen (grünes Rechteck) für das Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg. 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 [5] 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 größer als die Potenzialfläche ist. Wenn in Zukunft Gas und Öl in großem Maße von Biomasse als Energieträger zum Heizen ersetzt werden, wird die Abweichung zwischen Bedarfs- und Potenzialfläche sich weiter vergrößern. Zwar hat Sulzbach-Rosenberg eine etwas höhere Bevölkerungsdichte als der deutschlandweite Durchschnitt, weswegen die Potenzialflächen der umgebenden walddreichen Gemeinden für eine detaillierte Bilanzierung mitberücksichtigt werden müssen. Dennoch ist Abbildung 4 ein Indiz dafür, dass die Verbrennung von Biomasse im Gemeindegebiet nur unter Sicherstellung der genannten Kriterien erweitert werden sollte.

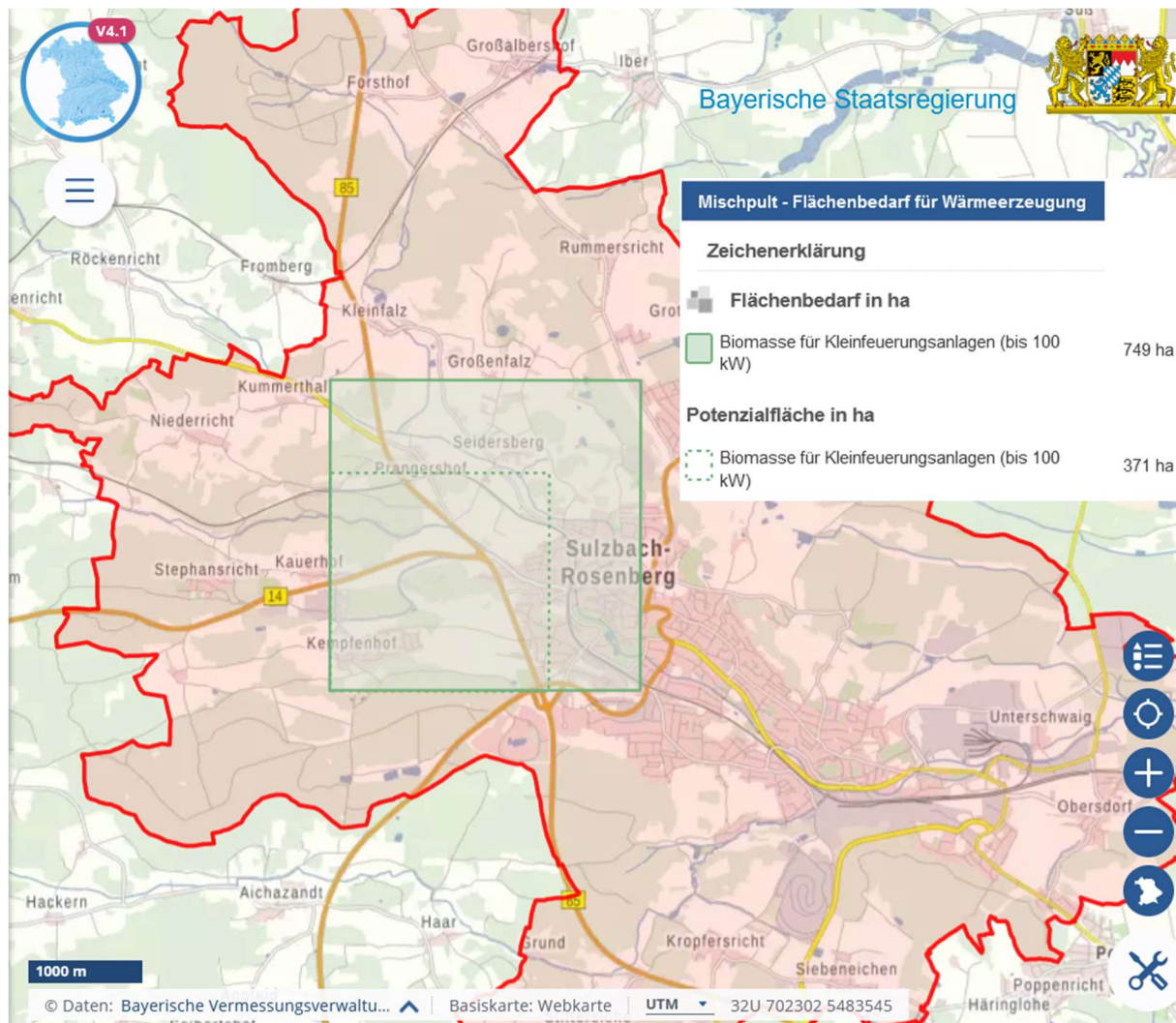


Abbildung 4: Auszug aus dem Energie-Atlas Bayern. Absoluter Flächenbedarf (durchgezogenes grünes Rechteck) für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen des aktuell statistisch berechneten Wärmebedarfs sowie Potenzialfläche (gestricheltes grünes Rechteck innerhalb durchgezogenen Rechtecks) fester Biomasse in dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg (rot gefärbt und umrandet).



3. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden die aktuelle Energieversorgung, -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 aufgelistet und beschrieben.

3.1.1. Datengrundlagen

Für die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung sind Daten externer Akteure eine Grundvoraussetzung. In Tabelle 4 sind tabellarisch die Quellen der jeweiligen Daten für die verschiedenen Abschnitte der Bestandsanalyse aufgelistet.

Tabelle 4: Datengrundlagen der Bestandsanalyse

Kapitel	Datengrundlage
Gebäude- und Siedlungsstruktur	ALKIS, Stadt Sulzbach-Rosenberg
Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze	Energie-Atlas Bayern, Marktstammdatenregister, N-ERGIE AG, Danpower GmbH, N-ERGIE Netz GmbH, Bayernwerk Netz GmbH, lokale Akteure
Wärmeerzeugung	Kaminkehrer, N-ERGIE Netz GmbH, Stadt Sulzbach-Rosenberg, Danpower GmbH
Energiebilanz Wärme	Kaminkehrer, Fragebogen Industrie und Großabnehmer, Stadt Sulzbach-Rosenberg, N-ERGIE Netz GmbH
Energiebilanz Strombezug	N-ERGIE Netz GmbH, Stadt Sulzbach-Rosenberg
Treibhausgasbilanz Wärme und Strom	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene	Wärmekataster des Energienutzungsplans der Stadt Sulzbach-Rosenberg, ENEKA Energie & Karten GmbH

3.1.2. Verbrauchergruppen

Die Verbraucher auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg werden im Zuge der Bestandsanalyse in drei Verbrauchergruppen eingeteilt:

- Private Haushalte und Kleingewerbe
- Industrie und Großgewerbe
- Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern

Diese Unterteilung geht auf die von dem Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Daten zurück. Die tatsächlichen Verbrauchswerte für Strom und Gas werden in Großkunden und Jahreskunden aufgeteilt. Somit sind Industrie und Großgewerbe separat aufgelistet und lassen sich von privaten Haushalten und kleineren Gewerbebetrieben unterscheiden. Die Daten der Verbrauchergruppe kommunale Liegenschaften und öffentliche



Großverbraucher basieren zum Großteil auf tatsächlichen Verbräuchen und lassen sich somit von den anderen zwei Verbrauchergруппen differenzieren. Da der Kommune bei eigenen Gebäuden und öffentlichen Verbrauchern andere Handlungsmöglichkeiten als den privaten Verbrauchern zur Verfügung stehen, ist eine Abgrenzung dieser Verbrauchergруппe sinnvoll. Zudem lassen sich die möglichen Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors bei Kleingewerbe und privaten Haushalten miteinander vergleichen, da hier die Wärmeverbräuche in der gleichen Größenordnung liegen.

Kommunale Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher werden zusammen als eine Verbrauchergруппe betrachtet. Folgende Einrichtungen werden als öffentliche Großverbraucher definiert:

- Bereitschaftspolizei
- Waldbad
- Krankenhaus
- Kirchliche Einrichtungen
- Schulen und Kindergärten
- Museen
- Kläranlage
- Schloss

3.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die Flächennutzung und die Siedlungsstruktur auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg 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 der Stadt Sulzbach-Rosenberg geschaffen. Abbildung 5 zeigt kartografisch die Flächennutzung im Gemeindegebiet.

Wald und Landwirtschaft nehmen den Großteil der Fläche ein. In Tabelle 5 sind die Flächen nach Nutzungsart in Hektar und prozentual zum gesamten Stadtgebiet aufgelistet.

Tabelle 5: Flächen nach Nutzungsart auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg

Nutzungsart	Fläche [ha]	Fläche [%]
Wald	2260	42,5
Landwirtschaft	1710	32,2
Bebautes und sonstiges Gebiet	1342	25,3
Gesamtes Gebiet	5312	100

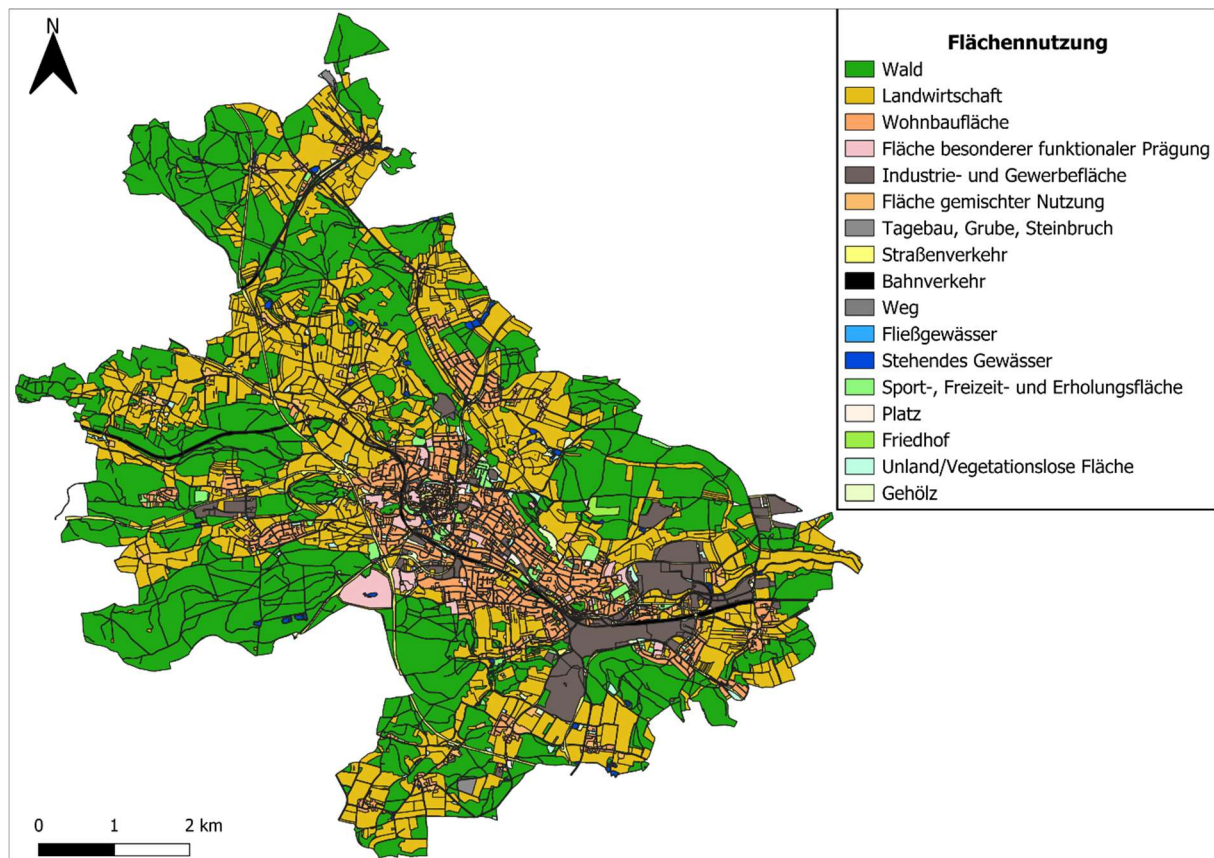


Abbildung 5: Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg

3.2.2. Siedlungsstruktur

In Abbildung 6 ist die Siedlungsentwicklung der Stadt Sulzbach-Rosenberg aufgezeigt. Große Teile der Wohngebiete sind in den 1970er-Jahren entstanden. Weite Teile der Industrie wurden in den 1980er- und 1990er-Jahren gebaut. Abbildung (zensiert) zeigt exemplarisch die Gebäudenutzung auf dem Gemeindegebiet. Wohn- und Industriegebäude machen den Großteil der städtischen Bebauung aus. Je nach Gebäudenutzung, -größe und -alter fallen unterschiedliche Wärmebedarfe an.

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

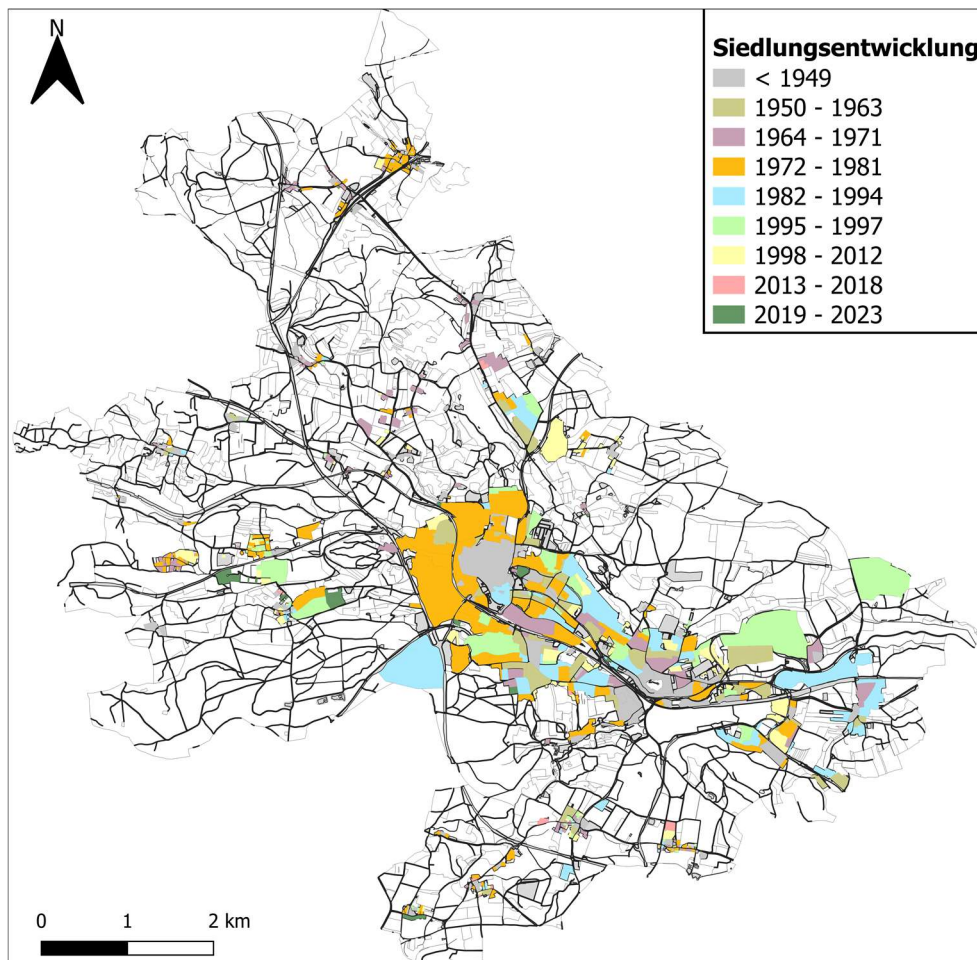


Abbildung 6: Siedlungsentwicklung der Stadt Sulzbach-Rosenberg

In Abbildung 7 (zensiert) sind die Nutzungsarten der Gebäude nach Wohnen, Industrie, Gewerbe und öffentliche Zwecke kartografisch dargestellt. In manchen Gebieten überlagern sich die Nutzungsarten. Die Industrie ist größtenteils im Osten der Stadt angesiedelt. Ansonsten besteht die Stadt vor allem aus Wohngebieten durchzogen von Gewerbe und Gebäuden für öffentliche Zwecke (Schulen, Krankenhaus, Freibad). Im Südwesten nimmt das Gelände der Bereitschaftspolizei eine große Fläche ein.

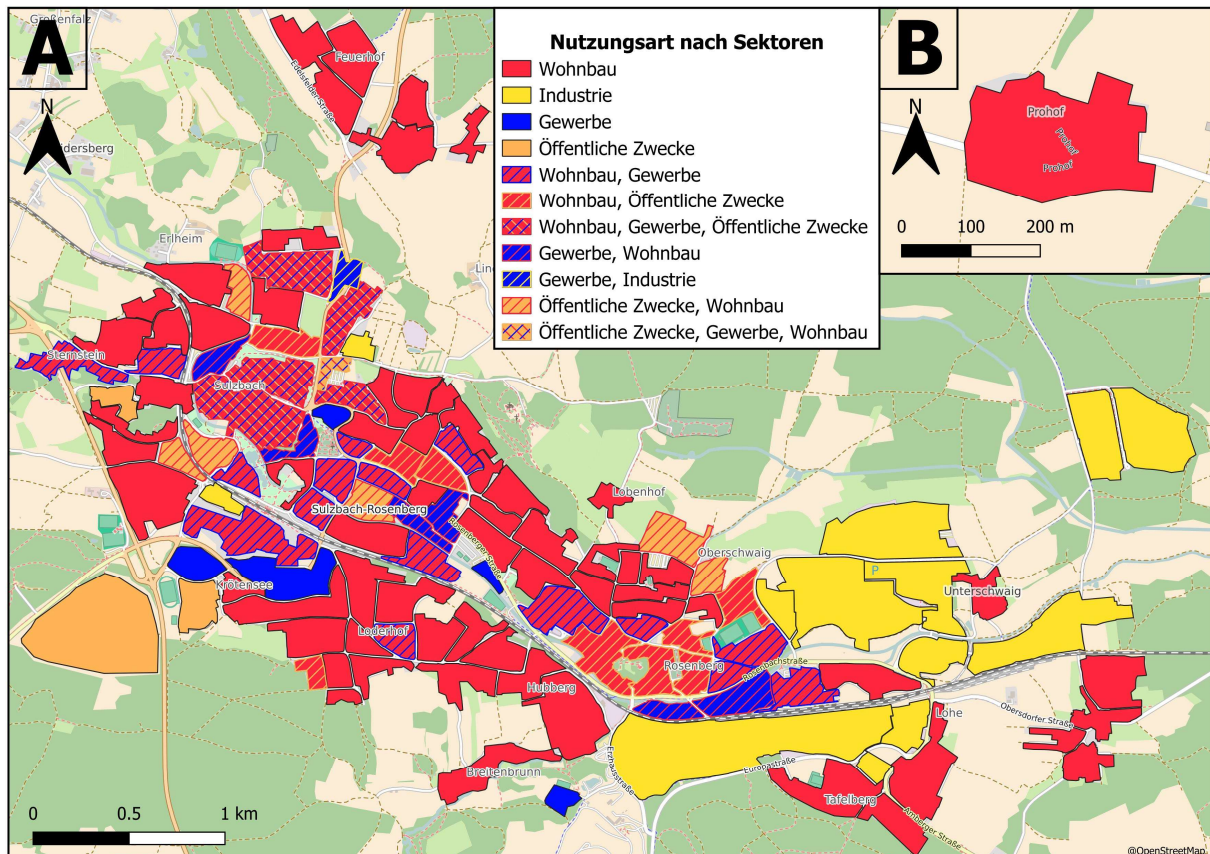


Abbildung 7: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten.. (A) Kernstadt Sulzbach-Rosenberg. (B) Prohof

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 Stadtgebiet bestehenden Energieerzeugungsanlagen sowie die Energieinfrastruktur untersucht.

3.3.1. Energieerzeugungsanlagen

Die Bestandsanalyse zu Energieerzeugungsanlagen basiert auf den Daten des Marktstammdatenregisters für den Sektor Strom und Angaben der Wärmenetzbetreiber für den Sektor Wärme. In diesem Kapitel werden lediglich zentrale Wärmeerzeugungsanlagen, welche in ein Wärmenetz einspeisen, betrachtet. Die größten Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen sowie die Wasserkraft sind in der Abbildung (zensiert – siehe hierzu Bayernatlas) eingezeichnet.



Es sind zwei PV-Freiflächen vorhanden mit einer Gesamtleistung von ca. 15,3 MW_p. Biomasse wird zur Erzeugung von Strom- oder Wärme sowie kombiniert in Form von Kraft-Wärme-Koppelung eingesetzt. Im Süden der Kernstadt steht ein Biomasseheizkraftwerk; im Osten und Norden ein Biomassekraftwerk und in Prohof ein Biomasseheizwerk. Insgesamt haben diese Anlagen eine elektrische Leistung von 5,31 MW sowie eine thermische Leistung von 27,1 MW.

Tabelle 6 listet die thermische Leistung und die jährlich erzeugte Wärmemenge aller Wärmenetze sowie die elektrische Leistung und die jährlich erzeugte Strommenge aller Energieerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister auf. Hierbei sind auch z.B. die Dach-PV-Anlagen von Einfamilienhäusern miteinbezogen. Aufgrund der höheren Volllaststundenzahl erzeugen Biomassekraftwerke trotz niedrigerer installierter Leistung eine höhere Strommenge. Zusätzlich werden PV- und Windenergieanlagen bei Stromüberschuss abgeregelt, während Biomassekraftwerke weiterbetrieben werden.

Tabelle 6: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister

Erzeugungsart	Thermische Leistung [MW]	Erzeugte Wärmemenge [MWh/a]	Elektrische Leistung [MW]	Erzeugte Strommenge [MWh/a]
Photovoltaik	-	-	29,52	28.050
Biomasse	27,1	27.175	5,31	37.360
Wasserkraft	-	-	0,003	0,3
Fossile Energieträger	-	-	0,14	751,1
Stromspeicher	-	-	1,58	-

Abbildung 8 zeigt graphisch die installierte elektrische Leistung und den anhand von exemplarischen Vollaststunden berechneten elektrischen Ertrag auf dem Gebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg. Abgesehen von zwei PV-Freiflächen sind ca. 1200 kleinere Hausdachanlagen und einige Anlagen auf Industriegebäuden vorhanden. Photovoltaik und Biomasse machen mit großem Abstand den Hauptanteil der erzeugten Strommenge aus.

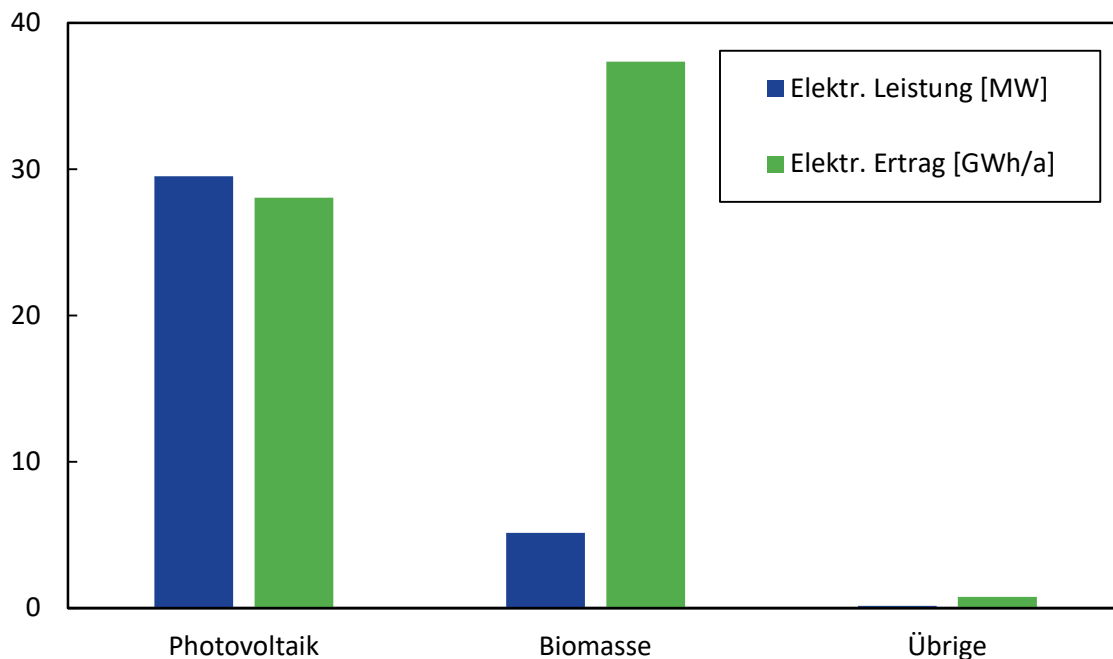


Abbildung 8: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister

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 Sulzbach-Rosenberg ist sowohl ein Gasnetz (N-ERGIE Netz GmbH) als auch ein Fernwärmenetz (Danpower GmbH) vorhanden. Abbildung 9 zeigt in welchen Baublöcken eine Gas- oder Fernwärmeversorgung installiert ist. Das bedeutet jedoch nicht, dass alle Gebäude in diesem Block an ein Gas- oder Wärmenetz angeschlossen sind.

Abgesehen von einzelnen Gebieten am Rand der Kernstadt ist in den meisten Baublöcken eine Gasleitung verbaut. Die vorhandene Fernwärmeleitung verläuft vom Gebiet der Maxhütte im Süden der Stadt zu Großverbrauchern wie dem Freibad, dem Gebiet der Bereitschaftspolizei und bis hin zum Krankenhaus. Dazwischen sind auch vereinzelt Einfamilienhäuser an das Wärmenetz angeschlossen. Zudem gibt es im Weiler Prohof ein separates Wärmenetz. In einigen Gebieten ist sowohl eine Gas- als auch eine Fernwärmeleitung verlegt.

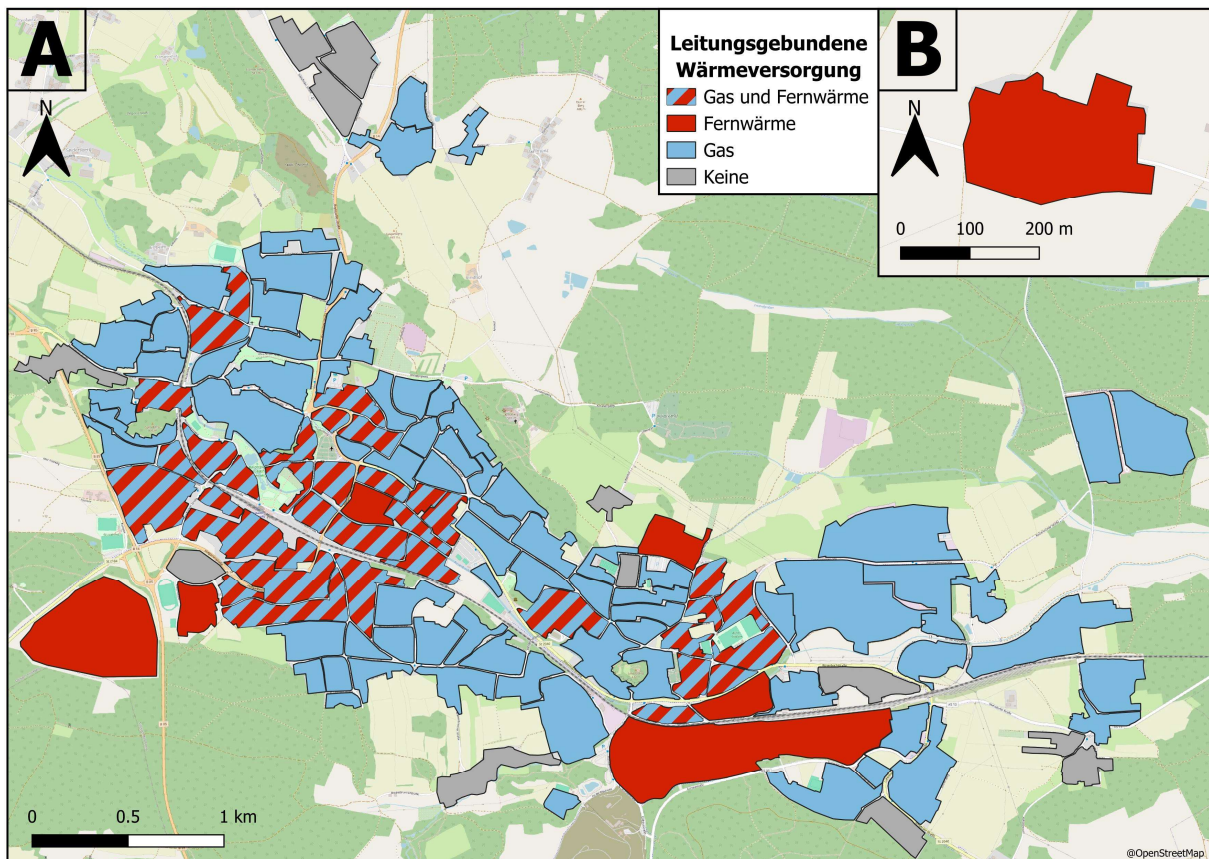


Abbildung 9: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken. (A) Kernstadt Sulzbach-Rosenberg. (B) Prohof.

3.3.3. Stromversorgungsnetze

Es ist wichtig, den Sektor Wärme nicht einzeln zu betrachten. Die Idee der Sektorenkopplung sollte bei jedem Energiekonzept mit bedacht werden. Da voraussichtlich in naher Zukunft die Nutzung von Strom zur Wärmegewinnung stärker in Anspruch genommen wird (primär durch den Einsatz von Wärmepumpen), ist in Abbildung (zensiert) das Stromnetz im Betrachtungsgebiet dargestellt.

Mit der N-ERGIE Netz GmbH und der Bayernwerk Netz GmbH sind zwei Stromnetzbetreiber in Sulzbach-Rosenberg aktiv. Der Verlauf der Mittelspannungsfreileitungen und -kabel sowie die nördlich der Kernstadt verlaufenden Hochspannungsleitung sind in der Karte zu sehen. Außerdem befindet sich zwischen Rosenberg und dem Industriegebiet ein Umspannwerk.

3.3.1. Abwasserkanalnetz

Abwärme aus Abwasser stellt ein großes Potenzial dar. Allerdings muss dafür ein bestimmter Volumenstrom gegeben sein. Daher wird in Abbildung (zensiert) nur das Kanalnetz mit einem Durchmesser von größer als 800 mm angezeigt. Zudem ist der Standort der Kläranlage im Osten der Kernstadt zu sehen.



3.4. Wärmeerzeugung

In diesem Kapitel werden die derzeit vorhandenen Nennleistungen der Wärmeerzeuger unterteilt nach den eingesetzten Energieträgern für die bereits genannten drei Verbrauchergruppen analysiert.

3.4.1. Methodik

Für die Analyse der bestehenden Wärmeerzeugungsstruktur werden primär die Daten der Kaminkehrer ausgewertet. Bei diesen liegen die Leistungen der Wärmeerzeuger straßenzugsweise aufgeteilt in die einzelnen Energieträger vor. Es wird nach den folgenden Energieträgern unterschieden:

- Erdgas
- Heizöl
- Naturbelassenes stückiges Holz
- Pellets
- Flüssiggas
- Kohle

Zusätzlich werden die Leistungen der im städtischen Gebiet verbauten Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen aus den Stromverbrauchsdaten ermittelt, während die Leistung der Fernwärme direkt vom Betreiber abgefragt wird. Scheitholz und Hackgut zählen zu naturbelassenem stückigem Holz.

Da in den Kaminkehrer-Daten alle dezentralen Wärmeerzeuger aufgelistet sind, müssen diese für die in Verbrauchergruppen differenzierte Betrachtung zunächst aufbereitet werden. Um die Wärmeerzeugerleistung der privaten Haushalte und des Kleingewerbes zu erhalten, müssen die Leistungen der kommunalen Einrichtungen sowie der Industrie und des Großgewerbes abgezogen werden. Dabei werden Straßen, die in Industriegebieten liegen, der Industrie und dem Großgewerbe zugeordnet. Um solche Betriebe auch in anderen Gebieten zu identifizieren, wird in den übrigen Straßen überprüft, ob eine auffallend hohe durchschnittliche Leistung eines Energieträgers vorhanden ist und anschließend jede Straße einzeln auf Industrie und Großgewerbe untersucht. Zu erwähnen ist hier, dass vor allem bei der Industrie auch Leistungen zur Bereitstellung von Prozesswärme mit aufgelistet sind. Die Verbräuche der kommunalen Liegenschaften und Großverbraucher wurden zum Großteil zur Verfügung gestellt. Auch für einige Großabnehmer bzw. Industrie liegen Verbrauchsdaten vor, während die Daten der Kaminkehrer die Nennleistung der eingebauten Wärmeerzeuger angeben. Der vorhandene Verbrauch muss demnach in eine Leistung umgerechnet werden. Daher werden die Verbrauchswerte mittels einer Volllaststundenzahl von 1.200 h/a und einem durchschnittlichen Wirkungsgrad der Wärmeerzeuger auf die Nennleistung umgerechnet. Die typischen jährlichen Volllaststunden zur Beheizung eines Gebäudes werden durch den Quotienten der insgesamt installierten Leistung und des tatsächlichen Gasverbrauch aller Jahreskunden, welcher vom Gasnetzbetreiber zur Verfügung gestellt wird, berechnet. Dieser Wert berücksichtigt den Sachverhalt, dass sich aufgrund des Einsatzes multivalenter Systeme die Volllaststunden der einzelnen Wärmeerzeuger verringern. Zur Berechnung der Wärmepumpenleistung wird der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen mit einer exemplarischen Jahresarbeitszahl multipliziert und durch eine typische Volllaststundenzahl zur Auslegung von 1.500 h/a geteilt.

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

3.4.2. Private Haushalte und Kleingewerbe

Tabelle 7 listet die vorhandenen aufsummierten Nennleistungen aufgeteilt nach Energieträgern der privaten Haushalte und des Kleingewerbes auf. In Abbildung 10 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 7: Gesamtnennleistung der Wärmeerzeuger aufgeteilt auf Energieträger der privaten Haushalte und des Kleingewerbes

Energieträger	Gesamtnennleistung Wärme [kW]
Erdgas	62.200
Heizöl	56.300
Naturbel. stückiges Holz	39.900
Pellets	7.900
Strom (Heizen)	8.700
Andere	6.100
Gesamt	181.100

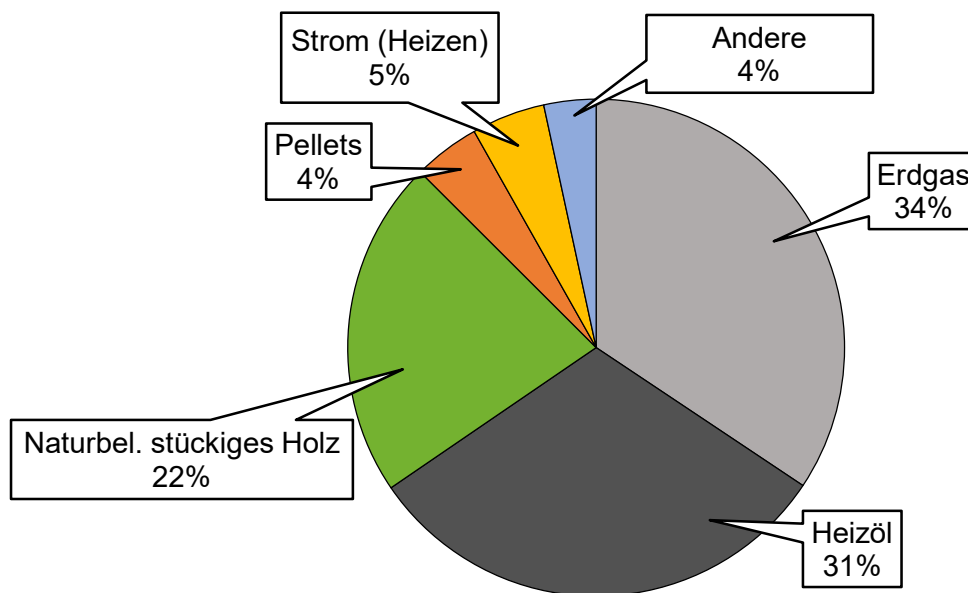


Abbildung 10: Verteilung Gesamtnennleistung (Wärme) private Haushalte und Kleingewerbe.

Erdgas und Heizöl stellen zusammen rund zwei Drittel der Wärmeerzeugerleistung im gesamten Gemeindegebiet Sulzbach-Rosenberg dar. Kleine Einzelfeuerungsöfen und Öfen zur Zentralheizung, die mit Holz befeuert werden, haben einen Leistungsanteil von 22 %. Pelletheizungen (4 %), Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen und Wärmepumpen (5 %) sowie 4 % andere Heizarten komplettieren die Wärmeerzeugerverteilung der privaten Haushalte und des Kleingewerbes in Sulzbach-Rosenberg.

3.4.3. Industrie und Großgewerbe

Tabelle 8 listet die vorhandenen aufsummierten Nennleistungen aufgeteilt nach Energieträgern der Industrie und des Großgewerbes auf. In Abbildung 11 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 8: Gesamtnennleistung der Wärmeerzeuger aufgeteilt auf Energieträger der Industrie und des Großgewerbes

Energieträger	Gesamtnennleistung Wärme [kW]
Erdgas	63.800
Heizöl	21.200
Andere	3.000
Gesamt	88.000

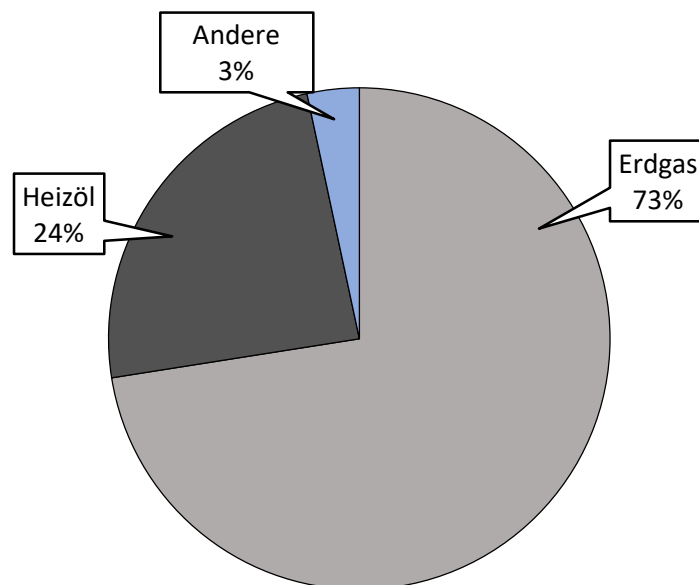


Abbildung 11: Verteilung Gesamtnennleistung (Wärme) Wärme der Industrie und Großgewerbe.

Der Großteil der Wärmeerzeugerleistung der Industrie und des Großgewerbes erfolgt mit 73 % durch Erdgas. Zusammen mit Heizöl machen die fossilen Energieträger 97 % der Gesamterzeugerleistung aus. Lediglich 3 % der Leistung sind anderen Energieträgern zuzuordnen. Da für die Prozesswärme in Sulzbach-Rosenberg meistens Erdgas verwendet wird, ist diese Verteilung schlüssig.

3.4.4. Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern

Tabelle 9 listet die vorhandenen aufsummierten Nennleistungen aufgeteilt nach Energieträgern der kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbraucher auf. In Abbildung 12 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 9: Gesamtnennleistung der Wärmeerzeuger aufgeteilt auf Energieträger der kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbraucher

Energieträger	Gesamtnennleistung Wärme [kW]
Fernwärme	6.800
Heizöl	4.800
Erdgas	3.500
Andere	< 100
Gesamt	15.200

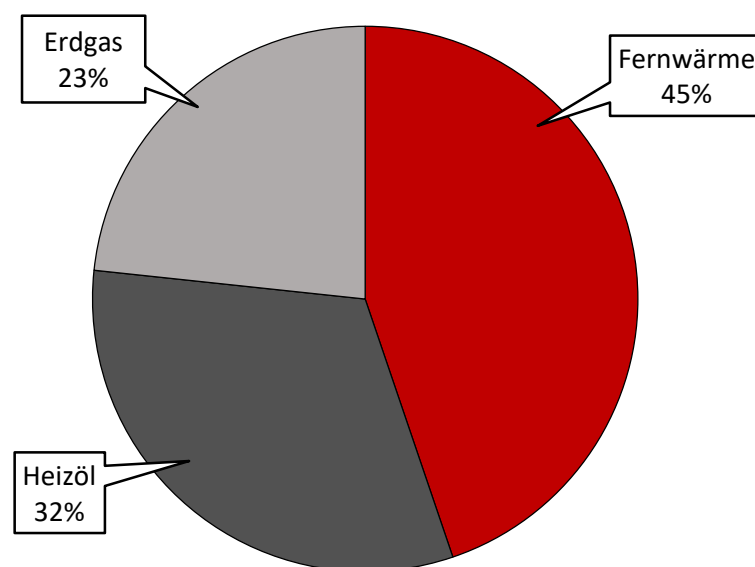


Abbildung 12: Verteilung Gesamtnennleistung (Wärme) kommunalen Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern.

Da viele Gebäude der Stadt sowie Schulen und das Freibad ans Wärmenetz angeschlossen sind, stellt Fernwärme mit 45 % den Großteil der bereitgestellten Wärmeleistung für kommunale Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher da. Die restlichen Leistungen verteilen sich auf Heizöl und Erdgas.

3.5. Energiebilanz Wärme

Aufbauend auf den Wärmeerzeugerleistungen wird für das gesamte Stadtgebiet der Wärmeverbrauch nach Energieträgern und aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchergruppen ermittelt.

3.5.1. Methodik

Zum Zeitpunkt der Erstellung der Bestandsanalyse liegen Daten des Gas- und Stromverbrauchs bis zum Jahr 2022 vor. Aus statistischen Gründen wird aus den letzten drei Jahren ein Mittelwert gebildet. Da 2022 ein energetisches Krisenjahr war, werden die Gasverbräuche aus diesem Jahr nicht betrachtet. Zudem ist der Fernwärmeverbrauch gebäudescharf aus den Jahren 2020-2023 verfügbar. Für alle anderen Energieträger ist weiterhin ausschließlich die Nennleistung der Wärmeerzeuger straßenzugsweise bekannt.



Private Haushalte und Kleingewerbe:

Zur Berechnung des Gesamtwärmeverbrauchs der privaten Haushalte und des Kleingewerbes aufgeteilt nach Energieträgern wird die ermittelte Gesamtnennleistung mit einer pauschalen Volllaststundenzahl von 1.200 h/a multipliziert. Ein auf den Wärmeverbrauch angewendete Faktor (Erfahrungsmittelwert Wirkungsgrad Verbrennungsheizung) berücksichtigt zudem auftretende Bereitstellungsverluste. Für den Energieträger naturbelassenes stückiges Holz wird außerdem zwischen Zentralheizungen und Einzelfeuerungsanlagen unterschieden, wobei Einzelfeuerungsanlagen mit einer Volllaststundenzahl von 570 h/a versehen werden [6]. Fernwärme geht mit den tatsächlichen Verbräuchen in die Bilanz ein.

Der direkte Vergleich des berechneten Erdgasverbrauchs der privaten Haushalte und des Kleingewerbes anhand der oben beschriebenen Methodik und dem Mittelwert des tatsächlichen Erdgasverbrauchs der Jahreskunden für die Jahre 2019-2021 aus den Daten des Gasverteilnetzbetreibers ergeben eine Abweichung von ca. 5 %. Daher werden die jährlichen Energiemengen aller anderen Energieträger, bis auf Fernwärme und Einzelfeuerungsanlagen, ebenfalls mit einer Volllaststundenzahl von 1.200 h/a errechnet.

Industrie:

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 nicht möglich. Daher wird hier, im Gegensatz zu den privaten Haushalten, dem Großgewerbe sowie den kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbrauchern, die Energiebilanz nicht über die installierten Leistungen der Wärmeerzeuger berechnet, sondern über die tatsächlichen Verbräuche. Ein Großteil der industriellen Gasverbräuche steht aus den Fragebögen zur Verfügung. Außerdem ist der Gesamtgasverbrauch der ans Verteilnetz angeschlossenen Industriekunden bekannt. Aus dem Gasverbrauch des Verteilnetzes, dem Gasverbrauch der Direktkunden und den Fragebögen der Industrie kann der Gesamtgasverbrauch der Industrie und des Großgewerbes auf dem Gemeindegebiet ermittelt werden. Da nur circa die Hälfte der Industrieunternehmen einen Fragebogen ausgefüllt haben, muss der Verbrauch der restlichen Unternehmen für alle anderen Energieträger außer Gas geschätzt werden. Es wird pauschal der doppelte Verbrauch, wie durch die Fragebögen ermittelt, angenommen.

Kommunale Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher:

Der Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften und der öffentlichen Großverbraucher wird in gleicher Weise wie bei den privaten Haushalten und des Kleingewerbes ermittelt. Zur Überprüfung werden hier die tatsächlichen Gasverbräuche aus den Fragebögen mit den berechneten Gasverbräuchen verglichen. Eine Abweichung von 0,1 % ist vorhanden. Da für die kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbrauchern fast vollständig alle von der Kommune zur Verfügung gestellten tatsächlichen Gasverbräuche vorliegen, ist dieses Ergebnis eine Bestätigung für die annähernde Richtigkeit der berechneten Energiemengen.

3.5.2. Private Haushalte und Kleingewerbe

Tabelle 10 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der privaten Haushalte und des Kleingewerbes auf. In Abbildung 13 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 10: Thermischer Endenergieverbrauch der privaten Haushalte und des Kleingewerbes. Aufgeteilt auf Energieträger.

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	79.900
Heizöl	72.300
Naturbel. stückiges Holz	27.000
Pellets	10.100
Fernwärme	6.800
Andere	6.700
Gesamt	202.800

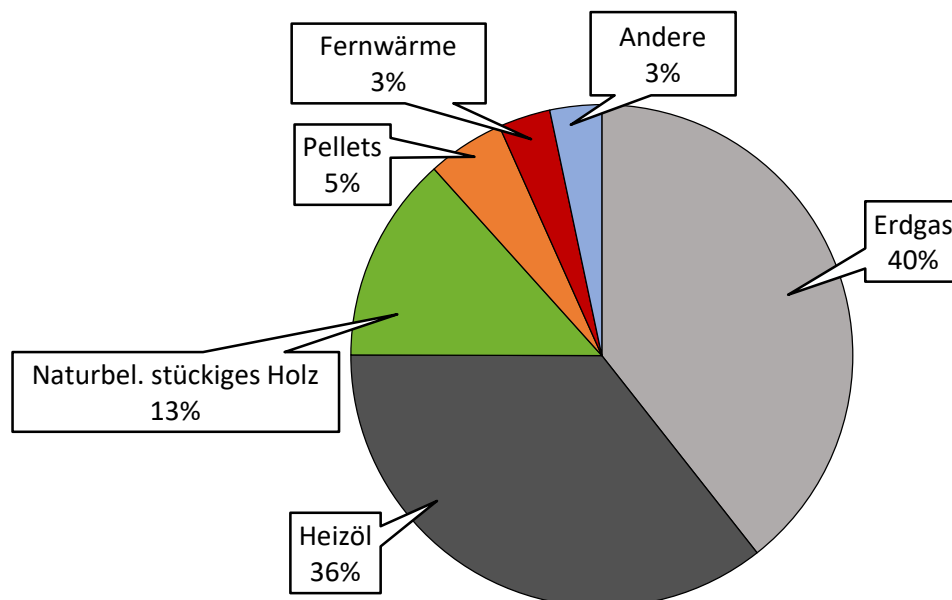


Abbildung 13: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch private Haushalte und Kleingewerbe

Zu erkennen ist, dass Erdgas und Heizöl mehr als 75 % der bereitgestellten Energie für Raumwärme und Warmwasser in dieser Verbrauchergruppe darstellen. Biomasse in Form von naturbelassenem Holz und Pellets hat einen Anteil von circa 18 % am Energieverbrauch. Mit lediglich 3 % hat Fernwärme hier keine große Bedeutung.

