



# Kommunale Wärmeplanung der Stadt Pforzheim

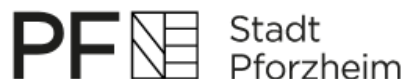
Nach §7 Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

Erstellt von der Tilia GmbH und Smart Geomatics  
Informationssysteme GmbH im Auftrag von und in Abstimmung mit  
der Stadt Pforzheim

## Übersicht

Endbericht kommunale Wärmeplanung Stadt Pforzheim nach §7  
Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

### Auftraggeber



Stadt Pforzheim  
Amt für Umweltschutz  
Luisenstraße 29  
Ansprechpartnerin: Dorothea Nultsch

### Auftragnehmer



Tilia GmbH  
Inselstraße 31  
04103 Leipzig  
Ansprechpartnerin: Nelly Lehr



Smart Geomatics Informationssysteme  
GmbH  
Ebertstraße 8  
76137 Karlsruhe  
Ansprechpartner: Thomas Beck

Veröffentlichungsdatum: xxxx 2023

Gefördert vom Land Baden-Württemberg

## Inhaltsverzeichnis

<b>Übersicht</b> .....	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
Grußwort von Bürgermeisterin Schüssler .....	9
Einleitung .....	10
<b>1. Bestandsanalyse</b> .....	11
1.1 Datengrundlagen .....	11
1.2 Gebäudetypen und Siedlungsentwicklung.....	11
1.3 Wärmebedarf .....	15
1.4 Wärmeerzeugung .....	18
1.5 Strombedarf und -erzeugung .....	22
1.6 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	23
<b>2. Potenzialanalyse</b> .....	25
2.1 Potenzial zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz .....	25
2.2 Potenziale erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung sowie Abwärme .....	28
2.2.1 Biomasse.....	28
2.2.2 Solarthermie .....	29
2.2.3 Geothermie.....	32
2.2.4 Luftwärmepumpen.....	37
2.2.5 Abwasserwärmenutzung / Wärmenutzung Ablauf Kläranlage.....	38
2.2.6 Flusswassernutzung .....	39
2.2.7 Nutzung von industrieller Abwärme .....	40
2.3 Erneuerbare Stromquellen für Wärmeanwendungen.....	40
2.3.1 Photovoltaikanlagen .....	40
2.3.2 Weitere Stromquellen .....	41
2.4 Fazit.....	42
<b>3. Zielszenario</b> .....	43
3.1 Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs .....	43

3.2 Flächenhafte Darstellung der klimaneutralen Wärmeversorgung .....	44
3.2.1 Einteilung in Eignungsgebiete.....	44
3.2.2 Mögliche Versorgungsoptionen .....	46
3.2.3 Annahmen Szenarienberechnungen.....	48
3.2.4 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Verdichtungsgebiete.....	49
3.2.5 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Ausbaugebiete .....	56
3.2.6 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Untersuchungsgebiete.....	61
3.2.7 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Gebiete mit dezentraler Versorgung	71
3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Szenarienberechnungen .....	76
<b>4. Kommunale Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog .....</b>	<b>79</b>
4.1 Übersicht Wärmewendestrategie .....	79
4.2 Maßnahmenkatalog .....	79
4.2.1 Kurzfristige Maßnahmen.....	81
4.2.2 Langfristige Maßnahmen .....	90
<b>5. Fazit .....</b>	<b>93</b>
Literaturverzeichnis .....	94
Anhang 1: Betrachtungen für die Stadtverwaltung Pforzheim .....	98
Wärmeversorgung Schulgelände Büchenbronn .....	98
Wärmeversorgung Schule und Hallenbad Huchenfeld .....	100
Wärmeversorgung Bohrain-Turnhalle .....	101
Anhang 2: Wärmedichten der Ortsteile .....	104

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Gebäudenutzung im Stadtgebiet Pforzheim im Jahr 2021 .....	12
Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen .....	12
Abbildung 3: Gebäudealter im Stadtgebiet Pforzheim .....	13
Abbildung 4: Räumliche Verteilung Gebäudealter .....	14
Abbildung 5: Verteilung Wärmebedarf Pforzheim nach Sektoren .....	15
Abbildung 6: Räumliche Verteilung absoluter Wärmebedarf Pforzheim .....	16
Abbildung 7: Wärmedichten im Stadtgebiet Pforzheim .....	17
Abbildung 8: Verteilung Heizungsarten im Stadtgebiet Pforzheim .....	18
Abbildung 9: Verteilung Energieträger nach Verbrauch .....	19
Abbildung 10: Verteilung Energieträger im Stadtgebiet .....	20
Abbildung 11: Lage Nahwärmenetz Stadtgebiet Pforzheim .....	21
Abbildung 12: Wärmeerzeugungsanlagen nach Alter .....	22
Abbildung 13: Verteilung Treibhausgasemissionen nach Sektoren .....	24
Abbildung 14: Einsparungen energetische Sanierungen bei Wohnhäusern .....	26
Abbildung 15: Einsparungen Wärmebedarf im Stadtgebiet Pforzheim bis 2040 .....	28
Abbildung 16: Saisonale Verteilung der Sonneneinstrahlung und des Wärmeverbrauchs .....	30
Abbildung 17: geeignete Flächen nach FFÖ-VO .....	31
Abbildung 18: FFH-Mähwiesen und Naturschutzgebiete im Stadtgebiet Pforzheim .....	32
Abbildung 19: Eignung und Zulässigkeit von Erdwärmesonden .....	33
Abbildung 20: Fallbeispiel Erdwärmesonden .....	34
Abbildung 21: Potenzial und Zulässigkeit von Erdwärmekollektoren .....	35
Abbildung 22: Fallbeispiel Erdwärmekollektoren .....	35
Abbildung 23: Projekte zu Tiefengeothermie in Deutschland .....	36
Abbildung 24: Energiebedarfe Wohnbereich bei Gebäuden mit Baualter ab 1995 .....	37
Abbildung 25: Abbildung Ablauf Kläranlage .....	38
Abbildung 26: Potenziale bei der thermischen Flusswassernutzung .....	39
Abbildung 27: Standorte von Wasserkraftanlagen in Pforzheim .....	41
Abbildung 28: Übersicht Potenziale erneuerbarer Wärmeerzeugung .....	42
Abbildung 29: Entwicklung Wärmebedarf Wohnhäuser bei unterschiedlichen Sanierungsraten .....	43
Abbildung 30: Übersicht Eignungsgebiete .....	46
Abbildung 31: Verdichtungsgebiet Innenstadt .....	50
Abbildung 32: Ergebnis Variantenvergleich Innenstadt .....	52
Abbildung 33: Lage Verdichtungsgebiet Nordstadt .....	52
Abbildung 34: Ergebnis Variantenvergleich - Verdichtungsgebiet Nordstadt .....	54
Abbildung 35: Verdichtungsgebiet Buckenberg .....	54
Abbildung 36: Ergebnis Variantenvergleich - Verdichtungsgebiet Buckenberg .....	55
Abbildung 37: Lage Ausbaugebiet Tiergarten .....	56
Abbildung 38: Ergebnis Variantenvergleich - Ausbaugebiet Tiergarten .....	57
Abbildung 39: Lage Ausbaugebiet Arlinger .....	58
Abbildung 40: Ergebnis Variantenvergleich - Ausbaugebiet Arlinger .....	59
Abbildung 41: Lage Ausbaugebiet Rod .....	60

Abbildung 42: Ergebnis Variantenvergleich - Ausbaugbiet Rod .....	61
Abbildung 43: Lage Untersuchungsgebiet Würm .....	62
Abbildung 44: Energetische Ausgangssituation Würm.....	62
Abbildung 45: Ergebnis Variantenvergleich Untersuchungsgebiet Würm.....	64
Abbildung 46: Lage Untersuchungsgebiet Dillweißenstein .....	64
Abbildung 47: Energetische Ausgangssituation Untersuchungsgebiet Dillweißenstein .....	65
Abbildung 48: Ergebnis Variantenvergleich Untersuchungsgebiet Dillweißenstein .....	66
Abbildung 49: Lage Untersuchungsgebiet Eutingen .....	67
Abbildung 50: Energetische Ausgangssituation Eutingen .....	67
Abbildung 51: Ergebnis Variantenvergleich Untersuchungsgebiet Eutingen .....	69
Abbildung 52: Lage Gewerbegebiet PF8 .....	69
Abbildung 53: Entwicklung Wärmeerzeugung dezentrale Gebiete - Szenario 1 .....	73
Abbildung 54: Entwicklung Wärmeerzeugung dezentrale Gebiete - Szenario 2 .....	73
Abbildung 55: Kosten Umrüstung dezentrale Erzeugung.....	74
Abbildung 56: Übersicht Verteilung Heizlasten Pforzheim .....	75
Abbildung 57: Kostenvergleich Optionen dezentrale Wärmeversorgung.....	76
Abbildung 58: Entwicklung Wärmeerzeugung - Szenario 1.....	77
Abbildung 59: Entwicklung Wärmeerzeugung - Szenario 2.....	77
Abbildung 60: Verdichtungs- und Eignungsgebiete für Wärmenetze.....	81
Abbildung 61: geplante Neubaubereiche im Stadtgebiet Pforzheim.....	82
Abbildung 62: Untersuchungsgebiet Huchenfeld .....	83
Abbildung 63: Untersuchungsgebiet Büchenbronn .....	84
Abbildung 64: Gebiet Würm mit möglicher Trassenführung .....	85
Abbildung 65: Untersuchungsgebiet Eutingen .....	86
Abbildung 66: Untersuchungsgebiet Dillweißenstein .....	87
Abbildung 67: Gewerbegebiet PF8 .....	88
Abbildung 68: Standort der keep in der Zerrennerstr. 28 in Pforzheim .....	89
Abbildung 69: Entwicklung Wärmebedarf Wohnhäuser bei unterschiedlichen Sanierungsraten .....	90
Abbildung 70: Energieträger im Stadtgebiet Pforzheim.....	91
Abbildung 71: Das Hila-Gymnasium in Pforzheim .....	92
Abbildung 72: Untersuchungsgebiet Schule Büchenbronn .....	98
Abbildung 73: Ergebnis Variantenvergleich - Schulcampus Büchenbronn .....	99
Abbildung 74: Untersuchungsgebiet Huchenfeld .....	100
Abbildung 75: Lage Bohrain-Turnhalle .....	101
Abbildung 76: Ergebnis Variantenvergleich Bohrain-Turnhalle .....	102
Abbildung 77: Wärmedichte Büchenbronn.....	104
Abbildung 78: Wärmedichte Hohenwart.....	105
Abbildung 79: Wärmedichte Huchenfeld.....	106
Abbildung 80: Wärmedichte Würm .....	107

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	23
Tabelle 2: Prognose für Einsparungen durch Gebäudesanierungen .....	27
Tabelle 3: Mögliche Erzeugungsoptionen für Wärmenetze mit Vor- und Nachteilen .....	47
Tabelle 4: Erzeugungsoptionen für dezentrale Wärmeversorgung .....	47
Tabelle 5: Übersicht Brennstoffpreise Szenarioanalyse .....	49
Tabelle 6: Übersicht energetische Ausgangssituation Verdichtungsgebiet Innenstadt .....	50
Tabelle 7: Investitionskosten der Technologien Verdichtungsgebiet Innenstadt .....	51
Tabelle 8: Übersicht Ausgangssituation Verdichtungsgebiet Nordstadt .....	53
Tabelle 9: Investitionskosten der Technologien Verdichtungsgebiet Innenstadt .....	53
Tabelle 10: Ausbaugebiet Tiergarten - Investitionskosten der Technologien .....	57
Tabelle 11: Investitionskosten Untersuchungsgebiet Würm .....	63
Tabelle 12: Investitionskosten Untersuchungsgebiet Dillweißenstein .....	66
Tabelle 13: Investitionskosten Szenarien Eutingen .....	68
Tabelle 14: Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz für 2030 und 2040 .....	78

## Abkürzungsverzeichnis

a	annum (Jahr)
°C	Grad Celsius
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
€	Euro
EEG	Erneuerbares-Energien-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
etc.	et cetera (und so weiter)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
JAZ	Jahresarbeitszahl
KEA BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
k	Tausend
K	Kelvin
Km	Kilometer
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
PV	Photovoltaik
PVT	photovoltaisch-thermisch
t	Tonnen
TWW	Trinkwarmwasser
WP	Wärmepumpe
WSchVo	Wärmeschutzverordnung
z.B.	zum Beispiel

## Grußwort von Bürgermeisterin Schüssler

Sehr geehrte Bürgerinnen und Bürger,  
die Dringlichkeit im Klimaschutz voranzukommen, steigt permanent. Pforzheim verfolgt das auch vom Land ausgerufene Ziel der Klimaneutralität bis 2040, mit der eigenen Verwaltung sogar bis 2030. Und das ist kein willkürlich gewähltes, politisches Ziel. Um die Klimaerwärmung möglichst auf ein erträgliches Maß zu begrenzen, besteht dringender Handlungsbedarf. Nur mit den gemeinsamen Anstrengungen aller Akteure wird es uns möglich sein, die Klimaziele zu erreichen.



Während die Energiewende im Stromsektor deutlich voranschreitet, bleibt der Wärmesektor seit Jahren zurück. Seit Jahren schon stagniert der Anteil dezentraler erneuerbarer Wärmeerzeugung in Pforzheim auf niedrigen 8% (siehe Abschnitt 1.4). Im Jahr 2021 basierten 70% der neu eingebauten Heizsysteme in Deutschland auf Erdgas [Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie, 2022]. Das zeigt, dass wir hier erst am Anfang des Weges stehen, den wir nun zügig beschreiten müssen. Die Wärmeplanung soll dabei helfen, die betroffenen Akteure über Handlungsmöglichkeiten und erneuerbare Wärmepotenziale zu informieren. Mit ihr wollen wir Ihnen allen - Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen, Industriebetrieben und auch allen anderen Interessengruppen - Zugang zu einer fundierten Datengrundlage bieten und Synergien zwischen Abwärme und Wärmebedarf schaffen.

Mit diesem Bericht zur kommunalen Wärmeplanung wurde ein Grundstein gelegt, der nun in den kommenden Jahren Schritt für Schritt erweitert und vertieft werden soll, um ganz konkrete Handlungsmöglichkeiten zu realisieren. Den Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung werden wir nur alle gemeinsam beschreiten können, weshalb für diesen Bericht verschiedenste Akteure wie die Stadtverwaltung, die Stadtwerke Pforzheim und die Bezirksschornsteinfeger zusammengearbeitet haben und auch in Zukunft Hand in Hand agieren wollen.



Sibylle Schüssler

Bürgermeisterin für Planen, Bauen, Umwelt und Kultur, Stadt Pforzheim

## Einleitung

Der voranschreitende Klimawandel ist die größte Herausforderung der aktuellen Zeit. Die Eindämmung des Klimawandels und die damit verbundene notwendige Reduzierung von Treibhausgasemissionen erfordert Transformationen in nahezu allen Lebensbereichen. Die Leitplanken für diese Transformation wurden mit Klimaschutzziele auf mehreren politischen Ebenen (europäische Union, Deutschland, Bundesland, Stadt) verankert.

In Baden-Württemberg sind die Klimaschutzziele im bundesweiten und internationalen Vergleich sehr ambitioniert. In dem Bundesland soll eine Klimaneutralität (das heißt eine weitestgehende Vermeidung von Treibhausgasemissionen und Kompensation der verbleibenden Emissionen) bis zum Jahr 2040 erreicht werden (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022). Da im deutschen Durchschnitt ca. 35 % der Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme anfallen (Eurostat, 2018), liegt ein besonderer Fokus bei dem Erreichen der Klimaschutzziele im Bereich Wärme.

Um die Transformation im Bereich Wärme gezielt voranzubringen, hat das Land Baden-Württemberg mit einer Novelle des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2020 alle Stadtkreise und großen Kreisstädte verpflichtet, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Bei der kommunalen Wärmeplanung soll dabei, auf der Grundlage einer Analyse der Ausgangssituation im Wärmebereich und der Potenziale für erneuerbare Wärmeerzeugung, ein Fahrplan für eine Transformation zur klimaneutralen Wärmeversorgung entwickelt werden (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022).

Als kreisfreie Stadt in Baden-Württemberg ist damit auch die Stadt Pforzheim verpflichtet, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Für die Erstellung der Wärmeplanung hat die Stadtverwaltung Pforzheim die Fachbüros Tilia GmbH und Smart Geomatics Informationssysteme GmbH beauftragt. Diese haben die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung sowie den vorliegenden Bericht in enger Abstimmung mit der Stadtverwaltung Pforzheim und den Stadtwerken Pforzheim erstellt. Die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung Pforzheim startete im April 2022 und wurde im März 2023 abgeschlossen.

Entsprechend des Leitfadens zur kommunalen Wärmeplanung bestand das Projekt aus den Arbeitspaketen Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Szenarioanalyse und Wärmewendestrategie (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2020). Dieser Projektaufbau spiegelt sich auch im vorliegenden Bericht wider.

# 1. Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bietet die Grundlage für die kommunale Wärmeplanung und die darin enthaltenen Szenarien und Maßnahmen zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Im Rahmen des Projektes wurden sowohl Betrachtungen zum Gebäudebestand, als auch zu den aktuellen Energieverbräuchen und -erzeugungen durchgeführt.

## 1.1 Datengrundlagen

Für die Bestandsanalyse dienten Daten der Stadtwerke Pforzheim, der Bezirksschornsteinfeger und der Stadtverwaltung Pforzheim als Grundlage.

Von den Stadtwerken Pforzheim wurden die gebäudescharfen Verbrauchsdaten im Bereich Gas, Strom und Fernwärme für das Jahr 2021 sowie Daten zu von den Stadtwerken betriebenen Energieerzeugungsanlagen zur Verfügung gestellt. Weiterhin wurden von den jeweiligen Schornsteinfegern der Pforzheimer Kehrbezirke Daten zu den bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen geliefert. Die Daten beinhalteten gebäudescharf den Brennstoff, die Leistung und die Kapazität der Wärmeerzeugungsanlagen. Aus diesen Daten konnten unter anderem Aussagen zum Verbrauch der nicht-leitungsgebundenen Energieträger abgeleitet werden.

Von der Stadtverwaltung wurden außerdem Daten zu den Gebädekubaturen, zur Gebäudenutzung und zum Baujahr der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim geliefert. Aus diesen Daten konnte anhand der TABULA-Typologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (Institut für Wohnen und Umwelt, 2022) der Standard-Wärmebedarf für Wohngebäude ermittelt werden ([Link](#)).

Zur Ermittlung des Wärmebedarfs im Stadtgebiet wurden bei den Gebäuden, bei denen Verbrauchsdaten vorhanden waren, die Wärmeverbräuche des Jahres 2021 angenommen. Bei den Gebäuden, bei denen keine Verbrauchsdaten vorhanden waren, wurde ein Standard-Wärmebedarf nach der TABULA-Typologie berechnet.

## 1.2 Gebäudetypen und Siedlungsentwicklung

In Pforzheim dominieren im Stadtgebiet die Wohngebäude. Von den 23.427 Gebäuden in Pforzheim gibt es 85 % Wohngebäude oder Gebäude mit Wohnmischnutzung (siehe Abbildung 1). Gefolgt wird dieser Sektor mit großem Abstand von dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie mit einer Nutzung von 12 % der Gebäude. Die verbleibenden 3 % entfallen auf Gebäude für öffentliche Zwecke und sonstige Nutzungen.

In Abbildung 2 ist die räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen dargestellt. In der Abbildung ist zu erkennen, dass in den meisten Pforzheimer Stadtteilen heterogene Gebäudenutzungen vorhanden sind. Dabei ist in der Innenstadt eine leichte Konzentration von Gebäuden für öffentliche Zwecke zu finden und eine Konzentration von Gebäuden für Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie in den Gewerbegebieten am östlichen, westlichen und nördlichen Stadtrand des Stadtgebietes Pforzheim. Der Rest des Stadtgebietes Pforzheim wird von Wohnhäusern dominiert.

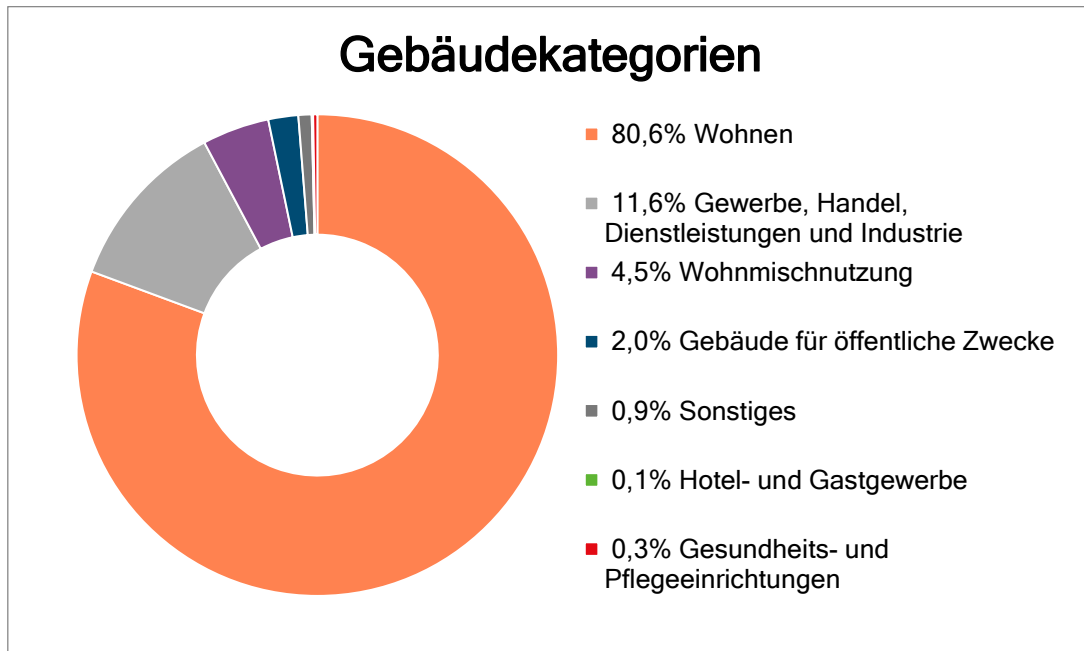


Abbildung 1: Verteilung der Gebäudenutzung im Stadtgebiet Pforzheim im Jahr 2021

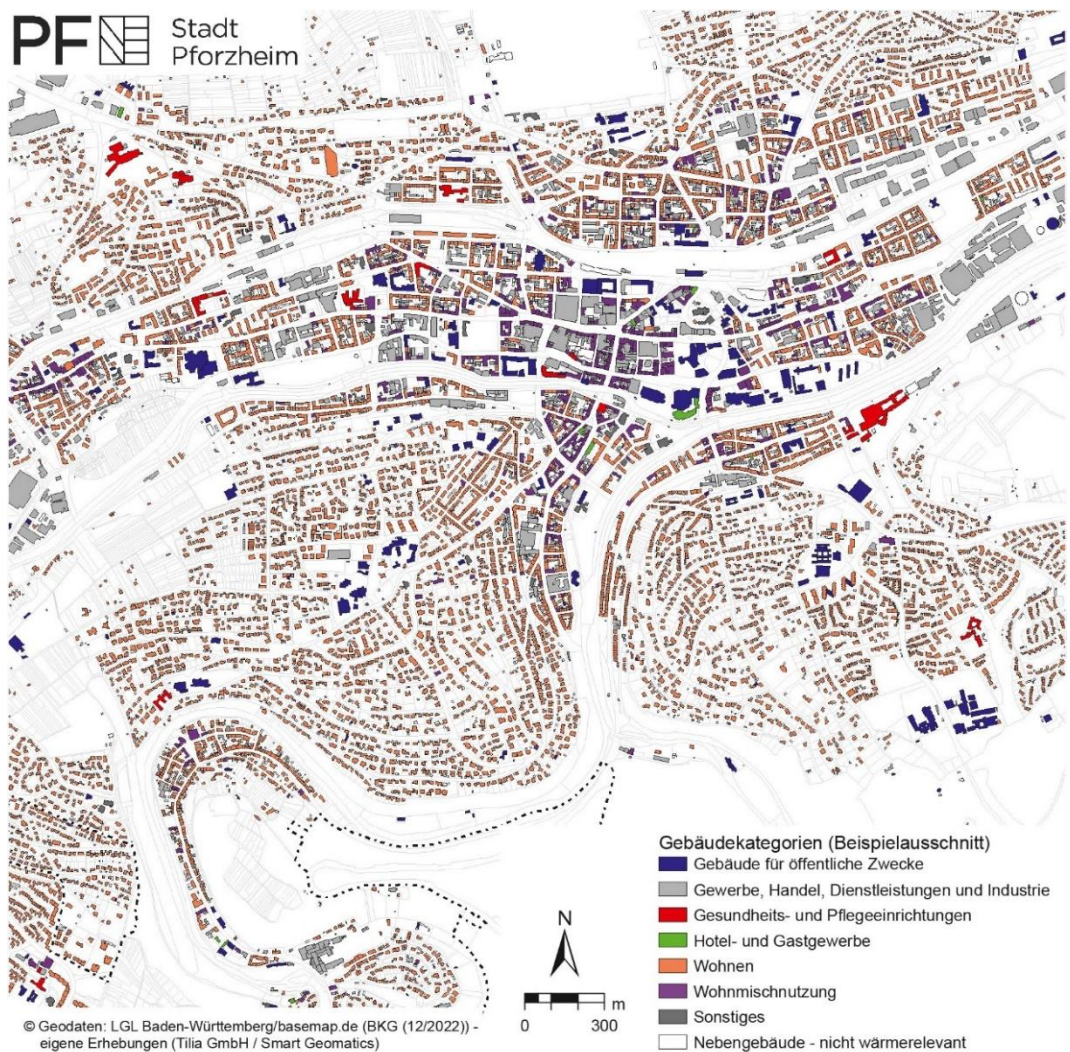


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen

Neben den Gebäudenutzungen wurden im Rahmen der Bestandsanalyse auch die Verteilung der Baujahre der Gebäude betrachtet. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, wurde der größte Teil (70 %) der Gebäude in Pforzheim vor 1978 und damit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut. Nur 20 % der Gebäude wurden nach 1979 erbaut und hatten Vorschriften im Bereich Energieeffizienz durch die jeweils geltenden Wärmeschutzverordnungen (WSchVo) bzw. Energieeinsparverordnungen (EnEv). Bei 10 % der Gebäude konnte kein Alter erfasst werden.

Abbildung 4 zeigt die räumliche Aufteilung der Gebäudealter auf Baublockebene. Aus der Karte wird deutlich, dass die Baujahre der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim stark durchmischt sind. Auffällig ist die Häufung von Gebäuden aus den 1950er und 1960er Jahren in der Pforzheimer Innenstadt sowie stellenweise neuere Besiedlungen am Stadtrand.

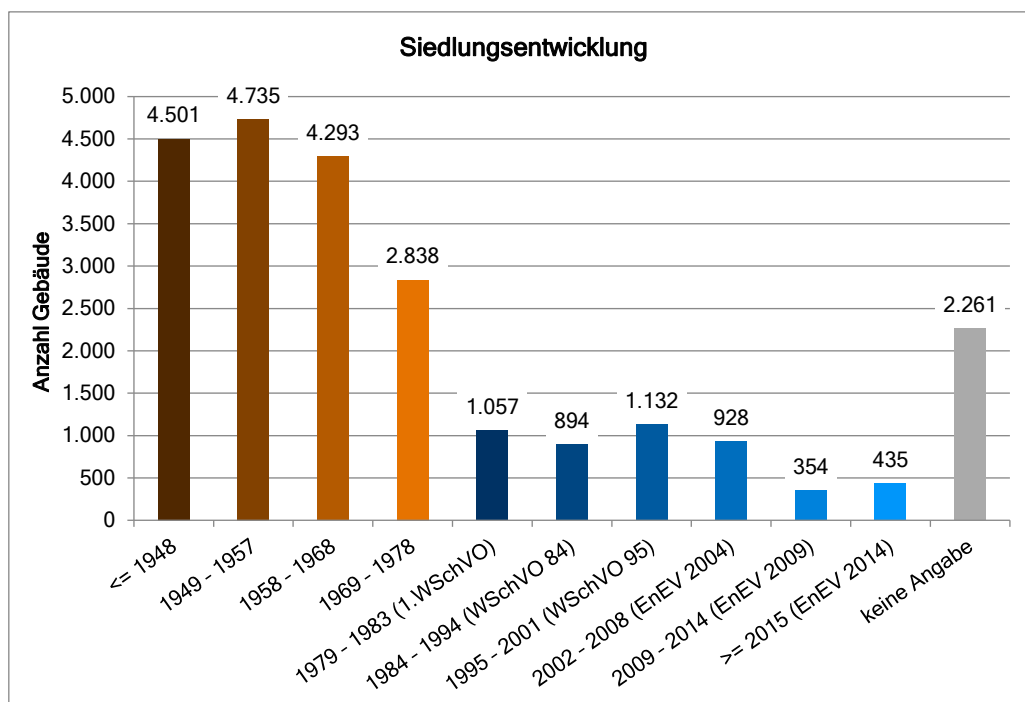


Abbildung 3: Gebäudealter im Stadtgebiet Pforzheim

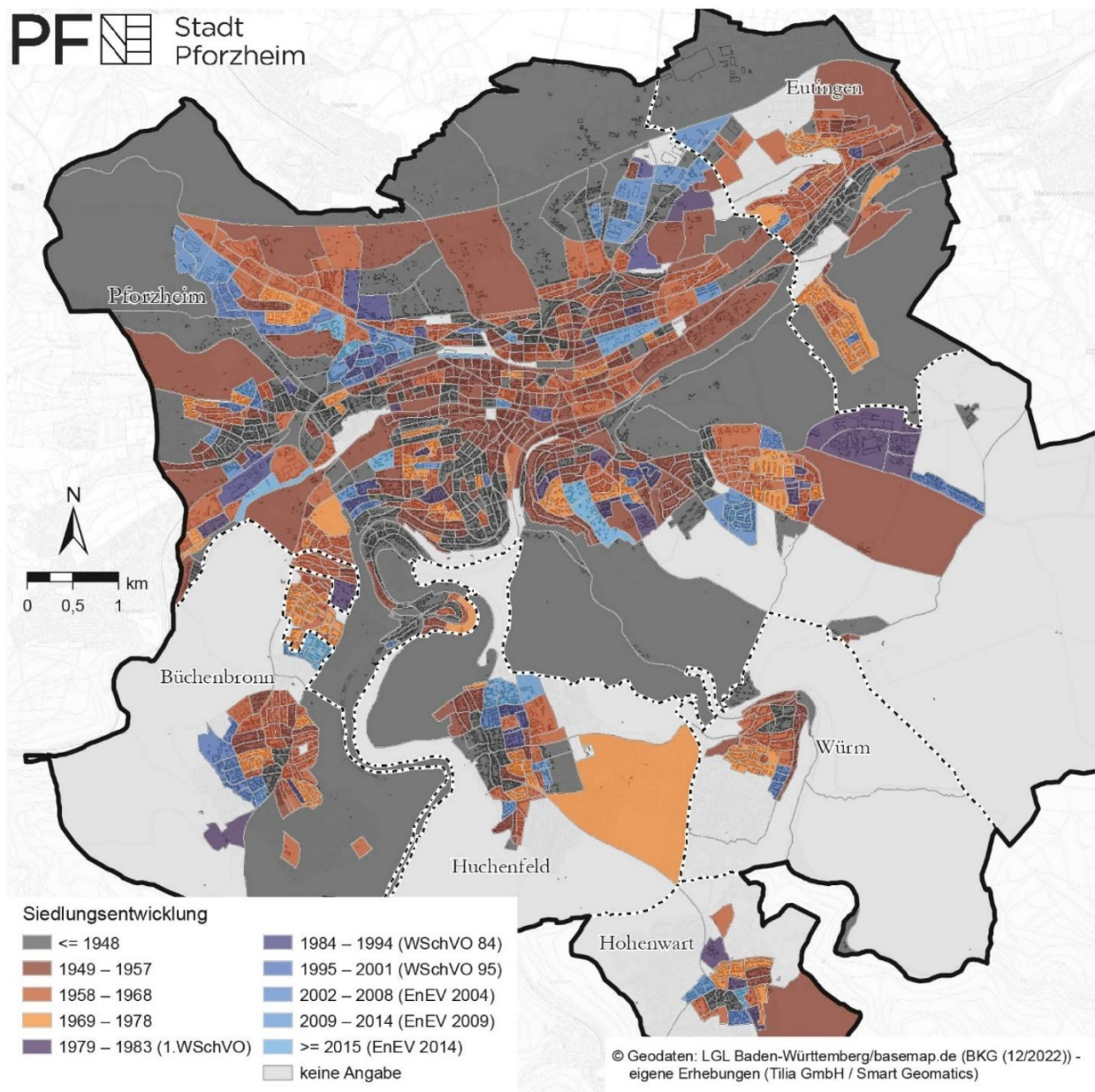


Abbildung 4: Räumliche Verteilung Gebäudealter

### 1.3 Wärmebedarf

Der Gesamtwärmebedarf der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim betrug im Jahr 2021 etwa 2.000 GWh/a. Dabei entfiel der größte Teil, mit 69 % des Wärmebedarfs, auf den Sektor Haushalte gefolgt vom Sektor GHD mit 18 %. Der restliche Wärmebedarf verteilt sich auf die Sektoren Industrie, kommunale Gebäude sowie Gebäude, deren Nutzung aus den im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ausgewerteten Daten nicht bekannt ist.

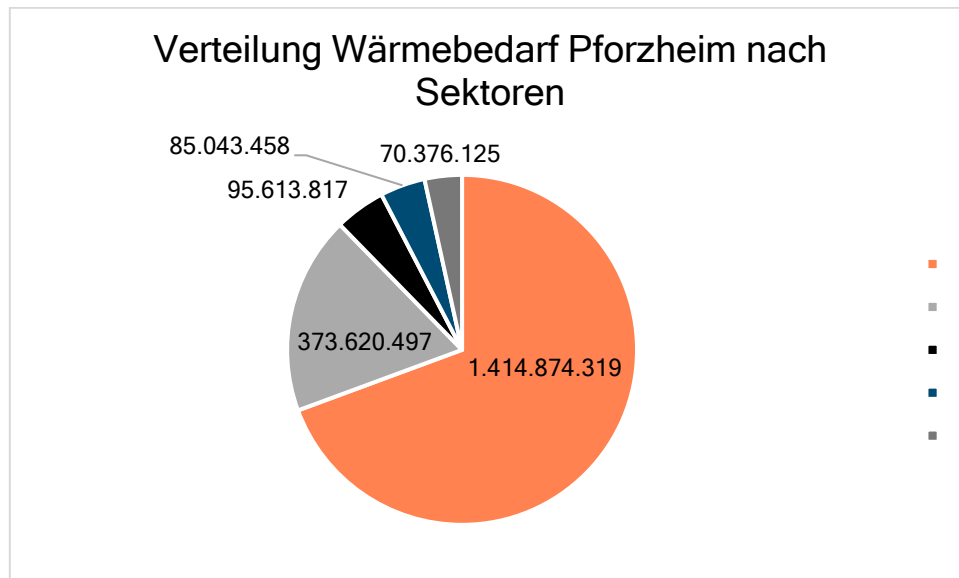


Abbildung 5: Verteilung Wärmebedarf Pforzheim nach Sektoren

In Abbildung 6 ist die räumliche Verteilung der absoluten Wärmebedarfe auf Baublockebene zu sehen. Die Abbildung zeigt, dass die absolute Höhe der Wärmebedarfe der Baublöcke im Stadtgebiet Pforzheim sehr heterogen ist. Auffällig sind hohe Wärmebedarfe in der Innenstadt sowie bei den Industriegebieten im Norden, Westen und Osten der Stadt.

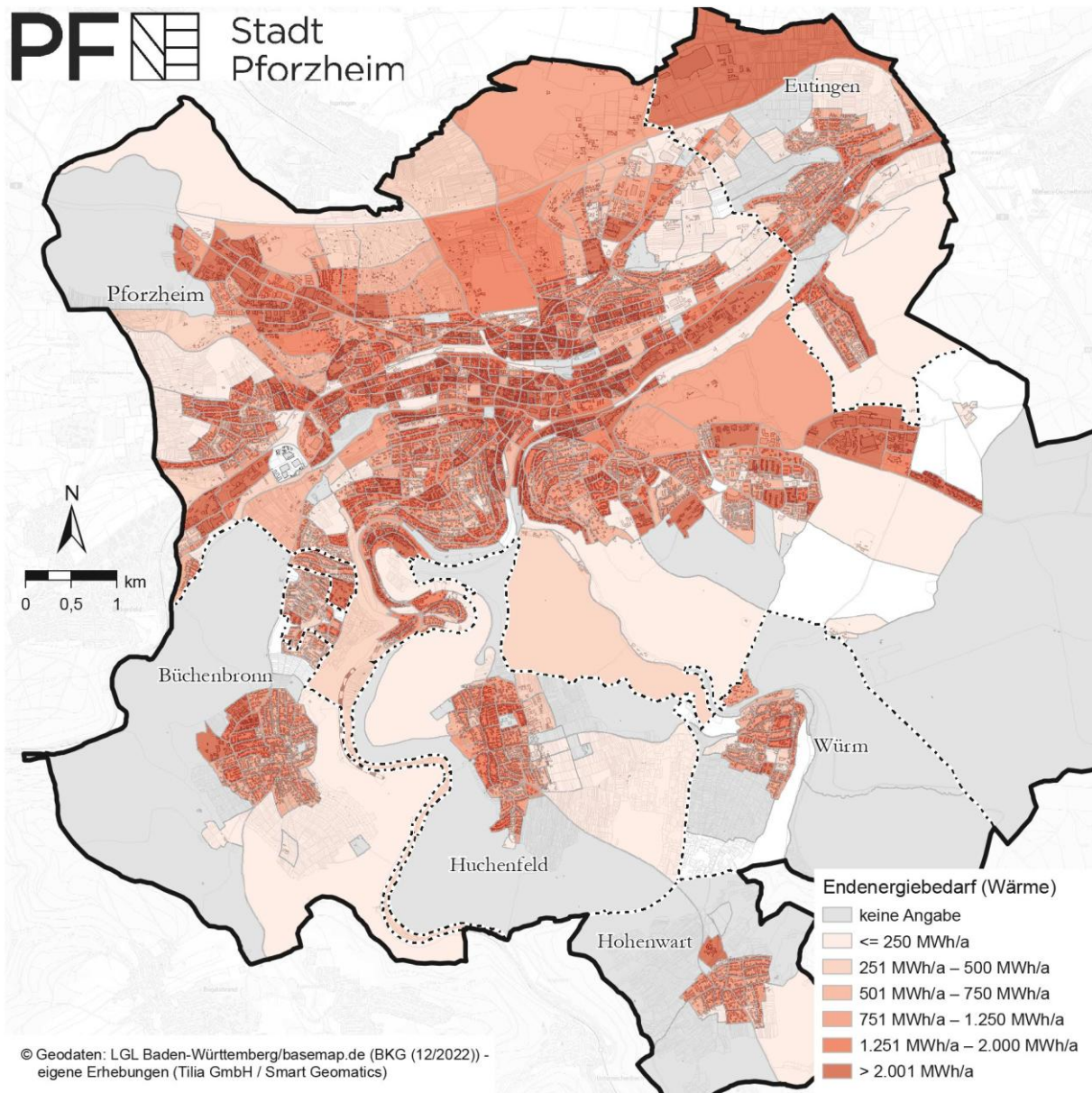


Abbildung 6: Räumliche Verteilung absoluter Wärmebedarf Pforzheim

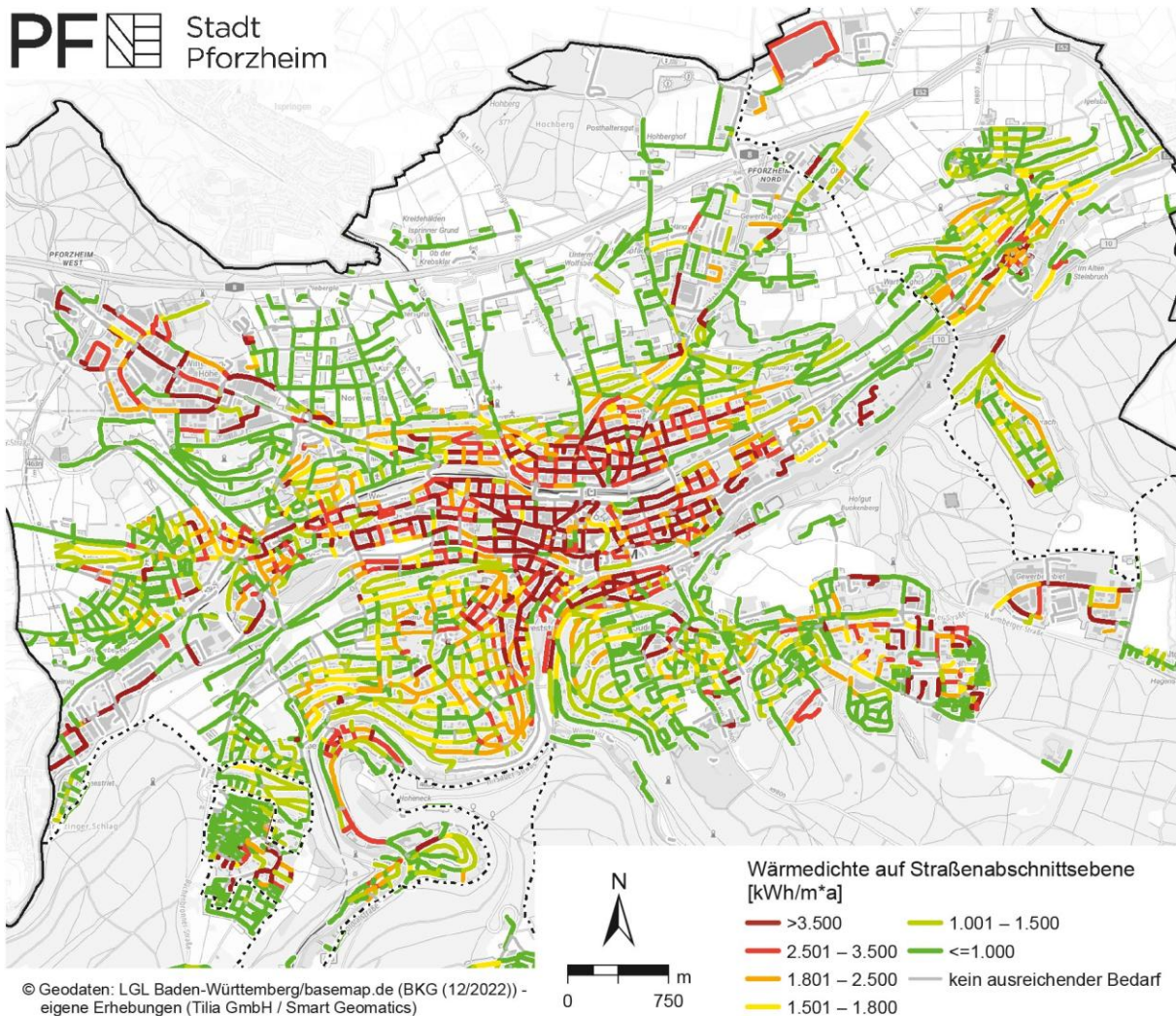


Abbildung 7: Wärmedichten im Stadtgebiet Pforzheim

Um zwischen den absoluten Wärmebedarfen eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurde zusätzlich, als Kennzahl für den relativen Wärmebedarf, die Wärmedichte im Stadtgebiet Pforzheim ermittelt. Die Wärmedichte beschreibt die Höhe des Wärmebedarfs pro Straßenmeter und ist für das Stadtgebiet Pforzheim in Abbildung 7 dargestellt. Wie schon beim absoluten Wärmebedarf ist hier im Stadtgebiet Pforzheim eine hohe Heterogenität festzustellen. Auffällig sind auch hier hohe Wärmedichten in der Innenstadt.

## 1.4 Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung im Stadtgebiet Pforzheim basiert hauptsächlich auf erdgas- und heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen. 40 % der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim werden mit erdgasbasierten Wärmeerzeugungsanlagen geheizt, gefolgt von heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen mit einem Anteil von 19 % (siehe Abbildung 8). 11 % der Gebäude im Stadtgebiet sind an das Fernwärmenetz angeschlossen.

