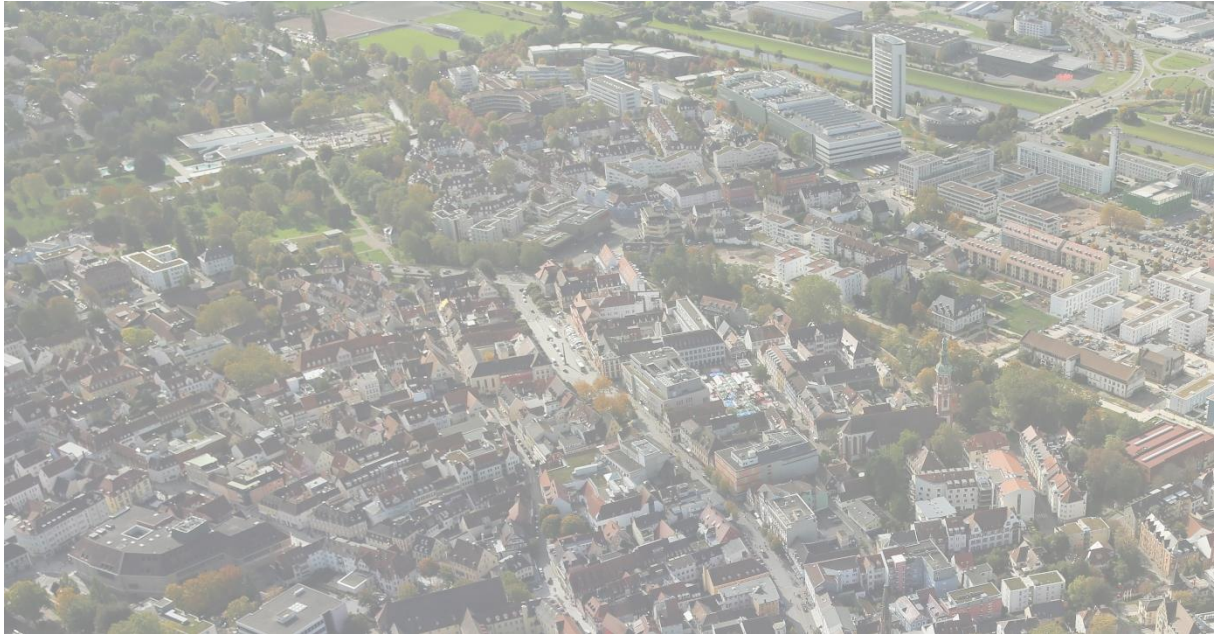


Kommunale Wärmeplanung

Für die Stadt Offenburg



Auftraggeber

Stadt Offenburg
Hauptstraße 90
77652 Offenburg



Verfasser

Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13
70569 Stuttgart



badenovaNetze GmbH
Tullastraße 61
79108 Freiburg



Inhaltsverzeichnis	Seite
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	7
Einleitung.....	8
1 Bestandsanalyse.....	9
1.1 Systemische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs oder -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen.....	9
1.2 Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen	10
1.2.1 Angaben zum Alter und damit möglichen Sanierungsstand der Gebäude.....	10
1.2.2 Hauptnutzungsarten: Wohngebiete (EFH-, MFH-, HH-Gebiete, Mischgebiet), Gewerbe, Bürogebäude, Hotel und Gastronomie, Industrie, öffentliche Einrichtungen (Bildung, Bäder, Gesundheit, Verwaltung etc.)	11
1.3 Information zur aktuellen Versorgungsstruktur	14
1.3.1 Wärmenetz, Gasnetz, Heizzentralen und KWK-Standorte	14
1.3.2 Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude	19
1.3.3 Altersstruktur der Heizanlagen	30
2 Potenzialanalyse.....	31
2.1 Potenziale erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung	31
2.1.1 Biomasse	31
2.1.2 Geothermie	33
2.1.3 Umweltwärme	36
2.1.4 Abwärme.....	37
2.1.5 Kraft-Wärme-Kopplung.....	38
2.2 Erneuerbare Stromquellen für Wärmeverwendung.....	39
2.2.1 Photovoltaik.....	39
2.2.2 Solarthermiefpotenzial	42
2.2.3 Solarenergiepotenziale auf Freiflächen	42
2.2.4 Windkraft	44
2.2.5 Wasserkraft.....	46
2.3 Exkurs Elektrolyse	48
2.3.1 Zukünftige Verfügbarkeit von synthetischen Gasen.....	48
2.3.2 Zukünftige Rolle von erneuerbaren Gasen	48
2.4 Zusammenfassung der Potenziale	50
3 Entwicklung von Verbrauchs- und Versorgungsszenarien.....	52
3.1 Gesamtentwicklung Endenergiebedarf	52
3.2 Entwicklung Wärmeenergiebedarf und -trägermix	53
3.2.1 Sektor Private Haushalte	54
3.2.2 Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung.....	55
3.2.3 Sektor Industrie.....	56
3.2.4 Sektor Kommunale Liegenschaften	57

3.2.5	CO ₂ -Bilanz Wärmeenergie	58
3.3	Entwicklung Strombedarf und -netz	60
4	Wärmewendestrategie	62
4.1	Eignungsgebiete für die zentrale Wärmeversorgung	62
4.2	Zentrale Versorgungsstrategie.....	65
4.2.1	Fernwärmeausbau	65
4.2.2	Nahwärmenetze.....	68
4.2.3	Erdgasnetz.....	72
4.3	Dezentrale Einzellösungen	73
4.4	Fazit.....	74
5	Maßnahmen	76
5.1	Energetisches Quartierskonzept Südstadt.....	77
5.2	Erweiterung des Nahwärmenetzes in Zell-Weierbach (320)	78
5.3	Erweiterung des Nahwärmenetzes in Griesheim	81
5.4	Roadmap Umbau zur klimaneutralen Fernwärme	84
5.5	Fernwärmeausbau bis 2027	85
5.6	Kampagne zur Energetischen Sanierung und Heizungsmodernisierung	86
	Anhang 2: Geothermie	87
	Anhang 2: Teilgebiets-Steckbriefe	95
	Quellenverzeichnis	96

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
COP	Conference of the Parties
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEQ	Elektroenergiequalität
EFM	Einfamilienhaus
EU	Europäische Union
E-Werk	E-Werk Mittelbaden - Elektrizitätswerk Mittelbaden AG & Co. KG
Fm	Festmeter
GEMIS	vom Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme
GeORG	Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GOK	Geländeoberkante
GW	Gigawattstunden
HA – Stat.	Heizanlagen - Statistik
HH	Hochhaus
Ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ISONG-BW	Informationssystem oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg
KEA BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KSG BW	Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg
KSK	Klimaschutzkonzept
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MFH	Mehrfamilienhaus
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
PV	Photovoltaik
PtG	Power-to-Gas
S4F	Scientists for Future
StaLa	Statistisches Landesamt
SV	Sozialversicherung
T	Tonne
WSchV	Wärmeschutzverordnung
WVO	Wärmeversorgung Offenburg

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Absoluter Wärmeverbrauch (MWh/Jahr) auf Baublockebene (Ausschnitt)</i>	9
<i>Abbildung 2: Auszug Wärmedichte auf Baublockebene (MWh/ha*Jahr)</i>	10
<i>Abbildung 3: Primäres Gebäudealter mit jeweiligem Anteil im Baublock (Ausschnitt)</i>	11
<i>Abbildung 4: Hauptnutzungsarten – Baublockebene (Ausschnitt)</i>	12
<i>Abbildung 5: Gebäudetyp und Anteil Primärgebäude im Baublock</i>	13
<i>Abbildung 6: Gasverbrauchswerte auf Baublockebene</i>	15
<i>Abbildung 7: bestehende Fernwärmenetzgebiete inkl. Leitungsverlauf und Gasnetzinfrastuktur (Ausschnitt)</i>	16
<i>Abbildung 8: Fernwärmenetz: Bestandsnetz und Ausbaustufen bis 2026 (Ausschnitt; Quelle: Wärmeversorgung Offenburg (WVO))</i>	17
<i>Abbildung 9: Bekannte Heizzentralen und BHKW zzgl. Wärmenetzareale (Ausschnitt)</i>	18
<i>Abbildung 10: Gasverbrauch auf Baublockebene (Ausschnitt)</i>	19
<i>Abbildung 11: Heizungsstrom mit Anteil im Baublock (Ausschnitt)</i>	20
<i>Abbildung 12: Dichtekarte Heizungsstrom (Ausschnitt)</i>	21
<i>Abbildung 13: Nicht-leitungsgebundene Verbrauchsstellen mit Anteil im Baublock (Ausschnitt)</i>	22
<i>Abbildung 14: Anzahl der Wärmepumpen im Baublock (Ausschnitt)</i>	23
<i>Abbildung 15: Dichtekarte Wärmepumpen (Ausschnitt)</i>	24
<i>Abbildung 16: Kohleverbrauch auf Baublockebene (Ausschnitt)</i>	25
<i>Abbildung 17: Heizölverbrauch und prozentualer Anteil im Baublock (Ausschnitt)</i>	26
<i>Abbildung 18: Flüssiggasverbrauch und prozentualer Anteil im Baublock (Ausschnitt)</i>	27
<i>Abbildung 19: Klärgasverbrauch und prozentualer Anteil im Baublock (Ausschnitt)</i>	28
<i>Abbildung 20: Holzverbrauch (Ausschnitt)</i>	29
<i>Abbildung 21: Altersstruktur der Heizanlagen (Ausschnitt)</i>	30
<i>Abbildung 22: Geothermiepotezial zur Wärmebedarfsdeckung von Wohngebäuden - im sanierten Zustand ab Baujahr 1969</i>	34
<i>Abbildung 23: Abwärmepotezial Gewerbe und Industrie (Ausschnitt)</i>	37
<i>Abbildung 24: PV-Potezial nach Eignung der Dachflächen</i>	40
<i>Abbildung 25: PV-Potezial auf Baublockebene</i>	41
<i>Abbildung 26: Solarthermie-Potezial auf Baublockebene</i>	42
<i>Abbildung 27: Freiflächen – Potezialflächen</i>	43
<i>Abbildung 28: Freiflächenpotezial aggregiert auf Ortsteilebene</i>	44
<i>Abbildung 29: Windhöffigkeit Offenburg – Brandeckkopf</i>	45
<i>Abbildung 30: Windhöffigkeit Offenburg – Silberköpfe</i>	46
<i>Abbildung 31: Wasserkraftanlagen Bestand und Ausbaupotezial</i>	47
<i>Abbildung 32: Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien 2017)</i>	49
<i>Abbildung 33: Endenergieverbrauch Offenburg</i>	52
<i>Abbildung 34: Entwicklung Energieträgermix in Offenburg</i>	54
<i>Abbildung 35: Energieträgermix - Sektor private Haushalte</i>	55
<i>Abbildung 36: Energieträgermix - Sektor GHD</i>	55
<i>Abbildung 37: Energieträgermix – Sektor Industrie</i>	57
<i>Abbildung 38: Energieträgermix - Sektor kommunale Liegenschaften</i>	58
<i>Abbildung 39: CO₂-Reduktionspfad – Wärmeenergiebedarf</i>	58
<i>Abbildung 40: Entwicklung der CO₂-Bilanz nach Energieträger</i>	59
<i>Abbildung 41: Strombedarf für die Wärmeversorgung</i>	60
<i>Abbildung 42: Exemplarische Darstellung der Teilgebietssteckbriefe</i>	62
<i>Abbildung 43: Versorgungslösungen je Eignungsgebiet</i>	64
<i>Abbildung 44: Fernwärmeausbaupläne bis 2040</i>	65
<i>Abbildung 45: Fernwärmeausbauplan der WVO (Stand September 2023)</i>	66

Stand Dezember 2023

<i>Abbildung 46: Fernwärmestrategie der WVO mit Sektorkopplung</i>	67
<i>Abbildung 47: Relative Häufigkeit der Wärmedichte (Stadtteile ohne zukünftigen Fernwärmeausbau)</i>	70
<i>Abbildung 48: Exemplarische Graphik zu Baualter der Heizungssysteme vs. Öl als Energieträger</i>	71
<i>Abbildung 49: Einzellösungen und deren Vor- und Nachteile</i>	73
<i>Abbildung 50: Aktuelles Planungsgebiet Nahwärmenetz Zell-Weierbach</i>	78
<i>Abbildung 51: Potenzielles erweitertes Untersuchungsgebiet für ein Nahwärmenetz in Zell-Weierbach</i>	79
<i>Abbildung 52: Energieträgerverteilung des Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Zell-Weierbach</i>	79
<i>Abbildung 53: Aktuelles Planungsgebiet Nahwärmenetz Griesheim</i>	81
<i>Abbildung 54: Potenzielles erweitertes Untersuchungsgebiet für ein Nahwärmenetz in Griesheim</i>	82
<i>Abbildung 55: Energieträgerverteilung des Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Griesheim</i>	82
<i>Abbildung 56: Fernwärmeausbau bis 2027 und Ausbaugeschwindigkeit</i>	85
<i>Abbildung 57: Pfad zum Erreichen der Klimaneutralität</i>	86
<i>Abbildung 58: Abgedeckte geologische Karte - Quelle: ISONG-BW</i>	87
<i>Abbildung 59: Lage seismischer Profile A, B und C sowie vom Haupt-Potenzialgebiet (rote Linse)</i>	91
<i>Abbildung 60: Interpretation des seismischen Profiles A und Angaben zu den Thermalwasserhorizonten (aus GeORG)</i>	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Potenzial-Ergebnisse.....	35
Tabelle 2: Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik in Offenburg (Datengrundlage: LUBW, 2022, Energieatlas Baden-Württemberg)	39
Tabelle 3: Freiflächenpotenziale nach Standort und Eignungsklasse	43
Tabelle 4: Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Offenburg	50
Tabelle 5: Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Offenburg	51
Tabelle 6: Annahmen Wärmeeinsparung je Sektor	53
Tabelle 7: Potenzielle Prozesswärmtemperatur je erneuerbarer Energieträger	56
Tabelle 8: Eignungsgebiete für die zentrale Wärmeversorgung	63
Tabelle 9: Fernwärmeausbauggebiete - Anteile	65
Tabelle 10: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Endenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetzen.....	68
Tabelle 11: Kennwerte Energetisches Quartierskonzept Südstadt	77
Tabelle 12: Analyse des erweiterten Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Zell-Weierbach	80
Tabelle 13: Kennwerte Machbarkeitsstudie Zell-Weierbach	80
Tabelle 14: Analyse des erweiterten Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Griesheim ...	82
Tabelle 15: Kennwerte Machbarkeitsstudie Griesheim	83
Tabelle 16: Erwartende Kennwerte zur Roadmap Umbau zur klimaneutralen Fernwärme.....	84
Tabelle 17: Erwartende Kennwerte aus geplanter Fernwärmeausbau bis 2027	85
Tabelle 18: Erwartende Kennwerte aus Kampagnen	86
Tabelle 19: Abschätzung des Grundwasserpotenzials	89

Einleitung

Aktuell macht Wärme einen Anteil von über 50 % des gesamten deutschen Energieverbrauchs aus. Lediglich ca. 15 % dieser Wärme wurde im Jahr 2020 aus erneuerbaren Energien bereitgestellt. Diese Zahlen begründen die Notwendigkeit einer erfolgreichen Wärmewende, die sowohl eine deutliche Reduktion des Wärmeverbrauchs durch energetische Sanierung und effiziente Wärmebereitstellung wie auch eine Umstellung erneuerbare Energiequellen beinhalten muss.

Zur Erreichung dieses Ziels wurde das Klimaschutzgesetz (KSG) des Landes Baden-Württemberg Ende des Jahres 2020 novelliert. Als Zwischenziel sollen die THG-Emissionen bis 2030 um minus 65 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 gesenkt werden – die Klimaneutralität im Gebäudebestand soll bis 2040 erreicht werden.

Ein zentraler Baustein der Novelle des Klimaschutzgesetzes ist die Einführung der verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung für Stadtkreise und große Kreisstädte als standardisiertes Vorgehen (siehe KSG BW 2020, §7). Mit Hinblick auf diese Verpflichtung hat die Stadt Offenburg im Jahr 2021 Drees & Sommer sowie die badenova GmbH als Unterauftragnehmerin mit der Erarbeitung der Kommunalen Wärmeplanung beauftragt. Die Erstellung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Stadt Offenburg und der Wärmeversorgung Offenburg. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung zusammen. Detaillierte Ergebnisse liegen zudem in Kartenform sowie in Steckbriefen zu den einzelnen Stadt- und Ortsteilen (s. Anlage) vor.

Der Bericht orientiert sich am Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung in der Fassung vom Dezember 2020, der im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg von der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) erstellt wurde. Entsprechend der Vorgaben des Leitfadens besteht der Bericht aus den fünf Bausteinen bzw. Kapiteln (1) Bestandsanalyse, (2) Potenzialanalyse, (3) Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios für 2040 (bzw. 2035) und (4) Festlegung der kommunalen Wärmewendestrategie und (5) des Maßnahmenkatalogs.

1 Bestandsanalyse

Der erste Schritt und Ausgangspunkt für die strategische kommunale Wärmeplanung ist die systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs bzw. Wärmeverbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen. Bei der Erhebung der Daten wurden zum einen Primärdaten von den gas- und wärmenetzversorgten Gebäuden genutzt, aus den Stromdaten der Verbrauch für Wärmepumpen und der Heizungsstrom integriert, und, für die nicht-leitungsgebundenen Gebäude, anhand der Schornstefegerstatistik Verbrauchswerte berechnet.

Im nächsten Schritt wurden Kartensets zu Baujahr, Typ und Nutzungsarten der Gebäude erstellt. Mit den detaillierten Schornstefegerdaten wurde eine Heizanlagenstatistik (Verteilung der Brennstoffe, durchschnittliches Baujahr der Heizanlagen etc.) auf Baublockebene erstellt.

1.1 Systemische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs oder -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen

Mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) wurden die Wärmeverbrauchsdaten verarbeitet. Gleichzeitig wurden die Daten auf Baublockebene aggregiert, um den Datenschutz im Rahmen des kommunalen Wärmeplans zu gewährleisten.

In *Abbildung 1* ist der absolute Wärmeverbrauch pro Jahr auf Baublockebene in farblichen Abstufungen dargestellt. Für die Abbildung wurde ein Ausschnitt aus Offenburg gewählt, der zum einen die Kernstadt abbildet und zum anderen das Burda- und Messeareal sowie den Stadtteil Albersbösch zeigt. Dieser Ausschnitt wird für dieses Fachgutachten durchgehend beispielhaft verwendet, da er alle zu betrachtenden Gegebenheiten einer Kommune (Stadtkern, Siedlungsentwicklung, Messeareal, Gewerbe/Industrie) abbildet. Unter der Legende rechts ist ein Navigationsbereich eingefügt, der zur Orientierung dient und der verdeutlicht, welcher Teil der Stadt Offenburg gerade angezeigt wird.

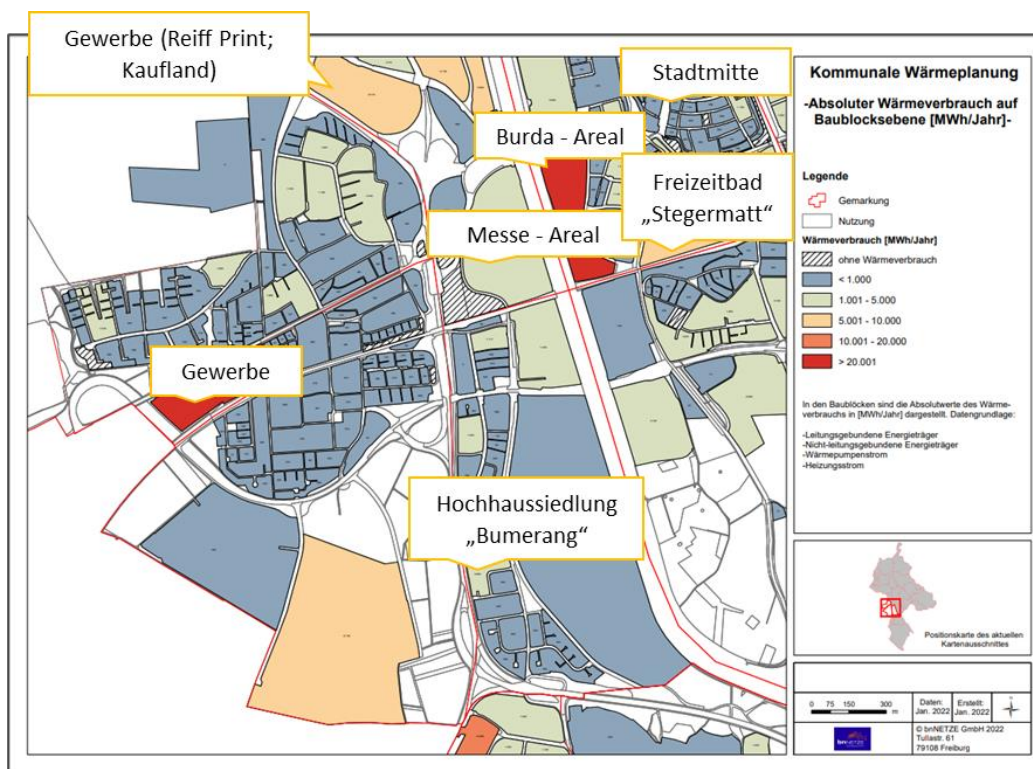


Abbildung 1: Absoluter Wärmeverbrauch (MWh/Jahr) auf Baublockebene (Ausschnitt)

Stand Dezember 2023

Abbildung 2 stellt die Wärmedichte dar. Diese beschreibt den Wärmeverbrauch bezogen auf die Flächeneinheit Hektar. Dargestellt ist die Wärmedichte auf Baublockebene. Die Skalierung der Wärmedichte erfolgt zwischen < 500 MWh und > 4.001 MWh.

Verschiedene Faktoren üben Einfluss auf das dargestellte Ergebnis, z.B. wie viele Verbraucher in dem Baublock vorhanden sind, wie groß die Fläche des Baublocks ist und wie viel in diesem Baublock verbraucht wird. Als ein Beispiel soll auf den roten Baublock mittig verwiesen werden. Hier befindet sich ein Teil des Burda Areals mit der Druckerei, wo aufgrund der Produktionsprozesse sehr viel Energie benötigt wird.