3.5.3. Industrie und Großgewerbe

Tabelle 11 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der Industrie und des Großgewerbes auf. In Abbildung 14 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 11: Thermischer Endenergieverbrauch der Industrie und des Großgewerbes Aufgeteilt auf Energieträger.

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Erdgas	191.300
Heizöl	2.700
Andere	1.600
Gesamt	195.600

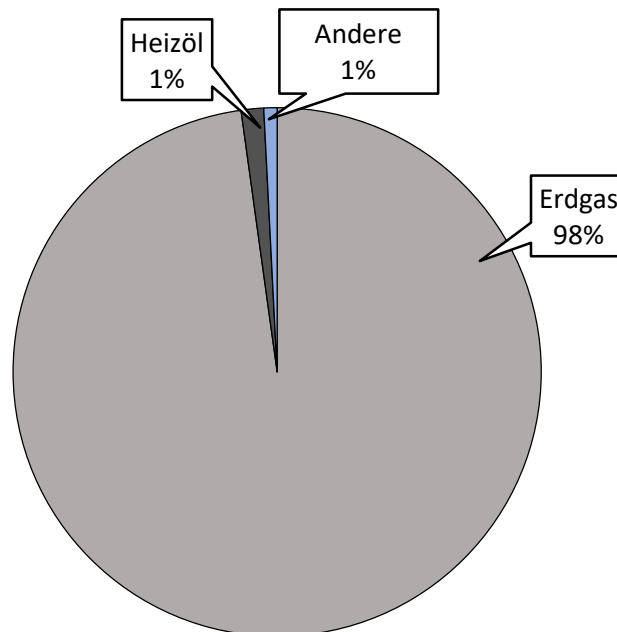


Abbildung 14: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie und Großgewerbe.

Mit fast 98 % stellt Erdgas den mit Abstand größten Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie und des Großgewerbes dar. Dies liegt daran, dass in der Industrie vor allem Prozesswärme bereitgestellt wird. Zwei große Gasabnehmer sind in Sulzbach-Rosenberg vorhanden.

3.5.4. Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern

Tabelle 12 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der kommunalen Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern auf. In Abbildung 15 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 12: Thermischer Endenergieverbrauch der komm. Liegenschaften mit öffentl. Großverbrauchern. Aufgeteilt auf Energieträger.

Energieträger	Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a]
Fernwärme	11.300
Heizöl	6.200
Erdgas	4.500
Andere	< 100
Gesamt	22.100

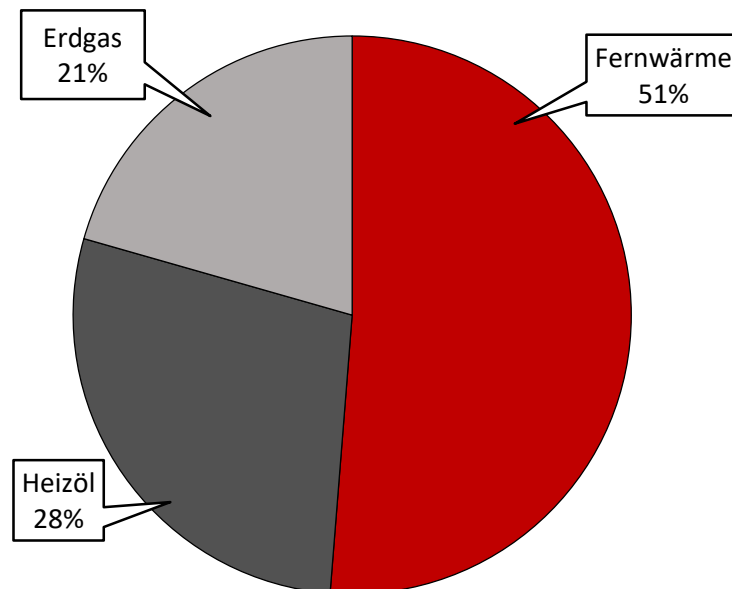


Abbildung 15: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern

Da viele Gebäude der Stadt sowie Schulen und das Freibad am Wärmenetz angeschlossen sind, stellt Fernwärme mit 51 % den Großteil des thermischen Endenergieverbrauchs für kommunale Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher dar. Die restlichen Verbräuche verteilen sich auf Heizöl und Erdgas.

3.5.5. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme

In Abbildung 16 ist die prozentuale Verteilung des Energieverbrauchs für Raumwärme, Warmwasserbereitstellung und Prozesswärme aufgeteilt auf die drei Verbrauchergruppen zu sehen. Private Haushalte und Kleingewerbe haben annähernd den gleichen Wärmeverbrauch wie die Industrie und das Großgewerbe. Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern kommen auf 5 % des Energieverbrauches.

Abbildung 17 zeigt die Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen auf. Mit zusammen 85 % stellen Erdgas und Heizöl den Großteil des Verbrauches dar. Fernwärme hat einen Anteil von lediglich 5%.

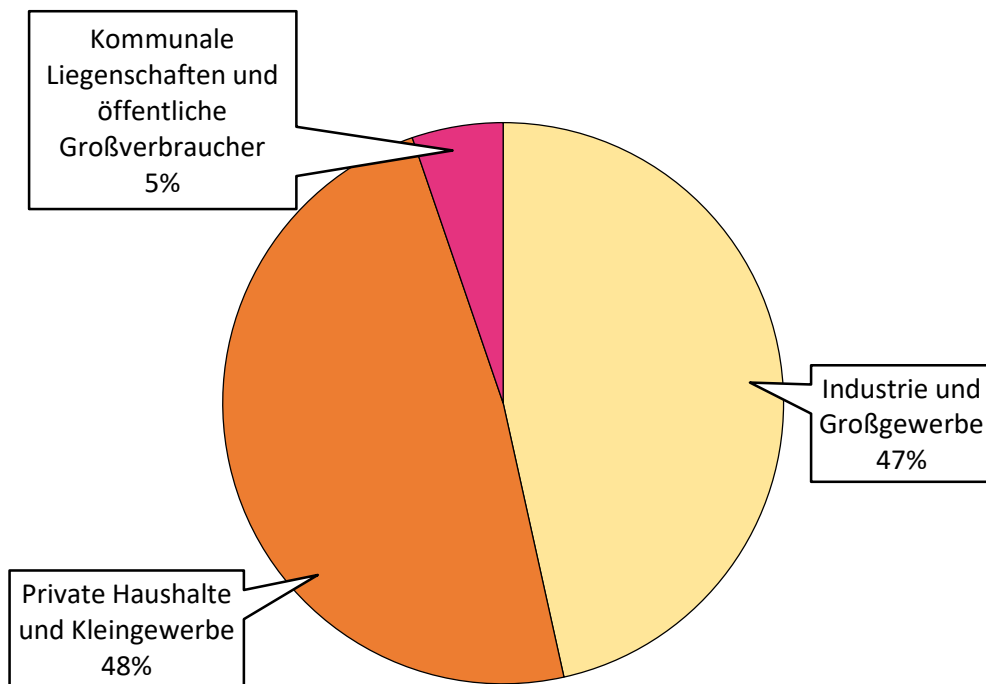


Abbildung 16: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen.

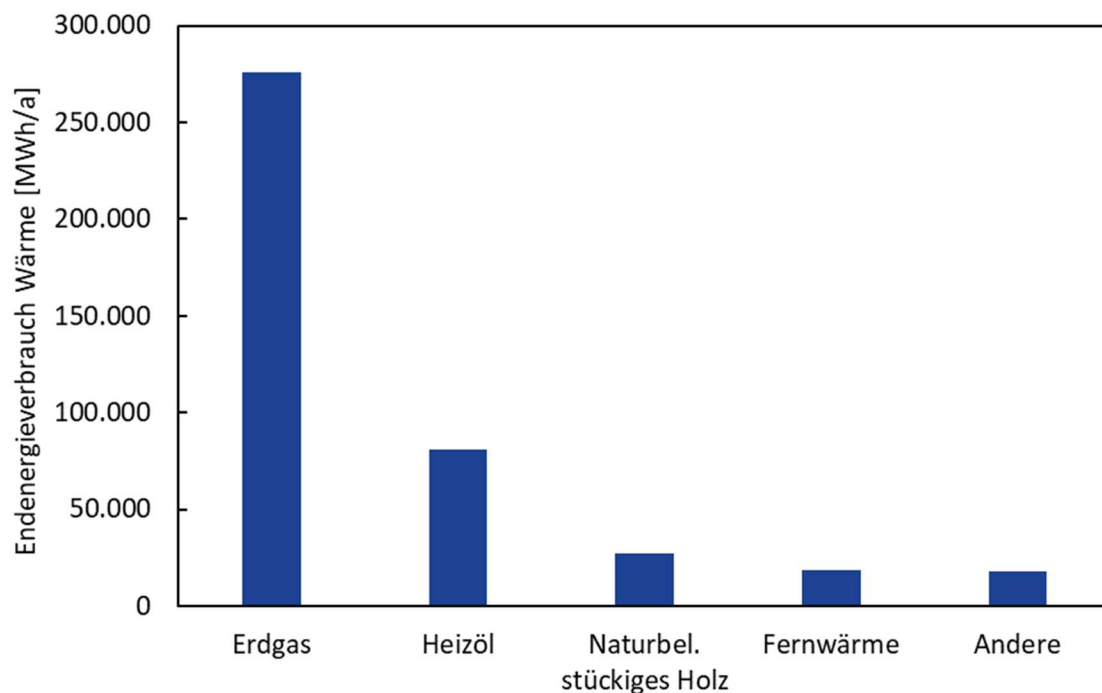


Abbildung 17: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen.

Tabelle 13 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. [7]



Tabelle 13: Kennwerte der Energiebilanz Wärme

Kennzahl	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Wärme Haushalte und Kleingewerbe pro Einwohner	10.360	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme komm. Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher pro Einwohner	1.130	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Wärme private Haushalte und Kleingewerbe pro m ² Wohnfläche	212	kWh/(a*m ²)
Endenergieverbrauch Wärme Industrie und Großgewerbe pro Einwohner	10.000	kWh/(a*Einwohner)
Einsatz erneuerbarer Energien Wärme Haushalte und Kleingewerbe pro Kopf	1.890	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien Haushalte und Kleingewerbe an lokaler Wärmeerzeugung	18	%
Installierte thermische KWK-Leistung pro Kopf	0,51	kW/Einwohner
Anzahl Hausanschlüsse Wärmenetz	ca. 140	-
Anzahl Hausanschlüsse Gasnetz	ca. 2.400	-
Länge Wärmenetzleitung	ca. 16.200	m
Länge Gasnetzleitung	ca. 66.300	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 [8]. Da hier auch der Energieverbrauch des Kleingewerbes miteinbezogen ist, ist der Wert höher als bei einer ausschließlichen Betrachtung der Wohngebäude.

3.6. Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene

Da aus den Wärmeerzeugerleistungen der Kaminkehrer-Daten, welche nur straßenzugsweise vorliegen, nicht auf den Wärmebedarf eines einzelnen Gebäudes geschlossen werden kann, wird zur Erstellung des gebäudescharfen Wärmekatasters auf einen externen Datensatz zurückgegriffen. Die vorhandenen tatsächlichen Verbrauchsdaten werden zusätzlich eingepflegt und die Daten werden mit dem Wärmekataster aus der Erstellung des Energienutzungsplans verglichen und ergänzt. Wie bereits erwähnt wird die Stadt aus Datenschutzgründen und zur besseren Veranschaulichung in Baublocke aufgeteilt. Die Bedarfe der einzelnen Gebäude in einem Baublock werden aufsummiert. Ein Vergleich der Wärmebedarfe und -verbräuche der privaten Haushalte und des Kleingewerbes aus den Kaminkehrer-Daten mit den Wärmebedarfen und -verbräuchen der privaten Haushalte und des Kleingewerbes aus dem Wärmekataster ergibt eine Abweichung von 15,6 %. Diese Abweichung wird auf der Ebene der kommunalen Wärmeplanung sowie auf Grundlage der im Fall Sulzbach-Rosenberg verfügbaren Daten nachfolgend als akzeptabel eingestuft. Für Großabnehmer wie Schulen und Freibäder wird mit den tatsächlichen Verbräuchen gerechnet. Die Industrie wird nicht weiter berücksichtigt, da hier Prognosen sehr schwierig sind und der Fokus hier in erster Linie auf den privaten Haushalten und kleineren Abnehmern liegt. Größeres Gewerbe wird 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 Stadt 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 18 zeigt in Baublöcken aufgeteilt den absoluten jährlichen Heizwärme- und Warmwasserbedarf ohne Industrie und Großgewerbe auf.

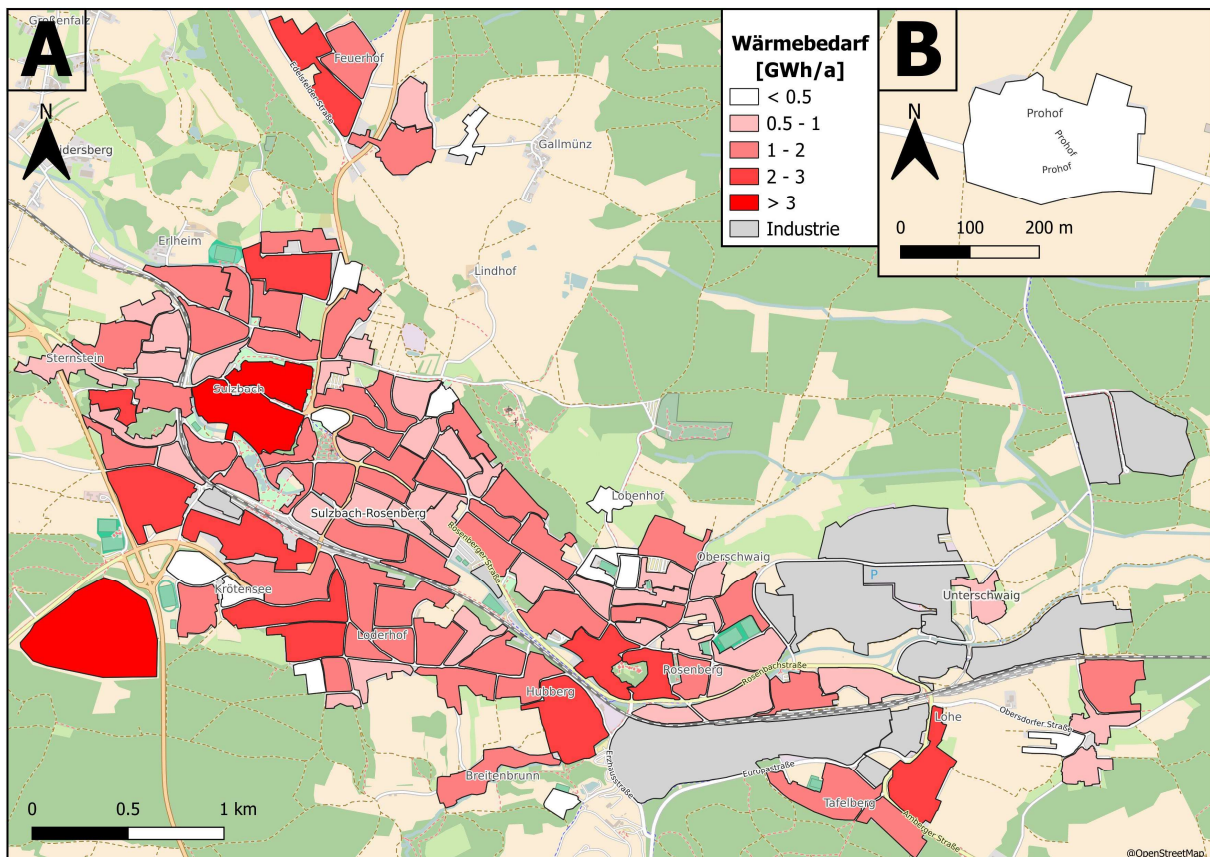


Abbildung 18: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock. (A) Kernstadt Sulzbach-Rosenberg. (B) Prohof. Ohne Industrie und Großgewerbe.

Je rötlicher die Fläche, desto größer ist der absolute Wärmebedarf. Es ist zu erkennen, dass die Altstadt von Sulzbach einen der höchsten absoluten Wärmebedarfe hat. Zudem ist der Wärmebedarf in Teilen des Loderhofs, der Altstadt von Rosenberg und auf dem Gelände der Bereitschaftspolizei hoch. Da dieser Wert nicht relativiert ist, hängt die Größe des Wärmebedarfs zumeist 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 19 ist der jährliche Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche ohne Industrie und Großgewerbe zu sehen.

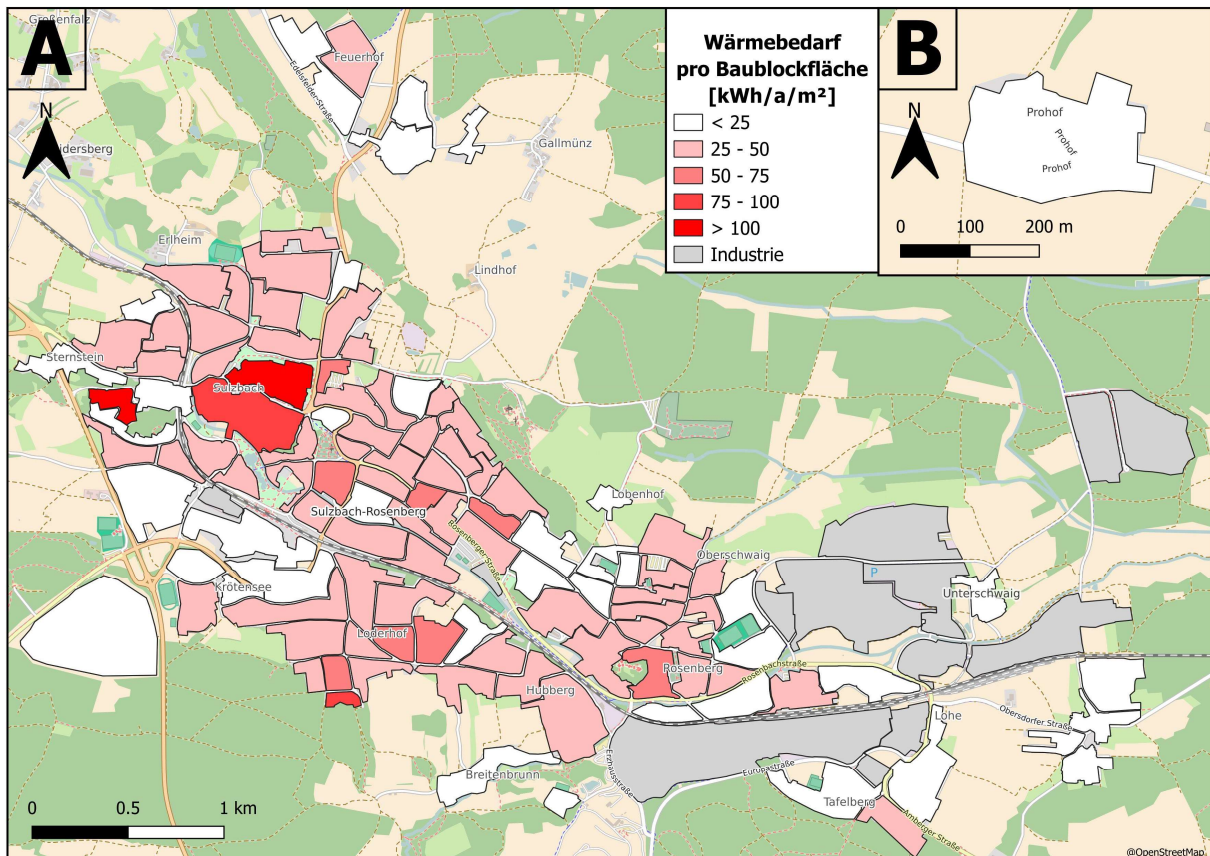


Abbildung 19: Jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche. (A) Kernstadt Sulzbach-Rosenberg. (B) Prohof. Ohne Industrie und Großgewerbe.

Hier wird der Wärmebedarf auf die Fläche des Baublockes bezogen, wodurch sich je Baublock ein Wert in kWh pro Jahr und m² ergibt. Es ist zu sehen, dass sowohl die Sulzbacher-Altstadt, das Gebiet um das Krankenhaus als auch Gebiete am Loderhof einen hohen spezifischen Wärmebedarf aufweisen. Zudem ist im Gebiet der Altstadt von Rosenberg ein höherer spezifischer Wärmebedarf vorhanden. Der Stadtteil Obersdorf im Osten der Stadt hat hingegen einen geringen spezifischen Wärmebedarf. Die Bereitschaftspolizei im Südwesten hat zwar einen hohen absoluten Wärmebedarf, allerdings nimmt das Gebiet eine große Fläche ein. Daher ist der spezifische Wärmebedarf pro Fläche geringer.

3.6.3. Wärmeliniendichte

Ein wichtiges Kriterium hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch ein 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 20 zeigt beispielhaft die Wärmeliniendichten im Gebiet des Loderhofs.

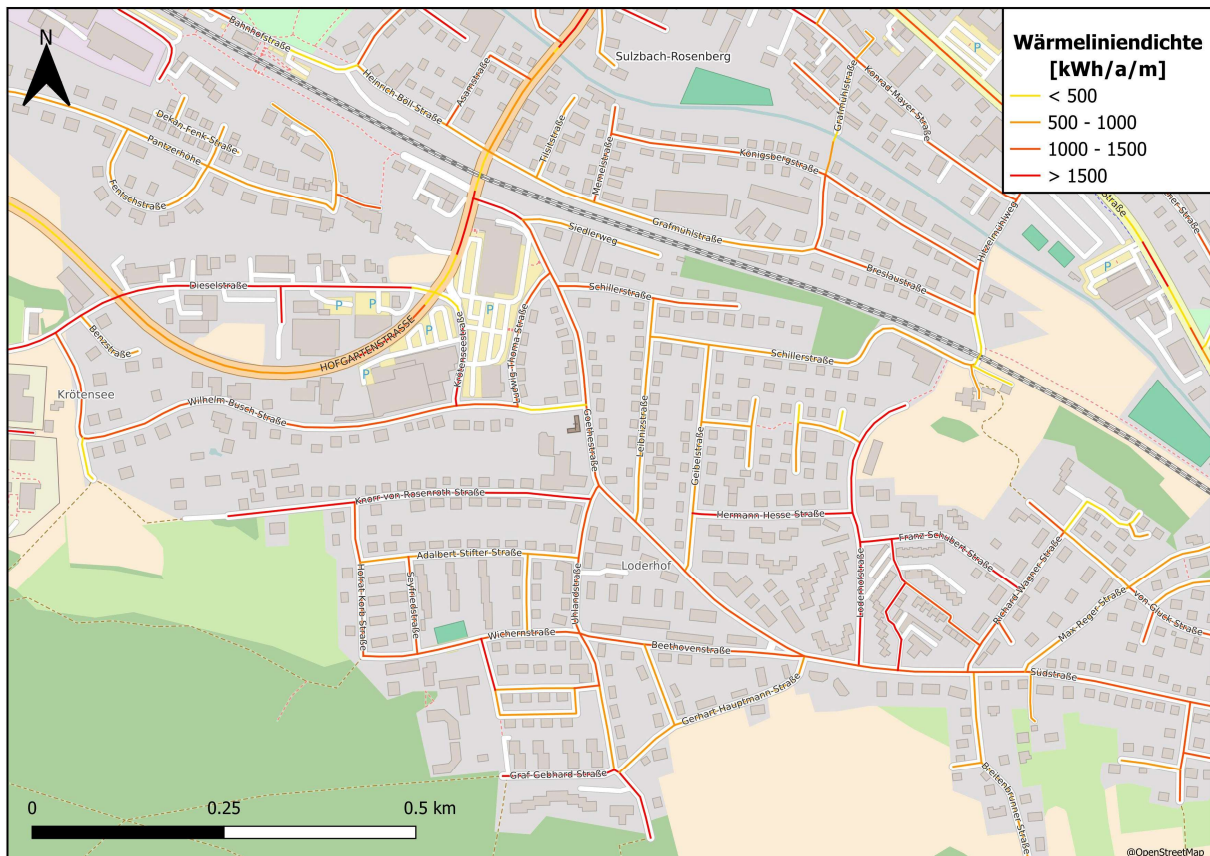


Abbildung 20: Wärmelinienindichten am Beispiel des Loderhofs.

Straßenabschnitte mit kleineren Häusern und geringer Dichte weisen einen geringeren Wert der Wärmelinienindichte 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

Die Strombezugswerte für die Jahre 2019-2021 werden gemittelt. Wie auch bei den Gaswerten weicht das Jahr 2022 ab und wird daher nicht mitberücksichtigt. 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 kommunalen Liegenschaften wird der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung addiert. Außerdem wird der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften und der öffentlichen Großverbraucher anhand von tatsächlichen Verbräuchen separat betrachtet. 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 14 sind die Strombezugsdaten des Energieversorgers, für die ganze Stadt Sulzbach-Rosenberg, aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen aufgelistet. Abbildung 21 zeigt den prozentualen Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

Tabelle 14: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen.

Verbrauchergruppe	Strombezug [MWh/a]
Industrie und Großgewerbe	93.600
Private Haushalte und Kleingewerbe	26.800
Kommunale Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher	6.900
Gesamt	127.300

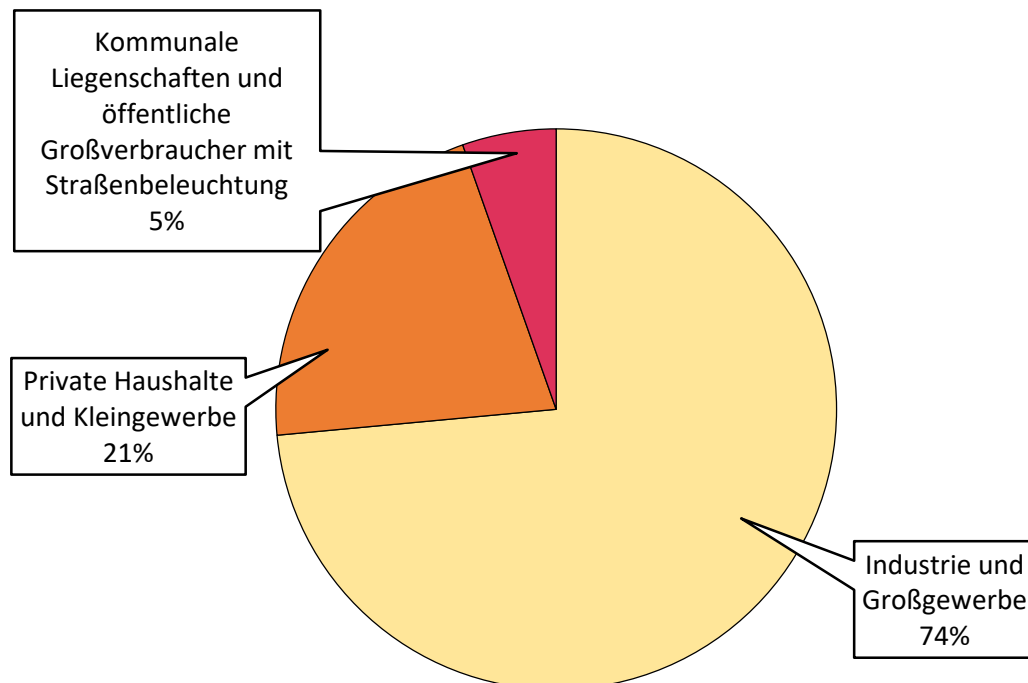


Abbildung 21: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

Knapp 75 % der aus dem öffentlichen Stromnetz bezogenen elektrischen Energie wird von der Industrie und dem Großgewerbe verbraucht. 5 % des Verbrauchs gehen zurück auf die kommunalen Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher inklusive der Straßenbeleuchtung. Private Haushalte und Kleingewerbe machen noch circa 21 % der Strommenge aus.

In Tabelle 15 sind die Kennwerte der Energiebilanz des Strombezugs aufgelistet. Der bilanzielle Anteil erneuerbarer Energien an der lokalen Stromerzeugung liegt bei annähernd 100 %. Abgesehen von einzelnen kleinen fossilen KWK-Anlagen mit Gasturbinen wird der Großteil des Stroms aus Photovoltaik und Biomasse (siehe Abbildung 8) erzeugt.



Tabelle 15: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug

Kennwert	Wert	Einheit
Endenergieverbrauch Strom Haushalte und Kleingewerbe pro Einwohner	1.370	kWh/(a*Einwohner)
Endenergieverbrauch Strom komm. Liegenschaften öffentliche Großverbraucher pro Einwohner	351	kWh/(a*Einwohner)
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	0,99	-
Installierte elektrische KWK-Leistung pro Kopf	0,24	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 16 die spezifischen CO₂-Äquivalente aufgelistet.

Tabelle 16: CO₂-Äquivalente der Energieträger.

Energieträger	CO ₂ -Äquivalente [g/kWh _{Endenergie}]	Literatur
Heizöl	311	[9]
Erdgas	233	ebd.
Flüssiggas	313	[10]
Kohle	452	[9]
Brennholz	22	ebd.
Hackschnitzel	23	[11]
Naturbel. stückiges Holz	24	ebd.
Pellets	18	ebd.
Wald-Restholz	28	ebd.
Naturbel. Holz (Emissionen während der Verbrennung)	364	[12]
Solarthermie	13	[9]
Strom-Mix	381	[13]

Falls mehr Holz zur Wärmebereitstellung verbraucht wird, als nachwachsen kann, steigen die bilanziell emittierten CO₂-Äquivalente. Am Beispiel des naturbelassenen stückigen Holz ist dargestellt, dass eine nicht nachhaltige Verwendung des Energieträgers die Emissionen um das 15-fache steigen lassen. Hier sind nicht nur die grauen Emissionen zur Bereitstellung des Energieträgers berücksichtigt, sondern auch der tatsächliche, chemisch bedingte CO₂-Ausstoß bei der Verbrennung von Holz. Dies hat vor allem einen Einfluss auf den Ausstoß von CO₂-Äquivalenten für die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte und des Kleingewerbes. Hier wird bereits jetzt das Doppelte des Potenzials an Biomasse im Gemeindegebiet verbraucht (siehe Eignungsprüfung). Die spezifischen Treibhausgasemissionen der privaten Haushalte und des Kleingewerbes im Sektor Wärme erhöhen sich unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit der Holzbereitstellung um 10 %.

In Abbildung 22 sind die Endenergieverbräuche pro Verbrauchergruppe von Wärme und Strom aufsummiert dargestellt. Ausgehend von den Verbräuchen werden die CO₂-Äquivalente berechnet.

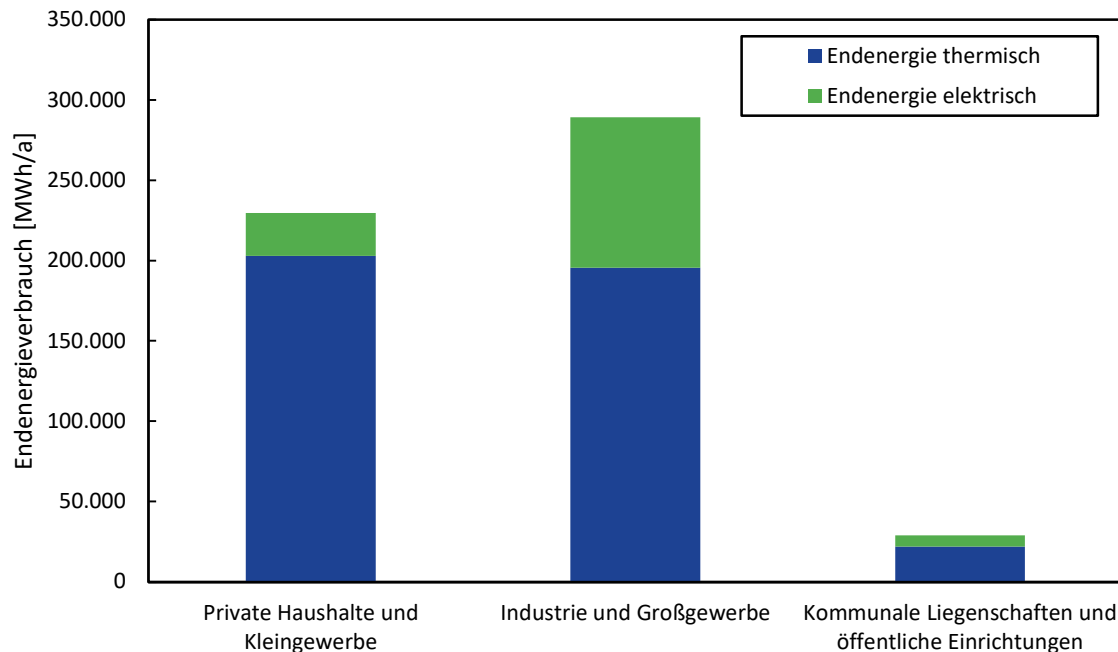


Abbildung 22: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch des ganzen Stadtgebiets aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

Abbildung 23 zeigt die Treibhausgasbilanz für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf Verbrauchergruppen für den Wärme- und Stromverbrauch. Aufgrund des höheren Strombezugs hat die Industrie und das Großgewerbe einen höheren Treibhausgaswert. Die Emissionen durch die Bereitstellung von thermischer Energie unterscheiden sich bei den privaten Haushalten und beim Kleingewerbe nicht stark von denen der Industrie und des Großgewerbes. Insgesamt werden auf dem Gemeindegebiet jährlich 140.300 t CO₂-äq. in den Sektoren Wärme und Strom emittiert.

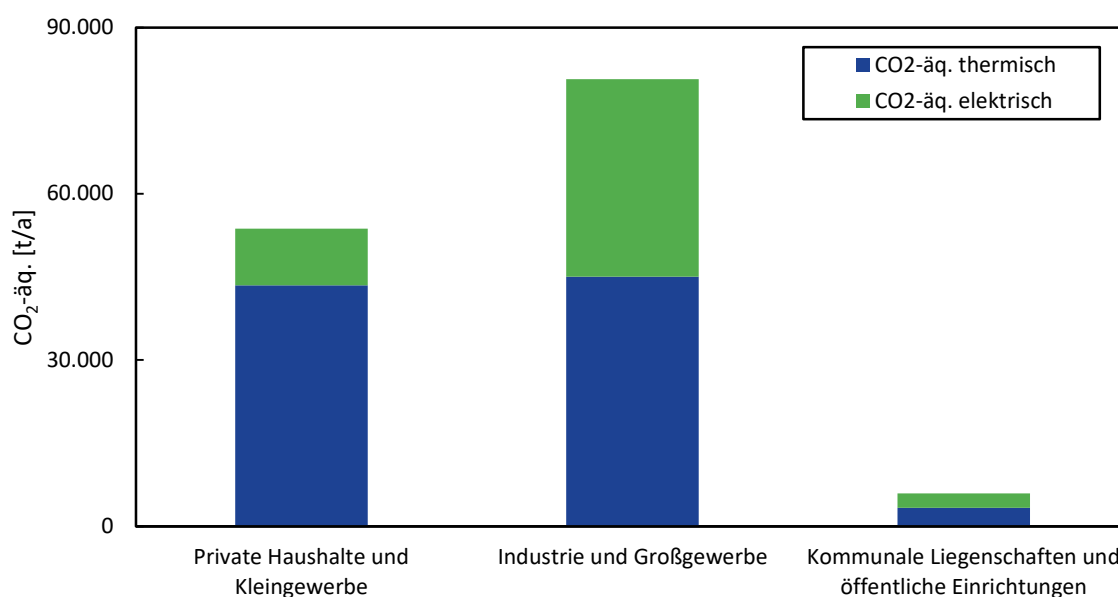


Abbildung 23: CO₂-Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch des ganzen Stadtgebiets aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

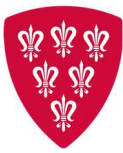


Tabelle 17 listet die Kennwerte der Treibhausgasbilanz auf. Somit können Fortschreibungen des Wärmeplans mit der aktuellen Situation verglichen werden.

Tabelle 17: Kennwerte der Treibhausgasbilanz

Kennwert	Wert	Einheit
THG-Emissionen Wärme Haushalte und Kleingewerbe pro Einwohner	2,22	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Wärme komm. Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher pro Einwohner	0,17	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Wärme Industrie und Großgewerbe pro Einwohner	2,30	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Strom Haushalte und Kleingewerbe pro Einwohner	0,52	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Strom komm. Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher pro Einwohner	0,13	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$
THG-Emissionen Strom Industrie und Großgewerbe pro Einwohner	1,82	$t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$



4. Potenzialanalyse

Das Ziel der Stadt Sulzbach-Rosenberg, wie das des Freistaates Bayern, ist es bis 2040 klimaneutral zu werden. Dafür müssen fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ausgetauscht werden. Damit dies gelingt, wird in diesem Kapitel eine Potenzialanalyse für erneuerbare Wärme sowie Strom auf dem Stadtgebiet durchgeführt.

4.1. Datengrundlage

In Tabelle 18 sind die Datengrundlagen der einzelnen Abschnitte für die Potenzialanalyse aufgelistet.

Tabelle 18: Datengrundlagen der Potenzialanalyse.

Kapitel	Datengrundlage
Schutzgebiete und Denkmalschutz	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayern-Atlas
Energieeinsparpotenziale durch Sanierung	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, ENEKA Energie & Karten GmbH
Potenzial erneuerbarer Wärme	ALKIS, Energie-Atlas-Bayern, Umweltatlas-Bayern
Potential erneuerbarer Strom	Energie-Atlas Bayern, Solarkataster Landkreis Amberg-Sulzbach
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 gibt es Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen.

4.2.1. Schutzgebiete

Abbildung 24 zeigt die Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg. Die Daten stammen aus dem Geodatendienst des Bayerischen Landesamt für Umwelt [14]. Unterteilt werden die Schutzgebiete in Trinkwasserschutz, Fauna-Flora-Habitat, Naturschutz, Landschaftsschutz und Naturpark.

Im Westen des Stadtgebietes existiert ein Fauna-Flora-Habitat sowie ein Naturpark. Auch zwei Trinkwasserschutzgebiete sind auf dem Stadtgebiet 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 [15]. In Trinkwasserschutzgebieten ist wiederum jegliche Nutzung von Geothermie untersagt [16]. Für Landschaftsschutzgebiete stellt die Genehmigung der Nutzung von Geothermie eine Herausforderung dar.

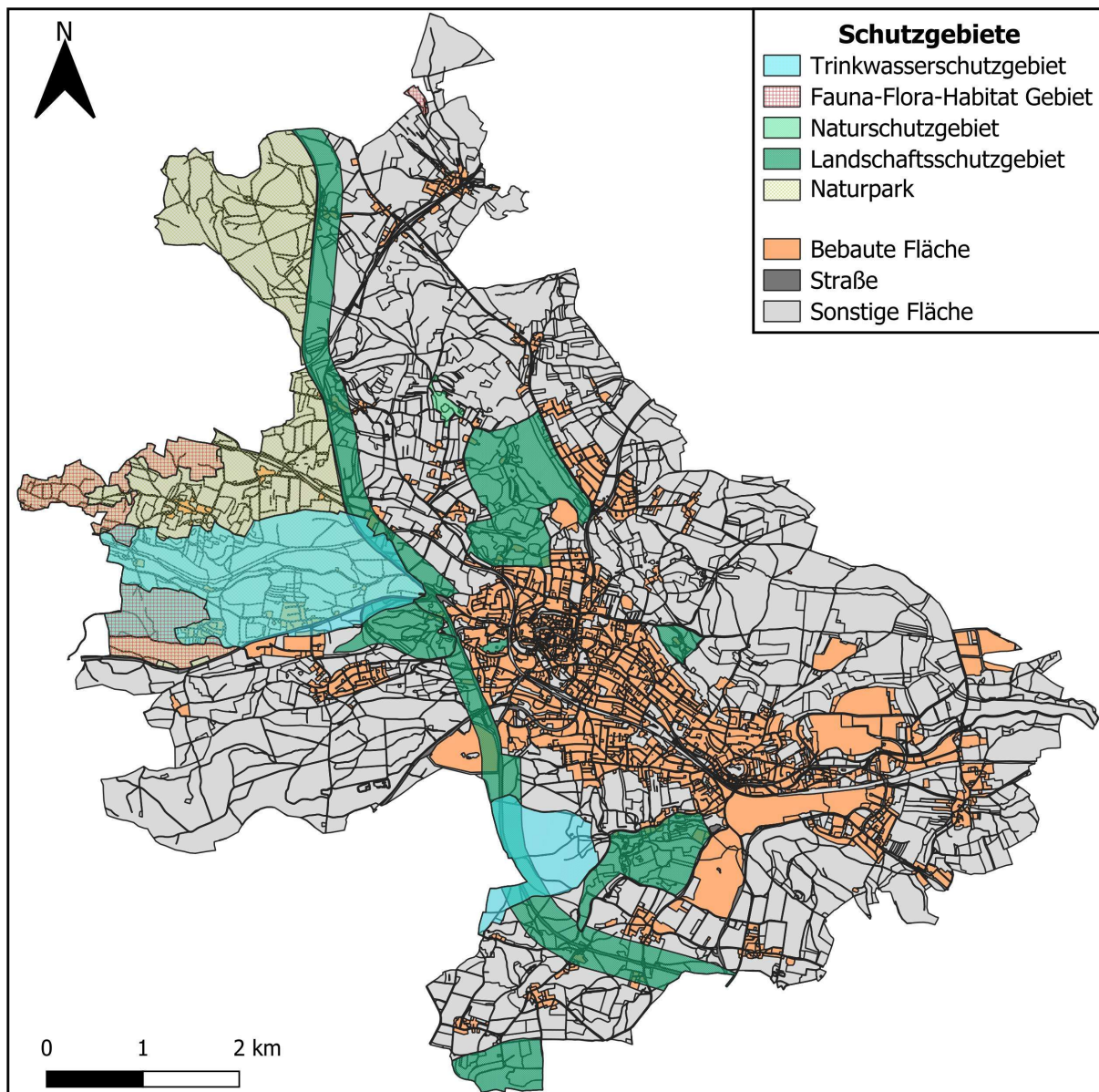


Abbildung 24: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet

4.2.2. Denkmalschutz

Bei denkmalgeschützten Bauwerken gibt es Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen. In Abbildung 25 sind die denkmalgeschützten Gebäude in der Kernstadt zu sehen.

Die komplette Altstadt und der Annaberg sind ein Ensemble-Denkmal. Auf dem Gebiet der Maxhütte gibt es einige Industriedenkmäler. Ansonsten sind vereinzelt in der Stadt noch weitere Gebäude, wie z.B. Kirchen, unter Denkmalschutz gestellt.

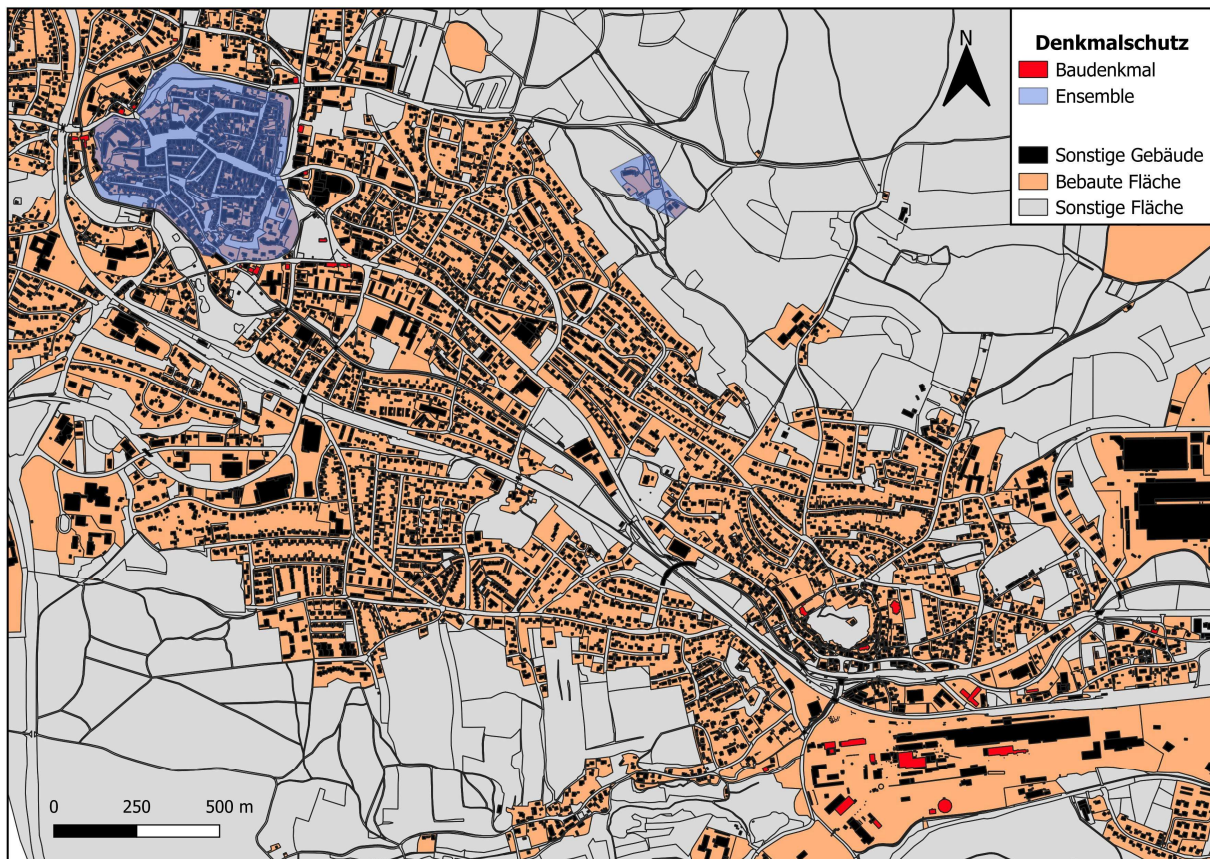


Abbildung 25: Ensemble- und Baudenkmäler in der Kernstadt

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 Wohngebäude und Kleingewerbe 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 Stadt Sanierungsmaßnahmen eine beachtliche Auswirkung auf die Wärmewende hätten.

Zur Berechnung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung werden zwei Herangehensweisen untersucht. In dem Datensatz der ENEKA Energie & Karten GmbH wird davon ausgegangen, dass jedes Haus auf einen hohen energetischen Standard vollsaniert wird. Die Ergebnisse sind kartographisch in Abbildung 26 dargestellt.

Zu sehen ist, dass bei Annahme einer Vollsanierung das Energieeinsparpotenzial für das ganze Gemeindegebiet, mit einem Mittelwert der Baublöcke von 77 %, sehr hoch ist. Dies stellt das größtmögliche Potenzial dar, das Eintreten dieses Szenarios ist aber eher unwahrscheinlich.