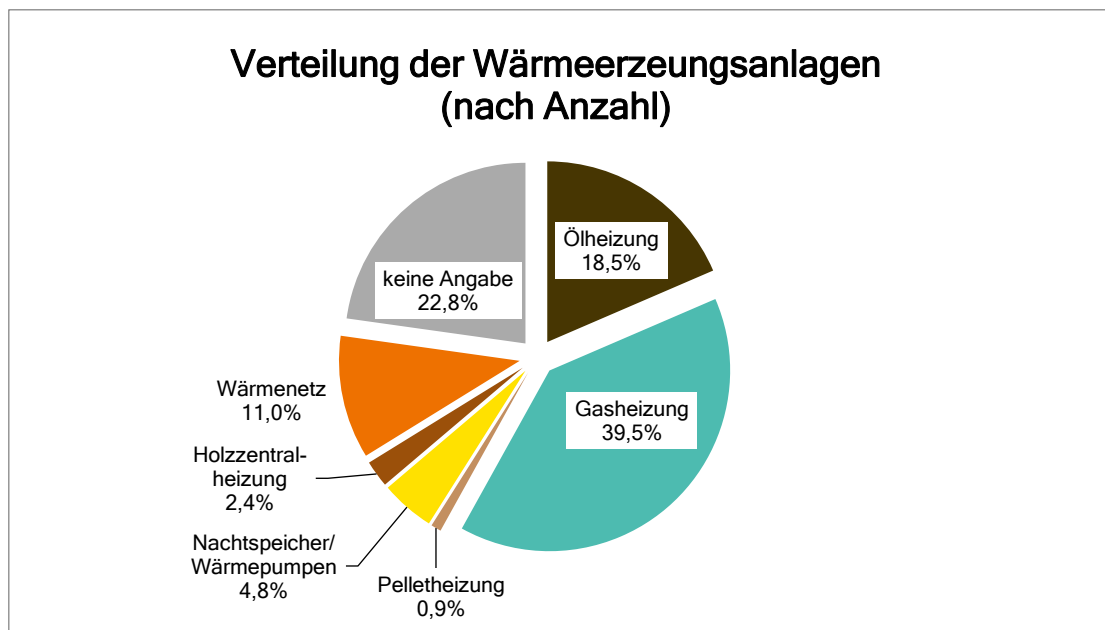


Abbildung 8: Verteilung Heizungsarten im Stadtgebiet Pforzheim

Werden die Energieträger nach Wärmeverbrauch ausgewertet (siehe Abbildung 9), so entfallen über zwei Drittel (71 %) des Wärmeverbrauchs im Stadtgebiet Pforzheim auf erdgasbasierte Wärmeerzeugungsanlagen. Gefolgt wird das vom Wärmebedarf, der durch Fernwärme gedeckt wird (17 %) und von der Deckung durch heizölbasierte Wärmeerzeugungsanlagen (10 %).

Der hohe Anteil an erdgasbasierter Wärmeversorgung spiegelt sich auch bei der Auswertung der räumlichen Verteilung der Wärmeerzeugung wider. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Energieträger im Stadtgebiet Pforzheim auf Baublockebene. Die Abbildung verdeutlicht, dass in den meisten Teilen des Pforzheimer Stadtgebiets erdgasbasierte Wärmeerzeugungsanlagen vorherrschen. Ausnahmen bilden dabei zum einen die Gebiete in der Pforzheimer Innenstadt sowie die Stadtteile Buckenberg und Sonnenhof, die komplett mit einem Fernwärmenetz erschlossen sind und dementsprechend einen hohen Anteil an Gebäuden haben, die über ein Wärmenetz mit Wärme versorgt werden. Zum anderen bilden die Gebiete am Stadtrand wie zum Beispiel die Stadtteile Huchenfeld, Würm und Hohenwart eine Ausnahme, da hier kein Erdgasnetz existiert und dementsprechend der Anteil mit holz- oder heizölbasierter Wärmeversorgung höher ausfällt.

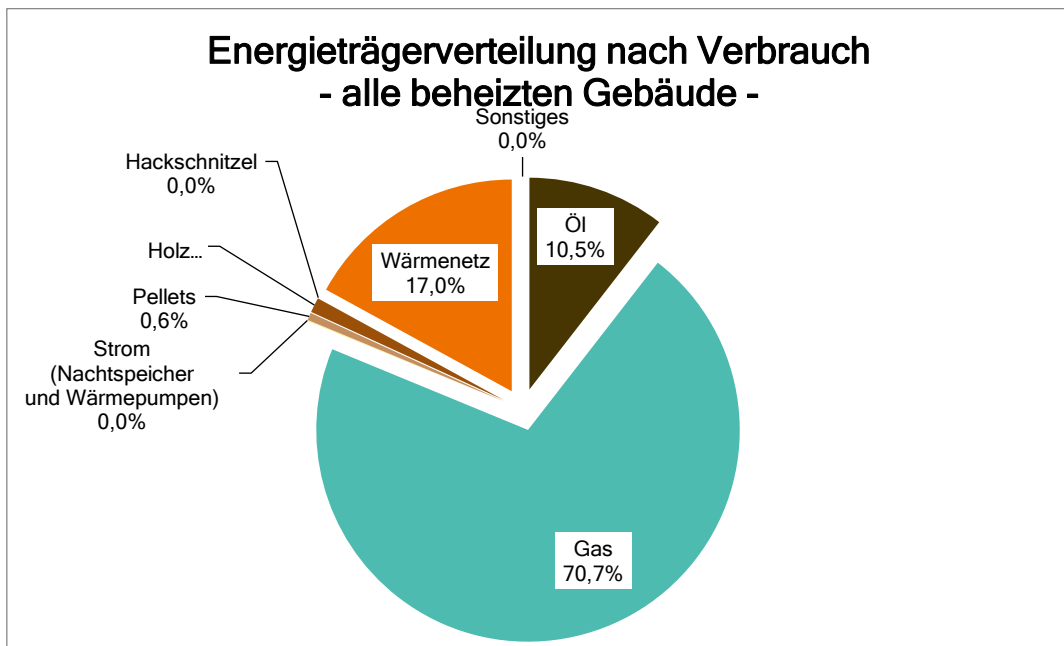


Abbildung 9: Verteilung Energieträger nach Verbrauch

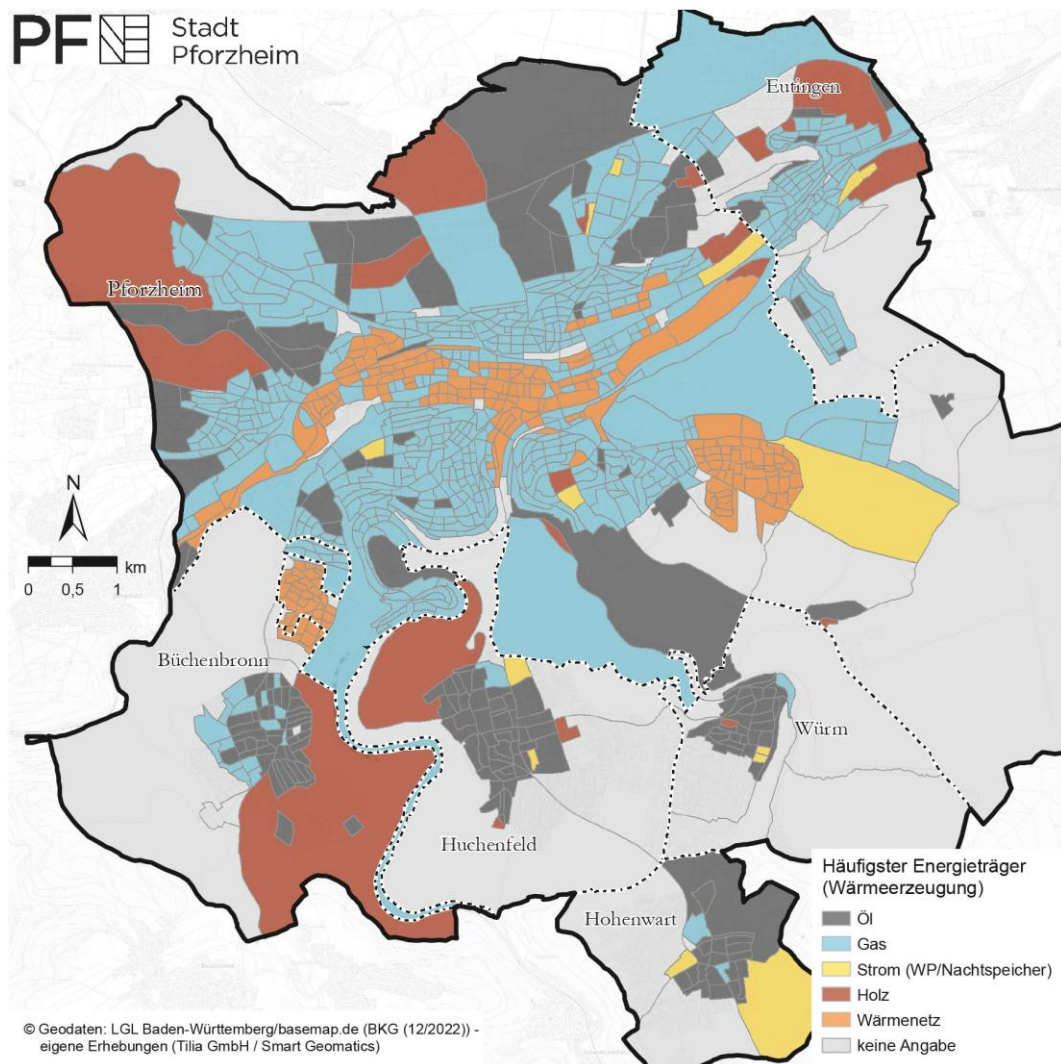


Abbildung 10: Verteilung Energieträger im Stadtgebiet

In Abbildung 11 ist der Trassenverlauf des Fernwärmenetzes in Pforzheim zu sehen. Das Fernwärmenetz erstreckt sich über große Teile des Pforzheimer Stadtgebiets, dazu zählen weite Teile der Innenstadt und Nordstadt sowie die Stadtteile Sonnenhof und Buckenberg. Eine weitere Verdichtung des Wärmenetzes der Innenstadt Richtung Süden, zwischen Innenstadt und Buckenberg bzw. Sonnenhof, ist auf Grund des Höhenanstiegs und der damit vorhandenen signifikanten Beeinflussung der Fließrichtung nicht möglich. Mögliche Ausbauoptionen für das bestehende Fernwärmenetz werden in Abschnitt 3 (Zielszenario) beschrieben.

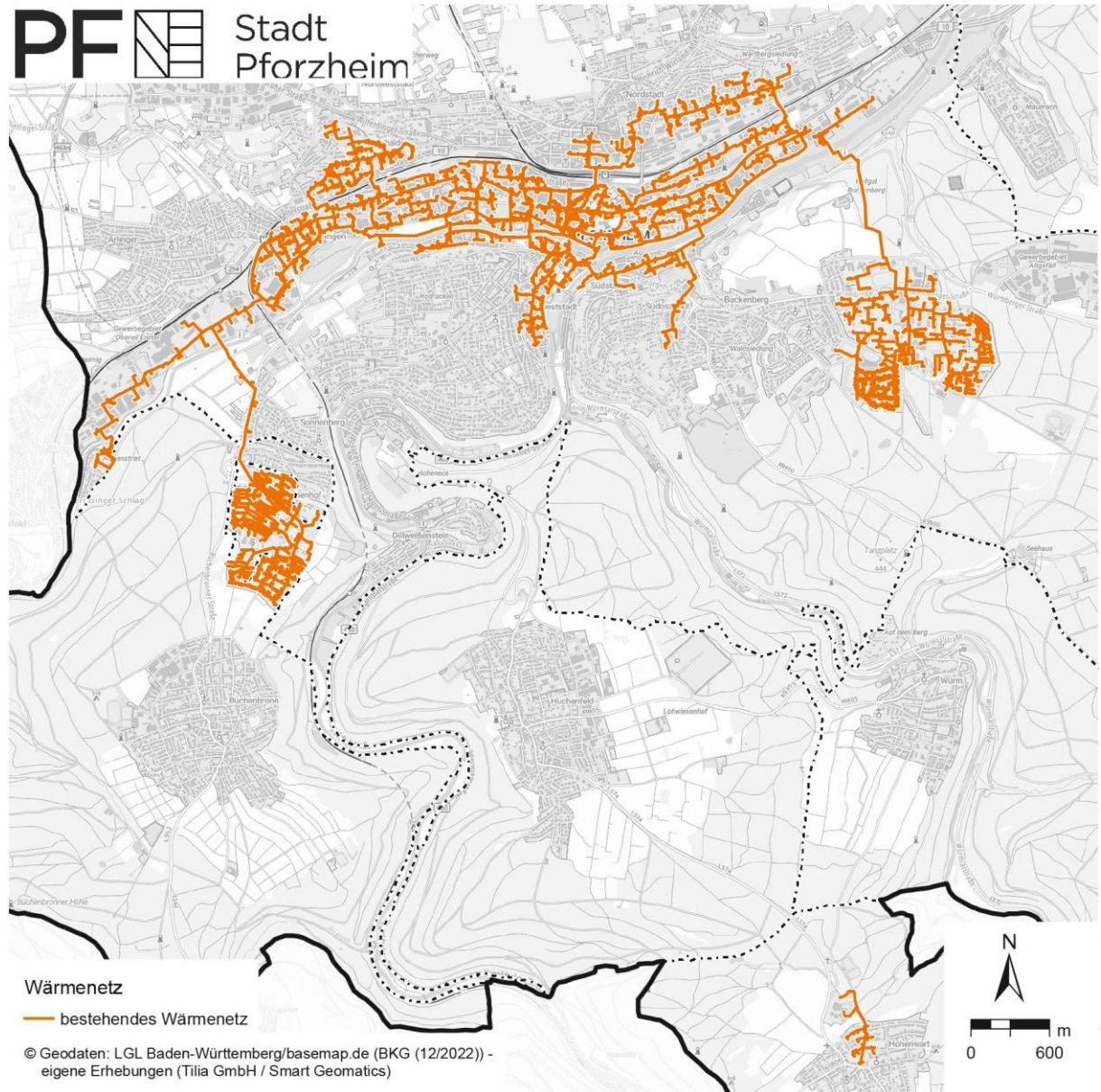


Abbildung 11: Lage Nahwärmenetz Stadtgebiet Pforzheim

Neben den Energieträgern beinhalteten die Daten der Bezirksschornsteinfeger bei vielen Gebäuden auch die Baujahre der Wärmeerzeugungsanlagen. Bei ca. 37 % der Gebäude im Stadtgebiet war kein Alter der Wärmeerzeugungsanlage angegeben, zum Beispiel bei Gebäuden mit Fernwärmeanschluss oder bei Gebäuden mit Nachtspeicherheizungen oder Wärmepumpen. Bei den restlichen Gebäuden konnte das Baujahr der Wärmeerzeugungsanlage entsprechend ausgewertet werden. Die Auswertung ergab, dass der größte Teil der Wärmeerzeugungsanlagen, bei denen die Baujahre in den Schornsteinfegerdaten dokumentiert wurden, zwischen 1984 und 1994 eingebaut wurden (Anteil 24 %). Dieser Anteil wird dicht gefolgt von dem Anteil der Anlagen, die zwischen 1995 und 2001 eingebaut wurden (20 %). Nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) müssen Wärmeerzeugungsanlagen nach spätestens 30 Jahren ausgetauscht werden. Das heißt, dass ca. 50 % der Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtgebiet Pforzheim (bei denen das Baujahr dokumentiert wurde) innerhalb der nächsten zehn Jahre ausgetauscht werden müssten (Baujahr vor 2002). Dies zeigt neben der ökologischen auch die technische Dringlichkeit der Erneuerung der Wärmeversorgung.

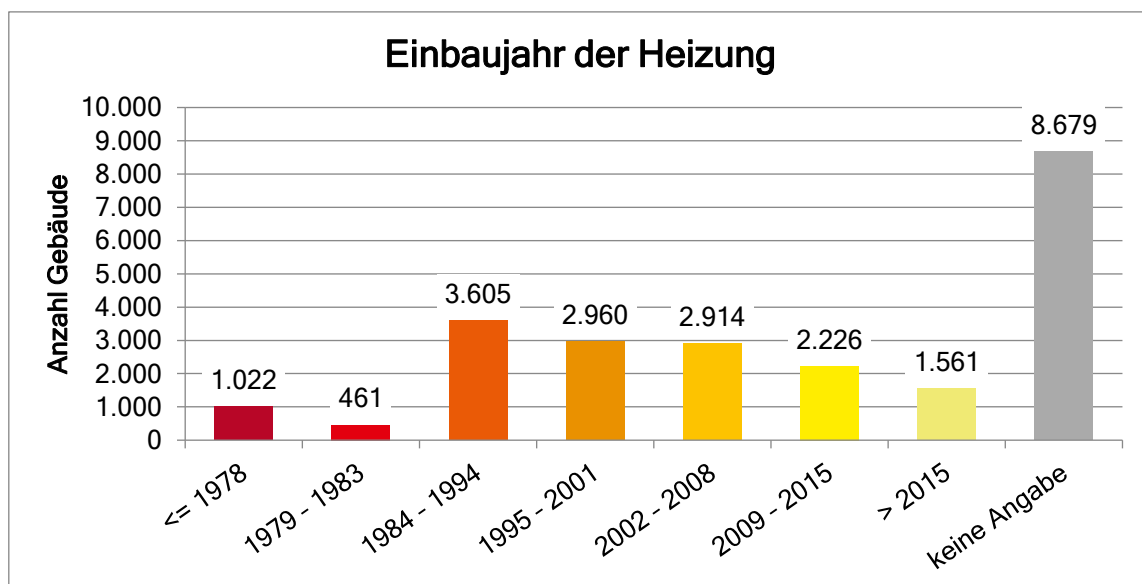


Abbildung 12: Wärmeerzeugungsanlagen nach Alter

### 1.5 Strombedarf und -erzeugung

Der Gesamtstrombedarf im Stadtgebiet Pforzheim lag im Jahr 2021 laut den Verbrauchsdaten der Stadtwerke Pforzheim bei 580 GWh/a. Aus dem von der Bundesnetzagentur veröffentlichten Marktstammdatenregister (Marktstammdatenregister, 2023) konnte abgeschätzt werden, dass ca. 5 % des verbrauchten Stroms durch Photovoltaikanlagen innerhalb des Stadtgebiets Pforzheim erzeugt werden. Weitere Strommengen werden im Stadtgebiet durch KWK-Anlagen auf der Basis von Erdgas und Biomasse erzeugt, die genaue Menge wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht ermittelt.

Der verbleibende Strombedarf wird über importierten Strom aus dem Übertragungsstromnetz gedeckt. Für diesen Strom wird, bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen, der durchschnittliche Treibhausgasemissionsfaktor des Bundesstrommix angesetzt.

## 1.6 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Um aus den ermittelten Endenergiemengen die Treibhausgasemissionen zu berechnen, werden diese mit den entsprechenden Treibhausgasemissionsfaktoren multipliziert. Die Treibhausgasemissionsfaktoren sind im Rahmen der Hilfestellungen des Landes Baden-Württemberg zur kommunalen Wärmeplanung im so genannten Technikkatalog der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA BW) vorgegeben worden (KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2022).

Eine Ausnahme bildet dabei der Treibhausgasemissionsfaktor für die lokale Fernwärmeerzeugung in Pforzheim. Die Fernwärme in Pforzheim wird durch Erdgas-BHKWs und -Kessel, sowie ein Biomethan-BHKW und ein Altholz-BHKW versorgt. Der daraus resultierende Treibhausgasemissionsfaktor für die Erzeugung der Fernwärme wurde von einem unabhängigen Unternehmen berechnet und zertifiziert. Das Ergebnis der Analyse ist, dass die Wärme aus dem Fernwärmenetz Pforzheim bilanziell klimaneutral ist (Stadtwerke Pforzheim, 2023). Bilanzielle Klimaneutralität bedeutet allerdings in dem Falle nicht, dass keine fossilen Brennstoffe eingesetzt werden. Auch in Pforzheim wird, wie bei der Mehrzahl der Fernwärmenetze in Deutschland, bei der Erzeugung von Fernwärme auf Erdgas zurückgegriffen. Die bilanzielle Klimaneutralität ergibt sich dadurch, dass nach GEG-Anhang 9 (Bundesministerium für Justiz, 2023) und den darin festgelegten DIN-Normen, der als Nebenprodukt der Wärme erzeugte Strom auf die Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung gutgeschrieben wird. Dadurch können die Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung bilanziell kompensiert werden.

Auf der Grundlage der vorgestellten Treibhausgasemissionsfaktoren ergibt sich folgende Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz:

*Tabelle 1: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz*

	<b>Endenergie</b>	<b>Emissionsfaktor</b>	<b>THG-Emissionen</b>
<b>Einheit</b>	<b>GWh/a</b>	<b>t CO<sub>2</sub>Äq/MWh</b>	<b>t CO<sub>2</sub>Äq</b>
Erdgas	1.358	0,233	316.380
Fernwärme	253	0	0
Heizöl	154	0,311	47.893
Biomasse	25	0,022	552
Nachtspeicher	10	0,436	4.316
Wärmepumpe	4	0,125	545
Unbekannt	187	0,233	43.564
<b>Gesamt Wärme</b>	<b>1.992</b>		<b>413.249</b>
Stromverbrauch gesamt	580		
Strom aus Photovoltaik	31	0,04	1.249
Strom importiert	548	0,436	239.081
<b>Gesamt Strom</b>	<b>580</b>		<b>240.331</b>
<b>Gesamt Strom + Wärme</b>	<b>2.572</b>		<b>653.580</b>

Im Stadtgebiet Pforzheim lebten zum Stichtag 31.12.2021 126.998 Einwohnerinnen und Einwohner. Wird anhand dieser Zahl der Wärmebedarf pro Einwohnerin und Einwohner berechnet, so ergibt sich ein Energiebedarf von 15.681 kWh/a/EW. Damit liegt die Stadt Pforzheim knapp über dem Bundesdurchschnitt von 15.412 kWh/a/EW (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022).

Die Verteilung des Wärmebedarfs auf die Sektoren entspricht in etwa der sektoriellen Verteilung des Wärmebedarfs. Es entfallen ca. 56 % auf den Sektor private Haushalte, gefolgt vom Sektor GHD und Industrie mit 38 % (siehe Abbildung 13).

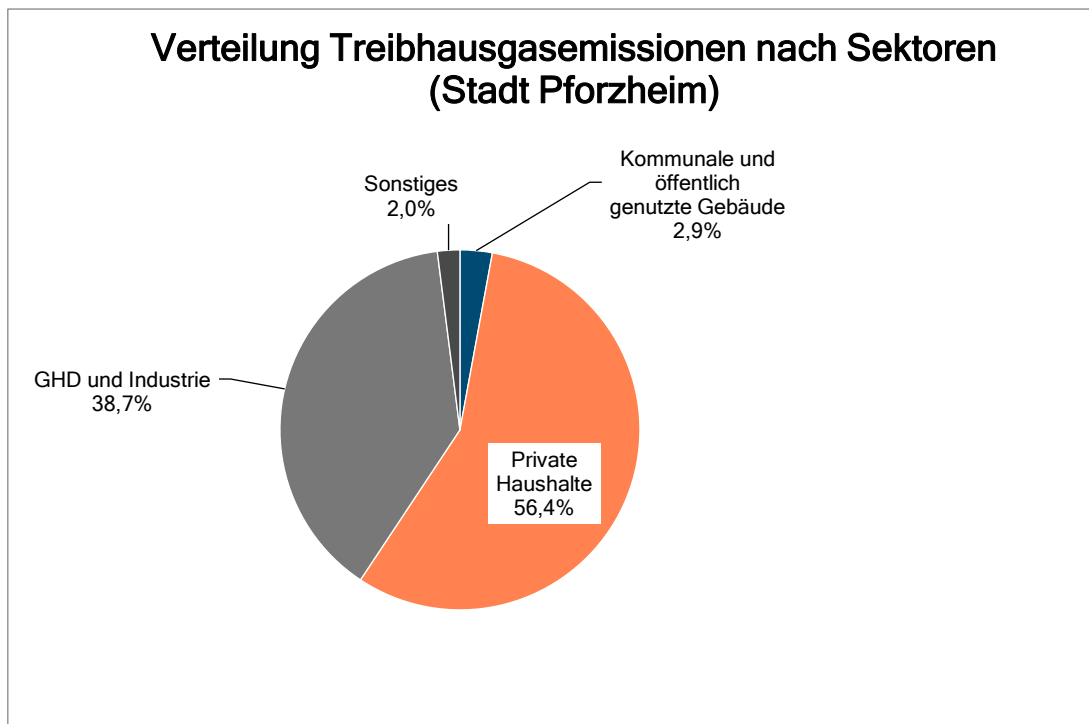


Abbildung 13: Verteilung Treibhausgasemissionen nach Sektoren

## 2. Potenzialanalyse

### 2.1 Potenzial zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz

Das größte Einsparpotenzial im Bereich Wärme liegt in der Steigerung der Gebäudeeffizienz durch energetische Sanierungen. Dazu zählt sowohl die Erneuerung der Heizungsanlage durch ein effizienteres Modell als auch die Dämmung von Außenwänden, Fenstern, Dachinnenflächen und Kellerdecken. Die Einsparungen des Wärmebedarfs, die durch energetische Sanierungen erzielt werden können, variieren je nach Baujahr des Gebäudes. Für die Wohngebäude im Stadtgebiet Pforzheim wurden anhand der Baujahre der Gebäude und der TABULA Typologie (Institut für Wohnen und Umwelt, 2022) die potenziellen Einsparungen des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen bestimmt.

Durchschnittlich könnten potenziell etwa 47 % des Wärmebedarfs bei Wohngebäuden in Pforzheim durch energetische Sanierungen eingespart werden. Die genaue Höhe der Einsparungen hängt, neben dem Gebäudebaujahr, von dem Umfang der energetischen Sanierungen ab. Bei der Berechnung der Einsparungen wurde von einer umfassenden Sanierung, das heißt von einer Dämmung der Kellerdecke, der Fenster, der Außenwände und des Daches sowie vom Austausch der Heizungsanlage ausgegangen.

In Abbildung 14 sind mögliche Entwicklungen des Wärmebedarfs bei verschiedenen Sanierungsraten zu sehen. Die Sanierungsrate gibt an, welcher Anteil der Gebäude im Stadtgebiet jährlich saniert wird. So werden beispielsweise bei einer Sanierungsrate von 3 % jährlich 3 von 100 Gebäuden im Stadtgebiet Pforzheim saniert, es bräuchte bei einer konstanten Sanierungsrate von 3 % dementsprechend ca. 33 Jahre, bis die Gebäude im Stadtgebiet vollständig saniert wären.

Die Abbildung 14 zeigt die potenziellen Einsparungen durch umfassende energetische Sanierungen von Wohngebäuden bei Sanierungsraten von 0,9 %, 1,6 %, 3 % und 5,5 % bis zum Jahr 2040. Dabei entspricht 0,9 % der aktuellen Sanierungsrate in der Stadt Pforzheim, 1,6 % ist die aktuelle Sanierungsrate von Baden-Württemberg (Umweltbundesamt, 2018) und 5,5 % die Sanierungsrate, die erreicht werden müsste, um bis zum Jahr 2040 alle Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim umfassend energetisch zu sanieren.

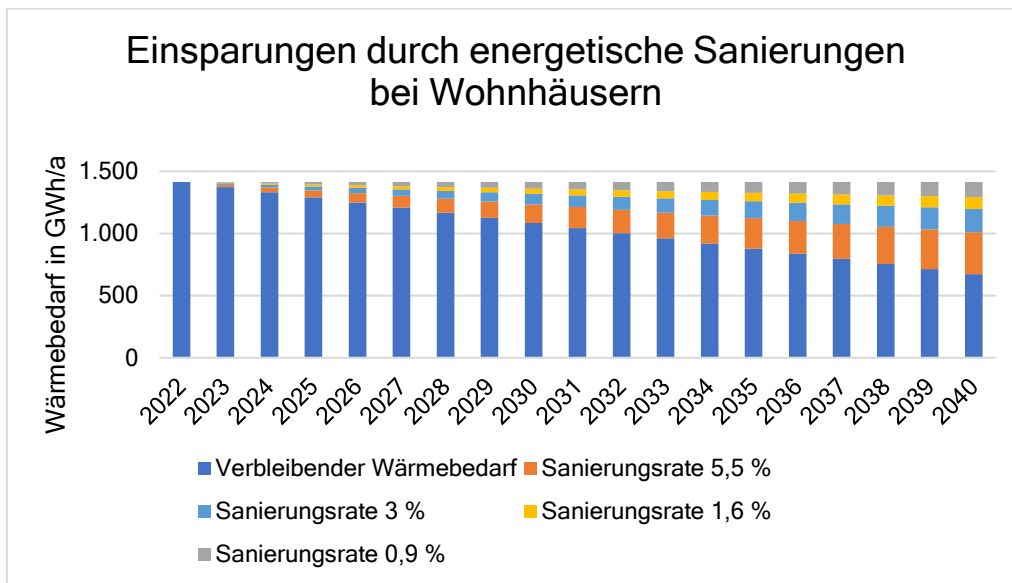


Abbildung 14: Einsparungen energetische Sanierungen bei Wohnhäusern

Auf der Grundlage der genannten Annahmen ergibt sich für die Wohnhäuser im Stadtgebiet Pforzheim bis zum Jahr 2040 bei einer Sanierungsrate von 1,6 % ein potenzielles Einsparpotenzial von ca. 203 GWh/a (15 %) und bei einer Sanierungsrate von 3 % ein Einsparpotenzial von ca. 382 GWh/a (29 %). Bei einer Komplettsanierung der Gebäude bis zum Jahr 2040 ergibt sich ein Einsparpotenzial des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen von ca. 665 GWh/a. Dadurch könnten ca. 120.000 t CO<sub>2</sub>Äq im Jahr eingespart werden.

Um auch die Einsparungen durch energetische Gebäudesanierungen für Nichtwohngebäude zu ermitteln, wurden die Prognosedaten für Gebäudesanierung aus dem Technikkatalog für kommunale Wärmeplanung der deutschen Energieagentur dena (2024) herangezogen (Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW), 2024).

In Tabelle 2 ist dargestellt, welche Einsparungen, je nach Gebäudenutzung und Gebäudealter, bis zum Jahr 2045 zu erwarten sind. Aus der Aufstellung wird deutlich, dass je nach Szenario, Gebäudealter und -nutzung, Einsparungen zwischen 0 % und 59 % des Wärmebedarfs zu erwarten sind. Die zugrunde liegende Studie „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems“ (Fraunhofer ISI et al., 2022) unterscheidet zwei Szenarien:

- **Szenario „niedrig“:** Sanierungsrate 1 %, Sanierungsstandard Effizienzhaus EH 70
- **Szenario „hoch“:** Sanierungsrate 2 %, Sanierungsstandard Effizienzhaus EH 40

Die folgende Tabelle zeigt die prognostizierten Einsparungen bis 2045:

Tabelle 2: Prognose für Einsparungen durch Gebäudesanierungen

Gebäudetyp	Szenario	Bis 1918	1918 - 1948	1949 - 1978	1979 - 1994	1995 - 2009	Ab 2010
Mehrfamilienhaus	Niedrig	24 %	45 %	26 %	42 %	19 %	0 %
	Hoch	38 %	51 %	47 %	40 %	43 %	0 %
Ein- und Zweifamilienhaus	Niedrig	29 %	47 %	30 %	44 %	8 %	0 %
	Hoch	46 %	53 %	44 %	44 %	37 %	0 %
Industrie	Niedrig	41 %			37 %		5 %
	Hoch	59 %			55 %		18 %
Gewerbe, Büro, öffentliche Gebäude	Niedrig	16 %			14 %		4 %
	Hoch	32 %			37 %		30 %
Sonstiges	Niedrig	16 %			14 %		4 %
	Hoch	32 %			37 %		30 %

Für die Stadt Pforzheim gilt das Ziel des Bundeslandes Baden-Württemberg, die Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 zu erreichen (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022). Dieses Ziel weicht von dem Ziel der Bundesregierung, der Klimaneutralität bis 2045 (Bundesregierung, 2024), ab, auf dessen Grundlage der Technikkatalog der kommunalen Wärmeplanung erstellt wurde. Um trotzdem die Einsparungen durch energetische Gebäudesanierungen für das Zieljahr 2040 darstellen zu können, wurden die Prognosen des Technikkatalogs linear auf das Jahr 2040 (-25%) herunter gerechnet.

Wendet man die in Tabelle 2 vorgestellten Szenarien auf den Gebäudebestand in Pforzheim an, so ergibt sich bis 2040 ein **aggregiertes Einsparpotenzial zwischen 34 % bis 49 %**. Die Einsparungen verteilen sich über alle Sektoren und steigen im Zeitverlauf kontinuierlich an. Im Szenario „hoch“ sind die Einsparungen deutlich stärker ausgeprägt als im Szenario „niedrig“.

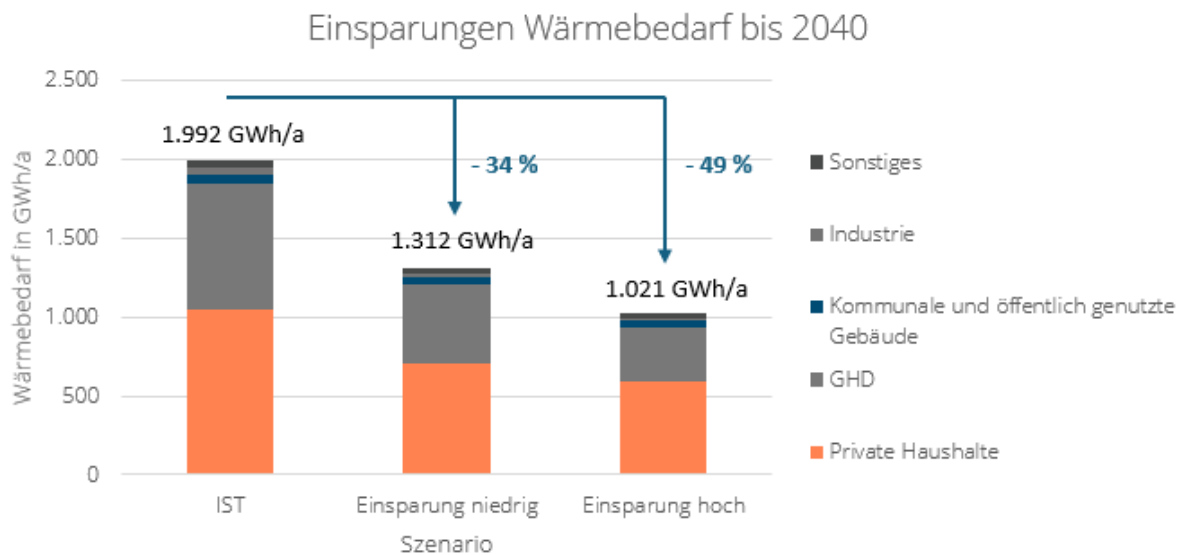


Abbildung 15: Einsparungen Wärmebedarf im Stadtgebiet Pforzheim bis 2040

## 2.2 Potenziale erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung sowie Abwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Pforzheim wurde eine Reihe von potenziellen regenerativen Wärmequellen im Stadtgebiet untersucht. Dabei wurde sowohl auf vorhandene Studien zu den entsprechenden Themen zurückgegriffen als auch Gespräche mit den entsprechenden Akteuren durchgeführt.

### 2.2.1 Biomasse

#### 2.2.1.1 Energetisches Potenzial Bioabfall

Nach Angaben der Abfallbilanz 2021 des Landes Baden-Württemberg fallen in Pforzheim etwa 33 kg Biomüll pro Person und Jahr an (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2023). Bei 126.998 Einwohnerinnen und Einwohnern im Stadtgebiet Pforzheim (Stadt Pforzheim, 2021) ergibt das rund 4.200 t Bioabfall für das Jahr 2021. Unter der Annahme, dass aus einer Tonne Biomüll 110 m<sup>3</sup> Biogas gewonnen werden können und diese über einen Energiegehalt von etwa 6,3 kWh/m<sup>3</sup> verfügen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2022) ergibt sich für den Bioabfall im Stadtgebiet Pforzheim ein energetisches Potenzial von etwa 2.881 MWh/a. Der Bioabfall wird aktuell in Freudenstadt energetisch verwertet. Perspektivisch kann geprüft werden, ob eine lokale energetische Verwertung des Abfalls ökologisch und wirtschaftlich effizient ist.

#### 2.2.1.2 Energetisches Potenzial Stadtwald

Für die Einschätzung des Biomassepotenzials des Holzes aus den Wäldern im Stadtgebiet Pforzheim wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die städtische Forstverwaltung Pforzheim kontaktiert. Dabei wurde mitgeteilt, dass das Holz, das unter den Kriterien einer

nachhaltigen Bewirtschaftung des Waldes genutzt werden kann, zu einem großen Teil bereits an die lokale Sägeindustrie vermarktet wird. Dieser Vermarktung liegen längerfristige Verträge zu Grunde, sodass eine energetische Nutzung des Holzes kurzfristig nicht vorgesehen ist. Aktuell werden jährlich etwa 8.000 - 8.500 Festmeter Holz aus dem Stadtwald geschlagen. Bei einer energetischen Nutzung der Holzmenge entspräche das einer potenziellen Wärmeerzeugung von 20 GWh/a.

Ob eine energetische Nutzung des Holzes längerfristig sinnvoll ist, muss nach weiteren Untersuchungen nach ökologisch und wirtschaftlichen Gesichtspunkten entschieden werden. Prinzipiell ist eine höherwertige Nutzung des Holzes, zum Beispiel zur Verarbeitung bei Möbeln oder Gebäuden, einer energetischen Nutzung des Holzes vorzuziehen.

## 2.2.2 Solarthermie

### *2.2.2.1 Dachflächen-Solarthermie*

Um das Potenzial für Dachflächen-Solarthermieanlagen im Stadtgebiet Pforzheim zu ermitteln, wurden die Dachflächen der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim anhand von Laserscandaten digital ausgewertet und so die geeigneten (nicht nach Norden ausgerichteten, nicht verschatteten) Dachflächen identifiziert. Insgesamt existieren im Stadtgebiet Pforzheim geeignete Dachflächen mit einer Gesamtfläche von etwa 3,5 Mio m<sup>2</sup>. Unter der Annahme, dass eine Solarthermieanlage 400 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr erzeugen kann (Greenhouse Media GmbH, 2023), beträgt das theoretische Potenzial der Wärmeerzeugung durch Solarthermie auf den geeigneten Dachflächen im Stadtgebiet Pforzheim etwa 1.404 GWh/a. Dies entspricht etwa zwei Drittel des Wärmebedarfs im Stadtgebiet Pforzheim. Allerdings tritt dieses Potenzial nicht synchronisiert zum anfallenden Wärmebedarf auf. In Abbildung 16 ist die saisonale Verteilung der Sonneneinstrahlung in Pforzheim im Vergleich zu der saisonalen Verteilung des Wärmeverbrauchs zu sehen (Europäische Kommission, 2022). Dabei wird deutlich, dass die Verteilungen antizyklisch zueinander sind. Auf die Monate mit dem höchsten Wärmebedarf, Januar und Dezember (Statista GmbH, 2013), entfällt lediglich 6 % Sonneneinstrahlung, während auf den Monat mit der höchsten Sonneneinstrahlung (Juli) lediglich 2 % des Wärmeverbrauchs entfallen.

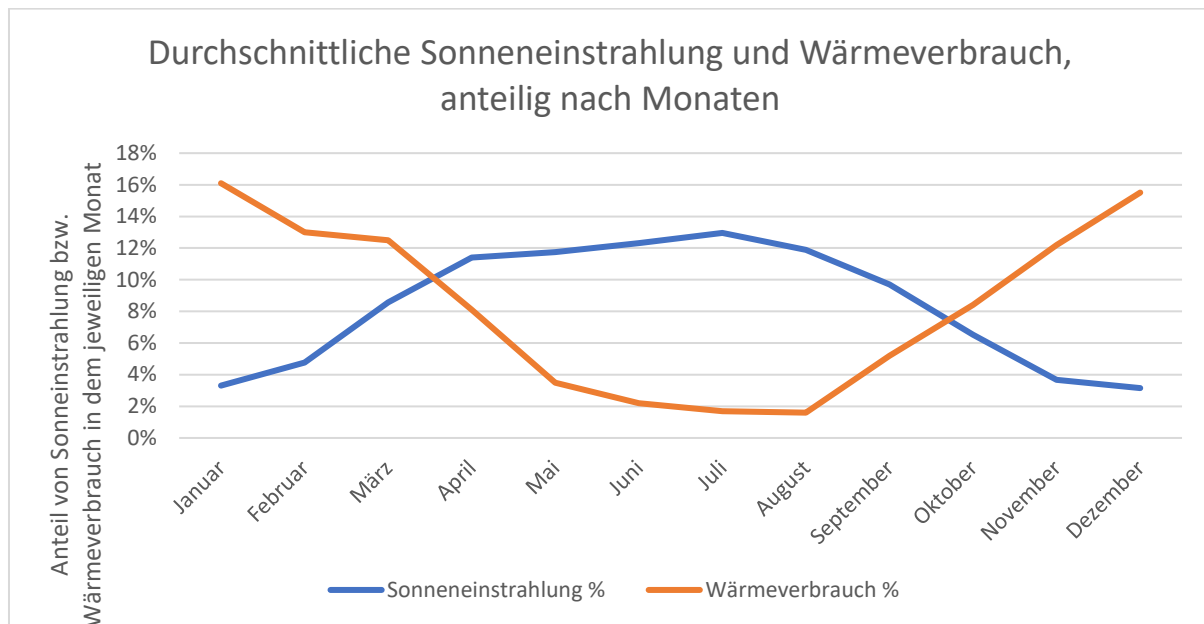


Abbildung 16: Saisonale Verteilung der Sonneneinstrahlung und des Wärmeverbrauchs

Auf Grund dieser saisonalen Gegebenheiten ist ein hoher Speicheraufwand notwendig (der in der Regel auch mit Verlusten verbunden ist), um das ermittelte Solarthermie-Potenzial nutzen zu können. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Dachflächen-Solarthermieanlagen in direkter Flächenkonkurrenz zu Dachflächen-Photovoltaikanlagen stehen und eine Abwägung zwischen beiden Technologien vorgenommen werden muss. Auch Kombinationen aus Solarthermie- und Photovoltaikanlagen sind möglich, zum Beispiel in Form von photovoltaisch-thermischen Kollektoren (PVT-Kollektoren), die Strom und Wärme gleichzeitig erzeugen können. Eine weitere Möglichkeit der Nutzung des Solarpotenzials zur Wärmeerzeugung ist die Nutzung von Photovoltaikanlagen zur Erzeugung von Wärme über einen Heizstab oder eine Wärmepumpe (siehe Abschnitt 2.3.1).

#### 2.2.2.2 Freiflächen-Solarthermie

Die Höhe des Potenzials für Freiflächen-Solarthermie ist abhängig von der Größe und den Rahmenbedingungen der entsprechenden Freiflächen sowie der möglichen Nutzung und Speicherung der Wärme und der Flächenkonkurrenz auf den entsprechenden Freiflächen. Dementsprechend hängt das Potenzial von einer Reihe von Faktoren ab, die im Einzelfall geprüft werden müssen und es können im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nur allgemeine Aussagen zum Potenzial der Freiflächen-Solarthermie getätigt werden und keine Aussagen zu Einzelflächen.

Um dennoch eine Größenordnung des Potenzials abzuschätzen, wurden die Flächen im Stadtgebiet Pforzheim identifiziert, die entsprechend der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) Baden-Württemberg für Solaranlagen geeignet sind. Dabei wurde in geeignete Flächen (grün in Abbildung 17) und bedingt geeignete Flächen (gelb in Abbildung 17) Flächen unterschieden. Die abgebildeten geeigneten Flächen sind dabei Flächen, entsprechend EEG §37 Absatz 2 h) und i), Ackerland oder Grünland sind und in benachteiligten Gebieten liegen. Dazu gehören Gebiete mit geringerem landwirtschaftlichem Ertrag sowie Gebiete mit geringer Bevölkerungsdichte. Die bedingt geeigneten Gebiete sind Gebiete, bei denen ebenfalls eine

Genehmigung für Solaranlagen möglich ist, diese zählen jedoch nicht zu den benachteiligten Gebieten im Sinne des EEG.