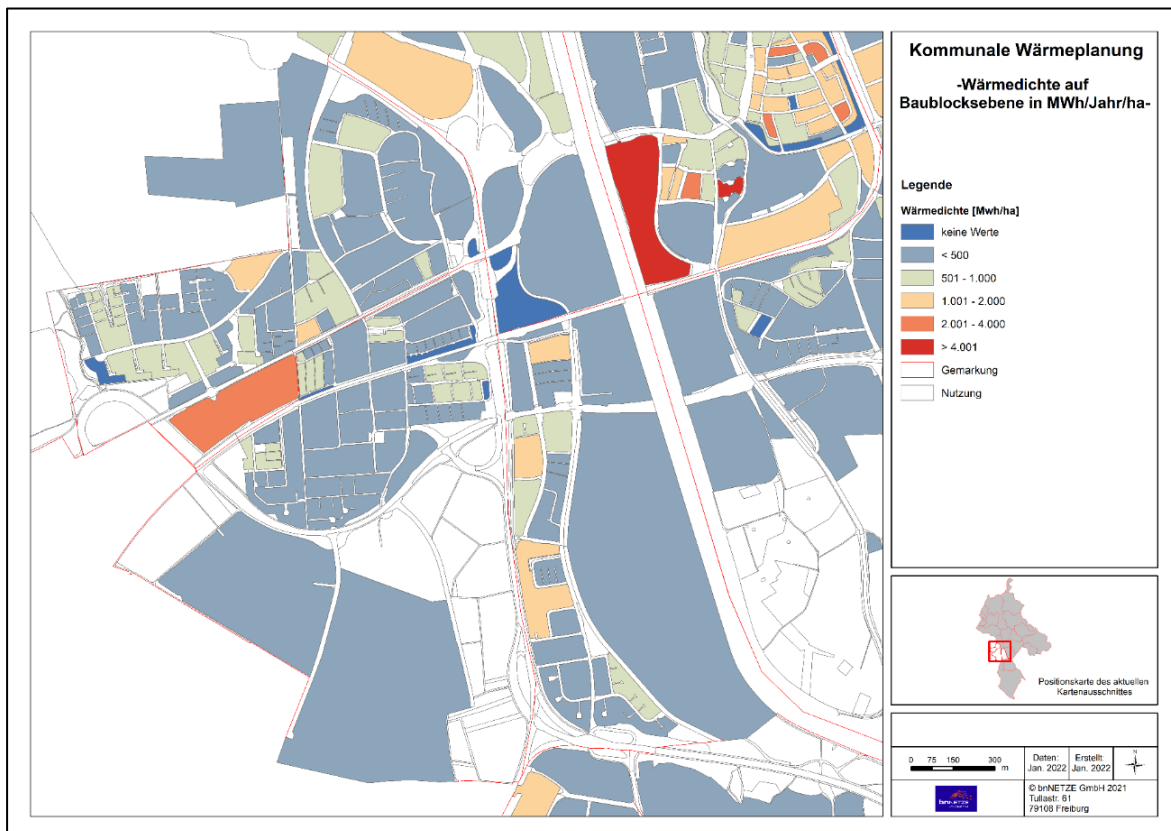


Abbildung 2: Auszug Wärmedichte auf Baublockebene (MWh/ha*Jahr)

Datengrundlage: Verbrauchswerte Gasversorger, Wärmeversorger, Stromversorger, öffentliche Liegenschaften, Bezirksschonsteinfeger

GIS – Karte(n): Absoluter Wärmeverbrauch auf Baublockebene, Wärmedichte auf Baublockebene

1.2 Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baultersklassen

1.2.1 Angaben zum Alter und damit möglichen Sanierungsstand der Gebäude

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur wurde die „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) verwendet. Die Einordnung der Gebäude in diese Typologie ermöglicht die Analyse der Energieeinsparpotenziale für einen größeren Gebäudebestand. Bei der Typologie wird davon ausgegangen, dass Gebäude aus einer bestimmten Bauzeit in der Regel ähnliche Baustandards und damit ähnliche thermische Eigenschaften ausweisen.

Aus der Sortierung der Gebäude in die Gebäudetypologie lassen sich Aussagen über die Siedlungsstruktur der Stadt Offenburg treffen. *Abbildung 3* zeigt beispielhaft die Siedlungsstruktur des ausgewählten



Ausschnitts von Offenburg, charakterisiert nach Altersklassen. Für die Darstellung wurde jeweils der Gebäudetyp mit dem größten Anteil im Baublock farblich ausgewiesen (primäres Gebäudealter im Baublock). Mit den eingefärbten Punkten ist der Anteil des jeweiligen Primärgebäudetyps im Baublock in 25 Prozent-Schritten dargestellt (rot = Anteil \geq 76 Prozent). Daraus kann das Potenzial für Energie-sparmaßnahmen abgeleitet werden. Deutlich lassen sich der Stadtkern und die angrenzende Erweiterung der Stadt unterscheiden.

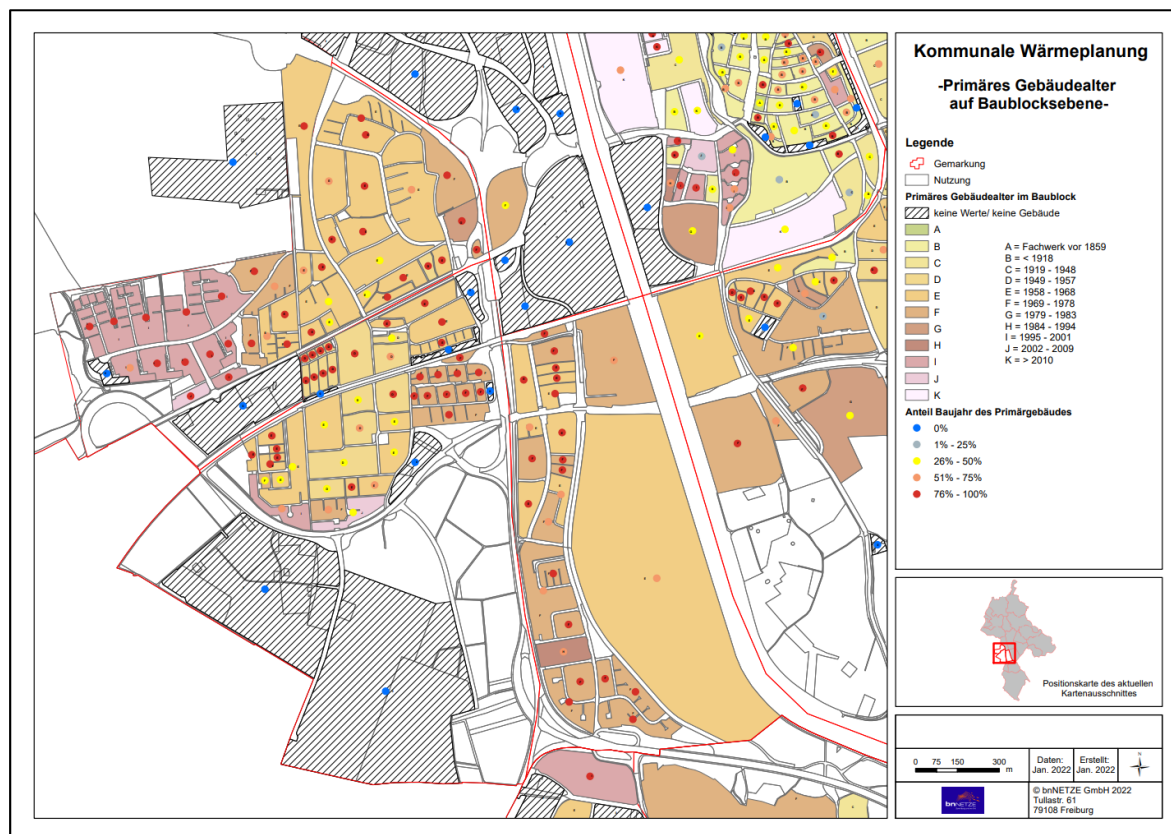


Abbildung 3: Primäres Gebäudealter mit jeweiligem Anteil im Baublock (Ausschnitt)

Datengrundlage: Wärmekataster der Stadt Offenburg
GIS – Karte(n): Gebäudealter auf Baublockebene

1.2.2 Hauptnutzungsarten: Wohngebiete (EFH-, MFH-, HH-Gebiete, Mischgebiet), Gewerbe, Bürogebäude, Hotel und Gastronomie, Industrie, öffentliche Einrichtungen (Bildung, Bäder, Gesundheit, Verwaltung etc.)

Die kommunale Wärmeplanung gilt für die gesamte Gemeindefläche der Stadt Offenburg, schließt also auch Gewerbe- und Industriegebiete ein. Das Stadtgebiet Offenburgs gliedert sich wie viele Kommunen in eine Kernstadt mit Geschäftszentrum, umliegende Wohnbebauung und eingestreute oder am Rand angesiedelte Misch- und Gewerbegebiete. Die Wärmeversorgungsoptionen für diese Strukturen sind unterschiedlich, so dass es wichtig ist, die unterschiedlichen Gebiete für die kommunale Wärmeplanung zu identifizieren. Im ersten Schritt wurde, anhand der ALKIS-Daten und des Wärmekatasters der Stadt Offenburg, für jeden Baublock jeweils die Hauptnutzungsart festgelegt.

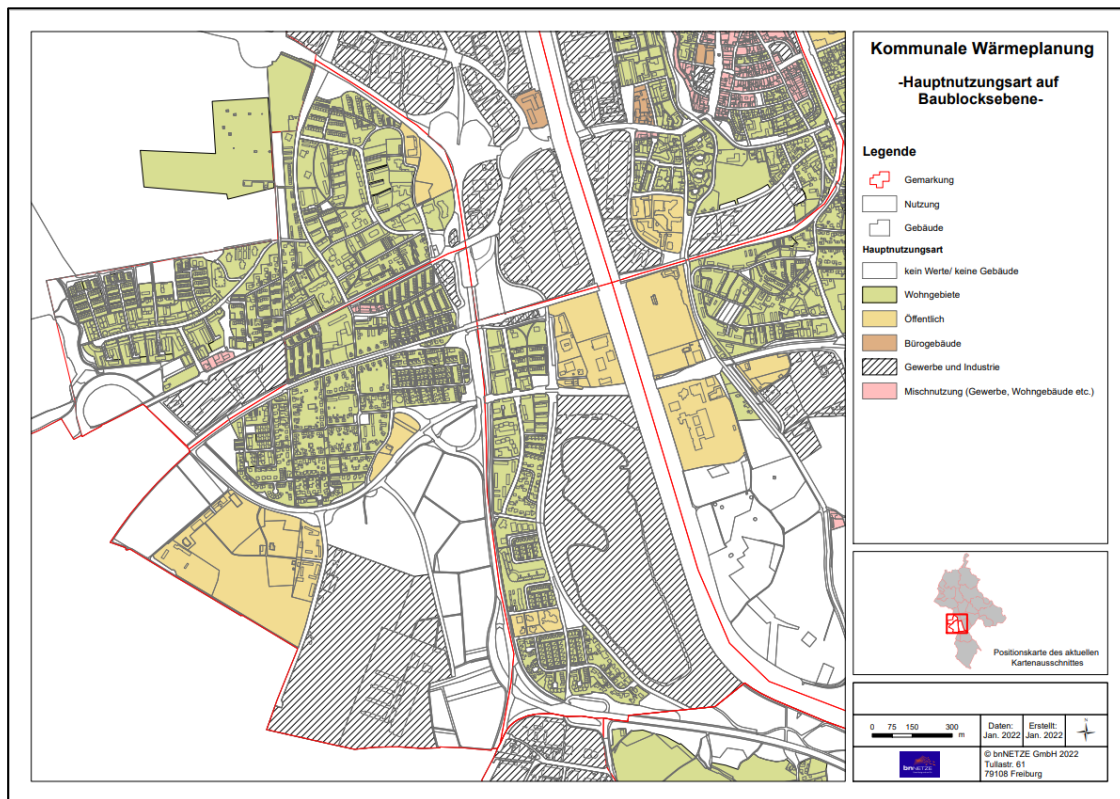


Abbildung 4: Hauptnutzungsarten – Baublockebene (Ausschnitt)



Abbildung 5 weist für jeden Baublock den Primärgebäudetyp (den am häufigsten vorkommende Gebäudetyp) mit dem größten Anteil im Baublock aus. Die farbigen Punkte weisen den prozentualen Anteil dieses Gebäudetyps im Baublock aus.

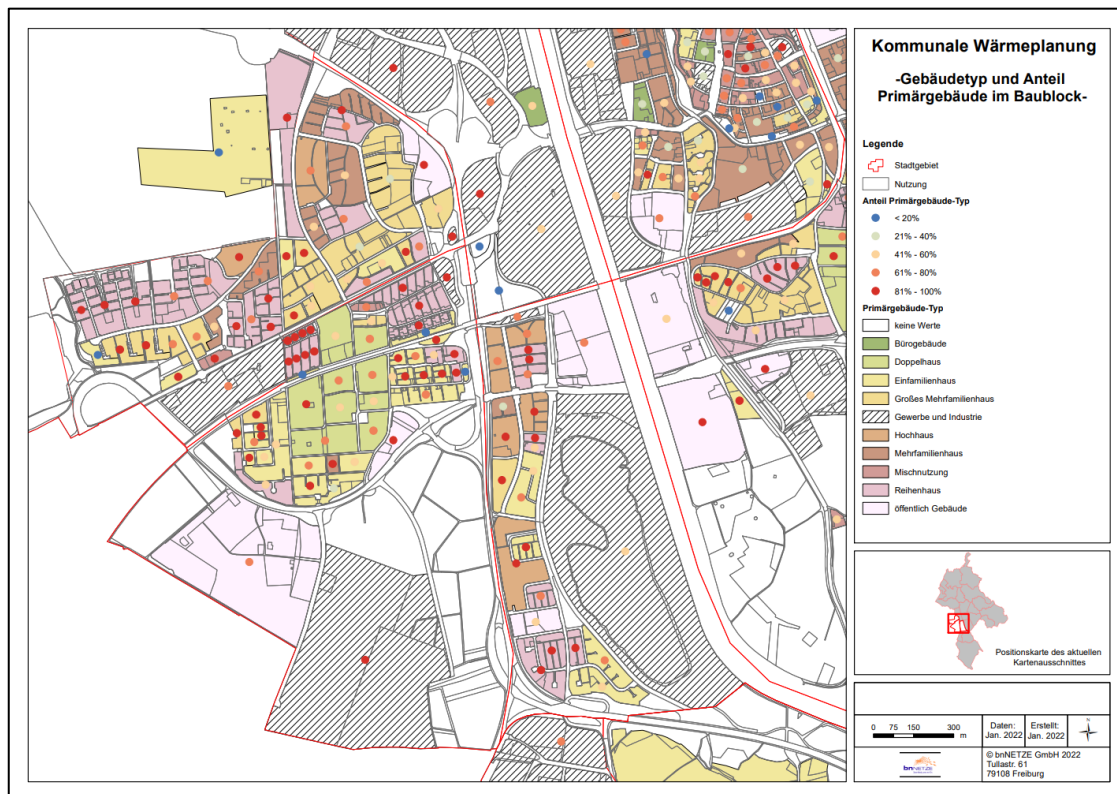


Abbildung 5: Gebäudetyp und Anteil Primärgebäude im Baublock

Die Abbildung verdeutlicht, wie die einzelnen Gebäudetypen auf die Baublöcke verteilt sind. Dies kann der Gebietsdefinition mit beispielsweise Reihen-, Doppel- und Einfamilienhäusern dienen. Diese Gebäudetypen spielen bei der Erschließung der Einsparpotenziale eine große Rolle. Zum einen verzeichnen sie im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro Person, zum anderen werden Einfamilienhäuser meist vom Eigentümer bzw. von der Eigentümerin selbst bewohnt. Der Nutzen von Sanierungsmaßnahmen wird hier aufgrund der Betroffenheit eher gesehen, was die Bereitschaft der Eigentümerin bzw. des Eigentümers, Investitionen zur Energieeinsparung vorzunehmen, erhöht. Große Mehrfamilienhäuser hingegen eignen sich z.B. gut für den Anschluss an ein Wärmenetz.

Stand Dezember 2023

1.3 Information zur aktuellen Versorgungsstruktur

1.3.1 Wärmenetz, Gasnetz, Heizzentralen und KWK-Standorte

Die Offenburger Wärmeversorgung hat in den letzten Jahren aktiv den Ausbau von Wärmenetzen vorangetrieben. Eine Übersicht über die in den letzten Jahren initiierten Wärmenetze gibt *Abbildung 7*. Hier sind rot schraffiert die bekannten Bestandsgebiete der Offenburger Wärmeversorgung. In Pink sind die bekannten Leitungsverläufe eingezeichnet (siehe *Abbildung 7*).

Aktuell existieren drei Bestandsnetze:

- Kreuzschlag OG18 und Eichendorfschule OG20

Art: Fernwärme

Temperaturniveau: gleitende an der Außentemperatur 75 – 95°C

Wärmeleistung installiert: ca. 10.000 kW

Jährliche Wärmemengen: stark wachsende ca. 9.000 MWh (2020)

- Mühlbachareal OG19 und Gustav-Ree-Anlage OG12

Art: Fernwärme

Temperaturniveau: gleitende an der Außentemperatur 75 – 80°C

Wärmeleistung installiert: ca. 7.000 kW

Jährliche Wärmemengen: stark wachsende ca. 4.000 MWh (2020)

- Paul-Gerhardt-Werk / Klinikum OG00 -> Oststadt

Art: Fernwärme

Temperaturniveau: gleitende an der Außentemperatur 75 – 95°C

Wärmeleistung installiert: ca. 6.400 kW

Jährliche Wärmemengen: stark wachsende ca. 8.000 MWh (2020)

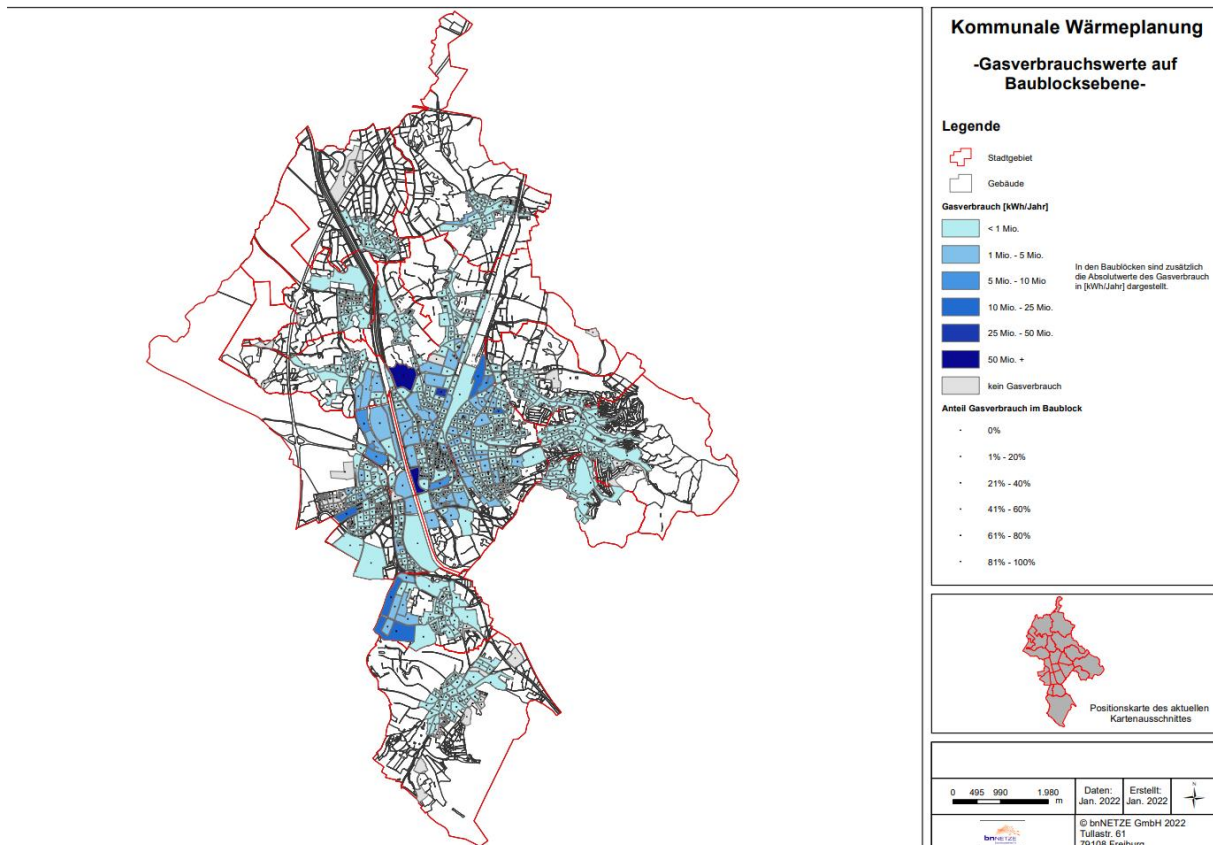


Abbildung 6: Gasverbrauchswerte auf Baublockebene

Die Stadt Offenburg hat zudem ein gut ausgebautes Erdgasnetz. Die Wohn- und Gewerbegebiete sind weitestgehend mit Erdgasleitungen erschlossen und weisen eine relativ hohe Leitungsdichte aus. In *Abbildung 6* ist der Gasverbrauch auf Baublockebene für das gesamte Stadtgebiet dargestellt. Anhand der Punkte in den Baublöcken kann man den Anteil des Gasverbrauchs im Baublock ablesen. Innerhalb der Kernstadt liegt dieser meist zwischen 60 und 100 Prozent.

Stand Dezember 2023

Abbildung 7 stellt den aktuellen Ausbaustand der Gasnetzinfrasturktur und die Versorgung mit Fernwärme (blauer Leitungsverlauf) für einen Ausschnitt Offenburgs dar. Es wird deutlich, dass in manchen Gebieten Parallelstrukturen von Gas- und Wärmenetzen geschaffen wurden.

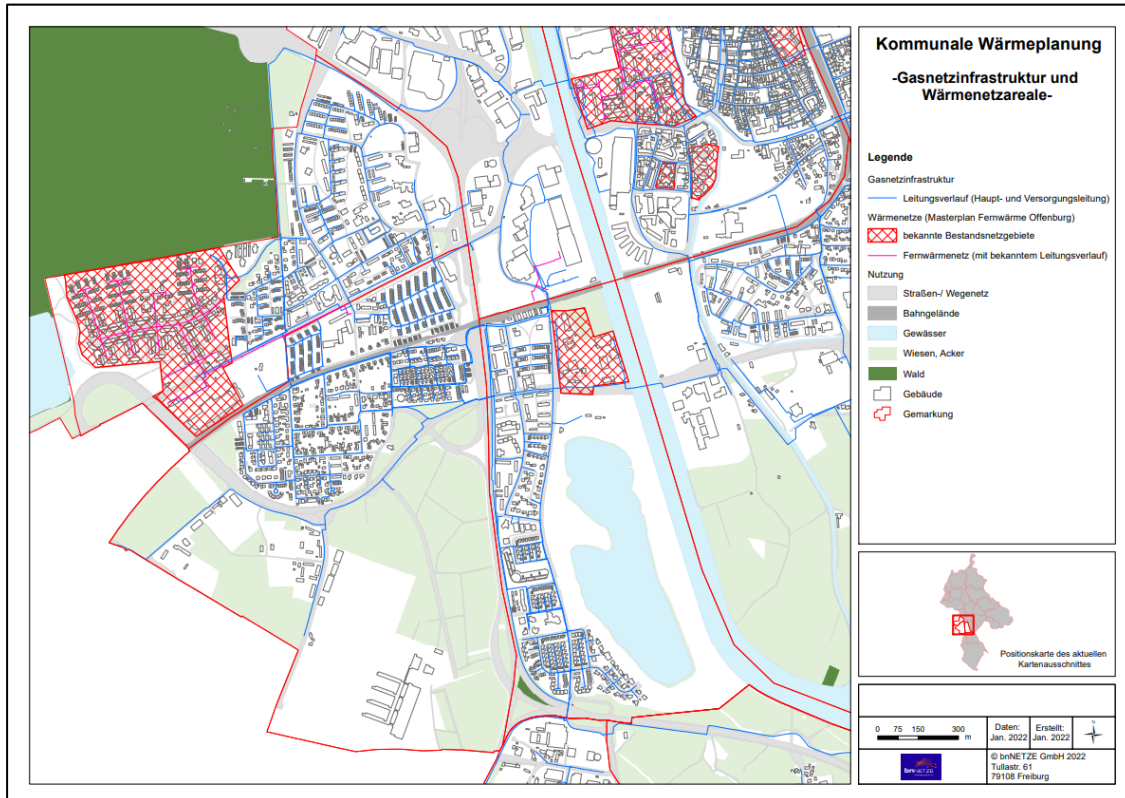


Abbildung 7: bestehende Fernwärmenetzgebiete inkl. Leitungsverlauf und Gasnetzinfrasturktur (Ausschnitt)

Die Stadt Offenburg hat sich zum Ziel gesetzt, den Energiebedarf im Bereich Wärme zu reduzieren und den Ausbau von zentral versorgten Wärmeverbänden voranzutreiben. Die Wärmenetzplanung sieht derzeit einen Ausbau in mehreren Stufen vor. So soll bereits 2026 in weiten Teilen der Kernstadt der Anschluss an ein Wärmenetz ermöglicht werden.