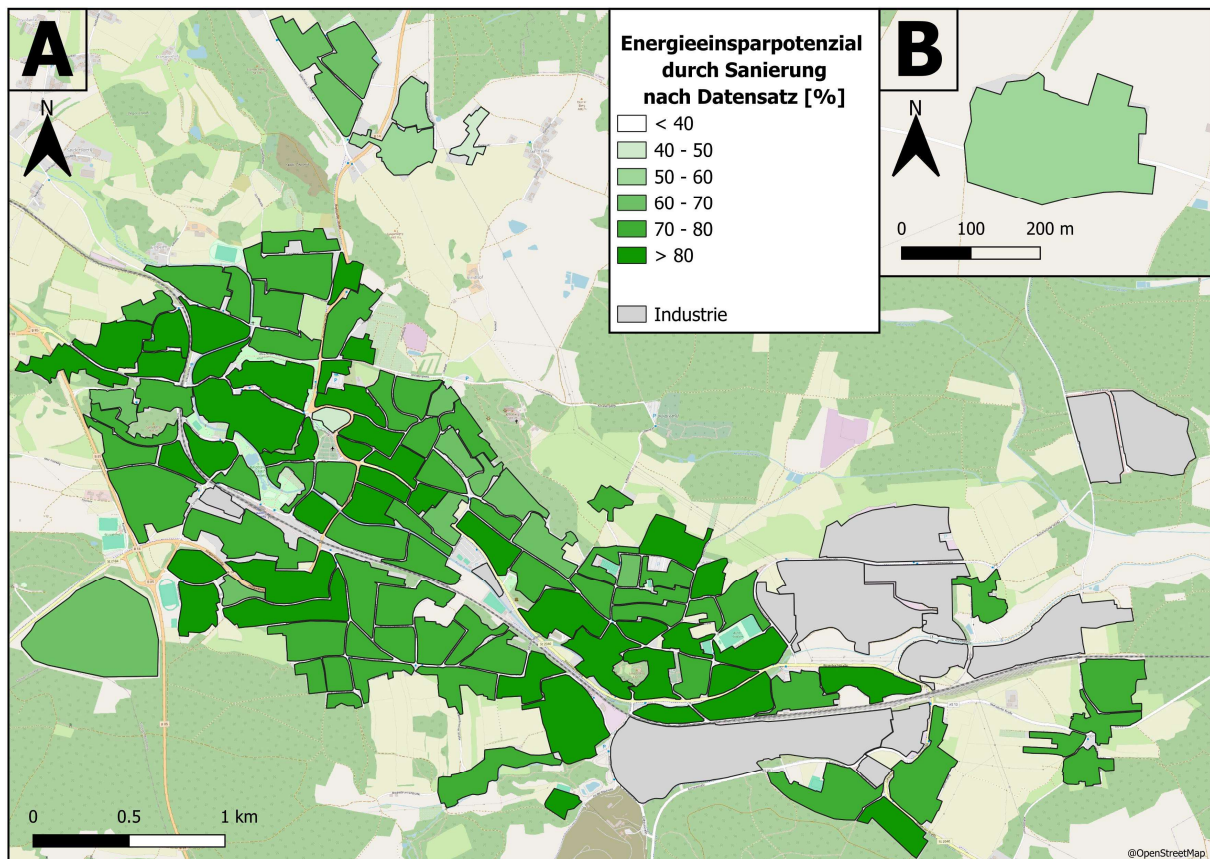


Abbildung 26: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung nach ENEKA Energie & Karten GmbH.

Für die alternative Berechnung des Energieeinsparpotenzials mittels des Technikkatalogs der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) wird anhand der Siedlungsentwicklung ein repräsentatives Gebäude-Baujahr für jeden Baublock angenommen. 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 % angenommen. Das höchste Potenzial haben Gebäude aus der Nachkriegszeit (1950 – 1975). Neuere Gebäude haben nahezu kein Einsparpotenzial. Dementsprechend fallen die Einsparpotenziale geringer aus. Abbildung 27 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Für die Berechnung des Einsparpotenzials durch Sanierung mit den Bedarfsreduktionswerten des Technikkatalogs fallen die Ergebnisse geringer aus als in der ersten Betrachtungsweise. Hier liegt ein Mittelwert von 56 % vor. Im Trend unterscheiden sich die zwei Herangehensweisen allerdings nicht stark. Es ist zu erkennen, dass größtenteils alle Baublöcke, abgesehen von einigen Randgebieten, ein hohes Energieeinsparpotenzial beinhalten. Wie viel Energieeinsatz tatsächlich vermieden werden kann, hängt vom Grad der Sanierung ab und kann in dieser Detailebene nur grob abgeschätzt werden.

Auffällig ist die unterschiedliche Bewertung der zwei Altstadtgebiete von Sulzbach. Da diese Bauten zum Großteil vor 1945 errichtet wurden, ist hier, laut Technikkatalog, das Sanierungspotenzial geringer. Zudem ist eine energetische Sanierung aufgrund des Denkmalschutzes schwierig. Daher zeigt Abbildung 27 einen geringeren relativen Wert als Abbildung 26 an.

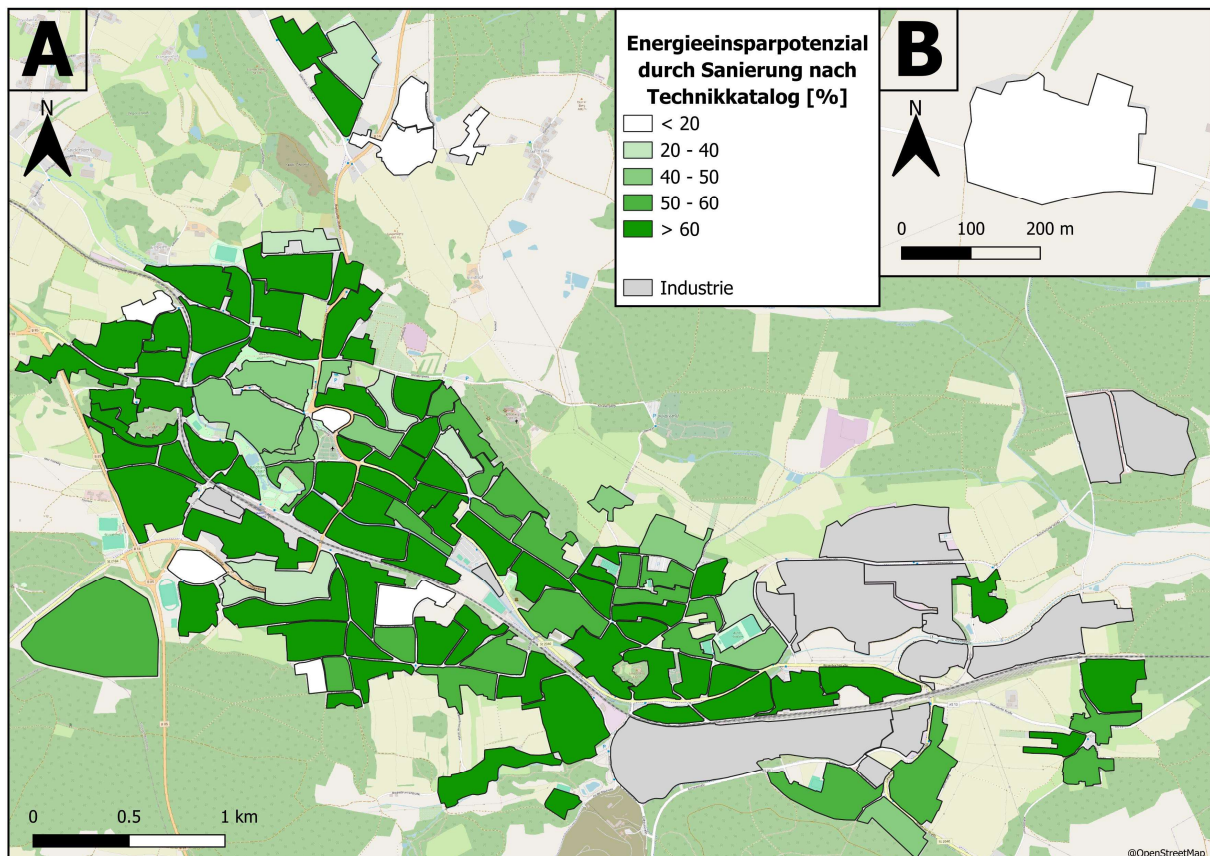


Abbildung 27: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [9]

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 technisch realisierbare Potenzial. Das heißt, dass das theoretische Potenzial auf das durch den derzeitigen technischen Standard nutzbare Potenzial verringert wird.

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, Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen auf bebautem Grund innerhalb des Stadtgebietes untersucht.

Dafür 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 lassen sich Flächen für private Haushalte und Gewerbe von kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Einrichtungen sowie von Flächen für Industrie unterscheiden. Die möglichen Einsatzgebiete von Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen werden dem Energie-Atlas-Bayern entnommen. Nach Abzug der Ausschlussgebiete, hier ausschließlich Trinkwasserschutzzonen, erhält man die potenzielle unbebaute Fläche in Bebauungsgebieten. Um Einflüsse wie Bäume, Terrassen, verwinkelte Flächen und Abstände zu Nachbargebieten mitzuberücksichtigen, wird die potenzielle unbebaute Fläche mit einem Faktor von 0,5 versehen. Nach stichprobenartiger Überprüfung



wird davon ausgegangen, dass ca. 50 % der potenziellen unbebauten Fläche für oberflächennahe Geothermie genutzt werden kann.

Erdwärmekollektoren:

Für die Abschätzung der potenziellen Energiemenge durch Erdwärmekollektoren spielt die Bodenbeschaffenheit eine wichtige Rolle. Deren Wert erhält man für Sulzbach-Rosenberg aus dem Umweltatlas-Bayern. Allerdings ist dieser so detailliert, dass eine exakte Betrachtung der Bodenbeschaffenheit in den einzelnen Gebieten zu aufwendig wäre. Daher wird zur groben Potenzialabschätzung ein Mittelwert von 40 kWh pro Jahr und Quadratmeter für Erdwärmekollektoren sowie eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe 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 Sondenzahl mit einem spezifischen Energieertragswert von 75 kWh/a/m und einer durchschnittlichen Bohrtiefe von 80 m ergeben die potenzielle Energiemenge. Diese Werte werden den auf dem Gebiet der Stadt existierenden Sonden entnommen. Auch hier wird eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 4 angenommen.

Grundwasserwärmepumpen:

Zur Abschätzung der potenziellen Energiemenge durch Grundwasserwärmepumpen wird die Anzahl der Sonden auf dem für oberflächennahe Geothermie möglichen Flächen berechnet. Es gilt ein Mindestabstand von Sonde zu Sonde von 15 m zwischen Sicker- und Saugbrunnen. Durch Halbierung der Sondenzahl erhält man die mögliche Anzahl an Grundwasserwärmepumpen. Für alle unbebauten Gebiete in Bebauungsgebieten wären das theoretische 746 Grundwasserwärmepumpen. Da der Ertrag stark von den hydrothermalen Eigenschaften vor Ort abhängt, ist eine Energiemengenabschätzung für Grundwasserwärmepumpen nicht von Nutzen.

Grubenwasser:

Zurzeit wird die energetische Nutzung des Grubenwassers der Richtstrecke zwischen dem St. Anna Schacht und der Grube Großenfalz untersucht. Da die Leistungsfähigkeit des Systems erst durch weitere Untersuchungen ermittelt werden muss, ist auch hier eine Abschätzung einer Energiemenge nicht von Nutzen. Dennoch kann anhand der Geometrie der Richtstrecke abgeschätzt werden, welche Leistung im Vergleich zu Erdwärmesonden die Richtstrecke hat. Bei Annahme von 0,15 m Bohrlochdurchmesser der Sonden und einer durchschnittlichen Tiefe von 80 m, entspricht die Oberfläche der Richtstrecke einen Wert von ca. 1000 Sonden. Außerdem könnte das Grubenwasser, sofern keine größeren Fließgeschwindigkeiten vorliegen, als Wärmespeicher dienen.

Abbildung 28 und Tabelle 19 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Wärme aus oberflächennahe Geothermie graphisch und tabellarisch auf. Es ist zu sehen, dass das Potenzial für Erdwärmekollektoren generell höher ist als für Erdwärmesonden.

Tabelle 19: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie.

System	Potenzial private Haushalte und Kleingewerbe [MWh/a]	Potenzial komm. Liegenschaften und öffentl. Großverbraucher [MWh/a]	Potenzial gesamtes bebautes Gebiet [MWh/a]
Erdwärmekollektor	88.800	14.000	146.000
Erdwärmesonden	24.700	2.000	34.200

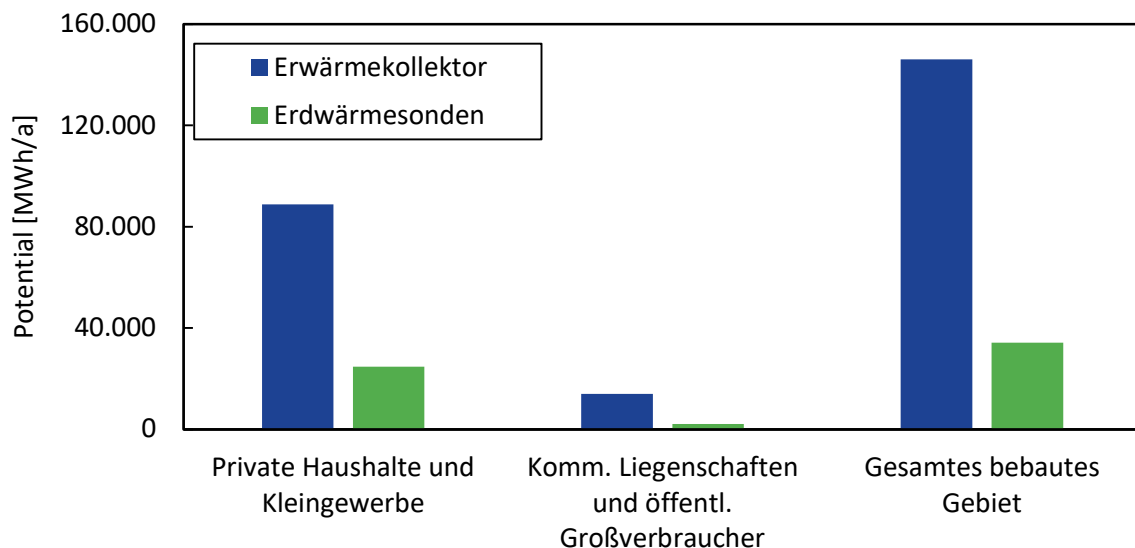


Abbildung 28: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie. Aufgeteilt auf Gebiete von privaten Haushalten und Kleingewerbe, komm. Liegenschaften und öffentl. Großverbraucher sowie dem gesamten bebauten Gebiet inklusive Industrie.

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 und mit einem spezifischen Ertrag von 40 kWh pro m² verrechnet. In Abbildung 29 sind alle betrachteten potenziellen Freiflächen zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie dargestellt. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von circa 145.300 MWh/a für oberflächennahe Geothermie in Form von Kollektor auf Freiflächen. Hierbei ist die Realisierung der Nutzung der Geothermie von vielen regulatorischen und anderen Faktoren abhängig. Daher sind detailliertere Prüfungen bei weiteren Untersuchungen erforderlich.

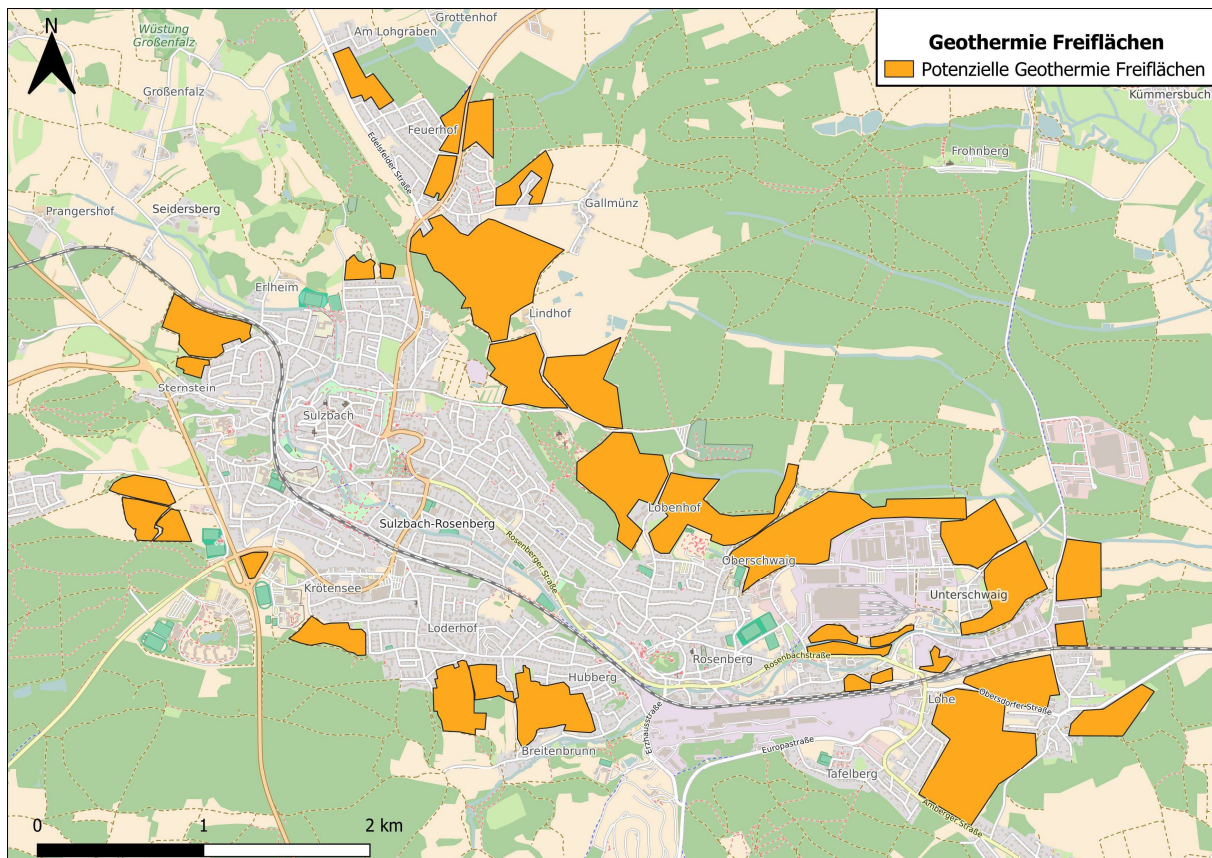


Abbildung 29: Potenzielle Geothermie Freiflächen.

4.4.2. Solarthermie

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

Solarthermie-Freiflächen:

Die potenziellen Freiflächen für Solarthermie werden aus dem Bericht zur Ermittlung von PV-Vorrangflächen übernommen [17]. Da hier, im Gegensatz zur Photovoltaik, die Leitungsverluste die Wirtschaftlichkeit eines Projektes stark beeinflussen, werden nur mögliche Flächen betrachtet, die weniger als 500 m von potenziellen Abnehmern entfernt sind. Zudem muss die Anzahl der Abnehmer eine gewisse Größe vorweisen. Zur Berechnung des Ertrages der Solarthermie-Freiflächen werden vier existierende Anlagen in Dänemark als Vergleich hergenommen. Da es in Deutschland wenige Solarthermie-Freiflächen gibt und die Kennwerte der Anlagen in Dänemark bereits vorhanden sind, werden diese als Referenz verwendet [18]. Ein Mittelwert von 220 kWh pro Jahr und Quadratmeter Grundfläche konnte festgestellt werden. Die Abbildung (zensiert) zeigt in Grün die potenziellen Freiflächen für Solarthermie auf dem Gemeindegebiet auf.



Solarthermie-Dachflächen:

Für die Solarthermie-Dachflächen wird angenommen, dass höchstens 20 % des Wärmebedarfs für Raumwärme und Warmwasser damit gedeckt werden kann. Demnach wird untersucht, ob ausreichend Dachflächen in dem Gemeindegebiet für diese Energiemenge zur Verfügung stehen. Das Dachflächenpotenzial für Solarthermie wird aus dem Solarpotenzialkataster des Landkreises Amberg-Weizsach entnommen [4]. Mit einem exemplarischen spezifischen Ertrag von Dachflächen-Solarthermie-Kollektoren von 500 kWh pro Jahr und Quadratmeter Kollektorfläche kann berechnet werden, dass lediglich ca. 12,6 % der, für Solarthermie gut geeigneten, Dachflächen auf dem Gemeindegebiet ausreichen, um 20 % des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser der privaten Haushalte und des Kleinwerbes sowie der kommunalen Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern zu decken.

Tabelle 20 listet die realistischen Potenziale für Solarthermie auf. In Abbildung 30 sind die realistischen Potenziale für Freiflächen- und Dachflächen-Solarthermie graphisch dargestellt.

Tabelle 20: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen.

System	Potenzial [MWh/a]
Freiflächen-Solarthermie	113.400
Dachflächen-Solarthermie	45.000
Gesamt	158.400

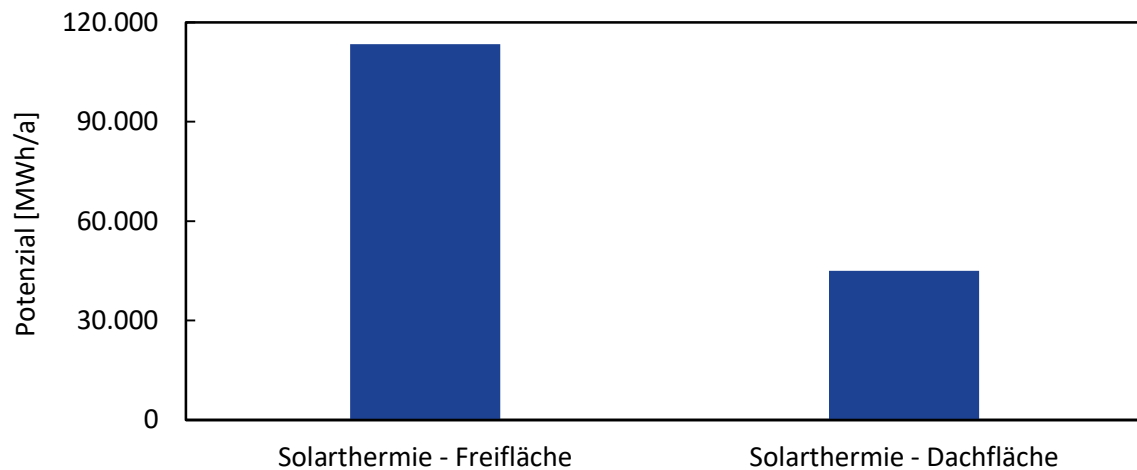


Abbildung 30: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen.

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 Landesamt für Umwelt für die Oberpfalz aus dem Jahr 2022 verwendet [19]. Mit Hilfe der Brenn- und Heizwerte für Altholz [20] und Bioabfall [21] 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 [22]. 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 % der landwirtschaftlich genutzten Ackerfläche nachwachsende Rohstoffe angebaut werden [23]. Der Flächenbedarf für bestehende Biogasanlagen auf dem Gemeindegebiet wird vom möglichen Potenzial abgezogen.

Biomasse aus Waldbestand:

Das energetische Potenzial der Waldfläche wird anhand der Kennzahlen aus dem Energie-Atlas Bayern abgeschätzt [5]. Die Waldfläche auf dem Gemeindegebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg wird aus den ALKIS-Daten entnommen. Da Biomasse ein begrenzter Rohstoff ist,

wird das Potenzial der Waldfläche mit dem aktuellen Verbrauch verglichen. Hierfür werden die Verbrauchswerte von naturbelassenem stückigen Holz und Pellets 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 Stadt Sulzbach-Rosenberg stammt. Dennoch werden diese hier mitbetrachtet. Da die Fernwärme in Sulzbach-Rosenberg fast ausschließlich mit fester Biomasse gespeist wird, wird auch dieser Verbrauch hier betrachtet. Je nachdem ob man davon ausgeht, dass der Energieträger Holz für Fernwärme aus dem Stadtgebiet stammt oder aus den umliegenden Gebieten angeliefert wird, kann man das Potenzial der Biomasse aus dem Waldbestand auf zwei Weisen betrachten. Bei der Potenzialanalyse mit Fernwärme wird davon ausgegangen, dass alles Holz zur Speisung der Fernwärme aus dem Gebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg stammt. Bei der Betrachtung der Potenziale der Biomasse ohne Einbezug der Fernwärme ist die Annahme, dass die Biomasse zur Speisung der Fernwärme ausschließlich aus umliegenden Gebieten eingeführt wird und damit das im Stadtgebiet befindliche Potential davon unberührt bleibt.

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 des Energie-Atlas Bayern betrachtet [5]. Da bisher die Bilanzgrenzen um das Stadtgebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg gezogen wurden, aber es möglich ist Holz aus benachbarten Gebieten zu importieren, werden zusätzlich die Potenzialflächen für Energieholz für die umliegenden Gemeinden aufgezeigt. Abbildung 31 zeigt das übrige Flächenpotenzial für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Sulzbach-Rosenberg. 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 in privaten Haushalten wird durch die Kleinf Feuerungsanlagen dargestellt.

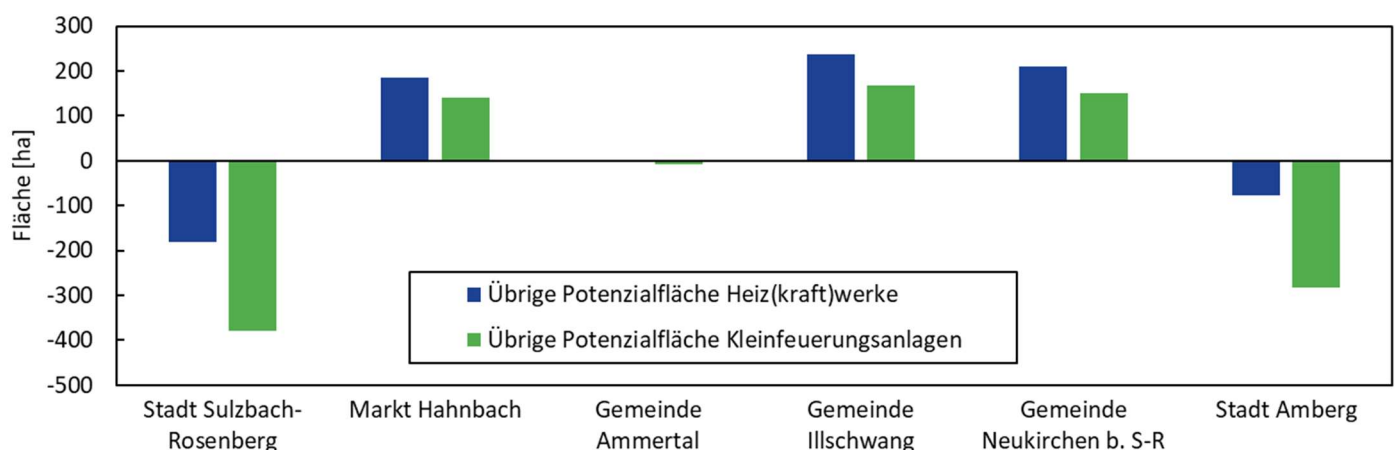


Abbildung 31: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Sulzbach-Rosenberg.

Es ist zu sehen, dass für die Stadt Sulzbach-Rosenberg kein Potenzial an Energieholz auf dem Stadtgebiet für Heizkraftwerke sowie Kleinf Feuerungsanlagen mehr übrig ist. Im benachbarten Markt Hahnbach ist das Potenzial hingegen noch nicht ausgeschöpft. Generell ist in Städten das Potenzial an Energieholz ausgenutzt. Je nach Technologie zur Wärmebereit-

stellung 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.

Tabelle 21 listet das Potenzial der Biomasse auf dem Stadtgebiet auf. Abbildung 32 zeigt das Ergebnis der Potenzialanalyse für Biomasse. Bei beiden Betrachtungsweisen ist das Potenzial an Biomasse aus dem Waldbestand negativ. Ein negatives Potenzial bedeutet, dass mehr Energieholz verwendet wird, als nachhaltig auf dem Stadtgebiet nachwachsen kann.

Tabelle 21: Potenzial Biomasse.

System	Potenzial [MWh/a]
Biomasse aus Abfällen	5.600
Biomasse aus Landwirtschaft	9.600
Biomasse aus Waldbestand (ohne Fernwärme)	-9.800
Biomasse aus Waldbestand (mit Fernwärme)	-28.000
Gesamt (ohne Fernwärme)	5.400
Gesamt (mit Fernwärme)	-12.800

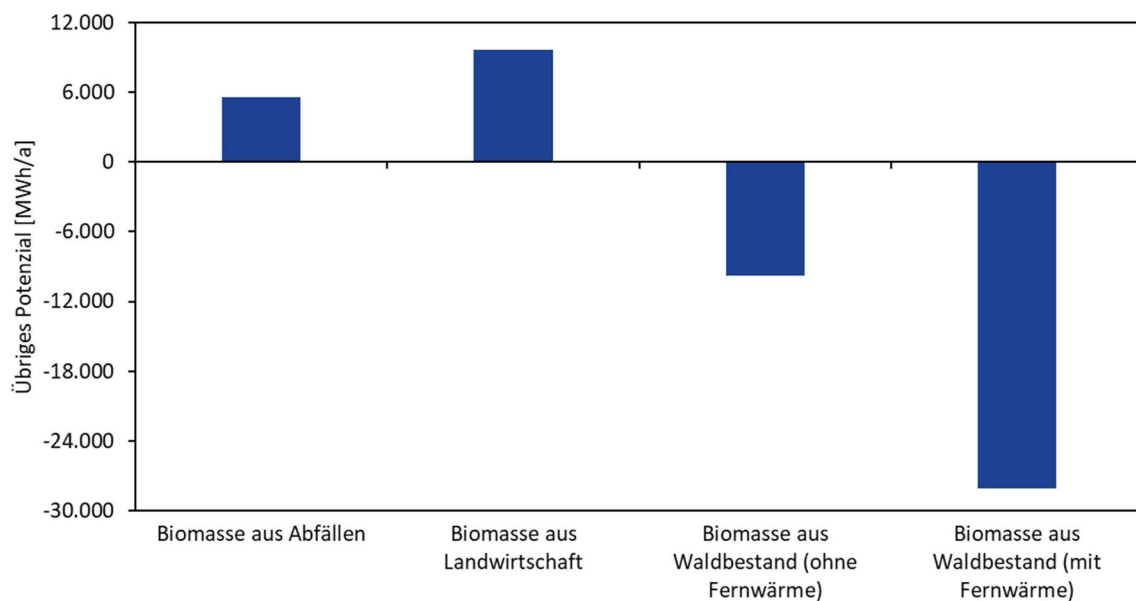


Abbildung 32: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand mit und ohne Einbeziehen des Holzverbrauchs durch Fernwärme.

Auch falls nur der Verbrauch von naturbelassenem Holz und Pellets aus der Energiebilanz betrachtet wird, also ohne die Fernwärme, ist das Potenzial an Energieholz bereits ausgeschöpft. Insgesamt ist das Potenzial an Biomasse je nach Betrachtungsweise positiv oder negativ. Das Potenzial an Energieholz auf dem Gebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg ist bereits verbraucht. Auch das Potenzial an Energieholz für Kleinfeuerungsanlagen im näheren Umkreis der Stadt Sulzbach-Rosenberg ist ausgeschöpft.



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:

Da in den von der Industrie ausgefüllten Fragebögen zum Thema Abwärme lediglich Parameter wie Temperatur, Art des Mediums und Volllaststunden angegeben sind, ist eine Abschätzung des Potenzials in Form von einer Energiemenge nicht möglich. Deswegen werden die Daten aus dem Energie-Atlas-Bayern, in welchen die Abwärmemenge von zwei Firmen aufgelistet ist, zur Berechnung verwendet. Die Abwärmemenge von zwei weiteren Großverbrauchern kann über den Energieverbrauch des Prozesses und den angegebenen Parametern abgeschätzt werden. Für alle anderen Unternehmen stehen nicht genügend Informationen zur Verfügung.

Kraft-Wärme-Kopplung:

Für die vier KWK-Anlagen auf dem Stadtgebiet stehen Informationen zur Abwärmemenge aus dem Energie-Atlas Bayern und den Fragebögen zur Verfügung. Neben der KWK-Anlage zur Fernwärmeerzeugung sind zwei Biomasseanlagen (eine davon direkt an der Grenze zu Dürnsricht) und eine KWK-Anlage in der Kläranlage vorhanden.

Abwasser:

Vor allem im Winter stellt Abwärme aus Abwasser aufgrund der hohen Temperaturen eine gute Quelle für z.B. eine Großwärmepumpe dar. Mit Hilfe des Mindesttrockenabflusses, einem exemplarischen Abflussverlauf über den Tag und einem nutzbaren Temperaturunterschied von 5 K kann das Potenzial der Abwärme aus Abwasser berechnet werden. Es wird angenommen, dass das Wasser nach der Kläranlage zentral entnommen wird.

Tabelle 22 und Abbildung 33 zeigen die Ergebnisse der Potentialanalyse zur Gewinnung von Wärme aus unvermeidbarer Abwärme und Abwasser.

Tabelle 22: Potenzialanalyse Abwärme.

System	Potenzial [MWh/a]
Industrie	39.000
KWK-Anlagen	11.800
Abwasser Kläranlage	26.400
Gesamt	77.200

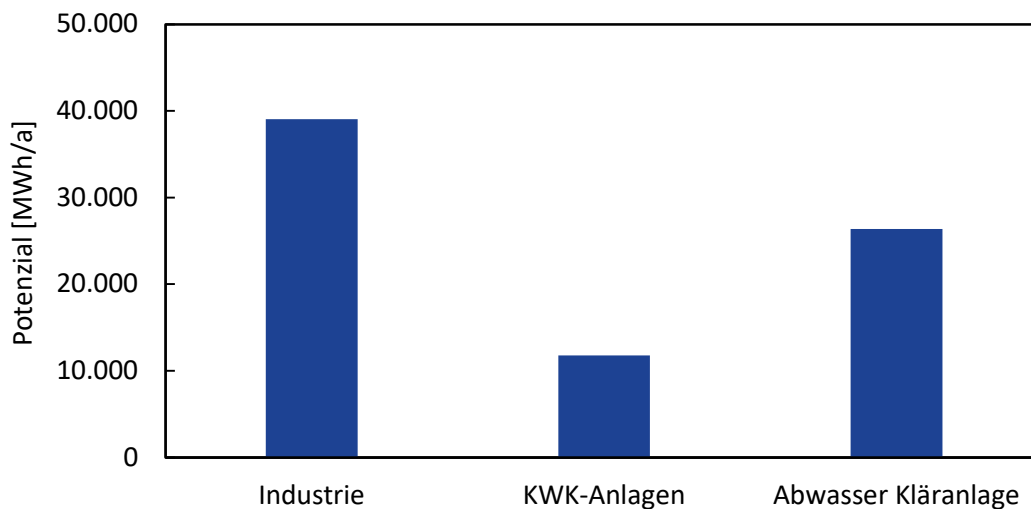


Abbildung 33: Potenzialanalyse Abwärme.

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 Sulzbach-Rosenberg in keinem der drei deutschen für Tiefengeothermie geeigneten Gebiete (Norddeutsches Becken, Süddeutsches Molassebecken, Oberrheingraben) liegt, wird dieses Potenzial als nicht vorhanden eingestuft. 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. Bis 2030 soll die Erdgasleitung, welche circa 8 km nördlich von Sulzbach-Rosenberg bei Vilseck verläuft, auf den Transport von Wasserstoff umgestellt sein. Für die Deckung von Spitzenlasten in Heizzentralen könnte Wasserstoff in Betracht gezogen werden. Primär liegt der Einsatzbereich von Wasserstoff auf dem Stadtgebiet allerdings in der Industrie.

4.4.6. Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme

In Abbildung 34 sind die abgeschätzten technisch-realistischen Potenziale für erneuerbarer Wärme auf dem Stadtgebiet aufgezeigt. 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 514.100 MWh pro Jahr plus die Energiemenge der Umweltwärme. Das Potenzial oberflächennaher Geothermie-Bebauung wird auf das Potenzial der Erdwärmekollektoren 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 geht es ausschließlich um Energiemengen. Parameter wie Temperatur oder 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 mit der Eigenschaft hohe Vorlauftemperaturen generieren zu können, sollte so im Schwerpunkt zur Deckung der Spitzenlast bei sehr niedrigen Außentemperaturen eingesetzt werden.

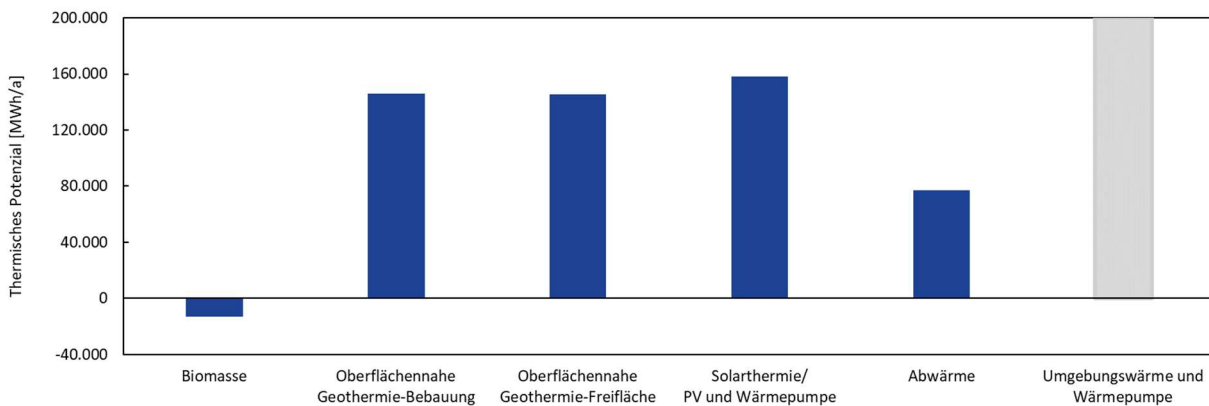


Abbildung 34: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme.

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:

Als Grundlage der Potenzialabschätzung der Freiflächen wird der Bericht zur Ermittlung der PV-Vorrangflächen verwendet [17]. Hier werden alle möglichen Flächen ohne Vorbehalt betrachtet. Mit einem durchschnittlichen Erfahrungswert von $0,1 \text{ kW}_p$ pro Quadratmeter und einem durchschnittlichen Ertragswert von 1050 kWh pro kW_p und Jahr kann das Potenzial an Leistung und Energiemenge abgeschätzt werden. Die Abbildung (zensiert) zeigt die PV-Vorrangflächen auf dem Gemeindegebiet auf.

Photovoltaik-Dachflächen:

Das Dachflächenpotenzial für Photovoltaik wird aus dem Solarpotenzialkataster des Landkreises Amberg-Weizsach entnommen [4]. Hier werden für alle möglichen Dachflächen die Leistungen und der Ertrag aufsummiert.



Tabelle 23: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik.

System	Potenzial [MWh _{el} /a]
Freiflächen-Photovoltaik	126.500
Dachflächen-Photovoltaik	113.500
Gesamt	240.000

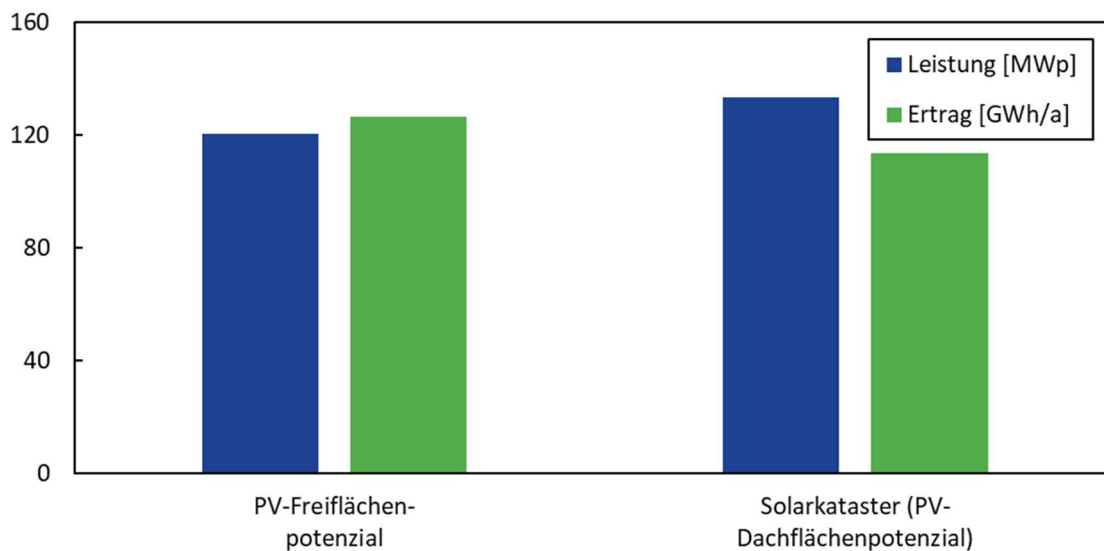


Abbildung 35: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik.

Verglichen mit den Daten aus dem Marktstammdatenregister werden aktuell 12 % des Potenzials an Photovoltaik im Gemeindegebiet genutzt. Auch hier sei erwähnt, dass prinzipiell das Potenzial der Photovoltaik mit dem Potenzial der Solarthermie in Konkurrenz steht und das hier aufgezeigte Potenzial möglicherweise nicht vollumfänglich genutzt werden kann.

4.5.2. Windenergie

Für die Abschätzung des elektrischen Potenzials von Windenergieanlagen wird die Gebietskulisse Windkraft sowie der mittlere Standortertrag aus dem Energie-Atlas Bayern entnommen [5]. Anhand der Gebietskulisse und einem Mindestabstand von 1.000 m zu bebauten Gebieten werden potenzielle Standorte von Windenergieanlagen auf dem Gemeindegebiet erkannt. Mit einem Abstand von mindestens viermal des Rotordurchmessers zwischen den Windenergieanlagen erhält man sieben potenzielle Standorte. Der Ertrag wird anhand eines Anlagen-Mischtyps mit 5 MW Leistung, 148 m Rotordurchmesser und einer Nabenhöhe von 140 m geschätzt. Nach Abzug eines Turbulenzabschlages von 6 % erhält man die in Tabelle 24 gelisteten elektrischen Potenziale. Da zurzeit Planungen im Bereich der Windenergie auf dem Gebiet der Stadt durchgeführt werden, wird separat nur das elektrische Potenzial der dort erwogenen Gebiete berechnet. Die mittlere Standortgüte der Anlagen beträgt 64 %. Die Abbildung (zensiert) zeigt die möglichen Standorte der Windenergieanlagen auf.

Tabelle 24: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen.

Betrachtung	Potenzial [MWh _{el} /a]
Alle möglichen Windenergieanlagen	70.500
Windenergieanlagen Übereinstimmung mit Regionalplanfortschreibung	38.500

Vier der sieben möglichen Windenergieanlagen stimmen mit der „Regionalplanfortschreibung Windenergie“ überein. Zwei Anlagen befinden sich in Dichtezentren Kategorie 1. Dichtezentren sind Gebiete mit hohen Populationsdichten von kollisionsgefährdeten Vogelarten [24]. Daher sind weitere Untersuchungen notwendig.



4.5.1. Sonstige

Da durch das Stadtgebiet von Sulzbach-Rosenberg keine größeren Flüsse verlaufen und der Bau eines Wasserkraftwerkes erhebliche Einschnitte in die Natur mit sich bringt, wird das Potential von Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung als nicht vorhanden eingestuft. Laut Energie-Atlas Bayern ist das Potenzial für Biomasse zur Stromerzeugung bereits ausgenutzt [5]. Da seitens des Gasverteilnetzbetreibers 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.

4.5.2. Zusammenfassung Potenzial erneuerbarer Strom

Das Potenzial zur Erzeugung von elektrischer Energie besteht auf dem Gebiet der Stadt Sulzbach-Rosenberg zum Großteil aus Photovoltaik und Windenergie. Abbildung 36 zeigt das elektrische Potenzial im Stadtgebiet auf. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von circa 310.500 MWh_{el} pro Jahr.

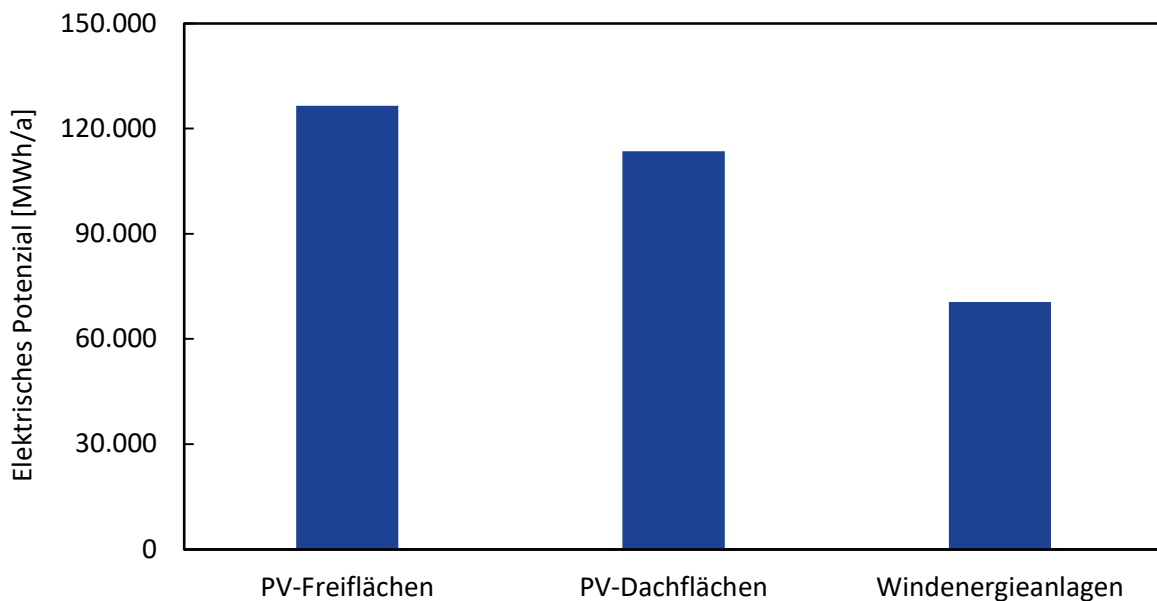


Abbildung 36: Zusammenfassung Potenzialanalyse Strom.

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 269 Rückläufer. Bei 5489 Adressen ergibt das, mit den Rückläufern der Industrie, eine Antwortquote von circa, 5,8 %. Tabelle 25 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 25: 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	170
Vielleicht	83
Nein	16
Gesamt	269

Bei circa 94 % der Antworten besteht grundsätzlich ein Interesse am Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz der Bürgerinnen und Bürger. Da weniger als 6 % 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 Stadtgebiet auf das Interesse der Bürgerinnen und Bürger stößt. Abbildung 38 zeigt kartografisch das Interesse von Gebäuden am Anschluss an ein Wärmenetz auf.

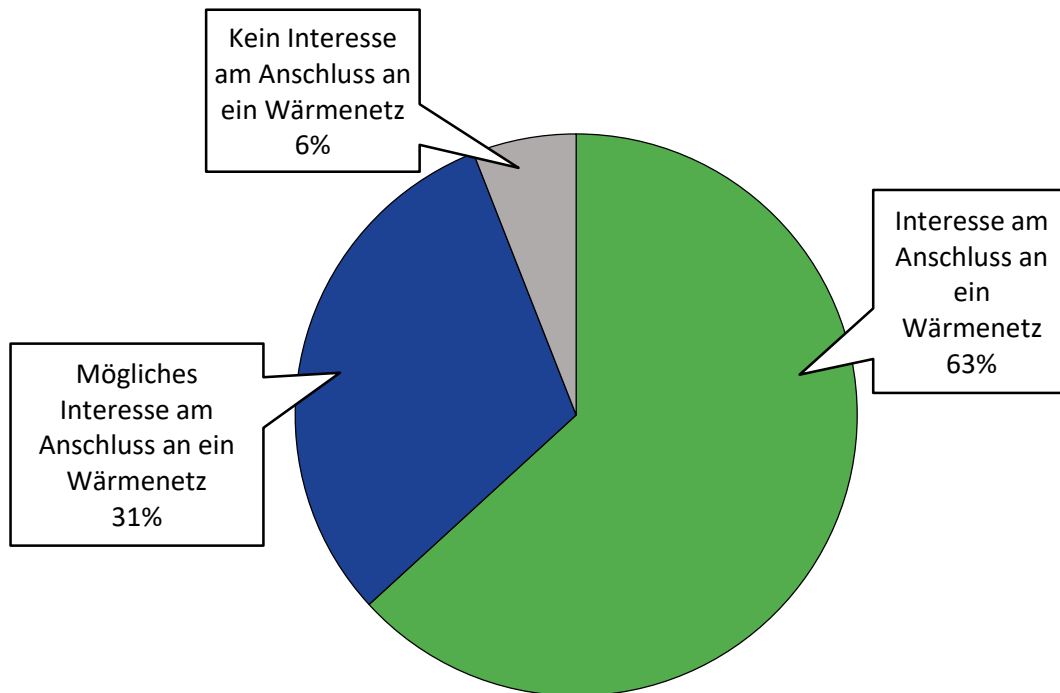


Abbildung 37: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. Auswertung der Rückläufer der Fragebögen an die Bürgerinnen und Bürger.