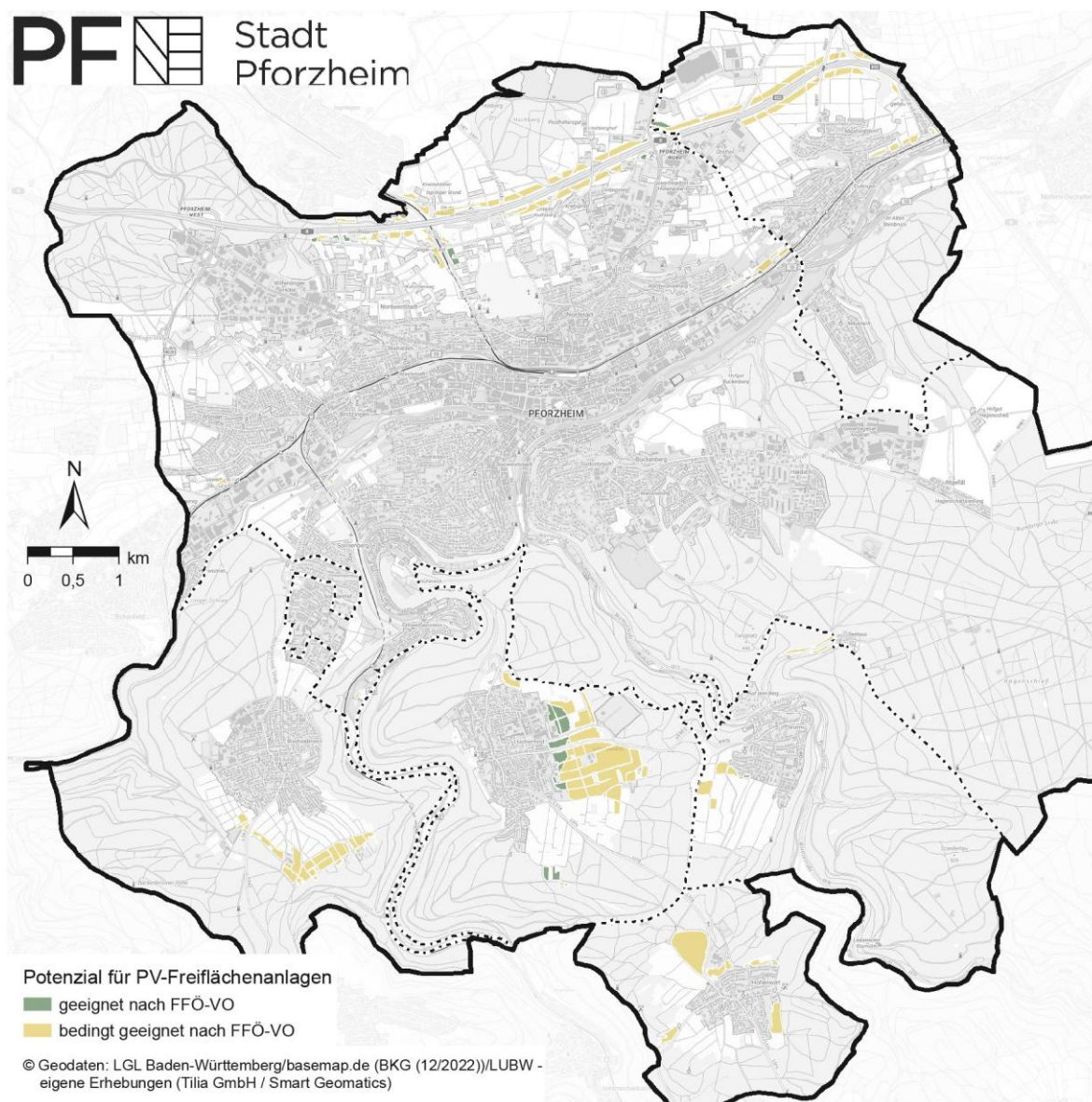


Abbildung 17: geeignete Flächen nach FFÖ-VO

Die in Abbildung 17 abgebildeten Flächen werden zum Teil durch Naturschutzgebiete und geschützte Mähwiesen überlagert (siehe Abbildung 18) und stehen unter anderem aus diesem Grund nicht komplett für Solaranlagen zur Verfügung. Die Überschneidungen betreffen jedoch nur Gebiete, die nach FFÖ-VO als bedingt geeignet kategorisiert wurden.

Allein die geeigneten Gebiete nach FFÖ-VO ergeben eine Gesamtfläche von 30 ha. Unter der Annahme, dass mit Solarthermieanlagen ca. 2.000 MWh/a/ha (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2019) erzeugt werden, ergibt sich für diese Flächen ein Gesamtpotenzial von 60 GWh/a. Ebenso wie bei dem Potenzial für Solarthermie Dachanlagen, kann dieses Potenzial auf Grund saisonaler Effekte und der Flächenkonkurrenz zu PV voraussichtlich nur zum Teil realisiert werden. Hier eignet sich eine Mehrfachnutzung

der Fläche, zum Beispiel durch PVT-Module, eine gleichzeitige Nutzung als unterirdisches Geothermiefeld mit Erdwärmesonden oder durch die Nutzung der unter Solarmodulen liegenden Fläche als Habitat für Flora und Fauna.

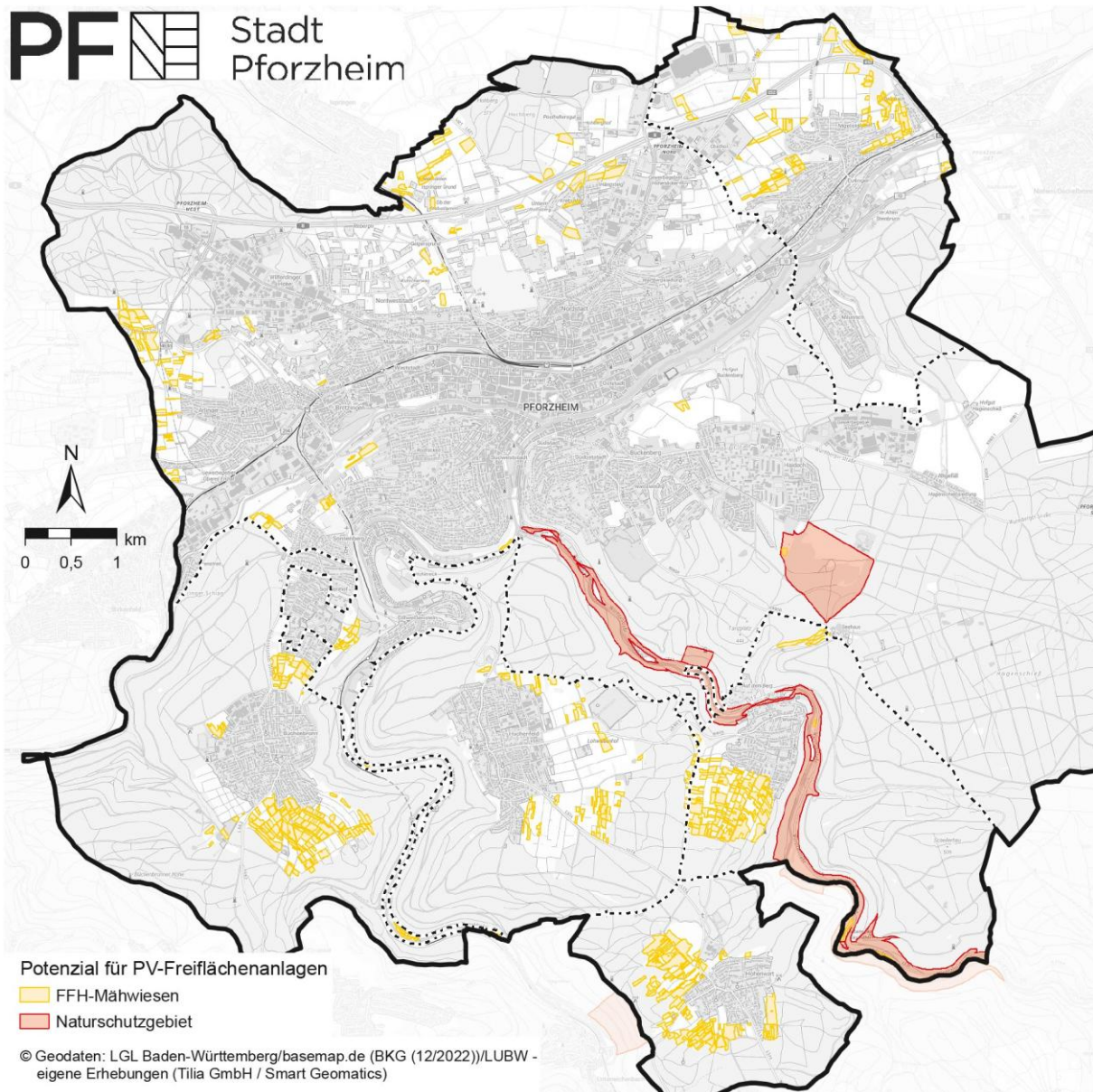


Abbildung 18: FFH-Mähwiesen und Naturschutzgebiete im Stadtgebiet Pforzheim

Es wird empfohlen, die Realisierung des Solarthermie-Potenzials besonders bei dem Aufbau einer neuen Erzeugung für Wärmenetze in Betracht zu ziehen. Optimalerweise liegt durch Solarthermieanlagen genutzte Fläche direkt an einem Wärmenetz und kann so effizient für die Wärmeherzeugung genutzt werden.

### 2.2.3 Geothermie

Bei der oberflächennahen Geothermie lassen sich zwei verschiedene Methoden unterscheiden, mit denen Erdwärme gewonnen werden kann. Die eine Technologie zur Gewinnung

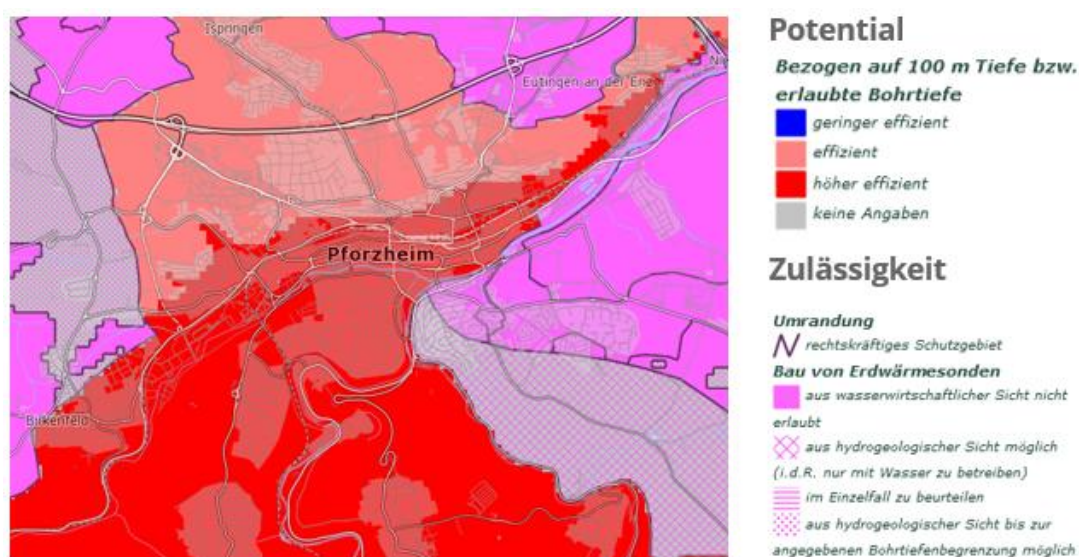
von Erdwärme sind Erdwärmekollektoren, bei denen Röhren mit einer Heizflüssigkeit in einer Tiefe von ca. 1,5 - 2 Meter unter dem Erdboden verlegt werden. Die zweite Technologie sind Erdwärmesonden, bei denen eine Bohrung in die Tiefe vorgenommen und ein Rohr mit Heizflüssigkeit vertikal in die Erde eingelassen wird. In der Regel handelt es sich hierbei um eine Tiefe von bis zu 100 Metern, da die Bohrung bei über 100 Metern Tiefe unter das Bundesbergrecht fällt (Kesselheld GmbH, 2023) und deshalb separat genehmigt werden muss. Mit Sondergenehmigungen sind auch tiefere Bohrungen möglich.

### 2.2.3.1 Erdwärmesonden

Das Gesamtpotenzial für Erdwärmesonden im Stadtgebiet Pforzheim wurde von der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA BW) auf der Grundlage von Daten von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ermittelt und in Form von GIS-Daten zur Verfügung gestellt. In den Daten wurden nur Wohnbauflächen und Bauflächen für gemischte Nutzung betrachtet, nicht zur Bebauung verfügbare Flächen wurden ausgeschlossen, um die darauf befindliche Vegetation oder sonstige Nutzung nicht zu beeinträchtigen.

Um das Potenzial für das Stadtgebiet zu ermitteln, wurde für diese Flächen angenommen, dass auf diesen Flächen durch eine Erdwärmesonde Wärme entzogen werden kann. Um das Potenzial der Flurstücke maximal auszunutzen, wurde in den Daten davon ausgegangen, dass das Flurstück mit einer maximalen Anzahl an Sonden belegt wird. Hierbei werden jeweils zwei Meter Abstand zum Gebäude eingerechnet sowie zehn Meter Abstand zwischen den Sonden. Außerdem wurde eine maximale Tiefe der Sonden angenommen, diese variiert je nach Gebiet. Bei 80 % der für Geothermie zulässigen Flächen ist eine Bohrung bis 400 m möglich, bei den restlichen Flächen sind Bohrungen mit einer Tiefe zwischen einem und 65 m möglich (Durchschnittlich mögliche Tiefe bei diesen Flächen: 20 m).

Aus diesen Annahmen ergibt sich für das Stadtgebiet Pforzheim ein maximales Potenzial für Erdwärmesonden von etwa 145 MW und eine maximale Gesamtentzugswärmemenge von ca. 250 GWh/a.



Quelle: LUBW

Abbildung 19: Eignung und Zulässigkeit von Erdwärmesonden

Ergänzend zu den vorgestellten Daten ist in Abbildung 19 die Effizienz und die Zulässigkeit von Erdwärmesonden grafisch dargestellt. Dabei wird deutlich, dass der westliche und südliche Teil von Pforzheim effiziente Rahmenbedingungen für Erdwärmesonden bietet, während sie im östlichen Teil der Stadt aus wasserwirtschaftlichen Gründen nicht erlaubt sind.

**notwendiger Platzbedarf, Fallbeispiel**

beheizte Fläche	120 m <sup>2</sup>
spez. Bedarf Nutzenergie (Wohnen)	150 kWh/m <sup>2</sup>
Nutzenergiebedarf (Heizung+TWW)	18.000 kWh
Annahme Verluste WP-Heizung	10%
Endenergiebedarf	20.000 kWh
JAZ	5
Strombedarf	4.000 kWh
Wärme aus Boden	16.000 kWh
Entzugsleistung	50 W/m
Anzahl Sonden	2
Sondenabstand	10 m
Sondenleistung	5 kW/Sonde
<b>Benötigte Fläche</b>	<b>~150 m<sup>2</sup></b>

**Erschließungskosten** von 23,5 k€ bis 28,1 k€\*

\*KEA, Technikatalog, Erschließungskost. Wärmequelle 2.4.1

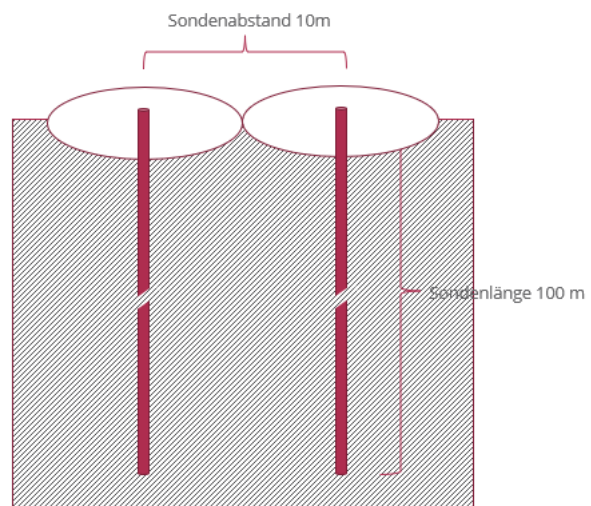
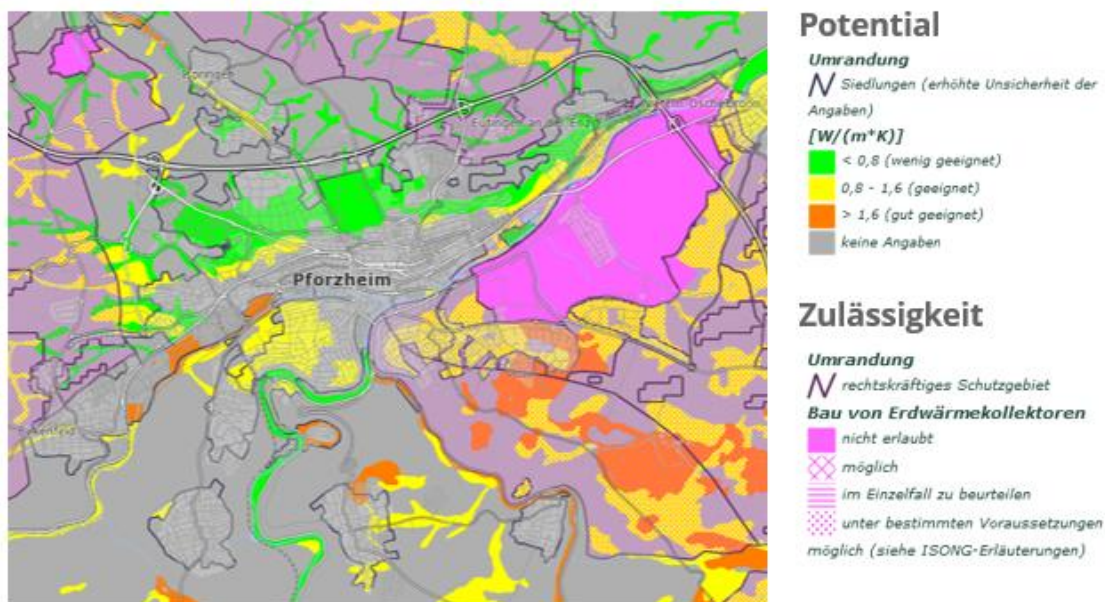


Abbildung 20: Fallbeispiel Erdwärmesonden

In Abbildung 20 sind die Kennzahlen für ein Fallbeispiel dargestellt. Es handelt sich dabei um die Installation einer Erdwärmesonde für ein Einfamilienhaus mit einer Fläche von 120 m<sup>2</sup>. In diesem Fall sind zwei Erdwärmesonden nötig, um den Wärmebedarf zu decken. Der Abstand zwischen den Sonden und zu Sonden in benachbarten Grundstücken sollte jeweils mindestens 10 m betragen, sodass eine Gesamtfläche von ca. 150 m<sup>2</sup> ohne weitere Bohrungen benötigt wird. Die Kosten für die Erschließung wurden in diesem Fall auf der Grundlage der Investitionskosten im Technikatalog der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA BW) grob abgeschätzt. Die exakten Kosten müssen im Einzelfall ermittelt werden und sind abhängig von Bodenbeschaffenheit, benötigten Temperaturniveau und zahlreichen weiteren Faktoren.

**2.2.3.2 Erdwärmekollektoren**

Bei Erdwärmekollektoren ist die Zulässigkeit im Stadtgebiet Pforzheim in ähnlichen Gebieten eingeschränkt, wie die Zulässigkeit für Erdwärmesonden. Auch hier ist die Installation im östlichen Teil des Stadtgebietes Pforzheim aus wasserwirtschaftlichen Gründen nur unter bestimmten Bedingungen erlaubt (z.B. keine chemisch hergestellte, sondern nur Wasser als Heizflüssigkeit, Genehmigung muss für den Einzelfall beantragt werden). Im südöstlichen Teil von Pforzheim liegt das Gebiet, das am besten für Erdwärmekollektoren geeignet ist. Hier ist die Entzugsleistung am höchsten und eine Installation von Erdwärmekollektoren ist zulässig.



Quelle: LUBW

Abbildung 21: Potenzial und Zulässigkeit von Erdwärmekollektoren

Analog zu den Erdwärmesonden wurde ebenfalls ein Fallbeispiel für die Versorgung eines fiktiven Einfamilienhauses (120 m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche) mit Erdwärmesonden berechnet. An dem Beispiel wird deutlich, dass bei den Bedingungen im Stadtgebiet Pforzheim die Kollektorfläche ungefähr das 2,3-fache der beheizten Wohnfläche betragen muss. Die Fläche, auf der die Erdwärmekollektoren installiert sind, darf dabei weder versiegelt noch mit tiefwurzelnden Pflanzen bewachsen sein. Die für das Fallbeispiel angegebenen Kosten sind, wie bei dem Fallbeispiel für Erdwärmesonden, wieder nur ein grober Schätzwert nach den Kosten des Technikataloges der KEA BW. Die exakten Kosten müssen im Einzelfall ermittelt werden und hängen ebenfalls unter anderem von der Bodenbeschaffenheit, den Vorgaben für das Gebiet, dem Temperaturniveau und dem Wärmebedarf ab.

<b>notwendiger Platzbedarf, Fallbeispiel</b>	
beheizte Fläche	120 m <sup>2</sup>
spez. Bedarf Nutzenergie (Wohnen)	150 kWh/m <sup>2</sup>
Nutzenergiebedarf (Heizung+TWW)	18.000 kWh
Annahme Verluste WP-Heizung	10%
Endenergiebedarf	20.000 kWh
JAZ	4
Strombedarf	5.000 kWh
Wärme aus Boden	15.000 kWh
Entzugsenergie, spez.	54 kWh/(m <sup>2</sup> *a)
<b>benötigter Kollektorfläche</b>	<b>280 m<sup>2</sup></b>
<b>Erschließungskosten</b>	<b>von 17,7 k€ bis 22,9 k€*</b>

\*KEA, Technikatalog, Erschließungskost. Wärmequelle 2.4.1

Abbildung 22: Fallbeispiel Erdwärmekollektoren

### 2.2.3.3 Tiefengeothermie

Neben der oberflächennahen Geothermie existiert als Wärmequelle die Tiefengeothermie. Hier werden Bohrungen in einer Tiefe von 2.000 - 4.000 m vorgenommen, um tiefengeothermische Wärmeströme zur Wärmegegewinnung zu nutzen. Allerdings sind solche sehr kostenintensiven und technisch aufwändigen Bohrungen nur effizient, wenn die entsprechenden geologischen Bedingungen gegeben sind. Dies ist der Fall, wenn in der relevanten Tiefe Grundwasserströme, so genannte Aquifere, vorhanden sind, aus denen Wärme entzogen werden kann (Bundesverband Geothermie, 2023). Diese sind in Deutschland zum Beispiel im Norddeutschen Becken, im Molassebecken und im Oberrheingraben zu finden (Daten: Bundesverband Geothermie, Veröffentl.: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2022). Außerhalb dieser Gebiete werden nur vereinzelt Projekte realisiert (siehe Abbildung 23). Da das Stadtgebiet Pforzheim nicht über einem größeren Aquifer in der relevanten Tiefe verfügt, ist hier kein Potenzial für eine effiziente Nutzung von Geothermie zu erwarten.

### Tiefe Geothermie-Projekte in Deutschland 2021/22



Abbildung 23: Projekte zu Tiefengeothermie in Deutschland

### 2.2.4 Luftwärmepumpen

Luftwärmepumpen erzeugen Wärme, in dem sie der Umgebungsluft Wärme entziehen und diese in einen Heizkreislauf einspeisen. Da die Umgebungsluft prinzipiell unendlich vorhanden ist, wurde versucht das Potenzial über effiziente Einsatzmöglichkeiten zu ermitteln.

Luftwärmepumpen operieren am effizientesten bei Häusern mit einem hohen Dämmstandard und, im besten Falle, in Kombination mit Fußboden- oder anderen Flächenheizungen. Der Grund dafür ist, dass Luftwärmepumpen die höchste Effizienz bei der Wärmeerzeugung bei Vorlauftemperaturen bis 55°C vorweisen. Da die Energieeffizienzverordnungen seit den 1990er Jahren deutlich erhöht wurden, wurde davon ausgegangen, dass die Häuser im Stadtgebiet Pforzheim, die nach 1995 erbaut wurden, besonders geeignet für Wärmepumpen sind. Grund dafür ist, dass diese Gebäude auf Grund der Energieeffizienzverordnungen in den meisten Fällen eine bessere Dämmung haben als ältere Gebäude und deshalb ein niedrigeres Temperaturniveau ausreichend ist und außerdem eine größere Anzahl an Gebäuden, die in den letzten 30 Jahren gebaut wurden, bereits über Fußboden- oder Flächenheizung verfügen.

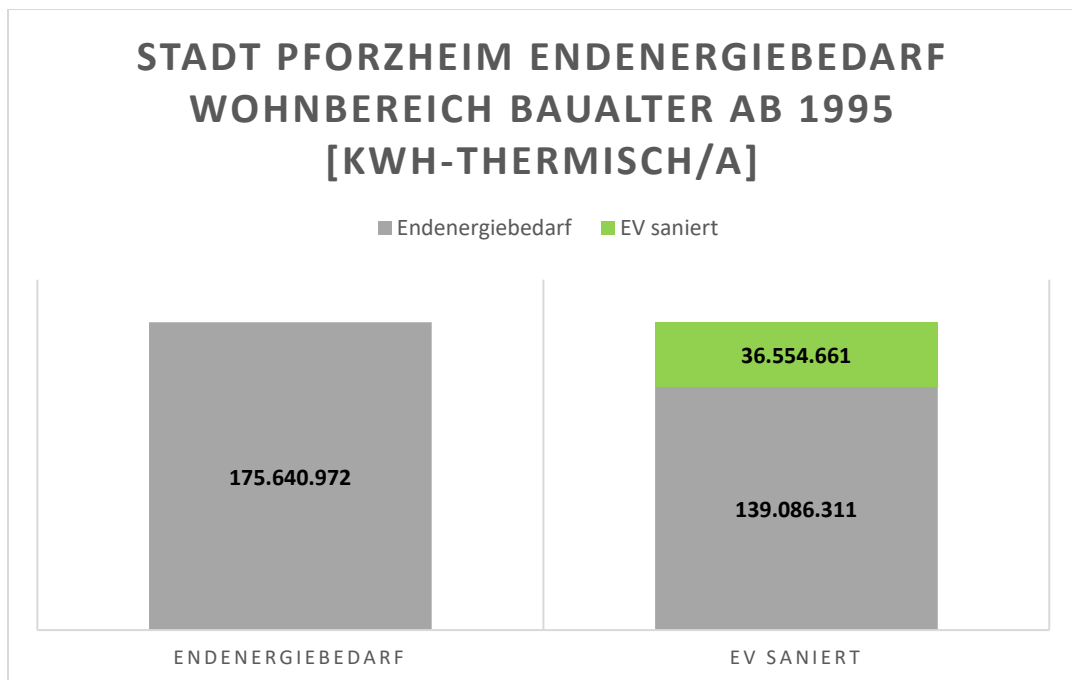


Abbildung 24: Energiebedarfe Wohnbereich bei Gebäuden mit Baualter ab 1995

Abbildung 24 zeigt den Wärmebedarf für Wohngebäude im Stadtgebiet Pforzheim, die nach 1995 erbaut wurden, einmal vor- und einmal nach einer energetischen Sanierung. Knapp 19 % des Wärmebedarfs im Bereich Wohnen entfallen auf Gebäude, die nach 1995 erbaut wurden und damit potenziell für Luftwärmepumpen geeignet sind.

Um den ökologischen Effekt bei der Nutzung von Luftwärmepumpen zu erhöhen, wird empfohlen, wenn möglich, die Wärmepumpe mit einer Photovoltaikanlage zu kombinieren. Hier kann im besten Fall der durch die Wärmepumpe genutzten Strom ökologisch erzeugt werden und auch durchschnittlich etwa ein Drittel des Stromverbrauchs des Gebäudes emissionsfrei gedeckt werden.

### 2.2.5 Abwasserwärmenutzung / Wärmenutzung Ablauf Kläranlage

Eine weitere regenerative Wärmequelle ist die Nutzung der Wärme aus Abwasser. Hierzu können zum einen Wärmetauscher in die Hauptsammler von Abwasserkanälen eingebaut werden, damit dem Abwasser Wärme zu entzogen wird und diese genutzt werden kann, um in Kombination mit einer Wärmepumpe ein Gebäude zu beheizen. Dies ist jedoch nur in begrenztem Umfang möglich, da das Abwasser beim Erreichen der Kläranlage ein bestimmtes Temperaturniveau haben muss, damit die Reinigungsprozesse in der Kläranlage optimal funktionieren können.

Eine alternative Möglichkeit, um Abwärme aus dem Abwasser zu gewinnen, bietet sich bei dem Ablauf der Kläranlage, durch den das gereinigte Abwasser in die Enz geleitet wird. Der Ablauf der Kläranlage Pforzheim erstreckt sich über ca. 1 km und endet Nahe des Stadtteils Eutingen (siehe Abbildung 25). Da im Ablauf der Kläranlage das Temperaturniveau eine untergeordnete Rolle spielt<sup>1</sup>, können hier unproblematisch größere Mengen an Wärme gewonnen werden. Wie groß das Potenzial ist, hängt davon ab, um welchen Temperaturunterschied das Wasser abgekühlt wird, um Wärme zu gewinnen. Bei einer Abkühlung des Wassers von ca. 1°C beträgt das Potenzial zur Wärmeerzeugung ca. 2,3 GWh/a. Bei einer Abkühlung von 5°C beträgt das Potenzial sogar 11 GWh/a.



Abbildung 25: Abbildung Ablauf Kläranlage

<sup>1</sup> Das minimale Temperaturniveau des eingeleiteten Abwassers wird dadurch begrenzt, dass das eingeleitete Wasser nicht gefroren sein und nicht die Flora und Fauna des Flusses Enz beeinflussen sollte. Da durch den Klimawandel das Temperaturniveau des Flusswassers eher höher ist als in der Vergangenheit und das eingeleitete geklärte Abwasser nur einen geringen Teil des Flusswassers ausmacht, können hier größere Mengen an Wärme entzogen werden.

## 2.2.6 Flusswassernutzung

Nach einem ähnlichen technischen Prinzip wie bei der Abwasserwärmenutzung, kann die Wärme über Wärmetauscher auch direkt aus Gewässern entzogen und zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden. In Pforzheim bieten sich dafür die Flüsse im Stadtgebiet, Enz, Nagold und Würm, an. Der größte Fluss im Stadtgebiet Pforzheim ist die Enz mit einer minimalen jährlichen Durchflussmenge von  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ , gefolgt von der Nagold mit einer minimalen Durchflussmenge von  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  und der Würm mit  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bei einer Senkung der Flusswassertemperatur um  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ , bieten diese drei Flüsse ein Gesamtpotenzial von max.  $14 \text{ GWh/a}$  (siehe Abbildung 25). Technisch ist die Nutzung besonders dort effizient, wo bereits Wasserkraftwerke zur Stromerzeugung existieren oder in der Vergangenheit existiert haben, wie es in Pforzheim zum Beispiel in Dillweißenstein und Eutingen der Fall ist (siehe Abbildung 27).

Allerdings ist die Nutzung des Potenzials, auf Grund eines hohen Wartungsaufwandes bei den Wärmetauschern (durch die Bestandteile des Flusswassers kommt es schnell zu Verunreinigungen) und notwendiger zusätzlicher Wärmepumpen in jedem Gebäude, sehr aufwändig. Gerade bei der Erschließung von Neubaugebieten oder dem Aufbau eines Nahwärmenetzes mit niedrigen Temperaturen wird dennoch empfohlen, den Einsatz einer Flusswasserwärmepumpe umfassend zu prüfen.

Zusätzlich gibt es ein Potential zur Wärmeengewinnung im alten Kohlekraftwerk neben dem Enzauenpark. Dort wurde das Flusswasser als Kühlwasser im Dampfprozess genutzt. Es sollte in einer nachfolgenden Machbarkeitsstudie geprüft werden, ob die Nutzung dieser bereits vorhandenen Flusswasserentnahme mit Hilfe einer Großwärmepumpe zur Beheizung der Fernwärme ökologisch und ökonomisch sinnvoll wäre.

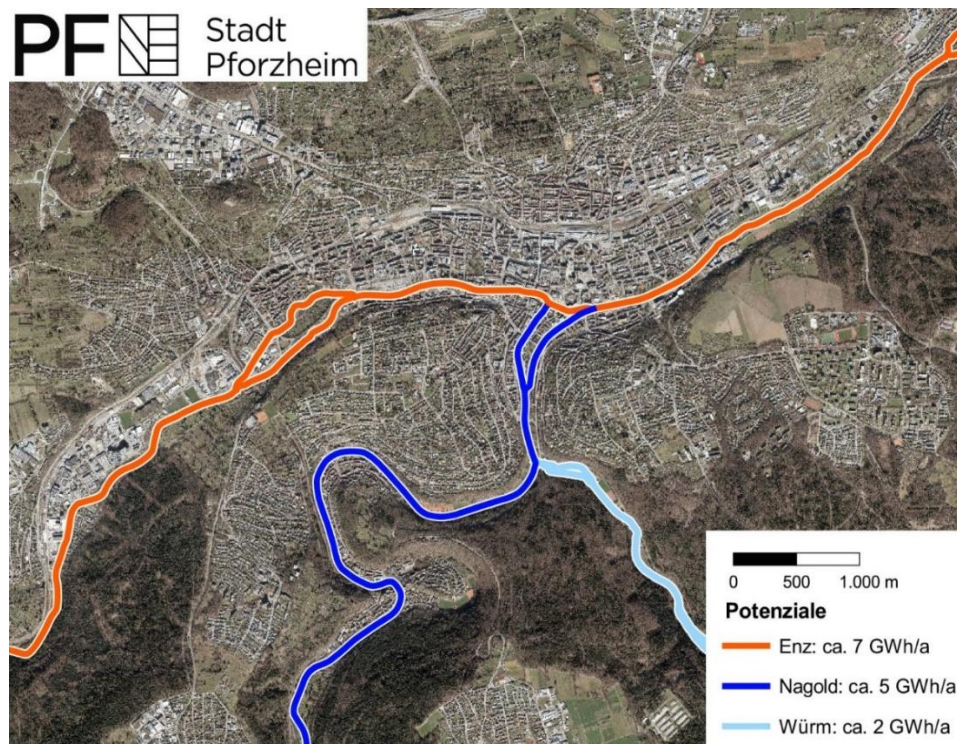


Abbildung 26: Potenziale bei der thermischen Flusswassernutzung

### 2.2.7 Nutzung von industrieller Abwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden Gespräche mit mehreren Unternehmen mit einem hohen Energiebedarf in Pforzheim geführt. Dabei wurden unter anderem die bestehenden Potenziale von industrieller Abwärme der Unternehmen erfasst. Allerdings existierte bei einem Großteil der Unternehmen, mit denen Gespräche geführt wurden, entweder keine Abwärme oder diese wurde bereits zur Beheizung des eigenen Firmenstandortes verwendet.

In zwei Fällen konnte jedoch zusätzliche industrielle Abwärme bei Unternehmen identifiziert werden. Hier wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung direkt der Kontakt zu interessierten Verbrauchern in der direkten Umgebung hergestellt, damit die Nutzung des Potenzials ggf. realisiert werden kann. Die Gespräche werden im Nachgang der kommunalen Wärmeplanung fortgeführt.

## 2.3 Erneuerbare Stromquellen für Wärmeanwendungen

Sowohl bei der Nutzung von Geothermie, als auch für den Betrieb von Luftwärmepumpen und der Wärmegewinnung aus den verschiedenen Wasservorkommen wird Strom für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt. Aus diesem Grund soll hier kurz überblicksartig beleuchtet werden, welche Potenziale im Stadtgebiet Pforzheim zur Verfügung stehen, um diesen Strom regenerativ zu erzeugen und den Strombedarf der Wärmepumpen zu decken.

### 2.3.1 Photovoltaikanlagen

Das größte Potenzial zur erneuerbaren Stromerzeugung im Stadtgebiet Pforzheim liegt im Bereich der Photovoltaikanlagen. Analog zum Potenzial für Solarthermie (siehe Abschnitt 2.2.2) kann dieses Potenzial sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen realisiert werden. Unter Berücksichtigung der Ausrichtung, der Verschattung und der Dachform wurden für Photovoltaikanlagen geeignete Dachflächen im Stadtgebiet Pforzheim mit Hilfe von Laserscandaten der Gebäude identifiziert.

Durch die Verknüpfung dieser Daten mit den Daten zur durchschnittlichen jährlichen Sonneneinstrahlung im Stadtgebiet Pforzheim, konnte das Potenzial für Dachflächen-Photovoltaikanlagen ermittelt werden. Die Gesamtfläche der für Photovoltaikanlagen geeigneten Dachflächen im Stadtgebiet Pforzheim liegt bei etwa 3,5 Mio. m<sup>2</sup>. Auf dieser Fläche könnte eine Strommenge von 352 GWh/a erzeugt werden und damit 61 % des Stromverbrauchs im Stadtgebiet Pforzheim im Jahr 2021.

Würde dieser Strom für Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 3,5 genutzt werden, so kann mit dem Strom aus Photovoltaikanlagen eine Wärmemenge in Höhe von 1.232 GWh/a erzeugt werden. Dies entspricht etwa 58 % des Wärmebedarfs im Stadtgebiet Pforzheim im Jahr 2021. Auch hier kann das Potenzial aber voraussichtlich nur zu einem Teil genutzt werden, da analog zu den Solarthermieanlagen (Abschnitt 2.2.2), saisonale Effekte berücksichtigt werden müssen. Der Strom aus der Photovoltaikanlage kann jedoch auch im Sommer für Haushaltsstrom oder Elektromobilität verwendet werden.

Ob für das jeweilige Gebäude der Einsatz einer Dachflächen-Photovoltaik-, Solarthermie- oder PVT-Anlage effizient ist, hängt vom jeweiligen Lastgang von Strom und Wärme des jeweiligen Gebäudes ab. Hier sind weitere Einzelfalluntersuchungen notwendig.

Analog zu Solarthermieanlagen können zur Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen auch Freiflächen genutzt werden. Werden die in Abschnitt 2.2.2 vorgestellten Flächen, die nach Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) für Solaranlagen geeignet sind, für Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen genutzt, so könnte eine Strommenge von 50 GWh/a erzeugt werden (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2019). Dies entspricht 8 % des Stromverbrauchs des Stadtgebiets Pforzheim im Jahr 2021.

### 2.3.2 Weitere Stromquellen

#### *Windenergie*

In dem aktuellen Flächennutzungsplan für die Region Nordschwarzwald, der auch verbindlich für die Flächennutzungen im Stadtgebiet Pforzheim ist, sind in dem gesamten Stadtgebiet Pforzheim keine Flächen für die Installation von Windkraftanlagen ausgewiesen (Regionalverband Nordschwarzwald, 2023). Der momentan gültige Flächennutzungsplan wird aktuell vom Regionalverband Nordschwarzwald überarbeitet, eine neue Version soll bis ca. Ende 2024 veröffentlicht werden. In dem Zuge wird außerdem ein Teilregionalplan erneuerbare Energien für die Region Nordschwarzwald erstellt, bei dem explizit ein Fokus auf Flächen wie Windkraft und Solarenergie gelegt wird. Es wird empfohlen, das Potenzial für Windkraft im Stadtgebiet Pforzheim erneut zu analysieren, wenn der Teilregionalplan vom Regionalverband Nordschwarzwald vorliegt.

#### *Wasserkraft*

Es existieren bereits sieben Wasserkraftanlagen zur Produktion von Strom in Pforzheim (siehe Abbildung 27). Es wird davon ausgegangen, dass die Standorte für Wasserkraftwerke im Stadtgebiet Pforzheim bereits ausgeschöpft sind. Im Zuge von Modernisierungen und Ertüchtigungen der Anlagen sollte jedoch geprüft werden, ob das Potenzial noch effizienter genutzt werden kann. Wie hoch eine zusätzliche Stromproduktion dadurch sein könnte, konnte jedoch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht ermittelt werden.

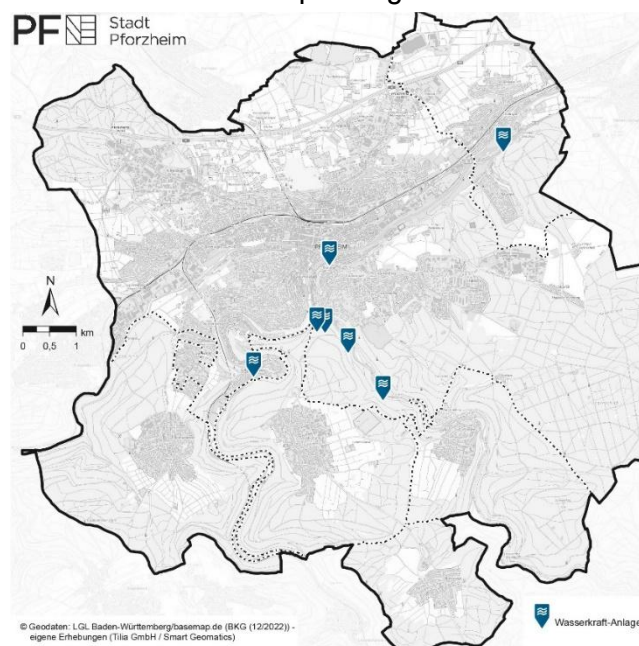


Abbildung 27: Standorte von Wasserkraftanlagen in Pforzheim

## 2.4 Fazit

In Abbildung 28 ist eine Übersicht über die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung analysierten Bereiche für erneuerbare Wärmeerzeugung zu sehen. Dabei wird deutlich, dass die höchsten Potenziale im Bereich Solar liegen. Wie in den entsprechenden Abschnitten (Abschnitt 2.2.2 und 2.3.1) beschrieben, müssen hier jedoch die Flächenkonkurrenzen zu anderen Nutzungen sowie saisonale Effekte berücksichtigt werden.

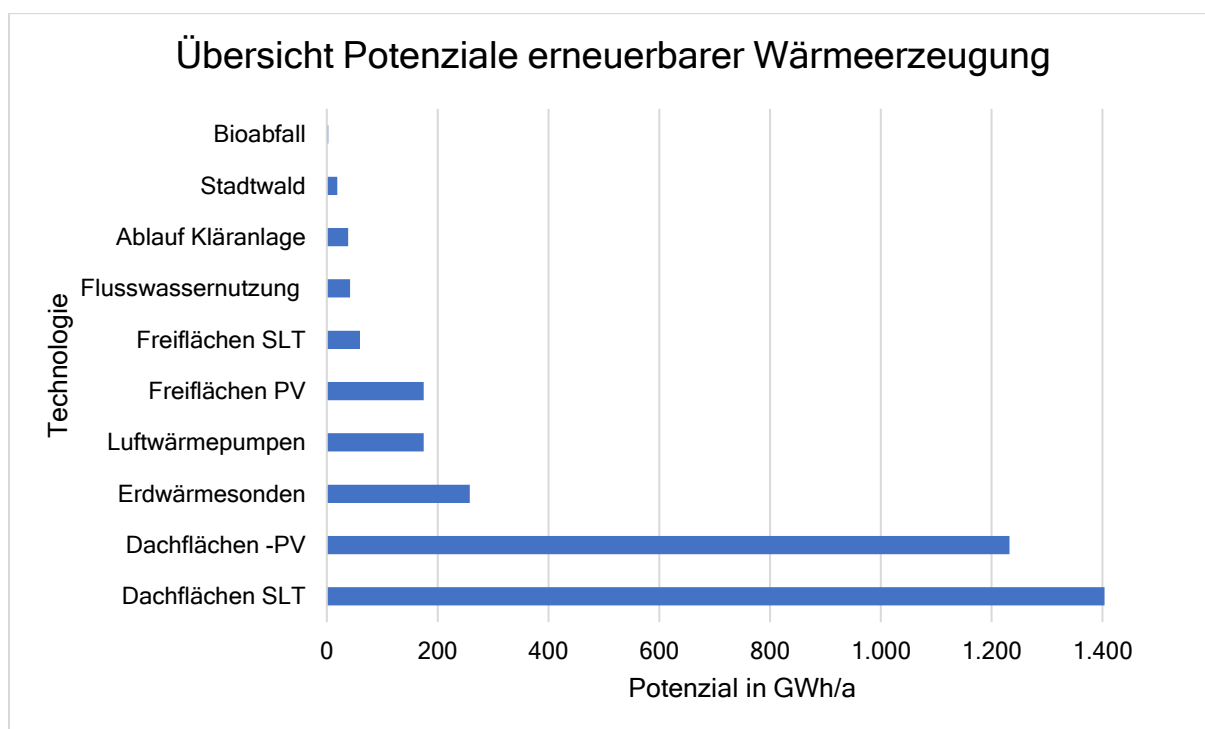


Abbildung 28: Übersicht Potenziale erneuerbarer Wärmeerzeugung

### 3. Zielszenario

#### 3.1 Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs

Die Einsparpotenziale, die im Stadtgebiet Pforzheim durch energetische Sanierungen bei Wohnhäusern entstehen, wurden bereits in Abschnitt 2.1 betrachtet. Im Rahmen der Szenarioanalyse soll noch einmal die Sensitivität der Auswirkungen der energetischen Sanierungen auf den Wärmebedarf verdeutlicht werden.