Die unterschiedlichen Ausbaustufen sind in *Abbildung 8* dargestellt. Für die Wärmeversorgung entsteht in lokalen Heizzentralen Wärme aus einem Mix aus Kraft-Wärmekopplung, industrieller Abwärme und regenerativen Energiequellen. Im Rahmen eines Transformationsplans, müssen diese Wärmequellen langfristig vollständig regenerativ werden.

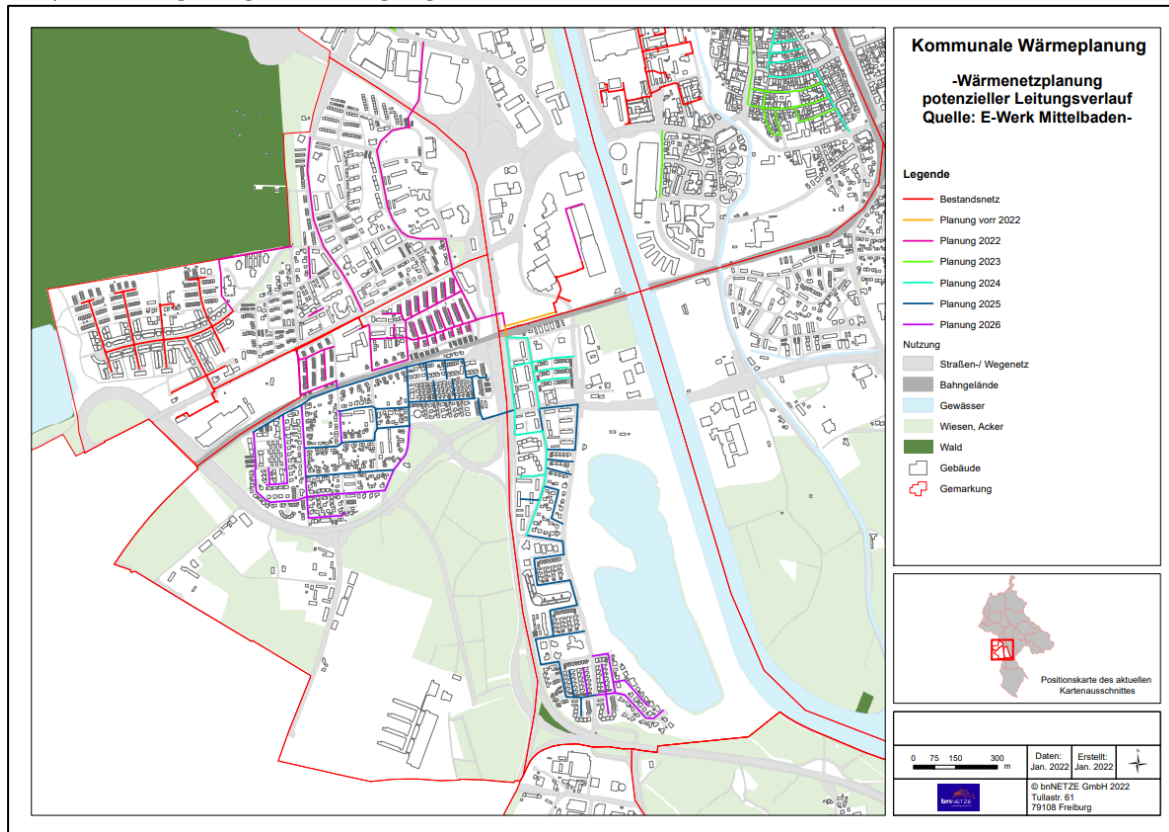


Abbildung 8: Fernwärmenetz: Bestandsnetz und Ausbaustufen bis 2026 (Ausschnitt; Quelle: Wärmeversorgung Offenburg (WVO))

Da der Anteil der Energie zur Wärmeversorgung einen sehr großen Anteil des Gesamtenergieverbrauchs beansprucht, können durch den Ausbau von Wärmeverbänden und dem Einsatz Erneuerbarer Energien, die CO₂-Emissionen gesenkt und Effizienzsteigerungen erzielt werden.

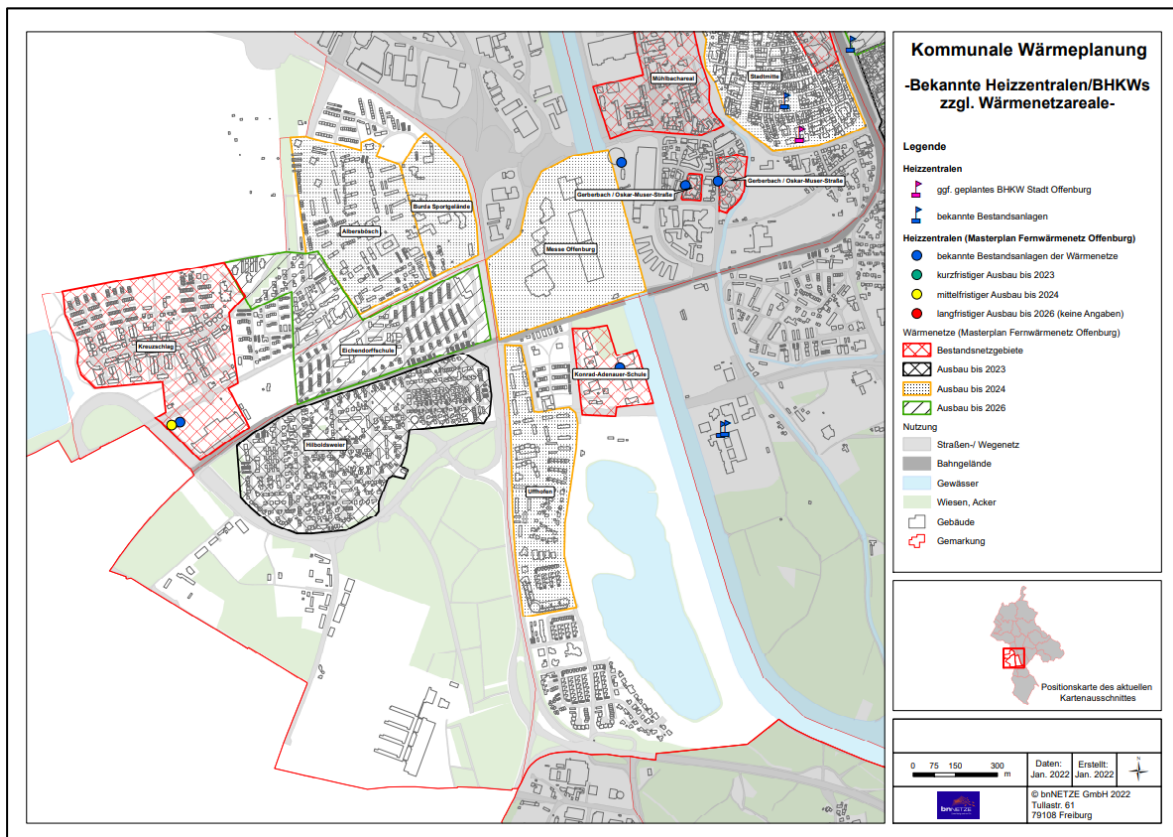


Abbildung 9: Bekannte Heizzentralen und BHKW zzgl. Wärmenetzareale (Ausschnitt)

Die Wärmenetze werden aktuell (Stand Juli 2022) von sechs Blockheizkraftwerken (Paul-Gerhardt Werk, Kreuzschlag, Konrad-Adenauer-Schule und E-Werk Mittelbaden), zwei Kältemaschinen (E-Werk Mittelbaden), einer Gasturbine (Burda Druck GmbH) und einer Wärmepumpentechnik (Gesundheitszentrum) gespeist. Für den Ausbau der Wärmeversorgung sind kurz- und mittelfristig weitere Heizzentralen geplant.

Die Stadt Offenburg betreibt ebenfalls mehrere Blockheizkraftwerke in kommunalen Gebäuden:

- Festhalle/Feuerwehr Windschlag
- Feuerwehr Nord
- Halle/Schule Bohlsbach
- Astrid-Lindgren-Schule
- Okengymnasium
- Oken-Sporthalle
- Schillergymnasium
- Technisches Rathaus
- Ritterhausmuseum
- Musikschule Kufo
- Kita Rammersweier
- Halle/Schule Rammersweier
- Schule / Kindergarten Fessenbach
- Festhalle Elgersweier

Abbildung 9 gibt eine Übersicht über die Bestandsanlagen und die geplanten Anlagen (Ausschnitt).



Datengrundlage: Wärmeverbrauchsdaten und Wärmenetzdaten der Wärmeversorgung Offenburg, Leitungsverläufe des Erdgasnetzes, bekannte Heizzentralen und BHKW der Wärmeversorgung und der Stadt Offenburg

GIS – Karte(n): Bestehende Wärmenetze mit Leitungsverlauf und Gasnetzinfrastruktur, Wärmenetz mit Bestandsnetz und Ausbaustufen bis 2026, Bekannte Heizzentralen und BHKW.

1.3.2 Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude

Die Energieinfrastruktur gibt Hinweise zu Art und Menge der zur Wärmeversorgung eingesetzten Energieträger. Im folgenden Abschnitt wird der aktuelle Stand der Wärmeenergieversorgung der Stadt Offenburg beschrieben. Zunächst wird der Ausbaustand der Gasnetz- und Wärmenetzinfrastruktur (leitungsgebundene Energieträger) dargestellt. Anschließend folgt eine Auswertung der nicht-leitungsgebundenen Energieträger.

Leitungsgebundene Energieträger

Der örtliche Gasnetzbetreiber hat im Rahmen des kommunalen Wärmeplans adressscharfe Verbrauchswerte für den Energieträger Erdgas zur Verfügung gestellt. Diese wurden anhand der Baublöcke datenschutzkonform aggregiert. *Abbildung 10* enthält die geografisch aufbereitete Information. Zum einen wurden die aggregierten Verbrauchswerte auf einer Skala von < 1 Mio. kWh/Jahr und > 50 Mio. kWh/Jahr farblich im Baublock dargestellt. Zum anderen wurde mit einem Punktesystem prozentual dargestellt, wie hoch der Anteil des Gasverbrauchs im Baublock ist. Deutlich lassen sich die überwiegend erdgasversorgten Gebiete, mit einem hohen Anteil Erdgasverbrauch, und Gebiete, in denen es keinen Erdgasverbrauch gibt, unterscheiden (siehe rote Markierungen).

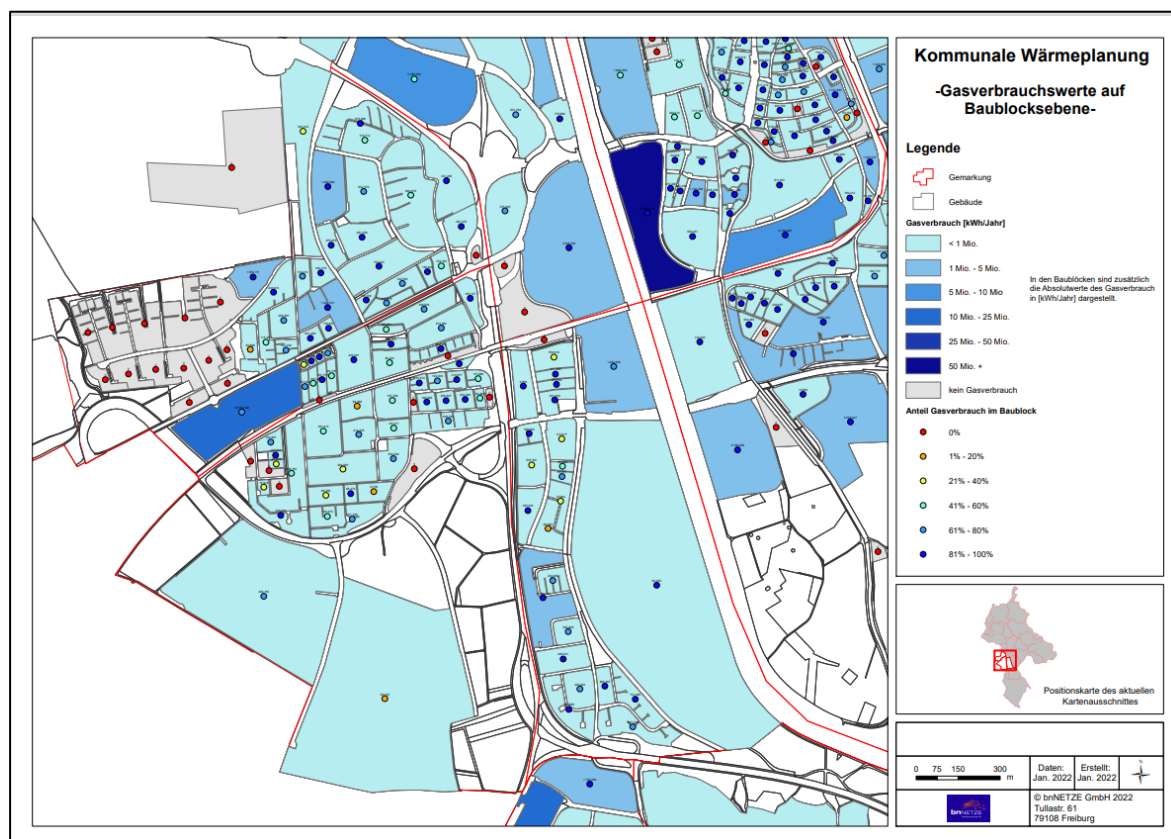


Abbildung 10: Gasverbrauch auf Baublockebene (Ausschnitt)

Stand Dezember 2023

Die Daten für die Strom-Speicherheizungen und für die Wärmepumpen hat die Stadt Offenburg vom regionalen Stromversorger der Syna GmbH/ Netze Mittelbaden GmbH erhalten. Hierfür wurden gesonderte Darstellungen angefertigt. In *Abbildung 11* ist dargestellt, in welchen Gebieten Heizungsstrom als Energieträger genutzt wird und wie hoch der Anteil des Heizungsstroms am Gesamtwärmebedarf im Baublock ist.

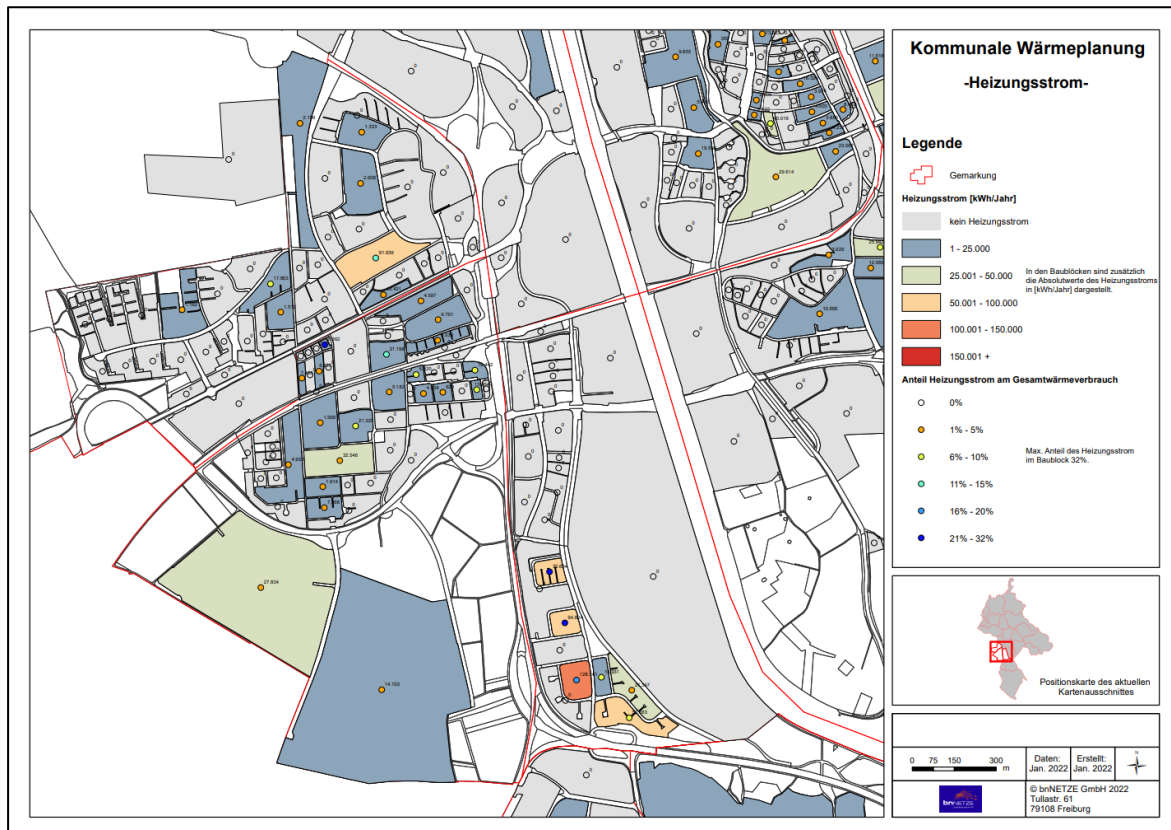


Abbildung 11: Heizungsstrom mit Anteil im Baublock (Ausschnitt)

Die nachfolgende Dichtekarte (Abbildung 12) verdeutlicht die Gebiete, in denen u.a. Heizungsstrom als Energieträger genutzt wird. Anhand der unterschiedlichen Schattierungen kann man der Karte räumliche Konzentrationen von Stromspeicherheizungen (dunkelblau) entnehmen.

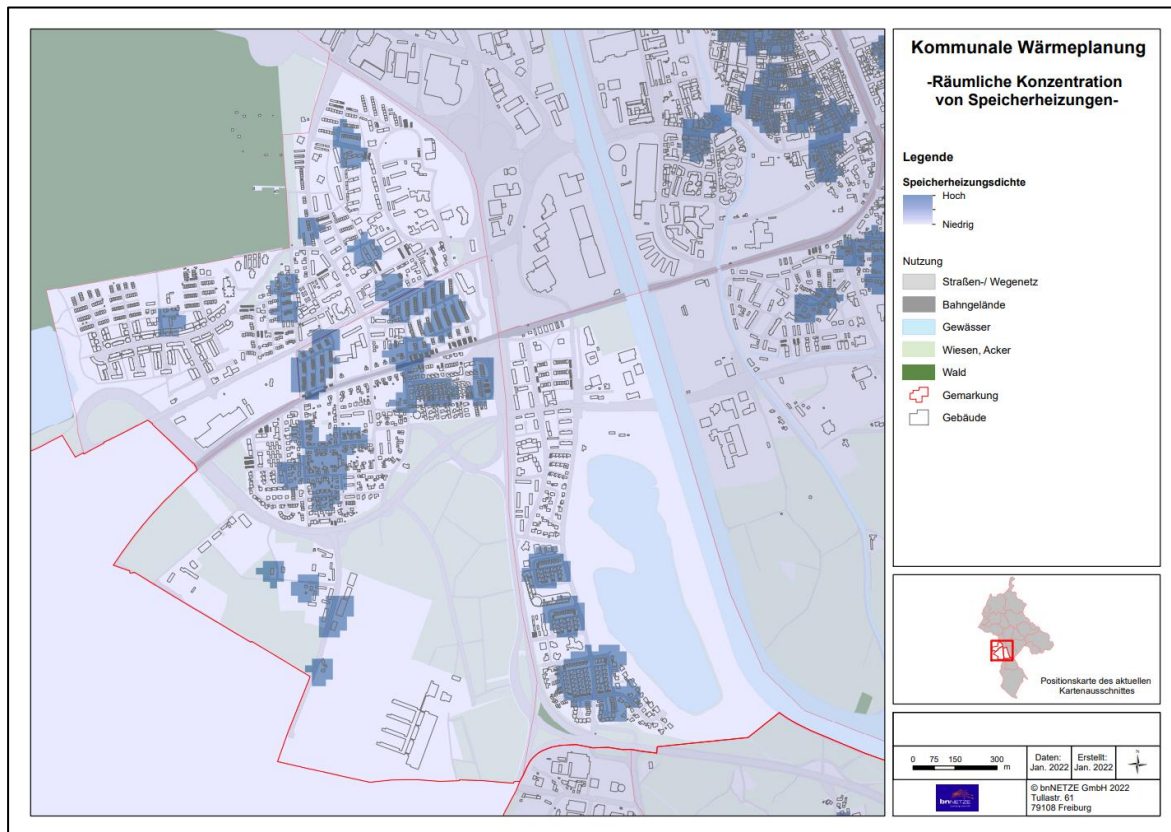


Abbildung 12: Dichtekarte Heizungsstrom (Ausschnitt)

Nicht-leitungsgebundene Energieträger

Anhand der Schornsteinfegerdaten können die nicht-leitungsgebundenen (Heizöl, Holz (-pellets), Kohle, Flüssiggas etc.) Verbrauchsstellen verortet werden. In *Abbildung 13* ist farblich dargestellt, wie viele nicht-leitungsgebundene Verbrauchsstellen in jedem Baublock enthalten sind. Um der Aussage mehr Gewichtung zu geben, wurde zusätzlich mit Punkten dargestellt, wie viel Prozent der Anteil der nicht-leitungsgebundenen Verbrauchsstellen im Baublock beträgt.

Die räumliche Verteilung zeigt sehr gut die Gebiete, in denen es einen hohen Anteil an nicht-leitungsgebundenen Energieträgern gibt und wie hoch wiederum der Anteil dieser Energieträger im Baublock ist.