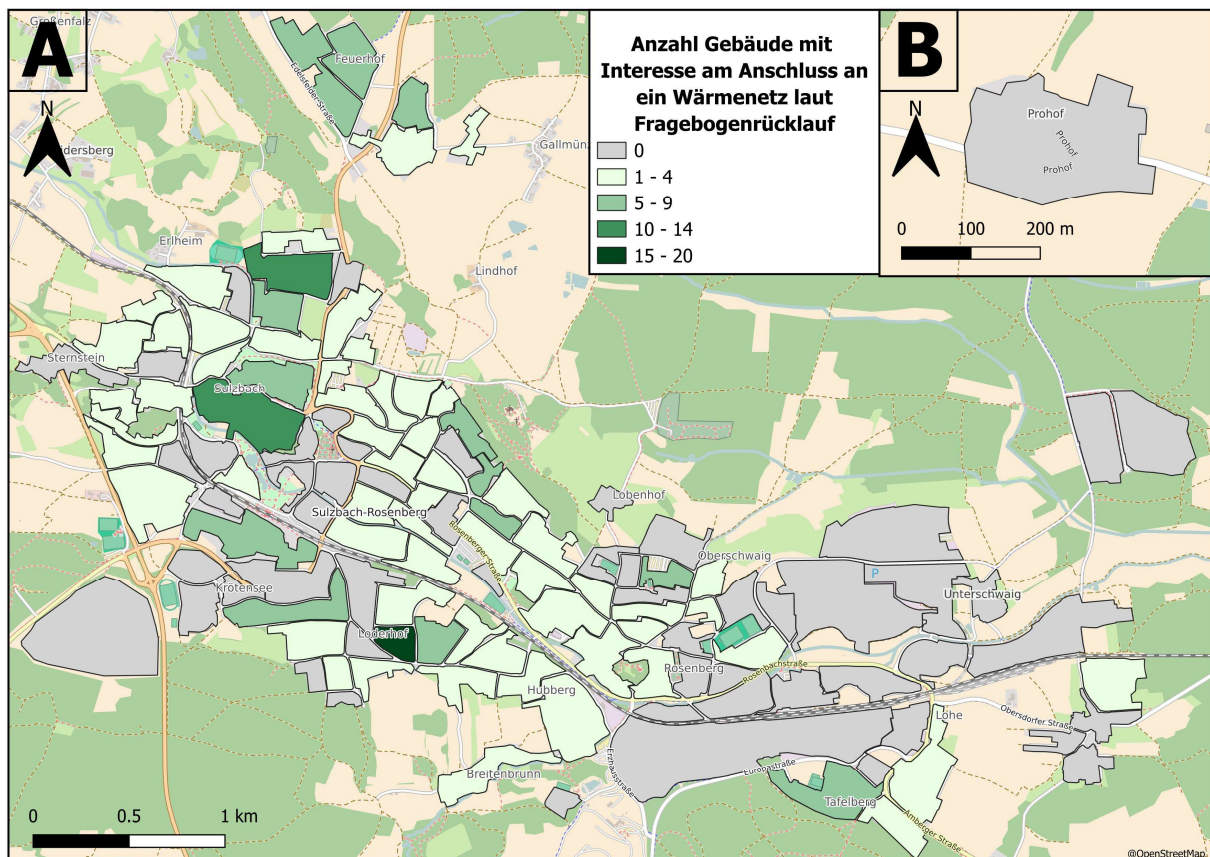


Abbildung 38: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.

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 das nicht zu quantifizierende Potenzial von Umweltwärme dargestellt. Es ist zu sehen, dass bilanziell das Potenzial an erneuerbarer Energie den aktuellen Verbrauch übertrifft; für Wärme circa das 1,22-fache bzw. Strom das 2,44-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 kaum für Prozesswärme der Industrie genutzt werden. Auch das elektrische Potenzial von PV- und Windenergieanlagen steht häufig nicht zur benötigten 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.

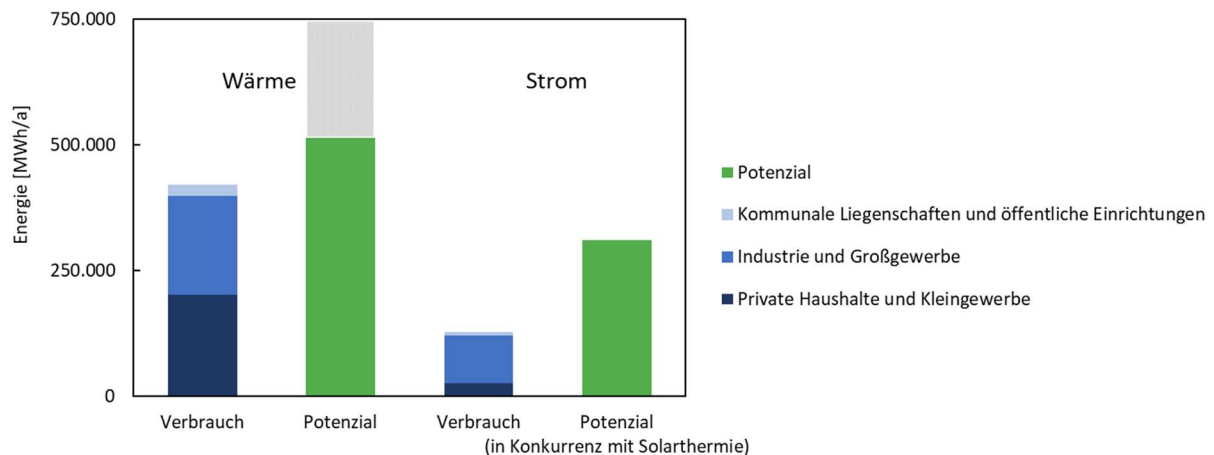


Abbildung 39: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom.

6. Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Stadt in 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 der folgenden Kriterien bewertet:

- Wärmebedarf pro Baublockfläche
- Wärmeliniendichte
- Sanierungspotenzial
- Vorhandenes oder in unmittelbarer Umgebung befindliches Wärmenetz
- Vorhandenes Potenzial erneuerbarer Wärme
- Vorhandene Ankerkunden
- Wärmebedarf der Gebäude, für die ein Anschlussinteresse an ein Wärmenetz bekundet wurde

Es wird sowohl der Wärmebedarf als auch das Potenzial erneuerbarer Wärme betrachtet. Zudem werden die Anmerkungen und Vorhaben der relevanten Akteure (v.a. Energieversorger) in die Einteilung miteinbezogen. Die Auswertung mit Hilfe einer Bewertungsmatrix verläuft analog zum Bewertungsverfahren im Rahmen der *Eignungsprüfung*. Die Abstufung der erreichten Punktzahlen innerhalb der einzelnen Einteilungskriterien wird anhand von Erfahrungswerten und Richtwerten aus der Literatur bestimmt [7, 25, 26].

6.2. Wärmenetzeignung

Abbildung 40 zeigt die Kernstadt mit den umliegenden Gebieten eingeteilt in die empfohlenen Wärmeversorgungsarten. In Rot eingezeichnet sind Gebiete, in welchen sowohl ein heißes als auch ein kaltes Nahwärmenetz als möglich erachtet wird. In den blau gefärbten Gebieten wird eine dezentrale Wärmeversorgung empfohlen. Aber auch dort kann eine kalte Nahwärmeversorgung (unter bestimmten Gegebenheiten) realisiert werden. Zudem sind kleinere Insellösungen (z.B. fünf Häuser mit gemeinsamer Wärmeversorgung) denkbar. Bei Blau gezeichneten Gebieten sollte eine netzgebundene Wärmeversorgung also nicht generell ausgeschlossen werden. Prüfgebiete, in Braun eingefärbt, weisen darauf hin, dass eine besondere Situation vorliegt. So werden zurzeit die im Norden liegenden Stadtteile Feuerhof und Gallmünz auf eine zentrale Wärmeversorgung mittels eines Biogas-Satelliten-BHKWs untersucht. Für das Gewerbegebiet in der Eisenhämmerstraße wird überlegt, eine gemeinsame Energieversorgung mit Nutzung der Abwärme einzuführen. Am Tafelberg werden die Polizeiwohnanlagen an das bestehende Wärmenetz angeschlossen und eine Erweiterung Richtung Tafelbergstraße ist denkbar.

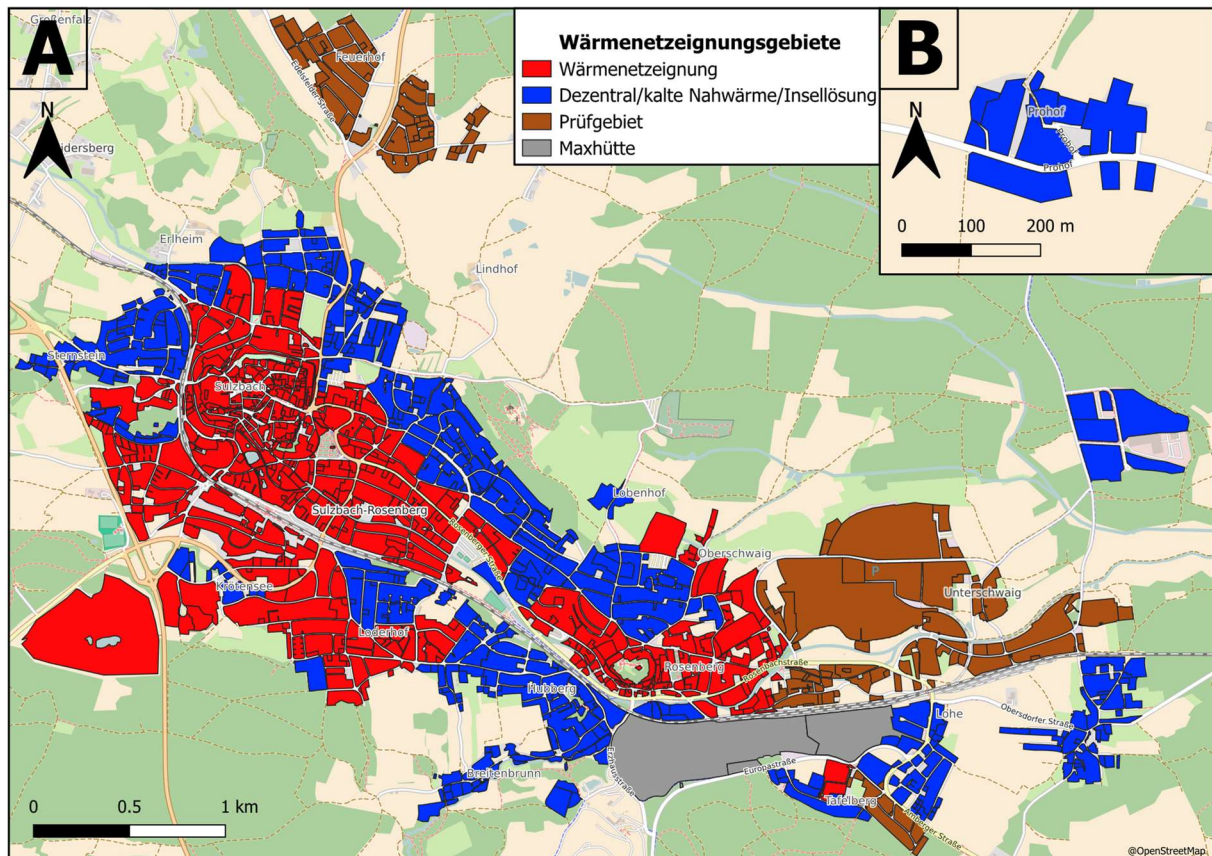


Abbildung 40: Einteilung der Kernstadt (A) und Prohof (B) in Wärmenetzeignungsgebiete.



7. Beispielhafte Versorgungsfälle

In diesem Kapitel wird exemplarisch die zukünftige Wärmeversorgung von zwei Gebieten in der Stadt genauer untersucht. Für das Wärmenetzgebiets Loderhof werden zwei mögliche Varianten für ein Wärmenetz berechnet. Für das dezentrale Gebiet Sternstein wird aufgezeigt, wie der Wechsel zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 ablaufen könnte und wie hoch die Kosten dafür wären. Dabei werden jeweils die Wärmegestehungskosten verschiedener Versorgungsvarianten ermittelt.

7.1. Versorgung des dezentralen Gebiets Sternstein

Neben der Versorgung durch ein Wärmenetz stellt die dezentrale Wärmeversorgung eines Gebietes eine exemplarische Versorgungsart in der Stadt dar. Um dieses Szenario abzubilden, wird ein Stadtgebiet, hier der Sternstein, genauer untersucht. Dafür wird die Bestandssituation genauer analysiert, ein Pfad zur Klimaneutralität bis 2040 aufgezeigt sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verschiedener dezentraler Versorgungsvarianten durchgeführt.

7.1.1. Beschreibung der Bestandssituation

Beim betrachteten Gebiet handelt es sich um mehrere hauptsächlich für den Wohnbau und in geringem Umfang für Gewerbe genutzte Straßenzüge im Nordwesten der Stadt. Östlich begrenzt wird es von der Bahnlinie, im Westen liegt die B85, südlich des Gebiets befindet sich das Krankenhaus. Insgesamt gibt es 237 Häuser im Areal, die mehrheitlich im Zeitraum der 1950er bis späten 1970er Jahren entstanden sind. Nur im nördlichen Teil gibt es rund um die Carl-von-Ossietzky-Straße Gebäude aus den 2000ern. Bei den Gebäuden handelt es sich in der Mehrheit um Ein- oder Zweifamilienhäuser. Das Gebiet ist in Abbildung 41 dargestellt.

Die Wärmeerzeugung erfolgt mit mehr als 85 Prozent noch überwiegend mit fossilen Brennstoffen. Abbildung 42 zeigt die Anzahl und installierte Leistung der im Gebiet verbauten Heizsystemen. Diese Angaben stammen aus den Kaminkehrerdaten. Da dort Wärmepumpen nicht aufgeführt sind, wird die darin verzeichnete Anzahl an Häusern mit denen des Gebäudekatasters verglichen und angenommen, dass in den Differenzgebäuden Wärmepumpen verbaut sind. Dabei wird von einer durchschnittlichen installierten Leistung von je 12 kW ausgegangen. Es wird weiterhin angenommen, dass es sich um neu gebaute oder sanierte Einfamilienhäuser mit niedrigem Energieverbrauch handelt. Die durchschnittliche Anlagengröße beträgt bei den Ölheizungen 23,1 kW, bei den Gasheizungen 20,1 kW, bei den Pellet-Kesseln 19,1 kW und bei den Holzöfen 21 kW. Im Mittel über alle Heizungstypen liegt sie bei 21,5 kW.

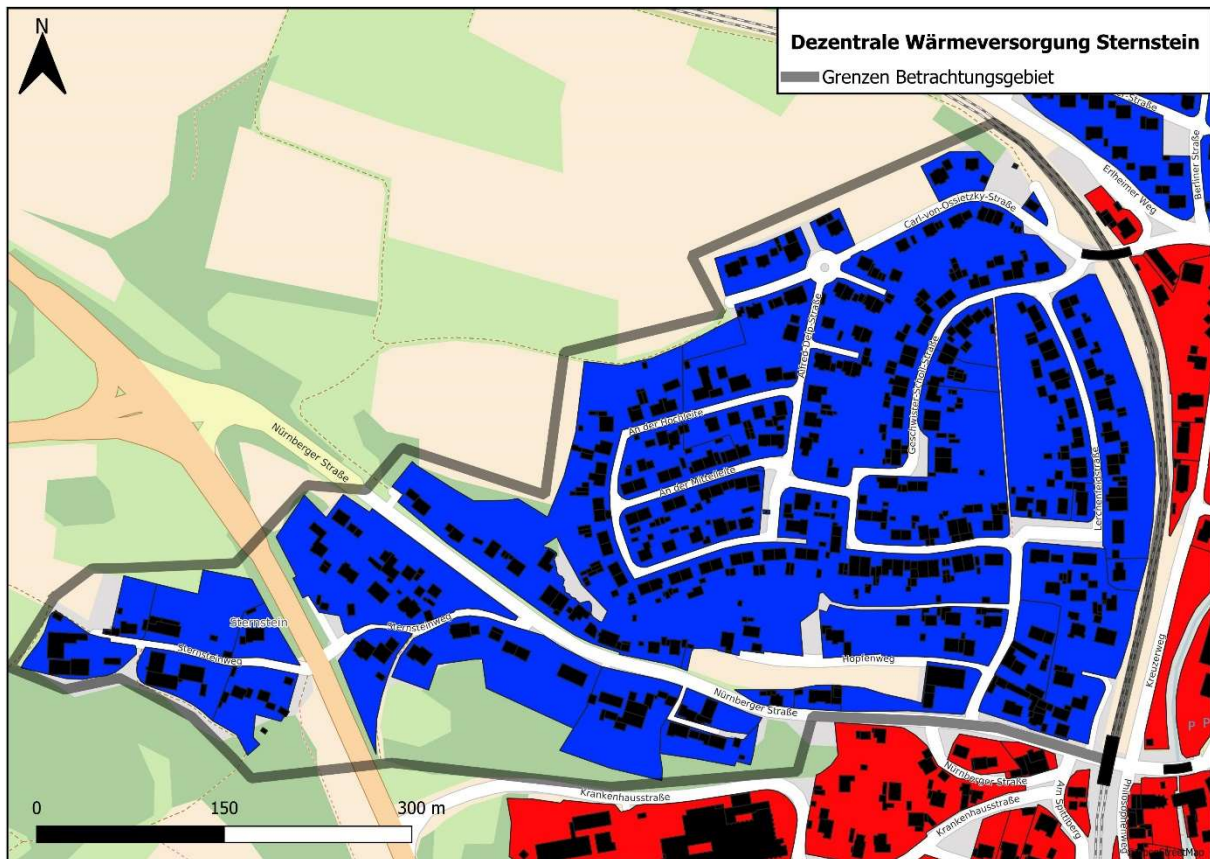


Abbildung 41: Das dezentrale Gebiet Sternstein

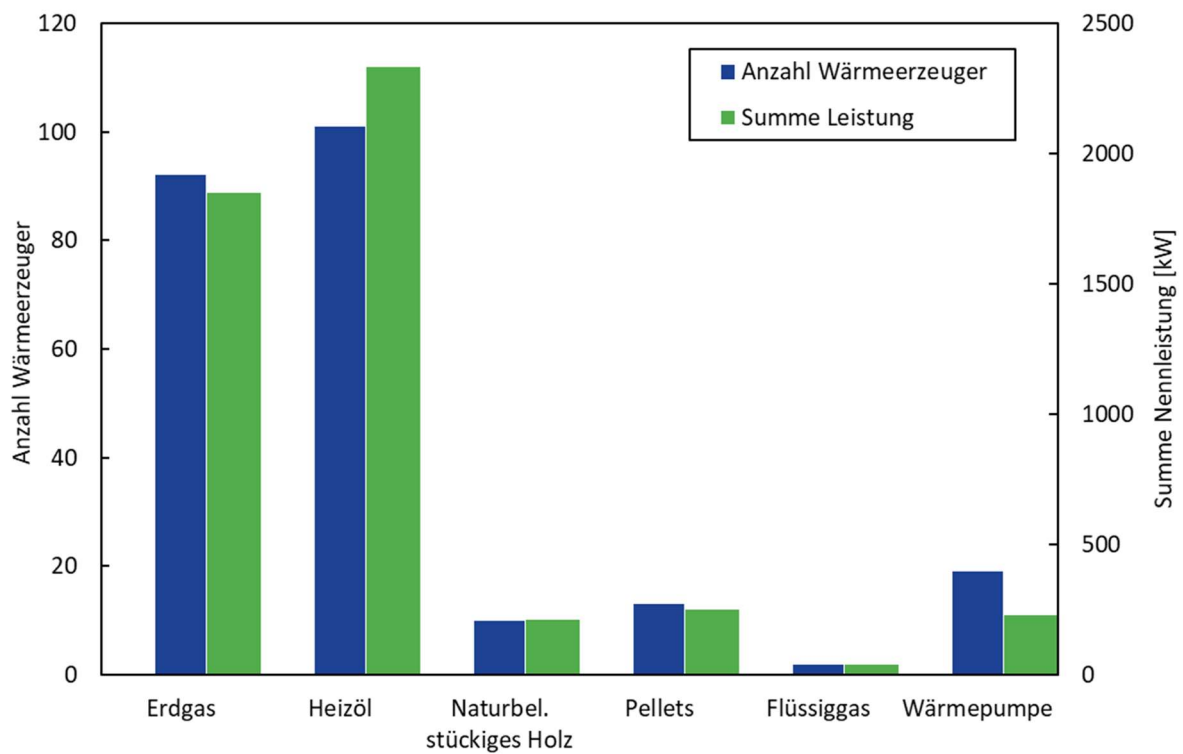


Abbildung 42: Anzahl und installierte Leistung der Wärmeerzeuger im Gebiet Sternstein

7.1.2. Entwicklung zur Treibhausgasneutralität bis 2040

In den Kaminkehrerdaten ist neben der installierten Leistung auch das Alter der Anlage hinterlegt. Um den Heizungsaustausch bis 2040 zu prognostizieren, wird davon ausgegangen, dass ab 2025 jährlich jede Heizung, die 30 Jahre (oder im Fall vom ersten Betrachtungsjahr auch älter) ist, gegen eine mit erneuerbaren Energien betriebene Variante ausgetauscht wird. Dabei werden biomassebefeuerte Anlagen durch neuere ersetzt (hier wird zur Vereinfachung der nachfolgenden Kostenrechnung einheitlich von Pellet-Heizungen mit zusätzlicher Investition ins Lager und in einen 1500-Liter-Pufferspeicher ausgegangen) und für Öl- und Gasheizungen Wärmepumpen verbaut. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass es sich bei 7 % um Sole-Wärmepumpen in Kombination mit einem Erdwärmekollektor handelt [27]. Bei den bereits verbauten Wärmepumpen wird angenommen, dass es sich um kürzlich installierte Anlagen handelt, die im Zeitraum bis 2040 nicht erneuert werden müssen. In Abbildung 43 ist die Anzahl der angenommenen jährlich getauschten Heizungen dargestellt. Aufgrund der vielen alten noch in Betrieb befindlichen Heizungen, ist die Menge im ersten Betrachtungsjahr besonders hoch, ebenso wie im Jahr 2039, in dem alle Heizungen, unabhängig vom Alter ausgetauscht worden sein müssen, um die Klimaneutralität zum 01.01.2040 erreicht zu haben. In der Realität wird die Verteilung über die Jahre gleichmäßiger sein. Da der exakte Zeitpunkt des Heizungstausches von weiteren Faktoren neben dem Anlagenalter (Verfügbarkeit Fachkräfte, finanzielle Lage der Hausbesitzer) abhängt und somit nicht genau vorhergesagt werden kann, wird die in Abbildung 43 angenommene Heizungstauschquote verwendet.

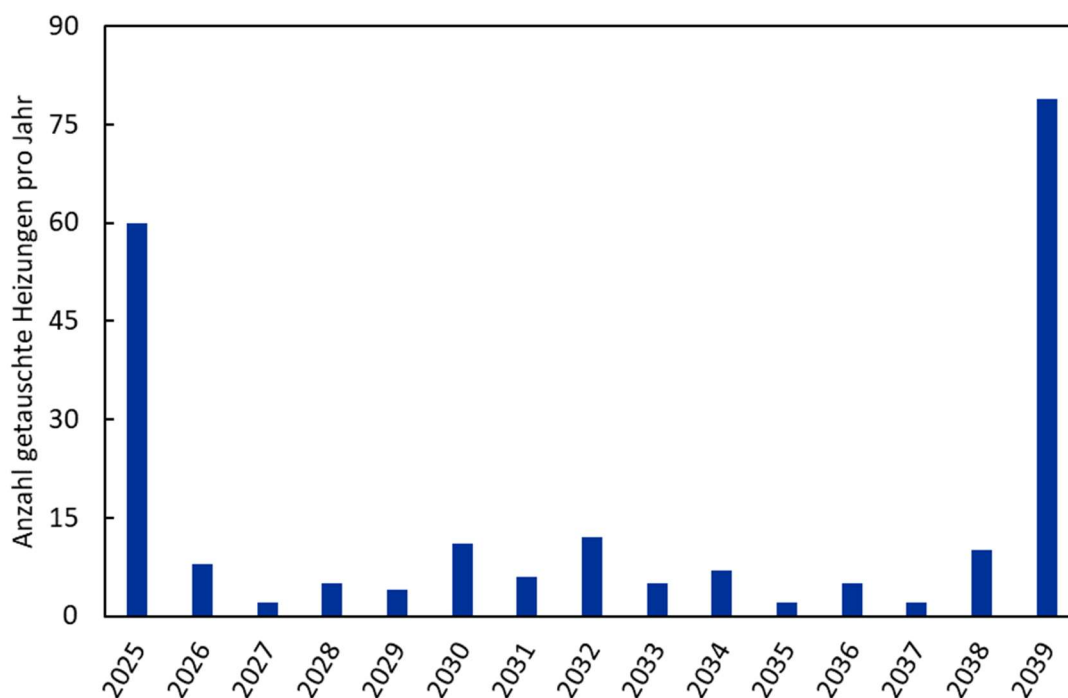


Abbildung 43: Anzahl getauschter Heizungen pro Jahr bis 2040

In Abbildung 44 wird die sich ändernde Zusammensetzung des Erzeugungsmixes nach installierter Leistung dargestellt. Dabei sind unter Biomasse sowohl Pellet-Heizungen als auch Holzöfen zusammengefasst.

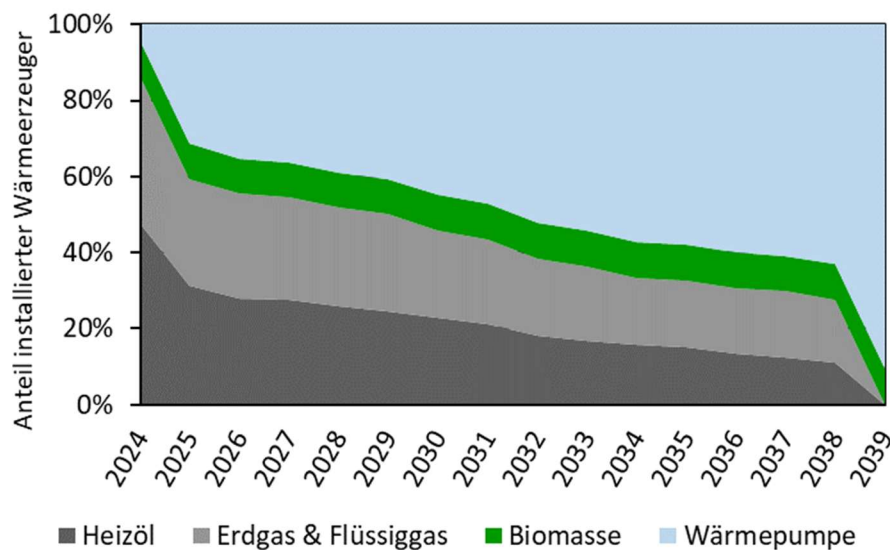


Abbildung 44: Anteil installierter Wärmeerzeuger bis 2040 in Prozent

In Abbildung 45 wird die erzeugte Wärmemenge nach Energieträgern und die damit verbundenen emittierten CO₂-Äquivalente bis 2040 betrachtet. Dabei muss zuerst berücksichtigt werden, wie stark sich der Wärmebedarf durch Sanierung und die Folgen des Klimawandels verringert. In der Bestandsanalyse wurde bereits das Sanierungspotential der einzelnen Baublöcke ermittelt. Beim betreffenden Gebiet besteht ein mittleres Potential von 55,86 Prozent. Geht man von einer Sanierungsquote von einem Prozent pro Jahr aus, ergibt sich daraus ein Bedarfsrückgang von 0,56 Prozent pro Jahr. Dieser Wert wurde ausgehend von der aktuellen Sanierungsquote von 0,83 Prozent [28] gewählt, da angenommen wird, dass aufgrund des Fachkräftemangels keine allzu hohe Steigerung in den nächsten Jahren zu erwarten ist. Darüber hinaus wird aus einer Studie der TU Graz [29] abgeleitet, dass für die Jahre 2024 bis 2035 eine Bedarfsreduktion aufgrund des Klimawandels von jährlich 0,69 Prozent und für die Jahre 2036 bis 2040 von 0,15 Prozent gegeben ist. Insgesamt ergibt dies einen Bedarfsrückgang bis 2040 von 16 Prozent. Darauf aufbauend können die Veränderung der Emissionen anhand der CO₂-Äquivalente der Energieträger und unter Annahme der veränderten Zusammensetzung des Strommixes aus dem Technikkatalog [9] in Abbildung 45 dargestellt werden.

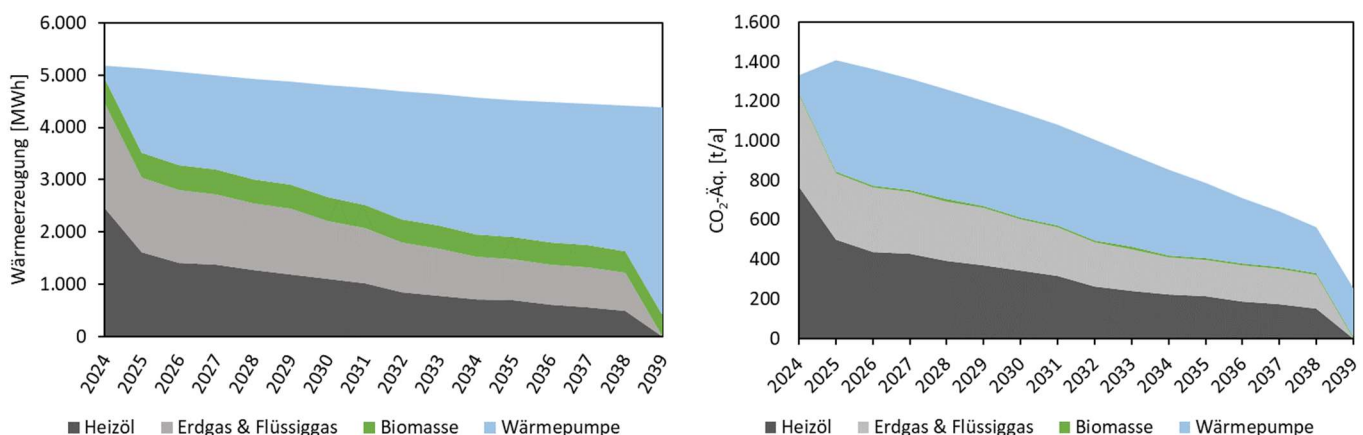


Abbildung 45:Wärmeerzeugung (links) und Emissionen CO₂-Äq. (rechts) bis 2040 nach Energieträgern

Für eine überschlägige Betrachtung der Gesamtkosten des Gebiets Sternstein werden auf Basis des KEA-Technikkatalogs [9] und aktuellen Herstellerpreisen die Kosten für die neuen Erzeugungsanlagen in der jeweils nächstgrößeren auf dem Markt vorhandenen Leistungsgröße des zu ersetzenden Systems ermittelt. Anschließend werden für jedes Jahr die Anzahl der auszutauschenden Öl-, Gas-, und Biomasseheizungen mit dem Preis der entsprechenden Neuanlagen multipliziert. Die verwendeten Preise und Leistungsgrößen sind in Tabelle 26 hinterlegt. Bei den Preisen für Wärmepumpen, welche die Öl- und Gasheizungen ersetzen, handelt es sich um Mischpreise, die sich zusammensetzen aus 7 Prozent Sole-Wasserwärmepumpen mit Erdwärmekollektor und 93 Prozent Luftwärmepumpen. Deshalb sind in diesem Fall zwei Leistungsgrößen angegeben, bei der Luftwärmepumpe liegt die nächstgrößere Leistungsklasse bei 25 kW, bei der Solewärmepumpe bei 23 kW. Gerechnet wird mit den aktuellen installierten Leistungen, im Falle der Sanierung des Gebäudes könnten diese zukünftig reduziert werden.

Tabelle 26: Durchschnittliche Leistung und Kosten von neuen Heizungsanlagen nach dem Austausch

Auszutauschender Energieträger	Leistung Durchschnitt Bestand (EE-Neuanlage) [kW]	Anlagenpreis [€]
Biomasse	19,9 (20)	30.200
Heizöl	23,1 (23/25)	40.600 (Mischpreis)
Gas	20,1 (23/25)	40.600 (Mischpreis)

Auf die Berücksichtigung von Preisänderungen aufgrund von Inflation oder sinkender Technologiekosten wird in diesem Betrachtungsschritt verzichtet. Die kumulierten Kosten für den Heizungstausch sind in Abbildung 46 dargestellt. Insgesamt betragen sie ca. 8,6 Millionen Euro. In diesem Schritt ist noch keine Förderung berücksichtigt. Aufgrund der komplexen Förderbedingungen, der Länge des betrachteten Zeitraums und der verschiedenen Eigentums- und Wohnverhältnisse im Gebiet, lässt sich nur schwer eine pauschale Aussage treffen. Auf die Möglichkeiten der Förderung nach Gebäudeenergiegesetz wird im anschließenden Kapitel eingegangen.

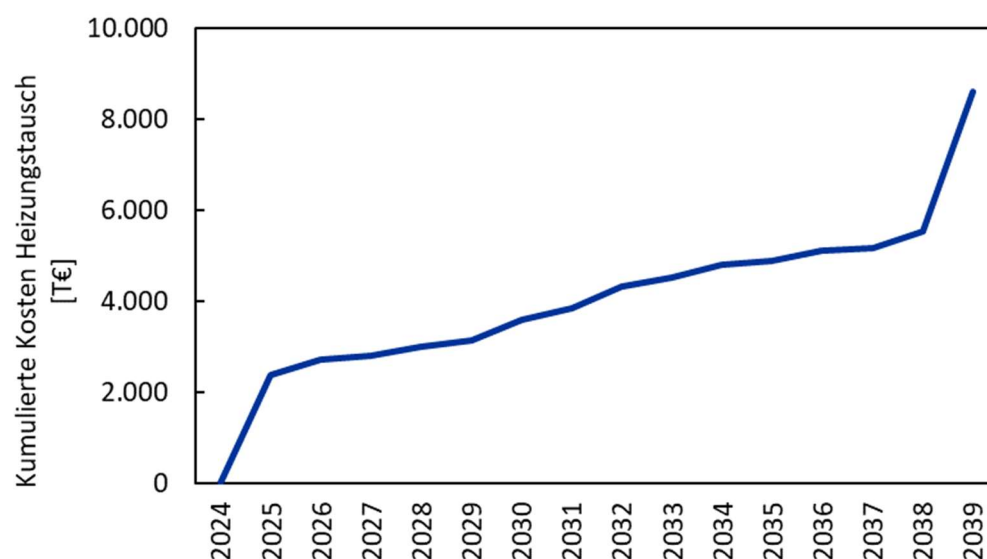


Abbildung 46: Kumulierte Kosten für Heizungstausch in Euro bis 2040



7.1.3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines konkreten Versorgungsfalls

Zur konkreten Betrachtung von Versorgungsfällen und zur differenzierteren Kostenentwicklung werden für den Heizungstausch in einem Referenzgebäude drei verschiedene Technologievarianten untersucht. Für das Gebäude wird die mittlere Leistung des Gebiets von 21 kW angesetzt. Ausgegangen wird von einem Haus mit zwei Wohneinheiten und Radiator-Heizkörpern.

Als mögliche Heizungssysteme werden eine Luftwärmepumpe, eine Sole-Wasserwärmepumpe mit einem Erdwärmekollektor und eine Pelletheizung betrachtet, für die jeweils eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 [30] durchgeführt wird. Die Investition umfasst neben der Heizungsanlage auch die notwendige Peripherie (wie z.B. Pufferspeicher, Pumpen etc.), Komponenten wie Pellet-Lager oder Erdwärmekollektoren und Installation. 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 sowie die Kosten für Strom und Pellets werden dem KEA-Technikkatalog entnommen. 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 Technikkatalog 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 angegebenen Jahresarbeitszahl ermittelt. Hierbei wird auf den Wert von 2030 zurückgegriffen, da der Großteil der Heizungstausche zwischen 2030 und 2040 stattfinden werden. Es wird stets der Mittelwert der angegebenen Wertspanne verwendet. Damit ergibt sich für die Luft-Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3,2 und für die Sole-Wärmepumpe ein Wert von 3,85. Ebenfalls berücksichtigt werden muss die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten (ebenfalls aus dem Technikkatalog entnommen), die im Falle der Luft-Wärmepumpe 18 Jahre, der Sole-Wärmepumpe sowie des Pelletkessels 20 Jahre und des Kollektors 50 Jahre beträgt. Für das Pellet-Lager werden ebenfalls 20 Jahre angenommen.

Für den Austausch von Heizungsanlagen kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude in Anspruch genommen werden [31]. Der Grundfördersatz für den Einbau neuer Heizungen in Bestandsgebäuden auf Basis erneuerbarer Energien beträgt 30 Prozent. Für die Erdwärmepumpenvariante 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. 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 (Stand 06/2024). 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. 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 das Referenzgebäude über zwei Wohneinheiten verfügt, beträgt die maximal förderfähige Summe 45.000 Euro brutto. Bei der Erdwärmepumpe 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 47 dargestellt ist. Die Luftwärmepumpe hat mit 17,6 ct/ kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten, darauf folgt die Solewärmepumpe mit Erdwärmekollektor mit 18,9 ct/ kWh. Bei beiden Varianten könnten die Kosten durch den Einsatz einer PV-Anlage noch gesenkt werden. Der Pelletkessel hat mit 21,3 ct/ kWh die höchsten Wärmegestehungskosten, was auf die Brennstoffkosten zurückzuführen ist. Da das Biomassepotential in Sulzbach-Rosenberg bereits weitestgehend genutzt wird, ist im Sinne der Nachhaltigkeit ebenfalls eine Wärmepumpenlösung vorzuziehen.

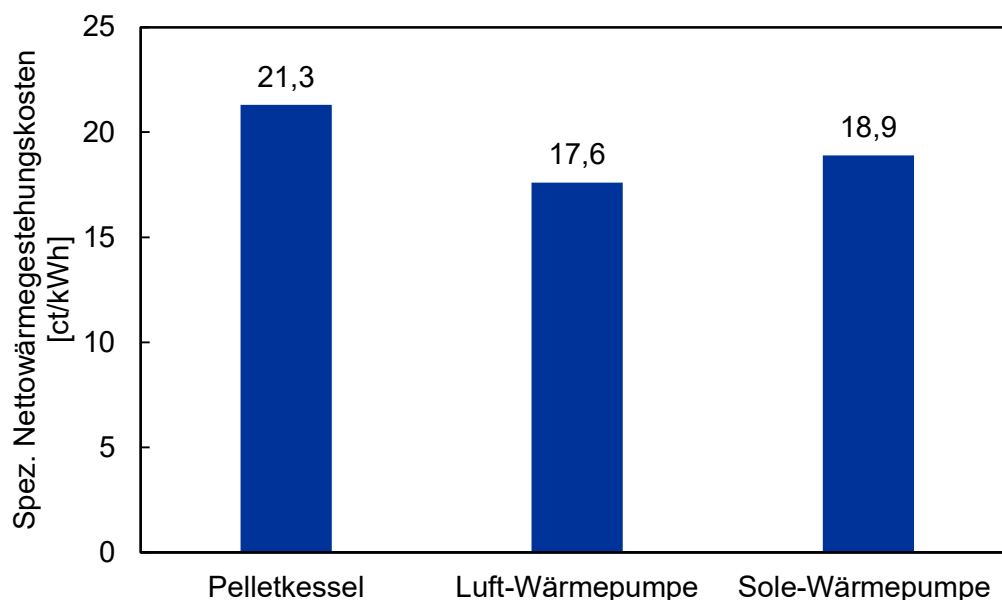


Abbildung 47: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der verschiedenen Heizungsvarianten



7.2. Nachverdichtung bestehendes Fernwärmenetz

Entlang der Bestandstrasse des Fernwärmenetzes besteht die Möglichkeit der Nachverdichtung. Die im Kraftwerk anfallende Wärmemenge lässt bei unverändertem Betriebsverhalten noch eine beträchtliche Anzahl weiterer Abnehmer zu. Als Richtwert für den Wärmepreis für Neukunden entlang der Bestandstrasse gibt die Danpower GmbH beispielhaft 17,3 ct/ kWh netto für eine Anschlussleistung von 15 kW an. Hinzu kommen die Anschlusskosten von circa 10.000 Euro, die abhängig vom Anschlusswert und dem Verbrauch sowie den Kosten für die Trassierung sind. Aus diesem Grund müssen die verschiedenen Kosten im Einzelfall individuell betrachtet werden. Es ist in jedem Fall empfehlenswert, die bestehenden Kapazitäten der Fernwärme voll auszunutzen.

7.3. Versorgung des Wärmenetzzeignungsgebietes Loderhof

Wie im vorherigen Kapitel zu sehen, ist am Loderhof eine Wärmenetzzeignung vorhanden. In diesem Kapitel soll für den südlichen Teil auf einfache Weise ein Wärmenetz ausgelegt und dessen Kosten abgeschätzt werden. Hierbei wird ein Wärmenetz für das komplette betrachtete Gebiet ausgelegt. In Kapitel 8 wird ein Wärmenetz dimensioniert, das hauptsächlich die Großabnehmer (größere Wohngebäude) anbindet. Laut Potenzialanalyse stehen im südlichen Loderhof lediglich eine Geothermie-Freifläche und Umweltwärme (Luft) sowie Biomasse in der Spitzenlast zur Verfügung.

7.3.1. Ausgangssituation

Im Zuge einer exemplarischen Betrachtung der verschiedenen Wärmeversorgungsgebiete wird eine komplette Versorgung des betrachteten Gebietes durch ein Wärmenetz simuliert. In Abbildung 48 ist das betrachtete Gebiet inklusive Wärmelinienendichte und die mögliche Geothermie-Freifläche eingezeichnet. Es liegt fast ausschließlich Wohnbebauung vor. Diese ist sehr heterogen. Im Gebiet sind sowohl Ein- und Mehrfamilienhäuser vorhanden als auch Wohnblockbebauung, vor allem im Bereich der Goethe- und Loderhofstraße sowie der Graf-Gebhard-Straße. Die Gebäude im Südwesten des Betrachtungsgebiet (Ernst-Nägelsbach-Haus mit Kindergarten) sind bereits mit einem dezentralen Heizwerk ausgestattet und werden deshalb nicht in das Wärmenetz miteinbezogen.

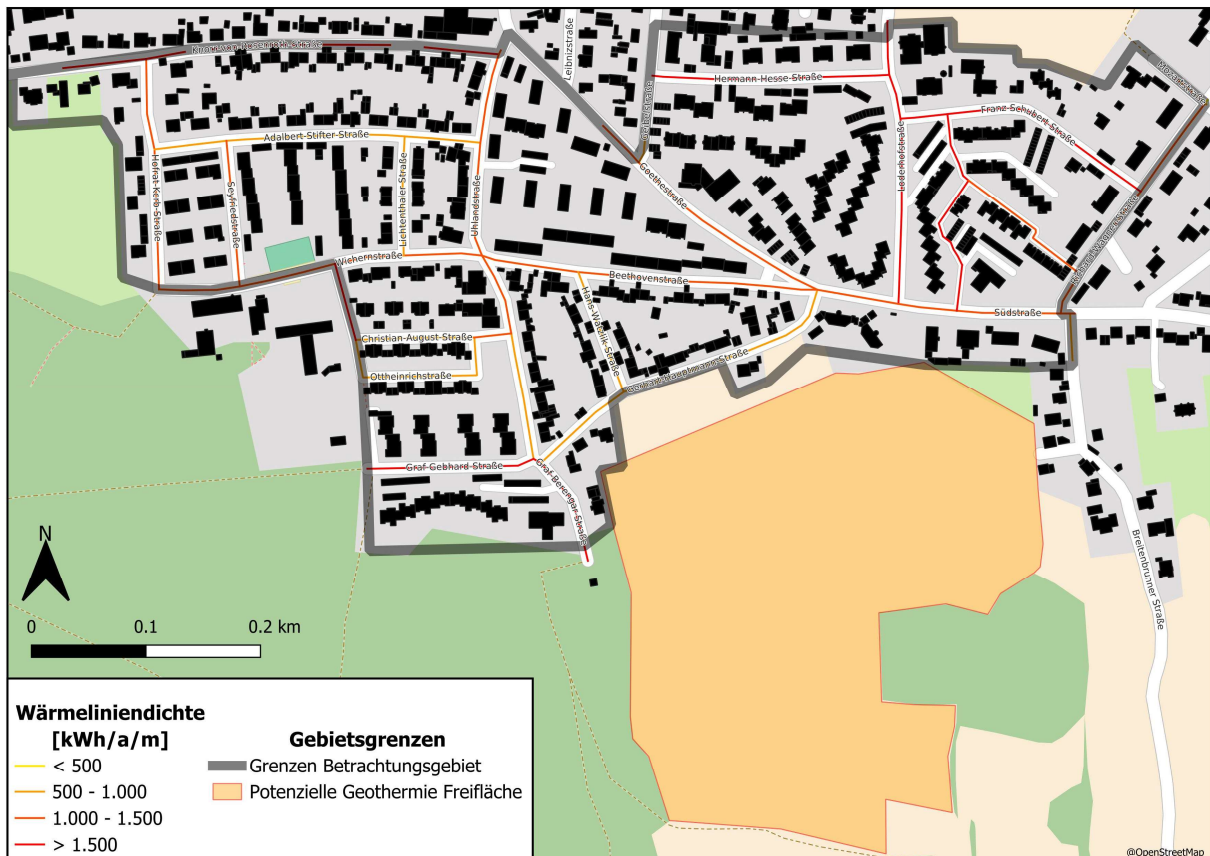


Abbildung 48: Betrachtetes Gebiet für ein Wärmenetz im Loderhof mit potenzieller Geothermie Freifläche

Tabelle 27 listet die Wärmebedarfe und Anzahl der potenziellen Hausanschlüsse im kompletten betrachteten Netzgebiet auf. Die Hauptleitungslänge dieses Wärmenetzes beträgt ungefähr 4,3 km. Die Abnehmer sind in drei Gruppen mit verschiedenen Wärmebedarfen eingeteilt. So lässt sich eine realistischere Betrachtung im Simulationstool ermöglichen. Der Gesamtwärmebedarf summiert sich auf ungefähr 10,9 GWh/a. Insgesamt sind circa 300 Häuser im Netzgebiet vorhanden.

Tabelle 27: Wärmebedarf und Anzahl Hausanschlüsse im kompletten Netzgebiet

Abnehmergröße	Wärmebedarf [MWh/a]	Anzahl Hausanschlüsse
< 25 MWh/a	2.600	159
25 – 60 MWh/a	3.400	86
> 60 MWh/a	4.900	51
Gesamt	10.900	296

7.3.2. Auslegung Wärmenetz

Zur Berechnung der Wärmeversorgung des südlichen Loderhofs über ein Wärmenetz wird das Simulationsprogramm nPro [32] 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. Als Wärmequellen stehen laut Potenzialanalyse die folgenden zwei Kombinationen zur Verfügung:

1. Luft-Wärmepumpe + Biomasse
2. Geothermie-Freiflächenkollektor mit Sole-Wärmepumpe + Biomasse

Da wie in der Potentialanalyse dargelegt das feste Biomassepotential auf dem Stadtgebiet bereits ausgereizt ist, sollen Luft- oder Erdwärme die Hauptquellen des Wärmenetzes darstellen. Biomasse als Verbrennungsprozess wird zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz benötigt. Grundsätzlich stehen hier als Optionen der Einsatz von Biomethan oder von Hackschnitzeln zur Verfügung. Die Brennstoffe haben jeweils eigene Vor- und Nachteile. Biomethan kann bilanziell über das vorhandene Gasnetz bezogen werden, was eine größere Diversität an Bezugsquellen bietet. Außerdem wäre perspektivisch auch die Umstellung auf Wasserstoff möglich, sollte das Netz umgerüstet werden. Bei Hackschnitzeln dagegen ist man unabhängig von einer Netzinfrastruktur, was vorteilhaft ist, da die zukünftige Rolle und Größe des Gasnetzes zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht festzusetzen sind. In diesem Betrachtungsfall wird von einer Hackschnitzelanlage ausgegangen.