Hierbei wurden erneut nur die Wohnhäuser im Stadtgebiet Pforzheim betrachtet, da die Effekte von energetischen Sanierungen bei Gebäuden mit anderen Nutzungen zu heterogen sind, um bei einer gesamtstädtischen Analyse belastbare Aussagen treffen zu können.

In Abbildung 29 ist dargestellt, wie sich die verschiedenen Sanierungsraten auf die Entwicklung des Wärmebedarfs bei Wohnhäusern im Stadtgebiet Pforzheim auswirken. Dabei werden die signifikanten Effekte der Sanierungsraten auf den Wärmebedarf deutlich. Während bei einer Sanierungsrate von 1 % nur 9 % des Wärmebedarfs eingespart werden würden, wäre es bei einer Sanierungsrate von 5 % schon 45 % des Wärmebedarfs. Ab einer Sanierungsrate von 6 % kann bis zum Jahr 2040 eine energetische Sanierung aller Gebäude im Stadtgebiet und damit die maximale Einsparung von 47 % des Wärmebedarfs der Wohnhäuser im Stadtgebiet Pforzheim eingespart werden. Dies entspricht einer Einsparung des Wärmebedarfs von etwa 665 GWh/a und von 123.000 t CO<sub>2</sub>Äq im Jahr.

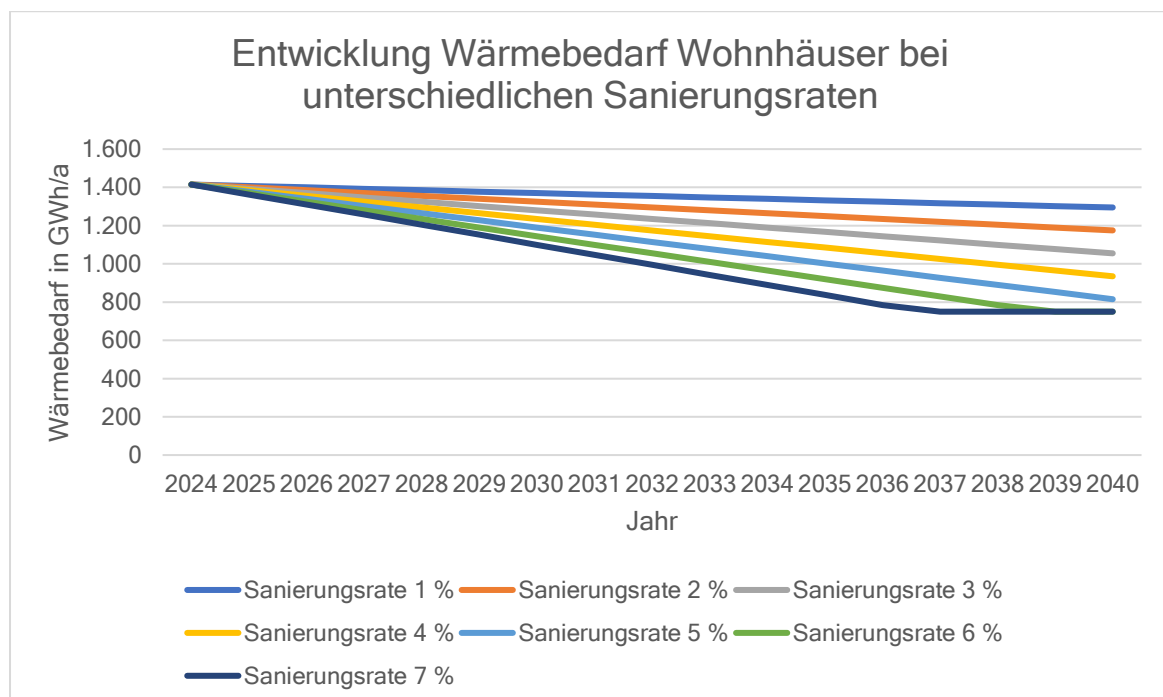


Abbildung 29: Entwicklung Wärmebedarf Wohnhäuser bei unterschiedlichen Sanierungsraten

## 3.2 Flächenhafte Darstellung der klimaneutralen Wärmeversorgung

In dem folgenden Kapitel wird ein Szenario aufgezeigt, wie die Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim klimaneutral mit Wärme versorgt werden könnten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich lediglich um eine, zum jetzigen Zeitpunkt hypothetische, Möglichkeit handelt, die Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim mit klimaneutraler Wärme zu versorgen. Es existieren zahlreiche weitere Optionen der klimaneutralen Wärmeversorgung in Pforzheim und auf Grund der erwarteten Weiterentwicklung der Technologien in den nächsten Jahrzehnten werden mit Sicherheit in Zukunft noch weitere hinzukommen.

Die zukünftigen Technologien der Wärmeerzeugung im Stadtgebiet Pforzheim sind durch dieses Szenario dementsprechend nicht strikt festgelegt, sondern sollen eher als Grundlage für die Strategie zum Ausbau von Infrastruktur (wie zum Beispiel dem Ausbau von Wärmenetzen) dienen. Bei der Implementierung der Strategie müssen noch zahlreiche weitere Faktoren berücksichtigt werden, die im Rahmen der Szenarioanalyse nicht betrachtet werden können. Dazu zählt unter anderem die Bereitschaft von Gebäudeeigentümern klimaneutrale Wärmeerzeugungsanlagen einzusetzen, die Entwicklung von Anlagen und Brennstoffpreisen sowie die Vertriebsfolge bei der Akquise von Wärmenetzkunden. Aus diesem Grund kann die Tiefe der im folgenden Abschnitt vorgestellten Szenarien noch kein Anhaltspunkt für Investitionsentscheidungen bieten. Um eine fundierte Entscheidungsgrundlage dafür zu haben, müssen, ggf. auf der Grundlage der Szenarien, weitere Betrachtungen durchgeführt werden (z.B. Machbarkeitsstudien, Erstellung von Business-Plänen, etc.).

### 3.2.1 Einteilung in Eignungsgebiete

Um die verschiedenen Wärmeversorgungsoptionen für das Stadtgebiet Pforzheim zu untersuchen, wurde das Betrachtungsgebiet in verschiedene Abschnitte unterteilt. Dabei wurden die Wärmenetzplanungen der Akteure im Stadtgebiet als Grundlage genommen. Bei dem Betreiber der bestehenden Wärmenetze in Pforzheim, den Stadtwerken Pforzheim, existieren für die weitere Wärmenetzplanung so genannte Verdichtungsgebiete, bei denen bereits ein flächendeckendes Wärmenetz existiert und eine höhere Anschlussquote und ggf. eine Nachverdichtung des Netzes angedacht ist. Hierzu gehören das Gebiet der Pforzheimer Innenstadt, der Nordstadt sowie die Gebiete Buckenberg und Sonnenhof.

Weiterhin existieren bei der langfristigen Planung der Stadtwerke Pforzheim so genannte Ausbaugebiete. Das sind Gebiete, die an bestehende Wärmenetze angrenzen und bereits im Vorfeld der kommunalen Wärmeplanung auf Grund ihrer Nähe zum bestehenden Wärmenetz, ihrer Wärmedichte und der Kundenstruktur als potenzielle Gebiete für den perspektivischen Ausbau des Wärmenetzes identifiziert wurden. Hierzu zählt das Gebiet Tiergarten, westlich von Buckenberg, das Rodgebiet im Südwesten der Innenstadt sowie das Gebiet Arlinger im Westen der Pforzheimer Innenstadt. Für diese Ausbaugebiete sind keine fixen Grenzen definiert. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden mögliche Abgrenzungen angenommen, der exakte Ausbau hängt jedoch vom Erfolg des Vertriebs sowie einer Reihe von technischen und wirtschaftlichen Kriterien ab.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden weitere Gebiete auf die Eignung eines Wärmenetzes geprüft. Diese Gebiete zeichnen sich dadurch aus, dass es entweder Großverbraucher gibt, die an dem Anschluss an ein Wärmenetz interessiert sind und/oder es

eine Quelle für erneuerbare Wärmeerzeugung gibt. Außerdem verfügen alle der betrachteten Gebiete über eine hohe Wärmedichte (Werte siehe Abbildung 5 in Abschnitt 1.3), die eine Basis für ein potenzielles Wärmenetz bieten kann.

Zu den Gebieten, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung untersucht wurden, zählen die folgenden Gebiete, die sich durch die genannten Merkmale potenziell für Wärmenetze eignen:

- *Dillweißenstein inkl. Nagoldfreibad*: Das Nagoldfreibad, die benachbarte Grundschule Dillweißenstein und die Nagoldhalle könnten effizient über ein Wärmenetz gemeinsam mit Wärme versorgt werden. Bei dieser Gelegenheit soll geprüft werden, inwiefern weitere Gebäude in Dillweißenstein mitversorgt werden könnten. Weiterhin bietet die Nagold mit einem installierten Wasserkraftwerk und einen davorliegenden Stausee (zur Stromgewinnung) eine Option, durch thermische Flusswassernutzung Wärme erneuerbar zu gewinnen.
- *Würm*: In der Nähe des Stadtgebietes Würm gibt es ein Flussspatbergwerk, in dem Wasserreservoirs vorhanden sind. Zusätzlich dazu sind in dem Gebiet hohe Wärmedichten zu verzeichnen. Hier soll geprüft werden, ob der Aufbau eines Wärmenetzes mit thermischer Nutzung des Reservoirs im Flussspatbergwerk oder mit anderen Technologien wirtschaftlich ist.
- *Eutingen*: Hier bietet sich die Nutzung der Wärme aus dem Ablauf der Kläranlage für ein Niedertemperaturnahwärmenetz an. Die hohe Wärmedichte in dem Gebiet sowie der Neubau einer Feuerwache deuten auf die potenzielle Eignung für ein Wärmenetz hin.
- *Gewerbegebiet PF8*: Hier wurden in einem Parallelprojekt zur kommunalen Wärmeplanung die Wärmeversorgungsoptionen untersucht. Die Ergebnisse werden hier zusammengefasst vorgestellt.

Zusätzlich zu den genannten Untersuchungsgebieten gibt es noch zwei Gebiete mit kommunalen Gebäuden, die im Auftrag der Stadtverwaltung Pforzheim untersucht wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anhang 1 zu finden. Dabei handelt es sich um folgende Gebiete:

- *Schulgelände Büchenbronn*: Hier soll eine neue Heizungsanlage in die Waldschule Büchenbronn installiert werden. Bei dieser Gelegenheit soll untersucht werden, ob das benachbarte Schillergymnasium durch eine gemeinsame Wärmeerzeugungsanlage über ein kleines Nahwärmenetz mitversorgt werden könnte.
- *Schulgelände Huchenfeld*: Hier soll die Wärmeerzeugungsanlage der Grundschule Huchenfeld erneuert werden. In diesem Zusammenhang soll geprüft werden, ob benachbarte Gebäude mit angeschlossen werden könnten.

Für die Gebiete, die nicht als Eignungsgebiete für Wärmenetze identifiziert wurden, wird in dem Szenario von einer dezentralen, das heißt einer Wärmeversorgung für Einzelgebäude, ausgegangen. Das heißt nicht, dass in diesen Gebieten Wärmenetze nicht potenziell möglich sind, sondern lediglich, dass sie im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht als Eignungsgebiete untersucht wurden, da sie keines der genannten Charakteristika aufweisen. Die vorgenommene Einteilung ist darum nicht als belastbare Prognose für den tatsächlichen Ausbau von Wärmenetzen zu sehen. Es handelt sich hierbei vielmehr um grundlegende

Betrachtungen, in einem Ausbauplan muss die Installation der Wärmenetze dann anhand von weiteren Kriterien, wie Vertriebsenergieertrag und technische und wirtschaftlichen Kriterien detailliert werden.

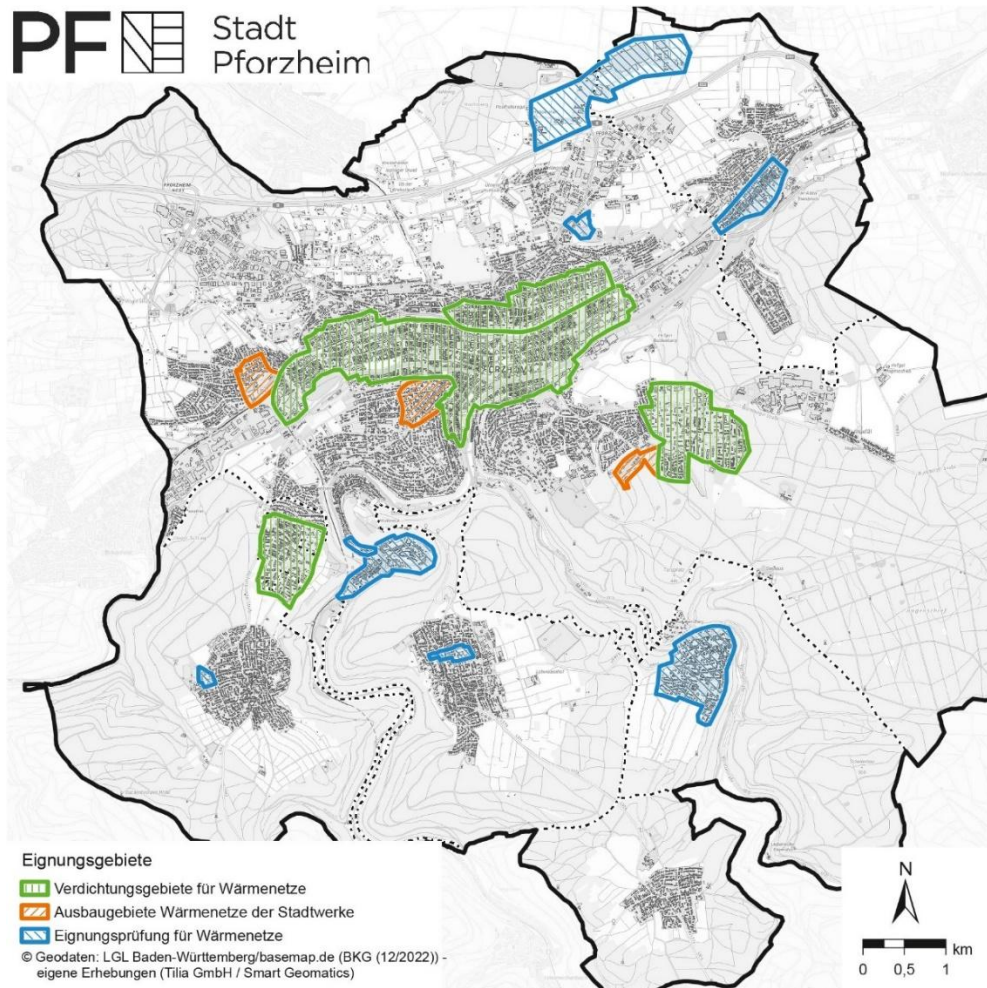


Abbildung 30: Übersicht Eignungsgebiete

In Abbildung 30 ist eine Übersicht der in diesem Abschnitt vorgestellten Gebiete zu sehen. Dabei wurden die Verdichtungsgebiete grün eingetragen, die von den Stadtwerken geplanten Ausbauggebiete in orange und die Gebiete, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zur Prüfung der Eignung von Wärmenetzen unterzogen worden, in blau.

### 3.2.2 Mögliche Versorgungsoptionen

Bei den möglichen Versorgungsoptionen ist zu unterscheiden in potenzielle Erzeugungstechnologien, die für die Erzeugung von Wärme für Wärmenetze geeignet sind und Technologien, die für die Wärmeerzeugung auf Einzelhausebene geeignet sind.

Auf der Grundlage der Potenzialanalyse wurden die möglichen Wärmeerzeugungsoptionen in Pforzheim für Wärmenetze und Beheizung auf Gebäudeebene mit ihren entsprechenden Vor- und Nachteilen zusammengestellt. Die Übersichten sind in den folgenden Tabellen 2 und 3 zu finden.

Tabelle 3: Mögliche Erzeugungsoptionen für Wärmenetze mit Vor- und Nachteilen

Erzeugungstechnologie	Vorteile	Nachteile
Biomasse	+ Verwendung von Reststoffen aus Abfall und Landwirtschaft + Regionale Stoffkreisläufe möglich + Bewährte Technologie	- Begrenzte Menge im Stadtgebiet - Import verursacht zusätzliche Treibhausgasemissionen beim Transport
Klimaneutrales Gas	+ Neuere erdgasbasierte Anlagen können umgerüstet werden + Hohe Netztemperaturen möglich	- Hoher Aufwand bei der Herstellung - Nur im begrenzten Maße verfügbar - hohe Brennstoffkosten
Abwärme	+ Nutzung von vorhandener, überschüssiger Wärme + Oft kostengünstige Variante	- Abhängigkeit von Abwärmelieferanten - In der Regel Redundanz notwendig - Im Stadtgebiet Pforzheim nur in geringen Größenordnungen vorhanden
Solarthermie	+ Nutzung von Dach- und Freiflächen im Stadtgebiet möglich + Keine Brennstoffkosten	- Saisonale Schwankungen, für Nutzung im Winter Saisonspeicher nötig - Nutzung am effizientesten im Niedrigtemperaturnetzen, Wärmepumpe pro Haus nötig
Luftwärmepumpen	+ Lediglich Strom zur Wärmegewinnung notwendig + Aktuell Steigerungen bei Effizienz	- Für einen ökologischen Einsatz ist eine Kombination mit Photovoltaik notwendig - Geringere Effizienz bei unsanierten Altbauten mit konventionellen Heizungssystemen
Flusswassernutzung	+ Nutzung von erneuerbaren Ressourcen vor Ort	- Schwankungen in Verfügbarkeit möglich - Störanfällige Technologie - Nutzung nur bei Niedertemperaturnetzen möglich, zusätzliche Wärmepumpe pro Haus nötig
Abwärme Ablauf Kläranlage	+ Nutzung von lokalen regenerativen Ressourcen + Keine Beeinflussung des Klärwerkbetriebs	- Aufwändige und kostenintensive Installation - Nutzung nur bei Niedertemperaturnetzen möglich, zusätzliche Wärmepumpe pro Haus nötig

Tabelle 4: Erzeugungsoptionen für dezentrale Wärmeversorgung

Technologie	Notwendige Bedingungen	Vorteile	Nachteile
<b>Kessel für feste Biomasse (z.B. Pellets)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geeigneter Raum für Holzlagerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geringe Brennstoffkosten bei regionaler Holzquelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Holzimporte nicht immer sinnvoll</li> <li>Feinstaubbelastung</li> </ul>
<b>Luftwärmepumpe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ggf. etwas Platz für Außenanlage</li> <li>Am besten für Fußbodenheizung geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine direkten Emissionen</li> <li>Keine direkte Abhängigkeit von Brennstoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoher Stromverbrauch</li> <li>Leichte Geräuschkulisse</li> <li>Teurer bei konventionellen Heizkörpern</li> </ul>
<b>Erdwärmekollektoren/ Erdwärmesonden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Platzbedarf für Erdwärmekollektor oder Bohrung der Erdwärmesonde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konstante Wärme aus der Erde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Genehmigungspflichtig</li> <li>Hoher Platzbedarf (unversiegelte Fläche von ca. 2,3 x beheizte Fläche) bei Kollektoren</li> </ul>
<b>Klimaneutrales Gas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gasanschluss oder Flüssiggaskessel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Temperaturen können effizient erzeugt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eingeschränkte Verfügbarkeit</li> <li>Hohe Brennstoffkosten</li> </ul>
<b>Solarthermie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geeignete Dachfläche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kaum Betriebskosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eher als Heizungsunterstützung oder Ergänzung für Warmwasser geeignet</li> </ul>

In dem folgenden Abschnitt werden die abgeschätzten Effekte des Einsatzes der Technologien in den verschiedenen Gebieten dargestellt. Hierzu wird für jedes in Abschnitt 3.2.1 vorgestellte Eignungsgebiet für Wärmenetze der Einsatz von verschiedenen Technologien in unterschiedlichen Szenarien untersucht. Die Ergebnisse können auch auf weitere Gebiete übertragen werden, die auf Grund ihrer Wärmedichte (siehe Abschnitt 1.3, Abbildung 6) und weiteren Faktoren (z.B. Bereitschaft der potenziellen Kunden für ein Wärmenetz, Nähe zu Quellen regenerativer Wärmezeugung, etc.) für Wärmenetze geeignet sind.

Bei der Vorstellung der Ergebnisse werden die Gebiete, entsprechend der Kategorisierung in Abschnitt 3.2.1 in Verdichtungsgebiete, Ausbauggebiete, Untersuchungsgebiete (Untersuchung der Eignung von Wärmenetzen) und dezentral versorgte Gebiete unterteilt.

### 3.2.3 Annahmen Szenarienberechnungen

Bei den Szenarien wurden die Kosten und technischen Annahmen aus dem Technikkatalog der Energie- und Klimaschutzagentur Baden-Württemberg (KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2022) zu Grunde gelegt. Der für die Berechnungen der Szenarioanalyse genutzte Technikkatalog stammt aus dem Jahr 2020. Da es zwischen der Veröffentlichung der Technikkataloges und der Erstellung der Szenarioanalyse (Anfang 2023) bereits signifikante Preissteigerungen gab, wurde das Preisniveau für Brennstoff und Investitionskosten entsprechend angepasst.

Um die Änderungen der Investitionskosten zu berücksichtigen, wurde der Baukostenindex der deutschen Architektenkammern zu Grunde gelegt. Hier ist eine Preissteigerung von 22 % zwischen dem Jahr 2020 und dem Jahr 2022 dokumentiert (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, 2023). Diese Preissteigerung wurde auch für die Investitionskosten angenommen.

Bei den Brennstoffen gab es, auf Grund politischer und energiewirtschaftlicher Entwicklungen, ebenfalls hohe Preissteigerungen. Deswegen wurden, abweichend von dem Technikkatalog der KEA BW, für die Brennstoffe abweichende Preise vorgenommen. Da besonders für klimaneutrales Gas, auf Grund der erst aufzubauenden Produktionskapazitäten, eine Prognose besonders schwierig war, wurden hier, zur Betrachtung der Sensitivität, zwei verschiedene Preisniveaus angenommen. Dabei handelt es sich einmal um den im Technikkatalogen angegebenen Preis mit einem Inflationsanstieg zum anderen um einen nach eigenen Prognosen bestimmten, deutlich höheren Preis. Durch die Untersuchung kann verdeutlicht werden, wie sich die Preisentwicklung der Brennstoffe auf die Wirtschaftlichkeit der Technologie auswirken kann.

Tabelle 5: Übersicht Brennstoffpreise Szenarioanalyse

	Quelle	2023	2040
<b>Strompreis</b>	Grundversorgung SWP ( <a href="#">Link</a> )	0,368 €/kWh (Bei Wärmepumpe mit JAZ 3,5: 0,105 €/kWh)	0,47 €/kWh (Bei Wärmepumpe mit JAZ 3,5: 0,134 €/kWh)
<b>Klimaneutrales Gas (Biomethan) - Preis moderat</b>	Technikkatalog KEA BW, eigene Prognosen	0,288 €/kWh	0,368 €/kWh
<b>Klimaneutrales Gas (Biomethan) - Preis hoch</b>	eigene Prognosen	0,34 €/kWh	0,45 €/kWh
<b>Holzpellets</b>	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. 11/2022 ( <a href="#">Link</a> )	0,17 €/kWh	0,2195 €/kWh
<b>Holzackschnitzel</b>	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. 11/2022 ( <a href="#">Link</a> )	0,035 €/kWh	0,046 €/kWh

Schon die Preisabweichungen der letzten Jahre (2020 - 2023) zeigen, dass die exakten zukünftigen Wärmeerzeugungskosten in einem gesamtstädtischen Konzept wie der kommunalen Wärmeplanung Pforzheim nicht belastbar für die Zukunft zu prognostizieren sind. Dementsprechend müssen vor der anstehenden Investitionsentscheidung die Kosten zum entsprechenden Zeitpunkt noch einmal geprüft, detailliert und angepasst werden. Die hier aufgeführten Kosten können dabei als ein erster grober Richtwert für den Vergleich der Technologien dienen.

Es ist weiterhin zu berücksichtigen, dass in der folgenden Szenarioanalyse nur die reinen Kosten für Investition, Wartung und Brennstoffe betrachtet wurden. Weitere Kostenfaktoren wie zum Beispiel Fördermittelzuwendungen, Personalkosten, Steuerkosten oder Margen für den jeweiligen Betreiber wurden nicht berücksichtigt. Diese Faktoren müssen im Einzelfall analysiert und mit einberechnet werden.

### 3.2.4 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Verdichtungsgebiete

Im folgenden Abschnitt werden die Szenarien für die Verdichtungsgebiete, also die Gebiete, bei denen eine höhere Anschlussquote und ggf. Nachverdichtung des Fernwärmenetzes vorgesehen ist, vorgestellt. Dabei wird zuerst kurz auf das Gebiet und die dortige energetische Ausgangssituation eingegangen und danach auf die möglichen Wärmeerzeugungsoptionen und die Ergebnisse der Berechnungen der Szenarioanalyse.

### 3.2.4.1 Verdichtungsgebiet Innenstadt

#### Lage

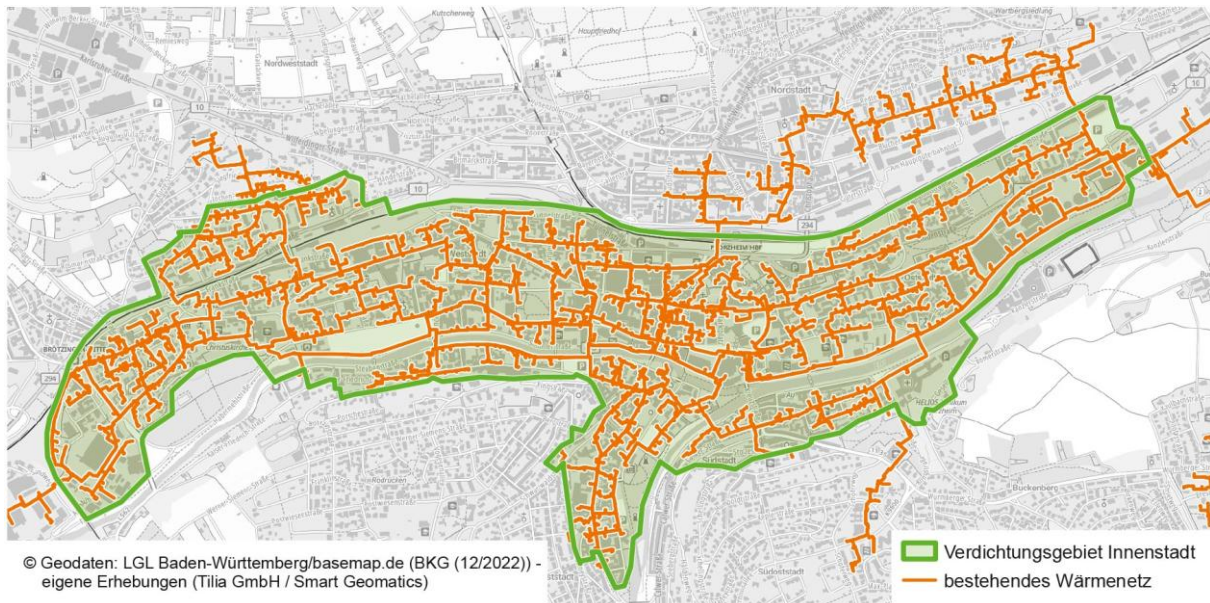


Abbildung 31: Verdichtungsgebiet Innenstadt

Das Verdichtungsgebiet Innenstadt liegt zentral im Pforzheimer Stadtgebiet. Es erstreckt sich größtenteils nördlich entlang der Enz sowie zu einem kleineren Teil am südlichen Flussufer. Energetisch zeichnet es sich dadurch aus, dass flächendeckend ein Fernwärmenetz vorhanden ist. In Abbildung 31 sind die Grenzen des Gebietes in grün sowie das vorhandene Nahwärmenetz in orange dargestellt.

#### Energetische Ausgangssituation

Etwa ein Drittel der Gebäude im Verdichtungsgebiet Innenstadt sind bereits an das Wärmenetz angeschlossen. Da dies jedoch zu einem großen Teil Gebäude mit höheren Wärmebedarfen sind, deckt das Wärmenetz ca. 55 % des Wärmebedarfs des Verdichtungsgebiets Innenstadt ab. Die Gebäude im Verdichtungsgebiet Innenstadt, die nicht an das Wärmenetz angeschlossen sind, werden zu einem Großteil (84 %) mit erdgasbasierten Anlagen beheizt.

Tabelle 6: Übersicht energetische Ausgangssituation Verdichtungsgebiet Innenstadt

	Bereits an das Wärmenetz angeschlossen	Nicht an das Wärmenetz angeschlossen
Wärmebedarf	172.654 MWh/a	142.378 MWh/a
Anteil Wärmebedarf	55 %	45 %
Anzahl Gebäude	1.149	2.514
Anteil Gebäude	31 %	69 %

Um die im Verdichtungsgebiet bislang nicht an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäude anzuschließen, werden ca. 3.000 m zusätzliche Trassenführung benötigt. Außerdem müssten

zusätzliche Wärmeerzeugungskapazitäten installiert werden, um die zusätzlichen Gebäude zu versorgen. Die zusätzlich benötigte Heizleistung liegt, inkl. der im Gebiet geplanten Neubaugebiete, bei ca. 87 MW<sup>2</sup>.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Da das Wärmenetz aktuell bereits mit einer Vorlauftemperatur von 75 °C betrieben wird (110°C im Winter), eignen sich für die Deckung des Wärmebedarf kurzfristig keine Technologien, mit denen nur Niedertemperaturwärme erzeugt werden kann (wie z.B. Flusswassernutzung oder Geothermie). Da Gebäude nach einer energetischen Sanierung und ggf. der Umstellung von Heizkörpern auf Flächenheizungen in den meisten Fällen ein geringeres Temperaturniveau benötigen, sind solche Technologien ggf. langfristig eine Option. Es wird empfohlen im gesamten Stadtgebiet Pforzheim energetische Gebäudesanierungen und die Umstellung von Heizungssystemen voranzutreiben, um langfristig weitere erneuerbare Energien einsetzen zu können.

Ebenfalls sind Hochtemperaturluftwärmepumpen für das Verdichtungsgebiet eher ungeeignet, da hierfür Flächen für größere Außengeräte benötigt werden, sie außerdem einen beständigen Geräuschpegel verursachen (Buderus, 2023) und bei kälteren Temperaturen z.T. ineffizient Wärme erzeugen. Aus diesem Grund verbleibt für den Bereich der Pforzheimer Innenstadt als Optionen für klimaneutrale Wärmeversorgung nur die Versorgung mit Wärmeerzeugungsanlagen, die auf klimaneutralem Gas oder Biomasse basieren. Hochtemperaturwärmepumpen auf der Basis von Luft- oder Erdwärme könnten eventuell zusätzlich in kleinerem Rahmen genutzt werden.

Prinzipiell sollten für die Beheizung der zusätzlichen Gebäude erst einmal die vorhandenen Wärmeerzeugungskapazitäten ausgeschöpft werden. Für den Fall, dass zusätzliche Kapazitäten benötigt werden, wurden im Rahmen der verschiedene Versorgungsszenarien betrachtet.

Aus den genannten Gründen wurde für die Versorgungsszenarien ein Biomethan-BHKW mit Spitzenlastkessel oder ein Holzhackschnitzelkessel angenommen. Tabelle 7 zeigt die Investitionskosten, die anhand des Technikkataloges der KEA BW abgeschätzt wurden. Die Investitionskosten für das Wärmenetz fallen dabei für alle Varianten an.

*Tabelle 7: Investitionskosten der Technologien Verdichtungsgebiet Innenstadt*

Technologie	Kosten
Zusätzliches Wärmenetz (ca. 3.200 m)	Ca. 3 Mio €
Biomethan-BHKW (ca. 20 MW)	Ca. 14 Mio €
Biomethan-Kessel (ca. 70 MW)	Ca. 9 Mio €
Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk (ca. 90 MW)	Ca. 169 Mio €

Um einen Vollkostenvergleich der Technologien durchzuführen, wurden die Kosten der Wärmeversorgung mit der jeweiligen Technologie über 20 Jahre betrachtet. Abbildung 32 zeigt das Ergebnis des Variantenvergleichs, für die bessere Vergleichbarkeit wurden die Wärme-

<sup>2</sup> Die benötigten Leistungen der Anlagen wurden anhand der beheizten Flächen der entsprechenden Gebäude berechnet. Bei Gebäuden mit einem Baujahr vor 1995 wurde eine benötigte Leistung von 95 W/m<sup>2</sup> angenommen, bei Gebäuden, die nach 1995 erbaut wurden eine Leistung von 41 W/m<sup>2</sup> (nPro Energy GmbH, 2023)

erzeugungskosten auf € pro kWh heruntergerechnet. Aus der Abbildung wird deutlich, dass der Holzhackschnitzel-Kessel, trotz höherer Investitionskosten, auf Grund der niedrigeren Betriebskosten beim Vollkostenvergleich etwas unter der Variante mit Biomethan liegt. Ob dieser Vergleich zum Zeitpunkt der Investition noch unverändert ist, hängt von der Entwicklung der Brennstoffpreise und der Anlagenpreise ab und sollte vor der Investitionsentscheidung detailliert geprüft werden.

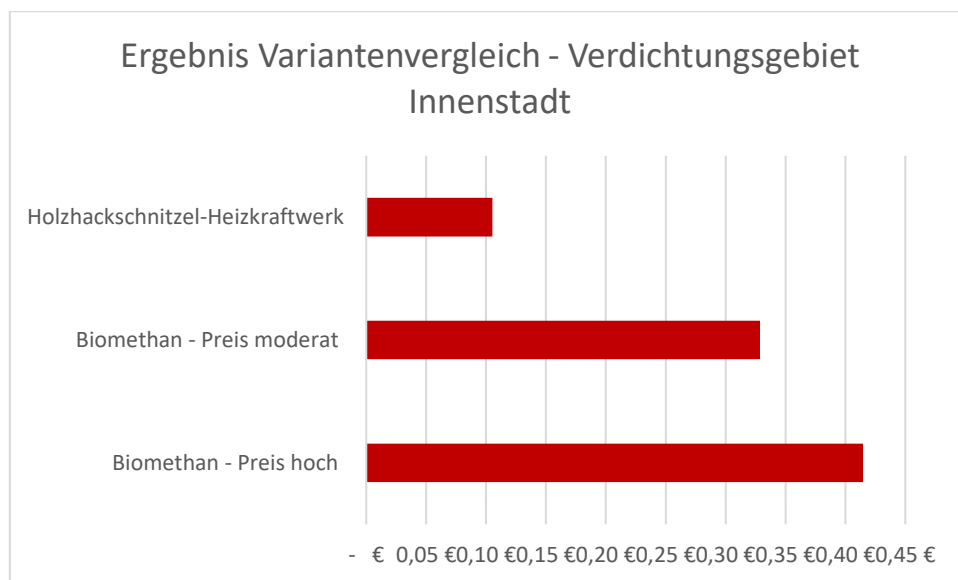


Abbildung 32: Ergebnis Variantenvergleich Innenstadt

### 3.2.4.1 Verdichtungsgebiet Nordstadt

#### Lage

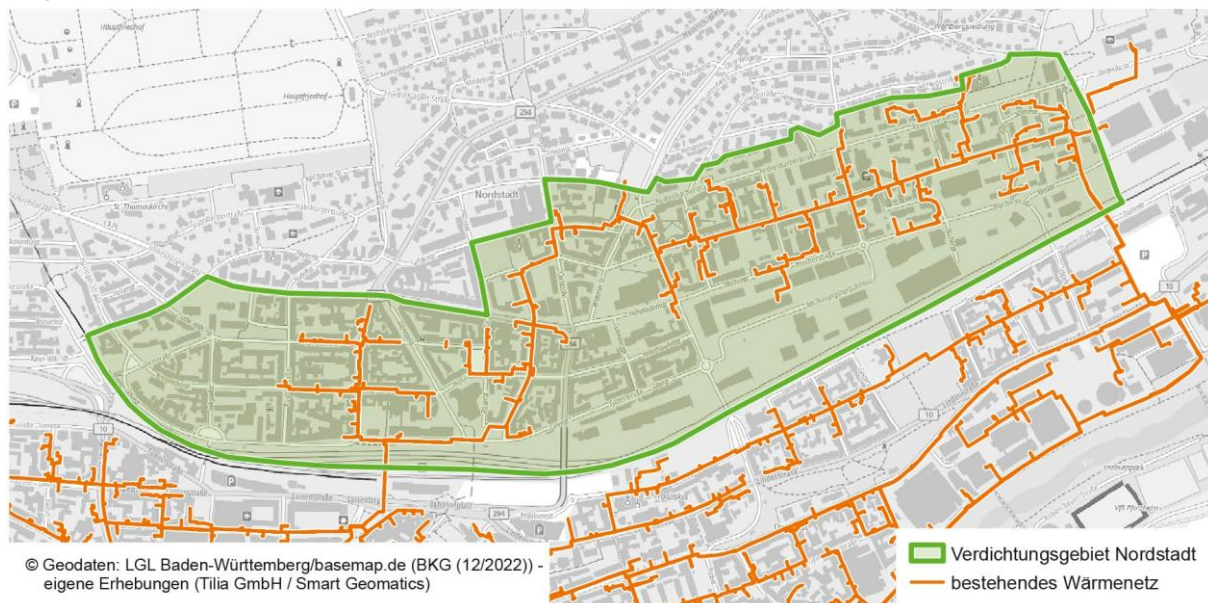


Abbildung 33: Lage Verdichtungsgebiet Nordstadt

Das Verdichtungsgebiet Nordstadt liegt nördlich der Pforzheimer Innenstadt, oberhalb der durch das Stadtgebiet führenden Fernzugstrecke. Es wird im Süden durch das Verdichtungsgebiet Innenstadt begrenzt und orientiert sich sonst an dem bereits bestehenden

Wärmenetz (eingezeichnet in rot). Im Verdichtungsgebiet Nordstadt ist das Wärmenetz aktuell zu großen Teilen, aber noch nicht flächendeckend ausgebaut. Um einen Anschluss aller Gebäude vorzunehmen, müsste das Wärmenetz weiter ausgebaut werden.

### Energetische Ausgangssituation

Im Verdichtungsgebiet Nordstadt sind aktuell 13 % der Gebäude an das bestehende Wärmenetz angeschlossen. Dadurch werden ca. 19 % des Wärmebedarfs über das Fernwärmenetz gedeckt. Die Gebäude, die nicht über das Wärmenetz beheizt werden, werden größtenteils (87 %) mit erdgasbasierten Wärmeerzeugungsanlagen mit Wärme versorgt.

Tabelle 8: Übersicht Ausgangssituation Verdichtungsgebiet Nordstadt

	Bereits angeschlossen	Nicht angeschlossen
Wärmebedarf	14.993 MWh/a	64.303 MWh/a
Anteil Wärmebedarf	19 %	71 %
Anzahl Gebäude	128	848
Anteil Gebäude	13 %	87 %

Um die bislang nicht an das Fernwärmenetz angeschlossenen Gebäude zu versorgen, werden zusätzliche Wärmetrassen von ca. 5.500 m benötigt (orange eingezeichnet in Abbildung). Weiterhin sind zusätzliche Wärmeerzeugungskapazitäten von ca. 19 MW nötig, um die zusätzlichen Gebäude zu versorgen.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Aus den beim Verdichtungsgebiet Innenstadt genannten Gründen, sind auch hier kurzfristig nur Wärmeerzeugungsoptionen einsatzbar, die Hochtemperaturwärme in das Fernwärmenetz einspeisen können. Analog zu dem Verdichtungsgebiet Innenstadt, kommen hier entweder Wärmeversorgungsanlagen auf der Basis von Biomethan oder auf der Basis von Holzhackschnitzeln in Frage. Aus diesem Grund wurden auch hier Szenarien mit Biomethan-BHKW und Spitzenlastkessel und einem Holzhackschnitzelkraftwerk miteinander verglichen. In Tabelle 9 sind die Investitionskosten für die Technologien aufgeführt.

Tabelle 9: Investitionskosten der Technologien Verdichtungsgebiet Innenstadt

Technologie	Kosten
Zusätzliches Wärmenetz (ca. 5.500 m)	Ca. 7 Mio €
Biomethan-BHKW (ca. 20 MW)	Ca. 6 Mio €
Biomethan-Kessel (ca. 70 MW)	Ca. 4 Mio €
Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk (ca. 90 MW)	Ca. 72 Mio €

Um die Varianten vergleichen zu können, wurde auch hier ein Vollkostenvergleich der Technologien durchgeführt. Unter den in Abschnitt 3.2.3 genannten Annahmen, ist über die Lebensdauer ein Holzhackschnitzel-Großheizkraftwerk nach einer Grobberechnung die

preisgünstigste Variante. Dieses Ergebnis sollte jedoch, unter Berücksichtigungen von Anschlussquoten, Preisanpassungen, weiteren Kostenfaktoren etc. mit einem detaillierten Businessplan noch einmal überprüft werden.