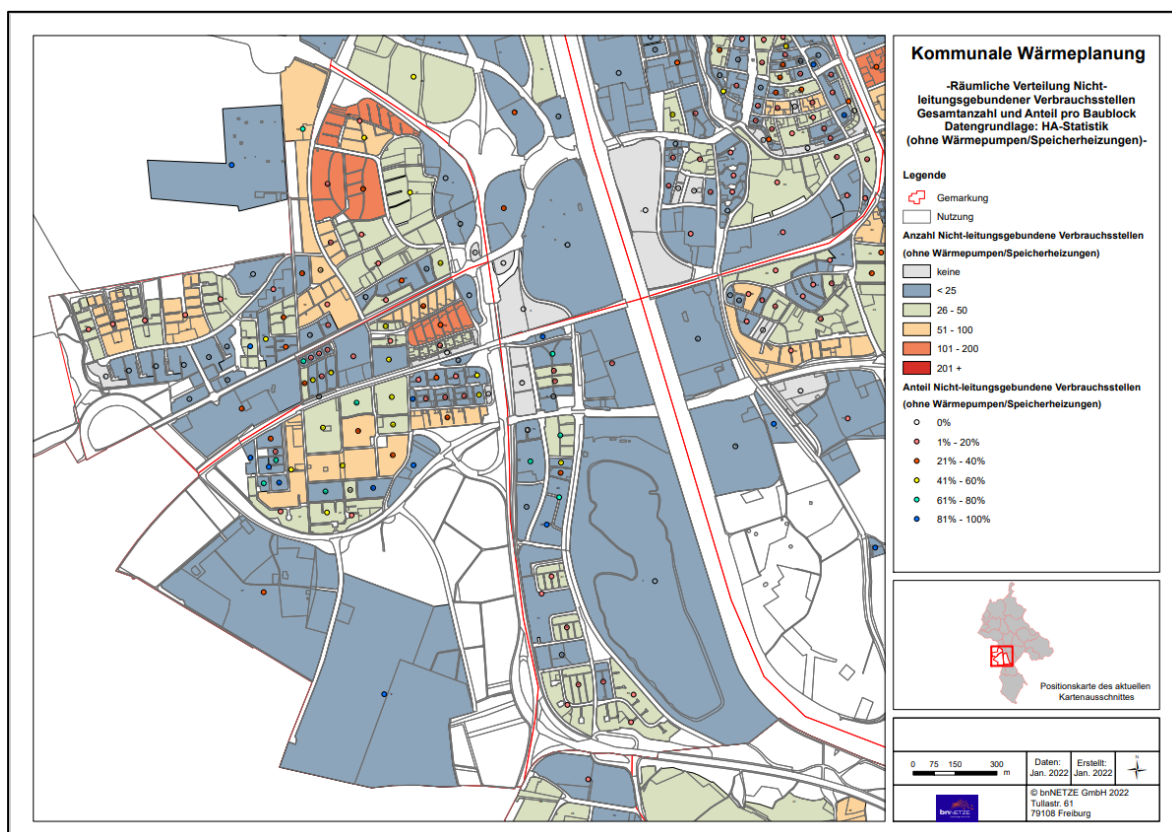


Abbildung 13: Nicht-leitungsgebundene Verbrauchsstellen mit Anteil im Baublock (Ausschnitt)



In *Abbildung 14* ist die Anzahl der Wärmepumpen in den einzelnen Baublöcken dargestellt. Sogenannte Luft-Wasser-Wärmepumpen entziehen der Umgebungsluft Wärme und geben sie auf einem höheren Temperaturniveau an das Heizsystem ab. Je niedriger der Temperaturhub zwischen Quelle und Vorlauftemperatur, desto effizienter arbeiten Luft-Wasser-Wärmepumpen. Im Vergleich zu Erdwärmepumpen, die das ganze Jahr über eine gleichbleibende Wärmequelle verfügen, sind Luft-Wasser-Wärmepumpen weniger effizient, aber bei den Anschaffungskosten günstiger. Zudem sind die baulichen Voraussetzungen geringer und dadurch die Installation nahezu in jedem Gebäude möglich. Diese Technologie kann nicht nur in energetisch effizienten Neubauten, sondern auch im Bestand eingesetzt werden. Ein ökologischer und ökonomischer Betrieb wird bei dieser Technologie durch möglichst niedrige Heizsystemtemperaturen bestimmt. Dabei müssen nicht unbedingt Flächenheizsysteme eingesetzt werden, sondern oftmals reichen die vorhandenen, oft überdimensionierten Heizkörper aus. Eine energetische Sanierung der Gebäudehülle unterstützt den effizienten Einsatz einer Wärmepumpe. Eine weitere Einschränkung bzw. Ausschlusskriterium ist der Lärmschutz. Für benachbarte Grundstücke müssen die Grenzwerte der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) für die jeweiligen Gebiete eingehalten werden.

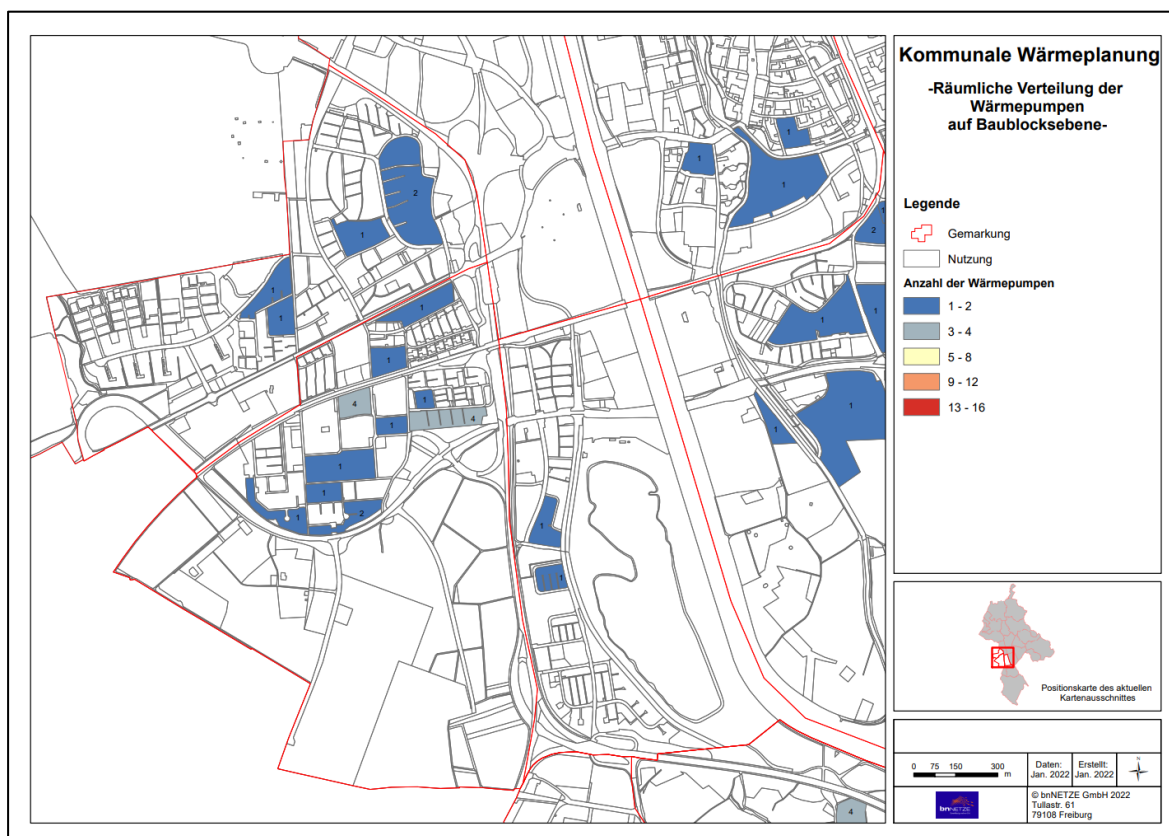


Abbildung 14: Anzahl der Wärmepumpen im Baublock (Ausschnitt)

Stand Dezember 2023

Die Wärmepumpendichtekarte verdeutlicht zudem, in welchen Gebieten ein hoher Anteil an Wärmepumpen vorhanden ist (s. *Abbildung 15*).

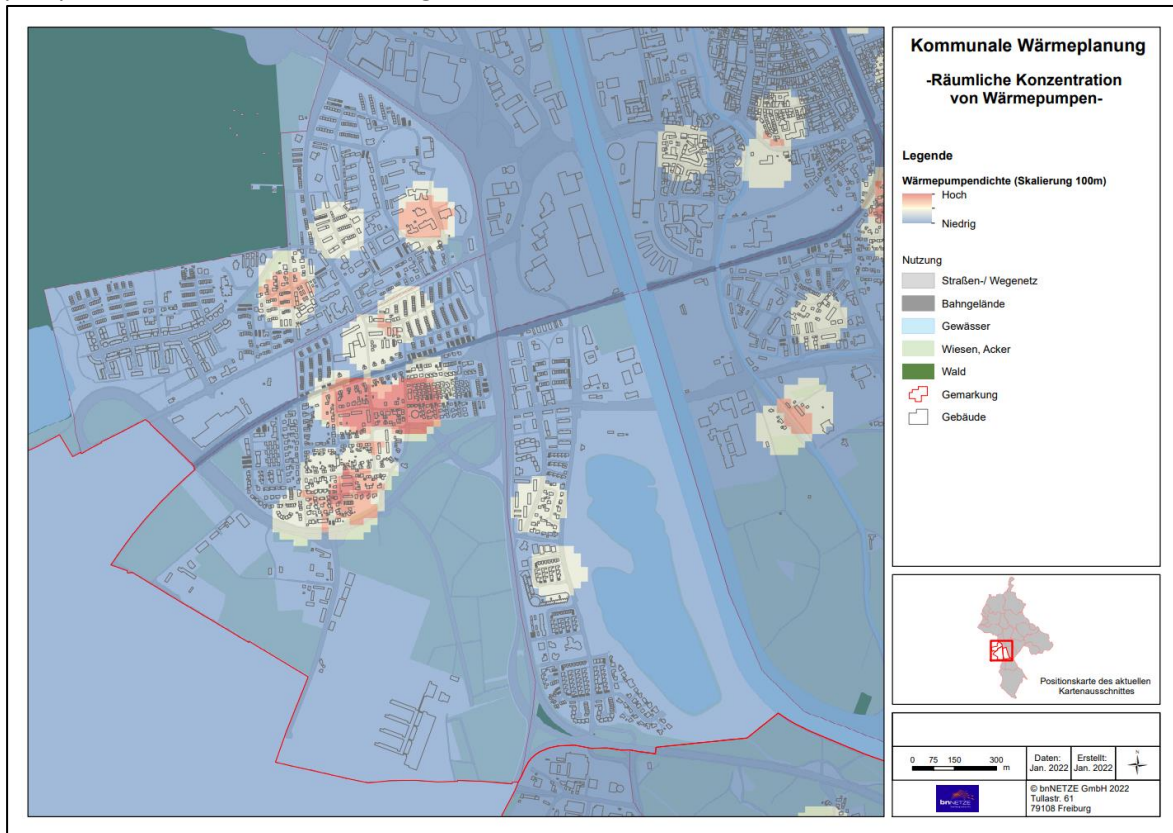


Abbildung 15: Dichtekarte Wärmepumpen (Ausschnitt)

In Offenburg gibt es vereinzelt Stadtteile, in denen noch Kohle als Energieträger eingesetzt wird. Auf dem Ausschnitt in *Abbildung 16* sind zwei Baublöcke zu sehen (oberer und rechter Bildrand), in denen noch eine geringe Menge an Kohle als Energieträger eingesetzt wird. Der Anteil der Kohle am Wärmeverbrauch im Baublock beträgt in Offenburg jedoch nie mehr als vier Prozent.

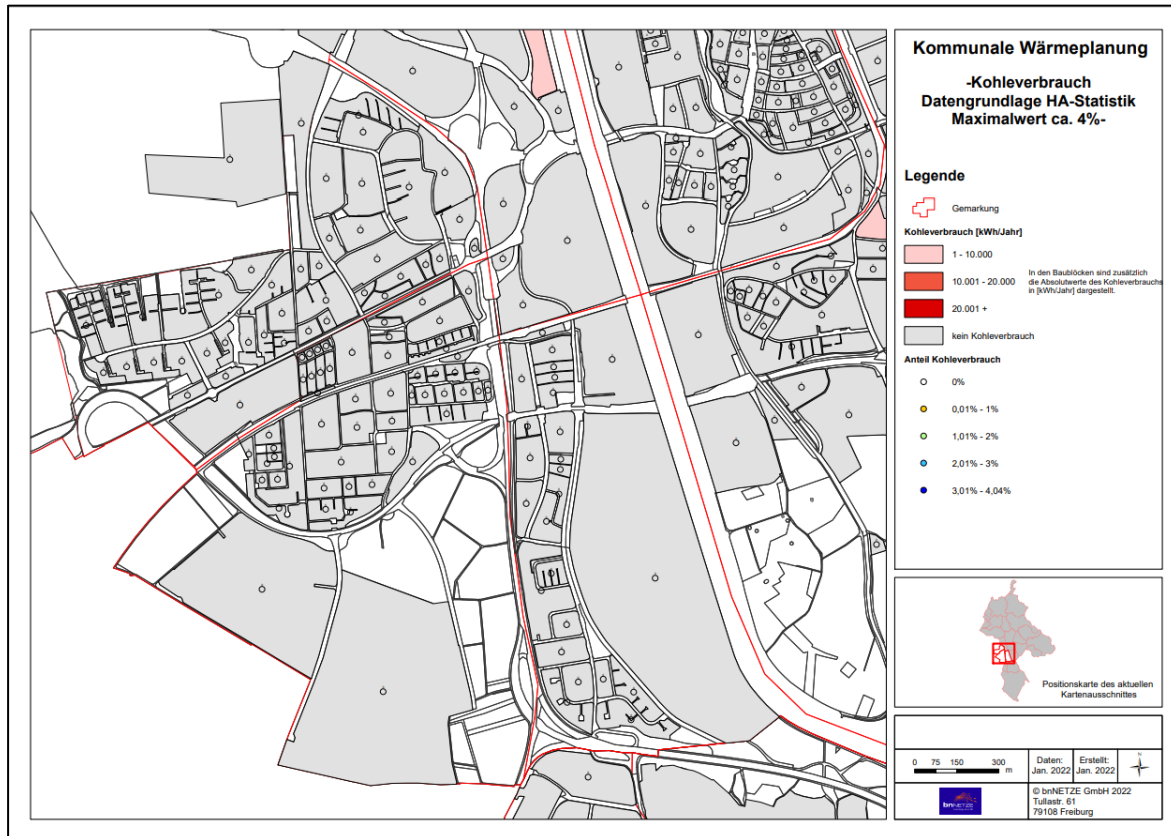


Abbildung 16: Kohleverbrauch auf Baublockebene (Ausschnitt)

Stand Dezember 2023

Anders sieht es beim Heizölverbrauch aus. In *Abbildung 17* ist deutlich sichtbar, dass Heizöl in den meisten Baublöcken noch als Energieträger eingesetzt wird. Die unterschiedlichen Farben in den Baublöcken zeigen, wie hoch der Heizölverbrauch jeweils im Baublock ist. Die Punkte zeigen, wie hoch der Heizölanteil am Gesamtwärmeverbrauch im Baublock ist. Vereinzelt gibt es Baublöcke, bei denen der Anteil des Heizölverbrauchs über 60 Prozent liegt. Gebiete mit einem hohen Anteil an Ölheizungen spielen in der kommunalen Wärmeplanung eine besondere Rolle, da in diesen fossilen, nicht leitungsgebundenen Arealen der Transformationsdruck klimaneutral zu werden, eventuell in der Zukunft auch an einen Energieträgerwechsel gekoppelt ist.

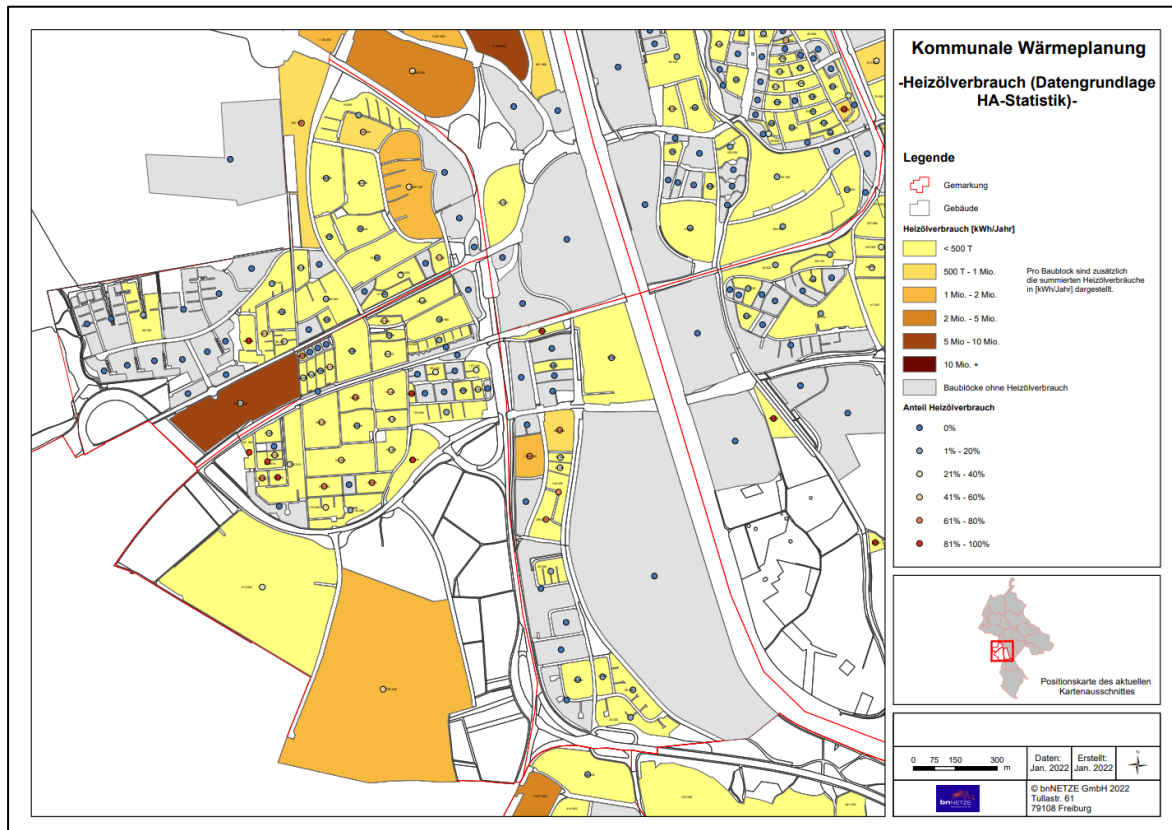


Abbildung 17: Heizölverbrauch und prozentualer Anteil im Baublock (Ausschnitt)



In einzelnen Baublöcken wird auch Flüssiggas als Energieträger eingesetzt. In *Abbildung 18* ist der Flüssiggasverbrauch auf Baublockebene für den gewählten Ausschnitt des Stadtgebiets dargestellt. Die Punkte geben an, wie hoch der Anteil von Flüssiggas als Energieträger am Wärmeverbrauch im Baublock ist.

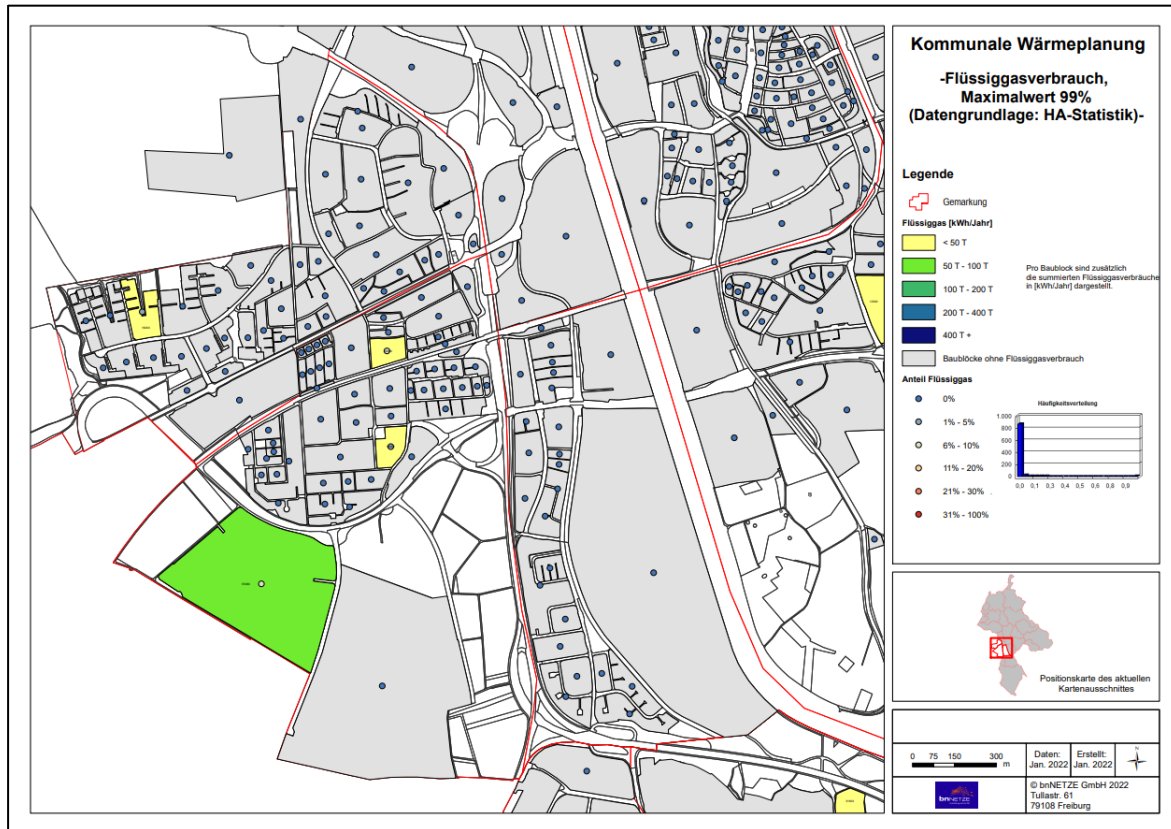


Abbildung 18: Flüssiggasverbrauch und prozentualer Anteil im Baublock (Ausschnitt)

Klärgas als Energieträger fällt in Offenburg an der Kläranlage des AZV Offenburg an (s. *Abbildung 19*). Das bei der Kläranlage im Faulturm entstehende Klärgas wird im BHKW als Energieträger eingesetzt. Die erzeugte elektrische Energie wird für den Kläranlagenbetrieb verwendet. Die erzeugte thermische Energie wird für die Beheizung der Faultürme und der Betriebsräume eingesetzt.

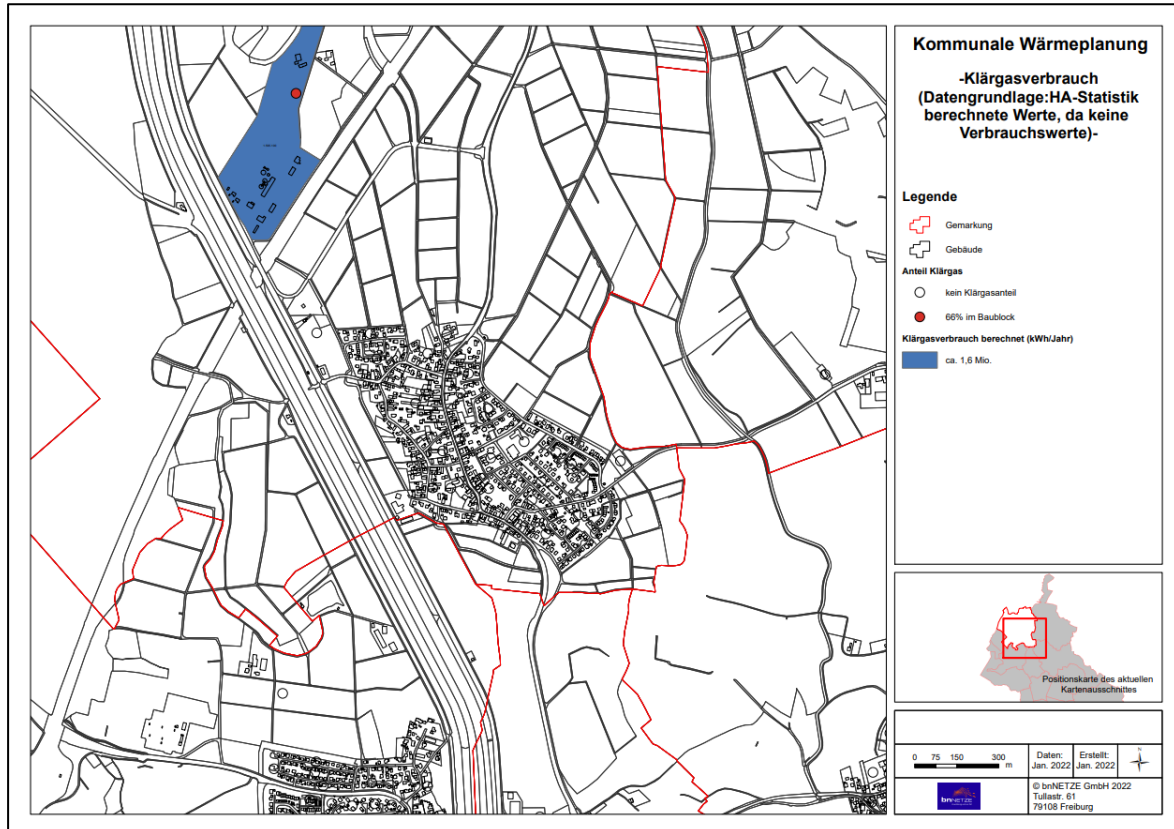


Abbildung 19: Klärgasverbrauch und prozentualer Anteil im Baublock (Ausschnitt)



Abbildung 20 enthält den Verbrauch von Holz als weiteren nicht-leitungsgebundenen Energieträger für den ausgewählten Ausschnitt im Stadtgebiet. In den Baublöcken ist der Gesamtverbrauch farblich abgestuft, der Holzanteil im Baublock ist als farblicher Punkt prozentual dargestellt. Auffällig hierbei ist der dunkelgrüne Baublock am unteren Bildrand. Hierbei handelt es sich um die Justizvollzugsanstalt (JVA) Offenburg, welche einen großen Teil der Wärme über eine Hackschnitzelanlage deckt.