In Abbildung 48 ist die Freifläche zur Nutzung der Geothermie kartographisch dargestellt. Die potenzielle Nettofläche zur Nutzung der Geothermie mittels eines Erdwärmekollektors beträgt circa 12 ha. Mit einer durchschnittlichen Entzugsleistung von 25 W pro m² [5] erhält man eine maximale Quelleleistung von 3 MW.

In Abbildung 49 ist schematisch ein Versorgungsfall dargestellt. Gleichzeitig zeigen die Linien bereits mit der jeweiligen Breite die Energiemengen im Jahresverlauf, ähnlich wie in einem Sankey-Diagramm. In den folgenden Auslegungen wird ausschließlich Strom, Erd- und Umweltwärme sowie Biomasse zur Wärmebereitstellung betrachtet. Zusätzlich wird ein Pufferwärmespeicher in das System integriert. Angesichts der ermittelten Wärmebedarfe und der verfügbaren Wärmequellen erfolgte die Dimensionierung der einzelnen Wärmeerzeuger unter Berücksichtigung der technisch und wirtschaftlich sinnvoll realisierbaren Größenordnungen.

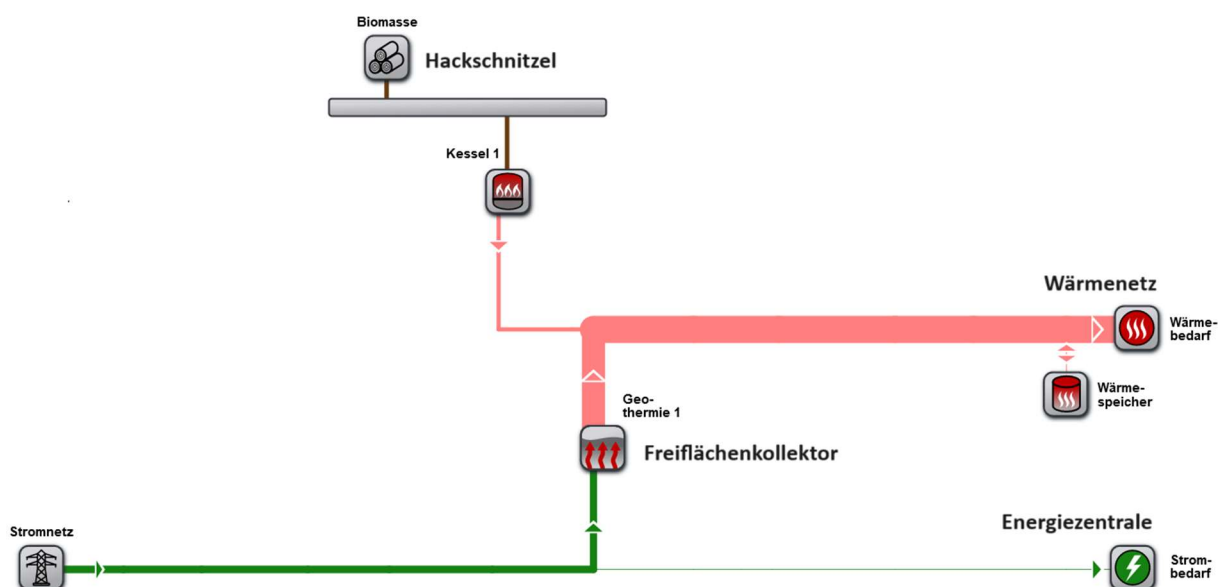


Abbildung 49: Schematische Darstellung eines Versorgungsfalles mit dem Simulationstool nPro [32]



7.3.3. 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 28 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 % der förderfähigen Kosten zum Tragen kommt.

Tabelle 28: 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 – 3 % der Investitionskosten (je nach Technologie)

Für die Kostenermittlung sollte das gesamte Wärmenetz inklusive Wärmeerzeuger, Leitungen und Übergabestationen betrachtet werden. Tabelle 29 listet die spezifischen Kosten einzelner Komponenten zur Wärmeerzeugung und zum Netzbau auf. Für Planungskosten, Installation, Regeltechnik und unvorhergesehene Kosten wurden Pauschalen angesetzt. Die Kosten der Wärmeerzeuger und Energieträger entstammen dem Technikkatalog [9].

Tabelle 29: Preiskomponenten für Kostenschätzung

Preiskomponente	Angesetzte Kosten
Luft-Wärmepumpe (WP)	854 €/kW
Biomasse Kessel (Hackschnitzel)	635 €/kW
Geothermie Kollektor Erschließungskosten	1848 €/kW
Pufferspeicher	800 €/m ³
Wärmenetz (Rohrleitung + Verlegekosten)	689 €/m
Hausanschlüsse	5534 € + 254,4 €/kW je Gebäude
Pauschale Planung	10 % der Gesamtkosten
Pauschale Lieferung, Montage und Inbetriebnahme	10 % der Gesamtkosten
Pauschale Mess- und Regelungstechnik	15 % der Gesamtkosten
Pauschale unvorhergesehene Kosten	5 % der Gesamtkosten
Strompreis	22,5 ct/kWh (keine Preisänderung)
Biomasse-Preis (Hackschnitzel)	3,9 ct/kWh (1% jährl. Preissteigerung)
CO ₂ -Bepreisung	45 €/t

Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung sind in Tabelle 30 aufgelistet. Die spezifischen CO₂-Emissionen der Energieträger stimmen mit den Werten aus der Potenzialanalyse überein. Die Verlustwerte entstammen dem Technikkatalog [9]. Da das Potenzial an Energieholz im Stadtgebiet ausgeschöpft ist, wird in der Auslegung der Einsatz von Biomasse beschränkt.



Tabelle 30: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung

Parameter	Wert
CO ₂ -Emissionen Strombezug	381 g/kWh
CO ₂ -Emissionen Biomasse (Hackschnitzel)	364 g/kWh
Wärmeverluste	15,75 % der bereitgestellten Wärme
Hydraulische Verluste	1,75 % der Wärmeleistung
Beschränkung Biomasse (Geothermie)	< 15 % der Wärmeerzeugung
Beschränkung Biomasse (Luft-Wärmepumpe)	< 22 % der Wärmeerzeugung

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, anhand von pauschalen Beträgen, 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 Kapitalzinses 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 (einschl. Hausanschluss), Wartung, Betrieb und Verbrauch (Strom sowie Brennstoffe) für die Bereitstellung von einer kWh Nutzwärme entsteht. Angegeben werden die Wärmegestehungskosten als Preis pro Wärmemenge. Der Verbraucherpreis wird anhand der Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 % der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 %) errechnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Kosten lediglich eine Orientierung geben sollen und nach der tatsächlichen Realisierung dieses Netzes die Verbraucherpreise abweichen können. Weiterhin sind alle Preise in netto angegeben.

7.3.4. Ergebnis Simulation Wärmenetz

In Tabelle 31 sind die Ergebnisse der Simulation der zwei potenziellen Varianten dargestellt. Es wird von einer optimistischen Anschlussquote von 80 % ausgegangen. Es ist zu sehen, dass die Wärmegestehungskosten der Variante mit Geothermie um 0,1 ct/kWh günstiger sind, obwohl etwas höhere Investitionskosten anfallen. Dies liegt an einem geringeren Biomasseverbrauch. Außerdem kann mit derselben Menge Strom in der Geothermie-Variante aufgrund der höheren Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe eine höhere Wärmemenge bereitgestellt werden. Aus diesem Grund sind auch die spezifischen CO₂-Emissionen bei der Nutzung von Erdwärme um 60 g/kWh geringer gegenüber einer Luftwärmepumpe. Der Verbraucherpreis wird anhand der Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 % der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 %) 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 31: Ergebnisse Wärmenetz komplettes Netzgebiet

Auslegung komplettes Netzgebiet 80 % Anschlussquote	Luft-WP und Biomasse	Geothermie und Biomasse
Wärmebedarf [GWh/a]	10,1	10,1
Spitzenlast [kW]	4.900	4.900
Stromverbrauch (Wärme) [GWh/a]	2,8	2,8
Biomasseverbrauch (Hackschnitzel) [GWh/a]	2,5	1,7
Anteil Wärmebereitstellung Luft/Geothermie [%]	78	85
Anteil Wärmebereitstellung Biomasse [%]	22	15
Wärmespeicher [m ³]	125	82
CO ₂ -Äq. Emissionen spezifisch 2024 [g/kWh]	255	195
CO ₂ -Äq. Emissionen absolut 2024 [t/a]	1950	1690
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	12,5	13,5
Wärmegestehungskosten [ct/kWh]	19,4	19,3
Verbraucherpreis [ct/kWh]	26,1	26,1

In Abbildung 50 ist die Entwicklung des Wärmebedarfs und der Emissionen der CO₂-Äquivalente der aktuellen Wärmeversorgung einer Wärmeversorgung mit Geothermie und Biomasse für den Loderhof von 2024 bis 2040 gegenübergestellt. Der Wärmebedarf sinkt bei Annahme einer Sanierungsquote von 1 % und einer Bedarfsreduktion aufgrund höherer Außentemperaturen bedingt durch den Klimawandel um durchschnittlich 0,62 % pro Jahr. Die spezifischen Emissionen der CO₂-Äquivalente der aktuellen Wärmeversorgung ändern sich bis 2040 marginal. Aufgrund der Annahme einer Reduktion der spezifischen Emissionen des Energieträgers Strom, sinken die absoluten Emissionen des Wärmenetzes im Vergleich zur aktuellen Versorgung bis 2040 um das 2,6-fache. Aufgrund der grauen Emissionen, die auch bei Biomasse und unter Annahme eines regenerativen Strommixes 2040 noch anfallen, bleiben noch Restemissionen im Wärmenetz. Dennoch werden im Vergleich zu aktueller Wärmeversorgung bis 2040 circa 11.800 t CO₂-Äq. eingespart.

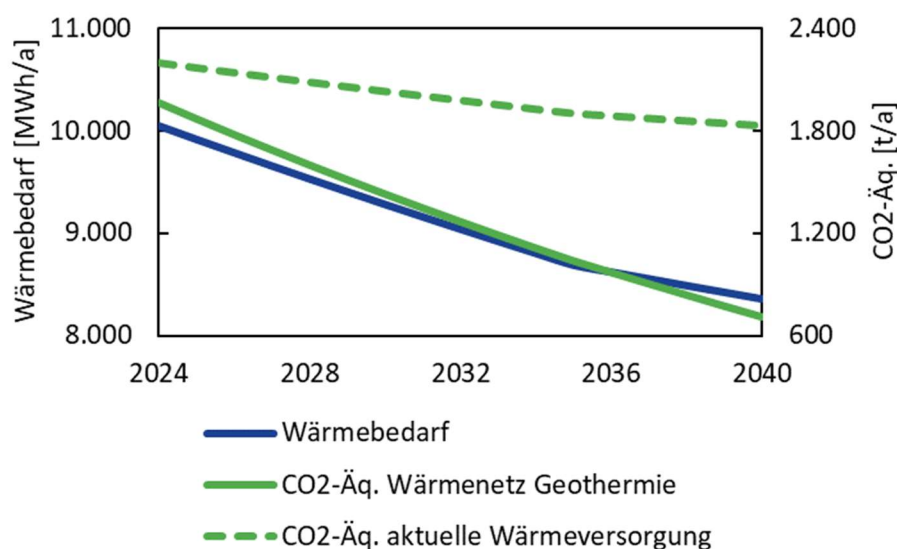


Abbildung 50: Wärmebedarf und CO₂-Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet Loderhof

8. Fokusgebiet Loderhof

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

Als erstes Fokusgebiet wird das Wohngebiet des südlichen Loderhofs detaillierter betrachtet. In Kapitel 7.3 wurde im Zuge der exemplarischen Untersuchung eines Wärmenetzzeignungsgebietes grob ein Wärmenetz für die komplette Anzahl an Gebäuden simuliert. Nun soll genauer auf die Beschaffenheiten des Gebietes eingegangen werden und eine individuelle Untersuchung und Wärmenetzauslegung stattfinden.

8.1. Ausgangssituation

Da im kompletten Netzgebiet, vor allem am nordöstlichen Rand, Bereiche mit kleineren Abnehmern vorhanden sind, wird für eine wirtschaftlich optimierte Auslegung ein zweites Wärmenetz betrachtet. Hierbei richtet sich der Netzbereich nach den Großabnehmern. Kleinere Wärmeabnehmer, die auf dem Weg liegen, werden in das Netzgebiet eingegliedert. In Abbildung 51 ist das mögliche Wärmenetz der Großabnehmer im südlichen Loderhof dargestellt. Anhand einer *heatmap*-Darstellung der Wärmebedarfe kann auf Gebiete mit hohem Verbrauch geschlossen werden. Die Wärmelinienidichte ist ebenfalls dargestellt. Diese erhöht sich im Vergleich der zuvor betrachteten Variante. Häuser mit Anschluss an das Wärmenetz sind schwarz umrandet. Der Standort der potenziellen Wärmezentrale ist auch gekennzeichnet. Zudem ist im Norden der Verlauf des bereits vorhandenen Wärmenetzes eingezeichnet.

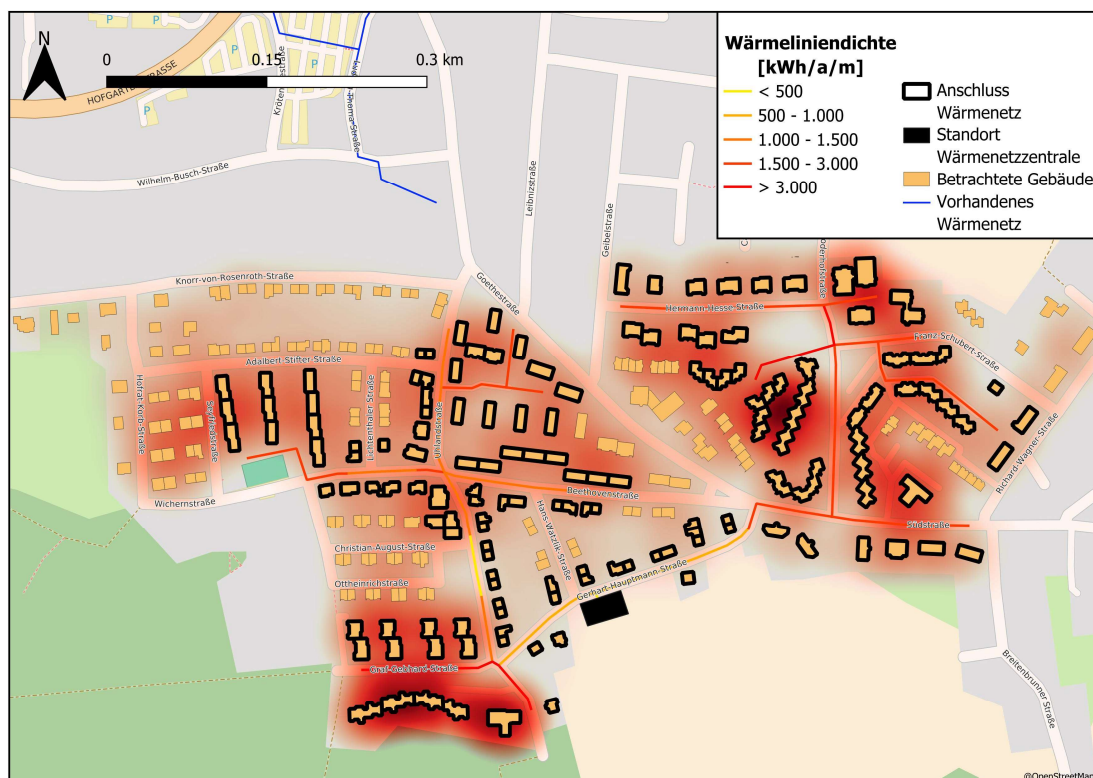


Abbildung 51: Mögliches Wärmenetz der Großabnehmer im Loderhof mit Heatmap. Je dunkler die Heatmap, desto höher ist der absolute Wärmebedarf der einzelnen Gebäude.

Tabelle 32 listet die Wärmebedarfe und Anzahl der potenziellen Hausanschlüsse im Netzgebiet der Großabnehmer auf. Die Hauptleitungslänge des Netzes beträgt ungefähr 2,3 km. Die Anzahl an Hausanschlüssen hat sich, im Vergleich zur Betrachtung in Kapitel 7.3, um circa 47 % reduziert, der Gesamtwärmebedarf aber nur um 25 % verringert. Auch die Hauptleitungslänge ist um ungefähr die Hälfte verkürzt worden. Somit können in dieser Betrachtung signifikante Kosten an Hausanschlüssen und Hauptleitung gespart werden, wobei die gelieferte Wärmemenge nicht allzu stark sinkt.

Tabelle 32: Wärmebedarf und Anzahl Hausanschlüsse im Netzgebiet der Großabnehmer

Abnehmergröße	Wärmebedarf [MWh/a]	Anzahl Hausanschlüsse
< 25 MWh/a	800	47
25 – 60 MWh/a	2.500	59
> 60 MWh/a	4.900	51
Gesamt	8.200	157

Da eine Anschlussquote von 80 % als optimistisch eingestuft wird, wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung auch für eine Anschlussquote von 60 % durchgeführt. Hierbei wird vereinfacht sowohl der Wärmebedarf als auch die Anzahl der Hausanschlüsse mit der jeweiligen Anschlussquote verrechnet. Die Anschlussquote bei Realisierung dieses Wärmenetzes wird voraussichtlich zwischen diesen beiden Werten liegen. Abbildung 52 zeigt die benötigte Wärmeleistung des Quartiers, ermittelt anhand von Standardprofilen, bei der oberen Anschlussquote von 80 %. 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.

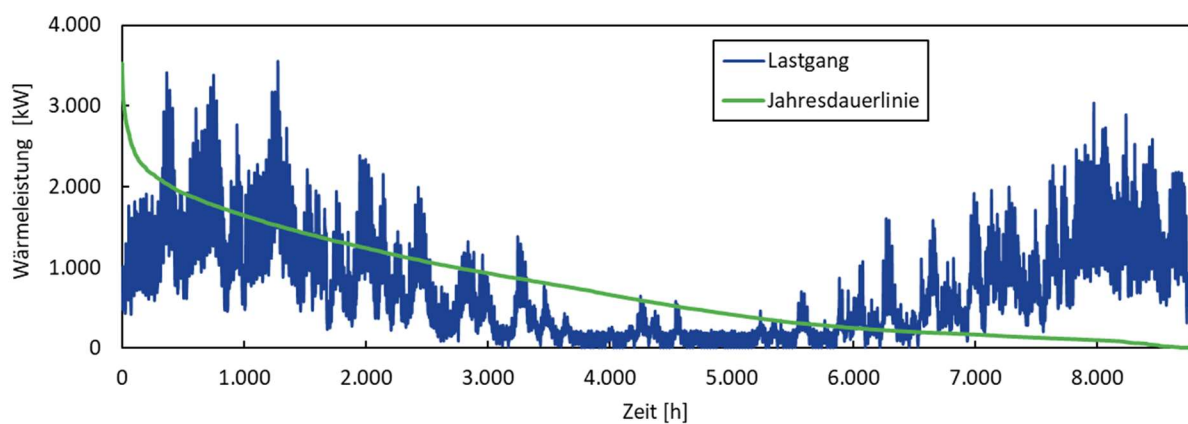


Abbildung 52: Benötigte Wärmeleistung des Quartiers in kW bei 80 % Anschlussquote mit Jahresdauerlinie

8.2. Auslegung Wärmenetz

Zur Berechnung der jeweiligen Versorgungsfälle für die Wärmeversorgung des Fokusgebietes Loderhof 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. Als Wärmequellen stehen laut Potenzialanalyse die folgenden zwei Kombinationen zur Verfügung:

1. Geothermie-Freiflächenkollektor mit Sole-Wärmepumpe + Biogas
2. Luft-Wärmepumpe + Biogas

Diese beiden Varianten werden im Folgenden genauer analysiert.

Da wie in der Potentialanalyse dargelegt das Biomassepotential auf dem Stadtgebiet bereits ausgereizt ist, sollen Luft- und Erdwärme die Hauptquellen des Wärmenetzes darstellen. Biomasse als Verbrennungsprozess wird jeweils zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz benötigt. Aus den möglichen Biomassequellen (Hackschnitzel und Biomethan) wird in diesem Fall von einem Biomethankessel ausgewählt, da im Loderhof ein flächendeckendes Gasnetz vorhanden ist. So könnte übergangsweise Erdgas als Spitzenlastabdeckung verwendet werden, bis die Gasversorgung klimaneutral wird. Zudem steht die mögliche Nutzung von Wasserstoff eine Option dar. Damit werden in diesem Abschlussbericht beide Biomassequellen einmal analysiert - siehe Kapitel 3.3 für Hackschnitzel.

In Kapitel 8.4.1 wird die genaue geothermische Entzugsleistung und -energie der landwirtschaftlich genutzten Fläche südlich des Loderhofs berechnet.

In Abbildung 53 ist schematisch der Versorgungsfall mittels Geothermie dargestellt. Gleichzeitig zeigen die Linien bereits mit der jeweiligen Breite die Energiemengen im Jahresverlauf an, ähnlich wie in einem Sankey-Diagramm. In der zweiten betrachteten Variante wird der Freiflächenkollektor + Wärmepumpe durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt. In den folgenden Auslegungen wird ausschließlich Strom, Erd- und Umweltwärme sowie Biomethan zur Wärmebereitstellung betrachtet. Anfänglich kann, bis zur flächendeckenden Verfügbarkeit, Erdgas anstatt Biomethan zur Spitzelast genutzt werden. Zusätzlich wird ein Pufferwärmespeicher in das System integriert. Angesichts der ermittelten Wärmebedarfe und der verfügbaren Wärmequellen erfolgt die Dimensionierung der einzelnen Wärmeerzeuger unter Berücksichtigung der technisch und wirtschaftlich sinnvoll realisierbaren Größenordnungen.

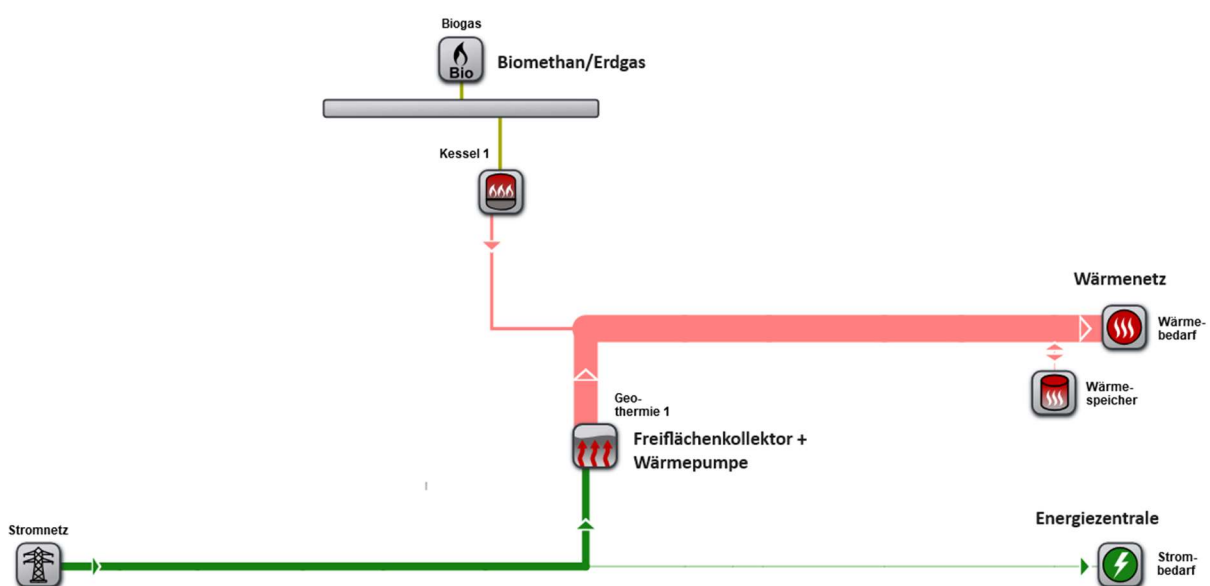


Abbildung 53: Schematische Darstellung des Versorgungsfalles Geothermie und Biogas mit dem Simulationstool nPro [5]



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 33 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 % der förderfähigen Kosten zum Tragen kommt.

Tabelle 33: 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 – 3 % der Investitionskosten (je nach Technologie)

Für die Kostenermittlung sollte das gesamte Wärmenetz inklusive Wärmeerzeuger, Leitungen und Übergabestationen betrachtet werden. Tabelle 34 listet die spezifischen Kosten einzelner Komponenten zur Wärmeerzeugung und zum Netzbau auf. Für Planungskosten, Installation, Regeltechnik und unvorhergesehene Kosten werden Pauschalen angesetzt. Die Kosten der Wärmeerzeuger und Energieträger entstammen zum Großteil dem Technikkatalog [9].

Tabelle 34: Preiskomponenten für Kostenschätzung

Preiskomponente	Angesetzte Kosten
Luft-Wärmepumpe	854 €/kW
Biogas-Kessel (Biomethan)	109 €/kW
Geothermie Kollektor Erschließungskosten	1848 €/kW
Pufferspeicher	800 €/m ³
Wärmenetz (Rohrleitung + Verlegekosten)	595 €/m
Hausanschlüsse	5534 € + 254,4 €/kW je Gebäude
Pauschale Planung	10 % der Gesamtkosten
Pauschale Lieferung, Montage und Inbetriebnahme	10 % der Gesamtkosten
Pauschale Mess- und Regelungstechnik	15 % der Gesamtkosten
Pauschale unvorhergesehene Kosten	5 % der Gesamtkosten
Strompreis	22,5 ct/kWh (keine Preisänderung)
Biogas-Preis (Biomethan)	8,7 ct/kWh (keine Preisänderung)
CO ₂ -Bepreisung	45 €/t

Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung sind in Tabelle 35 aufgelistet. Die spezifischen CO₂-Emissionen der Energieträger stimmen mit den Werten aus der Potenzialanalyse überein. Die Verlustwerte entstammen dem Technikkatalog [9]. Da Verbrennungstechnologien in regenerativen Wärmesystemen ausschließlich zur Spitzenlastabdeckung genutzt werden sollten (siehe Potenzialanalyse), wird der Einsatz von Biogas in der Simulation beschränkt.



Tabelle 35: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung

Parameter	Wert
CO ₂ -Emissionen Strombezug	381 g/kWh
CO ₂ -Emissionen Biogas (Biomethan)	90 g/kWh
Wärmeverluste	15,75 % der bereitgestellten Wärme
Hydraulische Verluste	1,75 % der Wärmeleistung
Beschränkung Biogas (Geothermie)	< 15 % der Wärmeerzeugung
Beschränkung Biogas (Luft-Wärmepumpe)	< 25 % der Wärmeerzeugung

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, anhand von pauschalen Beträgen, 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 Kapitalzinses 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 kWh Nutzwärme entsteht. Angegeben werden die Wärmegestehungskosten als netto-Preis pro Wärmemenge.

8.4. Detailprüfung Geothermie

In einer Detailprüfung des Flächenkollektors wird die genaue Entzugsleistung und -energie basierend auf der Bodenbeschaffenheit berechnet. Zudem werden Schutzgebiete und Denkmäler sowie rechtliche Vorgaben betrachtet.

8.4.1. Bodenbeschaffenheit oberflächennahe Geothermie

Um einschätzen zu können, wie viel Wärme dem Boden entnommen werden kann, muss die Bodenbeschaffenheit geprüft werden. Dafür kann die VDI 4640 [33] genutzt werden.

Die zwei entscheidenden Kriterien für die Bestimmung von maximaler flächenspezifischer Entzugsleistung und Jahresentzugsenergie sind die Klimazone und die Bodenart. Bei der Klimazone handelt es sich im Raum Sulzbach-Rosenberg wie beim Großteil von Bayern um Klimazone 13. Für die Bodenbeschaffenheit wurden die bodenkundlichen Karten und die Standortauskunft Erdwärmekollektoren des Umweltatlas Bayern herangezogen [3]. Wie in Abbildung 54 zu sehen ist, besteht die Fläche aus zwei verschiedenen Bodenarten:

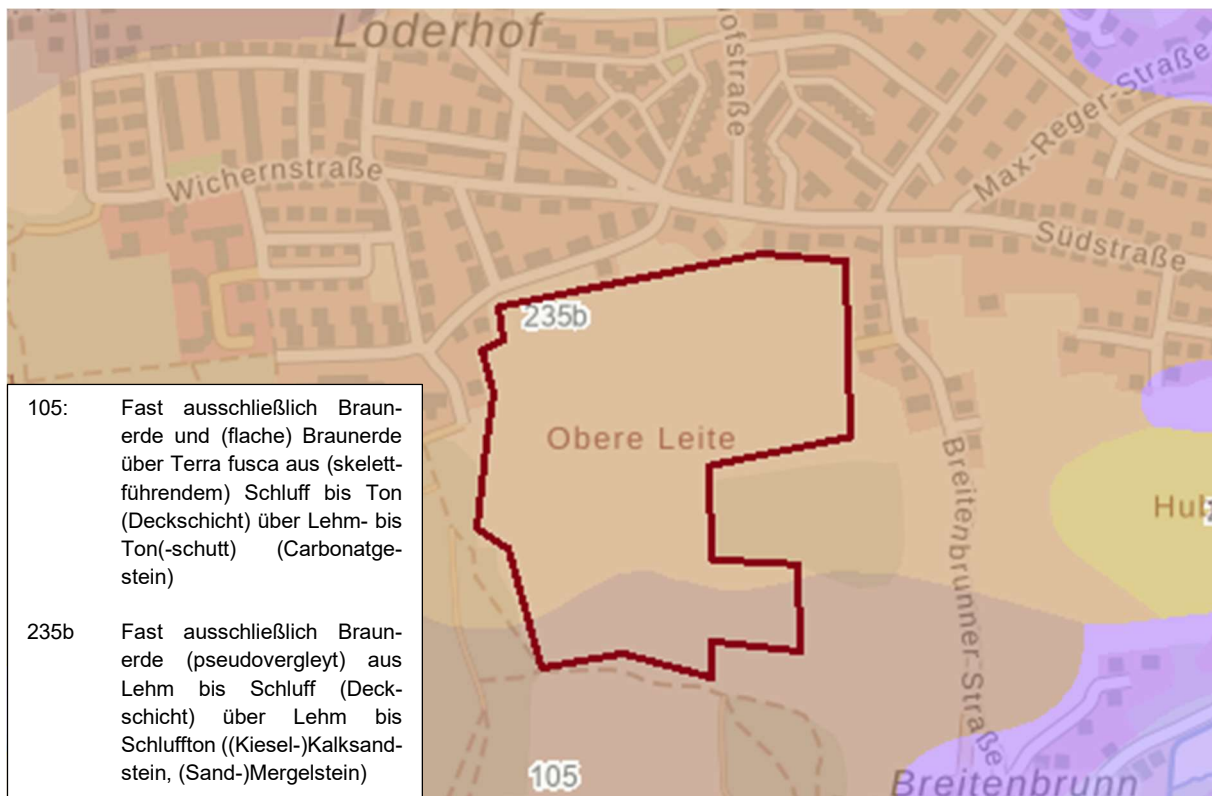


Abbildung 54: Bodenbeschaffenheit um den Loderhof [3]

Der nördliche, größere Bereich besteht aus Sand und Lehm bis Schluffton und weist voraussichtlich eine gute Grabbarkeit auf. Der südliche Bereich besteht aus Ton, Schluff bis Lehm und birgt möglicherweise Schwierigkeiten bezüglich der Grabbarkeit. Das ist im folgenden Prozess genauer zu prüfen. Aus der Korngrößenverteilung von Sand, Schluff und Ton in den beiden Bereichen kann mittels der VDI 4640 eine Abschätzung der Entzugsleistung und Entzugsenergie vorgenommen werden. Dafür wurden anteilig aus den Teilflächen folgende Gesamtwerte ermittelt: Entzugsleistung: 24,13 W/m²; Entzugsenergie 42,88 kWh/m² pro Jahr.

8.4.2. Genehmigung oberflächennaher Geothermie

Da die Nutzung von Geothermie einen Eingriff in die Natur darstellt, sind einige Vorgaben einzuhalten und zu beachten. So müssen Schutzgebiete sowie Boden- und Baudenkmäler berücksichtigt werden. Ebenso muss das Wasserrecht beachtet werden, da mit Frostschutzmitteln versetztem Wärmeträgermedium (Wasser) im Erdreich gearbeitet wird. Außerdem wird dem Erdreich Energie, also ein Rohstoff, entzogen, weswegen auch das Bergrecht greift.

Schutzgebiete und Denkmäler:

Ein Ausschlussgrund zur Nutzung oberflächennaher Geothermie sind Schutzgebiete sowie Bodendenkmäler. Zudem sollten schon früh in der Planungsphase Baudenkmäler im betrachteten Gebiet ausfindig gemacht werden, da es hier baurechtlich zu Komplikationen kommen kann. Abbildung 55 zeigt das betrachtete Gebiet im Loderhof, die potenzielle Geothermie-Fläche in Gelb, Bodendenkmäler in Rot sowie die vorhandenen Schutzgebiete (gepunktet). In der Potenzialanalyse werden nur Geothermie Freiflächen ausgewiesen werden, welche in keinem Ausschlussgebiet durch Schutzgebiete liegen. Im Süden der Fläche befindet sich ein Landschaftsschutzgebiet (grün gepunktete Fläche). Östlich der potenziellen Kollektorfläche sind

einige Bodendenkmäler, zwei mesolithische Freilandstationen und ein bronzezeitlicher Bestattungsplatz mit verebneten Grabhügeln, vorhanden. Baudenkmäler liegen im Loderhof nicht vor. Somit dürften Schutzgebiete und Denkmäler keine Komplikationen in der Genehmigung des Wärmenetzes und der Kollektorfläche verursachen.

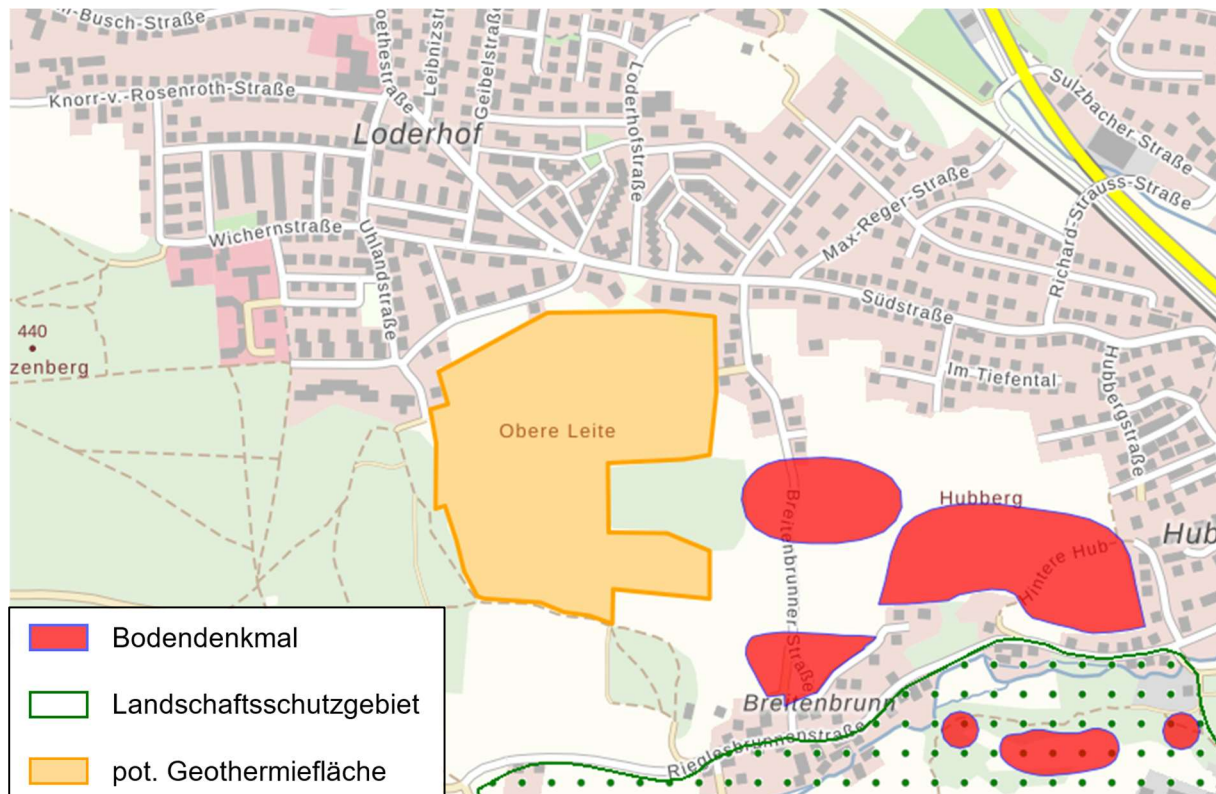


Abbildung 55: Schutzgebiete sowie Boden- und Baudenkmäler im Loderhof. Bodendenkmäler in Rot, Landschaftsschutzgebiete in Grün-gepunktet sowie potenzielle Geothermie-Fläche südlich des Loderhof. Baudenkmäler sind keine vorhanden.

Wasserrecht:

Um Eisbildung des Wassers bei circa 0 °C zu verhindern und somit die Betriebstauglichkeit des Flächenkollektors ganzjährig zu gewährleisten, wird ein Wasser-Ethylenglykol-Gemisch als Sole verwendet. Das Frostschutzmittel Monoethylenglykol senkt den Gefrierpunkt des Arbeitsfluids je nach prozentualen Anteil. Bei 20 vol.% Ethylenglykol und 80 % Wasser ist eine Frostsicherheit bis circa -9 °C gewährleistet [34].

Um den Zielen des Wasserhaushaltgesetzes (WHG) gerecht zu werden, müssen die Auswirkungen der verwendeten Fluide auf die Umwelt betrachtet werden. Monoethylenglykol ist nach der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) in die Wassergefährdungsklasse (WGK) 1 (schwach wassergefährdend) einzustufen. Laut § 62 (WHG) müssen Rohrleitungen, welche Zubehör einer Anlage zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind, so beschaffen sein, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu befürchten ist. § 35 AwSV gibt besondere Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren vor. Laut Absatz 1 dürfen Wärmeträgerkreisläufe nur einwandig ausgeführt werden, wenn Gemische der WGK 1 verwendet werden, deren Hauptbestandteile Ethylen- oder Propylenglykol sind. Dies trifft in der hier betrachteten Auslegung zu.



Daher muss keine Rückhalteinrichtung nach § 18 AwSV vorhanden sein, sowie die Rohrleitung nach § 21 Absatz 1 Satz 2 nicht als Saugleitung ausgelegt werden.

Generell lässt sich daraus schließen, dass die Genehmigung aus wasserrechtlicher Sicht ohne größere Komplikationen vorstattengehen sollte. Dennoch ist es wichtig, frühzeitigen und kontinuierlich Kontakt mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt (WWA), in diesem Fall das WWA Weiden, aufzunehmen.

Bergrecht:

Laut § 3 Absatz 3 des Bundesberggesetz (BBergG) ist Erdwärme ein bergfreier Bodenschatz und unterliegt dem Bergrecht, außer die Gewinnung der Erdwärme liegt ausschließlich auf einem Grundstück der baulichen Nutzung. Da in diesem Fall ein Flächenkollektor auf landwirtschaftlich genutzter Fläche gebaut werden würde, greift das BBergG. In Bayern ist das Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie sowie die bei den Regierungen von Oberfranken und Oberbayern eingegliederten Bergämter für das Bergrecht zuständig. Daher sollte frühzeitig und kontinuierliche Kontakt zu den verantwortlichen Behörden aufgenommen werden.

Zurzeit (Stand 07/2024) befindet sich das vierte Bürokratienteilungsgesetz in Bearbeitung. Ein Gesetzesentwurf der Bundesregierung wurde schon vorgelegt. Bis Ende des Jahres soll das Gesetz voraussichtlich in Kraft treten. Hier wird klargestellt, dass oberflächennahe Geothermie bis 400 Meter Tiefe grundsätzlich nicht dem Bergrecht unterfällt. Dies würde die Nutzung von oberflächennaher Geothermie erleichtern bzw. die Genehmigung vereinfachen.

8.5. Ergebnisse Simulation Wärmenetz

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Simulation für die zwei betrachteten Varianten eines Wärmenetzes für eine Anschlussquote von 80 % und 60 % dargestellt. Die wichtigsten wirtschaftlichen Kennzahlen werden genannt. Zudem werden die emittierten CO₂-Äquivalente miteinander verglichen. Eine Vordimensionierung der Rohrleitungen soll einen ersten Anhaltspunkt der benötigten Nennweiten liefern.

8.5.1. Geothermie und Biogas

Die Ergebnisse der Simulation eines Wärmenetzes im südlichen Loderhof mit Fokus auf die Großabnehmer und mit Geothermie als Quelle der Grund- und Mittellast sowie Biogas in der Spitzelast sind in Tabelle 36 dargestellt. Die Strommenge, welche zum Betreiben der Wärmepumpe benötigt wird, ist angegeben. Zusammen mit dem Biogasverbrauch lassen sich die Anteile der Wärmebereitstellung der einzelnen Energieträger errechnen. Zur optimierten Betriebsführung wird ein Wärmespeicher eingebaut, für den das laut Simulation benötigte Volumen angegeben wird. Auch dargestellt sind die beim Betrieb anfallende Treibhausgasemissionen sowie die wirtschaftlichen Kennzahlen, allen voran der Endpreis für den Kunden. Der netto-Verbraucherpreis wird anhand der Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 % der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 %) 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 36: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Großabnehmer Geothermie und Biogas

Geothermie und Biogas	80 % Anschluss	60 % Anschluss
Wärmebedarf [MWh/a]	6.600	4.900
Spitzenlast [kW]	3.700	2.800
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	2.200	1.700
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	1.000	700
Anteil Wärmebereitstellung Geothermie [%]	88	89
Anteil Wärmebereitstellung Biogas [%]	12	11
Wärmespeicher [m ³]	56	22
CO ₂ - Äq. Emissionen spezifisch 2024 [g/kWh]	143	143
CO ₂ - Äq. Emissionen absolut 2024 [t/a]	940	700
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	6,6	5,7
Wärmegestehungskosten [ct/kWh]	15,7	16,7
Verbraucherpreis [ct/kWh]	20,9	22,3

Der Anteil der bereitgestellten Wärme durch Geothermie liegt bei beiden Anschlussquoten ungefähr bei 90 %. Dies stimmt mit den vorhandenen Potenzialen überein. Abbildung 56 zeigt den monatlichen Einsatz bereitgestellter Wärme aufgeteilt nach Energieträgern für eine Anschlussquote von 80 %. Von April bis Oktober wird die Wärme fast ausschließlich durch den Flächenkollektor mit Wasser-Sole Wärmepumpe gedeckt. Die Treibhausgasemissionen werden in Kapitel 8.5.3 diskutiert. Der Verbraucherpreis ist mit 20,9 bzw. 22,3 ct pro kWh in einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen. Die Investitionskosten sind bei einer Variante mit Geothermie grundsätzlich höher anzusetzen als bei alternativen Quellen, dafür verringert sich der Stromverbrauch der Wärmepumpe im Vergleich zur Nutzung von Wärme aus der Luft.

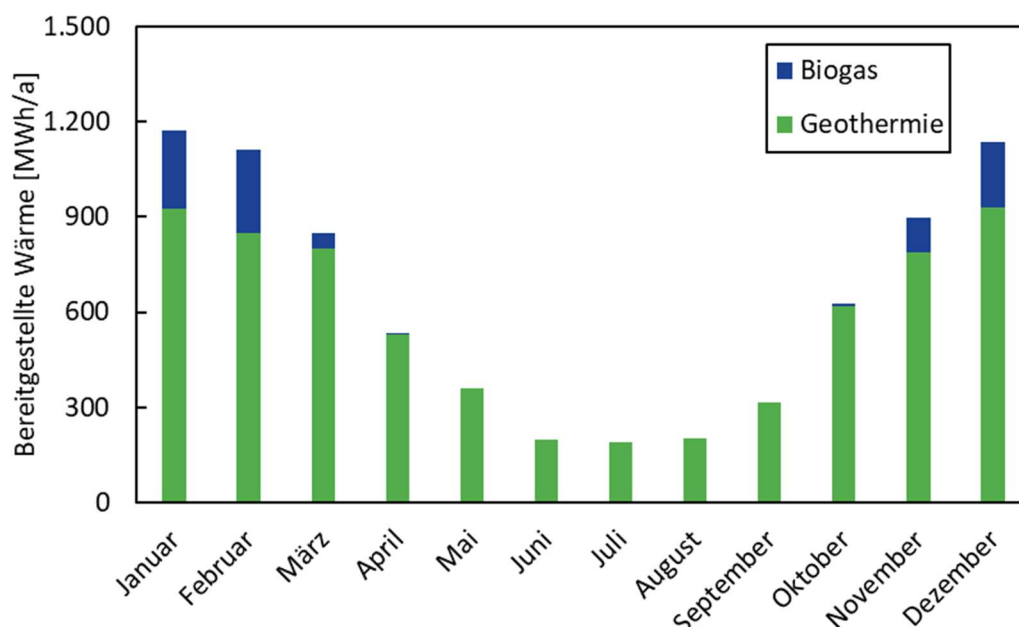


Abbildung 56: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Geothermie, 80 % Anschlussquote)

In der Potenzialanalyse wurde die landwirtschaftliche Fläche südlich des Loderhofs als Nutzungsmöglichkeit von Geothermie mittels eines Flächenkollektors ermittelt. Je nach Anschlussquote vergrößert sich die benötigte Fläche. Im vorherigen Kapitel 8.4.1 sind die laut

VDI 4640 errechnete Entzugsleistung und Entzugsenergie beschrieben. Bei der Planung der Anlage muss berücksichtigt werden, dass die Kollektorfläche ausreichend groß ist sowohl für die benötigte Leistung als auch für die jährlich entzogene Energiemenge. Zur Auslegung wird der größere der beiden Werte verwendet. Bei beiden betrachteten Varianten der Anschlussquote ist die Fläche zur Bereitstellung der benötigten Energiemenge das entscheidende Kriterium. Abbildung 57 zeigt die geothermisch benötigte Fläche zur Versorgung des betrachteten Netzes für eine Anschlussquote von 80 % und 60 % auf. Außerdem sind die Nummern der belegten Flurstücke angegeben. Wie die Belegung bei einer Realisierung des Wärmenetzes aussieht, hängt auch von den Grundstücksinhabern ab. Ggf. müssen weitere Flurstücke betrachtet werden. Der Vorteil der oberflächennahen Geothermie ist, dass es keine Leitungsverluste bis zur Energiezentrale gibt, da der Wärmeträger nicht wärmer als das umliegende Erdreich wird. Daher wäre eine Nutzung von weiter entfernten Flächen kein Problem, sofern dort keine Schutzgebiete und Bodendenkmäler vorhanden sind. Geothermisch genutzte Flächen können weiterhin wie gewohnt landwirtschaftlich betrieben werden.