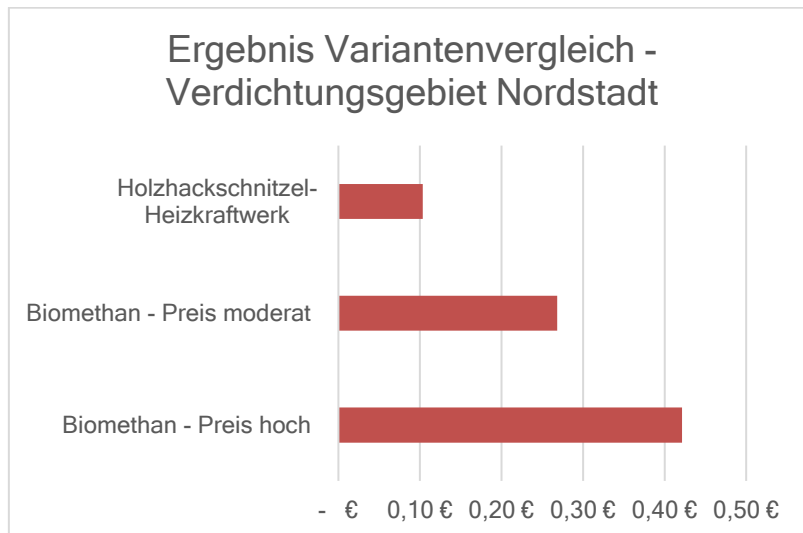


Abbildung 34: Ergebnis Variantenvergleich - Verdichtungsgebiet Nordstadt

### 3.2.4.1 Verdichtungsgebiet Buckenberg

#### Lage

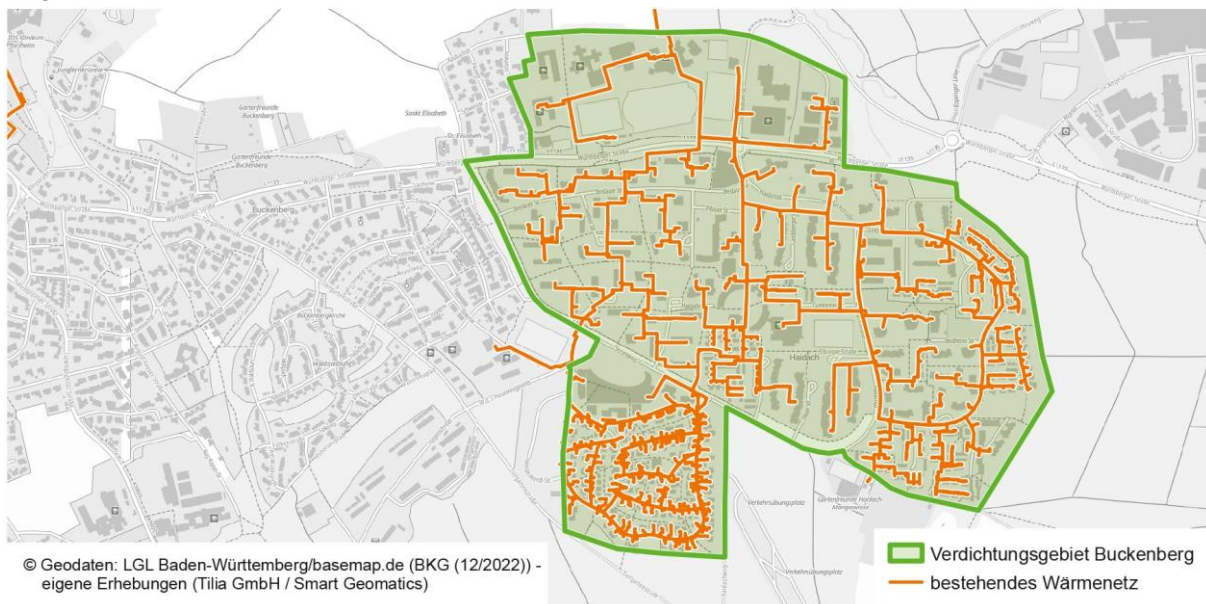


Abbildung 35: Verdichtungsgebiet Buckenberg

Das Verdichtungsgebiet Buckenberg befindet sich südöstlich der Innenstadt und wird bereits flächendeckend mit einem Nahwärmenetz versorgt.

#### Energetische Ausgangssituation

In Buckenberg sind bereits 76 % der Gebäude an das Fernwärmenetz angeschlossen. Über das bestehende Netz werden somit ca. 56 % des vorhandenen Wärmebedarfs gedeckt. Von

den nicht an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäuden wird der größte Teil (ca. 73 %) mit erdgasbasierten Erzeugungsanlagen gedeckt.

	Bereits angeschlossen	Nicht angeschlossen
Wärmebedarf	28.526 MWh/a	22.328 MWh/a
Anteil Wärmebedarf	56 %	44 %
Anzahl Gebäude	576	182
Anteil Gebäude	76 %	24 %

Um die Gebäude, die bislang nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen sind, ebenfalls über das Fernwärmenetz erschließen zu können, müssten keine neuen Wärmetrassen installiert werden, da das Gebiet bereits flächendeckend erschlossen ist. Allerdings werden zusätzliche Kapazitäten von 13 MW benötigt, um den Wärmebedarf der zusätzlichen Gebäude zu decken.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Analog zu den Verdichtungsgebieten Innenstadt und Nordstadt eignen sich auch für das Verdichtungsgebiet Buckenberg nur Wärmeerzeugungsanlagen, die die Vorlauftemperaturen des Hochtemperaturwärmenetzes bedienen können. Aus diesem Grund wurden auch hier Varianten mit einem Biomethan-BHKW und einem Spitzenlastkessel oder ein Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk gewählt. Das Ergebnis des Variantenvergleich zeigt, dass bei einem moderaten Preis für Biomethan beide Varianten vergleichbar sind. Steigt der Preis jedoch deutlich an (Annahmen siehe Abschnitt 3.2.1), verfügt ein Holzhackschnitzel-Kraftwerk über niedrigere Wärmevollkosten. Hier sollte ebenfalls vor einer Investitionsentscheidung die Berechnungen mit den aktualisierten Preisen und weiteren Kostenfaktoren wiederholt werden.

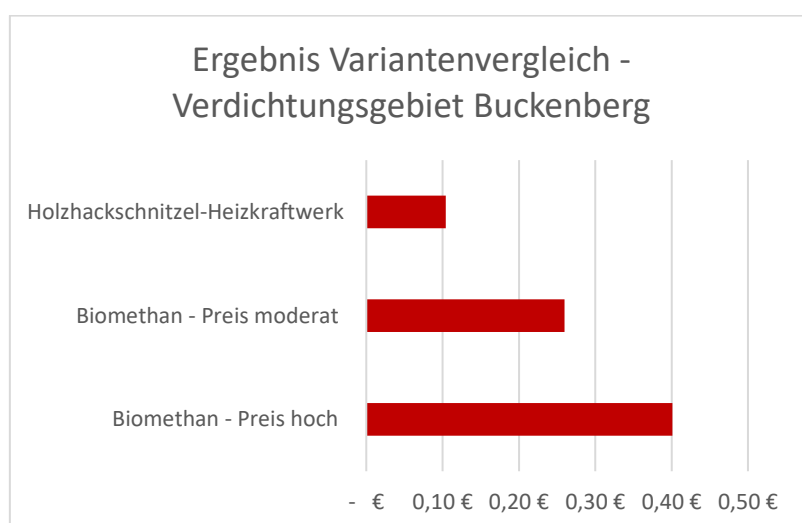


Abbildung 36: Ergebnis Variantenvergleich - Verdichtungsgebiet Buckenberg

### 3.2.5 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Ausbaugebiete

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Szenarioanalyse für die Gebiete vorgestellt, die von den Stadtwerken Pforzheim und der Stadtverwaltung bereits für einen weiteren Ausbau des Fernwärmenetzes vorgesehen sind. Die Vorstellung der Ausbaugebiete erfolgt dabei analog zu den Verdichtungsgebieten.

#### 3.2.5.1 Ausbaugebiet Tiergarten

##### Lage

Das Ausbaugebiet Tiergarten befindet sich südöstlich von der Innenstadt, angrenzend an den Stadtteil Buckenberg, in dem bereits ein Nahwärmenetz existiert. Das Gebiet umfasst mehrere Wohnblöcke, die in den 1920er und 1950er Jahren errichtet wurden.

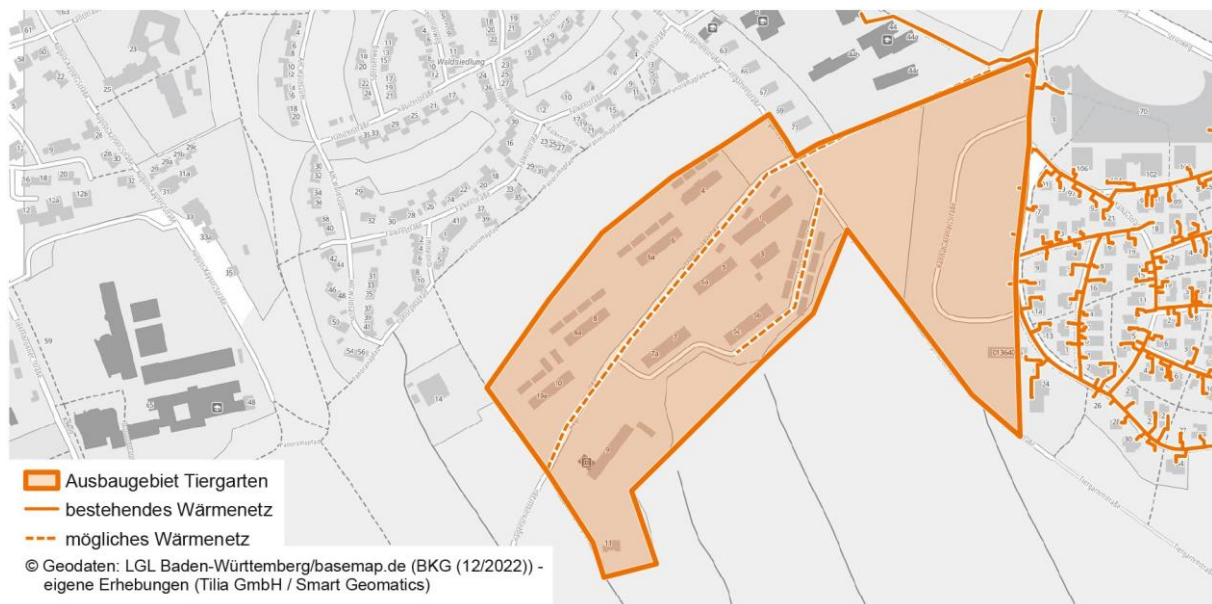


Abbildung 37: Lage Ausbaugebiet Tiergarten

##### Energetische Ausgangssituation

Aus den Kkehrbuchdaten des zuständigen Schornsteinfegers ist bekannt, dass in dem Ausbaugebiet Tiergarten fünf Gebäude mit heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen, vier Gebäude mit erdgasbasierten Anlagen und jeweils ein Gebäude mit einer holzbasierten Wärmeerzeugungsanlage und einer Luftwärmepumpe versorgt wird. Bei drei Gebäuden in dem Ausbaugebiet ist die aktuelle Wärmeerzeugung nicht bekannt.

Mit zwei Ausnahmen sind alle bekannten Wärmeerzeugungsanlagen in den 1990er Jahren installiert worden und müssen somit, laut GEG, innerhalb der nächsten Jahre gegen eine neue Wärmeerzeugungsanlage ausgetauscht werden. Um die Gebäude an das Wärmenetz anzuschließen, müssten zusätzliche Wärmetrassen mit einer Länge von ca. 850 m verlegt werden. Die benötigte Gesamtheizlast der Gebäude beträgt etwa 1,6 MW.

##### Optionen für Wärmeerzeugung

Für den Fall, dass für die Gebäude eine zusätzliche Wärmeerzeugungsoption benötigt wird, wird als eine Option ein Biomethan-Kessel angenommen. Auch hier werden zwei mögliche Szenarien untersucht, einmal mit einem moderaten und einmal mit einem hohen Preis für Biomethan (Annahmen siehe Abschnitt 3.2.1).

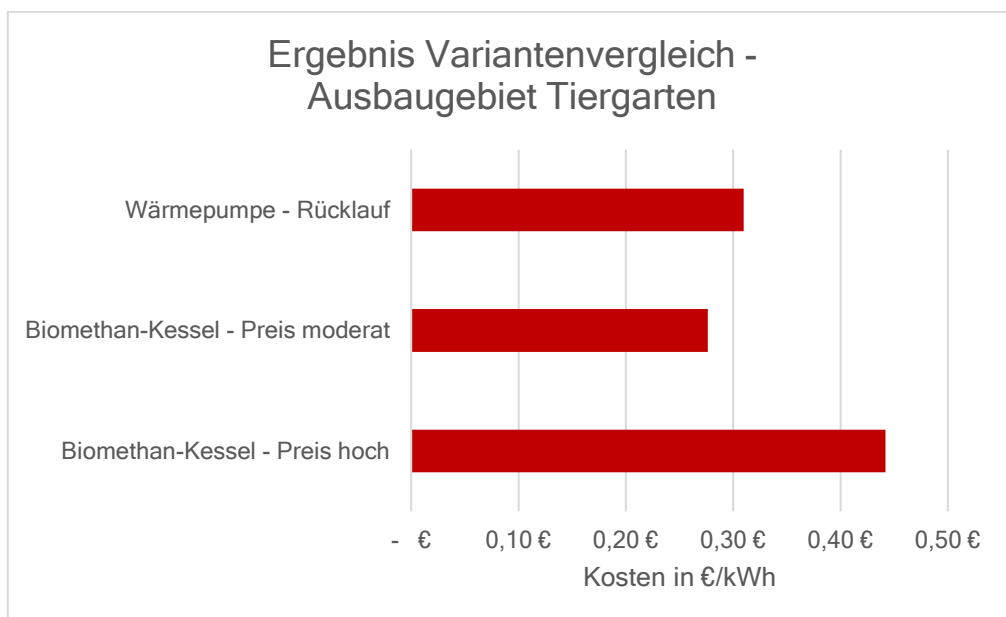
Eine zweite mögliche Variante, die hier betrachtet wird, ist, dass dem bestehenden Wärmenetz im Stadtteil Buckenberg mit Hilfe eines Wärmetauschers Wärme aus dem Rücklauf entzogen wird, die dann mit einer Wärmepumpe zur Beheizung der Gebäude genutzt wird. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig, in welcher Größenordnung dem Rücklauf des Bestandswärmenetzes Wärme entzogen werden kann und mit welcher Vorlauftemperatur die Gebäude Wärme benötigen. Auf der Grundlage der im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung vorhandenen Informationen wird davon ausgegangen, dass die Variante technisch umsetzbar ist, wenn das Wärmenetz auf einem niedrigen Temperaturniveau betrieben wird und über dezentrale Wärmepumpen das Temperaturniveau für die Gebäude erreicht wird.

In Tabelle 10 ist eine Übersicht der Investitionskosten der Technologien zu sehen.

*Tabelle 10: Ausbaugebiet Tiergarten - Investitionskosten der Technologien*

Technologie	Kosten
Wärmenetz	Ca. 0,8 Mio €
Biomethan-Kessel (ca. 1,6 MW)	Ca. 0,2 Mio €
Wärmepumpe (ca. 1,6 MW)	Ca. 1,5 Mio €
Dezentrale Wärmepumpen	Ca. 0,9 Mio €.

Um die Szenarien vergleichen zu können, wurde, analog zu den Verdichtungsgebieten, eine Vollkostenrechnung über 20 Jahre durchgeführt. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 38 zu finden und zeigt, dass der Preis für ein mit Wärmepumpen versorgtes Wärmenetz in etwa zwischen den zwei Preisvarianten für Biomethan liegt. Hier sollten vor einer Investitionsentscheidung weitere Betrachtungen durchgeführt werden, um die Kosten zu verifizieren und aktualisieren und weitere Kostenfaktoren mit einzubeziehen.



*Abbildung 38: Ergebnis Variantenvergleich - Ausbaugebiet Tiergarten*

### 3.2.5.2 Ausbaugelbiet Arlinger

#### Lage

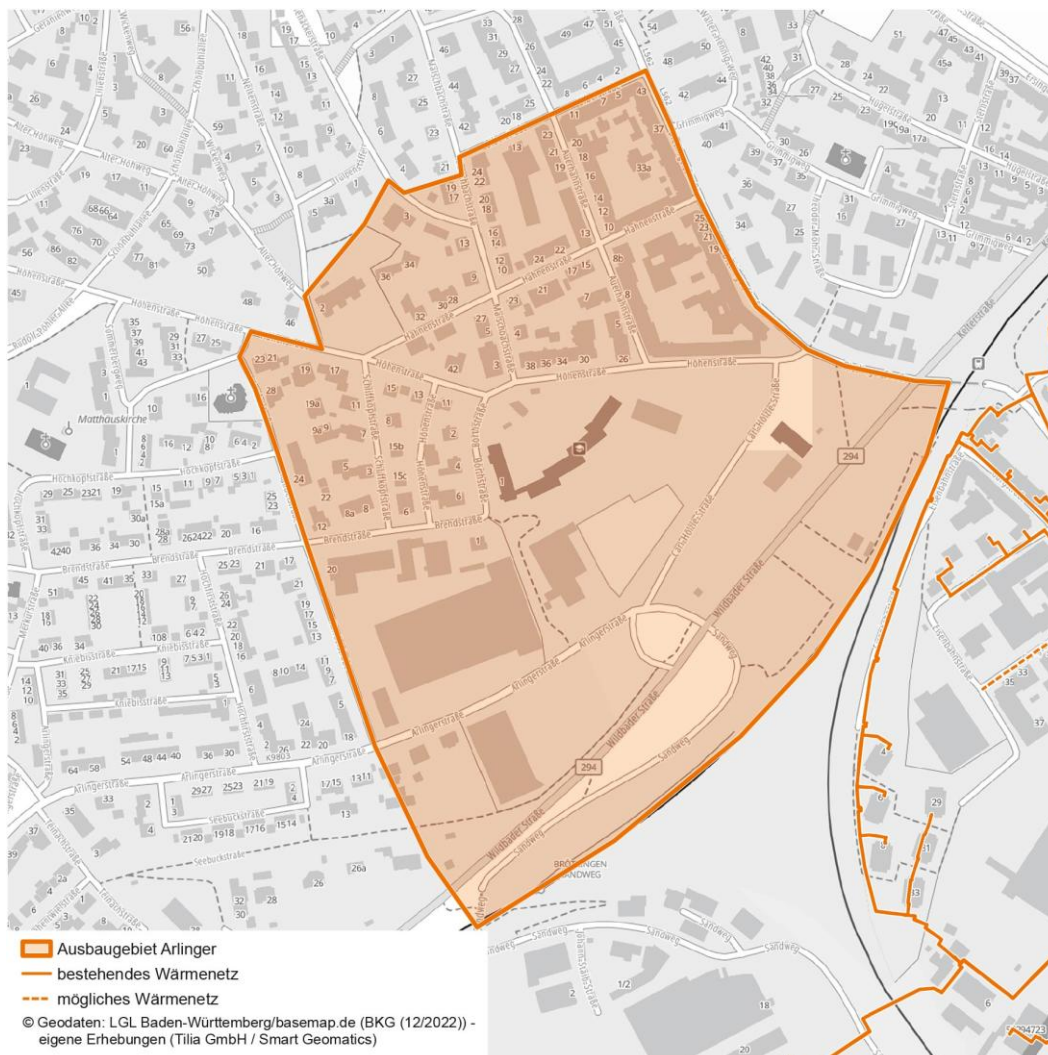


Abbildung 39: Lage Ausbaugelbiet Arlinger

Das Ausbaugelbiet Arlinger befindet sich westlich von der Pforzheimer Innenstadt. Hier wurden während der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung (Ende 2022/Anfang 2023) bereits erste Wärmetrassen gebaut, die zum Beispiel das neue Holzhochhaus „Carl“ ([Link](#)) der Baugenossenschaft Arlinger eG mit Wärme versorgen. Welche Gebäude im Gebiet Arlinger genau mit Fernwärme versorgt werden sollen, ist abhängig von dem Interesse der Gebäudeeigentümer, der Wirtschaftlichkeit des Ausbaus für das jeweilige Gebäude und den Ausbaupazitäten der Stadtwerke Pforzheim als Betreiber. In Abbildung 39 ist ein mögliches perspektivisches Ausbaugelbiet eingezeichnet, das als Grundlage für die Szenarioanalyse dienen soll.

#### Energetische Ausgangssituation

Im Ausbaugelbiet Arlinger wird momentan ein Großteil der Gebäude (74 %) mit erdgasbasierten Wärmeerzeugungsanlagen versorgt. Von den Wärmeerzeugungsanlagen sind laut

Schornsteinfegerdaten ca. 35 % vor 1993 installiert worden und müssten laut GEG ausgetauscht werden.

Das Ausbaugelände Arlinger hat einen aktuellen Wärmebedarf von etwa 7 GWh/a. Um die Gebäude zu versorgen wäre ein Wärmenetz von ca. 1.300 m Länge und zusätzliche Erzeugung von etwa 4 MW nötig.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Sollten zusätzliche Wärmeerzeugungsoptionen zur Beheizung der Gebäude in Arlinger benötigt werden, wird analog zum Ausbaugelände Tiergarten als mögliche Optionen ein Biomethankessel oder eine Wärmepumpe angenommen, die über den Rücklauf des bestehenden Wärmenetzes in der Pforzheimer Innenstadt die Gebäude mit Wärme versorgt. In Abbildung 40 ist ein Vollkostenvergleich der Varianten über 20 Jahre zu sehen. Dabei wird deutlich, dass die Option mit Wärmepumpen zwischen den Varianten für Biomethan liegt. Auch hier sollten die Preise für Brennstoffe und Anlagen aktualisiert und weitere Kostenfaktoren einberechnet werden, bevor eine Investitionsentscheidung getroffen werden kann.

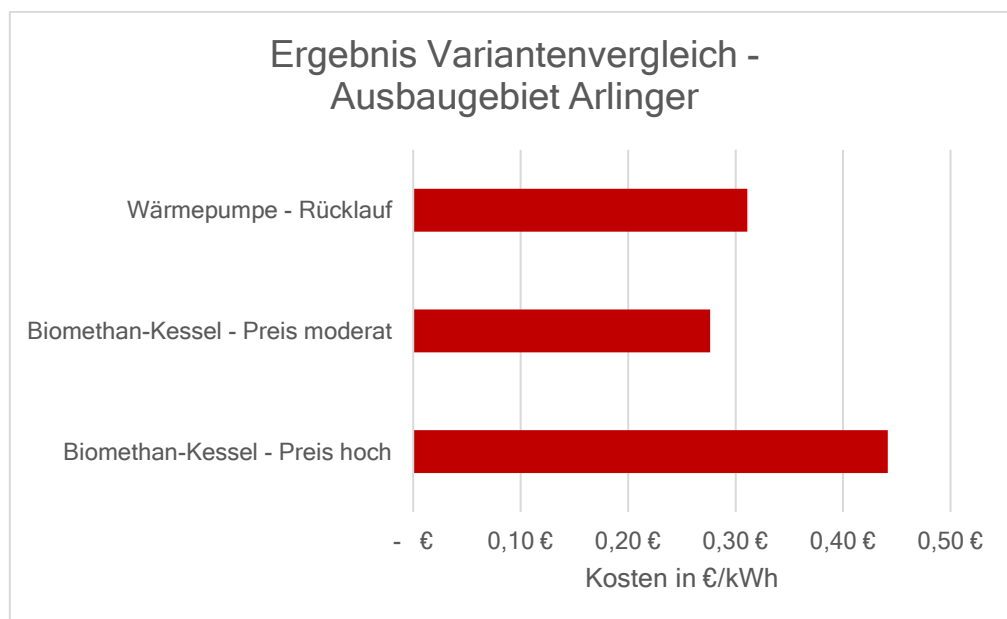


Abbildung 40: Ergebnis Variantenvergleich - Ausbaugelände Arlinger

### 3.2.5.3 Ausbaugelände Rod

#### Lage

Das Rodgelände befindet sich in der Pforzheimer Südweststadt und besteht hauptsächlich aus Villen und Einfamilienhäusern. Die hohe Wärmedichte und die flache Topographie des Gebietes machen es für den Bau eines Wärmenetzes prädestiniert.

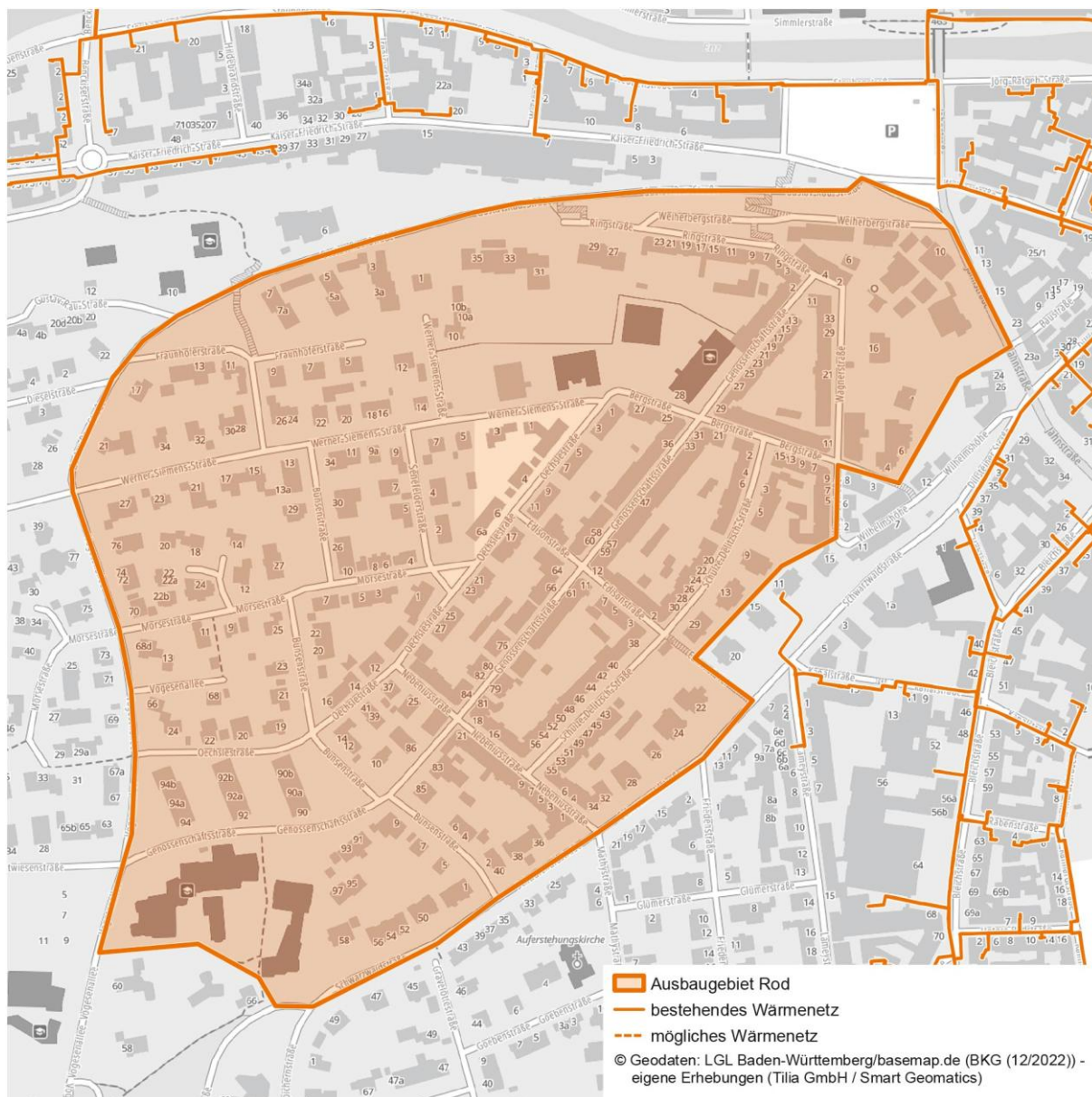


Abbildung 41: Lage Ausbaubereich Rod

### Energetische Ausgangssituation

Die Gebäude im Rodgebiet haben einen Gesamtwärmebedarf von 21 GWh/a und werden aktuell größtenteils (zu 86 %) mit erdgasbasierten Wärmeerzeugungsanlagen beheizt. Für ein Wärmenetz wären ca. 5.300 m Wärmetrassen und eine Wärmeerzeugungskapazität von etwa 11 MW notwendig.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Analog zu den anderen Ausbaubereichen wurde auch hier als zusätzliche Wärmeerzeugungsoption entweder ein Biomethan-Kessel oder eine Wärmepumpe angenommen, die an den Rücklauf des bestehenden Wärmenetzes angeschlossen werden kann. Die Ergebnisse für das Gebiet sind in Abbildung 27 dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass die Wärmeversorgungsoption, die auf Wärmepumpen am Rücklauf des Fernwärmenetzes basiert, in dem Falle günstigste Option ist. Um eine Investitionsentscheidung zu fällen, sollte die Berechnung

sowohl technisch (Temperaturniveau, Lautstärkebestimmungen, etc.) als auch wirtschaftlich um weitere Faktoren erweitert (Einbeziehung weiterer Kostenfaktoren, Anpassung Preis, etc.) und entsprechend überprüft werden.

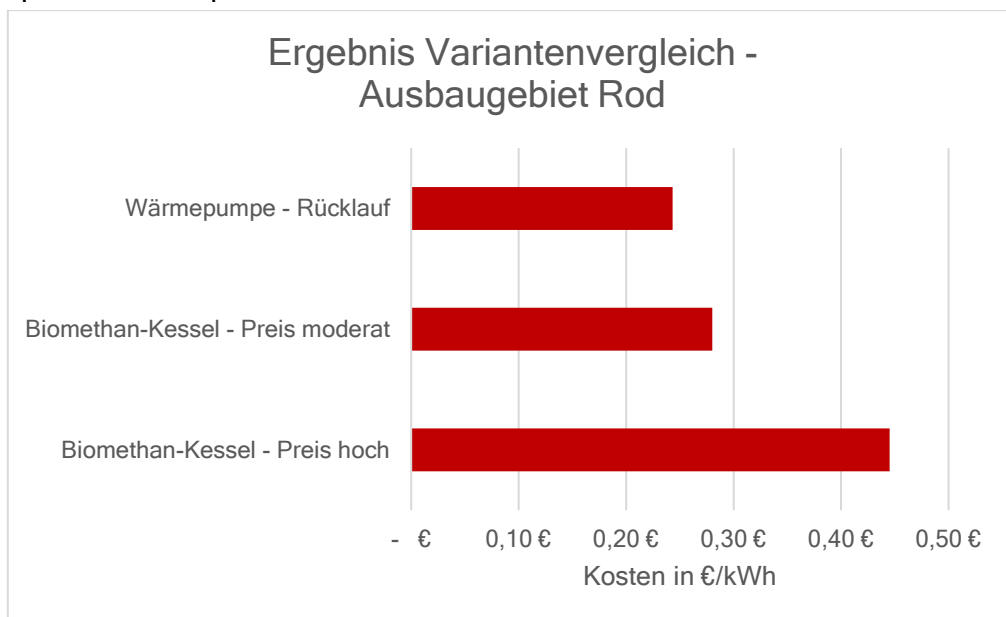


Abbildung 42: Ergebnis Variantenvergleich - Ausbaubereich Rod

### 3.2.6 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Untersuchungsgebiete

Analog zu den Ausbau- und Verdichtungsgebieten werden im folgenden Abschnitt die Ergebnisse der Untersuchungsgebiete vorgestellt, bei denen die Eignung für ein Wärmenetz geprüft wurde.

#### 3.2.6.1 Untersuchungsgebiet Würm

##### Lage

Der Stadtteil Würm liegt im Süden des Pforzheimer Stadtgebiets, direkt an dem gleichnamigen Fluss. In dem Stadtteil leben knapp 3.000 Einwohnerinnen und Einwohner (Stadt Pforzheim, 2023). Er ist komplett von Wald- und Grünflächen umgeben, weitere Stadtgebiete folgen mit einiger Entfernung.



Abbildung 43: Lage Untersuchungsgebiet Würm

### Energetische Ausgangssituation

In Abbildung 44 ist die Verteilung der Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtteil Würm nach Energieträgern dargestellt. Ein Großteil der Gebäude in Würm (70 %) wird aktuell mit heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen beheizt. Grund dafür ist, dass Würm nicht an das zentrale Erdgasnetz angeschlossen ist und deswegen erdgasbasierte Anlagen nur mit Flüssiggas betrieben werden können.

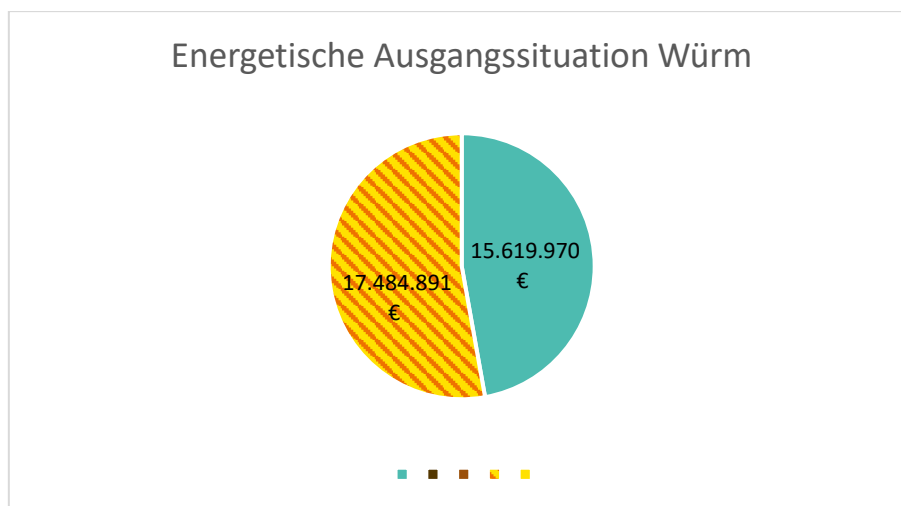


Abbildung 44: Energetische Ausgangssituation Würm

Aufgrund der Tatsache, dass der Neueinbau von ausschließlich heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen nach aktueller (März 2023) Gesetzeslage ab 2026 verboten ist (Bundesjustizministerium, 2023) und nach einem neuen Gesetzesentwurf des GEG in Zukunft bei jeder neu eingebauten Heizungsanlage min. 65 % erneuerbare Energien verwendet werden sollen, ist davon auszugehen, dass der Anschluss an ein Wärmenetz mit

klimateutraler Wärmeversorgung sehr hoch wäre, da die Lösungen, die die gesetzlichen Anforderungen erfüllen, in den meisten Fällen kostenintensiver sind als der Anschluss an ein Wärmenetz. Weiterhin wird anhand der Daten aus der kommunalen Wärmeplanung auch davon ausgegangen, dass auf Grund der hohen Wärmedichte in dem Gebiet (siehe Abschnitt 1.3, Abbildung 6) die Verlegung eines Wärmenetzes auch wirtschaftlich effizient wäre.

Insgesamt befinden sich in Würm 740 Gebäude mit einem Gesamtwärmebedarf von etwa 23 GWh/a. Um das gesamte Gebiet zu versorgen, müsste ein Wärmenetz mit einer Trassenlänge von ca. 9.400 m Länge und eine Erzeugung von 13 MW installiert werden.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Im Stadtteil Würm gibt es eine besonders innovative Option für erneuerbare Wärmeversorgung. Hier existiert ein Bergwerk zur Förderung von Flussspat, dessen Betrieb im Jahr 1996 eingestellt wurde (Stadt Pforzheim, 2009). In dem Bergwerk existieren unterirdische Wasservorkommen, die mit Hilfe eines Wärmetauschers und Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden könnten. Die technische Machbarkeit wurde parallel zu der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung (04/2022 - 03/2023) untersucht. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung (März 2023) waren die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen, es gab jedoch bis zu diesem Zeitpunkt keine Hinweise, dass eine Wärmegewinnung im Flussspatbergwerk nicht umsetzbar wäre. Aus diesem Grund wird hier davon ausgegangen, dass die Wärmegewinnung aus dem Flussspatbergwerk eine technisch umsetzbare Wärmeerzeugungsoption für den Stadtteil Würm ist.

Weiterhin gibt es im südlichen Teil von Würm Freiflächen, die nach VVÖ-FO für Solaranlagen geeignet sind. Deswegen ist die Nutzung von Solarthermieranlagen in Kombination mit einem Saisonalspeicher und einem Biomethankessel für die Spitzenlast, die zweite Wärmeerzeugungsoption für das Stadtgebiet Würm.

Beide Optionen sind für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme geeignet, weshalb jeweils noch dezentrale Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden zusätzlich installiert werden müssten. Die Investitionskosten für eine Versorgung des Stadtteils Würm mit den genannten Technologien sind in Tabelle 11 aufgeführt.

*Tabelle 11: Investitionskosten Untersuchungsgebiet Würm*

Technologie	Kosten
Wärmenetz (ca. 9.000 m)	Ca. 11 Mio €
Solarthermieranlage (ca. 55 MW)	Ca. 14,6 Mio €
Saisonalspeicher (ca. 18 GWh/a Speicherkapazität)	Ca. 21 Mio €
Biomethan-Kessel (13 MW)	Ca. 1,6 Mio €
Wärmepumpe für Flussspatbergwerk (ca. 13 MW)	Ca. 12 Mio €
Dezentrale Wärmepumpen	Ca. 13 Mio €

Bei einer Vollkostenbetrachtung der Technologien über 20 Jahre ergibt sich das in Abbildung 45 abgebildete Ergebnis. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass beide Varianten in einem ähnlichen Preisbereich liegen. Der Vorteil der Variante „Nutzung der Wärme aus dem Flussspatbergwerk“ ist, dass der Platzbedarf deutlich geringer ist. Aus diesem Grund wird empfohlen, sollten die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie positiv ausfallen, diesen Ausbaupfad weiter zu verfolgen. Um dann eine konkrete Investitionsentscheidung zu treffen,

müssen die Berechnungen mit aktualisierten Preisen und Informationen zu Abnehmern und weiteren Kostenfaktoren konkretisiert werden.

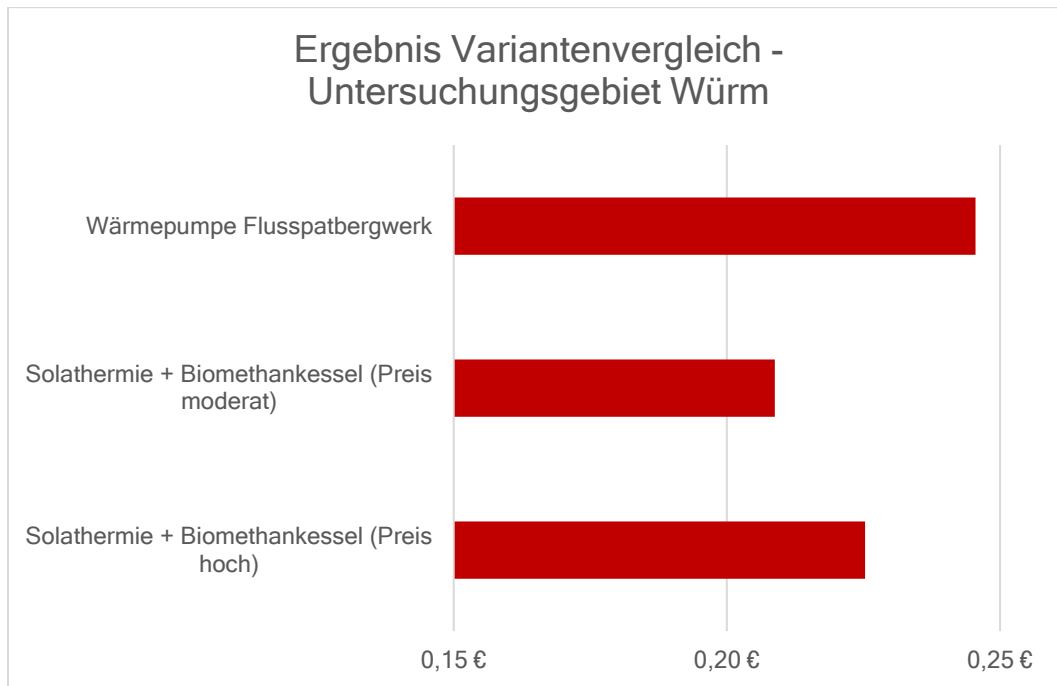


Abbildung 45: Ergebnis Variantenvergleich Untersuchungsgebiet Würm

### 3.2.6.2 Untersuchungsgebiet Dillweißenstein

#### Lage

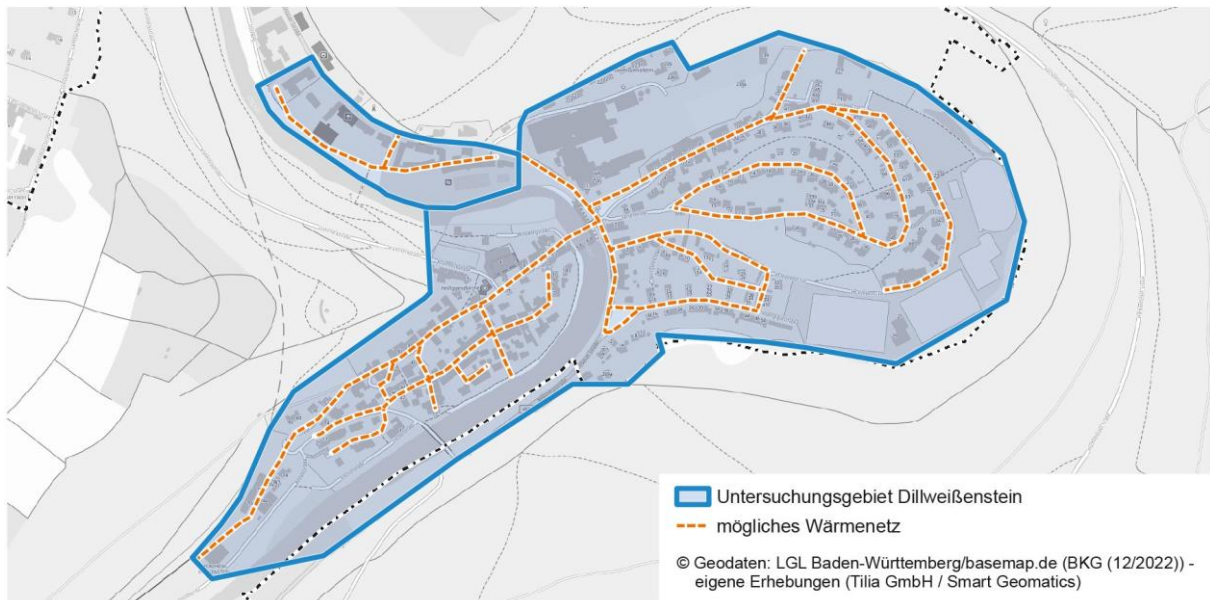


Abbildung 46: Lage Untersuchungsgebiet Dillweißenstein

Das Untersuchungsgebiet Dillweißenstein befindet sich südlich der Pforzheimer Kernstadt, an einer Biegung des Flusses Nagold. Im Norden befindet sich das Nagoldfreibad, die Grundschule Dillweißenstein und die Nagoldhalle als kommunale Großverbraucher. Diese

Großverbraucher benötigen eine neue Wärmeversorgung, die als Anlass genommen werden könnte, die Verbraucher über ein Wärmenetz zu verbinden und ggf. weitere Gebäude mit anzuschließen. Das restliche Gebiet ist hauptsächlich durch Gebäude mit Wohn- oder Wohnmischnutzung geprägt, die ebenfalls an ein Wärmenetz angeschlossen werden könnten.

### Energetische Ausgangssituation

Auch in Dillweißenstein werden, genauso wie im gesamten Stadtgebiet Pforzheim, ein Großteil (84 %) der Gebäude mit erdgasbasierten Wärmeerzeugungsanlagen beheizt. Gefolgt wird dieser Anteil mit heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen.

Auch in diesem Gebiet gibt es einen hohen Anteil an älteren (27 % der Wärmeerzeugungsanlagen sind über 30 Jahre alt), fossil betriebenen Wärmeerzeugungsanlagen und eine hohe Wärmedichte sowie eine Vielzahl an erneuerbaren Wärmequellen, die auf eine potenziell hohe Anschlussquote und damit eine hohe Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes in dem Gebiet hinweisen.

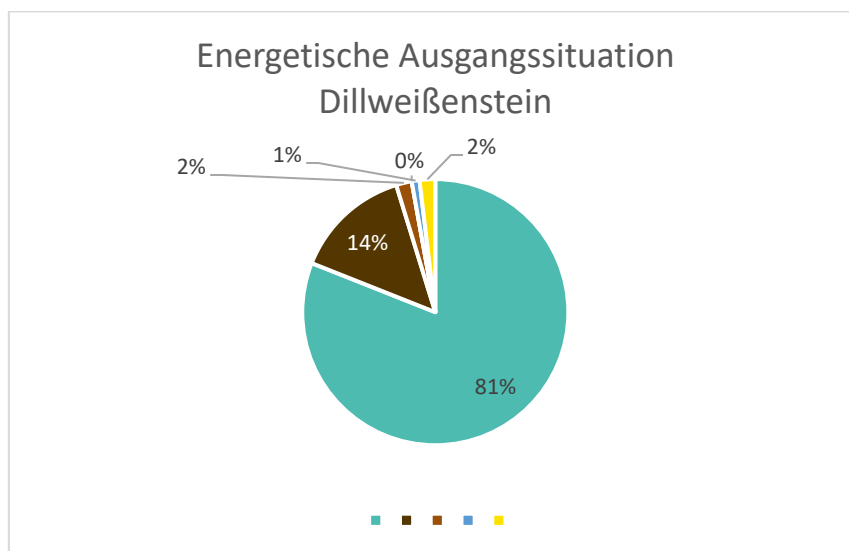


Abbildung 47: Energetische Ausgangssituation Untersuchungsgebiet Dillweißenstein

Um die Gebäude in Dillweißenstein zentral über ein Wärmenetz zu versorgen, ist eine Wärmetrasse von ca. 5.300 m Länge und eine Erzeugungsleistung von ca. 7 MW notwendig, um den Wärmebedarf der Gebäude von 13 GWh/a zu decken.