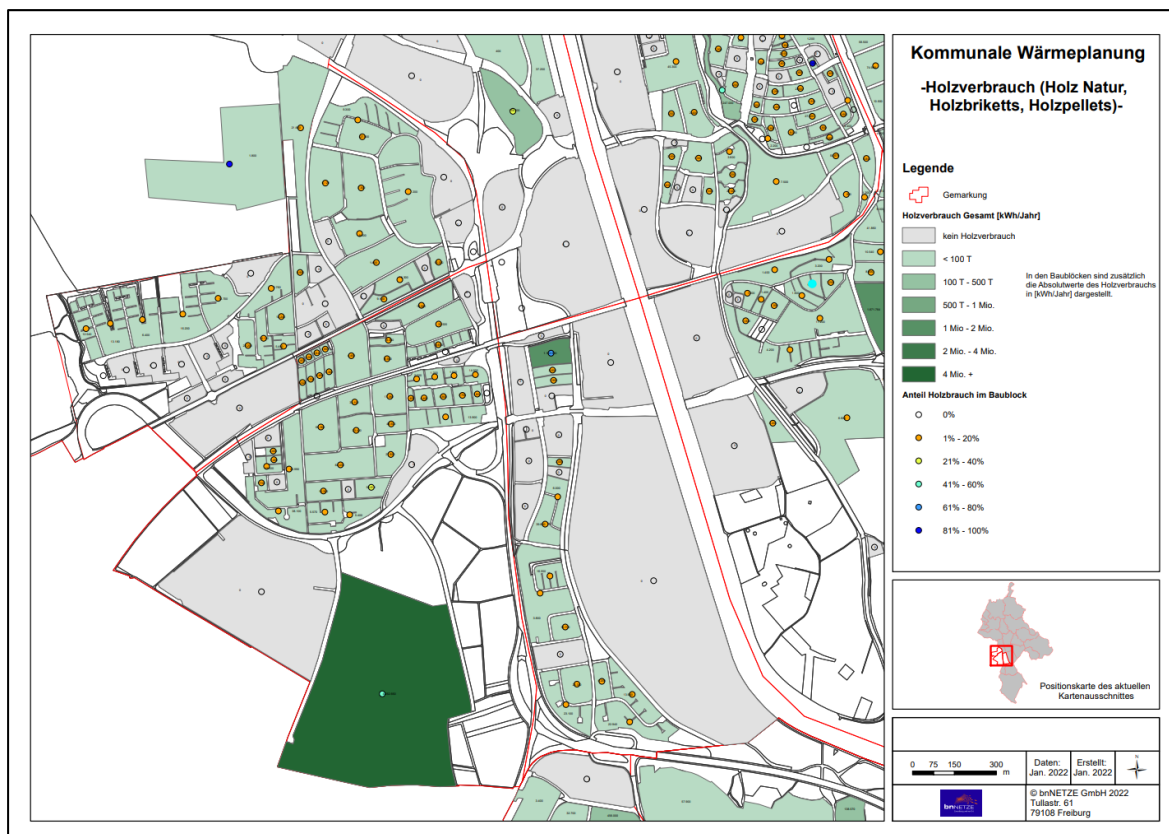


Abbildung 20: Holzverbrauch (Ausschnitt)

1.3.3 Altersstruktur der Heizanlagen

Abbildung 21 zeigt die Altersstruktur der Heizanlagen verteilt auf die Baublöcke für den ausgewählten Ausschnitt im Stadtgebiet. Es wurde pro Baublock ein durchschnittliches Baujahr der Heizanlagen errechnet. Die Gebäudestruktur der eher älteren Kernstadt weist auch entsprechend Heizanlagen mit einem durchschnittlich älteren Baualter auf. Die äußeren entwickelten Siedlungsbereiche verfügen über einen höheren Anteil von Baublöcken mit einem jüngeren durchschnittlichen Baujahr der Heizanlagen. Gerade in den Baublöcken mit einem durchschnittlich höheren Heizungsalter gibt es Handlungsbedarf und eventuell aufgrund von einem anstehenden Kesseltausch auch eine höhere Bereitschaft den Energieträger zu wechseln bzw. an ein Wärmenetz anzuschließen.

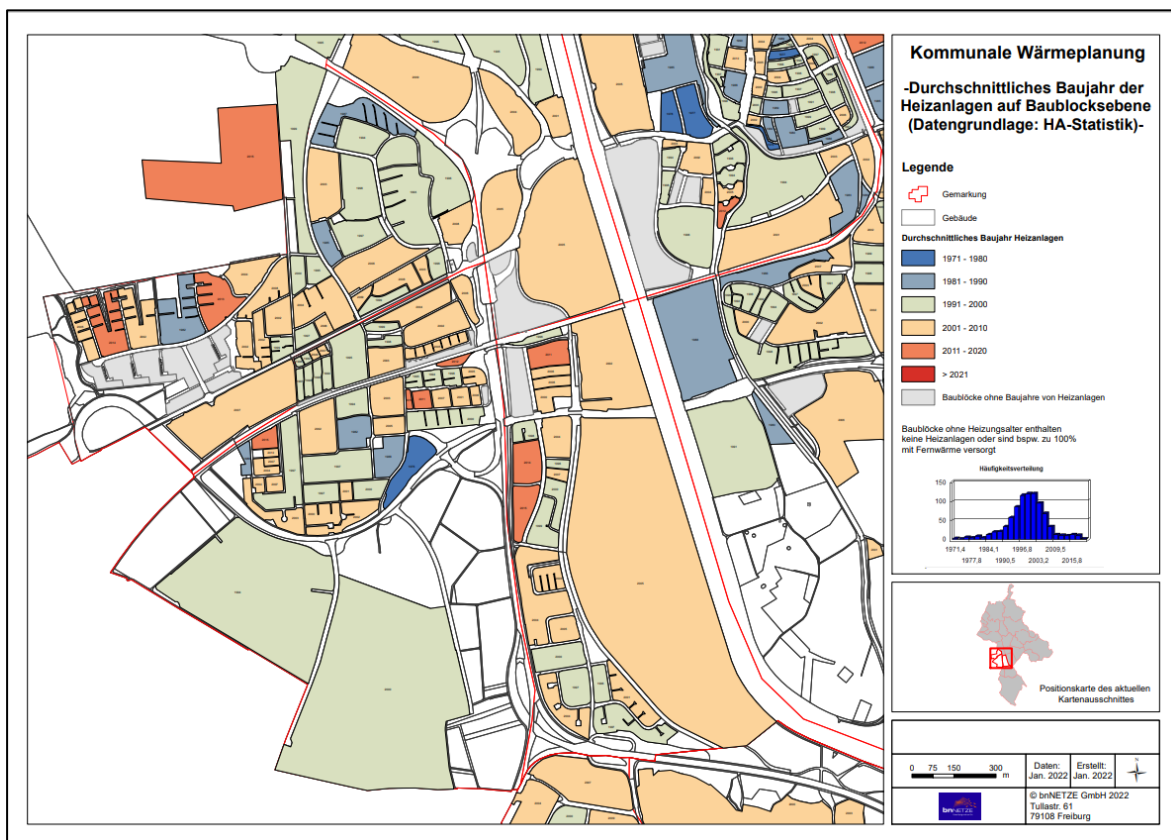


Abbildung 21: Altersstruktur der Heizanlagen (Ausschnitt)

Datengrundlage: Verbrauchswerte Erdgasnetzbetreiber, Stromnetzbetreiber, Heizanlagenstatistiken der Schornsteinfeger

GIS – Karte(n): Erdgasverbrauch auf Baublockebene, Nicht-leistungsgebundene Energieträger im Baublock mit Anteil, Verteilung Heizungsstrom, Dichtekarte Heizungsstrom, Verteilung Wärmepumpen, Dichtekarte Wärmepumpen, Kohleverbrauch pro Baublock, Heizölverbrauch pro Baublock, Flüssiggasverbrauch pro Baublock, Klärgasverbrauch, Verteilung Holzverbrauch mit Anteil im Baublock, Altersstruktur der Heizanlagen

2 Potenzialanalyse

Im folgenden Kapitel werden die vorhandenen Potenziale analysiert und bewertet. Aufgeteilt werden die Potenziale in erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung sowie in erneuerbare Stromquellen für die Wärmeversorgung.

2.1 Potenziale erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung

2.1.1 Biomasse

Hintergrund

Bei der energetischen Nutzung der Biomasse kann zwischen Energieholz und Biogas unterschieden werden. Energieholz in der Form von Stückholz, Holzpellets oder Holzhackschnitzel wird aus der Forstwirtschaft sowie aus der Holzverarbeitenden Industrie gewonnen und wird hauptsächlich für die Wärmeerzeugung genutzt, während Biogas aus verschiedenen Substraten, vor allem aus der Landwirtschaft, erzeugt werden kann und sowohl für die Erzeugung von Strom als auch von Wärme genutzt wird.

Im Rahmen des kommunalen Wärmeplans wurde das Potenzial an Biomasse (Biogas und Energieholz) für die energetische Nutzung auf dem Stadtgebiet Offenburgs durch eine empirische Erhebung (Befragung, statistische Daten) ermittelt. Es wird zunächst das technische Potenzial anhand des tatsächlichen Massenaufkommens der Biomasse beziffert, anschließend werden die aktuellen Verwertungspfade aufgeführt.

Eine effektive Nutzung von Biomasse wird durch eine Kaskadennutzung erreicht. An der Spitze dieser Pyramide steht die Nutzung von Biomasse als Nahrungsmittel. In einer zweiten Nutzungsstufe wird eine stoffliche Nutzung der Biomasse, wie beispielsweise die Herstellung von Baustoffen oder Verpackungsmaterialien, überprüft. Erst im Anschluss ist eine energetische Nutzung sinnvoll. In dieser Studie wird daher der Schwerpunkt auf das Energiepotenzial von Reststoffen gelegt, die bisher keinem Verwertungspfad unterliegen oder durch einen kosteneffizienten und ökologischen Verwertungspfad ersetzt werden können.

Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus Ackerpflanzen

Eine leicht zugängliche Quelle für Biomasse sind die Reststoffe, wie sie bei der Bewirtschaftung von Ackerflächen anfallen. Die meisten dieser organischen Reststoffe können als Substrat für eine Biogasanlage verwendet werden. In Offenburg werden auf einer Fläche von 934 ha Ackerpflanzen kultiviert (Stand 2020). Auf diesen Flächen werden verschiedene Getreidearten angebaut, davon hauptsächlich Körnermais.

Reststoffe der Körnermaisbewirtschaftung stellen mit umgerechnet ca. 2.616 MWh/Jahr das größte verfügbare Energiepotenzial der ackerbaulichen Reststoffe dar. Reststoffe der Körnermaisproduktion sind die Stängel und Blätter, die in der Regel entweder zum Humusaufbau auf dem Feld verbleiben oder in Form von Silage der Tierernährung dienen. Getreidestroh (Winter- und Sommergerstenstroh) kommt auf ca. 70 MWh/Jahr. Auf Silomais entfallen zusätzlich 55 ha. Silomais stellt somit ein verfügbares Energiepotenzial von umgerechnet 1.041 MWh/Jahr dar. Raps wird auf rund 72 ha angebaut. Die Rapsrückstände verfügen über ein Energiepotenzial von rund 1.025 MWh/Jahr.

Stand Dezember 2023

Zusätzlich zu den Reststoffen aus dem bestehenden Ackeranbau können auch brachliegende Flächen, die sich für den landwirtschaftlicher Anbau von Pflanzen für die Lebensmittelproduktion nicht eignen, für den Anbau von Energiemais genutzt werden. Mais ist ein erprobtes Biogassubstrat mit einer hohen spezifischen Biogasausbeute. Eine Bepflanzung der brachliegenden Flächen, z.B. mit Energiemais, könnte daher sinnvoll sein. Lediglich 71 ha (sieben Prozent) der Ackerfläche in Offenburg liegen nach Angaben des STALA BW brach. Zur Kalkulation des Energiepotenzials dieser brachliegenden Fläche wird ein Anbau von Energiemais mit einem um 50 Prozent verminderten Ertrag angesetzt. Durch den Anbau von Energiemais auf den brachliegenden Flächen könnten zusätzlich 2.239 MWh/Jahr an Energie generiert werden.

Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich in Offenburg auf 16 Haupteinzelbetriebe und 50 Nebenerwerbslandwirte. Eine ökologische Bewertung der Nutzung dieser Biomasse ist abhängig davon, ob diese Reststoffe als organischer Dünger oder zur Tierernährung genutzt werden. Im ersten genannten Fall stellt die Nutzung dieser Reststoffe in einer Biogasanlage eine Wertschöpfung dar, da am Ende des Biogasprozesses erneut ein hochwertiger Dünger entsteht. Bei Letzterem ist eine Falluntersuchung notwendig, ob die als Tierfutter genutzte Biomasse kostengünstig und unter ökologischen Gesichtspunkten äquivalent substituiert werden kann.

Neben den Ackerflächen werden in Offenburg weitere 281 ha als Dauergrünlandflächen genutzt. Die auf diesen Flächen produzierte Grassilage gilt auch als Reststoff und kann in einer Biogasanlage verwertet werden. Grassilage von Dauergrünlandflächen weist in Offenburg ein Energiepotenzial von über 1.302 MWh/Jahr auf. Rund 139 ha werden als Rebland genutzt. Nach dem Keltern bleibt ein Pressrückstand zurück, der sogenannte Traubentrester. Er umfasst Kerne, Schalen und teilweise Rispen. Traubentrester wird meistens als Dünger in den Weinberg ausgebracht, eignet sich aber gut als Biogassubstrat. Am Ende des Biogasprozesses entsteht ein hochwertigerer Dünger sowie Strom und Wärme. Das Energiepotenzial würde hier 182 MWh pro Jahr betragen. Mit dem Obstanbau auf ca. 79 ha Fläche lassen sich zusätzlich ca. 349 MWh Energie aus Obsttrester nutzen.

Insgesamt ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von ca. 8.294 MWh/Jahr aus der energetischen Nutzung von Ackerbaupflanzen und Grassilage.

Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Tierhaltung

Die Nutzung von tierischen Exkrementen als Biogassubstrat ist ökologisch sinnvoll, denn die vergorene Gülle bzw. der ausgefaulte Festmist kann nach der Nutzung in einer Biogasanlage in Form von Biogasgülle als hochwertiger organischer Dünger auf das Feld ausgebracht werden.

Das Statistische Landesamt gibt für Offenburg einen Hühnerbestand von 1.066 Tieren, einen Rinderbestand von 636 Tieren und einen Pferdebestand von 24 Tieren im Jahr 2020 an. Weitere Tiere aus der Viehwirtschaft werden nicht angegeben. Das energetische Potenzial des Pferdemists liegt bei 76 MWh, das Potenzial der Rindergülle bei 644 MWh und das des Hühnerkots bei 2 MWh.

Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen

Eine energetische Nutzung von Rest- und Abfallstoffen ist aus ökologischer Sicht sehr attraktiv, da keine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln besteht und es sich teilweise um Abfallstoffe handelt, die bisher entsorgt werden müssen.

Die Nutzung der organischen Abfälle birgt ein energetisches Potenzial von ca. 3.737 MWh/Jahr. Die Verwertung in einer Biogasanlage in Offenburg (oder Umgebung) wird in dieser Studie jedoch ausgeschlossen, da die Entsorgung dieser Abfälle in der Verantwortung des Landkreises Ortenau liegt. Diese werden zusammen mit dem Restmüll in der Müllverwertungsanlage Kahlenberg nach dem dort entwickelten ZAK-Verfahren verwertet.

In Offenburg gibt es die Molkerei Schwarzwaldmilch, welche im Rahmen der Biomasseuntersuchung auch auf Reststoffe befragt wurde. Im Produktionsprozess fallen hier Molkereiabfälle im Umfang von ca. 6.575 t pro Jahr an. Diese bergen ein energetisches Potenzial von ca. 4.275 MWh. In Molkereien fällt meist Abwasser zum Beispiel bei Reinigungs- und Spülvorgängen in der Produktion an. Diese Abfälle lassen sich unter bestimmten Voraussetzungen zu Biogas aufbereiten. Da Molkereien oft individuelle Arbeitsprozesse und eigene Kreisläufe haben, gilt es hier das Potenzial wirtschaftlich zu prüfen.

Gesamterzeugungspotenzial Biogas

Das technische Biogaspotenzial summiert sich in Offenburg auf einen Gesamtwert von ca. 15.409 MWh/Jahr, was im Rahmen der Stromerzeugung einem elektrischen Biogaspotenzial von 5.855 MWh/Jahr entsprechen würde und einer Biogasanlage mit ca. 861 kW_{el} Leistung.¹ Das größte theoretische Potenzial besteht, wie oben beschrieben, in der energetischen Nutzung der Reststoffe von Körnermais und auf Brachflächen angepflanztem Energiemais.

In dieser Studie unberücksichtigt bleiben allerdings konkurrierende, insbesondere aber bestehende Verwertungspfade und die Transportkosten der Biomasse, die nur durch individuelle Befragungen und Prüfungen ermittelt werden können. In einem weiteren Schritt ist eine Wirtschaftlichkeitsanalyse notwendig, welche besonders die vorher genannten Punkte berücksichtigt.

Biomasse aus der Forstwirtschaft

Die Quantifizierung der kommunalen Energieholzpotenziale konnte einerseits durch konkrete Holzeinschlagsdaten, andererseits auf Basis von Erfahrungsberichten der zuständigen Forstverwaltung durchgeführt werden.

In Offenburg beläuft sich die Waldfläche auf 2.662 ha. Davon sind 2.282 ha Stadtwald und 380 ha in Privatbesitz. Das eingeschlagene Holz wird energetisch genutzt und als Hackschnitzel (1.900 fm/Jahr) und Brennholz (5.800 fm/Jahr) verwendet. Nach Auskunft der zuständigen Förster wird die Waldfläche in Offenburg bereits nachhaltig bewirtschaftet, so dass keine zusätzlichen energetischen Potenziale vorhanden sind. Bisher ungenutzter Zuwachs verbleibt vor allem aus Gründen der Ökologie und Nachhaltigkeit im Wald.

Datengrundlage: Stala Daten BW, Abfrage bei Unternehmen mit potenziellen Reststoffen, Abfrage bei zuständigen Förstern, Abfrage bei TBO zu Landschaftspflegematerial.

GIS – Karte(n): -

2.1.2 Geothermie

Erdwärme kann in der Stadt Offenburg auf verschiedenen Ebenen einen Beitrag zur Wärmewende leisten. In *Abbildung 22* ist das Geothermiepotenzial in den einzelnen Baublöcken dargestellt und in *Tabelle 1* werden die quantitativen Potenziale aufgelistet. Im Bereich der oberflächennahen Geothermie lassen sich viele private Wohngebäude mit Erdwärmesonden beheizen. Allerdings stehen insbesondere im Zielgebiet der Machbarkeitsuntersuchung das Alter und der hohe Wärme- bzw. Leistungsbedarf der Gebäude einer effizienten direkten Anwendung im Wege. In den eng bebauten Arealen sind dazu auch die Grundstücksflächen oft zu klein, um mehrere Erdwärmesonden abzuteufen. Genehmigungsverfahren für notwendige Eingriffe in den Untergrund werden durch die Behörden eher restriktiv gehandhabt.

¹ Für die Berechnung des Erzeugungspotenzials für Wärme und Strom wurden folgende Annahmen getroffen: Mit den verfügbaren Substratpotenzialen wird eine Anlage für 6.800 Vollaststunden ausgelegt. Elektrischer Wirkungsgrad von 38 %, thermischer Wirkungsgrad von 54 %. Dabei werden 40 % der erzeugten Wärme für den Eigenbedarf der Anlage benötigt.

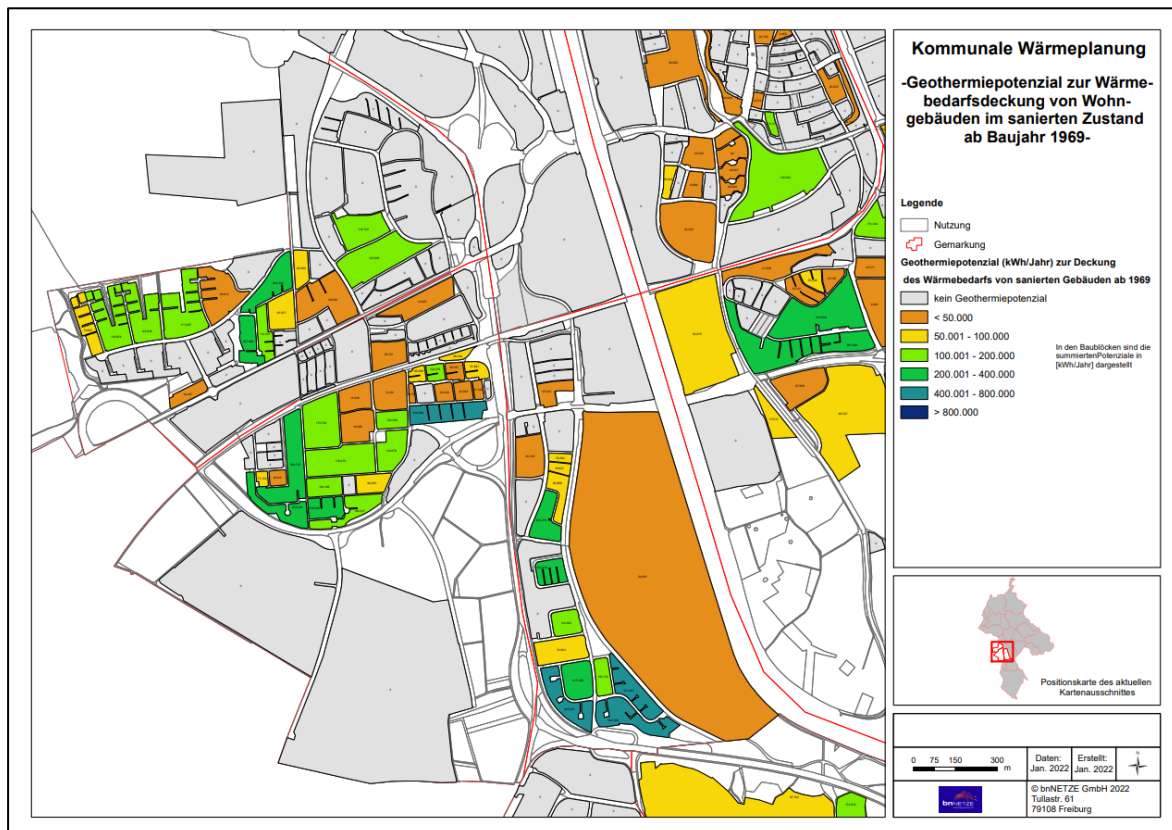


Abbildung 22: Geothermiepotenzial zur Wärmebedarfsdeckung von Wohngebäuden - im sanierten Zustand ab Baujahr 1969

Für die erdwärmegebundene Versorgung eines Wärmenetzes oder großer Gebäudekomplexe müssen Freiflächen gefunden werden, die jeweils mehrere hundert Quadratmeter umfassen, da in Erdwärmefeldern der nötige Abstand zwischen den Sonden besonders groß sein kann. Zudem sollten diese Flächen natürlich nicht gleichzeitig für den Straßenverkehr, oder für regelmäßige Ansammlungen von Menschen genutzt werden. Anhand von gängigen Algorithmen, die für Softwareprogramme zur Berechnung von Erdwärmesonden verwendet werden, können die Entzugsleistungen für Erdwärmesondenfelder verschiedener Größe ermittelt werden. Die Ergebnisse dienen dennoch mehr einer groben Abschätzung des Wärmepotenzials, da die Auslegung von Erdwärmesondenfeldern stark von der Geometrie der Sondenbelegung in Verbindung mit der Tiefe der Sonden abhängig ist. Die bereits oben genannten Hindernisse für die Anwendung sind die gleichen. Für viele potenzielle Erdwärmesondenfelder wird eine behördliche Erlaubnis nur schwer zu erreichen sein.