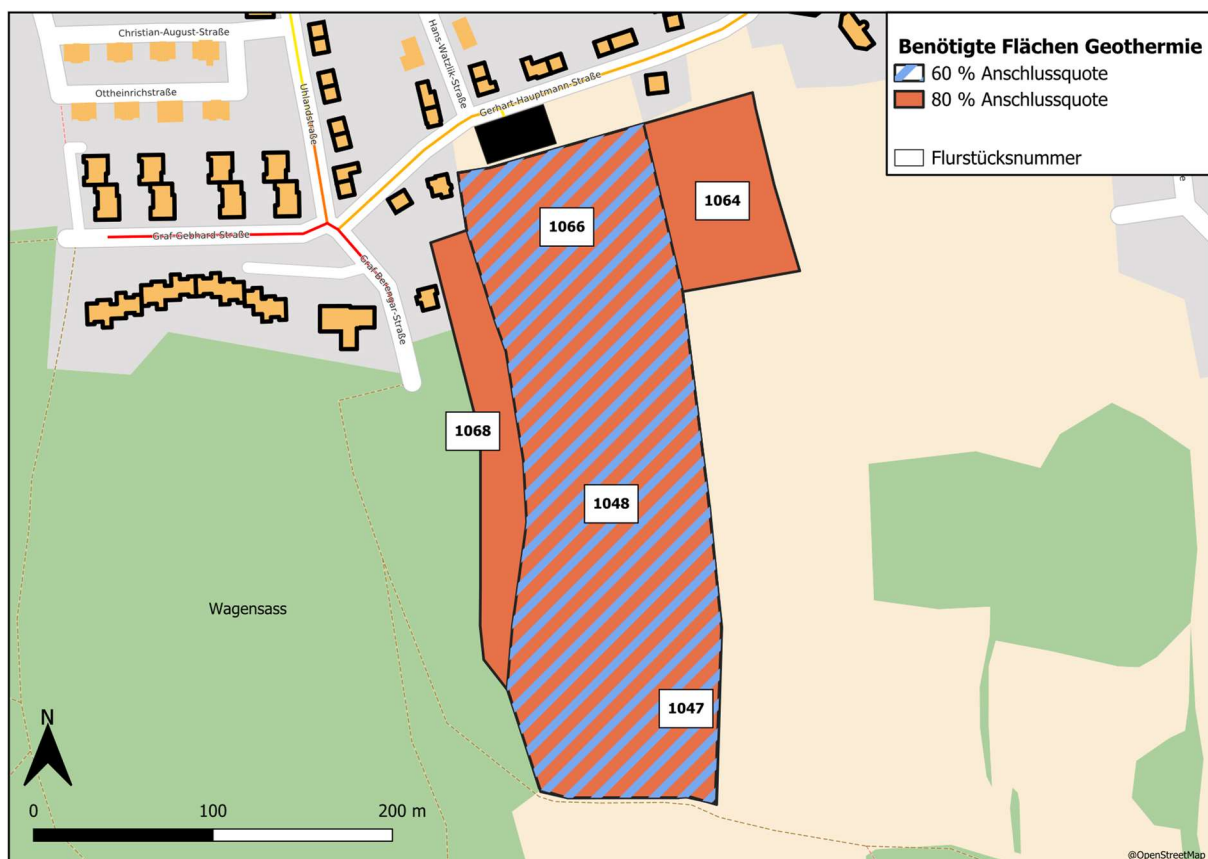


Abbildung 57: Benötigte Flächen Geothermie (Kollektoren) mit Flurstücksnummern

8.5.2. Luft-Wärmepumpe und Biogas

In Tabelle 37 sind die Ergebnisse der Simulation für die Quellen Luft-Wärmepumpe und Biogas als Spitzenlast gelistet. Es werden die gleichen Parameter wie in Kapitel 8.5.1 gezeigt. Auch hier sei erwähnt, dass der Verbraucherpreis lediglich eine erste Orientierung darstellen soll und bei einer tatsächlichen Realisierung des Netzes abweichen kann.

Tabelle 37: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Großabnehmer Luft-WP und Biogas

Luft-Wärmepumpe und Biogas	80 % Anschluss	60 % Anschluss
Wärmebedarf [MWh/a]	6.600	4.900
Spitzenlast [kW]	3.700	2.800
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	2.100	1.500
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	1.900	1.500
Anteil Wärmebereitstellung Luft-WP [%]	77	76
Anteil Wärmebereitstellung Biogas [%]	23	24
Wärmespeicher [m ³]	80	59
CO ₂ - Äq. Emissionen spezifisch 2024 [g/kWh]	147	147
CO ₂ - Äq. Emissionen absolut 2024 [t/a]	970	720
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	5,8	4,8
Wärmegestehungskosten [ct/kWh]	16,1	16,7
Verbraucherpreis [ct/kWh]	21,2	22,1

Da die durchschnittliche Temperatur von Luft im Winter geringer als die des Erdbodens in der Tiefe des Flächenkollektors ist, wird bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe mehr Strom benötigt als bei einer Wasser-Sole-Wärmepumpe, um den gleichen Wärmebedarf zu decken. Da die Stromkosten erheblich größer sind als die des Biogases, wird in dieser Variante aus wirtschaftlichen Gründen im Winter ein höherer Anteil der benötigten Wärme durch das Gas gedeckt. Abbildung 58 zeigt den monatlichen Einsatz bereitgestellter Wärme aufgeteilt nach Energieträgern für eine Anschlussquote von 80 %. Weiterhin wird von April bis Oktober die Wärme fast ausschließlich durch die Wärmepumpe gedeckt. Lediglich im Winter ist der Anteil an Biogas höher im Vergleich zur Variante mit einem Flächenkollektor. Die Treibhausgasemissionen werden in Kapitel 8.5.3 diskutiert. Der Verbraucherpreis ist mit 21,2 bzw. 22,1 ct pro kWh in einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen.

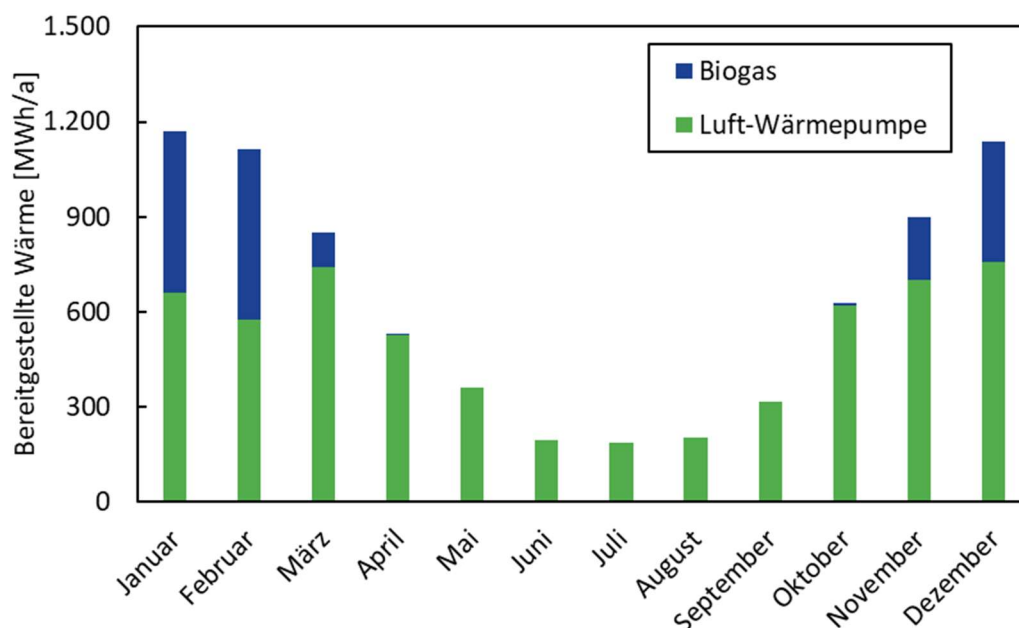


Abbildung 58: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Luft-Wärmepumpe, 80 % Anschlussquote)

8.5.3. Treibhausgas-Emissionen

Die spezifischen CO₂-Äquivalente in Gramm pro kWh sind sowohl für eine Anschlussquote von 80 % als auch 60 % bei einer Wärmeversorgung mittels Flächenkollektor etwas geringer gegenüber einer Luft-Wasser-Wärmepumpe (147 zu 143 g/kWh). Im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung des Loderhofs, großteils gedeckt durch Gas und Öl, mit spezifischen Emissionen von 218 g/kWh (mittlere Emissionen der Stadt nach Treibhausgasbilanz) sind die spezifischen Emissionen der betrachteten Varianten geringer. Abbildung 59 zeigt den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung im Vergleich mit den betrachteten Varianten eines Wärmenetzes für eine Anschlussquote von 80 %. Zudem ist der Wärmebedarf der Gebäude dargestellt. Dieser reduziert sich um circa 17 % aufgrund von Sanierungen (Annahme einer Sanierungsquote von 1 %) und steigenden Temperaturen im Winter bedingt durch den Klimawandel. Dementsprechend nehmen die absoluten Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung ab. Die CO₂-Äquivalente der betrachteten Wärmenetze nimmt hingegen deutlich mehr ab. Dies liegt an den sinkenden Emissionswerten des Energieträgers Strom. Der aktuelle Wert von 381 g/kWh [13] soll sich bis 2040 auf 32 g/kWh verringern [9]. Dahingegen bleiben die spezifischen Emissionen der Energieträger Öl, Gas und Biomethan konstant [9]. Insgesamt könnte mit einem Wärmenetz mit Geothermie bis 2040 im Vergleich zu aktuellen Wärmeversorgung 13.200 t und mit einer Luft-Wasserwärmepumpe 12.300 t CO₂-Äquivalente eingespart werden.

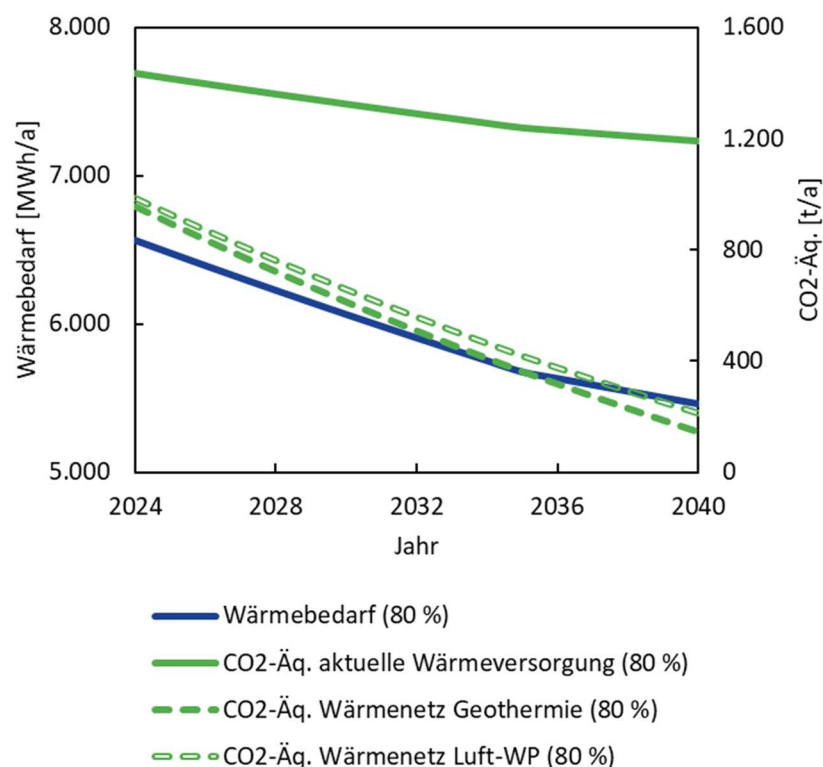


Abbildung 59: Wärmebedarf und CO₂-Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet Großabnehmer Loderhof bis zum Zieljahr 2040 für eine Anschlussquote von 80 %.

8.5.4. Hydraulische Betrachtung

Im Zuge dieser Auslegung des Wärmenetzes wird eine Vordimensionierung der benötigten Rohrgrößen vorgenommen. Hierbei wird ausschließlich die größte (Ausgang Energiezentrale) und kleinste (Hausanschlussleitung) Dimension betrachtet. Da die Abnehmerstruktur heterogen ist, wird beispielhaft eine Hausanschlussleitung für ein Apartmentblock (140 MWh/a), ein Mehrfamilienhaus (60 MWh/a) und ein Einfamilienhaus (25 MWh/a) gerechnet. Wichtige Parameter sind hierbei das Material der Rohre (insbesondere die Oberflächenrauigkeit), das Druckgefälle und die maximale Strömungsgeschwindigkeit im Rohr. Hieraus lässt sich die benötigte Nennweite (DN) des Rohres ableiten. Abbildung 60 zeigt beispielhaft das Druckgefälle in einer Hausanschlussleitung eines Wärmenetzes für ein Einfamilienhaus abhängig von der Nennweite des Rohres. Die Auslegung wird für eine Anschlussquote von 80 % vorgenommen.

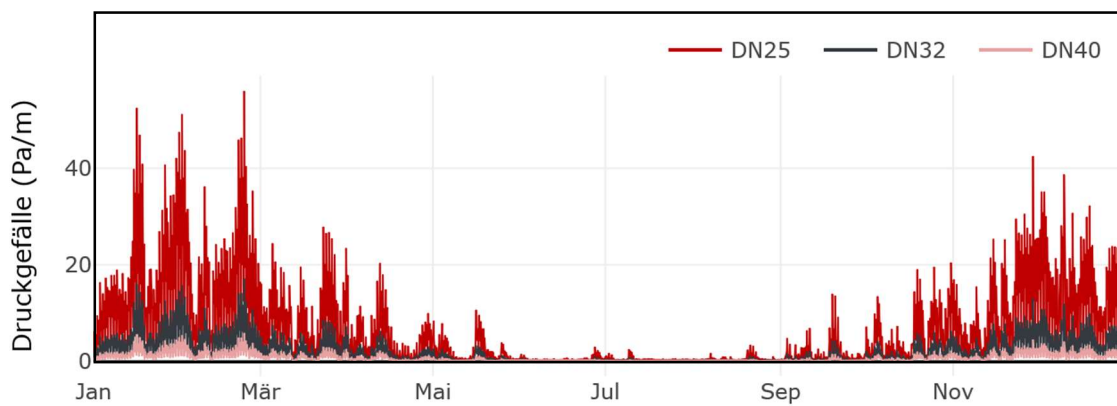


Abbildung 60: Beispielhafte Simulation eines Druckgefälles in einer Hausanschlussleitung des Wärmenetzes für ein Einfamilienhaus [32]

Tabelle 38 listet die ermittelten Nennweiten mit den jeweiligen maximalen Druckgefällen sowie den maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Rohr auf. Da es sich hier lediglich um eine Vorauslegung handelt, um eine grobe Einschätzung der benötigten Rohrgrößen zu erhalten, sind die Ergebnisse gerundet. Alle Nennweiten sind als Kunststoffrohr für den Einsatz in Wärmenetzen mit Dauervorlauftemperaturen von bis zu 80 °C verfügbar [35]. Bis auf DN 150 können alle Leitungen als Doppelrohr ausgelegt werden. Da sich die Hauptleitung unmittelbar nach dem Verlassen der Energiezentrale in zwei ungefähr gleich große Abschnitte aufteilt, ist das höhere Druckgefälle in einem Rohr mit Nennweite DN 150 hier zu akzeptieren.

Tabelle 38: Vordimensionierung Rohrleitungen für 80 % Anschlussquote (gerundete Werte) für Kunststoffrohre

System	Max. Volumenstrom [l/s]	Nennweite (DN)	Max. Druckgefälle [Pa/m]	Max. Strömungsgeschw. [m/s]
Ausgang Netzzentrale	43	150	260	2,4
Apartmentblock	1	40	210	0,8
Mehrfamilienhaus	0,4	32	90	0,5
Einfamilienhaus	0,2	25	60	0,4

In dieser Betrachtung werden Kunststoffrohre vorgezogen. Diese sind ideal für kleinere Nennweiten und haben gegenüber Rohren aus Stahl einige Vorteile. So müssen in Rohrleitungen aus Kunststoff keine Bögen zum Dehnungsausgleich eingebaut werden. Zudem gibt es die Möglichkeit bis zu einer bestimmten Nennweite Doppelrohre zu verlegen. Beide Eigenschaften

sparen Platz und somit Kosten. Kunststoffrohre sind flexibel und erlauben damit einen optimierten Trassenverlauf mit ungeraden Abschnitten. Auch die Verbindung einzelner Rohrab-schnitte ist mit Kunststoffrohren einfacher. Anstatt wie bei Stahlrohren üblich zu schweißen, lassen sich Trassenabschnitte und Hausanschlussleitungen durch Verpressen verbinden. Die Möglichkeit Kunststoffrohre einzusetzen, ist also ein Vorteil des Errichtens mehrerer kleiner dezentraler Netze anstelle eines großen gemeinsamen Wärmenetzes.

8.5.5. Vergleich verschiedener Auslegungen

In Abbildung 61 sind die Wärmegestehungskosten sowie die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der zwei betrachteten Varianten für eine Anschlussquote von 80 % und 60 % zum Vergleich dargestellt. Es ist zu sehen, dass die CO₂-Äquivalente bei einem Wärmenetz auf Basis von Geothermie unabhängig der Anschlussquote niedriger sind als mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Die Wärmegestehungskosten sind bei 80 % Anschluss in der Variante mit Geothermie niedriger, wohingegen bei 60 % Anschluss die Luft-Wasser-Wärmepumpe gleiche Kosten in der Gesteung verursacht.

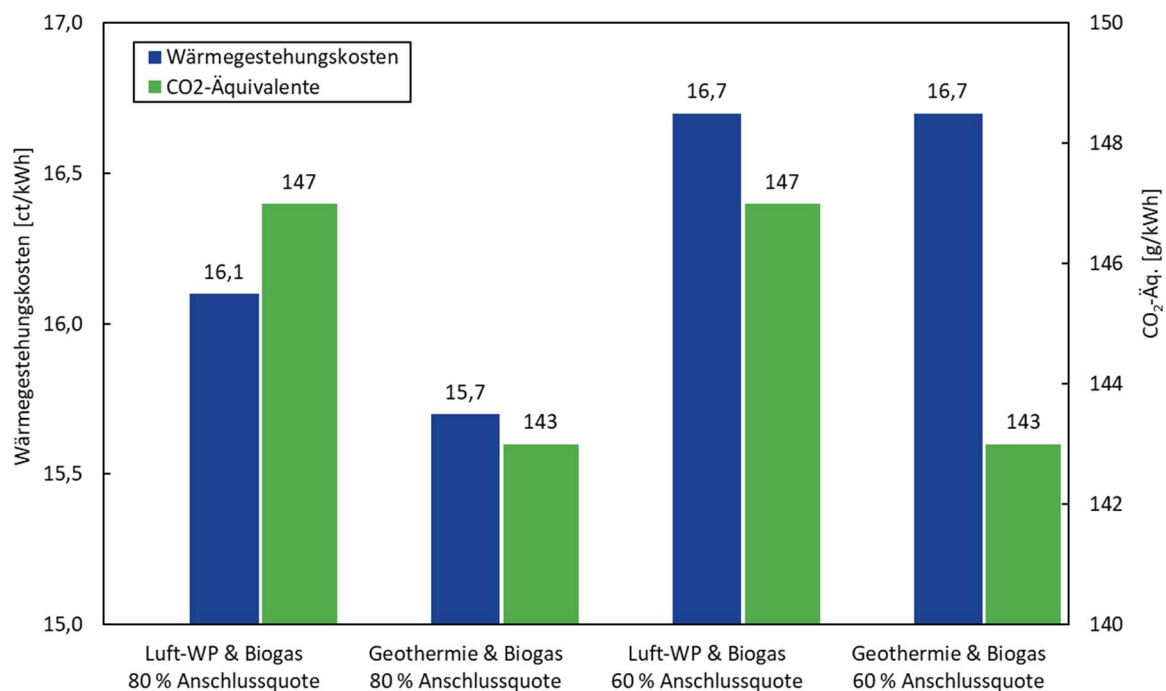


Abbildung 61: Vergleich verschiedener Auslegungen Wärmenetz Loderhof

Es ist zu erkennen, dass bei beiden Varianten eine höhere Anschlussquote zu geringeren Wärmegestehungskosten führt. Außerdem sind beide Varianten jeweils günstiger als das Wärmenetz im kompletten Gebiet, welches in Kapitel 7.3 betrachtet wird.

Bei einer Anschlussquote von 80 % sind zwar die Investitionskosten einer Luft-Wasser-Wärmepumpe niedriger und der Stromverbrauch etwas geringer als bei der Variante mit einem Flächenkollektor, trotzdem sind die Wärmegestehungskosten höher. Dies liegt an dem fast doppelt so hohem Biogasverbrauch. Es wird 25 % mehr Endenergie in Form von Biomethan oder Strom benötigt. Für eine Anschlussquote von 60 % sind die Wärmegestehungskosten der zwei Varianten circa gleich. Mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ist hier der Biogasverbrauch mehr als doppelt so hoch, der Stromverbrauch allerdings um 12 % geringer. Da die

Stromkosten um das 2,6-fache höher sind als das Biogas, hat der Stromverbrauch einen stärkeren Einfluss auf die Gestehungskosten. Anscheinend ist bei einer Anschlussquote von 60 % eine Art Break-even-point erreicht und bei weiter sinkender Anschlussquote die Luft-Wärmepumpe die billigere Variante. Dass der Verbraucherpreis bereits hier bei einer Luft-Wärmepumpe niedriger ist, liegt an dem pauschalen Zuschlag für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers, welche an den Investitionskosten der Varianten gemessen werden.

8.6. Sektorgekoppelte Quartierslösung

Im Zuge einer ganzheitlichen energetischen Untersuchung des Quartiers Loderhof wird die Auslegung von PV-Dachanlagen in die Berechnung des Wärmenetzes und der Gestehungskosten integriert. Abbildung 62 zeigt schematisch den Versorgungsfall Geothermie und Biogas mit Dach-Photovoltaik als elektrische Energiequelle. Hierbei wird lediglich der Stromverbrauch zur Wärmebereitstellung betrachtet, um vergleichbare wirtschaftliche Aussagen treffen zu können.

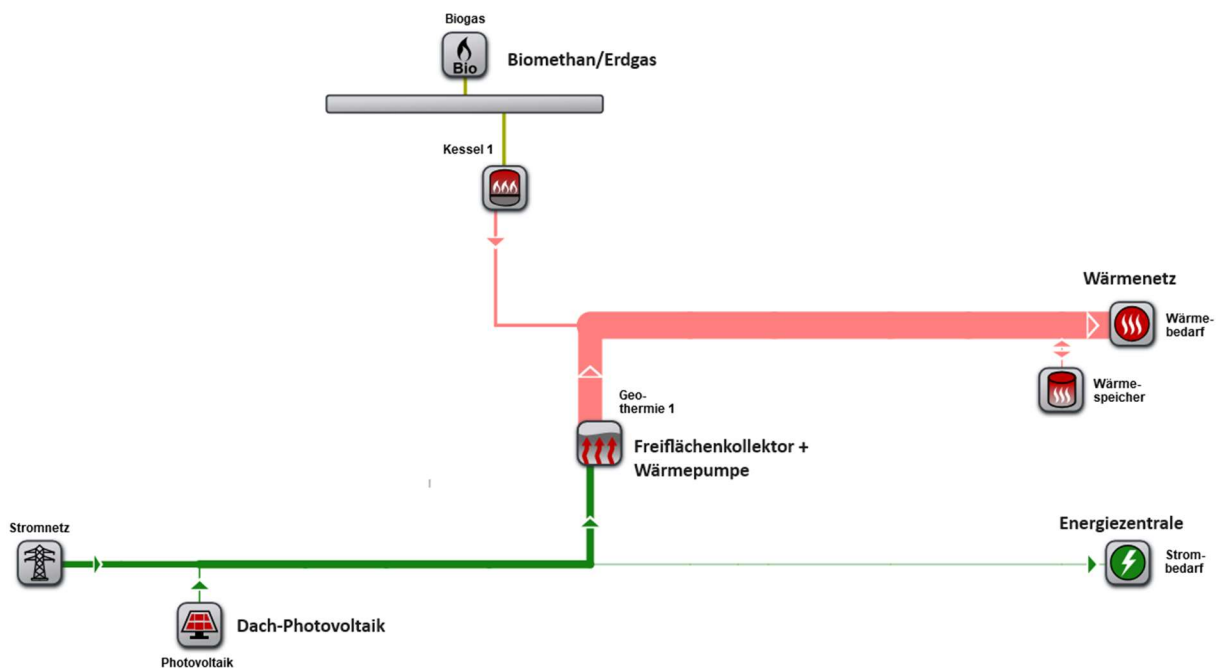


Abbildung 62: Schematische Darstellung des Versorgungsfall Geothermie und Biogas sowie Dach-Photovoltaik mit dem Simulationstool nPro [5]

In Abbildung 63 ist die grobe Auslegung der Photovoltaik-Anlagen auf Flachdächern der Apartmentblöcke dargestellt, wobei ein Abstand von einem Meter zur Dachkante konsequent eingehalten wird. Für die Untersuchung werden PV-Module mit einer Leistung von 450 W_p pro Modul verwendet. Verschattungen durch Dachaufbauten und benachbarte Gebäude werden, soweit anhand von Luftbildern erkennbar, berücksichtigt. Statik der Gebäude und Aspekte der elektrotechnischen Einbindung werden in dieser Planungsphase noch nicht berücksichtigt.



Abbildung 63: PV-Belegung Dachflächen Loderhof

Insgesamt können somit circa 490 MWh pro Jahr an erneuerbarem Strom erzeugt werden. In dieser Betrachtung wird lediglich der Stromverbrauch der Wärmepumpe und der Energiezentrale betrachtet. Somit lassen sich aussagekräftige Wärmegestehungskosten berechnen. Trotzdem werden circa 85 % des erzeugten Stroms direkt genutzt. Lediglich 15 % müssten anderweitig genutzt bzw. abgeschaltet werden. In Abbildung 64 sind die benötigte elektrische Energie der Wärmepumpe und der Energiezentrale sowie die bereitgestellte Energie nach Monaten aufgeteilt dargestellt. Vor allem in den Sommermonaten können die PV-Anlagen einen Großteil des benötigten Stroms liefern. In den Wintermonaten muss weiterhin viel Strom aus dem Netz bezogen werden. Insgesamt decken die PV-Anlagen ungefähr 19 % des jährlich benötigten Strombedarfs des Wärmenetzes mit Geothermie.

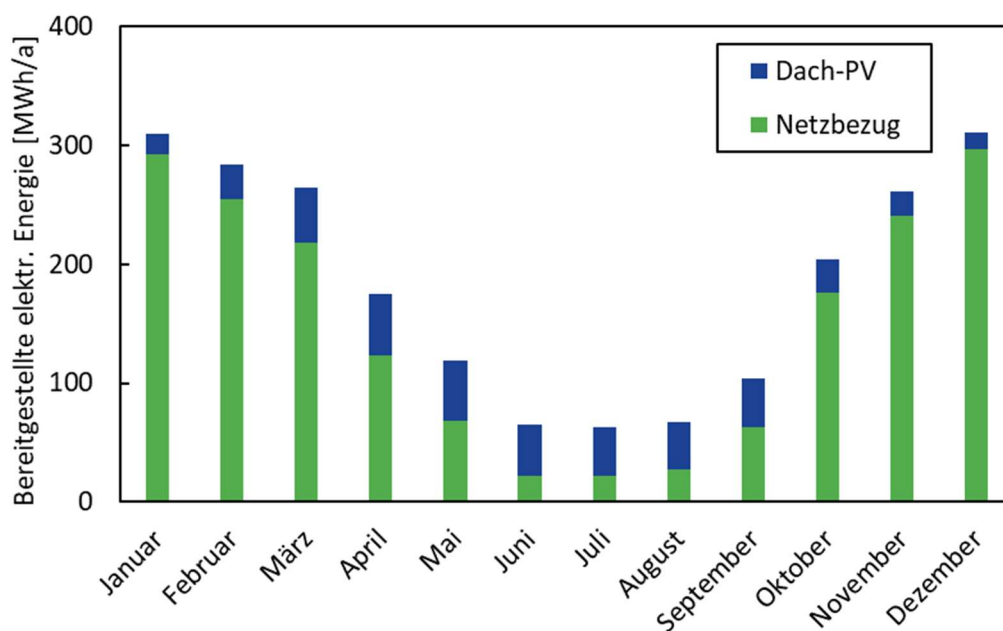


Abbildung 64: Bereitgestellte elektr. Energie durch Dach-PV (Geothermie, 80 % Anschlussquote)



Bei einem Modulpreis von 1.300 € pro kW_p und ohne Einspeisevergütung reduzieren sich die Wärmegestehungskosten in den Varianten mit einer Anschlussquote von 80 % bei Geothermie von 15,7 auf 14,9 ct pro kWh sowie bei der Luft-Wärmepumpe von 16,1 auf 15,2 ct pro kWh. Dies ist vor allem auf die hohen Stromkosten bei Netzbezug zurückzuführen. Dass der überschüssige Strom direkt von den Haushalten für nicht wärmetechnische Bedarfe genutzt werden kann, ist hier nicht berücksichtigt. Dies würde weitere Kosten sparen, hat bei einer Direktnutzung für Wärme von 85 % aber keine größeren Auswirkungen.

8.7. Alternative Wärmeversorgung

Als Alternative zum oben beschriebenen Wärmenetz ist auch der Anschluss an das vorhandene Fernwärmenetz der Danpower GmbH möglich. Dazu muss die bestehende Haupttrasse jedoch erweitert werden. Die nächste Fernwärmeleitung befindet sich aktuell etwa 120 Meter vom neuen Netzgebiet entfernt. Außerdem müssen die Kapazitäten der bestehenden Leitungen für die Erschließung geprüft werden.

Neben der netzgebundenen Versorgung kann der Loderhof auch dezentral versorgt werden. Gerade bei den nicht sanierten Wohnblöcken sollte jedoch das Heizsystem für eine Versorgung mittels z.B. Luftwärmepumpe optimiert werden (hydraulischer Abgleich, Heizkörper-tausch).

9. Fokusgebiet Industriegebiet Eisenhämmerstraße

Im Zuge der Akteursbeteiligung während der kommunalen Wärmeplanung rückte ein Industriegebiet in den Vordergrund. Nach Bereitstellung der Daten durch vier Unternehmen und deren Beteiligung an den Akteurstreffen, wird das Industriegebiet Eisenhämmerstraße im Folgenden genauer untersucht. Es wird das Abwärmepotenzial der Firmen mit den Wärmebedarfen für Raumwärme und Warmwasser der umliegenden Gebiete sowie deren Büros verglichen. Weiterhin wird die Integration des Abwasserwärmepotenzials im Abfluss der Kläranlage untersucht. Durch eine Abschätzung des PV-Potenzials im Gebiet werden zudem die Stärken der Sektorenkopplung aufgezeigt.

9.1. Ausgangssituation

Abbildung 65 zeigt das untersuchte Gebiet zur Nutzung von industrieller Abwärme zur Raumheizung und Deckung des Warmwasserbedarfs in den umliegenden Gebäuden. Die betrachteten Baublöcke sind in Schwarz umrandet. Es ist die Wärmeliniendichte des Bedarfs und potenzielle Standorte von Energiezentralen dargestellt. Die Hauptleitungslänge des Wärmenetzes beträgt ungefähr 5 km. Außerdem ist das bereits vorhandene Wärmenetz eingezeichnet.

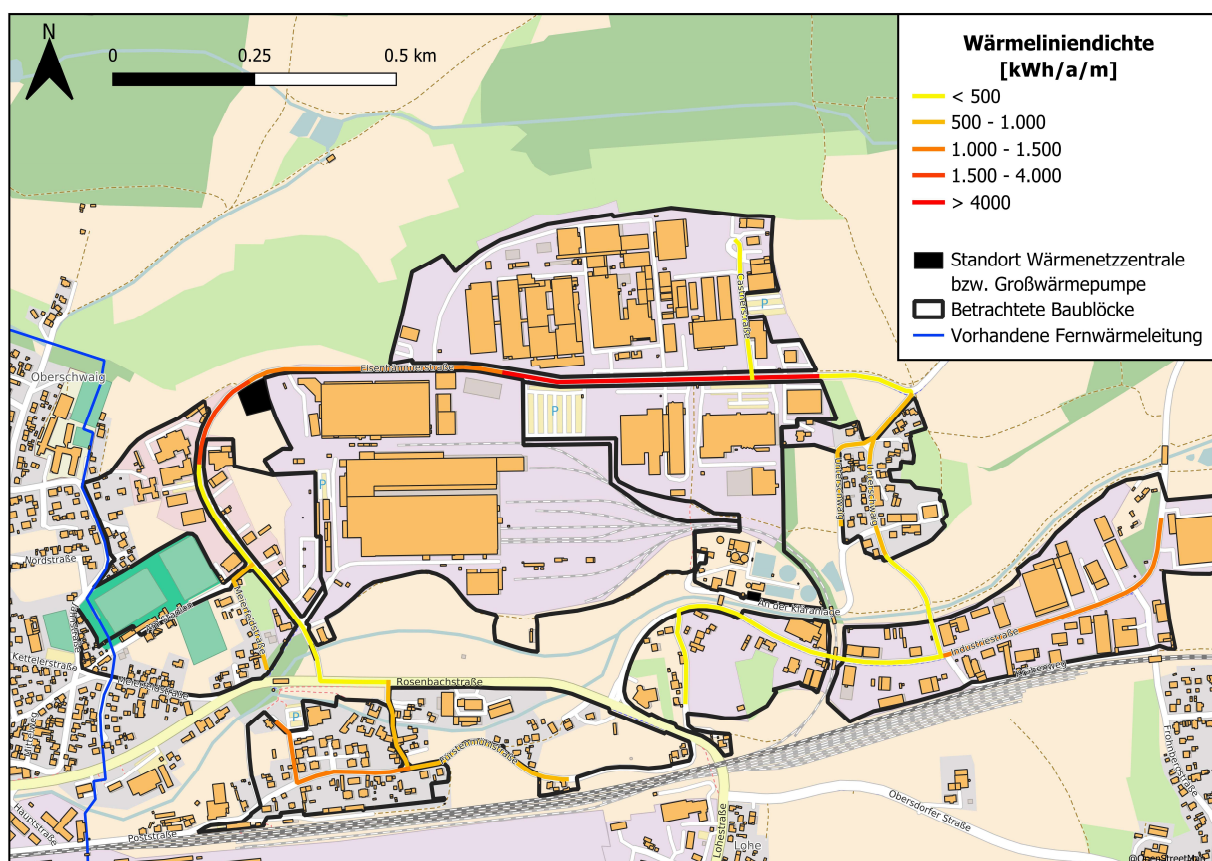


Abbildung 65: Betrachtetes Fokusgebiet Eisenhämmerstraße mit Wärmeliniendichte

Weil es in unmittelbarer Nähe zu den Abwärmequellen wenig externe Bebauung gibt, wird das untersuchte Gebiet stark ausgeweitet. Angrenzende Baublöcke werden mitbetrachtet und weitere Strecken der Wärmenetzleitungen akzeptiert, da ansonsten die vorhandene Abwärme nicht genutzt werden kann. Im Süden stellt die Bahnlinie und im Westen das bereits

vorhandene Wärmenetz eine Grenze dar. Natürliche Grenzen, wie der Rosenbach, werden erstmal als überwindbar angenommen und auch einzelne Straßenabschnitte mit geringem Wärmebedarf betrachtet. In dieser detaillierteren Untersuchung wird von der Baublockebene in die Gebäudeebene gewechselt. Das heißt, dass in manchen Baublöcken Häuser, welche nicht an einer Straße mit einer Wärmenetzleitung liegen, aussortiert werden und somit nicht in den benötigten Wärmebedarf hinzuzählen. Sofern von der Industrie oder den Bürgerinnen und Bürgern angegeben wird mit den tatsächlichen Verbräuchen gerechnet. Für alle anderen Gebäude werden die Bedarfe aus dem Wärmekataster verwendet, wobei auch hier händisch nachgebessert wird. Jedes Gebäude wird anhand von Luftbildern auf die Nutzung untersucht. Tabelle 39 listet den Wärmebedarf und die Anzahl der Hausanschlüsse im betrachteten Gebiet auf. Wie bereits in Kapitel 8 wird auch hier die Wohnbebauung in mehrere Gruppen nach Wärmebedarf aufgeteilt. Die spezifischeren Bedarfsprofile verbessern die Simulationsergebnisse. Da von drei Firmen die Verbräuche für Raumwärme und Warmwasser vorhanden sind, werden diese als separater Abnehmer betrachtet. Die restliche Industrie und das Gewerbe werden dem Kataster entnommen.

Tabelle 39: Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser und Anzahl Hausanschlüsse im Fokusgebiet Eisenhämmerstraße aufgeteilt nach Abnehmer

Abnehmer	Wärmebedarf [MWh/a]	Anzahl Hausanschlüsse
Wohnbebauung < 25 MWh/a	600	30
Wohnbebauung 25 – 60 MWh/a	1.400	38
Wohnbebauung > 60 MWh/a	700	2
Firmen	10.800	3
Restliche Industrie und Gewerbe	2.200	48
Gesamt	15.700	121

Für die weiteren Betrachtungen wird auch hier eine Anschlussquote von 80 % bezogen auf die Anzahl der Hausanschlüsse angenommen. Großabnehmer und Firmen bzw. Haushalte, welche bereits ein Interesse an einem Wärmenetz gezeigt haben, werden immer mit angeschlossen.

9.2. Abwärmepotenzial

Da häufig die Abwärme industrieller Prozesse mit hohen Temperaturen in die Umgebung abgeführt wird, besteht hier großes Potenzial zur Nutzung dieser Energie für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser. Auch die über das Jahr hinweg konstanten Temperaturen des Abwassers am Ausgang der Kläranlage stellen im Zusammenspiel mit einer Großwärmepumpe ein hohes Potenzial zur Speisung eines Wärmenetzes dar.

9.2.1. Industrie

Zusätzlich zu den ausgefüllten Fragebögen wurde von vier Firmen das Gaslastprofil bereitgestellt. Hiermit lassen sich grobe Prognosen treffen, wie groß die zur Verfügung stehende Menge an Abwärme ist. Zudem ist ein Profil des Wärmebedarfs für Raumwärme und Warmwasser vorhanden. Bei zwei Firmen sind nutzbare Abwärmepotenziale vorhanden. Für alle vier Firmen sind die Wärmebedarfe bekannt.

Bei beiden Firmen fällt, laut Fragebogen, Abgas mit Temperaturen von über 200 °C an. Um aus den Gaslastgängen den Verbrauch für Prozesswärme zu erhalten, wird der Raumwärmebedarf anhand des Testreferenzjahrs 2015 und des von den Firmen angegebenen prozentualen Anteils der Raumwärme am Gasverbrauch berechnet. Es wird außerdem angenommen, dass aufgrund der technischen Spezifikationen des Wärmetauschers bei der übertragbaren Wärmeleistung eine Obergrenze besteht. Aus diesem Grund wird eine maximal nutzbare Abwärmetemperatur definiert und die Spitzen geglättet. Um auf Grundlage der Gasverbräuche für Prozesswärme das theoretische Abwärmepotenzial zu erhalten, wird zuerst die Energiemenge berechnet, deren Nutzung physikalisch möglich ist. Dies geschieht, indem der Gasverbrauch mit dem Faktor

$$\frac{\Delta T_{\text{Nutzung}}}{\Delta T_{\text{max}}} = \frac{T_{\text{Abwärme}} - T_{\text{Ausgang WT}}}{T_{\text{Abwärme}} - T_{\text{Umgebung}}} \approx 0,65$$

multipliziert wird. Hierbei ist $T_{\text{Abwärme}}$ die von den Firmen angegebene Abgastemperatur, $T_{\text{Ausgang WT}}$ die anfallende Abgastemperatur nach dem Austritt aus dem Wärmetauscher, um ein Wärmenetz mit circa 75 °C zu speisen, und T_{Umgebung} die Umgebungstemperatur und somit unterer Grenzwert, wie weit die Temperatur abgekühlt werden kann. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass das theoretische Potenzial nicht vollständig ausgenutzt werden kann, weil sich Verfügbarkeit und Nachfrage häufig nicht genau decken. Hier wird pauschal ein Nutzungsgrad von 60 % angenommen. Aus den vorliegenden Daten und beschriebenen Annahmen ergibt sich eine nutzbare Abwärme aus dem Industriegebiet Eisenhämmerstraße von circa 22 GWh pro Jahr. Von Vorteil ist, dass beide Firmen im Drei-Schicht-Betrieb und beinahe das ganze Jahr über produzieren und somit Abwärme bereitstellen. Eine graphische Darstellung des Lastgangs kann aus Geheimhaltungsgründen hier nicht gezeigt werden.

In weiteren Untersuchungen mit einzubinden ist die Biogasanlage in der Industriestraße. Diese wäre bei weiterem Betreiben eine zusätzliche potenzielle Abwärmequelle.

9.2.2. Kläranlage

Aufgrund der im Vergleich zur Umgebung hohen Temperaturen in den Wintermonaten stellt Abwasser ein hohes Potenzial dar. Mittels eines Wärmetauschers im Auslauf der Kläranlage und einer Großwärmepumpe kann die Temperatur auf Raumheizungswärmeniveau angehoben werden. Wie in der Potenzialanalyse gezeigt, liegt die Kläranlage der Stadt Sulzbach-Rosenberg südlich des Industriegebietes Eisenhämmerstraße am Rosenbach.

Zur Abschätzung der nutzbaren Leistung des Abwassers werden Daten der Kläranlage Sulzbach-Rosenberg sowie ein Standardlastprofil einer mittelgroßen Kläranlage [36, 37, 38] verwendet. Laut dem städtischen Klärwerk liegt die Mindesttemperatur des Abwassers am Zulauf der Kläranlage im Winter bei 8,8 °C, der durchschnittliche Zulauf an Abwasser über das Jahr gesehen bei 130 l/s sowie der Mindesttrockenabfluss bei 60 l/s. Mit diesen Werten, einem Sicherheitsfaktor von 0,64, einem Entzugsfaktor von 10,7 bei einer Temperaturspreizung von 4 K [39] und dem Standardprofil kann ein grobes Lastprofil für die aus der Kläranlage nutzbare Leistung ermittelt werden. Die Temperaturwerte für den Auslauf lagen nicht vor, deshalb werden die Werte des Zulaufs verwendet. Abbildung 66 zeigt den täglichen Lastgang der Kläranlage. Der Tagesverlauf kann in Grund-, Mittel- und Spitzenlast eingeteilt werden. Zur effizienteren Nutzung der Wärmepumpen werden die Lastspitzen gekappt. Die potenziellen Wärmemengen der Grund- und Mittellast sind als farblich markierte Flächen unter den

Graphen eingezeichnet. Wichtig zu erwähnen ist, dass es sich hier um die Entzugsleistung handelt. Für die nutzbare Leistung Wärmeleistung muss dazu die elektrische Leistung der Wärmepumpe addiert werden.

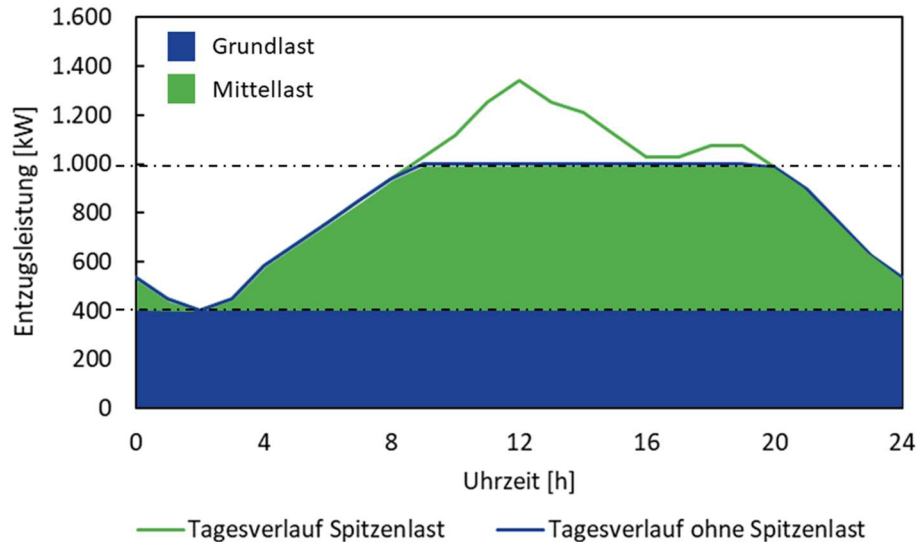


Abbildung 66: Tages-Lastgang Entzugsleistung Kläranlage. Aufgeteilt in Grund- und Mittellast der Quelleistung.

9.3. Auslegung Wärmenetz

Analog zu Kapitel 8.2 wird für die Eisenhämmerstraße im Simulationstool nPro ein Wärmenetz ausgelegt. Als Wärmequellen stehen hier die folgenden zwei Kombinationen zur Verfügung:

1. Abwärme Industrie + Biogas
2. Abwärme Industrie und Kläranlage + Biogas

Auch in dieser Betrachtung wird die Verbrennung von Biomasse zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz benötigt. Es wird von einem Biomethankessel ausgegangen, da in der Eisenhämmerstraße ein flächendeckendes Gasnetz vorhanden ist. So könnte übergangsweise Erdgas als Spitzenlastabdeckung verwendet werden, bis die Gasversorgung klimaneutral wird. Zudem stellt die Nutzung von Wasserstoff eine Option dar.

Abbildung 67 stellt schematisch den Versorgungsfall des Wärmenetzes durch Abwärme der Industrie und Biomethan dar. Zusätzlich wird ein Pufferwärmespeicher in das System integriert. Angesichts der ermittelten Wärmebedarfe und der verfügbaren Wärmequellen erfolgt die Dimensionierung der einzelnen Wärmeerzeuger unter Berücksichtigung der technisch und wirtschaftlich sinnvoll realisierbaren Größenordnungen. Für den Fall, dass das Abwasserpotenzial der Kläranlage genutzt wird, ist dies in Verbindung mit einer Großwärmepumpe zu realisieren.

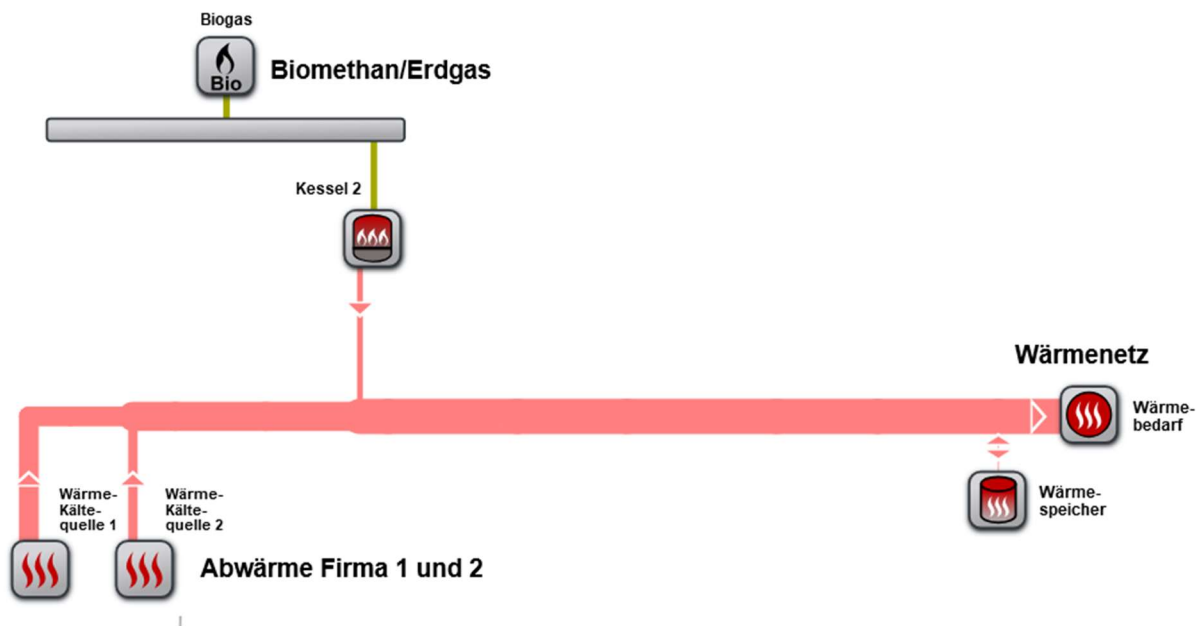


Abbildung 67: Schematische Darstellung des Versorgungsfalles Abwärme der Industrie und Biogas mit dem Simulationstool nPro [5]

9.4. Annahmen Berechnung

Die Annahmen zu den wirtschaftlichen und umwelttechnischen Berechnungen sind analog zu Kapitel 8.3. Zusätzlich wird ein Wärmebezugspreis von 2 ct pro kWh Abwärmeenergie an die Firmen festgelegt. Die spezifischen Anschlusskosten zur Nutzung der Abwärme sollen 200 € pro kW betragen. Zusätzlich zu den Wärmepumpenkosten wird zur Nutzung des Abwassers pauschal Kosten von 1 Mio. €, hochgerechnet auf Grundlage von Herstellerangaben [40], für die Wärmetauscher angenommen. Da Abwärme ein Abfallprodukt darstellt, wird von spezifischen Treibhausgas-Emissionen im Wert von 0 g/kWh ausgegangen.