### Optionen für Wärmeerzeugung

Da das Untersuchungsgebiet Dillweißenstein das Nagoldfreibad beinhaltet, was hauptsächlich den Wärmebedarf im Sommer hat, und außerdem über einige Freiflächen, zum Beispiel auf dem Gelände einer ehemaligen Papierfabrik oder im Süden des Gebietes, verfügt, bietet sich in Dillweißenstein der Einsatz von Solarthermie an. Die Anlagen müssten mit einem Saisonspeicher und einem Biomethan-Kessel für Redundanz und Spitzenlast kombiniert werden.

Alternativ könnten auch Wärmepumpen eingesetzt werden, die ihre Wärmequelle entweder aus dem Flusswasser (hier würde sich das bestehende Wasserkraftwerk Dillweißenstein, siehe Abbildung 27) beziehen könnten. Bei beiden Optionen handelt es sich um Wärme-

erzeugungstechnologien, die für ein Niedertemperaturnetz geeignet sind, weshalb beide Optionen noch zusätzliche Wärmepumpen an den jeweiligen Gebäuden benötigen.

In Tabelle 12 sind die Investitionskosten laut dem Technikkatalog der KEA BW für die jeweiligen Optionen aufgelistet.

Tabelle 12: Investitionskosten Untersuchungsgebiet Dillweißenstein

Technologie	Kosten
Solarthermieanlage (ca. 15 MW)	Ca. 14,6 Mio €
Saisonalspeicher (ca. 8 GWh/a Speicherkapazität)	Ca. 21 Mio €
Biomethan-Kessel (7 MW)	Ca. 0,9 Mio €
Wärmepumpe (ca. 3,5 MW)	Ca. 12 Mio €
Dezentrale Wärmepumpen	Ca. 8 Mio €

In Abbildung 48 ist das Ergebnis des Variantenvergleichs zu sehen. Mit den getroffenen Annahmen liegt die Flusswassernutzung preislich leicht über der Solarthermie in Kombination mit einem Biomassekessel. Auch hier müssen die Berechnungen noch einmal um weitere Kostenfaktoren erweitert und aktualisiert werden, bevor eine endgültige Investitionsentscheidung getroffen werden kann.

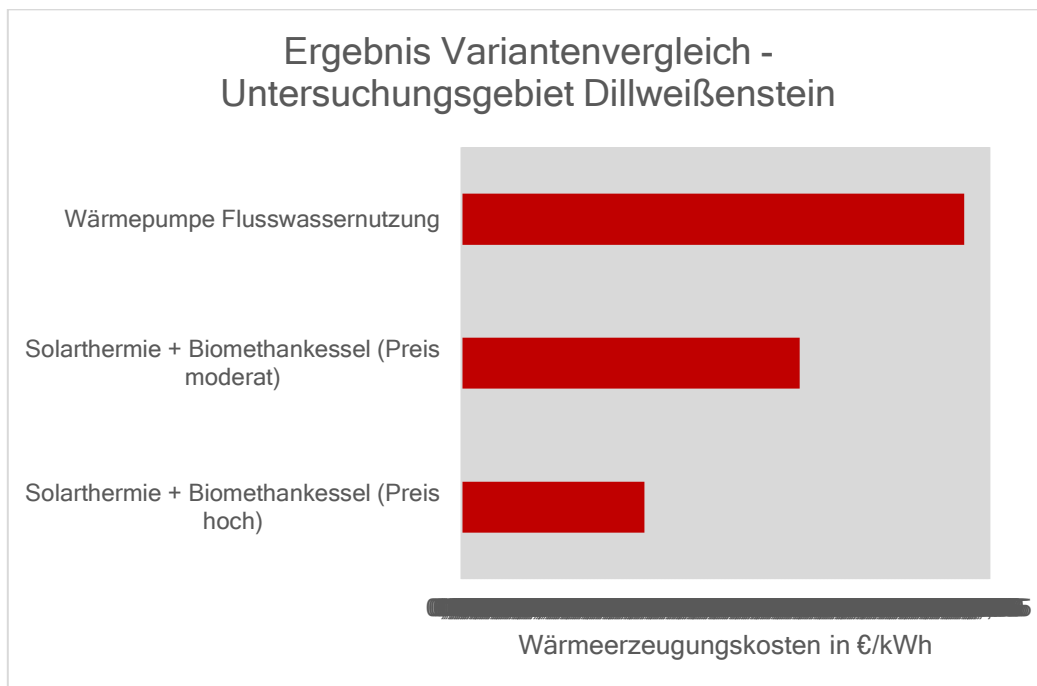


Abbildung 48: Ergebnis Variantenvergleich Untersuchungsgebiet Dillweißenstein

### 3.2.6.3 Untersuchungsgebiet Eutingen

#### Lage

Der Pforzheimer Stadtteil Eutingen an der Enz befindet sich im östlichen Teil des Stadtgebiets Pforzheim. Das Gebiet liegt nördlich des Enzufers und weist zahlreiche Potenziale für erneuerbare Energien auf. Da eine Verlegung von Wärmenetzen über Bahntrassen und Flüsse hinweg in den meisten Fällen sehr aufwändig ist, wurde vorerst bei der Szenarioanalyse nur das Gebiet zwischen der Enz und der Fernbahntrasse betrachtet. Dieses Gebiet ist

prädestiniert, da hier zum einen ein größeres Gebäude für die kommunale Feuerwehr neu gebaut wird, zum anderen weil hier die Wärmedichten in Eutingen am höchsten sind (siehe Abschnitt 2.1, Abbildung 6). Bei entsprechendem Kundeninteresse könnte hier aber ggf. auch ein größeres Wärmenetz verlegt werden.

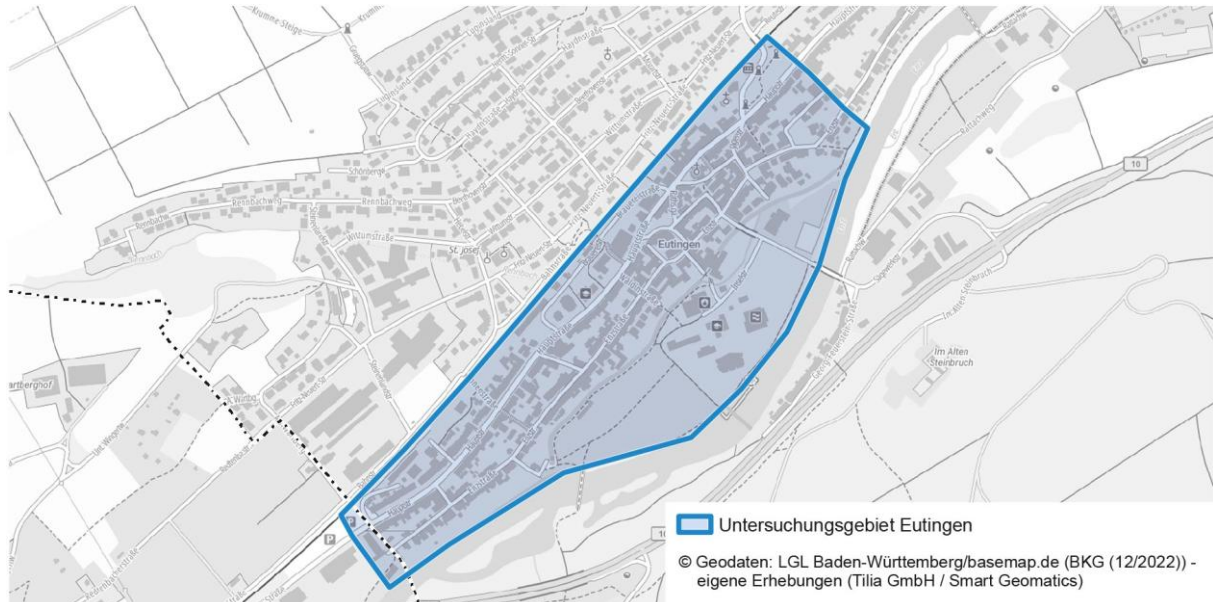


Abbildung 49: Lage Untersuchungsgebiet Eutingen

### Energetische Ausgangssituation

In Eutingen werden aktuell die meisten (86 %) Gebäude mit erdgasbasierten Wärmeerzeugungsanlagen beheizt. Außerdem sind in dem Gebiet laut Kkehrbuchdaten des zuständigen Schornsteinfegers ca. 35 % der Wärmeerzeugungsanlagen in Eutingen 30 Jahre alt oder älter. Es ist deshalb davon auszugehen, dass es eine hohe Nachfrage an einer Versorgung durch ein Fernwärmenetz gibt. Der aktuelle Wärmebedarf des Gebiets beträgt ca. 18 GWh/a; die Versorgung des kompletten Gebietes über ein Wärmenetz würde Wärmetrassen von ca. 5.000 m und eine Erzeugungskapazität von 12 MW erfordern.

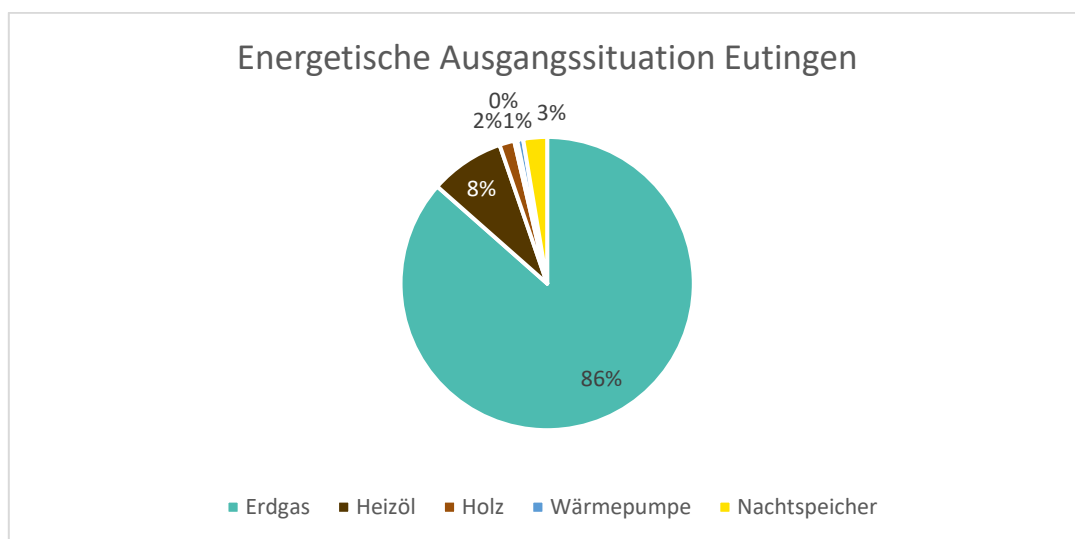


Abbildung 50: Energetische Ausgangssituation Eutingen

### Optionen für Wärmeerzeugung

In Eutingen endet der Abfluss der Pforzheimer Kläranlage aus dem über einen Wärmetauscher Wärme entzogen werden könnte (weitere Details siehe Potenzialanalyse, Abschnitt 2.2.5). Hier besteht zum einen die Möglichkeit, eine Hochtemperaturwärmepumpe an den Wärmetauscher anzuschließen und das Netz mit einer hohen Vorlauftemperatur zu beheizen. Eine Alternative ist es, eine niedrigere Temperatur in das Wärmenetz einzuspeisen und dann über dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden das jeweils benötigte Temperaturniveau zu erzeugen.

Weiterhin befindet sich westlich des Stadtteils Eutingen (nordöstlich der Kläranlage) eine Freifläche, die eventuell für die Wärmeerzeugung durch Erdwärmesonden genutzt werden könnte (weitere Informationen siehe Abschnitt 2.2.3). Dies würde allerdings nur ausreichend sein, um einen Teil des Wärmebedarfs im Untersuchungsgebiet zu decken und müsste deshalb noch einer anderen Wärmeerzeugungstechnologie kombiniert werden.

Perspektivisch kann überlegt werden, ob ein Wärmenetz in Eutingen mit dem Wärmenetz in der Pforzheimer Innenstadt verbunden werden könnte. Hier könnten dann ggf. die regenerativen Energiequellen aus Eutingen in die Erzeugung des erweiterten Fernwärmenetzes integriert werden.

In Tabelle 13 sind die Investitionskosten aufgelistet, die in Anlehnung an den Technikkatalog der KEA BW, für die Berechnung der Szenarien genutzt wurden.

*Tabelle 13: Investitionskosten Szenarien Eutingen*

<b>Technologie</b>	<b>Kosten</b>
Verlegung Wärmenetz (ca. 5.000 m)	Ca. 9,1 Mio €
Wärmetauscher Abfluss Kläranlage (ca. 1,25 MW)	Ca. 1,0 Mio €
Großwärmepumpe (ca. 1,25 MW)	Ca. 1,0 Mio €
Dezentrale Wärmepumpen (12 MW)	Ca. 6,7 Mio €
Geothermiebohrungen (369 Bohrungen à 4 kW)	Ca. 8,0 Mio €

Anhand der genannten Annahmen wurden die Wärmeerzeugungskosten für die einzelnen Technologien ermittelt. In Abbildung 51 ist das Ergebnis des Variantenvergleichs abgebildet. Hierbei wird ersichtlich, dass eine Versorgung mit Erdwärmesonden oder mit einem Wärmetauscher im Abfluss der Kläranlage in Kombination mit einer Großwärmepumpe die preisgünstigsten Wärmeerzeugungsoptionen sind. Auch hier sollten die Berechnungen detailliert (weitere Kostenfaktoren, etc.) und aktualisiert werden, bevor eine Investitionsentscheidung getroffen wird.

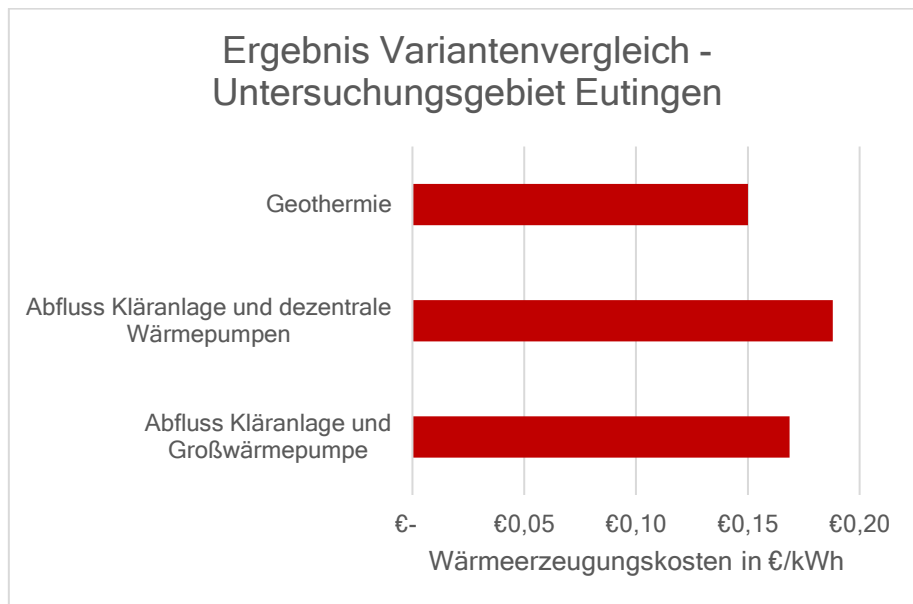


Abbildung 51: Ergebnis Variantenvergleich Untersuchungsgebiet Eutingen

### 3.2.6.4 Untersuchungsgebiet Gewerbegebiet PF8

#### Lage

Das Gewerbegebiet PF8 befindet sich im Nordosten Pforzheims, an der Autobahn A8. Erste Unternehmen haben sich bereits in dem Gewerbegebiet angesiedelt, die nächsten Ansiedlungen sind für die kommenden Jahre geplant. Die energetische Versorgung des Gewerbegebiets wurde in einem Projekt der Stadtwerke Pforzheim parallel zur kommunalen Wärmeplanung untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sollen in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

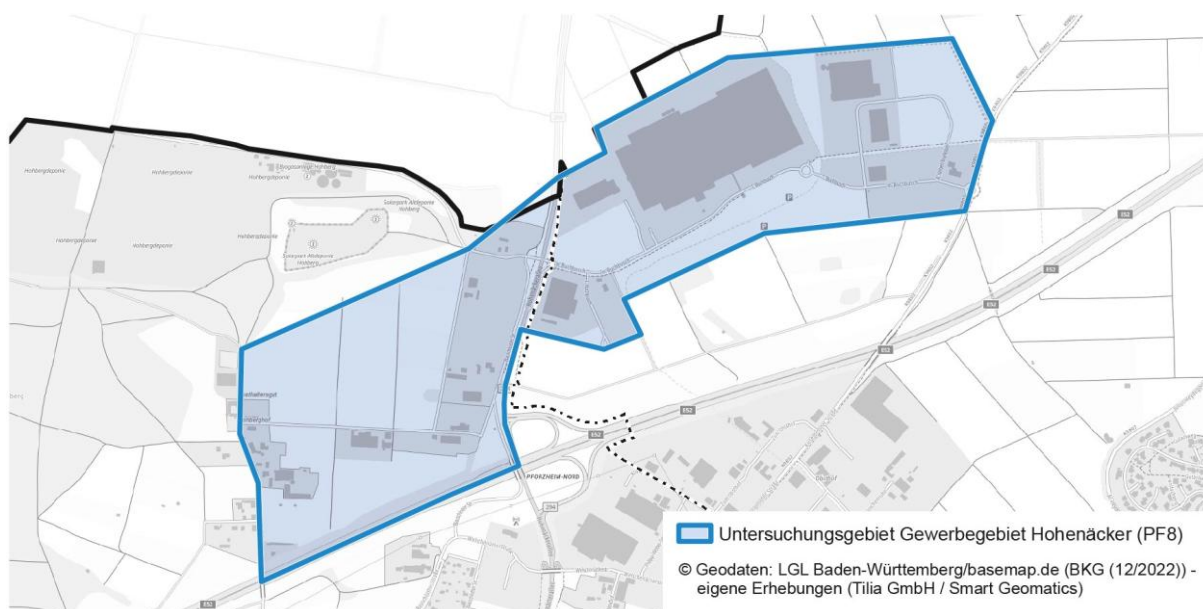


Abbildung 52: Lage Gewerbegebiet PF8

### **Energetische Ausgangssituation**

Über die meisten Gebäude innerhalb des Gewerbegebiets PF8 liegen keine Daten zu den aktuell genutzten Wärmeerzeugungsanlagen vor. Nur von 16 der 49 Gebäude sind Daten zu den bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen vorhanden. Von diesen Gebäuden wird ein Großteil (63 %) mit erdgasbetriebenen Wärmeerzeugungsanlagen versorgt und ein kleinerer Teil mit heizölbetriebenen Anlagen.

Auf Grund der anstehenden Neuansiedlungen und der aktuell verbreiteten Nutzung von fossilen Brennstoffen wird davon ausgegangen, dass eine Anschlussquote an ein Wärmenetz potenziell sehr hoch wäre. Der genaue Wärmebedarf des Gebietes sowie die exakten Kapazitäten für ein Wärmenetz hängen von dem Energiebedarf der zukünftig dort angesiedelten Unternehmen ab und können deshalb zum jetzigen Zeitpunkt (2023) noch nicht exakt bestimmt werden.

### **Optionen für Wärmeversorgung**

Die Optionen für die Wärmeversorgung wurden in einem separaten Projekt untersucht. In dem Projekt wurde nicht nur die zukünftige Wärmeversorgung des Gebietes, sondern auch die Stromversorgung und die Wechselwirkungen untereinander untersucht.

Westlich des Gewerbegebiets befindet sich eine Biogasanlage, die aktuell nur für Stromproduktion für das Verteilnetz genutzt wird. Hier wurde im Rahmen des Projektes empfohlen, die bislang nicht genutzte Abwärme der Biogasanlage zu nutzen, um das Gewerbegebiet mit Wärme zu versorgen. Weiterhin könnte der erzeugte Strom über Direktvermarktungsverträge direkt von den Unternehmen vor Ort genutzt werden. Aktuell laufen Gespräche mit dem Betreiber der Biogasanlage, um die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit dieser Optionen zu prüfen. Sollte eine Kooperation mit dem Betreiber der Biogasanlage nicht zu Stande kommen, so wird der Aufbau einer neuen Wärmeerzeugungsanlage auf der Basis von erneuerbaren Energien (z.B. Biogas, Holzhackschnitzel, etc.) empfohlen. Perspektivisch ist angedacht, das neue Wärmenetz im Gewerbegebiet PF8 mit dem bestehenden Wärmenetz in der Pforzheimer Kernstadt zu verbinden. Ob dies wirtschaftlich effizient ist, hängt von der Anschlussquote in den dazwischenliegenden Gebieten im Pforzheimer Nordosten ab.

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung wurde als Ergebnis der Untersuchung empfohlen, zusätzlich Strom aus Photovoltaikanlagen oder Windkraftanlagen zu erzeugen. Die Photovoltaikanlagen könnten dabei sowohl auf Freiflächen westlich des Gewerbegebiets als auch auf den Dachflächen der Unternehmen installiert werden. Für Windkraftanlagen gäbe es einen potenziellen Standort nördlich des Pforzheimer Stadtgebiets.

Der Strom könnte dann genutzt werden, um zum einen direkt den Stromverbrauch der Unternehmen zu decken, zum anderen könnte aus überschüssigem Strom aus Photovoltaik- und Windkraftanlagen mit einem Elektrolyseur Wasserstoff hergestellt werden, der zum Beispiel zur Erzeugung von Prozesswärme von den Unternehmen genutzt werden könnte.

In welchem Maße Stromerzeugungsanlagen installiert werden und ob diese wirtschaftlich sind, hängt sowohl von dem Stromverbrauch und dem Lastgang der in Zukunft sich ansiedelnden Unternehmen ab, als auch von der Förderkulisse für die Stromerzeugungsanlagen und den Elektrolyseur. Prinzipiell wird empfohlen, soviel erneuerbaren Strom und Wasserstoff wie

technisch und wirtschaftlich effizient möglich zu erzeugen, um somit einen größtmöglichen Beitrag zur Energiewende leisten zu können.

### 3.2.7 Ergebnisse der Szenarienberechnungen für Gebiete mit dezentraler Versorgung

Bei den Gebieten, bei denen in dem vorgestellten Szenario kein Wärmenetz vorgesehen wurde, wurde in dem Szenario davon ausgegangen, dass die Gebäude einzeln mit dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen versorgt werden. Dies bedeutet nicht, dass für diese Gebiete perspektivisch ein Wärmenetz ausgeschlossen ist. Insbesondere bei Gebieten mit hoher Wärmedichte wie zum Beispiel in Teilen von Brötzingen und der Pforzheimer Weststadt (als Erweiterung des Ausbaugebietes Arlinger), in Huchenfeld oder Büchenbronn (als Erweiterung der Netze für kommunale Gebäude, siehe Anhang 1) oder in Mäuerach bestehen hohe Chancen, dass bei ausreichender Anschlussquote der Aufbau eines Wärmenetzes oder der Anschluss an ein bestehendes Wärmenetz wirtschaftlich ist. Hierbei ist zu beachten, dass auf Grund von Höhenunterschieden in Pforzheim der Aufbau eines Wärmenetzes topographisch zum Teil technisch herausfordernd ist. Ist der Höhenanstieg zu stark, kann die Fließrichtung des Wärmenetzes nur mit hohem technischem Aufwand aufrechterhalten werden. Dies trifft zum Beispiel auf das Gebiet zwischen der Pforzheimer Südweststadt und Sonnenhof zu, sowie auf das Gebiet zwischen der Pforzheim Kernstadt und Buckenberg.

Weiterhin wird empfohlen, dass bei Umrüstung von Heizungsanlagen die Kommunikation mit den Gebäudebesitzern umliegender Gebäude gesucht wird. Hier können sich Synergien für eine gemeinsame effiziente Wärmeversorgung in Form von Nahwärmeinseln bilden. An welchen Stellen eine gemeinsame Wärmeversorgung technisch und wirtschaftlich effizient ist, muss im Einzelfall individuell geprüft werden.

#### *3.2.7.1 Ergebnisse für die Szenarioberechnungen dezentral versorgter Gebiete*

Für die Wärmeversorgung der dezentral versorgten Gebiete werden zwei verschiedene Szenarien angenommen. In einem ersten Szenario werden alle Gebäude mit einem Wärmebedarf von unter 50.000 kWh/a mit einer Luftwärmepumpe<sup>3</sup> versorgt. Bei allen Gebäuden mit einem Wärmebedarf von über 50.000 kWh/a werden 65 % des Wärmebedarfs mit einer Luftwärmepumpe gedeckt und 35 % des Wärmebedarfs mit einem Heizkessel, der mit klimaneutralem Gas gespeist wird.

Bei dem zweiten Szenario werden alle dezentralen Gebäude mit einer Luftwärmepumpe versorgt, die an die jeweilige Heizlast des Gebäudes angepasst ist.

In beiden Szenarien wird davon ausgegangen, dass alle Gebäude, die heute mit holzbasierten Wärmeerzeugungsanlagen beheizt werden, auch in Zukunft mit holzbasierten Anlagen versorgt werden.

---

<sup>3</sup> Mit dem Begriff Luftwärmepumpe ist hier eine Luft-Wasser-Wärmepumpe gemeint, die Wärme aus der Luft entzieht und dann diese Wärme an das Heizungswasser abgibt. Es gibt weitere Arten von Wärmepumpen, die bei Gebäuden eingesetzt werden können, wie zum Beispiel Wasser-Wasser-Wärmepumpen oder Luft-Luft-Wärmepumpen. Da die Luft-Wasser-Wärmepumpe aber die am häufigsten eingesetzte Wärmepumpe ist (EURONICS Deutschland eG, 2022), wird hier eine Luft-Wasser-Wärmepumpe angenommen und im Folgenden vereinfacht als Luftwärmepumpe bezeichnet.

Grund für die Aufteilung in zwei Szenarien ist, dass zum heutigen Stand Luftwärmepumpen für hohe Verbräuche in Kombination mit hohen Vorlauftemperaturen sowohl bei der Anschaffung als auch im Betrieb sehr kostenintensiv sind und Platz zur Aufstellung einer Außeneinheit benötigt wird (DAA GmbH, 2023). Es ist von der technischen Entwicklung in den nächsten Jahren abhängig, ob Luftwärmepumpen auch bei hohen Verbräuchen in Bestandsgebäuden flächendeckend effizient eingesetzt werden können (Fraunhofer ISE, 2020). Alternativ können durch energetische Sanierungen und eine Modernisierung des Heizungssystems die Vorlauftemperaturen bei Bestandsgebäuden soweit abgesenkt werden, dass eine Luftwärmepumpe effizient eingesetzt werden kann. Aus diesem Grund sollte die energetische Sanierung von Gebäuden oberste Priorität haben.

Bei der Variante, der die Spitzenlast mit Biomethan gedeckt wird, ist fraglich, ob genügend klimaneutral erzeugtes Biomethan zur Verfügung steht um den Wärmebedarf entsprechend zu decken. Dementsprechend haben beide Szenarien aus heutiger Sicht Vor- und Nachteile. Welche klimaneutralen Wärmeversorgungen sich für hohe Verbräuche durchsetzen, werden die nächsten Jahre und Jahrzehnte zeigen.

Um auch eine zeitliche Entwicklung des Austauschs aufzeigen zu können, wurde in dem Szenario auch der Zeitpunkt des Austauschs der Wärmeerzeugungsanlagen festgelegt. Um diesen Zeitpunkt zu bestimmen, wurde in dem Szenario davon ausgegangen, dass alle Wärmeerzeugungsanlagen 30 Jahre nach dem Einbau ausgetauscht werden. Sind die Wärmeerzeugungsanlagen laut der Kkehrbuchdaten der Schornsteinfeger bereits älter als 30 Jahre, werden sie in dem Szenario im Jahr 2023 ausgetauscht. Ist das Datum der Inbetriebnahme nicht bekannt, so wurde das Jahr 2028 als Austauschjahr festgelegt. Außerdem wurden alle fossil betriebenen Anlagen, die nach 2010 eingebaut wurden im Jahr 2040 ausgetauscht, um auch bei diesen Gebäuden das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen.

In Abbildung 53 und Abbildung 54 ist die Entwicklung der Wärmeerzeugung für die dezentralen Gebiete mit den Annahmen der zwei vorgestellten Szenarien dargestellt. Anhand der Grafiken ist deutlich zu erkennen, dass in beiden Szenarien die fossil betriebenen Wärmeerzeugungsanlagen sukzessive durch erneuerbare Wärmeerzeugungsanlagen ersetzt werden. Während es sich bei den neuen Wärmeerzeugungsanlagen in Szenario 1 bei Gebäuden mit höherem Verbrauch um eine Kombination aus Luftwärmepumpen und Biomethan handelt und für Gebäude mit geringerem Verbrauch in dem Szenario Luftwärmepumpen eingesetzt werden, wird in Szenario 2 für alle Gebäude (außer solche, die bereits mit Biomasse beheizt werden) der Einsatz von Luftwärmepumpen angenommen.

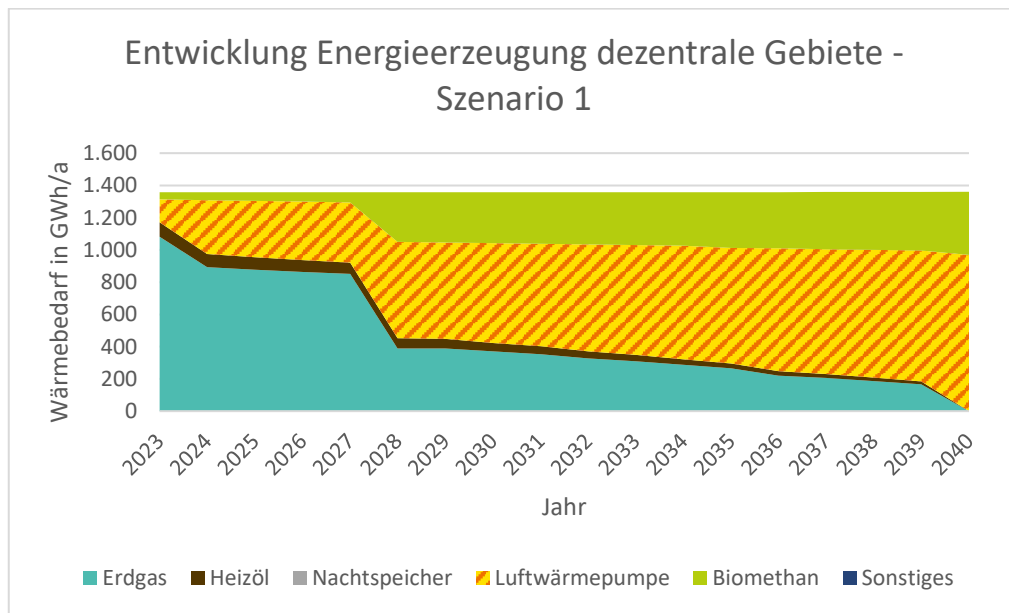


Abbildung 53: Entwicklung Wärmeerzeugung dezentrale Gebiete - Szenario 1

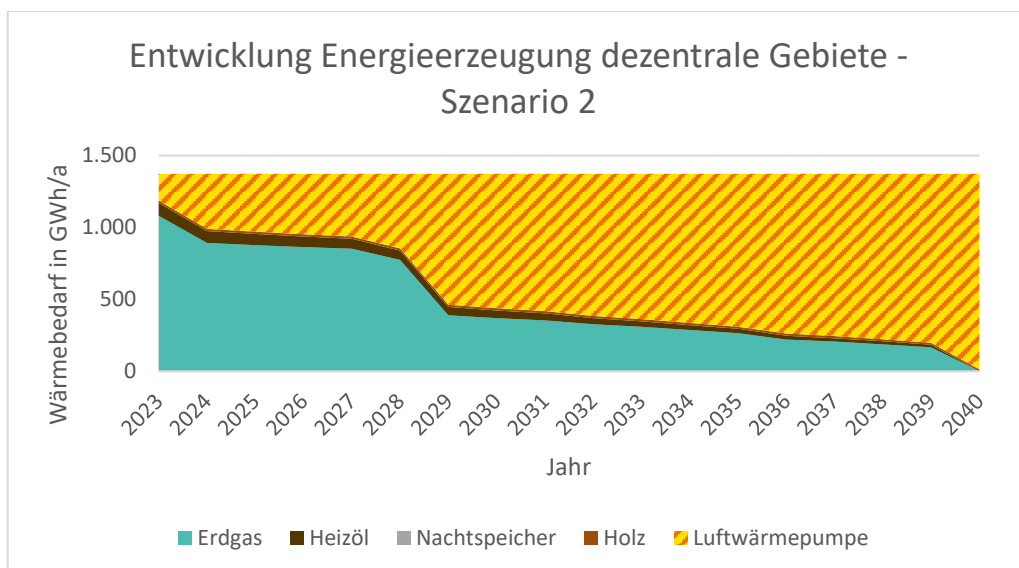


Abbildung 54: Entwicklung Wärmeerzeugung dezentrale Gebiete - Szenario 2

In Abbildung 55 sind die Kosten der Umrüstung der dezentralen Erzeugung dargestellt. Die Kosten wurden dabei als Vollkosten über 20 Jahre berechnet, ebenfalls unter den Annahmen, die in Abschnitt 3.2.3 genannt sind. Die kumulierten Kosten in der Abbildung zeigen, dass Szenario 1 (verbrauchsintensive Gebäude erhalten eine Kombination aus Luftwärmepumpe und Biomethankessel) kostenintensiver ist als das Szenario 2 (alle Gebäude erhalten eine Luftwärmepumpe).

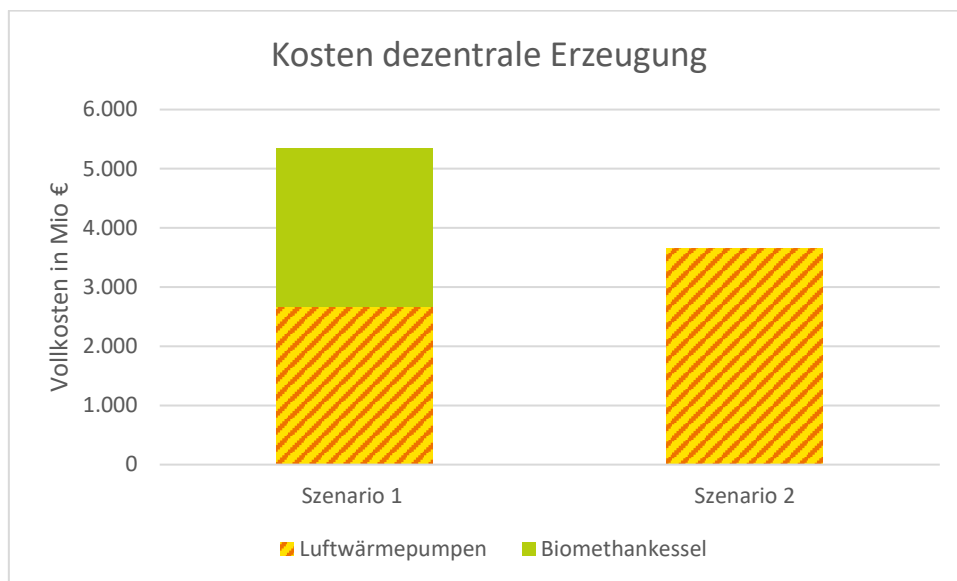


Abbildung 55: Kosten Umrüstung dezentrale Erzeugung

Die Kostenaufstellung ist, ebenso wie bei den Wärmenetzen, wieder nur eine grobe Abschätzung auf der Grundlage der im Technikatalog der KEA BW angegebenen Kosten und den Annahmen in Kapitel 3.2.3. Welche Wärmeversorgung für das jeweilige Gebäude technisch und wirtschaftlich am effizientesten ist, muss in einer Einzelfallentscheidung geprüft werden. Hierzu empfehlen wir, die in Abschnitt 3.2.2 vorgestellten Optionen für mögliche Versorgungsoptionen zu prüfen. Um die Bandbreite der Versorgungsoptionen noch einmal weiter zu beleuchten, werden im nächsten Abschnitt verschiedene Optionen für ein Beispielhaus verglichen.

### 3.2.7.2 Ergebnisse für ein Beispielhaus

Um ein passendes Beispielgebäude für das Stadtgebiet Pforzheim zu bestimmen, wurden zuerst die Heizlasten der Gebäude in Pforzheim analysiert. Die Verteilung der Heizlasten der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim ist in Abbildung 56 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass es einen deutlichen Peak bei der Verteilung der Heizlasten zwischen 10 und 20 kW gibt. Etwa 25 % der Gebäude in der Stadt Pforzheim benötigen eine Heizlast zwischen 10 und 20 kW, die am häufigsten auftretende Heizlast ist 14 kW bei ca. 3 % der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim.

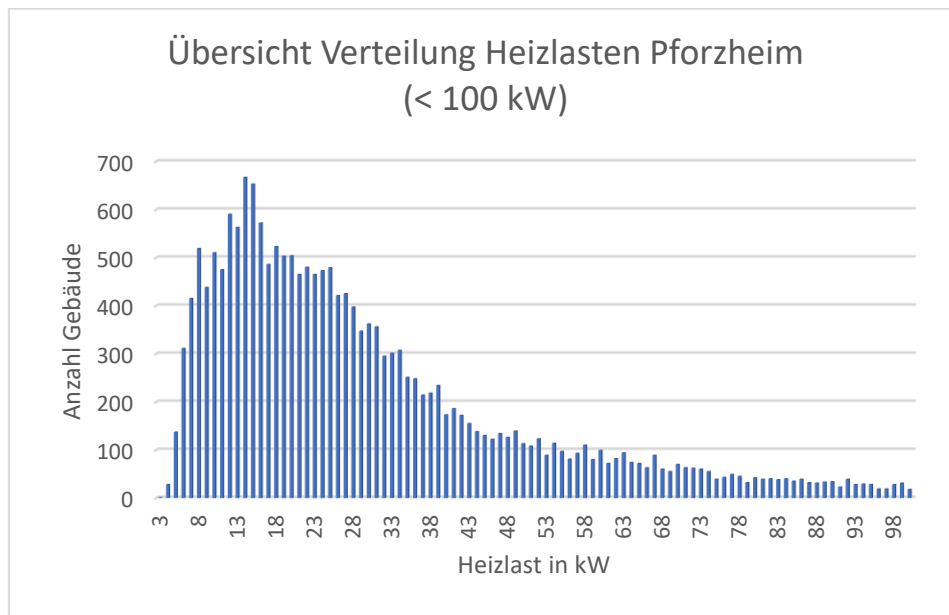


Abbildung 56: Übersicht Verteilung Heizlasten Pforzheim

Auf Grund der Verteilung der Heizlasten bei den Gebäuden im Stadtgebiet Pforzheim wurde als Beispielhaus ein Gebäude mit 14 kW Heizlast angenommen, für die im Folgenden ein Vollkostenvergleich für verschiedene Technologien vorgestellt wird. Um die Ergebnisse vergleichbar zu gestalten, wurde, analog zu den Betrachtungen der Kosten bei den Wärmenetzen, ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren angenommen und das Ergebnis heruntergerechnet auf Vollkosten pro verbrauchter kWh. Die weiteren Annahmen entsprechen den in Abschnitt 3.2.3 vorgestellten Datengrundlagen.

Das Ergebnis des Kostenvergleichs ist in Abbildung 57 zu sehen. In der Abbildung wird deutlich, dass die preisgünstigste Technologie, die betrachtet wurde, die Beheizung des Gebäudes mit einer Luftwärmepumpe ist, dicht gefolgt von der Luftwärmepumpe in Kombination mit Solarthermie und der Nutzung von Erdwärmesonden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Luftwärmepumpen bei höheren Temperaturniveaus des Heizungssystems ineffizienter arbeiten. Weitere Vor- und Nachteile der betrachteten Technologien sind in Tabelle 4 in Abschnitt 3.2.3 zu finden. Welche Technologie für das jeweilige Gebäude geeignet ist und welche Kosten durch Installation und Betrieb der Wärmeerzeugungsanlage individuell entstehen, muss im Einzelfall geprüft und bewertet werden.

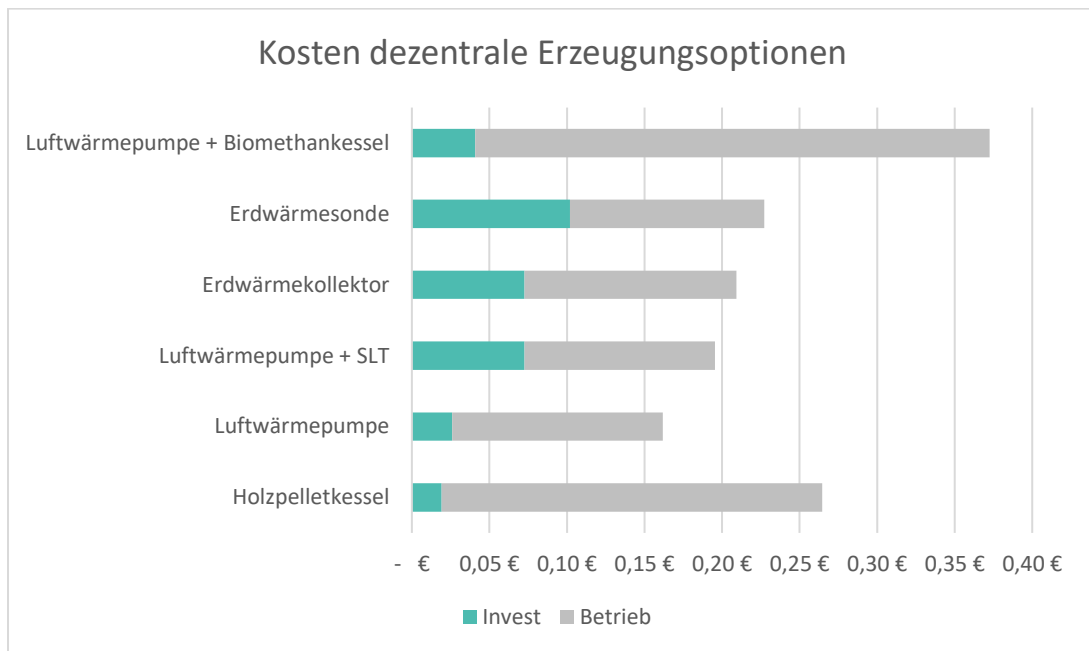


Abbildung 57: Kostenvergleich Optionen dezentrale Wärmeversorgung

### 3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Szenarienberechnungen

Um einen Gesamtüberblick über die erstellten Szenarien zu bekommen, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der Szenarien noch einmal zusammengefasst. Dabei wird, entsprechend der verschiedenen Annahmen in den dezentral versorgten Gebieten (siehe Abschnitt 3.2.7), unterschieden in zwei verschiedene Szenarien:

#### *Szenario 1*

In dem Szenario werden alle Gebäude, die dezentral mit Wärme versorgt werden und einen Verbrauch von über 50.000 kWh/a haben, nach der Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlage mit einer Luftwärmepumpe in Kombination mit einem Biomethankessel beheizt und alle Gebäude, die dezentral mit Wärme versorgt werden und einen geringeren Verbrauch als 50.000 kWh/a haben, nach der Umrüstung mit einer Luftwärmepumpe ausgestattet. Gebäude, die in dezentral mit Wärme versorgten Gebieten liegen und aktuell eine holzbasierte Wärmeversorgung haben, erhalten nach der Umrüstung eine neue, holzbasierte Erzeugungsanlage.

Die Gebäude, die in den aufgeführten Eignungsgebieten für Wärmenetze liegen (siehe Abschnitt 3.2.4 - 3.2.6) werden in dem Szenario an das Wärmenetz angeschlossen.

#### *Szenario 2*

In dem Szenario werden alle Gebäude, die nicht in Eignungsgebieten für Wärmenetze liegen, nach der Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlage mit einer Luftwärmepumpe beheizt. Ausnahme sind Gebäude mit einer holzbasierten Wärmeerzeugungsanlage, diese bekommen eine neue holzbasierte Wärmeerzeugungsanlage. Liegen die Gebäude in den in Abschnitt 3.2.4 - 3.2.6 aufgeführten Eignungsgebieten, so werden sie nach Ende der Lebensdauer der Wärmeerzeugungsanlage an das entsprechende Wärmenetz angeschlossen.