Ein weiteres Potenzial bietet die Installation von Grundwasserbrunnen. Als grobe Richtgröße kann hier ein Potenzial von 2,2 MW für zehn Brunnen angegeben werden. Ein einzelner Brunnen könnte unter den vermuteten Gegebenheiten des Untergrundes zwischen 100 und 300 kW Entnahmelistung anbieten. Obwohl im betrachteten Gebiet mehrere Grundwasserschutzgebiete ausgewiesen sind, ist das Gesamtpotenzial von Grundwasser zur oberflächennahen Erdwärmenutzung dennoch als sehr hoch einzustufen. Allerdings sind Voruntersuchungen der Gewässerchemie und zur Grundwasser-Ergiebigkeit nötig. Auf genauere quantitative Potenzialangaben wird daher an dieser Stelle verzichtet.

Für die Nutzung der Tiefengeothermie, bei der in deutlich über 400 m Tiefe Gesteinsschichten gebohrt wird, kann auf die Potenzialangaben aus der GeORG-Studie von 2012 zugegriffen werden. Über eine Anwendung der Tiefengeothermie im Gebiet Goldscheuer, westlich von Offenburg, wird schon länger nachgedacht.

Allerdings hatten sich die Untersuchungen bisher immer auf die Stromproduktion fokussiert, so dass mit dem Schadensfall in Basel im Jahr 2005 auch dieses Vorhaben beendet wurde. Nichtsdestotrotz ist der Aufbau des Untergrundes grundsätzlich sehr gut geeignet für verschiedene Formen der Anwendung. Zum einen könnten Thermalwässer mit ca. 140 °C gehoben und über eine Anbindung an ein Wärmenetz in Offenburg technisch angeschlossen werden. Der potenzielle thermische Leistungsbe- reich der hydrothermalen Geothermie wird hier grob mit 4 bis 6 MW berechnet. Für eine petrother- male Geothermie in Tiefen von über 3.000 m u. GOK könnten auch 13 MW thermische Leistung erzeugt werden. Bei den angegebenen Temperaturen kann eine Stromproduktion möglich sein, vorausgesetzt die Quellschüttungen lassen dies im wirtschaftlichen Maße zu. Zu berücksichtigen ist, dass die Para- meter der Berechnungsformeln erheblichen Schwankungen unterliegen können. Alle Angaben werden in Tabelle 1 zusammengefasst und spiegeln Richtgrößen wider.

Tabelle 1: Potenzial-Ergebnisse

Anwendung	Parameter	Potenziale
Grundwasserbrunnen	Grundwasserbrunnen bei k_F Werten zwischen 0,001 und 0,003 m/s und im Mittel je 10 l/s Quellschüttung	Zwischen 100 und 300 kW Ent- zugsleistung je Brunnen. Bei SCOP = 3,75 wird eine Gesamt- leistung von ca. 2,2 MW bei 10 Brunnen erreicht.
Dezentrale Erdwärmenutzung	Abhängig vom Wärmebedarf der Wohngebäude und vom Platzangebot der Grundstücke	Ca. 64 GWh/Jahr, entspricht ca. 20 % des Gesamtwärme- verbrauchs im privaten Sektor in Offenburg
Erdwärmesondenfelder	Sondenfelder mit Erdwärme- sonden bei 99 m Länge	In der Größenordnung von 5- 15 GWh/Jahr als grobe Richt- gröÙe für das Potenzial in Of- fenburg, je nach Anzahl und Größe der Sondenfelder
Hydrothermale Geothermie	Thermalwasserhorizonte im Deckgebirge mit zwischen 115 °C und 140 °C Wassertem- peratur und bei 20 und 45 l/s Quellschüttung. Re-linjektion bei 40 bis 60 °C.	4 bis 6 MW thermische Brutto- leistung
Petrothermale Geothermie	Kristallinbohrung bis mindes- tens 3.000 m Tiefe bei 150°C und 50 l/s Wasserumlauf. Rein- jektion bei 60 °C.	13 MW thermische Bruttolei- stung sind zu erwarten

Datengrundlage: ISONG BW, Wärmekataster, GeORG.

GIS – Karte(n): Erdwärmesondenpotenzial auf Baublockebene, Geothermiepotenzial zur Wärmebe- darfsdeckung von Wohngebäuden - im sanierten Zustand ab Baujahr 1969.

2.1.3 Umweltwärme

In Deutschland stehen etwa 600.000 km Kanalnetz (Statista 2021) mit temperiertem Abwasser zur Verfügung, welches ein großes Potenzial für die Wärmewende darstellt. Diesem, in jeder Kommune vorhandenen, Kanalnetz können im Abwasserkanal oder im Auslauf einer Kläranlage theoretisch Wärmemengen entnommen werden. Im Winter liegt die Temperatur in konventionellen Abwasserkanälen mit 10 bis 12 °C deutlich höher als bei anderen Wärmequellen. Im Sommer liegt die Temperatur in den Kanälen bei ca. 15 bis 20 °C und ist damit meist kühler als die Außenluft. Somit bietet sich die Abwasserwärmenutzung nicht nur zum Heizen im Winter, sondern auch zum Kühlen im Sommer an. Die Verfügbarkeit von Abwasser als Wärmequelle bzw. -senke liegt sowohl zeitlich als auch räumlich günstig. Denn größere Mengen an Abwasser fallen in Ballungsräumen und Industriebetrieben an, wo man gleichzeitig einen hohen Energiebedarf hat. Das Angebot (Abwasserwärme) deckt sich dort zeitlich mit dem Bedarf (Wärmeenergiebedarf).

Um Wärme oder Kälte aus dem Abwasserkanal gewinnen zu können gibt es verschiedene Systeme. Die gängigsten sind Kanalwärmetauscher, die direkt im Kanal installiert werden und Bypasswärmetauscher.

Ein Kanalwärmetauscher kann nachträglich in Kanälen ab einer Nennweite von DN 400 installiert werden. Bei Neubau eines Abwasserkanals können Kanalelemente mit einem integrierten Wärmetauscher eingesetzt werden. Die Wärmetauscher Flächen bestehen aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit und sind meist doppelagig, um das Durchströmen eines Zwischenmediums zu ermöglichen. Bei diesem Prozess kann eine Leistung zwischen 2 und 4 kW pro m² dem Abwasser entnommen werden (DBU 2005). Die Länge eines Kanalwärmetauschers kann ohne weiteres 200-300 m betragen (DWA 2008).

Ein Bypasswärmetauscher entnimmt nur einen Teil des Abwasserstroms. Die Wärme wird hierbei über Doppelrohr- oder Plattenwärmetauscher übertragen.

Der Vorteil gegenüber einem Kanalwärmetauscher ist der nicht notwendige Eingriff in die bestehende Kanalleitung und die Unabhängigkeit von Kanalgröße und Geometrie. Jedoch sind Bypasswärmetauscher aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen nur für größere Systeme geeignet (Christ und Mitsdorffer 2009).

Nutzbar wird die Wärme mittels einer Wärmepumpe, die die Abwasserwärme auf ein höheres Temperaturniveau bringt. Die Abwasserwärme kann aber mittlerweile auch für die Einspeisung in kommunale Wärmenetze genutzt werden. Wichtige Faktoren bei der Abwasserwärmenutzung sind die Größe des Abwasserkanals, die Durchflussrate des Abwassers im Kanal (mindestens 15 l/s), die Temperatur, die Mindestabnahme, die Verfügbarkeit des Abwassers (Jahreszeitliche Schwankungen oder konstante Verfügbarkeit) und die Distanz zwischen Abwasserwärmequelle und Verbraucher (IFEU Studie).

Auch eine ortsansässige Kläranlage bietet, im Bereich des Kläranlagenauslauf, die Möglichkeit, die Abwärme des Abwassers mit einer Groß-Wärmepumpe zu nutzen, sofern dieser Prozess nicht den Ablauf der Anlage stört.

Die Stadt Offenburg hat im Jahr 2004 eine Studie zur Abwasserwärmenutzung an einzelnen kommunalen Liegenschaften durchgeführt. Diese Studie sollte mit dem Fortschritt der Technik und im Rahmen der Wärmenetzausbaustrategie ggf. erneuert werden.

2.1.4 Abwärme

Es wurden 19 Betriebe in Offenburg angeschrieben und gebeten, den Fragebogen zur Abwärmenutzung der KEA BW auszufüllen. Alle 19 Betriebe (an 26 Standorten) haben den ausgefüllten Fragebogen an die Stadt zurückgesandt.

Sechs Betriebe gaben an, dass sie auskoppelbare Abwärme zur Verfügung hätten. Bei den angegebenen Abwärmequellen handelt es sich um Dampf, Abwasser oder den Kühlkreislauf.

Es sollte nun geprüft werden, ob die anfallende Abwärme der Betriebe sich technisch-wirtschaftlich für die Nutzung in einem Wärmenetz erschließen lassen könnte.

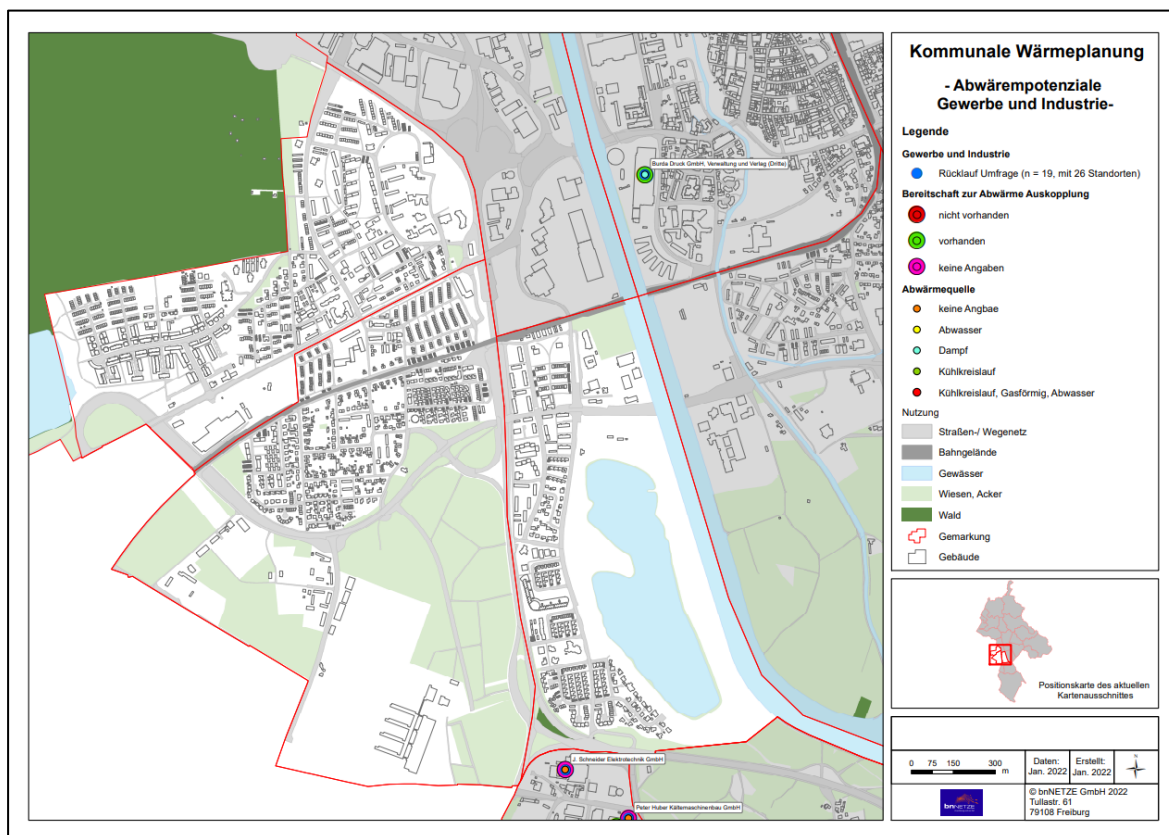


Abbildung 23: Abwärmepotenzial Gewerbe und Industrie (Ausschnitt)

Datengrundlage: Abwärme - Fragebogen der KEA (an ausgewählte Unternehmen versandt), konkrete Nachfrage bei Unternehmen

GIS – Karte(n): Abwärmepotenzial Gewerbe und Industrie

Stand Dezember 2023

2.1.5 Kraft-Wärme-Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sollen nach der Bundes- und Landesregierung einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Energiebereitstellung liefern (UMBW, 2015). Die Stadt Offenburg betreibt selbst 14 eigene Anlagen in kommunalen Einrichtungen (vgl. Kapitel 1.3.1).

Die Wärmenetze werden aktuell zum Teil mit Blockheizkraftwerken (Paul-Gerhardt Werk, Kreuzschlag, Konrad-Adenauer-Schule und E-Werk Mittelbaden) gespeist.

Diese Anlagen und noch weitere bestehende Anlagen, in privaten Haushalten oder Gewerbebetrieben, deckten im Jahr 2017 ca. zehn Prozent des Wärmebedarfs und ca. 14 Prozent des Stromverbrauchs der Stadt.

Für den Aufbau von Nahwärmeverbänden mit KWK-Anlagen bestehen in der Stadt Offenburg gute Potenziale, da die bestehenden Wärmenetze erweitert werden bzw. neue Wärmenetze entstehen sollen. Insbesondere in Kombination mit Sanierungs- und Quartierskonzepten in Bereichen mit großen Verbrauchern können Potenziale genauer identifiziert und untersucht werden. Bei anstehenden Heizungs-sanierungen von kommunalen Liegenschaften sollte der potenzielle Einsatz von KWK-Anlagen und ein möglicher Aufbau eines Nahwärmenetzes geprüft werden.

Neben den privaten Haushalten sollte besonders in Gewerbebetrieben der Einbau von KWK-Anlagen weiter vorangetrieben werden. Durch Öffentlichkeitsarbeit und der Vernetzung von Offenburger Unternehmen können die Betriebe die notwendigen Informationen erhalten. Der Umstieg auf KWK-Anlagen wird ihnen somit erleichtert.

Ein wichtiger Punkt, der jedoch beim Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung berücksichtigt werden sollte, ist, dass derzeit die Mehrheit dieser Anlagen mit fossilen Brennstoffen betrieben wird, daher muss hier die Defossilisierung und ein Betrieb dieser Anlagen mit erneuerbaren Energien oder synthetischen Gasen angestrebt werden.

2.2 Erneuerbare Stromquellen für Wärmeverwendung

2.2.1 Photovoltaik

Hintergrund

Die Stadt Offenburg hat aufgrund ihrer Lage eine günstige Solareinstrahlung, welche die Nutzung von Sonnenenergie außergewöhnlich wirtschaftlich macht. Laut Globalstrahlungsatlas der LUBW liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei ca. 1.113 kWh und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt (LUBW, 2020a).

Laut dem LUBW-Energieatlas gibt es in der Gemeinde 1.071 bestehende Anlagen, die im Jahr 2017 16.454 MWh Strom erzeugt haben. Mit fünf Prozent Anteil an der Stromerzeugung leistete die Photovoltaik im Jahr 2017 somit einen sichtbaren Beitrag zum Klimaschutz in der Stadt. Außerdem wurde im Jahr 2017 ein Prozent der Wärme in der Stadt über Solarthermieanlagen erzeugt.

Um das weitere Ausbaupotenzial der Solarenergie in der Stadt Offenburg genauer abzuschätzen, wurde das theoretische Solarflächenpotenzial auf Dachflächen und auf Freiflächen ermittelt und ausgewertet. Hierzu wurde auf den Energieatlas Baden-Württemberg der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) zurückgegriffen (LUBW, 2021).

Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden.

Solarenergiepotenziale auf bestehende Dachflächen

Die Auswertung des Solarpotenzials auf Dachflächen ergab, dass 92 Prozent der potenziellen Modulflächen als gut oder sehr gut geeignet eingeschätzt werden (vgl. Tabelle 2). Diese Dächer können aufgrund ihrer Ausrichtung und Neigung sehr gut für eine Belegung mit solarthermischen Anlagen oder mit Photovoltaikanlagen genutzt werden. Eine belastbare Aussage über Statik und Beschaffenheit der individuellen Dachpotenziale ist aber nur durch eine Prüfung vor Ort möglich.

Tabelle 2: Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik in Offenburg (Datengrundlage: LUBW, 2022, Energieatlas Baden-Württemberg)

Dachausrichtung	Gesamtfläche	Anteil an Gesamtfläche
Sehr gut geeignet	492.813 m ²	40 %
Gut geeignet	646.883 m ²	52 %
Bedingt geeignet	101.312 m ²	8 %

Stand Dezember 2023

In *Abbildung 24* ist die Eignung der Dachflächen grafisch dargestellt, so dass man sehr gut einen Überblick erhält, welche Gebäude im Kartenausschnitt eine sehr gute Dachflächenausrichtung bzw. -eignung aufweisen.

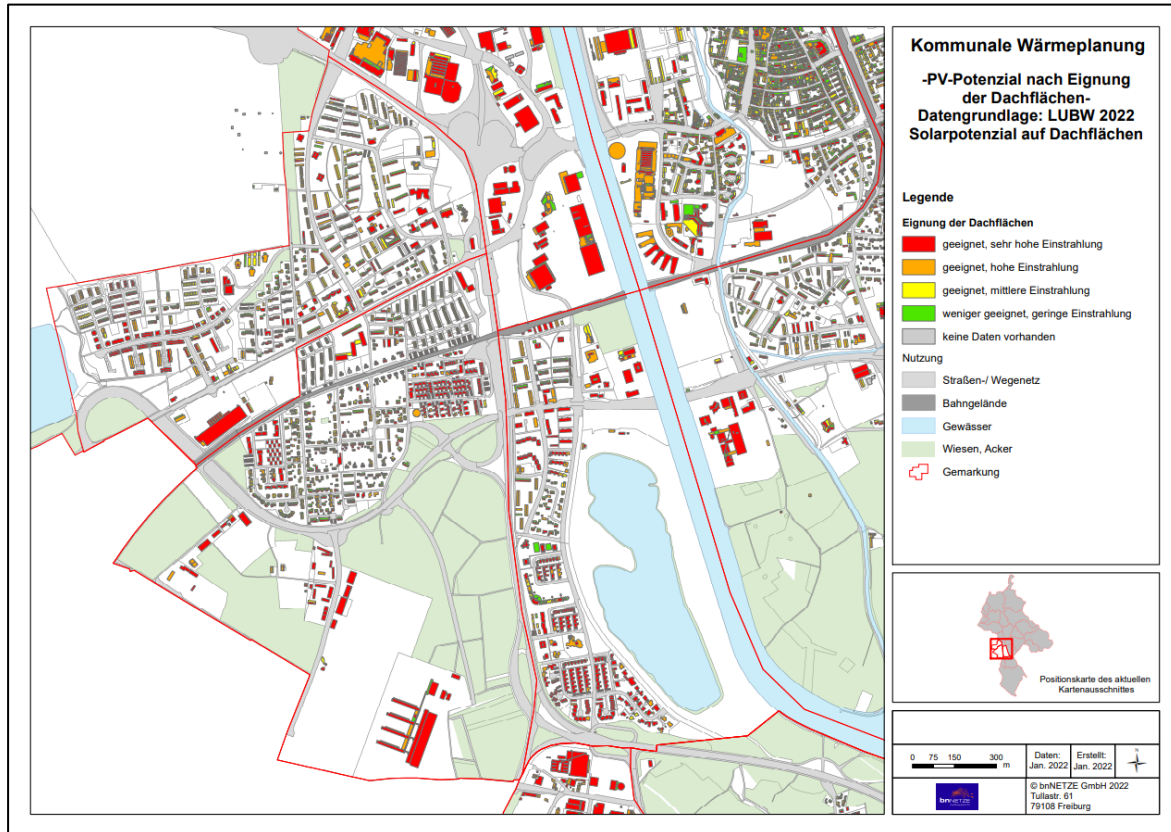


Abbildung 24: PV-Potenzial nach Eignung der Dachflächen

In *Abbildung 25* ist das PV-Potenzial auf Baublockebene für den Kartenausschnitt dargestellt. In den Baublöcken sind die Ertragswerte pro Baublock in MWh/Jahr dargestellt. Hierbei wurde nicht berücksichtigt, welche bestehenden Anlagen im Baublock vorhanden sind und wie hoch deren Ertragswert ist. Es handelt sich um ein Gesamtpotenzial pro Baublock.

Der weitere Zubau von PV-Modulen wird allerdings maßgeblich von der sich fortlaufend ändernden Gesetzeslage, Förderbedingungen, der Preisentwicklung der Module und Batterien sowie natürlich von der Investitionsbereitschaft der Gebäudeeigentümer und -eigentümer*innen abhängen.