9.5. Ergebnisse Simulation Wärmenetz

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Simulation für die zwei betrachteten Varianten eines Wärmenetzes für eine Anschlussquote von 80 % dargestellt. Die wichtigsten wirtschaftlichen und umwelttechnischen Kennzahlen werden genannt.

9.5.1. Abwärme Industrie

Die Ergebnisse der Simulation eines Wärmenetzes mit Abwärme der Industrie und Biogas als Energiequelle sind in Tabelle 40 dargestellt. Die Strommenge, welche zum Betreiben der Energiezentrale benötigt wird, ist angegeben. Zudem lassen sich die Anteile der Wärmebereitstellung der einzelnen Energieträger errechnen. Zur optimierten Betriebsführung wird ein Wärmespeicher eingebaut, für den das laut Simulation benötigte Volumen angegeben wird. Auch dargestellt sind die beim Betrieb anfallende 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 % der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 %) 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 40: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Abwärme Industrie

Abwärme Industrie	80 % Anschluss
Wärmebedarf [MWh/a]	14.900
Spitzenlast [kW]	6.700
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	300
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	3.200
Anteil Wärmebereitstellung Abwärme [%]	83
Anteil Wärmebereitstellung Biogas [%]	17
Wärmespeicher [m ³]	100
CO ₂ - Äq. Emissionen spezifisch 2024 [g/kWh]	27
CO ₂ - Äq. Emissionen absolut 2024 [t/a]	400
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	9,4
Wärmegestehungskosten [ct/kWh]	6,3
Verbraucherpreis [ct/kWh]	8,7

Mit einem Bezugspreis von 2 ct pro kWh ist Abwärme um knapp sechs ct billiger als Biomethan. Daher wird bei einer wirtschaftlichen Auslegung die Nutzung von Abwärme bevorzugt. Dies ist auch für eine umwelttechnische Auslegung der Fall. Abbildung 68 zeigt die Verteilung der bereitgestellten Wärme auf die Energiequelle für jeden Monat. Es ist zu sehen, dass vor allem die Abwärme verbraucht wird. Von April bis September wird das Wärmenetz fast ausschließlich durch Abwärme gespeist. Die sonst in die Umgebung geleitete Wärme wird so genutzt und ersetzt die zurzeit verwendeten fossilen Energieträger. Die Treibhausgasemissionen werden in Kapitel 9.5.3 diskutiert. Der Verbraucherpreis ist im Vergleich zum Wärmenetz im Loderhof mit 8,7 ct pro kWh trotz höherer Investitionskosten deutlich niedriger. Dies liegt an dem geringen Bezugspreis der Abwärme.

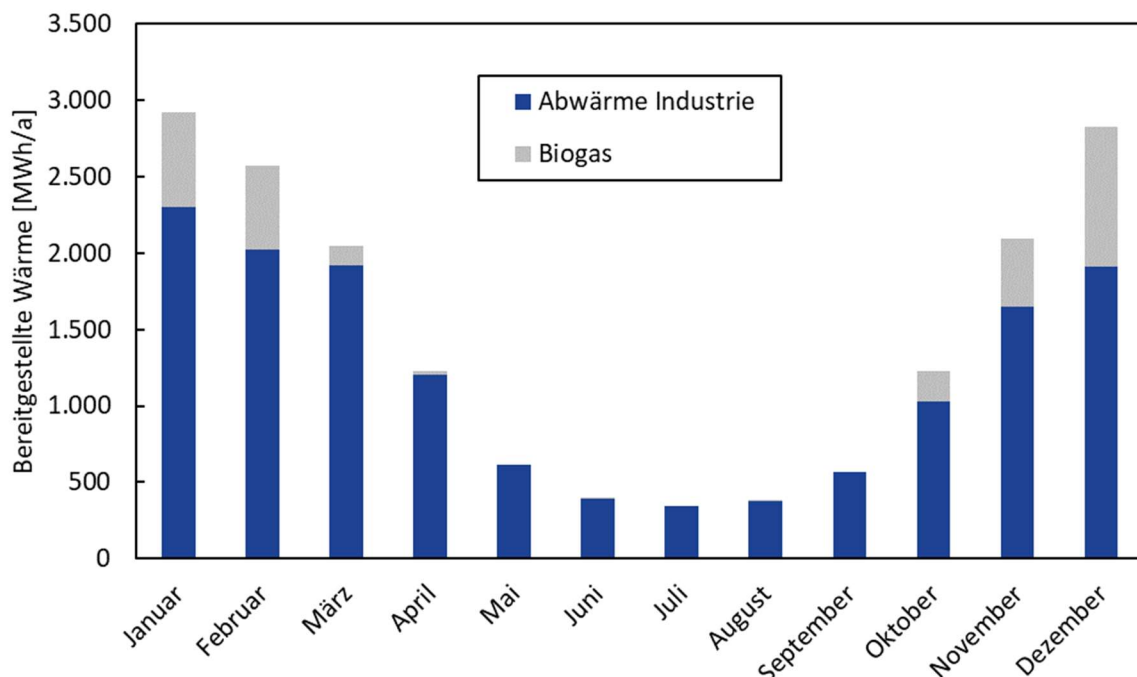


Abbildung 68: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Abwärme Industrie)



9.5.2. Abwärme Industrie und Kläranlage

In Tabelle 41 sind die Ergebnisse der Simulation für die Quellen Abwärme der Industrie sowie der Kläranlage und Biogas als Spitzenlast gelistet. Es werden die gleichen Parameter wie in Kapitel 9.5.1 gezeigt. Auch hier sei erwähnt, dass der Verbraucherpreis lediglich eine erste Orientierung darstellen soll und bei einer tatsächlichen Realisierung des Netzes abweichen kann.

Tabelle 41: Ergebnisse Simulation Wärmenetz Abwärme Industrie und Kläranlage

Abwärme Industrie und Kläranlage	80 % Anschluss
Wärmebedarf [MWh/a]	14.900
Spitzenlast [kW]	6.700
Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]	900
Biogasverbrauch (Biomethan) [MWh/a]	900
Anteil Wärmebereitstellung Industrie [%]	83
Anteil Wärmebereitstellung Kläranlage [%]	12
Anteil Wärmebereitstellung Biogas [%]	5
Wärmespeicher [m ³]	100
CO ₂ - Äq. Emissionen spezifisch 2024 [g/kWh]	28
CO ₂ - Äq. Emissionen absolut 2024 [t/a]	420
Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)	11,2
Wärmegestehungskosten [ct/kWh]	8,8
Verbraucherpreis [ct/kWh]	11,9

Abbildung 69 zeigt die Verteilung der bereitgestellten Wärme aufgeteilt nach Abwärmenutzung der Industrie sowie der Kläranlage als auch Biomethanbezug zur Spitzenlast. Mit einer zusätzlichen Quelle reduziert sich der Biogasverbrauch auf ungefähr 5 %. Für die Nutzung der Abwärme des geklärten Wassers am Austritt der Kläranlage wird sowohl ein Wärmetauscher als auch eine Wärmepumpe benötigt. Daher steigen die Investitionskosten im Vergleich zur Variante ohne Einbeziehen der Kläranlage. Zusätzlich sind die Stromkosten deutlich teurer als Abwärme oder Biogas. Daher steigen auch die Verbraucherkosten. Im folgenden Kapitel werden die Treibhausgas-Emissionen betrachtet.

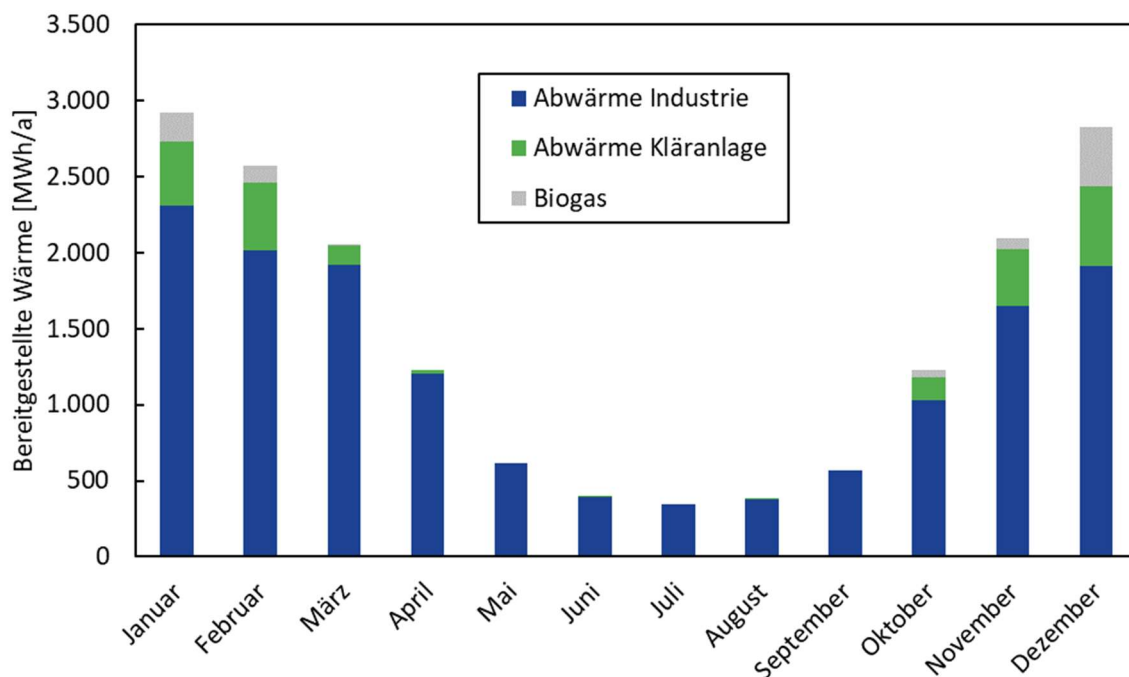


Abbildung 69: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger (Abwärme Industrie und Kläranlage)

9.5.3. Treibhausgas-Emissionen

Die spezifischen CO₂-Äquivalente belaufen sich bei der Nutzung von Abwärme der Industrie auf 27 g/kWh und bei der Nutzung von Abwärme der Industrie und der Kläranlage auf 28 g/kWh. Im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung des Gebietes, größtenteils gedeckt durch Gas und Öl, mit spezifischen Emissionen von 218 g/kWh (mittlere Emissionen der Stadt nach Treibhausgasbilanz) sind die spezifischen Emissionen der betrachteten Varianten deutlich geringer, da für die Nutzung von Abwärme ein CO₂-Äquivalent von 0 g/kWh angenommen wird. Analog zu Kapitel 8.5.3, zeigt Abbildung 70 den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung im Vergleich mit den betrachteten Varianten eines Wärmenetzes für eine Anschlussquote von 80 %. Zudem ist der Wärmebedarf der Gebäude dargestellt. Dieser reduziert sich um circa 17 % aufgrund von Sanierungen (Annahme einer Sanierungsquote von 1 %) und steigenden Temperaturen im Winter bedingt durch den Klimawandel. Dementsprechend nehmen die absoluten Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung über die nächsten Jahre ab. Aufgrund der Annahme von sinkenden spezifischen Emissionen des Energieträgers Strom reduzieren sich die CO₂-Äquivalente der Variante mit Kläranlage bis 2040 stärker als die Variante ohne nur mit industrieller Abwärme, da dort keine Wärmepumpe zur Temperaturerhöhung eingesetzt werden muss. Bei erstem ist ein größerer Biogasanteil vorhanden, dessen spezifische Emissionen sich nicht verändern. Insgesamt könnte so 44.600 ohne bzw. 45.800 t CO₂-Äquivalente mit Kläranlage bis zum Zieljahr 2040 eingespart werden.

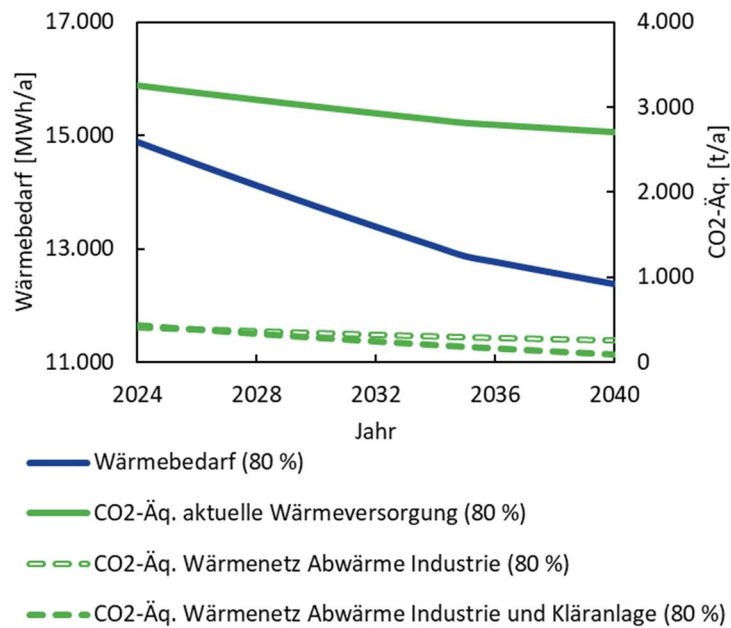


Abbildung 70: Wärmebedarf und CO₂-Äq. Emissionen für das betrachtete Gebiet Eisenhämmerstraße bis zum Zieljahr 2040 für eine Anschlussquote von 80 %.

9.5.4. Vergleich verschiedener Auslegungen

Abbildung 71 vergleicht die beiden betrachteten Varianten bezüglich deren Wärmegestehungskosten und spezifischen CO₂-Äquivalente. Wie bereits diskutiert, hat die Variante mit Kläranlage zum jetzigen Zeitpunkt höhere spezifische Emissionen, was sich bis 2040 aber ändert. Die Wärmegestehungskosten sind für die Variante ohne Kläranlage geringer.

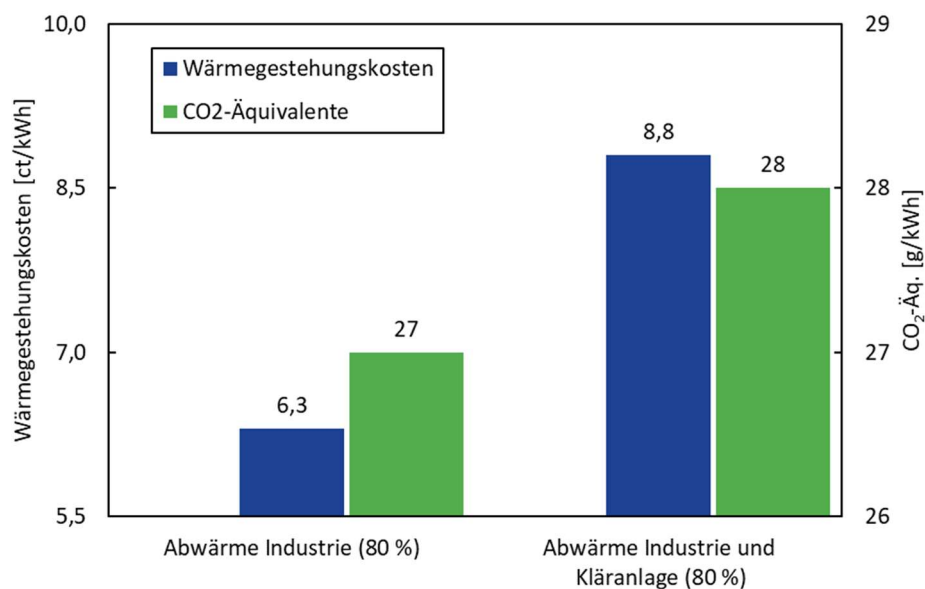


Abbildung 71: Vergleich verschiedener Auslegungen Wärmenetz Industriegebiet Eisenhämmerstraße

Da das Einbinden der Kläranlage in ein Wärmenetz im Industriegebiet Eisenhämmerstraße nicht nur zu teuren Wärmegestehungskosten, sondern auch (erstmal) zu höheren Emissionen führt, ist die Variante ohne Kläranlage zu bevorzugen. Zudem passt das Lastprofil der



Abwärme durch Abwasser gut zu dem Lastprofil des Bedarfs einer Wohnbebauung. Der Großteil des Bedarfs im betrachteten Gebiet wird jedoch durch das Gewerbe gestellt. Daher wäre es sinnvoll das Potenzial der Kläranlage in anderen Bereichen, z.B. im bestehenden Wärmenetz, zu nutzen.

9.6. Sektorgekoppelte Quartierslösung

In diesem Unterkapitel wird eine sektorgekoppelte Betrachtung des Industriegebietes Eisenhämmerstraße mit der umliegenden Wohnbebauung beschrieben. Qualitative Aussagen zu den Wärmegestehungspreisen sind nun nicht mehr möglich. Die Energiegestehungskosten hängen maßgeblich von den Strompreisen ab und werden daher nicht weiter untersucht. Hier sollen lediglich die bereitgestellten Energiemengen betrachtet werden. Es wird das Wärmenetz mit Abwärme und Biomethan als Quelle und einer Anschlussquote von 80 % untersucht.

9.6.1. PV-Potential

Für die Untersuchung werden PV-Module mit einer Leistung von 450 W_p pro Modul verwendet. Einige Unternehmen werden anhand von Luftbildern einer Grobbelegung mit PV-Modulen unterzogen. Zusätzlich wird der zentrale Parkplatz des Gebiets in Anbetracht der Möglichkeit von PV-Carports ebenfalls belegt. Darüber hinaus gibt es im Osten des Industriegebietes eine ausgewiesene PV-Vorrangfläche, die sich für eine Freiflächen-PV-Anlage eignet.

Bei der Grobauslegung der PV-Anlagen auf den Flachdächern wird ein Abstand von 2 Metern zur Dachkante konsequent eingehalten. Verschattungen durch Dachaufbauten und benachbarte Gebäude werden, soweit anhand von Luftbildern erkennbar, berücksichtigt. Statik der Gebäude und Aspekte der elektrotechnischen Einbindung werden in dieser Planungsphase noch nicht berücksichtigt.

Für die Freiflächenanlage wird ein Modultisch mit vier senkrecht übereinander angeordneten Modulen und einem Reihenabstand zwischen den Modultischen von 3,5 Metern vorgesehen. Die Breite des Wartungsgangs beträgt vier Meter. Zusätzlich wird ein Randabstand von drei Metern zur Grundstücksgrenze für die Installation eines Zauns sowie weitere drei Meter zwischen dem Zaun und der PV-Anlage eingeplant. Die potenziellen Blendwirkungen der Module auf die angrenzenden Büroräume werden nicht berücksichtigt. Auf Grundlage dieser Kriterien ergibt sich der in Abbildung 72 dargestellte Belegungsplan.



Abbildung 72: PV-Potenzial-Belegungsplan

Auf Basis dieser Belegung wird eine Simulation durchgeführt, um den potenziellen Ertrag der Anlage zu berechnen. Die Ergebnisse der Belegungsplanung und der Simulation sind in Tabelle 42 dargestellt.

Tabelle 42: PV-Potential Industriegebiet Eisenhämmerstraße

Betrachtung	Leistung [MW _p]	Erzeugung [GWh/a]
Aufdachanlagen	5,9	6,3
Freifläche	13,5	15,8
Summe	19,4	22,1

Da es sich bei den Dachflächen meistens um Produktions- und Lagerhallen von Firmen handelt, gibt es weitere Einflüsse, wie die Statik der Gebäude oder die Möglichkeiten bei der Eigennutzung bzw. der Einspeisung ins Netz, welche beeinflussen, wie stark das Potenzial ausgeschöpft werden kann. Zudem kann das tatsächliche Potenzial sich, aufgrund der Heterogenität der Dächer und somit der zur Verfügung stehenden Fläche, stark zur betrachteten Auslegung unterscheiden. Daher wird in der folgenden Untersuchung lediglich die PV-Freifläche mit einbezogen.

9.6.2. Energetische Gesamtbetrachtung

Im betrachteten Gebiet Eisenhämmerstraße besteht ein jährlicher Gesamtstrombedarf von etwa 75,9 GWh/a sowie ein Raumwärme- und Warmwasserbedarf von circa 14,9 GWh/a. Derzeit wird dieser Strombedarf zu etwa 15 % durch Eigenerzeugung im Gebiet gedeckt. Die Hochtemperatur-Prozesswärme der Industrie wird hier nicht mitbetrachtet. Abbildung 73 zeigt die benötigten Energiemengen und deren Energieträger.

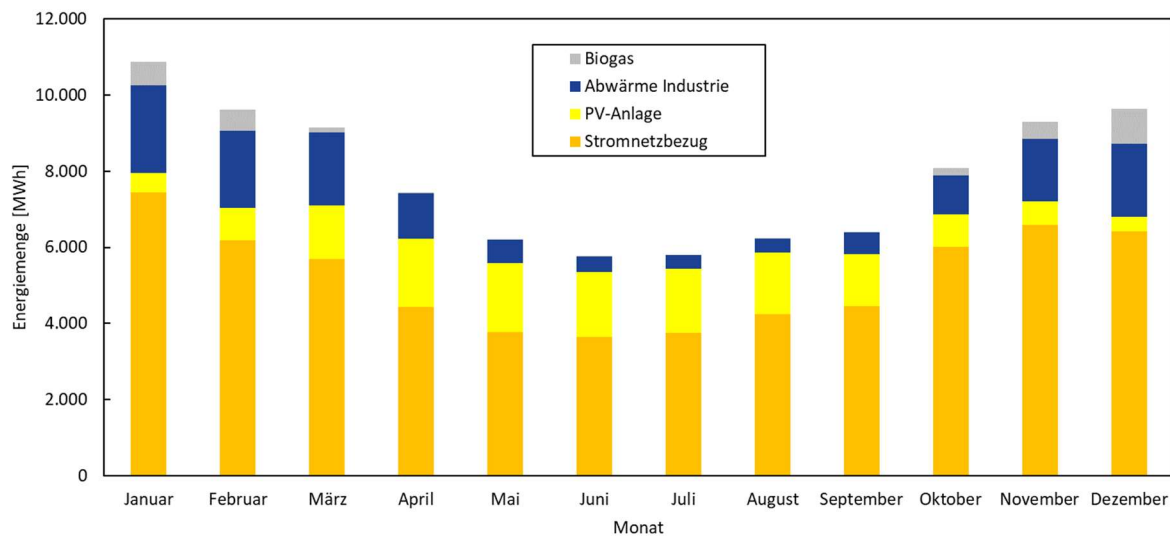


Abbildung 73: Sektorgekoppelte Energiebetrachtung

Es ist zu sehen, dass der Großteil der benötigten Energie, vor allem der Industrie, in dieser Betrachtung elektrisch ist. Mit einer PV-Freifläche, zusätzlich zur bereits bestehenden Anlage, kann der Strombedarf bei optimal Ausnutzung zu circa 34 % gedeckt werden. Die in Abbildung 72 gezeigt PV-Freifläche würde 19 % des Strombedarfs decken. Insgesamt muss jedoch weiterhin der Großteil aus dem Stromnetz bezogen werden.

9.7. Ausblick Prozess- und Abwärme

Da circa 85 % des Gasverbrauchs der betrachteten Industrie für Prozesswärme auf einem hohen Temperaturniveau ($> 150\text{ °C}$) verwendet wird, muss der jetzige Energieträger Erdgas in Zukunft durch eine gleichwertige Energiequelle (Wasserstoff, synthetisches Gas, Strom) ersetzt werden. Zudem muss bei einer Auslegung eines Wärmenetz mitgedacht werden, dass die Quelle Abwärme sich möglicherweise verkleinert oder nicht mehr zur Verfügung steht, da einige Firmen bereits Überlegungen zur eigenen Nutzung ihrer Abwärme durchführen. Außerdem muss bei einer weiteren Betrachtung auch die rechtliche Situation sowie die genauen Schnittstellen der Abwärmevermarktung genauestens analysiert werden.

10. 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 Stadt in Wärmeversorgungsgebiete werden Szenarien aufgezeigt. Der Rückgang des Wärmebedarfs durch Sanierung und steigenden 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 Fernwärme beschrieben. Auch die Entwicklungen des Erdgasnetzes sowie des Sektors Strom werden diskutiert.

10.1. 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 [29] wird in den Jahren 2024-2035 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 Kapitel 7 angenommen Sanierungsquote von einem Prozent pro Jahr 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 Haushalte und Kleingewerbe, kommunale Liegenschaften und öffentliche Großverbraucher sowie Industrie und 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. Dieser ist von den oben betrachteten Faktoren unabhängig und das Optimierungs- und Einsparpotential muss in jedem Unternehmen einzeln betrachtet werden. Da keine pauschale Aussage bezüglich der zukünftigen Entwicklung getroffen werden kann, wird in dieser Untersuchung nur die Bedarfsreduktion im Bereich Raumwärme und Warmwasser betrachtet und für die Prozesswärme der aktuelle Verbrauch angenommen.

Bei einigen großen Unternehmen liegen die Werte für Raum- und Prozesswärme einzeln vor. Bei den meisten Firmen ist nur der Gesamtwärmebedarf bekannt. Bei diesen Unternehmen wird der gesamte Wert der Raumwärme zugerechnet. Um die teils auf hohem Temperaturniveau anfallende Prozesswärme effizient zu nutzen, müssen Möglichkeiten der Abwärmenutzung zum Beispiel in einem Wärmenetz betrachtet werden (s. Kapitel 9).

Die Veränderung des Wärmeverbrauchs der einzelnen Verbrauchergruppen ist in Abbildung 74 dargestellt. Im Bereich Haushalte und Kleingewerbe ist der absolute Rückgang am größten. Der prozentuale Rückgang aller Verbrauchergruppen liegt für Raumwärme und Warmwasser annähernd gleich bei ungefähr 16 %.

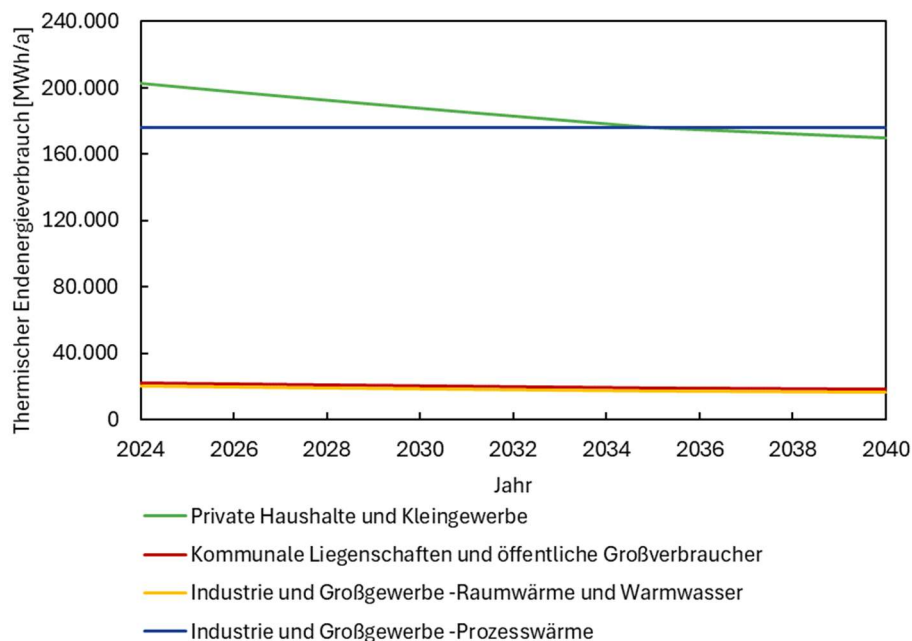


Abbildung 74: Thermischer Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppen bis 2040

10.2. 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.

10.2.1. 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 beruhen auf Angaben des örtlichen Netzbetreibers Danpower GmbH sowie den zukünftigen Wärmeverbräuchen der Wärmenetzeignungsgebiete (einschließlich des Fokusgebiets Loderhof). Ausgegangen wird von einer Anschlussquote von 80 Prozent (des Wärmebedarfs), dabei wird die Versorgung anteilig auf Haushalte und kommunale Liegenschaften aufgeteilt.

Unter dem Überbegriff Grüne Gase sind Biomethan, Wasserstoff und 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. Da Grüne Gase auch in Zukunft zur Spitzenlastdeckung gebraucht werden und diese regenerativ erzeugt werden können, werden sie in den Zielszenarien verwendet. Bei der Entwicklung des Energieträgers Erdgas werden die Anmerkungen des Gasverteilnetzbetreibers N-ERGIE Netz GmbH berücksichtigt.

Da das Potenzial der Biomasse im Stadtgebiet bereits vollständig genutzt wird, wird ein Zubau von Pellets oder Scheitholzkesseln nur in Ausnahmefällen angenommen. Durch die durch Sanierung und den Klimawandel sinkenden Wärmebedarfe sowie den Einsatz effektiverer

Heizungen, teilweise in Kombination mit einer Brauchwasserwärmepumpe, kann insgesamt von einem Rückgang der erzeugten Wärmemengen ausgegangen werden. Im Zielszenario wird das Biomassepotenzial durch die Verbrauchergruppe der privaten Haushalte und des Kleingewerbes aufgebraucht. Da im Biomasseheizkraftwerk der Danpower GmbH primär Strom erzeugt wird und dadurch noch eine große Menge an Abwärme zur Verfügung steht, ist die zusätzliche Nutzung von Biomasse für den Fernwärmeeinsatz zu vertreten. Zudem liegt für das Heizkraftwerk eine SURE-EU Zertifizierung vor.

Da die Kosten der Energieträger eine entscheidende Rolle bei deren Einsatz spielen, wird der CO₂-Preis bei der Entwicklung der Wärmeerzeugung mitberücksichtigt. Für den CO₂-Preis wird der in Abbildung 75 dargestellte Verlauf 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 die Prognosen des Non-ETS-CO₂-Preises betrachtet.

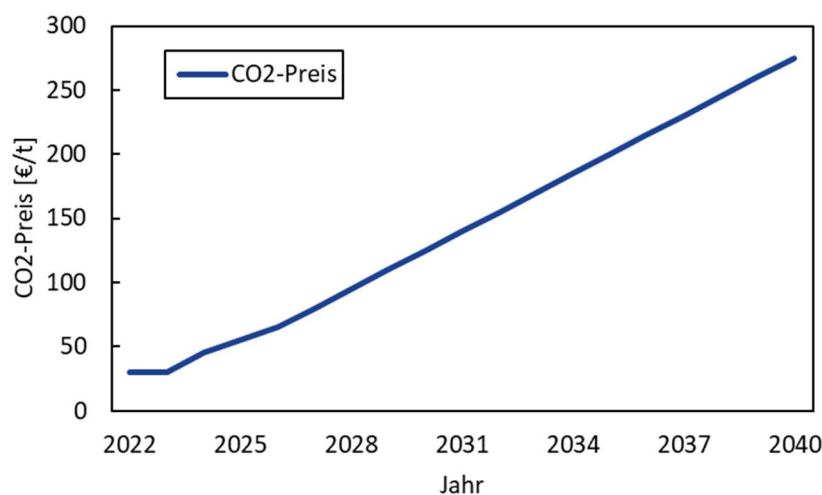
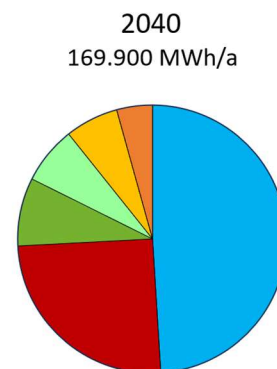
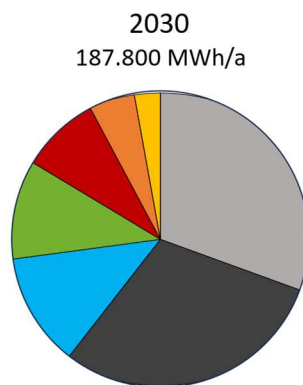
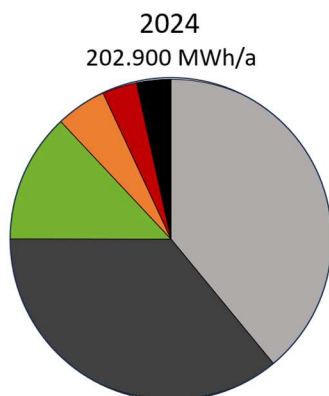
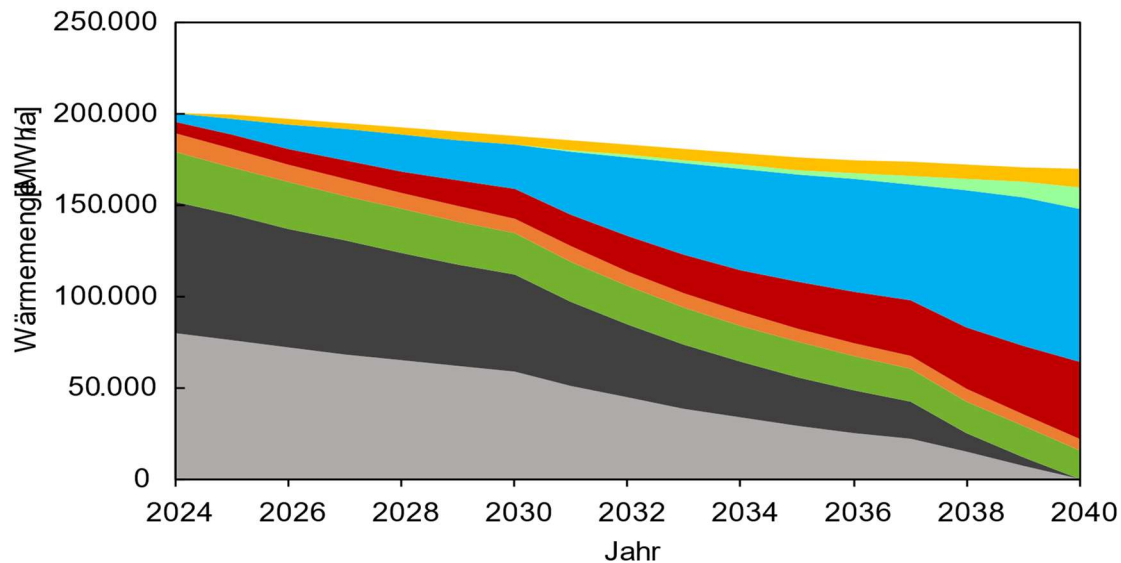


Abbildung 75: Entwicklung des CO₂-Preises (Non-ETS) [9]

Im Sektor Industrie wird bei der Wärmeerzeugung zwischen Raumwärme und Prozesswärme unterschieden. Für die Prozesswärme konnten nur die im Rahmen der ausgefüllten Fragebögen vorliegenden Daten als Untersuchungsgrundlage genutzt werden. Da die Entwicklung der Prozesswärme vor allem von den Unternehmen abhängt, wird hier von keiner Reduktion der benötigten Wärme ausgegangen.

10.2.2. Private Haushalte und Kleingewerbe

In Abbildung 76 ist die Entwicklung der Wärmeerzeugung des Sektors Private Haushalte und Kleingewerbe zu sehen. Die sinkenden Energieverbräuche sind anhand der Größe der Kreise verdeutlicht.



Energieträger	Jahr	2024	2030	2040
Erdgas		40%	31%	-
Heizöl		36%	28%	-
Andere		3%	-	-
Grüne Gase		-	-	7%
Naturbel. stückiges Holz		13%	12%	9%
Wärmepumpen		*	13%	49%
Fernwärme		3%	8%	25%
Pellets		5%	4%	4%
Solarthermie		*	3%	6%

* In Andere enthalten

Abbildung 76: Zielszenario der Energieträgerverteilung private Haushalte und Kleingewerbe

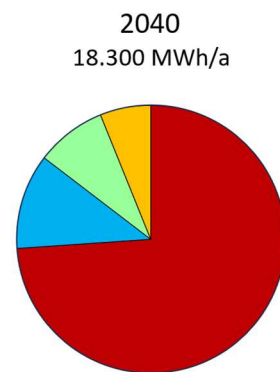
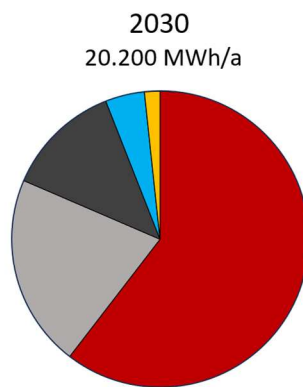
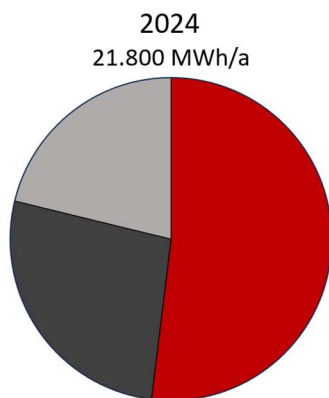
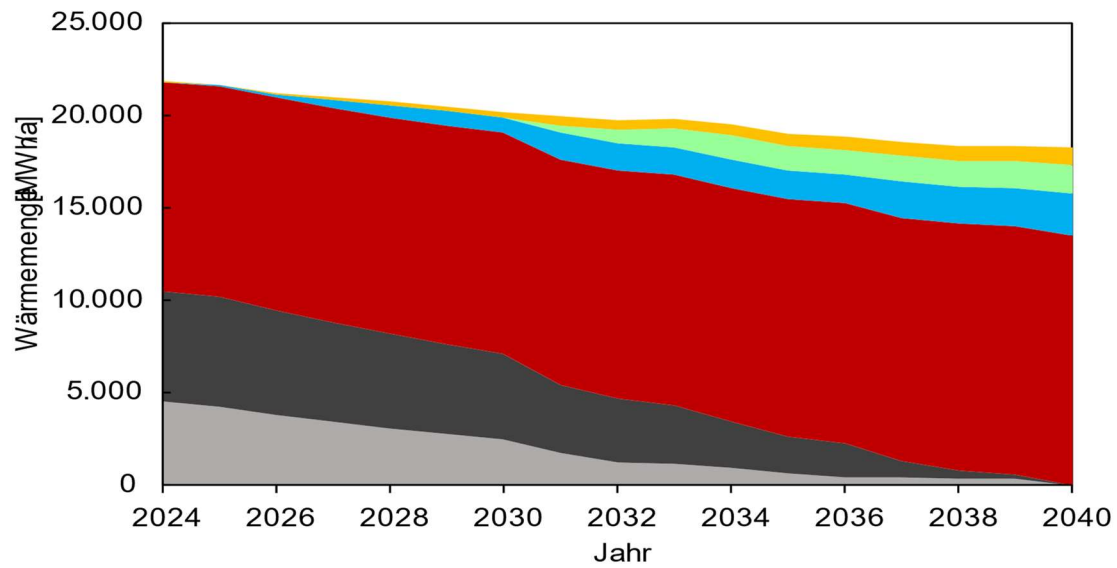
Im Jahr 2030 sind die Energieträger Erdgas und Heizöl immer noch die meistgenutzten Brennstoffe, es zeichnet sich jedoch bereits ein Ausbau der Fernwärme und anderer Erzeugungstechnologien wie Wärmepumpen und Solarthermie ab. In den Jahren darauf beschleunigt sich die Entwicklung aufgrund des Inkrafttretens der 65-Prozent-Regel des Gebäudeenergiegesetzes und der sukzessive steigenden CO₂-Preise. Die Fernwärme macht im Jahr 2040 25 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 49 Prozent. Wobei es sich hier um Luft- und Sole-Wärmepumpen handeln kann. Pellets,



naturbelassenes stückiges Holz, grüne Gase und Solarthermie sind alle jeweils im einstelligen Prozentbereich. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Holz und Pellets aufgrund des bereits ausgeschöpften Biomassepotential keine neuen Anlagen mehr gebaut werden und sich die Gesamtmenge durch den sinkenden Verbrauch und ggf. der Nutzung von hybriden Systemen etwas reduziert. Bei der Solarthermie werden unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit circa ein Viertel des Potenzials genutzt, die übrige Dachfläche kann mit PV-Panels belegt werden. Es wird geschätzt, dass 2040 circa 15 % des jetzigen Erdgasverbrauches durch Grüne Gase gedeckt werden kann. Andere Energieträger wie Erdgas, Heizöl, Kohle und Flüssiggas verschwinden aus dem Energiemix.

10.2.3. Kommunale Liegenschaften mit öffentlichen Großverbrauchern

Im Bereich der kommunalen Liegenschaften und öffentlichen Großverbraucher stellt die Fernwärme bereits jetzt die dominante Erzeugungstechnologie dar. Auch in Zukunft soll hier der Fokus der Wärmeversorgung von kommunalen Liegenschaften liegen, sodass im Jahr 2040 Fernwärme 74 % der Gesamterzeugung ausmacht. Die restliche Wärme wird durch Wärmepumpen (wo es möglich ist), Solarthermie und Grüne Gase bereitgestellt. Vor allem in der Altstadt wird es wahrscheinlich, aus Platzgründen, auf eine Versorgung durch Fernwärme oder Grünen Gases hinauslaufen. Pellets und stückiges Holz werden aufgrund des begrenzten Potentials den privaten Haushalten und dem Kleingewerbe vorbehalten. Auch hier wird circa ein Viertel der verfügbaren Fläche für Solarthermie genutzt. Die Entwicklung wird in Abbildung 77 dargestellt.

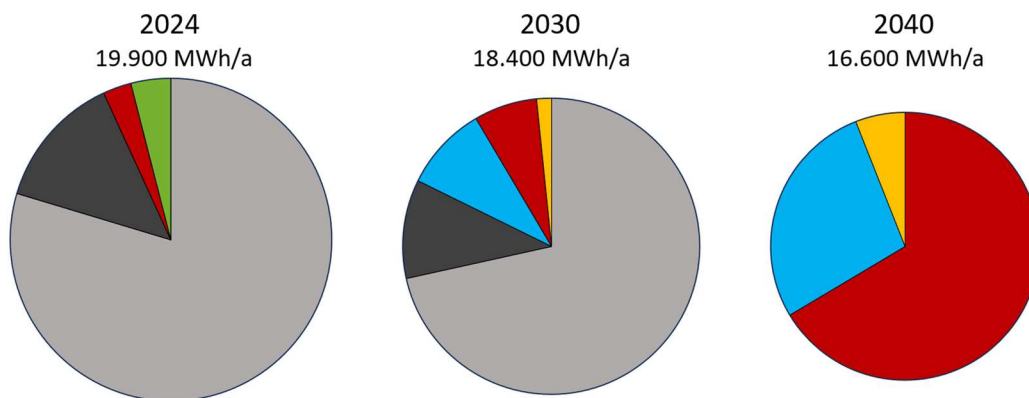
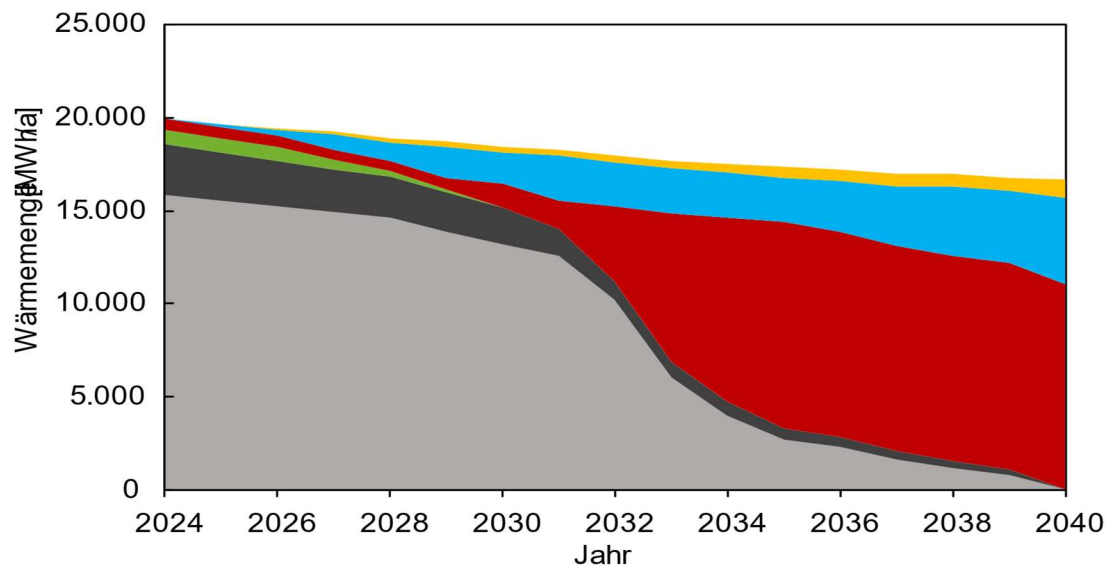


Energieträger	Jahr	2024	2030	2040
Erdgas		21%	12%	-
Heizöl		28%	23%	-
Grüne Gase		-	-	8%
Wärmepumpen		-	4%	13%
Fernwärme		51%	60%	74%
Solarthermie		-	1%	5%

Abbildung 77: Zielszenario der Energieträgerverteilung kommunale Liegenschaften und öffentl. Großverbraucher

10.2.4. Industrie und Großgewerbe

Bei Industrie und Großgewerbe wird zwischen Raum- und Prozesswärme unterschieden. In Abbildung 78 ist die Entwicklung der Raumwärme bis 2040 abgebildet.



Energieträger	Jahr	2024	2030	2040
Erdgas		80%	71%	-
Heizöl		13%	11%	-
Naturbel stückiges Holz		4%	-	-
Wärmepumpen		-	9%	28%
Fernwärme		3%	7%	66%
Solarthermie		-	2%	6%

Abbildung 78: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Raumwärme und Warmwasser Industrie und Großgewerbe

Im Moment dominiert Erdgas mit 80 Prozent die Wärmeerzeugung für Raumwärme und Warmwasser. Unter der Annahme, dass das im Rahmen der Fokusgebiete betrachtete Wärmenetz im Industriegebiet Eisenhämmerstraße umgesetzt wird sowie ein Ausbau des vorhandenen Wärmenetzes stattfindet, wird im Jahr 2040 66 % der Wärme durch Fernwärme bereitgestellt.

Die übrige Energie wird mittels Wärmepumpen und Solarthermie erzeugt. Auch hier wird Biomasse nicht betrachtet, da das Potenzial im Gemeindegebiet der Verbrauchergruppe der privaten Haushalte und des Kleingewerbes zugeschrieben wird. Es wird davon ausgegangen, dass im Industriebereich die Mehrheit der Dachflächen für PV-Anlagen verwendet wird.

In Abbildung 79 ist die Entwicklung der Prozesswärme der Industrie bis zum Jahr 2040 aufgezeigt.