Um die Transformation der Wärmeversorgung in dem Szenario zeitlich darzustellen, wurde davon ausgegangen, dass jede Wärmeerzeugungsanlage 30 Jahre nach ihrer Inbetriebnahme entweder durch den Anschluss an ein Wärmenetz oder durch eine neue Wärmeerzeugungsanlage auf der Grundlage von erneuerbaren Energien ersetzt wird.

Gebäude, bei denen das Alter der Wärmeerzeugungsanlage nicht bekannt ist, wurde, analog zu den in Abschnitt 3.2.7 vorgestellten Szenarien, eine Umrüstung zu einem Wärmenetzanschluss oder einer neuen Wärmeerzeugungsanlage im Jahr 2028 angenommen. Gebäude, deren fossile Wärmeerzeugungsanlage nach 2010 in Betrieb genommen wurde, werden im Jahr 2040 an ein Wärmenetz angeschlossen oder mit einer klimaneutralen Wärmeerzeugungsanlage ausgestattet.

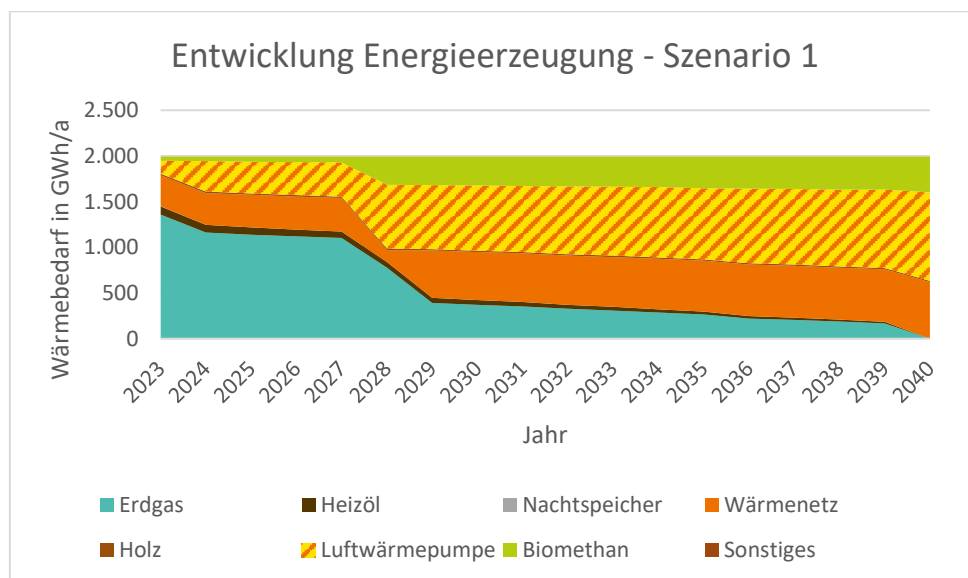


Abbildung 58: Entwicklung Wärmeerzeugung - Szenario 1

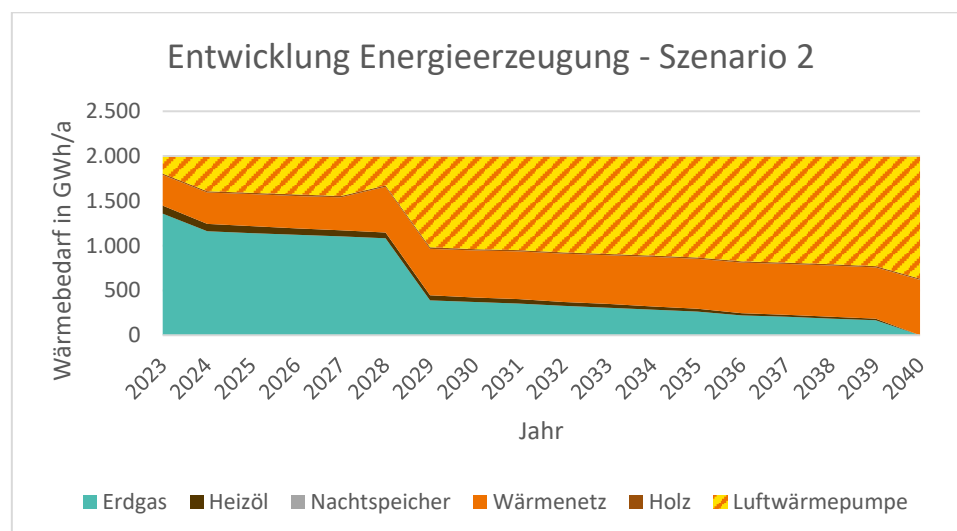


Abbildung 59: Entwicklung Wärmeerzeugung - Szenario 2

Abbildung 58 und Abbildung 59 zeigen die Entwicklung der Wärmeerzeugung in den zwei Szenarien. Dabei ist in beiden Szenarien deutlich zu erkennen, dass der Anteil von Erdgas und Heizöl sukzessive sinkt und durch erneuerbare Wärmeerzeugung ersetzt wird. In

Szenario 1 handelt es sich dabei um eine Wärmeversorgung mit klimaneutralen Wärmenetzen, Luftwärmepumpen, Biomethan und Holz und in Szenario 2 lediglich um klimaneutrale Wärmenetze, Luftwärmepumpen und Holz.

Aus der Aufstellung der Energieerzeugung in den zwei Szenarien lässt sich eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz für die Jahre 2030 und 2040 prognostizieren. In Tabelle 14 sind die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen entsprechend der zwei Szenarien aufgeführt.

Tabelle 14: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz für 2030 und 2040

<b>Szenario 1</b>						
	<b>2030</b>			<b>2040</b>		
<b>Energieträger</b>	<b>Endenergie</b>	<b>Emissionsfaktor</b>	<b>THG-Emissionen</b>	<b>Endenergie</b>	<b>Emissionsfaktor</b>	<b>THG-Emissionen</b>
Einheit	GWh/a	t CO <sub>2</sub> Äq /MWh	t CO <sub>2</sub> Äq	GWh/a	t CO <sub>2</sub> Äq/MWh	t CO <sub>2</sub> Äq
Erdgas	370	0,233	86.278	0	0,233	0
Heizöl	53	0,311	16.345	0	0,311	0
Nachtspeicher	0	0,27	0	0	0,151	0
Wärmenetz	524	0	0	619	0	0
Holz	16	0,022	341	12	0,022	274
Luftwärmepumpe	715	0,077	55.140	969	0,043	41.802
Biomethan	315	0,038	11.964	392	0,031	12.139
<b>Gesamt</b>	<b>1.992</b>		<b>170.068</b>	<b>1.992</b>		<b>54.214</b>
<b>Szenario 2</b>						
	<b>2030</b>			<b>2040</b>		
<b>Energieträger</b>	<b>Endenergie</b>	<b>Emissionsfaktor</b>	<b>THG-Emissionen</b>	<b>Endenergie</b>	<b>Emissionsfaktor</b>	<b>THG-Emissionen</b>
Einheit	GWh/a	t CO <sub>2</sub> Äq /MWh	t CO <sub>2</sub> Äq	GWh/a	t CO <sub>2</sub> Äq/MWh	t CO <sub>2</sub> Äq
Erdgas	370	0,233	86.278	0	0,233	0
Heizöl	53	0,311	16.345	0	0,311	0
Nachtspeicher	0	0,27	0	0	0,151	0
Wärmenetz	524	0	0	619	0	0
Holz	16	0,022	341	12	0,022	274
Luftwärmepumpe	1.030	0,077	79.427	1.360	0,043	58.695
<b>Gesamt</b>	<b>1.992</b>		<b>182.391</b>	<b>1.992</b>		<b>58.969</b>

Aus der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz wird ersichtlich, dass es in beiden Szenarien im Jahr 2040 nur noch zwei Energieträger gibt, die sehr geringe Mengen an Treibhausgasemissionen verursachen. Das sind zum einen Luftwärmepumpen, die durch den genutzten Strom Treibhausgasemissionen erzeugen. Zur Bilanzierung des von den Wärmepumpen genutzten Stroms wurde der Treibhausgasemissionsfaktor des bundesdeutschen Strommix herangezogen, der im Technikkatalog der KEA BW veröffentlicht wurde. Dieser wird für das Jahr

2040 mit 0,151 t CO<sub>2</sub>Äq/MWh prognostiziert, wodurch sich bilanziell Treibhausgasemissionen durch die Nutzung von Wärmepumpen ergeben. Es wird hier empfohlen, Photovoltaikanlagen zu der Erzeugung des von Luftwärmepumpen genutzten Stroms einzusetzen (siehe Abschnitt 2.3.1), um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen.

Weiterhin entstehen in den Szenarien im Jahr 2040 noch geringe Mengen an Treibhausgasemissionen durch die Nutzung von Holz als Brennstoff. Auch hier wird der Treibhausgasemissionsfaktor des Technikkatalogs der KEA BW zu Grunde gelegt, bei dem die Emissionen durch Transport und Aufbereitung des Holzes einberechnet werden. Das gleiche gilt für Biomethan, bei dem ebenfalls die Vorkette bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen mit einbezogen wird. Hier wird empfohlen Kompensationsmaßnahmen, wie zum Beispiel Aufforstung, durchzuführen, um die Treibhausgasemissionen auszugleichen und das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen.

Zusammenfassend lässt sich als Ergebnis der Szenarioanalyse sagen, dass die Umrüstung zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 zwar möglich ist, aber sowohl der Zeitrahmen als auch die Komplexität der technischen Lösungen und die Bewältigung der anfallenden Kosten sehr ambitioniert sind.

## 4. Kommunale Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

### 4.1 Übersicht Wärmewendestrategie

Aus den im Rahmen der kommunalen Wärmeplanungen durchgeführten Betrachtungen wurde eine Wärmewendestrategie mit verschiedenen kurzfristigen und langfristigen Maßnahmen abgeleitet. Diese Strategie besteht im Wesentlichen aus zwei Säulen: Zum einen soll eine Senkung des Wärmebedarfs durch energetische Gebäudesanierungen erreicht werden, zum anderen soll der verbleibende Wärmebedarf mit Hilfe von Wärmenetzen und dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen auf der Basis von regenerativen Energien gedeckt werden.

### 4.2 Maßnahmenkatalog

Um das Ziel der klimaneutralen Wärmeerzeugung zu erreichen, wurden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für das Stadtgebiet Pforzheim sowohl kurzfristige als auch langfristige Maßnahmen identifiziert. Die Maßnahmen wurden gemeinsam mit der Stadtverwaltung Pforzheim und den Stadtwerken Pforzheim erarbeitet und sind somit mit zwei wichtigen lokalen Akteuren im Bereich Energie abgestimmt.

Die kurzfristigen Maßnahmen sollen dabei spätestens bis fünf Jahre nach Abschluss der Wärmeplanung (also maximal bis zum Jahr 2028) gestartet werden und im besten Falle auch in diesem Zeitraum bereits umgesetzt werden. Bei den langfristigen Maßnahmen erstreckt sich die Umsetzung über einen längeren Zeitraum. Sie müssen deshalb bis zur Erreichung des Ziels der Klimaneutralität kontinuierlich verfolgt und umgesetzt werden.

Im Folgenden wird ein Überblick über die erarbeiteten Maßnahmen gegeben, die dann in den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.2 in einzelnen Maßnahmensteckbriefen vorgestellt werden:

## **1. Kurzfristige Maßnahmen**

- 1.1 CO<sub>2</sub>-Obergrenze für Gebiete mit Anschluss an ein Wärmenetz
- 1.2 Verankerung von Vorgaben für erneuerbare Wärmeversorgung für Neubaugebiete in Bebauungsplänen
- 1.3 Aufbau Nahwärmenetz Huchenfeld mit kommunalen Liegenschaften als Ankergebäude
- 1.4 Versorgung der Schulgebäude in Büchenbronn mit erneuerbarer Wärme
- 1.5 Weitere Untersuchungen der Machbarkeit für das Nahwärmenetz Würm
- 1.6 Weitere Untersuchungen der Machbarkeit zur Nutzung der erneuerbaren Energien in Eutingen
- 1.7 Weitere Untersuchungen für den Aufbau eines Nahwärmenetzes in Dillweißenstein
- 1.8 Angebot an erneuerbarer Wärmeversorgung für das Gewerbegebiet PF8
- 1.9 Beratungsangebote für Sanierungen und Heizungstausch (bestehende Angebote bewerben und ggf. ausbauen) inkl. Umsetzung

## **2. Langfristige Maßnahmen**

- 2.1 Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen und Steigerung der Gebäudeeffizienz
- 2.2 Senkung der Treibhausgasemissionen bei fossil beheizten Gebäuden durch Anschluss an Wärmenetze oder die Nutzung von dezentralen erneuerbare Wärmeerzeugungsoptionen
- 2.3 Senkung der Treibhausgasemissionen von kommunalen Gebäuden durch energetische Sanierungen und den Einsatz von erneuerbaren Energien

## 4.2.1 Kurzfristige Maßnahmen

### Maßnahme 1.1:

#### Prüfung von CO<sub>2</sub>-Obergrenze für Gebiete mit Anschluss an ein Wärmenetz

##### Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:

- Um eine Senkung der wärmebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu fördern und die Anschlussquoten an potenzielle und bestehende Wärmenetze zu erhöhen, sollten für die betroffenen Gebiete CO<sub>2</sub>-Obergrenzen festgelegt werden. So wird sichergestellt, dass die Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen sich beim Austausch ihrer Heizanlage an den Klimaschutzziele orientieren
- Für die bestehenden Fernwärmenetze im Stadtgebiet Pforzheim existiert bereits ein Treibhausgasemissionsfaktor von 0,00 kg CO<sub>2</sub>Äq/kWh (Dies bedeutet nicht, dass keine Treibhausgasemissionen bei der Wärmeversorgung entstehen, sondern dass diese durch die gleichzeitige Stromproduktion kompensiert werden, siehe Abschnitt 1.6)
- Für neu gebaute Wärmenetze im Stadtgebiet Pforzheim ist das Ziel, denselben geringen Treibhausgasemissionsfaktor anzustreben
- Gebäudebesitzer in Gebieten mit einem Wärmenetz, bei denen eine Umrüstung der Heizungsanlage ansteht, könnten deswegen vor die Wahl gestellt werden, ob sie sich an das Wärmenetz anschließen oder eine Wärmeerzeugung installieren möchten, die denselben ökologischen Standards entspricht
- Eine CO<sub>2</sub>-Obergrenze könnte dazu beitragen, dass keine Wärmeerzeugungsanlagen installiert werden, die einen höheren Treibhausgasemissionsfaktor haben als die vor Ort angebotene Wärme über ein Wärmenetz
- Dies kann zu einer deutlichen Senkung der Treibhausgasemissionen in Gebieten, in denen ein Wärmenetz existiert, beitragen
- Die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Obergrenze sollte darum von der Stadtverwaltung in Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren geprüft werden

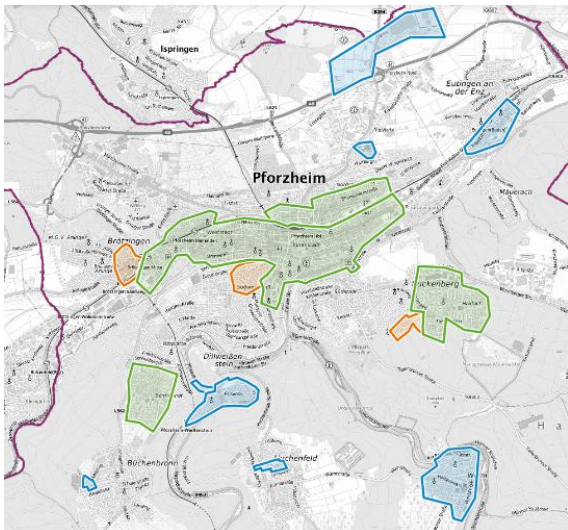


Abbildung 60: Verdichtungs- und Eignungsgebiete für Wärmenetze

##### Kennwerte:

- 7.897 nicht an ein Wärmenetz angeschlossene Gebäude in Verdichtungsgebieten, Ausbaugebieten oder Eignungsgebieten für Wärmenetze
- Gesamtwärmebedarf ca. 556 GWh/a
- Investitionskosten: zwischen 100 Mio. € und 400 Mio € für den Anschluss aller Gebiete
- Benötigte Leistung: 200 MW (alle Gebiete)
- Einsparpotenzial: ca. 308.000 t CO<sub>2</sub>Äq/a

##### Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Pforzheim, für die Aufbereitung und Einbringung der Entscheidung in den Gemeinderat
- Gemeinderat Pforzheim als beschlussfassendes Gremium

##### Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Stadtwerke Pforzheim (oder weitere, vergleichbare Betreiber von Wärmenetzen) für die Versorgung weiterer Kunden
- Gebäudeeigentümer, die entsprechend der Vorgaben agieren

##### Schritte zur Umsetzung:

- Politische Diskussion unter Einbeziehung aller relevanten Akteure
- Beschluss einer CO<sub>2</sub>-Obergrenze im Gemeinderat
- Kommunikation und Kontrolle der CO<sub>2</sub>-Obergrenze

**Maßnahme 1.2:**

**Verankerung von Vorgaben für erneuerbare Wärmeversorgung für Neubaubereiche in Bebauungsplänen**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- In Pforzheim sind für die kommenden Jahre zahlreiche Neubauaktivitäten geplant
- Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sind von der Abteilung Stadtentwicklung der Stadtverwaltung Pforzheim 31 Neubaubereiche genannt worden, deren Wärmebedarf bereits bei der Szenarioanalyse berücksichtigt wurde. Weitere Neubaugebiete sind angedacht.
- Aktuell gelten für diese Neubaugebiete die Vorgaben nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und des Erneuerbaren-Wärme-Gesetzes (EWärmeG), wonach mindestens 15 % der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien gedeckt werden oder Ersatzmaßnahmen ergriffen werden müssen
- Laut § 9 BauGB können Städte und Gemeinden über den Bebauungsplan bestimmen, das bei der „Errichtung von Gebäuden (...) bestimmte technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung und Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte (...) getroffen werden müssen.“ Dies kann sowohl eine Grunddienstbarkeit für den Anschluss an ein Wärmenetz als auch Vorgaben für bestimmte Nutzung von erneuerbaren Energien sein.
- Somit könnten über den Bebauungsplan höhere Standards für erneuerbare Energien bei Neubaugebieten festgelegt werden

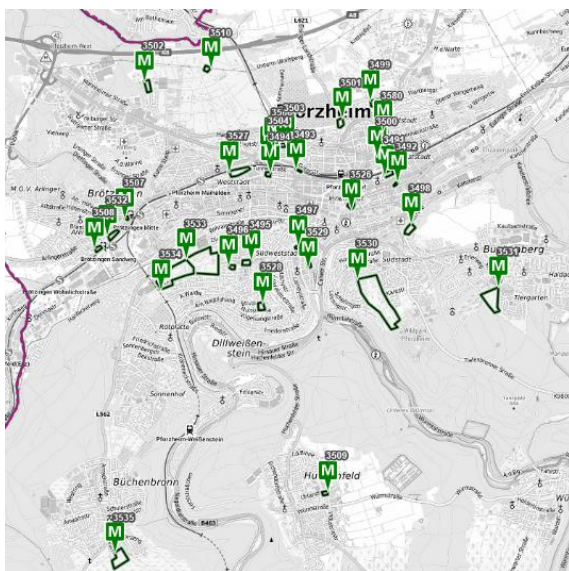


Abbildung 61: geplante Neubaubereiche im Stadtgebiet Pforzheim

**Kennwerte:**

- Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden min. 31 geplante Neubaubereiche erfasst, für die größtenteils schon Bebauungspläne existieren. Die Neubaubereiche weisen unterschiedliche Umsetzungsstände auf.

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtverwaltung Pforzheim, für die Aufbereitung und Einbringung der Entscheidung in den Gemeinderat
- Gemeinderat Pforzheim als beschlussfassendes Gremium

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Bauherren der Gebäude, die die entsprechenden Vorgaben umsetzen

**Schritte zur Umsetzung:**

- Einzelbetrachtung von Neubaugebieten vor Aufstellung des Bebauungsplans
- Festlegen von Bestimmungen in Abstimmung mit den relevanten Akteuren
- Beschluss im Gemeinderat
- Kommunikation und Kontrolle der Bestimmungen

**Maßnahme 1.3:**

**Aufbau Nahwärmenetz Huchenfeld mit kommunalen Liegenschaften als Ankergebäude**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- In Huchenfeld wird aktuell (März 2023) der Bau einer neuen Schwimmhalle geplant, zusätzlich dazu benötigt die Grundschule Huchenfeld eine neue Wärmeversorgung
- Für die neue Wärmeversorgung ist entweder eine Variante mit einer Kombination aus Luftwärmepumpe, Erdgas-BHKW und -Spitzelastkessel und Pelletkessel oder eine Variante mit der gleichen Kombination ohne den Pelletkessel geplant
- Hier ist eine gemeinsame Nahwärmeversorgung über eine Nahwärmeinsel geplant, bei der auch noch weitere Verbraucher angeschlossen werden können
- Für die Berechnungen in Anhang 1 und die Beschreibung der Maßnahme wurde ein mögliches Anschlussgebiet abgegrenzt
- Dieses muss bei der Detailplanung entsprechend des Vertriebs für das Fernwärmenetz und der Wirtschaftlichkeit angepasst werden

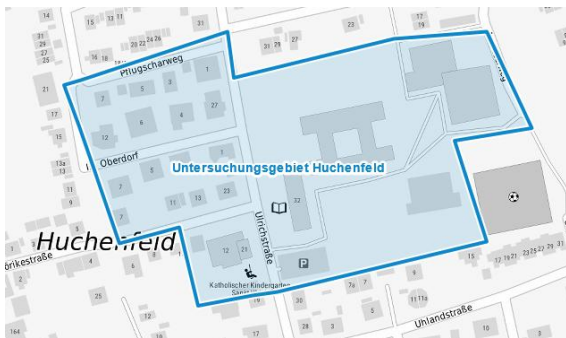


Abbildung 62: Untersuchungsgebiet Huchenfeld

**Kennwerte:**

- Benötigte Trassenlänge zum Anschluss der Gebäude: ca. 900 Trm
- Leistung: 1.310 kW:
- Das betrachtete Anschlussgebiet beinhaltet 24 Gebäude, davon 16 Wohngebäude
- Wärmebedarf ca. 1,6 GWh/a

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtverwaltung Pforzheim als Ankerkunde
- Gebäudeeigentümer

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Stadtwerke Pforzheim oder vergleichbare Wärmeversorger / Anbieter von Contracting
- Heizungsbauer
- Gebäudebesitzer

**Schritte zur Umsetzung:**

- Variantenvergleich für Stadtverwaltung für verschiedene Erzeugungen (bereits erfolgt)
- Vertrieb des Wärmenetzbetreibers für weitere Abnehmer
- Detailplanung des Nahwärmenetzes
- Bau des Nahwärmenetzes und der Erzeugungsanlagen

**Maßnahme 1.4:  
Neue Wärmeversorgung Schulcampus Büchenbronn**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- In Büchenbronn benötigt die Waldschule eine neue Wärmeversorgung
- In diesem Zuge wird geprüft, ob das benachbarte Schillergymnasium und die Bergdorfhalle mit versorgt werden können. Die Heizzentrale würde sich dann in der Waldschule befinden
- Ggf. können auch noch umliegende Wohngebäude mit an die Wärmeversorgung angeschlossen werden. In Abbildung 63 ist ein mögliches Versorgungsgebiet zu sehen, das im Nachgang der kommunalen Wärmeplanung konkretisiert werden muss.
- Die möglichen Varianten einer Wärmeversorgung und deren Vergleich sind in Anhang 1 zu finden

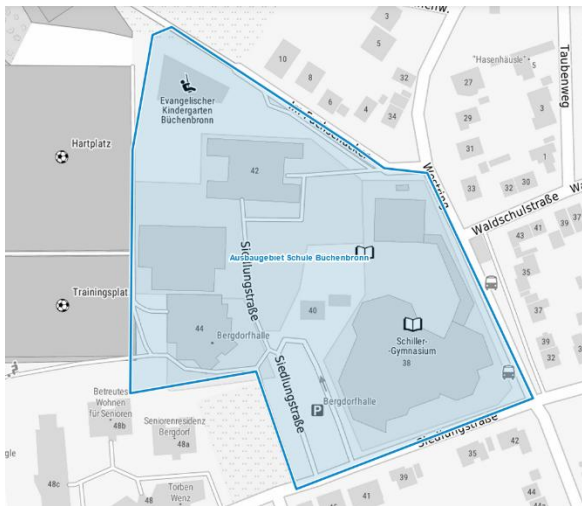


Abbildung 63: Untersuchungsgebiet Büchenbronn

**Kennwerte:**

- Benötigte Trassenlänge zum Anschluss der Gebäude: ca. 250 Trm
- Leistung: ca. 2 MW
- Das betrachtete Anschlussgebiet beinhaltet 7 Gebäude
- Wärmebedarf ca. 2 GWh/a
- Weitere Informationen siehe Anhang 1

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtverwaltung Pforzheim als Ankerkunde
- Wärmeversorger

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Wärmeversorger
- Heizungsbauer
- Schulverwaltungen

**Schritte zur Umsetzung:**

- Variantenvergleich für Stadtverwaltung für verschiedene Erzeugungen detaillieren
- Vertrieb des Wärmenetzbetreibers für weitere Abnehmer
- Detailplanung des Nahwärmenetzes
- Bau des Nahwärmenetzes und der Erzeugungsanlagen

**Maßnahme 1.5:**

**Weitere Untersuchungen der Machbarkeit für das Nahwärmenetz Würm**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- In Würm gibt es durch die mögliche Nachnutzung des Flussspatbergwerkes, Flächen für Solarthermie und eine hohe Wärmedichte gute Gegebenheiten für ein potenzielles Wärmenetz
- Hier werden weitere Untersuchungen der Machbarkeit, z.B. in Form einer Machbarkeitsstudie, empfohlen

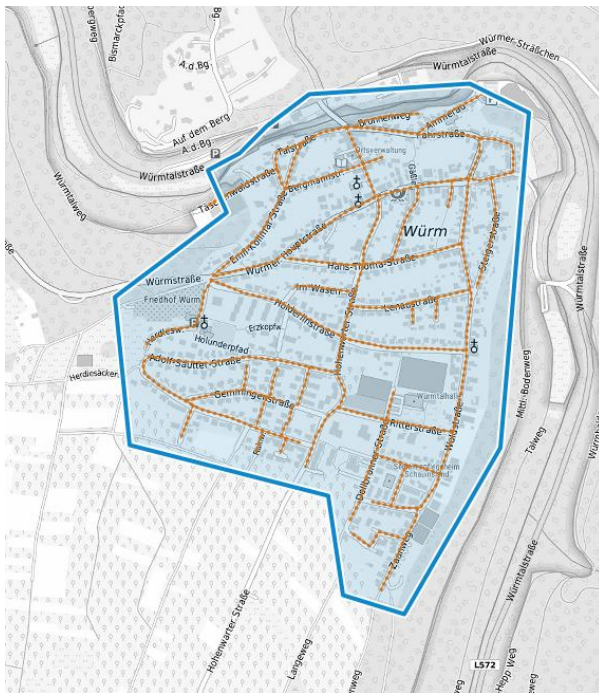


Abbildung 64: Gebiet Würm mit möglicher Trassenführung

**Kennwerte:**

- 741 Gebäude im Gebiet Würm
- Gesamtwärmebedarf 23 GWh/a
- Benötigte Leistung: ca. 13 MW
- Investitionskosten: ca. 10 Mio € für das Wärmenetz, Investitionskosten Erzeugung siehe Abschnitt 3.2.6.1
- Einsparpotenzial: ca. 6.700 t CO<sub>2</sub>Äq/a

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtwerke Pforzheim oder vergleichbarer Betreiber des potenziellen Wärmenetzes

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Gebäudeeigentümer
- Stadtverwaltung Pforzheim

**Schritte zur Umsetzung:**

- Weitere Untersuchungen zur Machbarkeit (z.B. in Form einer Machbarkeitsstudie)
- Planung Standort Heizzentrale, Trassenführung des Netzes und Erzeugung gemeinsam mit Bauherren
- Bau des Wärmenetzes

**Maßnahme 1.6:**

**Weitere Untersuchungen der Machbarkeit zur Nutzung von erneuerbaren Energien in Eutingen**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- In Eutingen gibt es mehrere Quellen für erneuerbare Wärmeversorgung
- Zum einen kann Wärme aus dem Ablauf der Kläranlage gewonnen werden, zum anderen gibt es geeignete Freiflächen für Geothermie oder Solaranlagen. Weiterhin kann Wärme aus dem Fluss Enz gewonnen werden.
- Die Wärmequellen sollten weiter untersucht werden und dann entschieden werden, ob sie ggf. in das bestehende Wärmenetz integriert werden oder ein neues Wärmenetz in Eutingen aufgebaut werden sollte
- Der unten beschriebene Ausschnitt wäre ein mögliches Versorgungsgebiet für ein Wärmenetz in Eutingen

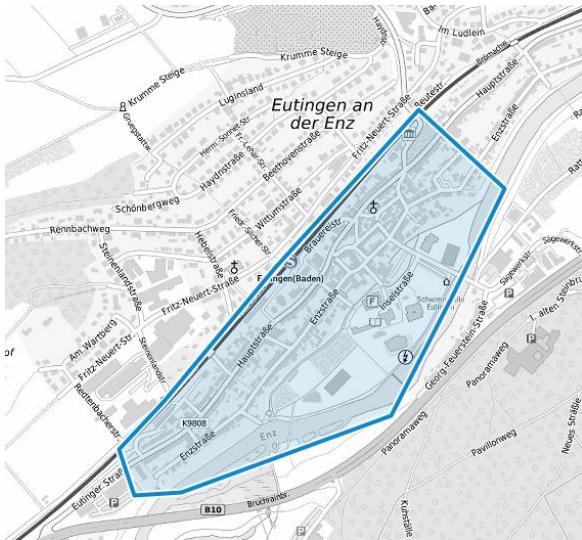


Abbildung 65: Untersuchungsgebiet Eutingen

**Kennwerte:**

- Ca. 400 Gebäude im potenziellen Versorgungsgebiet
- Gesamtwärmebedarf ca. 18 GWh/a
- Benötigte Leistung: ca. 12 MW
- Investitionskosten: ca. 9 Mio € für das Wärmenetz, Investitionskosten Erzeugung siehe Abschnitt 3.2.6.3
- Einsparpotenzial: ca. 4.100 t CO<sub>2</sub>Äq/a

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtwerke Pforzheim oder vergleichbarer Betreiber des potenziellen Wärmenetzes

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Gebäudeeigentümer
- Stadtverwaltung Pforzheim

**Schritte zur Umsetzung:**

- Weitere Untersuchungen der erneuerbaren Wärmequellen, z.B. in Form einer Machbarkeitsstudie
- Erschließung von Wärmesenken durch ein neues oder Integration in ein bestehendes Wärmenetz
- Planung Anlagenstandort, Trassenführung des Netzes und Erzeugung
- Bau des Wärmenetzes

**Maßnahme 1.7:**

**Weitere Untersuchungen für den Aufbau eines Nahwärmenetzes in Dillweißenstein**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- In Dillweißenstein benötigt das dort ansässige Nagoldfreibad und die Grundschule eine neue Wärmeversorgung, die über ein Wärmenetz mit einer gemeinsamen Wärmeerzeugung versorgt werden sollten. Die möglichen Wärmeerzeugungsoptionen dafür werden in Abschnitt 3.2.6.2 aufgezeigt
- In diesem Zuge wird empfohlen zu prüfen, ob es weitere interessierte potenzielle Anschlussnehmer gibt, die wirtschaftlich an ein Wärmenetz angeschlossen werden könnten
- Das unten vorgestellte Ausbaubereich ist ein mögliches Versorgungsgebiet das nach Auswahl der Anschlussnehmer entsprechend angepasst werden muss



Abbildung 66: Untersuchungsgebiet Dillweißenstein

**Kennwerte:**

- Ca. 420 Gebäude im potenziellen Versorgungsgebiet
- Gesamtwärmebedarf ca. 13 GWh/a
- Benötigte Leistung: ca. 7 MW
- Investitionskosten: ca. 6 Mio € für das Wärmenetz, Investitionskosten Erzeugung siehe Abschnitt 3.2.6.2
- Einsparpotenzial: ca. 3.400 t CO<sub>2</sub>Äq/a

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtwerke Pforzheim oder vergleichbarer Betreiber des potenziellen Wärmenetzes

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Gebäudeeigentümer
- Stadtverwaltung Pforzheim

**Schritte zur Umsetzung:**

- Weitere Untersuchungen zum Aufbau eines Wärmenetzes z.B. in Form einer Machbarkeitsstudie
- Planung Anlagenstandorte, Trassenführung des Netzes und Erzeugung
- Bau des Wärmenetzes

**Maßnahme 1.8:**

**Angebot an erneuerbarer Wärmeversorgung für das Gewerbegebiet PF8**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- Im Norden von Pforzheim entsteht ein neues Gewerbegebiet, in dem die dort ansässigen Unternehmen mit erneuerbarer Wärme versorgt werden sollen
- Das westliche Teilgebiet befindet sich derzeit (Mai 2023) im Bebauungsplanverfahren. In diesem Zusammenhang soll geprüft werden, ob eine erneuerbare Wärmeversorgung möglich ist, am besten durch eine zentrale Wärmeversorgung über ein Wärmenetz
- Aus diesem Grund wurden die Optionen für die Wärmeversorgung für das Gewerbegebiet PF8 in einem Parallelprojekt zur kommunalen Wärmeplanung untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Abschnitt 3.2.6.4 dargestellt
- Das hier vorgestellte Gebiet ist ein mögliches Versorgungsgebiet, das bei der Detailplanung des Wärmenetzes entsprechend der interessierten Anschlussnehmer angepasst werden kann.

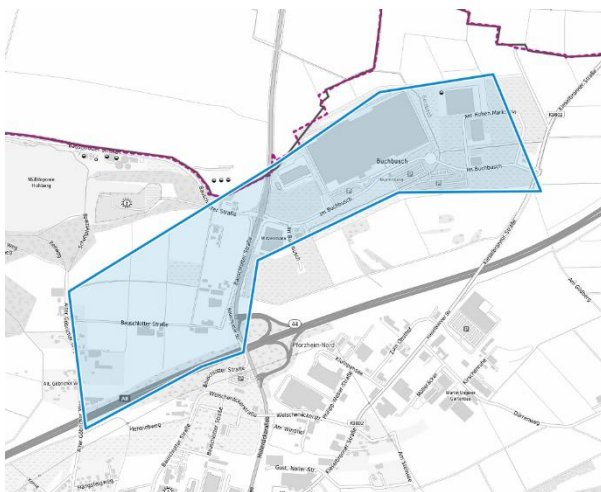


Abbildung 67: Gewerbegebiet PF8

**Kennwerte:**

- Ca. 50 Gebäude im potenziellen Versorgungsgebiet
- Gesamtwärmebedarf ca. 27 GWh/a
- Benötigte Leistung: ca. 10 MW
- Einsparpotenzial: ca. 250 t CO<sub>2</sub>Äq/a (plus ggf. Einsparpotenzial bei neu gebauten Gebäuden auf dem Gelände im Vergleich zu fossiler Wärmeversorgung)

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtwerke Pforzheim oder vergleichbarer Betreiber des potenziellen Wärmenetzes

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Gebäudeeigentümer
- Vor Ort ansässige Unternehmen
- Stadtverwaltung Pforzheim

**Schritte zur Umsetzung:**

- Weitere Untersuchungen zum Aufbau eines Wärmenetzes und einer erneuerbaren Wärmeerzeugung, Gespräche mit relevanten Akteuren
- Planung Anlagenstandorte, Trassenführung des Netzes und Erzeugung
- Bau des Wärmenetzes

**Maßnahme 1.9:**

**Beratungsangebote für Sanierungen und Heizungstausch (bestehende Angebote bewerben und ggf. ausbauen), inkl. Controlling der Umsetzung**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- Über die Klimaschutz- und Energieagentur Enzkreis/Pforzheim (keep gGmbH) können bereits Beratungsangebote zum Energiesparen, Heizungstausch und energetische Sanierungen wahrgenommen werden
- Die bestehenden Angebote sollten weiterhin beworben und ggf. ausgebaut oder angepasst werden
- Im besten Fall sollte ein Monitoring vorgenommen werden, über welche Werbemaßnahmen die Bürgerinnen und Bürger am besten erreicht werden konnten und welche Beratungen zu einer Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen geführt haben



Abbildung 68: Standort der keep in der Zerrennerstr. 28 in Pforzheim

**Kennwerte:**

- Die Energieberatungen der keep sind kostenlos und finden in verschiedenen Stadtteil-Rathäusern in Pforzheim statt, sowie in der Zentrale der keep und in Gemeinden im Enzkreis
- Weitere Informationen sind zu finden unter [www.keep-energieagentur.de](http://www.keep-energieagentur.de)

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Keep
- Stadtverwaltung Pforzheim

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Gebäudeeigentümer
- Einwohnerinnen und Einwohner von Pforzheim

**Schritte zur Umsetzung:**

- Bewerbung des Beratungsangebotes
- Controlling der Wirkung der Werbemaßnahmen und der Umsetzung der Beratungen
- Ggf. Ausweitung oder Anpassung des Beratungsangebotes

## 4.2.2 Langfristige Maßnahmen

### Maßnahme 2.1:

#### Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen und Steigerung der Gebäudeeffizienz

##### Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:

- Die Umsetzung von energetischen Gebäudesanierungen ist der größte Hebel, um Wärme im Stadtgebiet Pforzheim einzusparen
- Durchschnittlich können im Stadtgebiet Pforzheim bei einer umfassenden Sanierung etwa 48 % des Wärmebedarfs eingespart werden
- Es wurden in der Stadt Pforzheim Gebäudebesitzern bereits verschiedene Anreize zur energetischen Sanierung gesetzt: Es gibt kostenlose Beratungsangebote von der keep (siehe Maßnahme 1.10), sowie Förderungen und Abschreibungsmöglichkeiten, bei denen in Sanierungsgebieten (in Pforzheim: Nordstadt und Innenstadt) noch einmal bessere Konditionen geboten werden
- Nichtsdestotrotz liegt die Sanierungsrate in Pforzheim bei aktuell 0,9 % und muss deutlich steigen, wenn der Wärmebedarf durch energetische Sanierungen signifikant gesenkt werden soll. Es muss deshalb ein deutlicher Anstieg der Gebäudesanierungen angestrebt werden.
- Weiterhin sollte bei Gebäuden die Effizienz bei der Nutzung geprüft werden. An einigen Stellen können ggf. Wohnflächen verringert oder Büroflächen in Schichten genutzt werden.

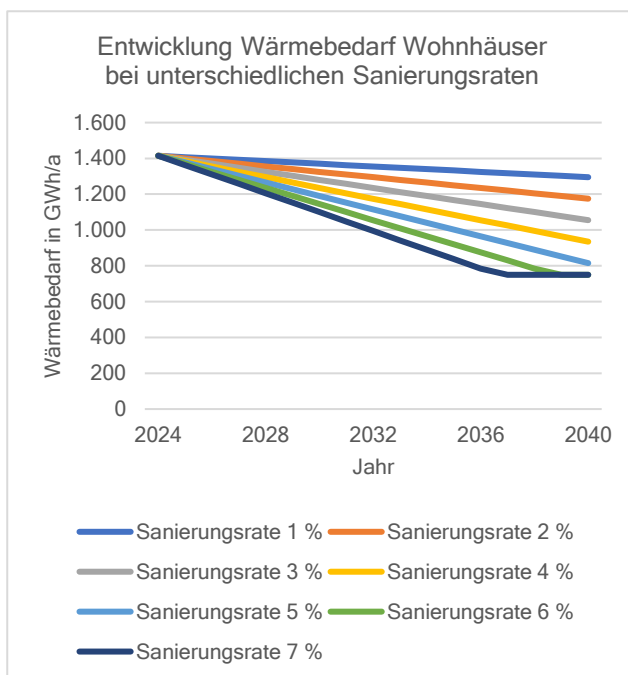


Abbildung 69: Entwicklung Wärmebedarf Wohnhäuser bei unterschiedlichen Sanierungsraten

##### Kennwerte:

- Durch energetische Gebäudesanierungen von Wohnhäusern im Stadtgebiet Pforzheim können bis zu 665 GWh Wärme und ca. 123.000 t CO<sub>2</sub>Äq im Jahr eingespart werden

##### Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Gebäudeeigentümer

##### Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Keep für die Durchführung von Beratungsangeboten
- Stadt-, Landes- und Bundespolitik zur Implementierung von Anreizen zur Gebäudesanierung
- Handwerksbetriebe

##### Schritte zur Umsetzung:

- Setzen von Anreizen für Gebäudeeigentümer
- Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen

**Maßnahme 2.2:**

**Senkung der Treibhausgasemissionen bei fossil beheizten Gebäuden durch Anschluss an Wärmenetze oder die Nutzung von dezentralen erneuerbare Wärmeerzeugungsoptionen**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- Die größte Menge an Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme in Pforzheim entfällt auf die erdgas- und heizölbasierten Wärmeerzeugungsanlagen
- Um diese Treibhausgasemissionen zu reduzieren, wird aus ökologischer Sicht empfohlen, bei der Umrüstung der Heizungsanlage entweder (wenn möglich) das Gebäude an ein bestehendes Wärmenetz anzuschließen oder eine Wärmeerzeugungsoption der erneuerbaren Wärme-erzeugung zu wählen (Vergleich für ein Beispielhaus, siehe Abschnitt 3.2.7.2)
- Dies kann nicht von einzelnen Akteuren alleine umgesetzt werden. Hier gilt es, dass Stadtverwaltung (zum Beispiel durch CO<sub>2</sub>-Obergrenzen, siehe Punkt 1.1, und Kommunikation), Betreiber der Wärmenetze, Heizungsbauer (durch gezielte Kommunikation mit Gebäudebesitzern) und Gebäudeeigentümer (durch entsprechende Investitionsentscheidungen) eng zusammenarbeiten, um eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu erreichen

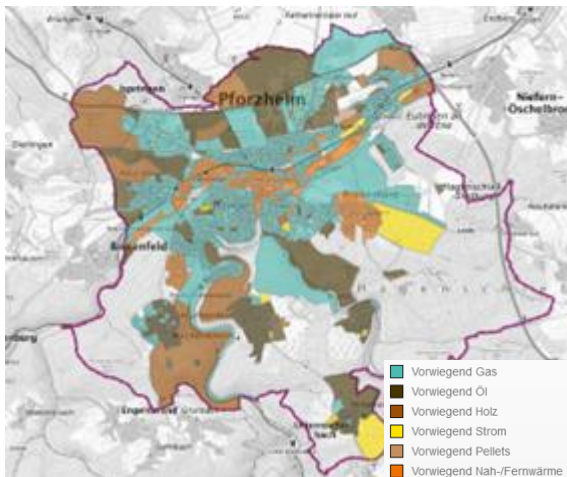


Abbildung 70: Energieträger im Stadtgebiet Pforzheim

**Kennwerte:**

- 59 % der Gebäude im Stadtgebiet Pforzheim werden erdgas- oder heizölbasiert beheizt
- Mit fossilen Brennstoffen wird aktuell im Stadtgebiet Pforzheim ca. 75 % des Wärmebedarfs gedeckt
- 87 % der Treibhausgasemissionen in Pforzheim im Bereich Wärme entfallen auf erdgas- und heizölbasierte Wärme-erzeugungsanlagen

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Gebäudebesitzer
- Stadtverwaltung Pforzheim für Rahmenbedingungen
- Ggf. Betreiber der Wärmenetze und Heizungsbauer bei der Kommunikation

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Gebäudeeigentümer
- Heizungsbauer
- Stadtwerke Pforzheim oder vergleichbare Betreiber von Wärmenetzen

**Schritte zur Umsetzung:**

- Abstimmung zwischen Stadtverwaltung, Wärmenetzbetreibern und Heizungsbauern zur Kommunikation und Setzung von Anreizen, damit Investitionsentscheidungen in Richtung erneuerbare Wärme-erzeugung getroffen werden
- Gemeinsame Kampagne zur Umrüstung von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien, flankiert von Vorgaben und Anreizen der Stadtverwaltung (siehe Maßnahmen 1.1 und 1.2)
- Kommunikation der Anreize und Notwendigkeiten einer Umrüstung auf erneuerbare Energien

**Maßnahme 2.3:**

**Senkung der Treibhausgasemissionen bei kommunalen Gebäuden durch energetische Sanierungen und den Einsatz erneuerbarer Energien**

**Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:**

- Bei der Senkung von Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor nimmt die Stadtverwaltung eine Vorreiterrolle ein. Hier können öffentlichkeitswirksam die Effekte von energetischen Sanierungen und erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen gezeigt werden.
- Aus diesem Grund sollte die energetische Sanierung und Umrüstung auf erneuerbare Wärmeerzeugung bei kommunalen Gebäuden einen ganz besonders hohen Stellenwert bekommen und hier gezielt vorangetrieben werden.
- Da viele kommunale Gebäude unter Denkmalschutz stehen, müssen hier die baulichen Vorgaben besonders berücksichtigt werden



*Abbildung 71: Das Hila-Gymnasium in Pforzheim*

**Kennwerte:**

- Auf kommunale und öffentliche genutzte Gebäude entfallen 4 % des Wärmebedarfs und 3 % der Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme im Stadtgebiet Pforzheim

**Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:**

- Stadtverwaltung

**Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:**

- Handwerksbetriebe
- Energieberater

**Schritte zur Umsetzung:**

- Erstellung einer Strategie zur energetischen Sanierung von kommunalen Liegenschaften
- Durchführung der energetischen Gebäudesanierung bei kommunalen Liegenschaften

## 5. Fazit

In der Bestandsanalyse wurde gezeigt, dass im Jahr 2022 80 % des Wärmebedarfs im Stadtgebiet Pforzheim mit fossilen Brennstoffen (Erdgas und Heizöl) gedeckt wurden. Um das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 zu erreichen, muss es darum eine grundlegende Transformation im Bereich Wärme geben.