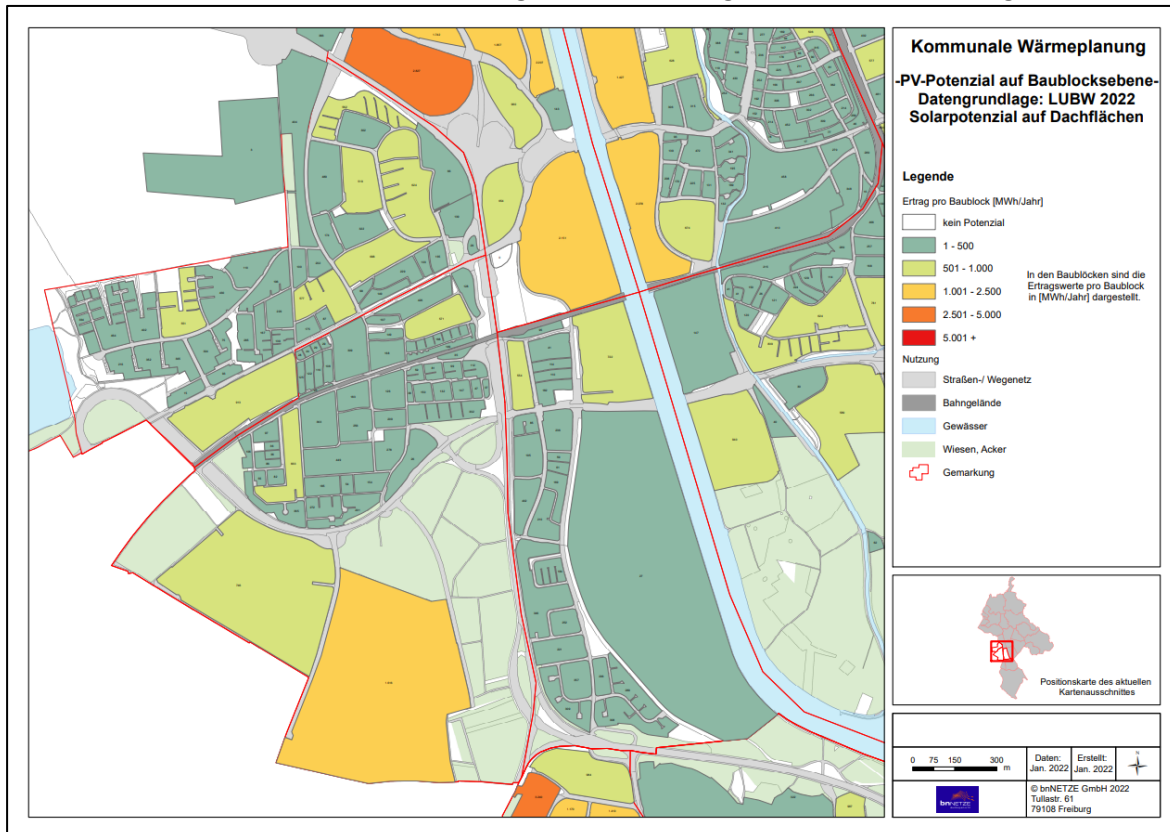


Abbildung 25: PV-Potenzial auf Baublockebene

2.2.2 Solarthermiepotenzial

Das Potenzial für Solarthermie wurde auf Grundlage der Daten des LUBW-Energieatlas berechnet. Hierzu wurden sämtliche als Potenzial ausgewiesenen Dachflächen berücksichtigt. Für die Solarthermie-Potenzialflächen wurde ein Jahresnutzungsgrad von 30 Prozent und ein Abminderungsfaktor für Flachdächer von 40 Prozent angenommen. Es erfolgte keine Berücksichtigung der jeweiligen Gebäudenutzung, auf welchen sich die Dachflächen befinden. Das Solarthermie-Potenzial gibt somit das absolut mögliche Potenzial der einzelnen Dachflächen an und wurde auf Baublockebene aggregiert und in MWh/Jahr dargestellt.

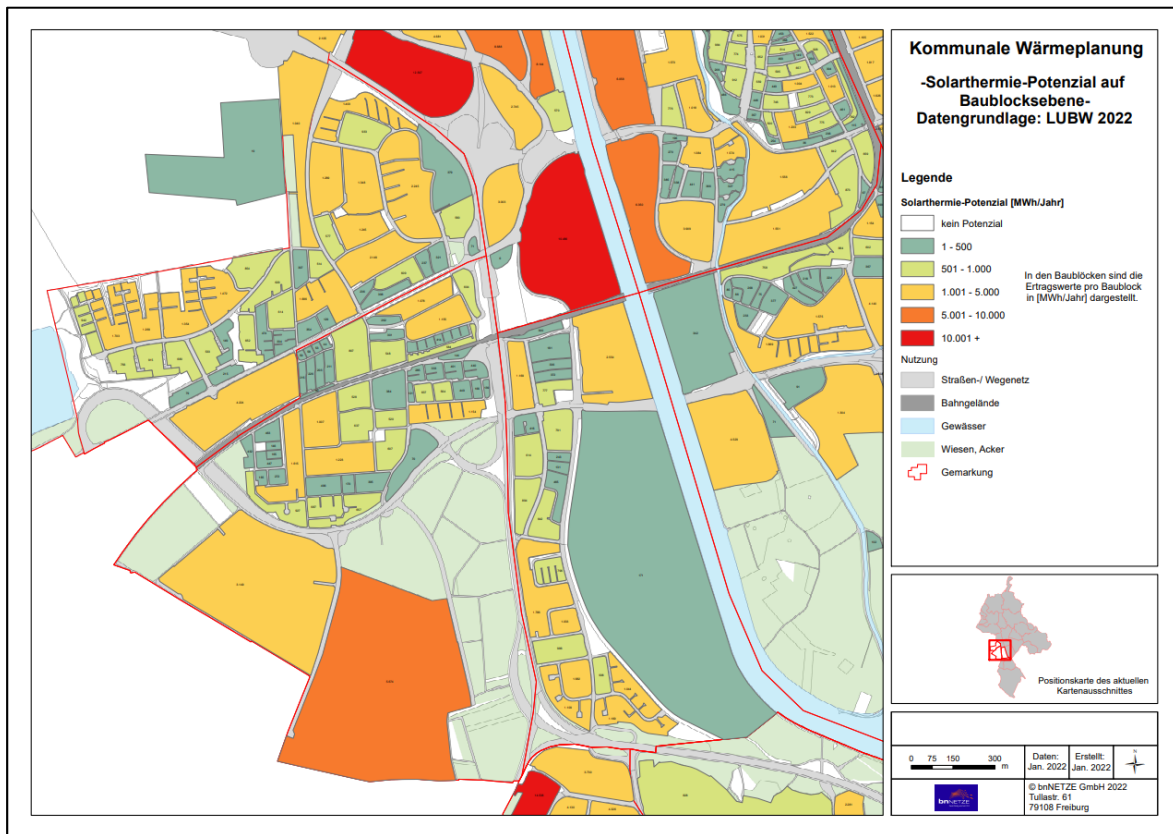


Abbildung 26: Solarthermie-Potenzial auf Baublockebene

2.2.3 Solarenergiepotenziale auf Freiflächen

Der Energieatlas Baden-Württemberg listet, zusätzlich zum PV-Potenzial auf Dächern, Angaben zum Potenzial für PV-Anlagen auf Freiflächen auf (LUBW, 2021), die theoretisch für PV-Nutzung nach dem EEG und der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) geeignet sind. Demnach sind mehrere Flächenabschnitte entlang der Bahnlinien und der Autobahn für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geeignet.

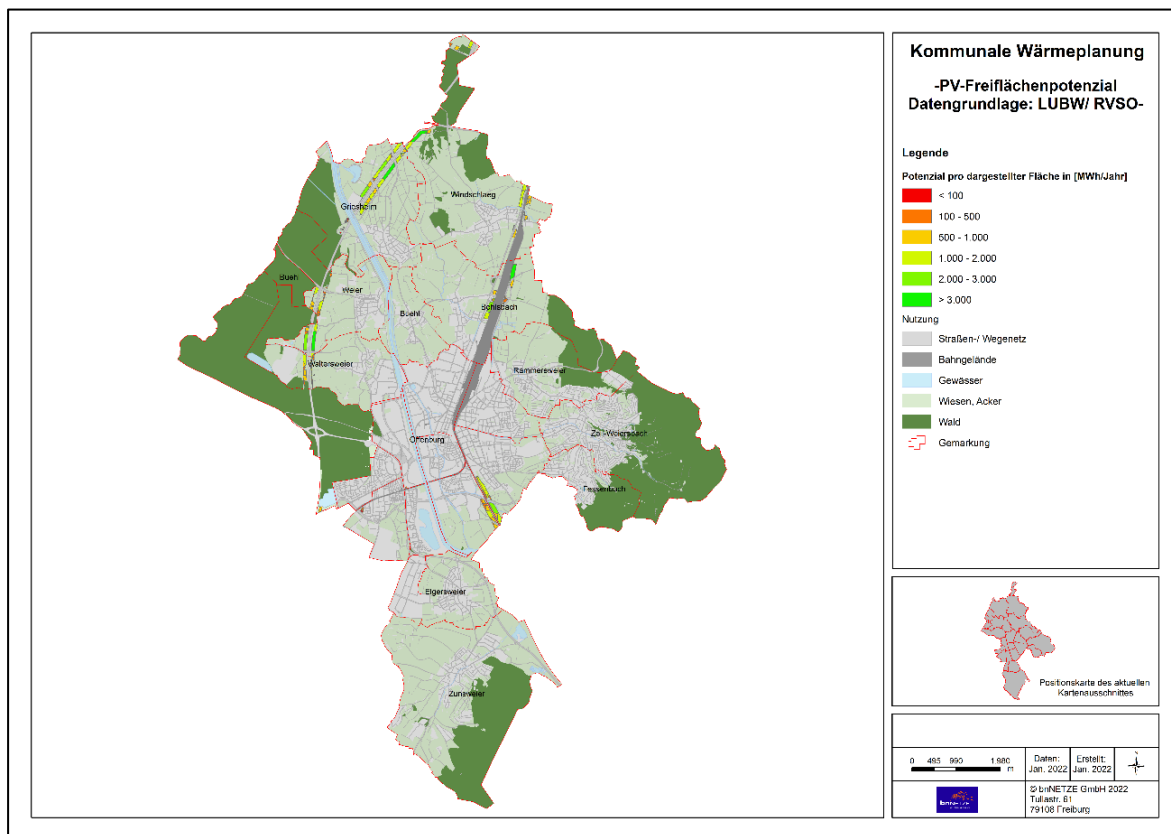


Abbildung 27: Freiflächen – Potenzialflächen

Laut Energieatlas BW sind davon rund 91 ha als geeignet eingestuft (vgl. *Tabelle 3*). Bedingt geeignet bedeutet, dass diesen grundsätzlichen Potenzialflächen bestimmte Restriktionen entgegenstehen, aufgrund derer mit Einschränkungen oder Auflagen zu rechnen ist (z.B. in Naturschutz-, Landschafts- schutz- oder Überschwemmungsgebieten) (LUBW, 2022).

Tabelle 3: Freiflächenpotenziale nach Standort und Eignungsklasse

Eignungsklasse	Potenzialflächen nach Standort	
	Entlang der Autobahn	Entlang der Bahnlinien
geeignet	50 ha	41 ha

Quelle: LUBW, 2022

In *Abbildung 28* ist das Stromerzeugungspotenzial der Freiflächen in Offenburg, aufgeteilt auf die Stadtgebiete, zusätzlich zu den bestehenden Anlagen, dargestellt. Ebenfalls sind hier die durch den Regionalverband südlicher Oberrhein (RVSO) zusätzlich angegebenen Restriktionsflächen abgebildet. Diese Flächen dienen z.B. der Grünzäsur und müssen von dem vom LUBW ausgewiesenen Potenzial noch abgezogen werden. In Offenburg bleiben dann 78,3 ha Potenzialfläche übrig, auf der theoretisch PV-Freiflächenanlagen realisiert werden könnten. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von 86.191 MWh.

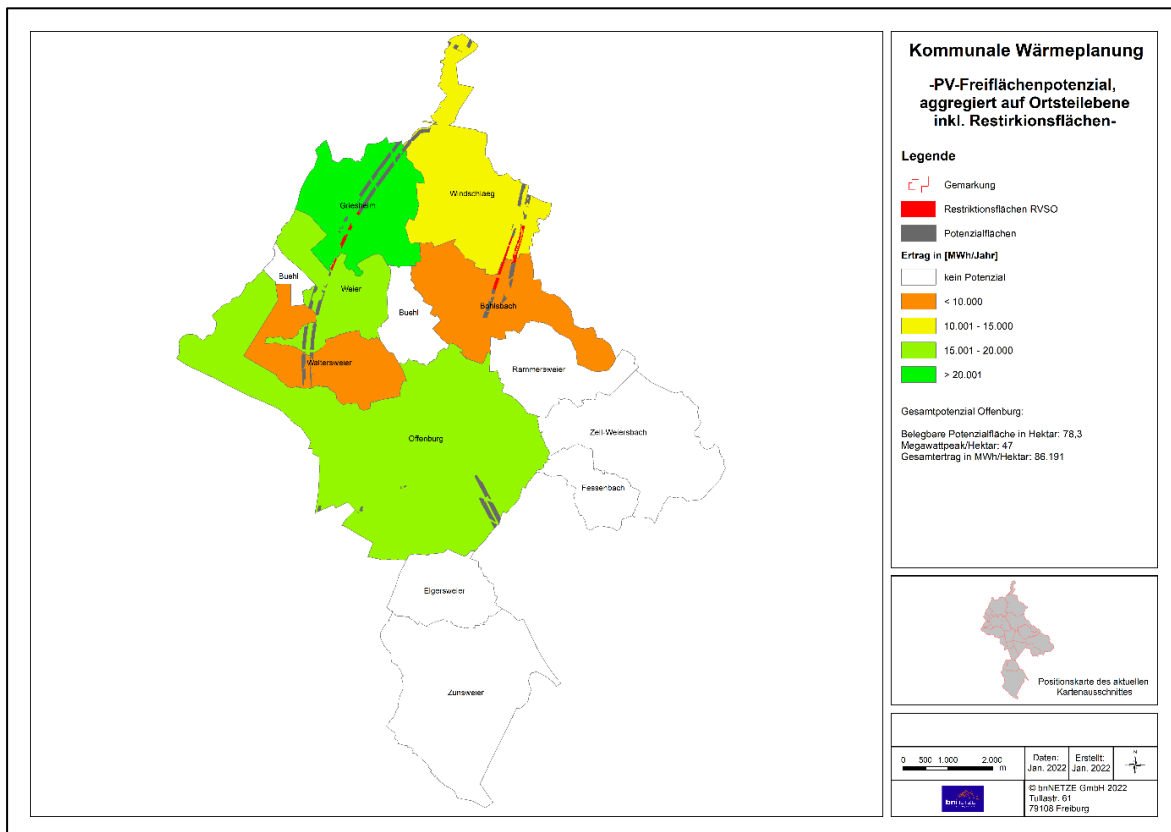


Abbildung 28: Freiflächenpotenzial aggregiert auf Ortsteilebene

Datengrundlage: LUBW Energieatlas, RVSO Abfrage zu Restriktionsflächen

GIS – Karte(n): PV-Dachflächenpotenzial auf Baublockebene, Solarthermiefpotenzial auf Baublockebene, Freiflächenpotenzial – Potenzialflächen, Freiflächenpotenzial aggregiert auf Ortsteilebene

2.2.4 Windkraft

Bei der Erfassung des Windkraftpotenzials wurde im ersten Schritt der Energieatlas des LUBWs herangezogen, der als erste Planungsgrundlage für die Suche nach wirtschaftlichen Standorten dient (LUBW, 2022).

Um eine bessere Aussage treffen zu können, wurden diese Ergebnisse mit den Berechnungen der badenovaWÄRMEPLUS in Zusammenarbeit mit dem grünen Emissionshaus zum Windpotenzial verglichen.

Bei der Auswertung potenzieller Standorte werden neben der Windgeschwindigkeit, auch immissionsschutzrechtliche Themen wie Schall und Schattenwurf, Naturschutz- und Raumordnungsbelange berücksichtigt. Als wirtschaftlich interessant für die Entwicklung von Windkraftanlagen gelten in der Regel Standorte mit hohen mittleren Windleistungsdichten.

Aus den Untersuchungen gehen zwei Potenzialgebiete auf Offenburger Gebiet hervor. Zum einen das Potenzialgebiet Escholzkopf / Brandeckkopf und zum anderen ein Gebiet rund um das Silberköpfle.

Bei dem Potenzialgebiet Escholzkopf / Brandeckkopf besteht ein Potenzial für sechs Windkraftanlagen, die zum Teil allein durch die Stadt Offenburg, zum Teil im Verbund mit Nachbargemeinden, umgesetzt werden könnten. Die Windgeschwindigkeit in dem Gebiet ist gut (freie Anströmung). Vereinzelt gibt es gesetzlich geschützte Biotope, diese müssen bei der weiteren Planung berücksichtigt werden.



Weiter gibt es einige weiche Kriterien, welche berücksichtigt werden müssen:

- Zentraler Bereich des Landschaftsschutzgebiets Brandeck
- Auerhuhn: Kategorie 4 (keine Restriktionen)
- Bannwald südlich des Gebietes.

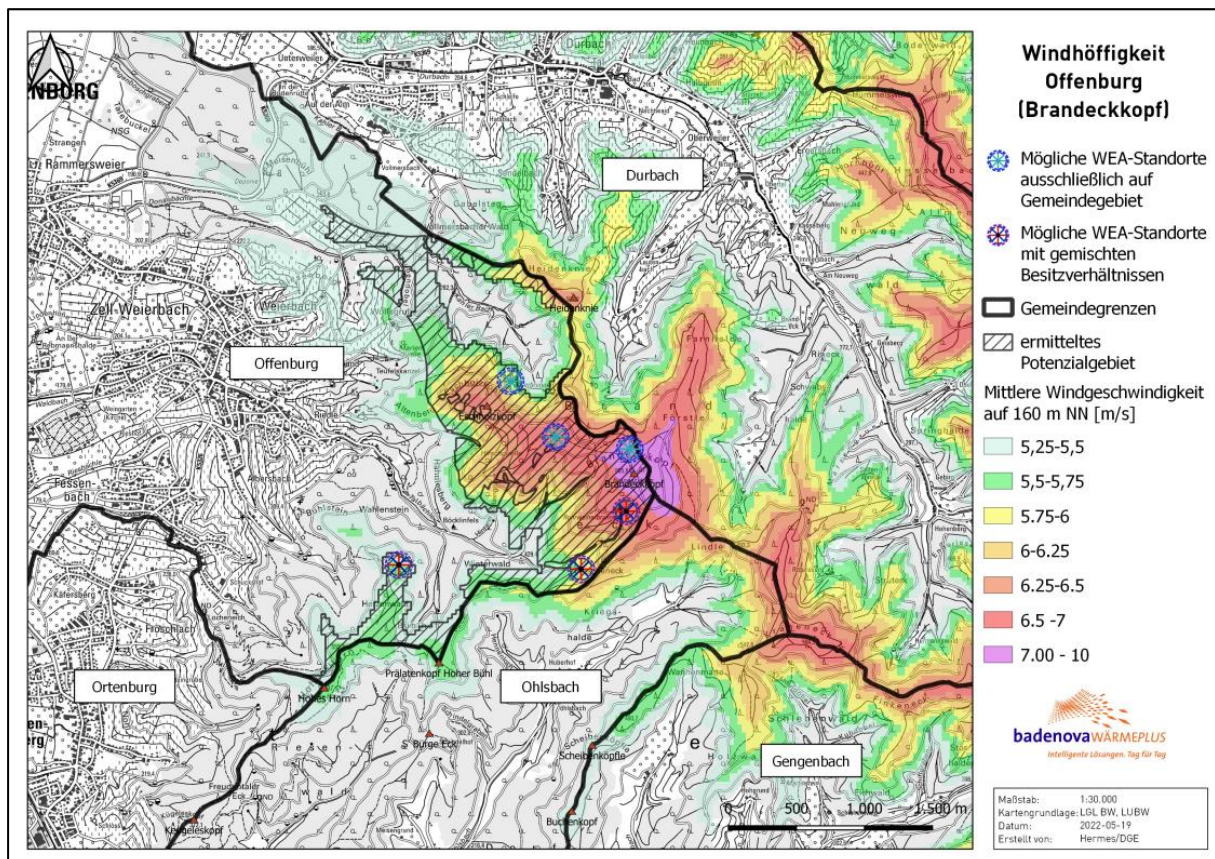


Abbildung 29: Windhöflichkeit Offenburg – Brandeckkopf

Bei dem Potenzialgebiet Silberköpfe gäbe es Potenzial für fünf Windkraftanlagen. Hier herrschen befriedigende Windgeschwindigkeiten (Geländehöhe und Abschattung durch Erhebungen im SW). Gleichzeitig gilt es hier einige Restriktionen / Einschränkungen zu berücksichtigen:

- schwierige, aber machbare Erschließung (topographische Lage)
- Streulage (Standorte in Höhenlage teilweise durch Täler getrennt, Insellage in der Vorgebirgszone)
- Restriktionen für Windenergieanlagen (WEA) in/durch Nachbargemeinden.
- Einschränkungen durch einen nahegelegenen Gleitschirmstartplatz
- Schutzgebiete
 - Tabu Kriterien:
 - Vereinzelt gesetzlich geschützte Biotope.
 - Weiche Kriterien:
 - Auerhuhn: Kategorie 4 (keine Restriktionen)
 - Wasserschutzgebietszone IIIB nördlich des Potenzialgebiets
 - Der westliche Teil des Potenzialgebiets liegt teilweise in FFH-Gebiet
 - Klimaschutzwald komplett auf östlicher Potenzialfläche
 - Naturpark Schwarzwald Mitte/Nord

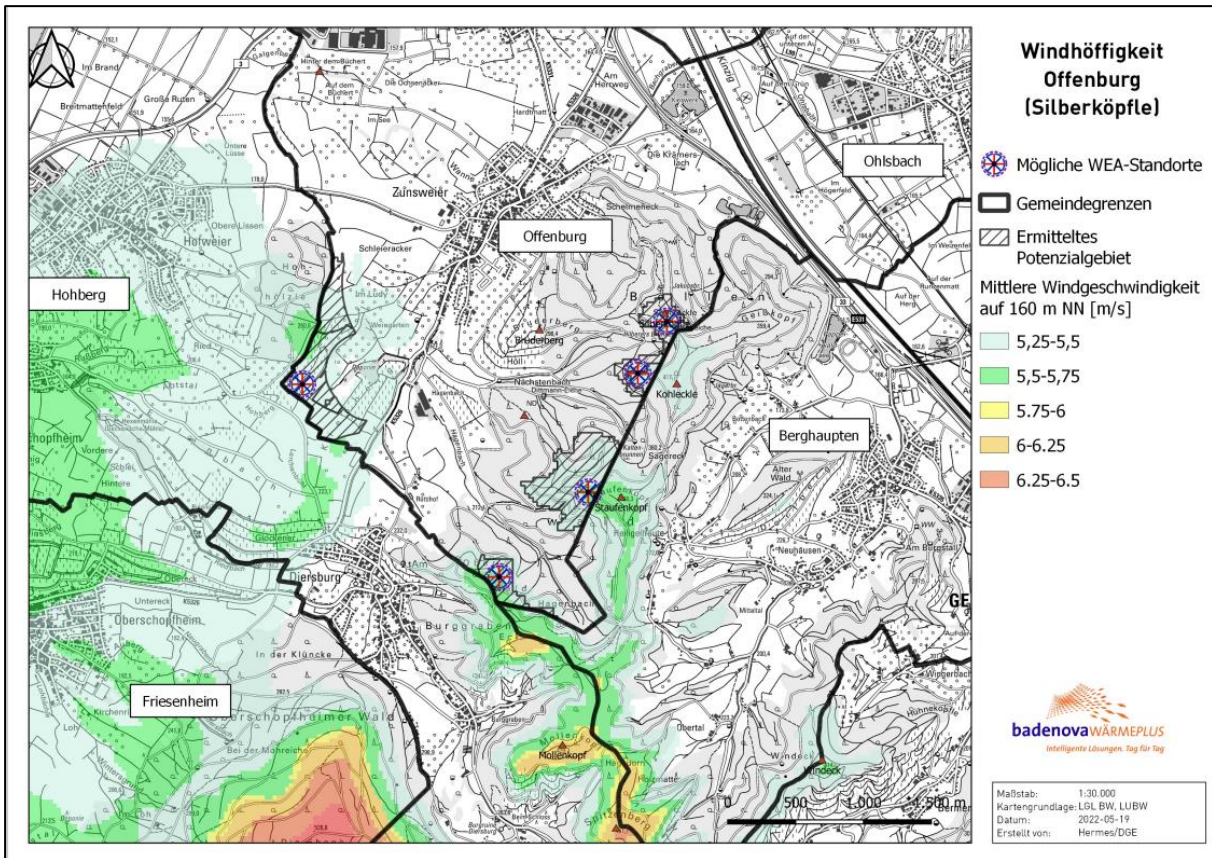


Abbildung 30: Windhöufigkeit Offenburg – Silberköpfe

Für beide Standorte gibt es die Herausforderung, dass in einem 30 km Radius um den Flughafen Straßburg herum keine Windkraftanlage in Frankreich gebaut werden darf. Diese Restriktion gilt nicht offiziell für Deutschland, jedoch muss die deutsche Luftfahrtbehörde nach Rücksprache mit der französischen Luftfahrtbehörde im Einzelfall über die Genehmigung entscheiden. Offenburg liegt am Rand dieses Abstandspuffers, aber alle Potenzialflächen (inkl. Brandeckkopf) sind von dieser Kann-Regelung betroffen.