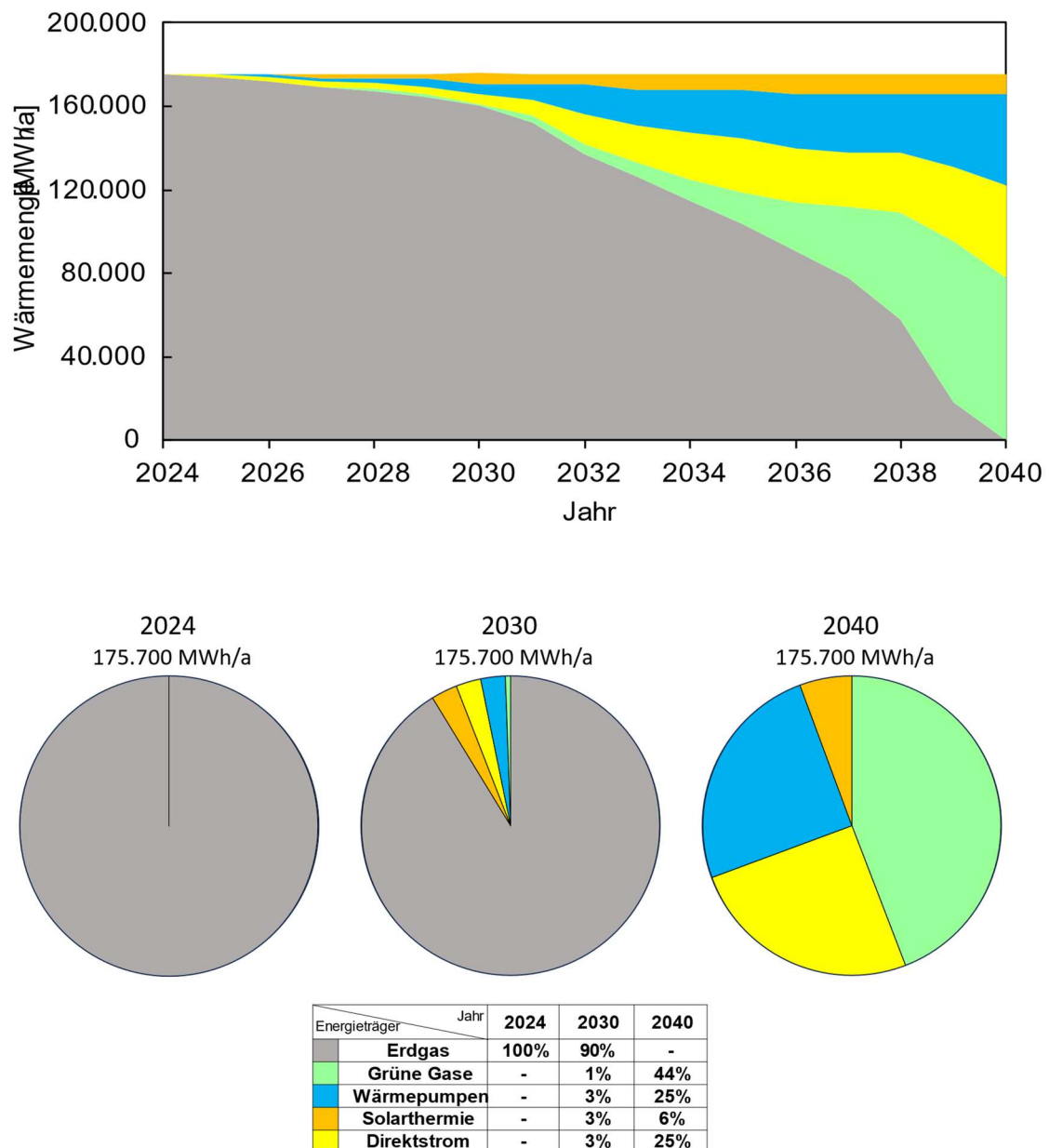


Abbildung 79: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Prozesswärme Industrie und Großgewerbe



Im Bereich der Prozesswärme findet aktuell die Wärmeerzeugung ausschließlich auf Basis von Erdgas statt. Unter der Annahme, dass die Verfügbarkeit grüner Gase erst nach 2040 im größeren Umfang in Sulzbach-Rosenberg sichergestellt ist, und die Elektrifizierung von Prozessen einer aufwendigeren Planung bedürfen, erfolgt auch 2030 die Wärmeerzeugung noch überwiegend fossil. Nur ein kleiner Anteil der Wärme wird mittels Wärmepumpen, Solarthermie und Direktstrom bereitgestellt. Im Jahr 2040 machen grüne Gase etwa 44 Prozent der Energieträger aus, da davon ausgegangen wird, dass einige Prozesse in Bestandsanlagen, die hohe Temperaturniveaus benötigen nicht elektrifiziert werden können. Die übrige Wärme wird mittels Direktstrom, Wärmepumpen und Solarthermie (z.B. über Parabolspiegel) erzeugt. Aufgrund der vorhandenen Branchen werden hohe Temperaturniveaus benötigt, die nach aktuellem Stand nur mittels Verbrennung oder induktiven Verfahren bereitgestellt werden können. Aus diesem Grund ist der Anteil Grüner Gase und Direktstrom derart hoch. Inwieweit zukünftig Abwärmenutzung zur Raumheizung vor Ort durchgeführt werden kann, erfordert einer individuellen Betrachtung in jedem Unternehmen. Aus diesem Grund wird dieser Aspekt in den Szenarien nicht berücksichtigt.

10.3. 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 Wert des Stroms und der Fernwärme 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 Fernwärmeerzeugung 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. Lediglich dem Anteil der genutzten Abwärme werden bei der Fernwärme keine Emissionen zugeordnet, da diese bei der Prozesswärmeerzeugung angerechnet werden.

In Abbildung 80 ist die Entwicklung der Treibhausgasbilanz aus dem beschriebenen Zielszenario dargestellt. Dabei wird deutlich, dass zum heutigen Zeitpunkt die Bereiche Prozesswärme und private Haushalte und Kleingewerbe aufgrund der hohen erzeugten Wärmemengen die meisten Emissionen verursachen. Entsprechend bringen diese Verbrauchergruppen die größte absolute Reduktion an Emissionen mit sich.

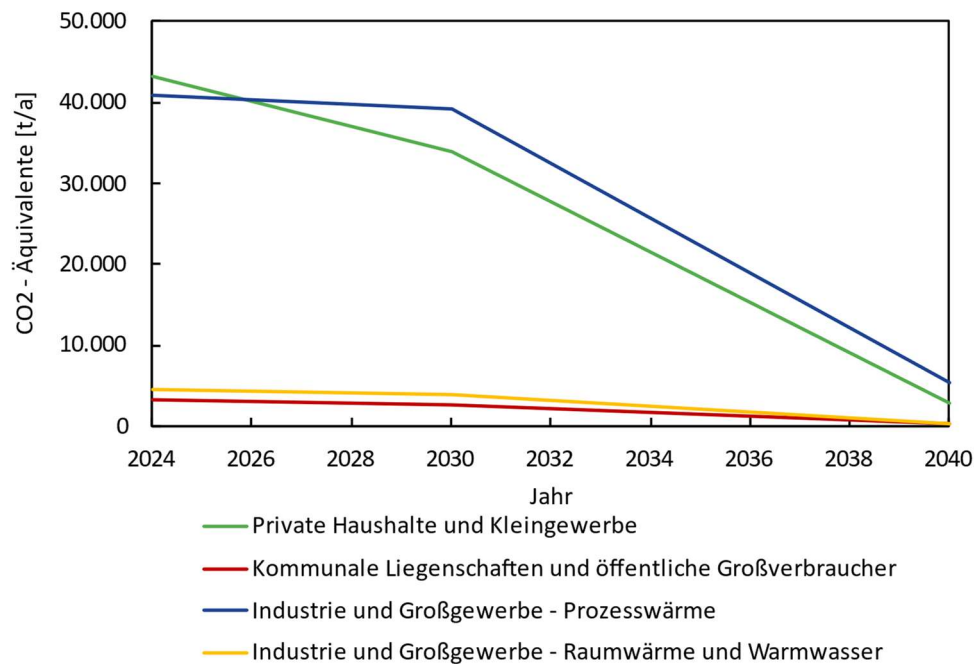


Abbildung 80: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040

Abbildung 81 zeigt die Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 auf. Für dezentrale Gebiete werden Wärmepumpen in Zukunft die größte Rolle in dem Sektor Wärme darstellen. Dies stimmt mit dem Ziel der Sektorenkopplung überein. Aber auch in Wärmenetzen oder der Industrie sind Wärmepumpen eine Möglichkeit der Wärmebereitstellung. Da die Prozesswärme weiterhin einen Großteil der benötigten Energie einnimmt, wird eine hohe Menge an Grünen Gasen sowie Direktstrom benötigt. Die Fernwärme wird ausgebaut. Dies stimmt unter anderem mit den Zielen der Bundesregierung überein. Die restliche Wärmemenge wird durch Solarthermie, naturbelassenem stückigen Holz und Pellets bereitgestellt. Dieses Szenario stimmt mit dem Ziel der Wärmewende überein. Alle Energiequellen können regenerativ betrieben werden. Insgesamt fallen in diesem Szenario 2040 noch 7.300 t CO₂-Äquivalente an Emissionen an. Das sind 92 % weniger im Vergleich zur aktuellen Situation. Für den Betrieb der Wärmepumpen werden bei einer Jahresarbeitszahl von 3 circa 44.000 MWh pro Jahr an elektrischer Energie benötigt. Dies sind lediglich rund 38 % des theoretischen PV-Potenzials in der Stadt.

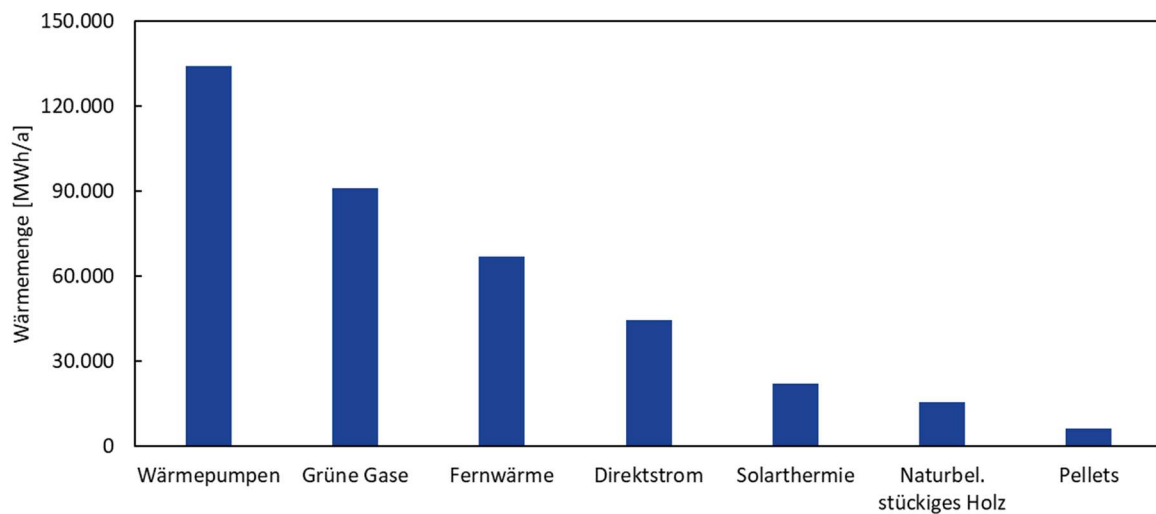


Abbildung 81: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040

10.4. Entwicklung Fernwärme

Die Fernwärme wird von aktuell 18 GWh/a auf 66,3 GWh/a ausgebaut. Dieser Ausbau beruht auf Angaben der Danpower GmbH sowie dem Bedarf in den Wärmenetzzeignungsgebieten mit einer Anschlussquote von 80 Prozent und den Ergebnissen der Fokusgebiete Eisenhämmerstraße und Loderhof. In Abbildung 82 ist die Entwicklung der Fernwärme dargestellt. Die Größe der Kreise stellen die durch die Fernwärme bereitgestellten Wärmemengen dar.

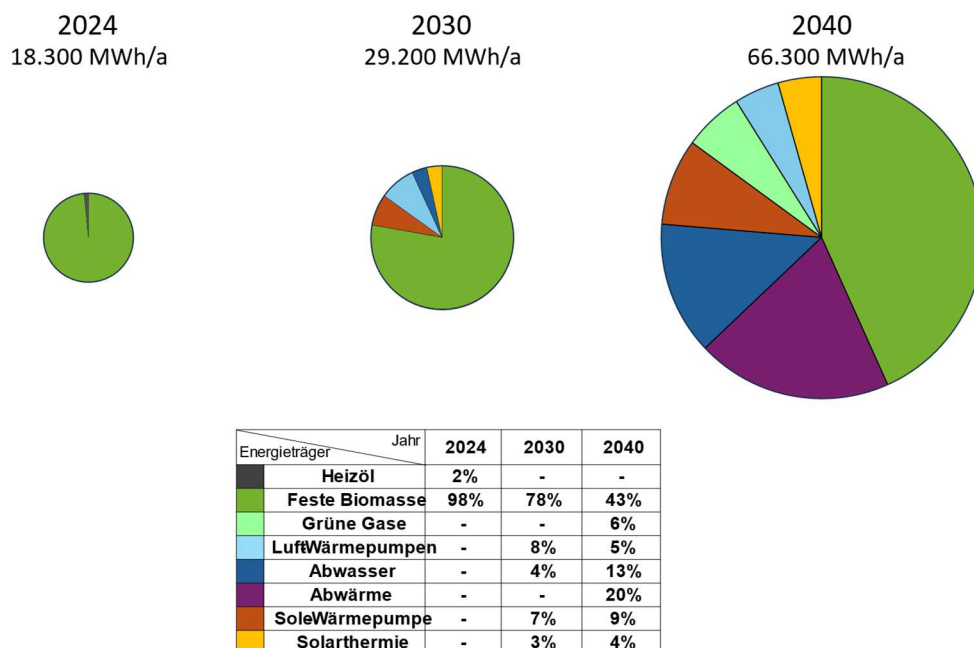


Abbildung 82: Entwicklung Fernwärme

Auf den Zubau weiterer dezentraler Biomasseheizungen wird aufgrund des ausgeschöpften Potenzials verzichtet. Da das bestehende Heizkraftwerk der Danpower GmbH aktuell jedoch die anfallende Abwärme der Stromerzeugung nur teilweise für die Fernwärme nutzt, kann die Menge der aus Biomasse erzeugten Fernwärme noch gesteigert werden. Die Wärmemengen

werden anhand der Angaben der Danpower GmbH zum möglichen Ausbau des Netzes angenommen. Bis 2040 diversifizieren sich die Erzeugungstechnologien stärker. Die feste Biomasse macht nun etwas weniger als die Hälfte der Energieträger aus. 20 % der Wärme wird mittels Abwärme aus der Eisenhämmerstraße gewonnen, darüber hinaus wird Abwasserwärme aus der Kläranlage bezogen. Luftwärmepumpen, Wärmepumpen in Verbindung mit Geothermie, Solarthermie und Biogas zur Spitzenlastdeckung, wie zum Beispiel im Fokusgebiet Loderhof, vervollständigen den Energieträgermix. Die Fernwärmeversorgung kann sowohl in Form eines einzigen großen Netzes als auch mit mehreren kleinen Netzen erfolgen.

Da, wie bereits erwähnt, das Potenzial der Biomasse auf dem Gemeindegebiet ausgereizt ist, sollte auch für die Fernwärme in Zukunft weniger davon zum Einsatz kommen. Vor allem in warmen Monaten wäre eine Wärmepumpe eine gute Alternative als Grundlast im bestehenden Heizkraftwerk. Eine netzdienlichere Betriebsweise wäre dadurch möglich. In Zeiten hoher PV- und Winderträge kann die Wärmepumpe den Strom in Wärme umwandeln. Eine mögliche zukünftige Betriebsweise ist in Abbildung 83 dargestellt. Hierbei werden die Ausbauziele des Netzbetreibers mitberücksichtigt.

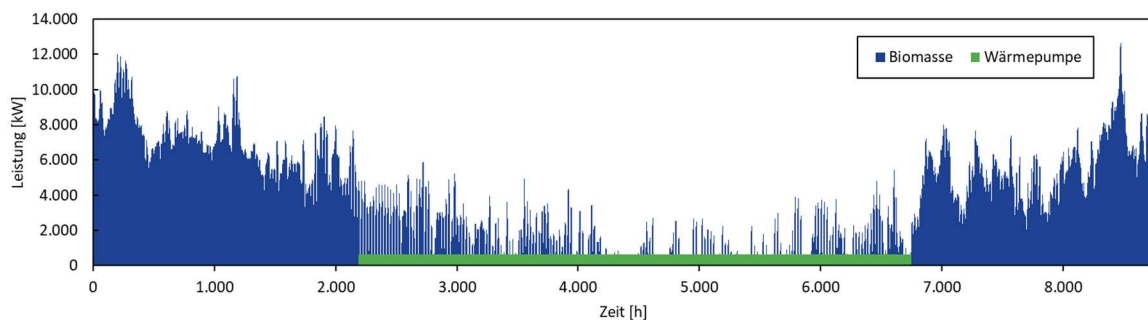


Abbildung 83: Möglicher Lastgang des Fernwärmenetzes der Danpower GmbH 2040

10.5. Entwicklung Erdgasnetz

Laut dem Gasverteilnetzbetreiber in Sulzbach-Rosenberg, 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 Sulzbach-Rosenberg erhalten bleiben wird, um die Großabnehmer weiterhin zuverlässig mit Energie versorgen und zukünftig gasbasierte klimaneutrale Versorgungsmöglichkeiten gewährleisten zu können.



Zwecks möglicher Umstellung auf Wasserstoff gibt es für die Netzbetreiber noch keine Regelung. Eine Leitung des geplanten Wasserstoffkernnetzes soll durch den nördlichen Bereich des Landkreises verlaufen. 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. Ein Anschluss in den nächsten Jahren wird jedoch als eher unwahrscheinlich erachtet. 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.

10.6. Ausblick Strom

In Sulzbach-Rosenberg sind zwei Stromverteilnetzbetreiber aktiv, die N-ERGIE Netz GmbH und die Bayernwerk Netz GmbH. Laut der N-ERGIE Netz GmbH wird eine Verstärkung der Stromnetzinfrastruktur vorangetrieben, so dass auch in Zukunft zusätzliche elektrische Verbraucher wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge aufgenommen werden können. Ein enger Austausch mit der Kommune ist dennoch weiterhin notwendig. Die Bayernwerk Netz GmbH plant die Verlegung eines neuen 20 kV Erdkabels über die Eisenhämmerstraße zum Umspannwerk Rosenbach. In diesem ist zudem laut Netzausbauplan der Bayernwerk Netz GmbH ein Ersatzneubau bis spätestens 2045 geplant. Die Stromnetzkapazitäten in Sulzbach-Rosenberg sind also zum aktuellen Stand vorbereitet auf einen Zubau erneuerbarer Verbraucher und Einspeiser. Eine kontinuierliche Abstimmung zwischen Kommune und Netzbetreibern ist aber weiterhin sehr wichtig.



11. Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Um die beschriebenen Zielszenarien möglichst effizient und kostengünstig zu erreichen, müssen Maßnahmen in verschiedenen Bereichen ergriffen werden. Grundlage der Umsetzungsstrategie sind folgende Stickpunkte:

- Ausbau bestehender Wärmenetzinfrastruktur oder Neubau von Gebäude- und Wärmenetzen
 - o Erschließung neuer Potenziale
 - o Anschluss von Abnehmern
- Austausch von Heizungsanlagen hin zu erneuerbaren Wärmeerzeugern insbesondere in dezentralen Versorgungsgebieten
- Maßnahmen zur Sanierung und Effizienzsteigerung
- Maßnahmen, die die Transformation bestehender Strukturen begleiten
- Verstärkte Information und Beratung der Bürgerinnen und Bürger zu relevanten Energie-Themen

Im Weiteren sind zu diesen Bereichen 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 43 sind die geplanten Maßnahmen aufgelistet.

Tabelle 43: Umsetzungsmaßnahmen Stadt Sulzbach-Rosenberg

Kürzel	Maßnahme	Zeithorizont
M1	Machbarkeitsstudie zur energetischen Nutzung der Kläranlage	Kurzfristig
M2	Machbarkeitsstudie Wärmenetz Loderhof	Kurzfristig
M3	Machbarkeitsstudie für eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz der kommunalen Liegenschaften am Annabergweg	Kurzfristig
M4	Erste Absprache und ggf. Machbarkeitsstudie Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz Krankenhaus und Vogelherdstraße	Mittelfristig
M5	Fernwärmenetzausbau und -verdichtung	Kurz-/ Mittelfristig
M6	Beratung zu energetischen Gebäudesanierungen für Wohngebäude	Mittelfristig
M7	Auftakt-Informationsveranstaltung zur energetischen Gebäudesanierung und zum Heizungstausch im dezentralen Gebiet Sternstein	Kurzfristig
M8	Sanierung der denkmalgeschützten städtischen Verwaltungsgebäude	Mittelfristig
M9	Akteurszusammenschluss und Machbarkeitsstudie Wärmenetz Industriegebiet Eisenhämmerstraße	Kurzfristig
M10	Detaillierte Potenzialanalyse Abwasserkanäle	Kurzfristig
M11	Prüfung eines Programms zur Heizungsvermietetung	Mittelfristig
M12	Einrichtung einer Energie-Rubrik auf der Stadtwebseite	No regret
M13	Suffizienzstrategie für die Wärmewende im Wohnsektor	No regret

Um die Bewertung zu systematisieren, wird in Tabelle 44 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 [41] in 4 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 44: Legende für Maßnahmenkatalog in Anlehnung an [42]

CO₂-Minderungspotenzial:

Symbol	Bedeutung	Quantitativ	Punktzahl
↑↑↑	Wirkung: hoch	> 500 t CO ₂ / a	3
↑↑	Wirkung: mittel	< 500 t CO ₂ / a und > 100 t CO ₂ / a	2
↑	Wirkung: gering	< 100 t CO ₂ / a	1

Energieeinsparung/Effizienzsteigerung:

Symbol	Bedeutung	Quantitativ	Punktzahl
↑↑↑	hoch	> 1.000 MWh/ a	3
↑↑	mittel	< 1.000 MWh/ a und > 50 MWh/ a	2
↑	gering	< 50 MWh/ a	1

Finanzieller Aufwand:

Symbol	Bedeutung	Quantitativ	Punktzahl
€	niedrig	< 50.000 €	3
€€	mittel	> 50.000 € und < 200.000 €	2
€€€	hoch	> 200.000 €	1

Dauer der Umsetzung:

Symbol	Bedeutung	Quantitativ	Punktzahl
⌚	kurz	< 1 Jahr	3
⌚ ⌚	mittel	> 1 Jahr und < 3 Jahre	2
⌚ ⌚ ⌚	lang	< 3 Jahre	1

Aufwand Ressourcen (Verwaltung):

Symbol	Bedeutung	Quantitativ	Punktzahl
📄	gering	< 10 Personentage	3
📄📄	mittel	> 10 Personentage und < 50 Personentage	2
📄📄📄	hoch	> 50 Personentage	1



Im Folgenden ist exemplarisch der Maßnahmensteckbrief M1 abgebildet. Alle weiteren Steckbriefe sind im Anhang zu finden.

M1 Machbarkeitsstudie zur energetischen Nutzung der Kläranlage		
Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Eine Machbarkeitsstudie zur energetischen Nutzung der Kläranlage in Sulzbach-Rosenberg soll unter Berücksichtigung einer zukunftsfähigen Betriebsweise durchgeführt werden. Dabei sollen alle energetischen Potenziale und deren Einsatzmöglichkeiten, z.B. in einem Wärmenetz, untersucht werden. Auch die Anbindung an das bestehende Wärmenetz sollte geprüft werden.
	Ziel der Maßnahme	Untersuchung potenzieller Wärmequellen für den Einsatz in Wärmenetzen
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
	Verbrauchergruppe	Gruppenübergreifend
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial nach Errichtung der Anlage	↑↑↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✘
	Beratung	✘



Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	Nur Machbarkeitsstudie Kläranlage (Klimaschutzinitiative): https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/richtlinie-zur-foerderung-von-klimaschutzprojekte.html Machbarkeitsstudie zusammen mit Planung und Umsetzung des Netzes: Bundesförderung effiziente Wärmenetze https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
Umsetzung	Zeitplan	Kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Veröffentlichung der Studie
	Nächste Schritte	Beantragung von Fördermitteln/ Ausschreibung der Studie



12. Literaturverzeichnis

- [1] 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].
- [2] 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].
- [3] Bayrisches Landesamt für Umwelt, „UmweltAtlas,“ <https://www.umweltatlas.bayern.de/>, 2024.
- [4] Landratsamt Amberg-Weizsach, „Solarpotenzialkataster,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solare-stadt.de/amberg-sulzbach/Solarpotenzialkataster>. [Zugriff am 02 2024].
- [5] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Energie-Atlas Bayern,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>. [Zugriff am 01 2024].
- [6] D. Merten und D. Falkenberg, „Wärmegewinnung aus Biomasse,“ Leipzig, 2004.
- [7] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden,“ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2020.
- [8] 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].
- [9] 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].
- [10] 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].
- [11] Umweltbundesamt, „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger,“ Dessau-Roßlau, 2022.



- [12] Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, „Ist die Verbrennung von Holz gesundheits- und klimaschädlich?“, Straubing, 2023.
- [13] 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].
- [14] 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].
- [15] 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].
- [16] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „FAQ: Oberflächennahe Geothermie,“ [Online]. Available: https://www.lfu.bayern.de/geologie/oberflaechennahe_geothermie/faq_geothermie/index.htm. [Zugriff am 04 2024].
- [17] Trepesch Landschaftsarchitektur, „Ermittlung von geeigneten Freiflächen-Photovoltaik-Vorrangflächen,“ Amberg, 2023.
- [18] Aalborg CSP, „Solarthermieranlage, Dänemark,“ 04 2024. [Online]. Available: <https://www.aalborgcsp.de/projekte/fernwaerme/8-mwth-thermische-solaranlage-daenemark>. [Zugriff am 03 2024].
- [19] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Hausmüll in Bayern,“ Augsburg, 2023.
- [20] Umweltbundesamt, „Altholz,“ 04 2019. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/altholz#sekundarproduktion>. [Zugriff am 02 2024].
- [21] Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., „Biogas - Biogasdaten Deutschland,“ Hürth, 2008.
- [22] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Faustzahlen Biogastechnologie,“ [Online]. Available: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>. [Zugriff am 12 04 2024].
- [23] 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].



- [24] Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, „Bauleitplanung für Windenergieanlagen,“ München, 2023.
- [25] C.A.R.M.E.N. e.V., QM Holzheizwerke - Planungshandbuch, Straubing, 2022.
- [26] Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Planungshandbuch Fernwärme, Ittigen, CH, 2021.
- [27] Bundesverband Wärmepumpe e.V., „Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2017 bis 2023,“ 22 Januar 2024. [Online]. Available: <https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/rekordabsatz-waermepumpenbranche-beweist-leistungsaehigkeit-trotz-unsicherer-aussichten/>. [Zugriff am 27 Mai 2024].
- [28] Verband der Immobilienverwalter, „Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle: Sanierungsquote deutlich unter 1 Prozent,“ 6 November 2023. [Online]. Available: <https://vdiv.de/news-details/bundesverband-energieeffiziente-gebaeudehuelle-sanierungsquote-deutlich-unter-1-prozent>. [Zugriff am 26 August 2024].
- [29] 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.
- [30] VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), „VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2012.
- [31] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch,“ 2024. [Online]. Available: https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=20. [Zugriff am 28 Mai 2024].
- [32] nPro Energy GmbH, „App - nPro Energy,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.npro.energy/main/de/>.
- [33] VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU), „VDI 4640,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2010.
- [34] WITTIG Umweltchemie GmbH, „Glysofor N - Spezifikation,“ Grafschaft-Ringen, 2024.
- [35] Enerpipe GmbH, „Rohrsysteme - Technische Information,“ Hilpoltstein, 2023.
- [36] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Energie aus Abwasser - Ein Leitfaden für Kommunen,“ Augsburg, 2022.
- [37] Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Thüringen, „Strategien zur effizienten Fremdwassererkennung und Schadensbehebung in Abwasserkanälen,“ Weimar, 2005.



- [38] Landesamt für Umweltschutz, Sachsen-Anhalt, „Schmutzfrachtnachweis für Mischwasserkanalisation,“ Magdeburg, 2014.
- [39] Deutsche Bundesstiftung Umwelt, „Heizen und Kühlen mit Abwasser,“ Osnabrück, 2009.
- [40] Huber SE, „Vorauslegung,“ 2023.
- [41] 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.
- [42] Institut für systemische Energieberatung, „Energienutzungsplan Germering. Maßnahmenkatalog,“ Germering, 2022.

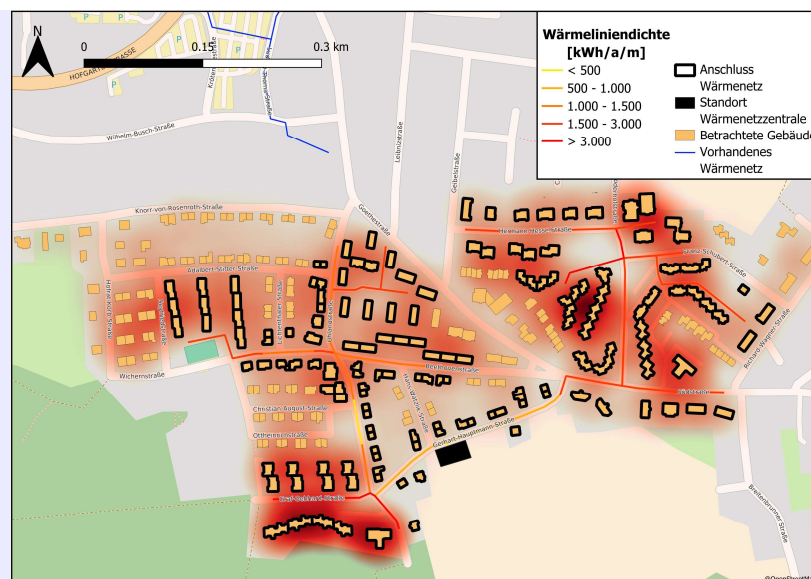
13. Maßnahmensteckbriefe

M2 Machbarkeitsstudie Wärmenetz Loderhof

Projektdefinition

Kurzbeschreibung	Für das im Rahmen des Fokusgebiets betrachtete Wärmenetz am Loderhof soll eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang sollen auch verschiedene Betreibermodelle berücksichtigt werden. Sowohl ein Inselnetz als auch der Anschluss an das bestehende Netz ist denkbar.
Ziel der Maßnahme	Netzgebundene Wärmeversorgung im Wohngebiet Loderhof
Zielgruppe/Verantwortung	Kommune, Gebäude-/Wohnungseigentümer
Verbrauchergruppe	private Haushalte

Lageplan



Potenzial

CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑
Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-



Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✓
Bewertung	Finanziell	€€
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	<i>Bei mehr als 16 Gebäuden oder 100 Wohneinheiten:</i> Machbarkeitsstudie und Errichtung: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
Umsetzung	Zeitplan	Kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Abschluss der Machbarkeitsstudie
	Nächste Schritte	Beantragung von Fördermitteln/ Beauftragung der Machbarkeitsstudie/ Aufтактgespräch mit möglichen Betreibern

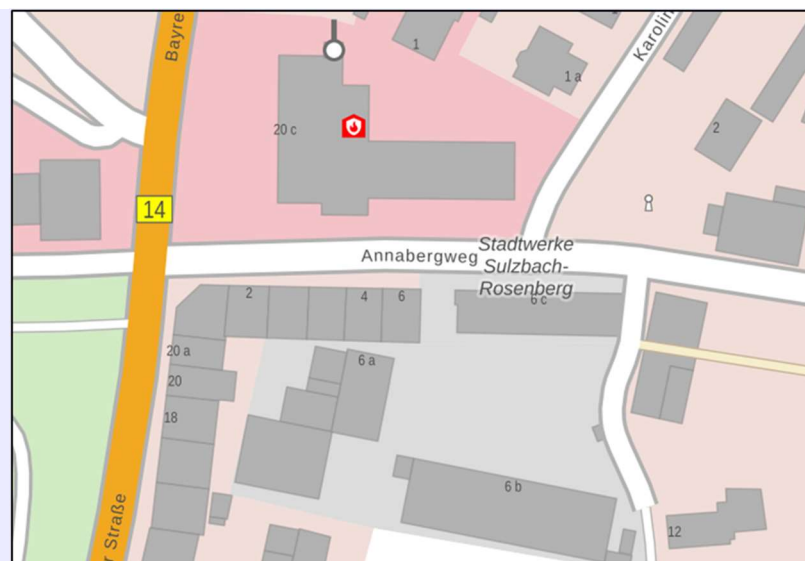
M3

Machbarkeitsstudie für eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz der kommunalen Liegenschaften am Annabergweg

Projektdefinition

Kurzbeschreibung	Der kommunalen Einrichtungen Bauhof, die Stadtwerke, die freiwillige Feuerwehr und das Jugendzentrum Hänge-matte befinden sich in räumlicher Nähe zueinander und werden mittelfristig neue Heizungen benötigen. Deswe-gen ist die Prüfung einer gemeinsamen Wärmeversor-gung durch ein Inselnetz oder der Anschluss an das bestehende Wärmenetz im Rahmen einer Machbarkeits-studie empfehlenswert. Auch der Anschluss weiterer pri-vater Gebäude ist denkbar.
Ziel der Maßnahme	Erneuerbare Wärmeversorgung der kommunalen Liegenschaften
Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
Verbrauchergruppe	öffentliche Liegenschaften

Lageplan



Aus: Energieatlas Bayern

Potenzial

CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑
Energieeinsparung/Effizienz-steigerung	-



Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✕
	Beratung	✕
Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	<i>Bis zu 16 Gebäude oder 100 Wohneinheiten:</i> Machbarkeitsstudie: Kommunalrichtlinie: https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie/erstellung-von-machbarkeitsstudien Errichtung Bundesförderung für effiziente Gebäude: https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html <i>Bei mehr als 16 Gebäuden oder 100 Wohneinheiten:</i> Machbarkeitsstudie und Errichtung: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
	Zeitplan	kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Abschluss der Machbarkeitsstudie
Umsetzung	Nächste Schritte	Beantragung von Fördermitteln/ Ausschreibung der Machbarkeitsstudie/ Aufтактgespräch mit möglichen Betreibern



M4

Erste Absprache und ggf. Machbarkeitsstudie Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz Krankenhaus und Vogelherdstraße

Projektdefinition

Kurzbeschreibung	Mit dem Krankenhaus und ggf. den umliegenden Großverbraucher soll in Kontakt getreten werden zwecks einer möglichen Untersuchung der Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz. Daraufhin soll ggf. für den Großverbraucher Krankenhaus und die umliegenden großen Wohngebäude, die in einem Wärmenetzungsgebiet liegen, eine Machbarkeitsstudie zur nachhaltigen Strom- und Wärmeversorgung durchgeführt werden.
Ziel der Maßnahme	Erneuerbare Energieversorgung des Krankenhauses und der umliegenden Gebäude
Zielgruppe/Verantwortung	Krankenhaus
Verbrauchergruppe	Gruppenübergreifend

Potenzial

CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑↑
Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-

Außenwirkung

Öffentlichkeitsarbeit	✘
Beratung	✘



Bewertung	Finanziell	€€
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	<i>Bis zu 16 Gebäude oder 100 Wohneinheiten:</i> Machbarkeitsstudie: Kommunalrichtlinie: https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie/erstellung-von-machbarkeitsstudien Errichtung Bundesförderung für effiziente Gebäude: https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html <i>Bei mehr als 16 Gebäuden oder 100 Wohneinheiten:</i> Machbarkeitsstudie und Errichtung: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html
Umsetzung	Zeitplan	Mittelfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Abschluss der Machbarkeitsstudie
	Nächste Schritte	Klärung der Verantwortlichkeiten, Beantragung von Fördermitteln/ Ausschreibung der Machbarkeitsstudie



M5 Fernwärmenetzausbau und -verdichtung

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Um die vorhandenen Kapazitäten des bestehenden Fernwärmenetzes voll auszunutzen, soll das Netz in den nächsten Jahren weiter verdichtet und neue Gebiete nahe der Haupttrasse erschlossen werden. Hierfür muss ein zuverlässiger Zeitplan zusammen mit dem Versorgungsunternehmen ausgearbeitet und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.
	Ziel der Maßnahme	Steigerung der Fernwärmeanschlussquote
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune, Danpower GmbH
	Verbrauchergruppe	Gruppenübergreifend
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✗



Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	Förderung des Wärmenetzanschlusses: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM + BEG Heizungsförderung für Kommunen/ KfW Zuschuss Nr. 422): https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000005134_M_422.PDF Förderung der Transformation und des Ausbaus des Netzes: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermetze/Effiziente_Waermetze/effiziente_waermetze_node.html
Umsetzung	Zeitplan	Kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Ausbauplan liegt der Öffentlichkeit vor
	Nächste Schritte	Kontaktaufnahme mit Danpower GmbH zwecks des weiteren Vorgehens



M6 Beratung zu energetischen Gebäudesanierungen für Wohngebäude

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Durch energetische Gebäudesanierungen lässt sich der Wärmebedarf signifikant reduzieren. Für die Eigentümer soll ein umfassendes Beratungsangebot eingerichtet werden, in dem unter anderem über aktuelle Fördermöglichkeiten informiert und an fachkundige Handwerksbetriebe vermittelt werden soll. Die Bürgerinnen und Bürger sollen einen einfachen und schnellen Zugang an Informationen zur Gebäudesanierung bekommen. Gebiete mit hohem Sanierungsbedarf sind der Potenzialanalyse zu entnehmen.
	Ziel der Maßnahme	Reduktion des Wärmebedarfs in Wohngebäuden
	Zielgruppe/Verantwortung	Gebäude-/Wohnungseigentümer
	Verbrauchergruppe	private Haushalte
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	↑↑↑
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✓



Bewertung	Finanziell	€ €
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄 📄
	Förderprogramme	Sanierung Wohngebäude: Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG EM) https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Gebaeudehuelle/gebaeudehuelle_node.html Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html
Umsetzung	Zeitplan	Kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Sanierungszahlen in der Stadt
	Nächste Schritte	Entwicklung eines Beratungsangebots für die Eigentümer

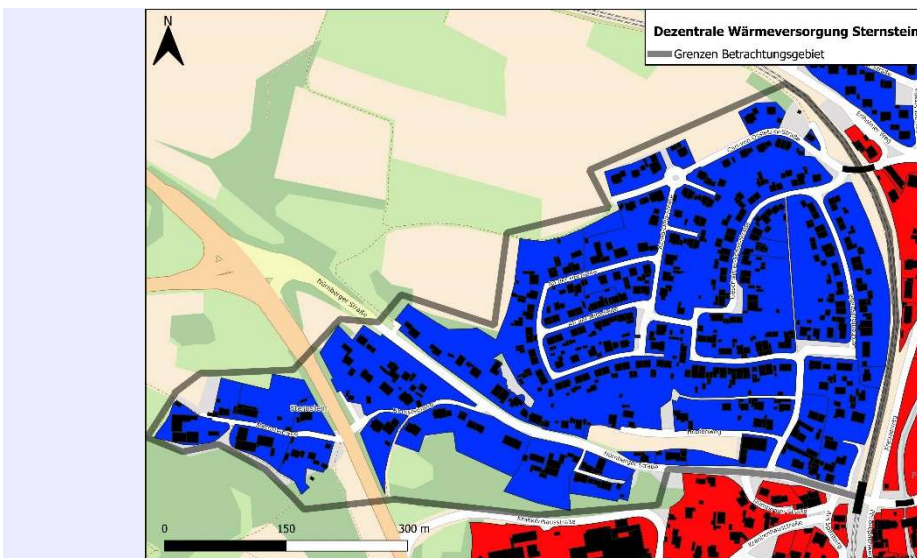
M7

Auftakt-Informationsveranstaltung zur energetischen Gebäudesanierung und zum Heizungstausch im dezentralen Gebiet Sternstein

Projektdefinition

Kurzbeschreibung	Für das in der kommunalen Wärmeplanung untersuchten dezentralen Gebiets Sternstein, soll eine Informationsveranstaltung für Bürgerinnen und Bürger stattfinden, die anhand der konkreten lokalen Gegebenheiten aufzeigt, wie die Gebäude energetisch saniert werden, welche Möglichkeiten zum Heizungstausch es gibt, und welche Fördermittel und Beratungsangebote dazu zur Verfügung stehen. Nach einem definierten Zeitraum sollen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Veranstaltung befragt werden und festgestellt werden, welchen Einfluss die Veranstaltung in Bezug auf die Sanierungsraten im Gebiet hatte. Bei Erfolg kann dieses Vorgehen in einem weiteren Schritt in allen dezentralen Gebieten der Stadt wiederholt werden.
Ziel der Maßnahme	Reduktion des Wärmebedarfs durch Sanierung in einem dezentralen Gebiet
Zielgruppe/Verantwortung	Gebäude-/Wohnungseigentümer
Verbrauchergruppe	private Haushalte

Lageplan





Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	↑↑
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✓
Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄 📄
	Förderprogramme	Sanierung Wohngebäude: Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG EM) https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Gebaeudehuelle/gebaeudehuelle_node.html Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html
Umsetzung	Zeitplan	Kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Sanierungszahlen im Gebiet Sternstein
	Nächste Schritte	Organisation der Auftakt-Veranstaltung



M8 Sanierung der denkmalgeschützten städtischen Verwaltungsgebäude

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Die Gebäude der Stadtverwaltung befinden sich in der Altstadt und unterliegen alle dem Denkmalschutz. Dennoch sind energetische Sanierungsmaßnahmen an diesen Gebäuden unter Beachtung der Anforderungen des Denkmalschutzes möglich, wie z.B. eine Innendämmung der Wände und des Daches, der Einbau neuer Heizkörper und der Austausch der Fenster. Die bestehenden Möglichkeiten sollten zusammen mit einem Fachplaner geprüft werden mit dem Ziel, die Wärmebedarfe der Gebäude möglichst weit zu senken.
	Ziel der Maßnahme	Wärmebedarfsreduzierung der städtischen Verwaltungsgebäude
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
	Verbrauchergruppe	öffentliche Liegenschaften
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	↑↑
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✗
	Beratung	✗



Bewertung	Finanziell	€€€
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄 📄 📄
	Förderprogramme	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM): https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html
Umsetzung	Zeitplan	mittelfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Energieeinsparung bei den Gebäuden
	Nächste Schritte	Beantragung der Fördermittel/ Erstellung eines Sanierungskonzeptes mit einem Fach-Planer



M9

Akteurszusammenschluss und Machbarkeitsstudie Wärmenetz Industriegebiet Eisenhämmerstraße

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Die Akteure im Industriegebiet Eisenhämmerstraße sollen ihren im Rahmen der KWP durchgeführten Austausch fortsetzen und die im Fokusgebiet betrachtete Nutzung der Abwärme in einem Wärmenetz weiter untersuchen. Ziel ist die Durchführung einer Machbarkeitsstudie. Die Koordination der Treffen soll (zumindest eingangs) von der Kommune übernommen werden.
	Ziel der Maßnahme	Akteursvernetzung und Nutzung lokaler Abwärme und regenerativer Potentiale
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune, Industrieunternehmen
	Verbrauchergruppe	Industrie
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✗
	Beratung	✓



Bewertung	Finanzieller Aufwand	€ €
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄 📄
	Förderprogramme	<i>Bei mehr als 16 Gebäuden oder 100 Wohneinheiten:</i> Machbarkeitsstudie und Errichtung: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html Evtl. möglich: Kommunalrichtlinie: Aufbau und Betrieb kommunaler Netzwerke https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/richtlinie-zur-foerderung-von-klimaschutzprojekte.html
Umsetzung	Zeitplan	kurzfristig
	Monitoring/Erfolgskontrolle	Abschluss der Machbarkeitsstudie/ Protokoll der Akteurstreffen
	Nächste Schritte	Organisation des Kickoff-Termins/ Ausschreibung Machbarkeitsstudie



M10 Detaillierte Potenzialanalyse Abwasserkanäle

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Eine Erfassung der Abflussmengen und des entsprechenden energetischen Potenzials an wichtigen Stellen im Abwassersystem (wie z.B. Regenrückhaltebecken) soll stattfinden, um die Möglichkeiten der Wärmeengewinnung aus den Abwasserkanälen genauer zu prüfen.
	Ziel der Maßnahme	Ermittlung möglicher Wärmequellen für (kalte) Nahwärme
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
	Verbrauchergruppe	Gruppenübergreifend
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✗
	Beratung	✗
Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	-



Umsetzung

Zeitplan	Kurzfristig
Monitoring/Erfolgskontrolle	Detaillierte Potentialabschätzung liegt vor
Nächste Schritte	Durchführung der detaillierten Potenzialabschätzung



M11 Prüfung eines Programmes zur Heizungsvermietetung

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Das Gebäudeenergiegesetz erlaubt nach dem 30. Juni 2028 den Einbau von Öl- oder Gasheizungen nur noch als Übergangslösung bei Defekt der alten Heizung. Um Bürgerinnen und Bürger finanziell zu entlasten, kann die Stadt eine Heizungsvermietetung anbieten. Funktionsfähige fossile Heizungen können nach einem Heizungstausch bei der Stadt abgegeben werden und werden weitervermittelt an Haushalte, in denen übergangsweise eine Heizung benötigt wird. Die Möglichkeit der Durchführung eines solchen Programmes soll geprüft werden.
	Ziel der Maßnahme	Entlastung der Bürgerinnen und Bürger bei Übergangsphase des Heizungstausches
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
	Verbrauchergruppe	private Haushalte
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	-
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	-
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	x
Bewertung	Finanziell	€€€
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄 📄 📄
	Förderprogramme	-



Umsetzung

Zeitplan	Mittelfristig (bis spätestens 2028)
Monitoring/Erfolgskontrolle	Vermittelte Heizungen sowie Kostenersparnis für die Bürgerinnen und Bürger
Nächste Schritte	Bestimmung der verantwortlichen Stelle für die Prüfung der Heizungsvermietung



M12 Einrichtung einer Energie-Rubrik auf der Stadtwebseite

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Auf der Webseite der Stadt sollte das Thema Energie stärker kommuniziert werden. Dafür soll eine eigene Rubrik eingerichtet werden, in der aktuelle Veranstaltungen, Neuigkeiten oder möglichen Fördermittel von Bund und Land gegeben und über aktuelle Themen aufgeführt werden.
	Ziel der Maßnahme	Informationsmöglichkeit über das Thema Energie auf lokaler Website
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
	Verbrauchergruppe	Gruppenübergreifend
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	↑
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✓
Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄
	Förderprogramme	-



Umsetzung

Zeitplan	No regret
Monitoring/Erfolgskontrolle	Aktualität der Webseite, Aufrufe
Nächste Schritte	Entwicklung eines Konzeptes für den Energiebereich der Webseite



M13 Suffizienzstrategie für die Wärmewende im Wohnsektor

Projektdefinition	Kurzbeschreibung	Im Rahmen einer Suffizienzstrategie soll den Bürgerinnen und Bürgern durch zielgerichtete Vorträge und Online-Interventionen ein bewussterer Umgang mit Energie innerhalb ihrer persönlichen Bilanzgrenze vermittelt werden.
	Ziel der Maßnahme	Sensibilisierung der Bürger für Nutzungsverhalten und Reduzierung des Endenergieverbrauchs
	Zielgruppe/Verantwortung	Kommune
	Verbrauchergruppe	private Haushalte
Potenzial	CO ₂ -Minderungspotenzial	↑
	Energieeinsparung/Effizienzsteigerung	↑
Außenwirkung	Öffentlichkeitsarbeit	✓
	Beratung	✓
Bewertung	Finanziell	€
	Dauer der Umsetzung	🕒 🕒
	Ressourcen (Verwaltung)	📄 📄
	Förderprogramme	-



Umsetzung

Zeitplan	No regret
Monitoring/Erfolgskontrolle	Energie- und Treibhausgasbilanz der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung
Nächste Schritte	Planung einer Bürgerveranstaltung zum Thema "Energienutzungsverhalten"



14. 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.



Markus Rößler