Die Potenzialanalyse zeigt, dass es im Stadtgebiet Pforzheim zahlreiche Potenziale für erneuerbare Wärmeerzeugung gibt. Dazu gehört sowohl ein hohes Solarpotenzial als auch das Potenzial durch Geothermie oder Wärmegewinnung aus dem Ablauf der Kläranlage.

In der anschließenden Szenarioanalyse (Kapitel 3) wurde gezeigt, dass die Umrüstung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung technisch möglich ist. Um dies zu erreichen, stehen bereits zum aktuellen Zeitpunkt mehrere Wärmeerzeugungstechnologien zur Verfügung, weitere befinden sich aktuell in der Entwicklung.

Die aus der Szenarioanalyse abgeleitete Wärmewendestrategie besteht aus zwei Säulen: Zum einen die Reduzierung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen, zum anderen die erneuerbare Erzeugung von Wärme über klimaneutrale Wärmenetze oder erneuerbare dezentrale Erzeugungsoptionen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Ziel der Klimaneutralität technisch möglich ist, jedoch nur erreicht werden kann, wenn bei jeder Investitionsentscheidung konsequent auf erneuerbare Energien gesetzt wird. Denn jede Neuinstallation einer Wärmeerzeugungsanlage mit fossilen Brennstoffen gefährdet das Ziel der Klimaneutralität.

Die Erreichung der Klimaneutralität im Bereich Wärme verlangt deshalb ein Umdenken bei der, bislang zum Großteil fossil basierten, Wärmeversorgung und ist darum eine vielschichtige und komplexe Aufgabe. Hier müssen die Vorgaben der Bundesregierung und der Stadtverwaltung Pforzheim eng abgestimmt sein mit den Angeboten von Stadtwerken und Heizungsbauern.

**Aus diesem Grund sollten alle relevanten Akteure im Stadtgebiet eng zusammenarbeiten, um die Transformation zur klimaneutralen Wärmeversorgung im Stadtgebiet Pforzheim zu bewältigen.**

## Literaturverzeichnis

- Agentur für erneuerbare Energien e.V. (02. 11 2022). *Klimaschutz mit erneuerbarer Wärme*. Von Wärmewende: <https://www.waermewende.de/waermewende/eigentuemierinnen-mieterinnen/klimaschutz/> abgerufen
- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH. (2023). *Baupreisindex*. Von bki.de: <https://bki.de/baupreisindex.html> abgerufen
- Buderus. (2023). *Bis zu welcher Vorlauftemperatur ist die Installation einer Wärmepumpe sinnvoll?* Von buderus.de: <https://www.buderus.de/de/waermepumpe/vorlauftemperatur> abgerufen
- Buderus. (2023). *Welche Lautstärke erzeugt der Betrieb einer Wärmepumpe?* Von buderus.de: <https://www.buderus.de/de/waermepumpe/lautstaerke> abgerufen
- Bundesjustizministerium. (2023). *gesetze-im-internet.de*. Von Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden\* (Gebäudeenergiegesetz - GEG): [https://www.gesetze-im-internet.de/geg/\\_72.html](https://www.gesetze-im-internet.de/geg/_72.html) abgerufen
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (14. 07 2022). *65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024*. Von bmwk.de: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6) abgerufen
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (19. 01 2022). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html> abgerufen
- Bundesministerium für Justiz. (2023). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden\* (Gebäudeenergiegesetz - GEG)*. Von gesetz-im-internet.de: [https://www.gesetze-im-internet.de/geg/anlage\\_9.html](https://www.gesetze-im-internet.de/geg/anlage_9.html) abgerufen
- Bundesregierung. (17. 07 2024). *Ein Plan fürs Klima*. Abgerufen am 28. 08 2025 von [bundesregierung.de](https://www.bundesregierung.de): <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/klimaschutzgesetz-2197410>
- Bundesverband Geothermie. (2023). *Aquifer*. Von geothermie.de: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/aquifer.html> abgerufen
- DAA GmbH. (2023). *Ist eine Hochtemperatur-Wärmepumpe für Altbauten sinnvoll?* Von Heizungsfinder.de: <https://www.heizungsfinder.de/waermepumpe/hochtemperatur> abgerufen
- Daten: Bundesverband Geothermie, Veröffentl.: Frankfurter Allgemeine Zeitung. (2022). *Der heiße Schatz aus der Tiefe*. Von faz.de: [https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/energie/tiefengeothermie-welches-potential-hat-sie-in-deutschland-18275126/1412733-18275118.html#fotobox\\_1\\_8275126](https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/energie/tiefengeothermie-welches-potential-hat-sie-in-deutschland-18275126/1412733-18275118.html#fotobox_1_8275126) abgerufen

- EURONICS Deutschland eG. (04. 08 2022). *Die 3 Wärmepumpen-Arten und die richtige für dein Haus*. Von trendblog.euronics.de: <https://trendblog.euronics.de/smart-home/die-3-waermepumpen-arten-und-die-richtige-fuer-dein-haus-113478/> abgerufen
- Europäische Kommission. (01. 03 2022). *European Commission*. Von PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/) abgerufen
- Eurostat. (2018). *Treibhausgase Deutschland: die größten CO2-Verursacher*. Von tech-for-future.de: <https://www.tech-for-future.de/co2-verursacher/> abgerufen
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (04. 11 2022). *Faustzahlen*. Von FNR: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/> abgerufen
- Fraunhofer ISE. (2020). *Auch in Bestandsgebäuden funktionieren Wärmepumpen zuverlässig und sind klimafreundlich - Feldtest des Fraunhofer ISE abgeschlossen*. Von fraunhofer.ise.de: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/waermepumpen-funktionieren-auch-in-bestandsgebaeuden-zuverlaessig.html> abgerufen
- Fraunhofer ISI et al. (10. 03 2022). *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland*. Abgerufen am 09. 02 2025 von [langfristszenarien.de: https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3\\_T45\\_Bericht\\_Gebaeude\\_LFS3\\_T45\\_v02a-komm\\_bmwk-v01\\_jpk\\_pm20221108.pdf](https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Bericht_Gebaeude_LFS3_T45_v02a-komm_bmwk-v01_jpk_pm20221108.pdf)
- Greenhouse Media GmbH. (2023). *Ertrag von Solarthermieanlagen*. Von energie-experten.org: <https://www.energie-experten.org/heizung/solarthermie/wirtschaftlichkeit/ertrag> abgerufen
- Institut für Wohnen und Umwelt. (03. 11 2022). *TABULA WebTool*. Von webtool.building-typology.eu: <https://webtool.building-typology.eu/#bm> abgerufen
- KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH. (04. 11 2022). *Neuer Technikkatalog hilft bei der kommunalen Wärmeplanung*. Von KEA-BW Die Landesenergieagentur: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermepaltung/technikkatalog> abgerufen
- Kesselheld GmbH. (2023). *Tiefenbohrung: Bohrtiefe, Genehmigung und Kosten*. Von Kesselheld.de: <https://www.kesselheld.de/tiefenbohrung/> abgerufen
- Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW). (2024). *Bundesrecht: Wärmeplanungsgesetz mit Leitfaden und Technikkatalog*. Abgerufen am 09. 02 2025 von [kww-halle.de: https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermepaltung](https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermepaltung)
- Landeshauptstadt Mainz. (28. 08 2025). *Mainz wird klimaneutral*. Von mainz.de: <https://www.mainz.de/microsite/klimaneutral/klimaschutz/ziele.php> abgerufen
- Marktstammdatenregister. (2023). *marktstammdatenregister.de*. Von Marktstammdatenregister: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR> abgerufen

- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz. (28. 08 2025). *Klimaneutrales Rheinland-Pfalz*. Von klimaneutrales.rlp.de: <https://klimaneutrales.rlp.de/klimaneutrales-rheinland-pfalz> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. (10 2015). *Power aus der Biotonne*. Von Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Umwelt/Nachhaltigkeit/Themenheft\\_Bioabfall.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Nachhaltigkeit/Themenheft_Bioabfall.pdf) abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (09 2019). *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen*. Von um.baden-wuerttemberg.de: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden\\_Freiflaechensolaranlagen.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden_Freiflaechensolaranlagen.pdf) abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (12 2020). *Handlungsleitfaden: Kommunale Wärmeplanung*. Von Landesportal: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/handlungsleitfaden-kommunale-waermeplanung/> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (21. 09 2022). *Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg*. Von Landesportal Baden-Württemberg: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-baden-wuerttemberg/klimaschutzgesetz/> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (21. 09 2022). *Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg*. Von Landesportal: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-baden-wuerttemberg/klimaschutzgesetz/> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Landwirtschaft Baden-Württemberg. (2021). *Abfallbilanz 2020*. Von Ministerium für Umwelt, Klima und Landwirtschaft Baden-Württemberg: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallbilanz-2020-barrierefrei.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallbilanz-2020-barrierefrei.pdf) abgerufen
- nPro Energy GmbH. (2023). *Heizlast und Wärmebedarf von Gebäuden*. Von npro.energy: <https://www.npro.energy/main/de/load-profiles/heat-load-and-demand> abgerufen
- Regionalverband Nordschwarzwald. (2023). *Regionalplan Nordschwarzwald*. Von Region Nordschwarzwald - Regionalverband: [http://www.nordschwarzwald-region.de/fileadmin/filemounts/redaktion/Bilder/2\\_Regionalplan/rnk\\_layout\\_A1-16102017.pdf](http://www.nordschwarzwald-region.de/fileadmin/filemounts/redaktion/Bilder/2_Regionalplan/rnk_layout_A1-16102017.pdf) abgerufen
- Stadt Pforzheim. (2009). *pforzheim.de*. Von Der Bergbau im Würmtal: <https://www.pforzheim.de/stadt/ortsteile/wuerm/ortsgeschichte-und-literatur/bergbau-im-wuertal.html> abgerufen
- Stadt Pforzheim. (2021). *pforzheim.de*. Von Statistische Daten auf einem Blick: <https://www.pforzheim.de/buerger/buergerservice/kommunale-statistikstelle/statistische-daten-auf-einen-blick.html> abgerufen

- Stadt Pforzheim. (2023). *Statistische Daten Ortsteil Würm*. Von pforzheim.de:  
<https://www.pforzheim.de/stadt/ortsteile/wuerm/statistik-wuerm.html> abgerufen
- Stadtverwaltung Giengen. (31. 12 2021). *Zahlen, Daten, Fakten*. Von Stadt Giengen an der Brenz: <https://www.giengen.de/de/Stadt+B%C3%BCrger/Unsere-Stadt/Stadtportrait/Zahlen,-Daten,-Fakten> abgerufen
- Stadtwerke Pforzheim. (2023). *SWP Fernwärme*. Von stadtwerke-pforzheim.de:  
<https://www.stadtwerke-pforzheim.de/gas-waerme/fernwaerme/> abgerufen
- Statista GmbH. (2013). *Struktur des jährlichen Erdgasverbrauchs in deutschen Haushalten\* nach Monaten*. Von Statista.com:  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/160067/umfrage/verbrauch-von-heizenergie-nach-monaten/> abgerufen
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2023). *Aufkommen an Abfällen aus der Biotonne 2021*. Von statistik-bw.de: <https://www.statistik-bw.de/Intermaktiv/?re=kreis&i=18401> abgerufen
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2023). *Aufkommen an Abfällen aus der Biotonne 2021*. Von statistik-bw.de: <https://www.statistik-bw.de/Intermaktiv/?re=kreis&i=18401> abgerufen
- Umweltbundesamt. (2018). *Wie ist der Stand der energetischen Gebäudesanierung in Deutschland?* Von Umweltbundesamt:  
<https://www.umweltbundesamt.de/umweltatlas/bauen-wohnen/verursacher/energetischer-gebaeudezustand/wie-ist-der-stand-der-energetischen> abgerufen
- Viessmann. (2023). *Austauschpflicht für Ölheizungen*. Von viessmann.de:  
<https://www.viessmann.de/de/wissen/gesetze-und-verordnungen/austauschpflicht-oelheizung.html> abgerufen

## Anhang 1: Betrachtungen für die Stadtverwaltung Pforzheim

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanungen wurden auch mehrere Gebiete mit kommunalen Gebäuden explizit im Auftrag der Stadtverwaltung betrachtet. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden hier in Kurzform dargestellt.

### Wärmeversorgung Schulgelände Büchenbronn

#### Lage und energetische Ausgangssituation

Im Pforzheimer Stadtteil Büchenbronn existiert ein Gebiet im Osten des Stadtteils, auf dem eine Grundschule (Waldschule), ein Gymnasium (Schiller-Gymnasium), eine Turnhalle und ein Kindergarten ansässig ist. Beide Schulen werden aktuell mit Erdgaskesseln mit Wärme versorgt, die beide umgerüstet werden sollen. Hier besteht die Idee, beide Schulen über eine Heizzentrale in der Waldschule gemeinsam zu versorgen.

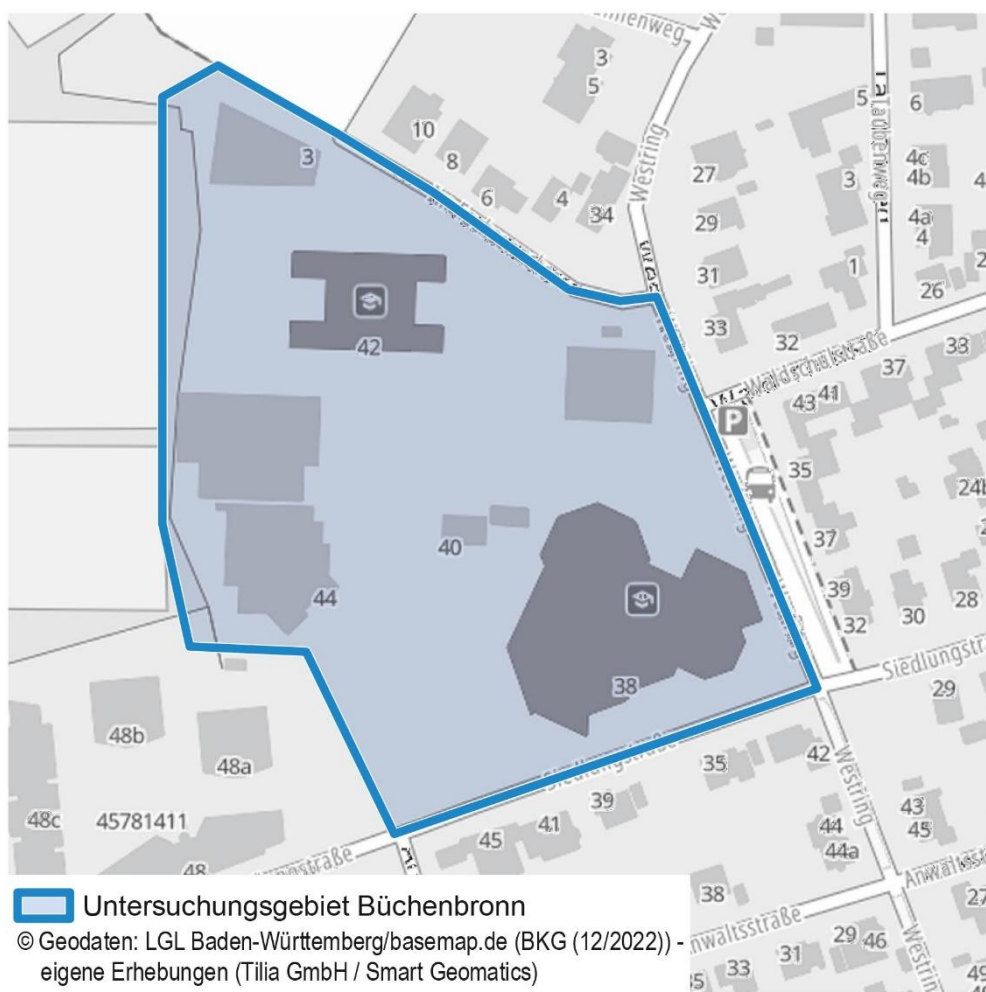


Abbildung 72: Untersuchungsgebiet Schule Büchenbronn

### Optionen für Wärmeerzeugung

Da die Heizkörper in beiden Schulen nicht ausgetauscht werden sollen, wird für den Schulcampus eine Wärmeversorgung benötigt, die entsprechend hohe Vorlauftemperaturen erzeugen kann. Hier bietet sich entweder ein Biomethan-Kessel, eine Hochtemperaturluftwärmepumpe oder ein Holzhackschnitzelkessel an. Damit die beiden Schulgebäude, die Turnhalle und der Kindergarten eine gemeinsame Wärmeerzeugung nutzen können, ist ein Wärmenetz mit einer Trassenlänge von ca. 250 Meter notwendig.

Um die Kosten der Technologien zu vergleichen, wurden dieselben Annahmen wie bei der Betrachtung der Eignungsgebiete getroffen (siehe Abschnitt 3.2.3). Werden diese Annahmen zu Grund gelegt, so ergibt sich bei der Betrachtung der Vollkosten über 20 Jahre das in Abbildung 73 dargestellte Ergebnis. Unter den getroffenen Annahmen ist ein Holzhackschnitzel-Kessel die preiswerteste Technologie. Dies sollte jedoch nochmal anhand der lokalen Gegebenheiten (Platz für Lagerung, Anlieferung, Kapazitäten für Betreuung der Anlage, etc.) und mit aktualisierten Preisen und weiteren Kostenfaktoren geprüft werden.

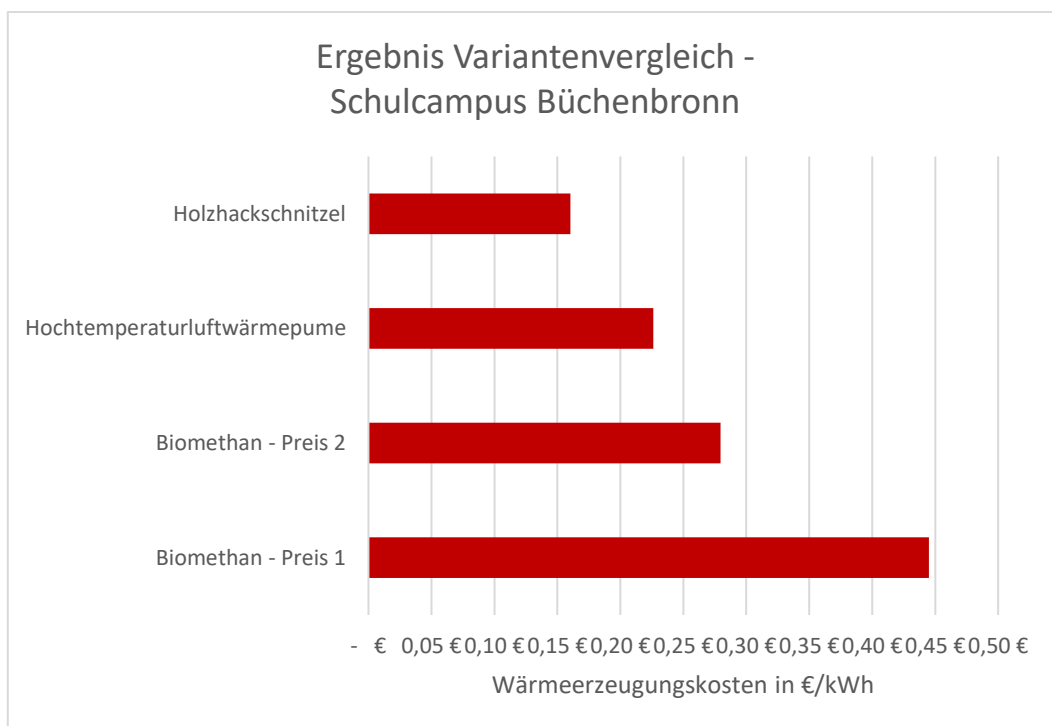


Abbildung 73: Ergebnis Variantenvergleich - Schulcampus Büchenbronn

## Wärmeversorgung Schule und Hallenbad Huchenfeld

### Lage und energetische Ausgangssituation

In Huchenfeld, im Süden des Pforzheimer Stadtgebiets, ist der Neubau eines Hallenbades geplant. Auch die Grundschule, die sich neben dem geplanten Hallenbad befindet, benötigt eine neue Wärmeversorgung. In diesem Zuge ist es möglich, auch benachbarte Wohngebäude an das geplante Wärmenetz mit anzuschließen. Das in Abbildung 74 dargestellte Gebiet ist ein mögliches Anschlussgebiet für das Wärmenetz. Dieses muss nach der Detailplanung des Wärmenetzes entsprechend angepasst werden. Für das gekennzeichnete Gebiet existiert ein Wärmebedarf von 1.579 MWh/a und eine benötigte Leistung für ein Wärmenetz von 1.310 kW.

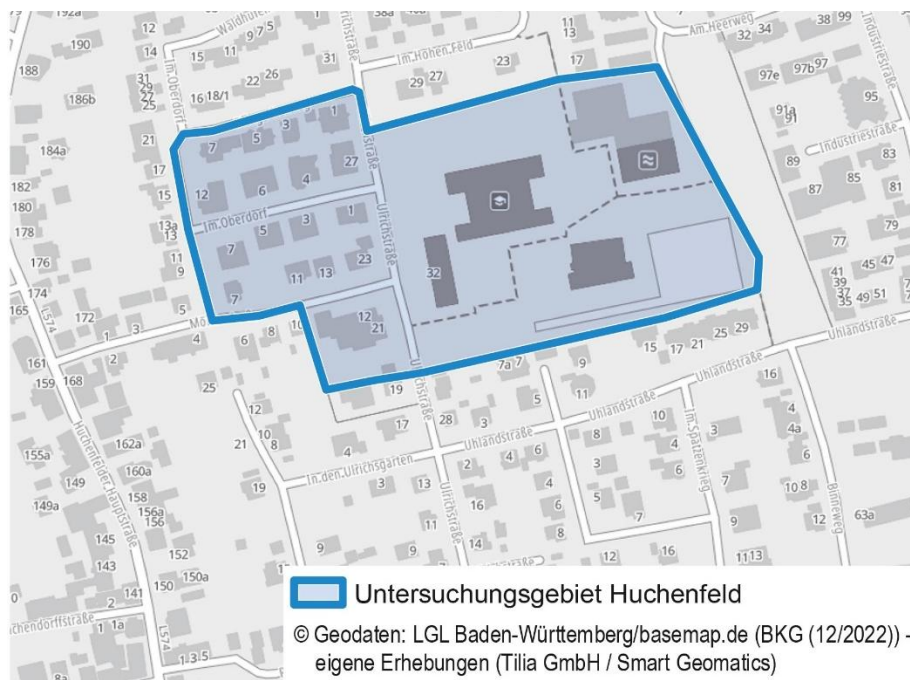


Abbildung 74: Untersuchungsgebiet Huchenfeld

### Optionen für Wärmeerzeugung

Parallel zur kommunalen Wärmeplanung wurde von den Stadtwerken Pforzheim, dem potenziellen Betreiber des Wärmenetzes, eine Untersuchung zum geplanten Nahwärmenetz durchgeführt. Dabei wurde zum einen Variante mit einer Kombination aus Luftwärmepumpe, Erdgas-BHKW und -Spitzelastkessel und Pelletkessel, zum anderen eine Variante mit der gleichen Kombination ohne den Pelletkessel verglichen. Technisch sind beide Varianten geeignet, um den entstehenden Wärmebedarf zu decken. Aus ökologischer Sicht ist die Variante mit dem Pelletkessel zu bevorzugen, da hier ein deutlich höherer Anteil erneuerbarer Energien eingebunden wird. Ein wirtschaftlicher Vergleich der beiden Varianten hat noch nicht stattgefunden und sollte ebenfalls bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.

## Wärmeversorgung Bohrain-Turnhalle

### Lage und energetische Ausgangssituation

Die Bohrain-Turnhalle befindet sich am südlichen Flussufer der Enz. Die Turnhalle wird aktuell mit einer Nachtspeicherheizung beheizt. Diese soll ausgetauscht werden, ebenso soll das Lüftungssystem der Turnhalle modernisiert werden. Die Turnhalle hat einen Wärmebedarf von ca. 20.000 kWh/a.



Abbildung 75: Lage Bohrain-Turnhalle

### Optionen für Wärmeerzeugung

Der Kostenvergleich für die verschiedenen Optionen zur Wärmeerzeugung erfolgte analog zum betrachteten Beispielhaus (Abschnitt 3.2.7.2). Auch hier wurden die in Abschnitt 3.2.3 genannten Annahmen zu Grunde gelegt und für einen Vollkostenvergleich der Lebensdauer der Anlage über 20 Jahre genutzt.

Das Ergebnis des Vollkostenvergleichs ist in Abbildung 76 zu finden. Unter den getroffenen Annahmen ist die Luftwärmepumpe die günstigste Technologie. Diese ist besonders effizient, wenn ein Austausch der Heizkörper erfolgt und die Wärme über eine Fußbodenheizung verteilt wird.

Sollte ein höheres Temperaturniveau erforderlich sein, so bietet sich der Einsatz einer Hochtemperaturwärmepumpe oder eines Holzpelletkessels an. Die exakten Kosten und technischen Gegebenheiten sollten von einem Heizungsbauer geprüft und diese als Grundlage für eine Investitionsentscheidung genutzt werden.

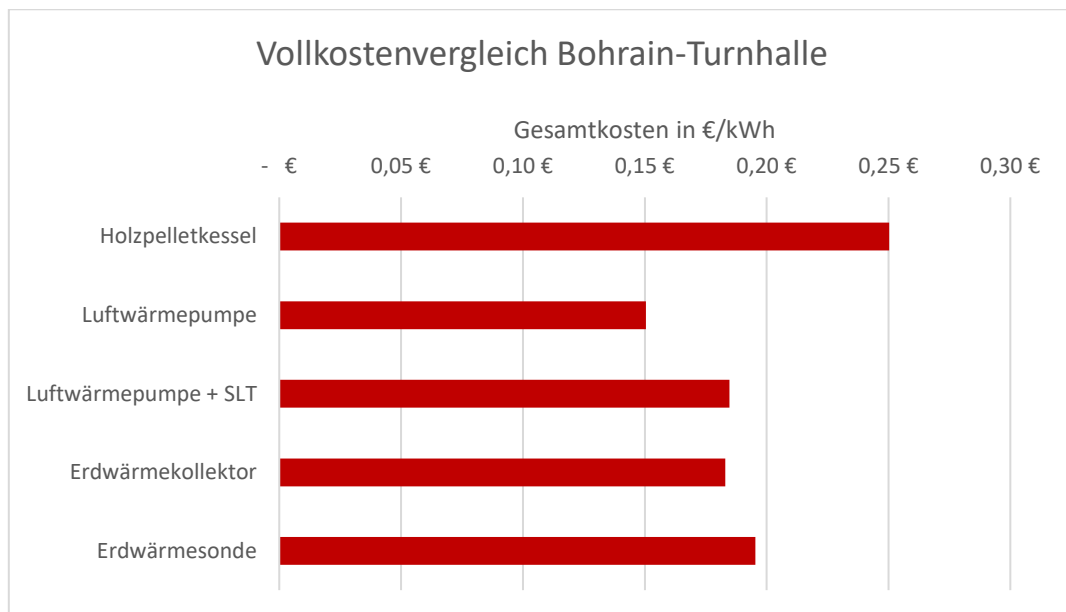


Abbildung 76: Ergebnis Variantenvergleich Bohrain-Turnhalle



## Anhang 2: Wärmedichten der Ortsteile

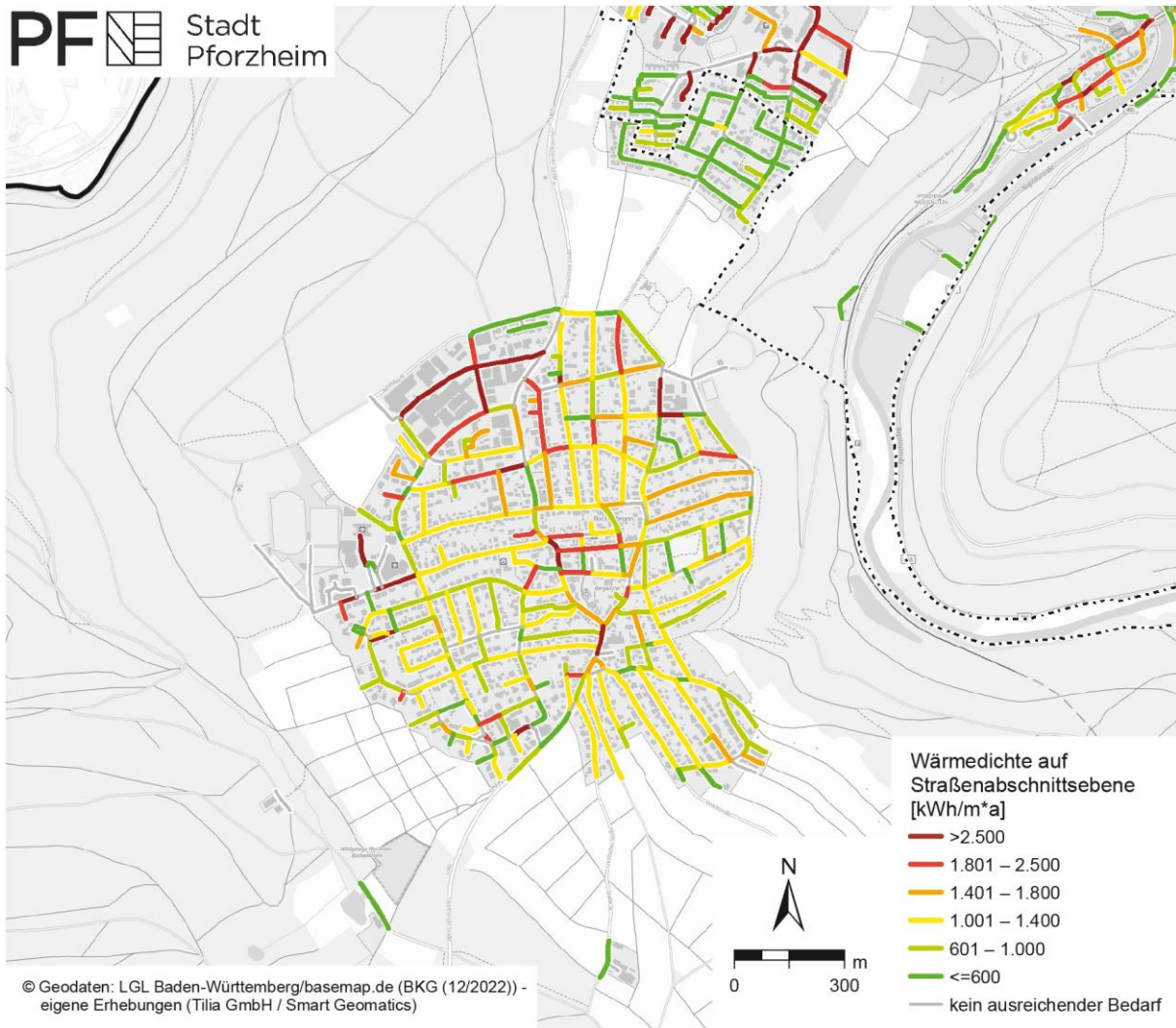


Abbildung 77: Wärmedichte Büchenbronn

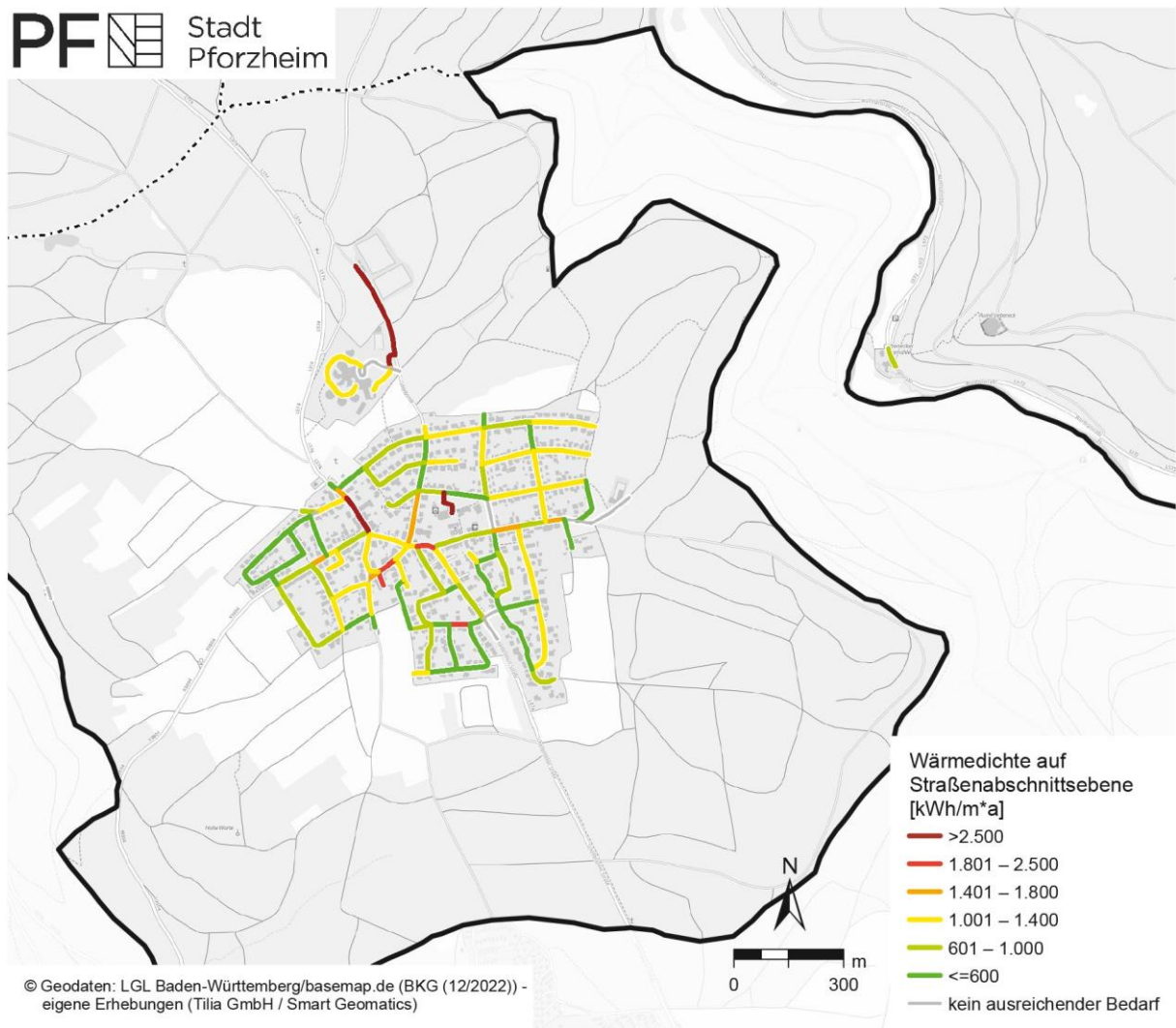


Abbildung 78: Wärmedichte Hohenwart

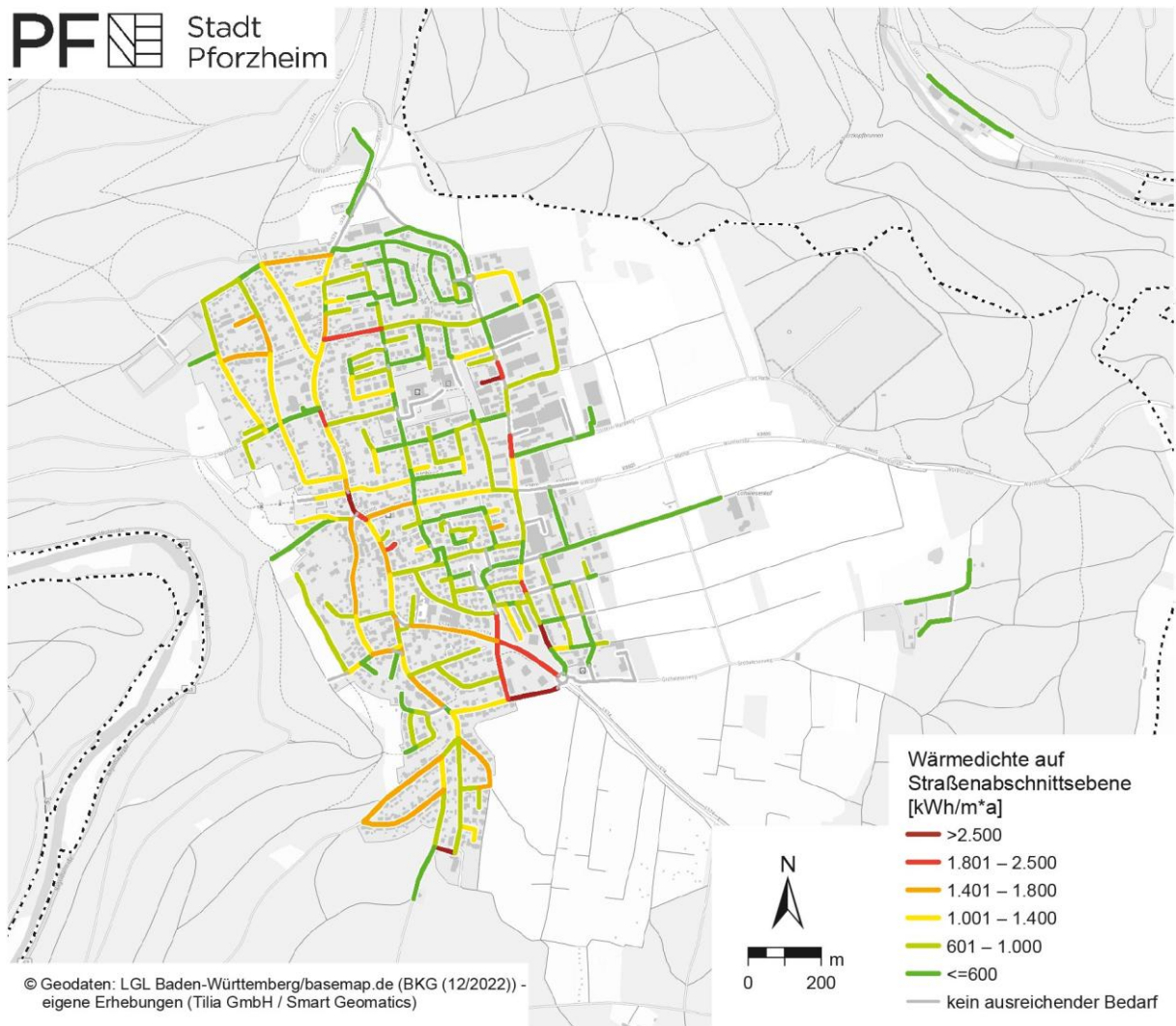


Abbildung 79: Wärmedichte Huchenfeld

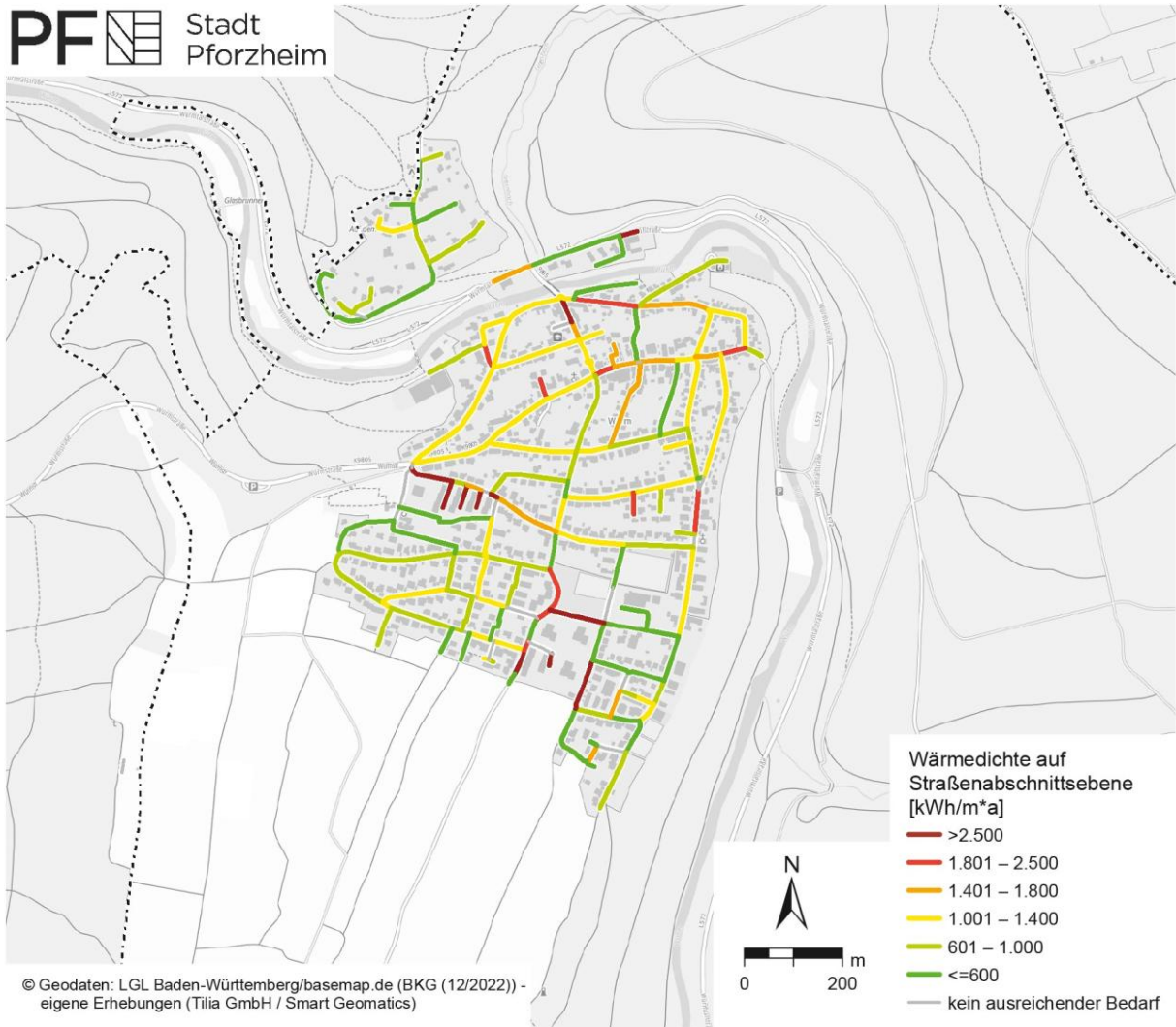


Abbildung 80: Wärmedichte Würm