Der Standort Silberköpfe ist aufgrund seiner Beschränkungen (Windgeschwindigkeit, Gelände, Flächenangebot) kein attraktiver Standort. Der Eschholzkopf/Brandeckkopf ist aufgrund des Windpotentials (Messungen wären erforderlich), der möglichen Anlagenanzahl, der Eigentumsverhältnisse (Großteil der Flächen in kommunaler Hand) und vorhandenen Schutzgüter ein attraktiver Standort.

Für eine genaue Berechnung des energetischen Windertrages und damit auch der Wirtschaftlichkeit von Anlagen an diesem Standort sind daher Langzeitmessungen der Windgeschwindigkeit notwendig.

Datengrundlage: LUBW Energieatlas, Untersuchung badenovaWÄRMEPLUS/DGE

GIS – Karte(n): Windhöufigkeit Offenburg

2.2.5 Wasserkraft

Laut dem Energieatlas des LUBWs gibt es auf Offenburger Stadtgebiet zwei bestehende Wasserkraftanlagen. In *Abbildung 31* sind diese Anlagen mit einem blauen Punkt dargestellt.



Entlang der Kinzig gibt es eine aktive Wasserkraftanlage, welche vom E-Werk Mittelbaden betrieben wird. Die Wasserkraftanlage „Großer Deich“ befindet sich parallel zum Gifzsee. Bei dem Anlagentyp handelt es sich um ein Flusskraftwerk mit einer installierten Leistung von 500 kW. Demnach liegt das Stromerzeugungspotenzial bei ca. 1.562 MWh/Jahr (unter Annahme die Volllaststunden von 3.123 /Jahr). Im Jahr 2020 erzeugte die Anlage jedoch nur ca. 1.002 MWh. Ein Grund hierfür ist, eine hinter der Anlage existierende Sand-/Kiesbank, welche den nötigen Zug der Anlage verhindert. Die Fallhöhe beträgt 2,90 m und der mittlere Abfluss in diesem Bereich 24,9 m³/s. Die Anlage versorgt laut dem E-Werk Mittelbaden rund 500 Haushalte mit Ökostrom und der durchgängige Fischauf- und -abstieg ermöglicht es, den Wanderfischen, wie dem Lachs, problemlos das Wasserkraftwerk zu passieren.

Im Bereich des großen Deichs besteht zudem ein Ausbaupotenzial (grün). Der Standort wird allerdings in Hinsicht auf die Wirtschaftlichkeit als grenzwertig eingestuft, da der Standort an einer Programmstrecke für die Lachswiederansiedlung liegt. Bei der Errichtung einer Neuanlage ist daher mit erhöhten Anforderungen und Auflagen zu rechnen, die die Genehmigungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit entgegenstehen können. Eine detaillierte Aussage zu Wasserkraft-Ausbaupotenzialen kann letztlich jedoch nur über die Vor-Ort-Prüfung eines Standorts gemacht werden.

Eine weitere Anlage steht am Mühlbach. Hier wurde im Mühlbachareal eine alte Anlage abgebaut, 45 Meter nach Süden verlegt und dort 2014 durch eine deutlich leistungsfähigere Wasserkraftanlage ersetzt. Entlang des Mühlbachs weist der LUBW-Energieatlas eine weitere Wasserkraftanlage aus: Das Ausleitungskraftwerk „Räderbach“ ist jedoch laut LUBW stillgelegt.

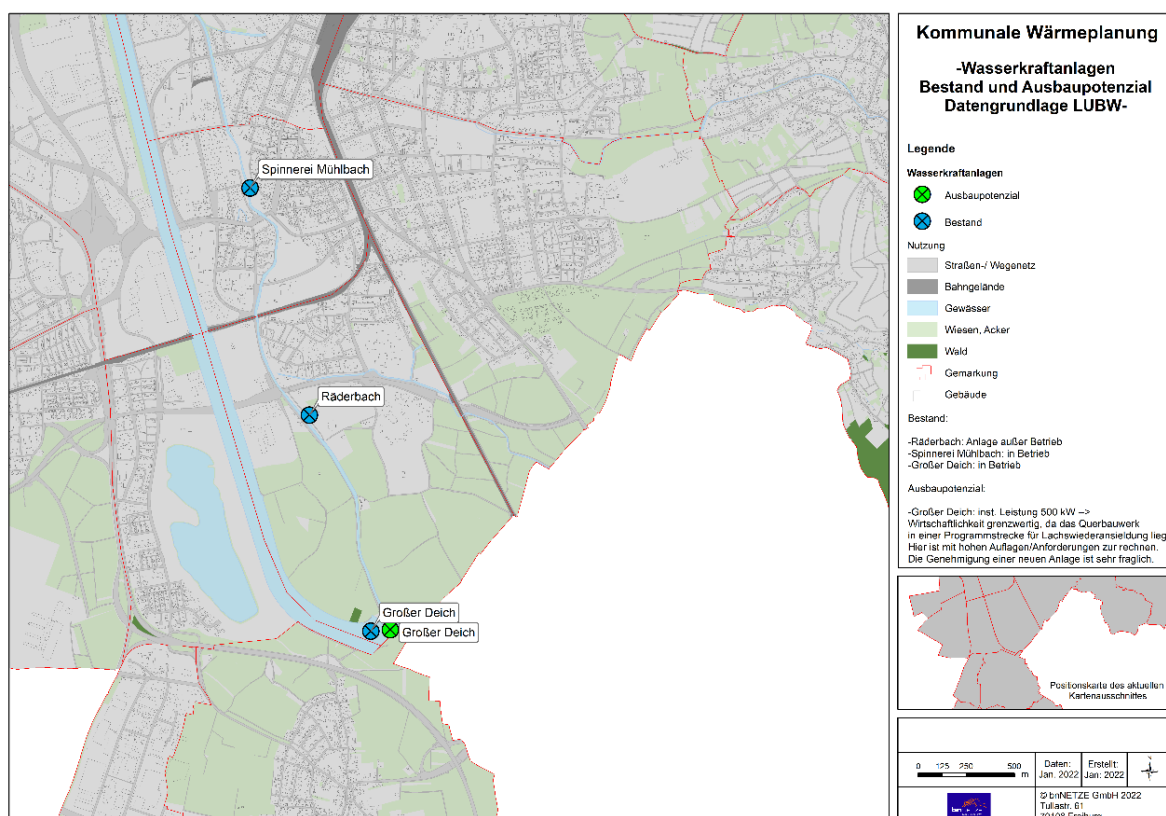


Abbildung 31: Wasserkraftanlagen Bestand und Ausbaupotenzial

Datengrundlage: LUBW-Energieatlas, Abfrage bei Betreiber

GIS – Karte(n): Wasserkraftanlagen Bestand und Ausbaupotenzial

2.3 Exkurs Elektrolyse

Der Power-to-Gas Technologie (PtG) wird eine entscheidende Rolle bei der Energiewende beigemessen. In Zeiten hoher Einspeisemengen von Wind- und Solarenergie bei gleichzeitig niedrigem Bedarf, kann es zu einem Überangebot an Strom kommen. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die Abschaltung konventioneller Grundlastkraftwerke (Kern- und Kohlekraftwerke) wird dieses Missverhältnis noch größer werden. PtG-Anlagen machen die überschüssige Energie durch die Umwandlung von elektrischer in chemische Energie speicherbar.

Da Wasserstoff aktuell noch sehr rar ist und auch in naher Zukunft nicht unbegrenzt verfügbar sein wird, gilt es zunächst Wasserstoff in die Bereiche zu bringen, in denen er am sinnvollsten eingesetzt werden kann. Dies betrifft vor allem die energieintensiven industriellen Prozesse, welche auf hohe Energiedichten und hohe Temperaturen angewiesen sind. Auch im Schwerlastverkehr ist Wasserstoff eine sehr gute Alternative. Über Brennstoffzellen lässt sich der getankte Wasserstoff in Strom umwandeln, der für den elektrischen Antrieb sorgt. Brennstoffzellenfahrzeuge weisen im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen eine deutlich kürzere „Tankzeit“ und eine höhere Reichweite auf.

Außerdem ist die Speicherfähigkeit von Wasserstoff von zentraler Bedeutung für den Ausgleich der Stromnetzlast. An sonnigen und windigen Tagen kann Überschussstrom per Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt und gespeichert werden. Dieser Wasserstoff kann dann wiederum an Tagen, in denen Strommangel herrscht, wieder in Strom umgewandelt und in das Stromnetz eingespeist werden. Zudem lässt sich Wasserstoff auch in das bestehende Gasnetz integrieren.

Die Verfügbarkeit von erneuerbaren Gasen könnte vor allem für den vorwiegenden Industriezweig der Metallerzeugnisse bzw. -bearbeitung in Achern essenziell sein. Einzelne Prozessschritte benötigen Wärme auf Temperaturniveaus über 300 °C. Um diese hohen Temperaturniveaus zu erreichen, bedarf es molekülbasierter Energieträger, da hier der Elektrifizierung technische Grenzen gesetzt sind.

2.3.1 Zukünftige Verfügbarkeit von synthetischen Gasen

Wasserstoff und synthetisches Methan sind ebenso vielseitig einsetzbar wie Erdgas. Auch andere Vorteile wie die Speicherbarkeit und die vorhandene Erdgasverteilsinfrastruktur können durch den Einsatz dieser Gase genutzt werden. Synthetische-Gase werden jedoch voraussichtlich auch langfristig im Zeithorizont bis 2050 ein knappes Gut bleiben, da auch erneuerbarer Strom nur in begrenzten Mengen zur PtG-Erzeugung zur Verfügung steht bzw. stehen wird.

Der Vergleich zwischen der notwendigen Elektrolyseleistung für einen vollständigen Erdgasersatz in Deutschland durch Wasserstoff und die bis 2030 vorgesehenen Elektrolyseleistung, die mit staatlicher Förderung in Deutschland bzw. in der Europäischen Union (EU) aufgebaut werden soll, macht deutlich, dass mittelfristig nicht mit einer deutlichen Dekarbonisierung im Gasbereich durch Wasserstoff zu rechnen ist, auch wenn bis 2030 der Gasabsatz u.a. durch Effizienzmaßnahmen sinkt. Auch die langfristigen Perspektiven sind von hoher Unsicherheit geprägt.

2.3.2 Zukünftige Rolle von erneuerbaren Gasen

Bei der Diskussion um die Rolle von PtG in der zukünftigen Energieversorgung spielen daher Überlegungen zur sinnvollen Zuteilung eines knappen Energieträgers eine zentrale Rolle. Die höchste Priorität liegt in den Bereichen, wo Alternativen nur begrenzt oder nicht verfügbar sind. Demnach wird der Einsatz in der Industrie für die stoffliche Nutzung am höchsten priorisiert, gefolgt vom Einsatz für Hochtemperatur-Anwendungen in der Industrie und den Teilen des Verkehrssektors, die nicht durch Elektrifizierung dekarbonisiert werden können (Schiffs-, Schwerlast- und Flugverkehr).



Für Niedertemperaturanwendungen wie Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten und Gewerbe können Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse eingesetzt werden. Dadurch besteht eine niedrigere Priorität für den Einsatz erneuerbarer Gase, so dass kein flächendeckender Einsatz von erneuerbaren Gasen bis zum Jahr 2040 zu erwarten ist. Zu dieser Einschätzung kommen auch folgende zwei Studien:

- RESCUE-Studie des Umweltbundesamtes (Purr, et al. 2019)
- Langfristszenarien des Bundeswirtschaftsministeriums (Fraunhofer ISI, Consentec GmbH, ifeu 2017).

Die jeweiligen Prozesse und die damit verbundenen Temperaturanforderungen unterscheiden sich stark von Branche zu Branche. Die folgende Abbildung zeigt typische Temperaturanforderungen verschiedener Wirtschaftszweige.

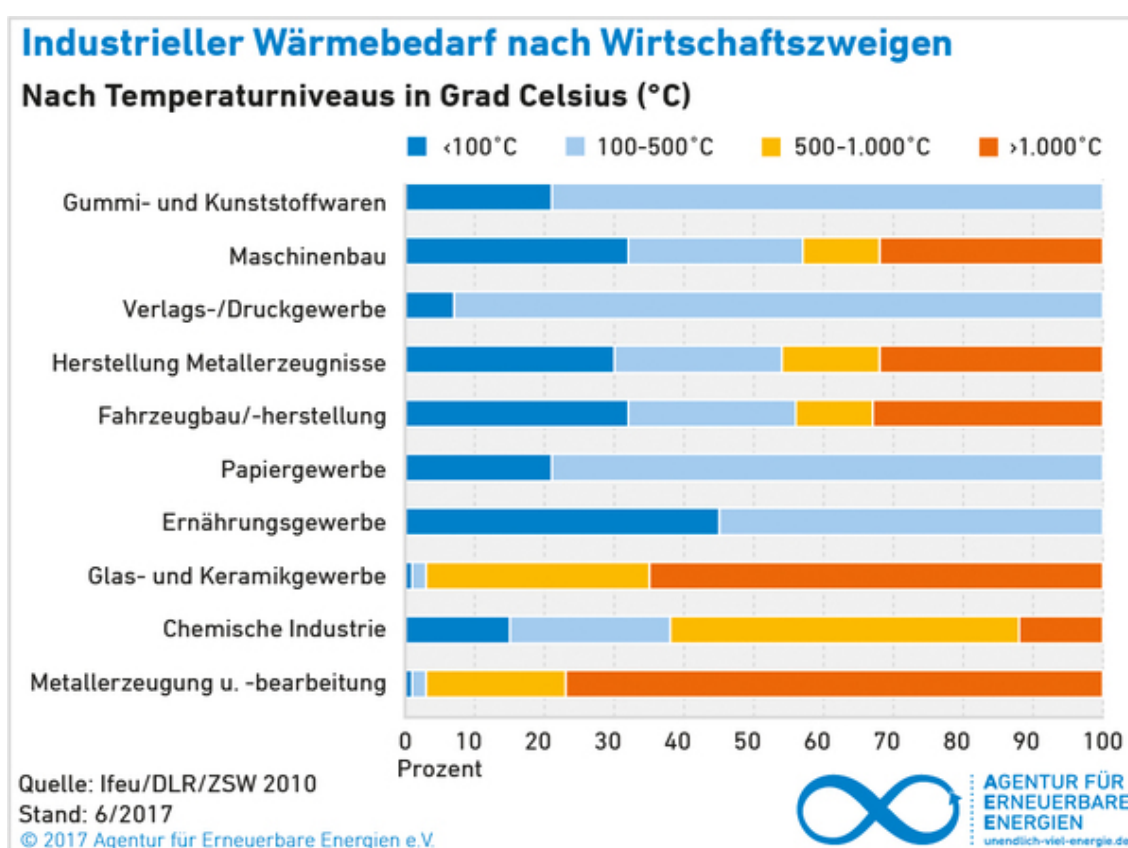


Abbildung 32: Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien 2017)

2.4 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenzialanalyse zeigt, dass die Stadt Offenburg über Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz, zur Energieeinsparung und zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien verfügt. In der folgenden *Tabelle 4* sind die Potenziale der Stadt Offenburg zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien übersichtlich zusammengefasst.

Tabelle 4: Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Offenburg

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Biomasse	Biogas	Stromerzeugung Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	5.885 MWh/Jahr 5.019 MWh/Jahr Unberücksichtigt hierbei bestehende oder konkurrierende Verwertungspfade.
	Energieholz	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	Kein weiteres Potenzial
Oberflächennahe Erdwärme	Erdwärmesonden	Dezentrale Wärmeversorgung	Ca. 60 GWh / Jahr entspricht 21 % des Gesamtwärmebedarfs im privaten Sektor in Offenburg
	Erdwärmesondenfelder	Zentrale Wärmeversorgung	In der Größenordnung von 5-15 GWh/Jahr als grobe Richtgröße für das Potenzial in Offenburg, je nach Anzahl und Größe der Sondenfelder.
	Grundwasserbrunnen	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	Zwischen 100 und 300 kW Entzugsleistung je Brunnen. Bei SCOP = 3,75 wird eine Gesamtleistung von ca. 2,2 MW bei 10 Brunnen erreicht.
Tiefengeothermie	Hydrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung	4 bis 6 MW thermische Bruttoleistung
	Petrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung bei gleichzeitiger Stromerzeugung	13 MW thermische Bruttoleistung sind zu erwarten

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Solarthermie	Solarthermie auf Dachflächen	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	Individuell zu prüfen.
	Solarthermie auf Freiflächen	Zentrale Wärmeversorgung	Individuell zu prüfen.
Umweltwärme	Luft	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	Gesamtpotenzial nicht bezifferbar.
Abwärme	Gewerbe	Zentrale Wärmeversorgung	Im Rahmen von Machbarkeitsstudien näher zu ermitteln.
	Abwasser	Zentrale Wärmeversorgung	Keine genauen Angaben.
Windkraft	Wind	Stromerzeugung	Potenzial für fünf Windkraftanlagen
Wasserkraft	Fließgewässer	Stromerzeugung	Zwei Wasserkraftanlagen in Betrieb, eine Wasserkraftanlage stillgelegt, potenzieller Standort eher schwierig umsetzbar
Photovoltaik	Dachflächen	Stromerzeugung	Zusätzlich 152.511 MWh/Jahr
	Freiflächen	Stromerzeugung	86.191 MWh/Jahr

Tabelle 5: Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Offenburg

Stand Dezember 2023

3 Entwicklung von Verbrauchs- und Versorgungsszenarien

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie sich der Endenergieverbrauch sowie der Wärmeenergieträgermix bis ins Jahr 2040 in den Sektoren *private Haushalte*, *kommunale Liegenschaften*, *GHD*, *Industrie* und *Verkehr* entwickelt. Die Entwicklung zum Stromverbrauch sowie der Endenergieverbrauch des Sektors *Verkehr* wurden aus dem Bericht „Klimaschutzstrategie – Offenburg Klimaneutral 2040“ (im Folgenden: KSK Offenburg) entnommen. Diese Werte werden nur zur Vollständigkeit in den prognostizierten Endenergieverbrauch mit aufgenommen. Es wird nicht näher auf den Sektor *Verkehr* sowie auf den Nutzerstrom eingegangen.

3.1 Gesamtentwicklung Endenergiebedarf

Der Gesamtendenergiebedarf für Offenburg zeigt das prognostizierte Versorgungsszenario für Wärme- und Stromenergie sowie für den Verkehr. Die Entwicklung der Wärmeenergie liegt den aktuellen Daten und getroffenen Annahmen der kommunalen Wärmeplanung zu Grunde und wird in den nachfolgenden Unterkapiteln näher analysiert.

In *Abbildung 33* ist der gesamte prognostizierte Endenergieverbrauch abgebildet. Ersichtlich wird, dass derzeit der Wärmeverbrauch den größten Anteil in der Verteilung ausmacht, gleichzeitig aber auch durch energetische Sanierungen das größte Einsparungspotenzial besitzt. Der Nutzerstrombedarf sinkt nur marginal. Allerdings wird deutlich, dass der Technikstrombedarf für die Wärmeversorgung ansteigt (s. gelbe Linie, vertieft in Kapitel 4.3). Der Endenergiebedarf reduziert sich insgesamt um etwa 48 % (2019: 1.605 GWh; 2030: 1.124 GWh; 2040: 838 GWh).

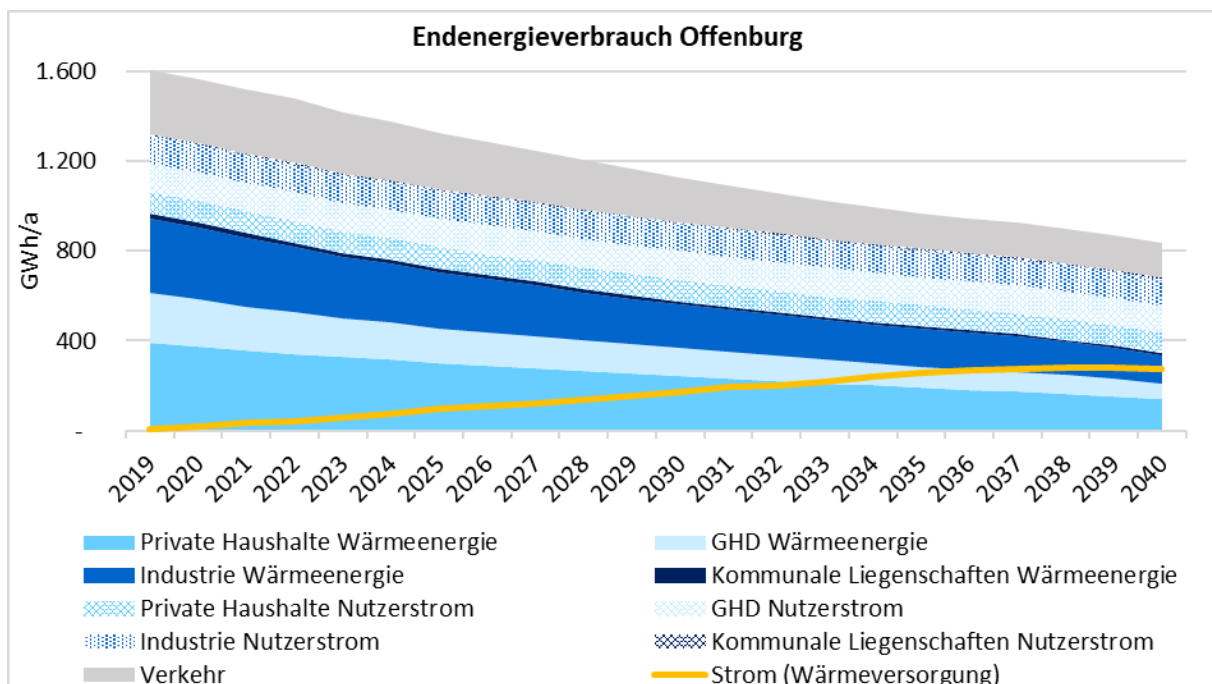


Abbildung 33: Endenergieverbrauch Offenburg

3.2 Entwicklung Wärmeenergiebedarf und -trägermix

Die Entwicklung des Wärmebedarfs hängt von unterschiedlichen Parametern ab. Diese können folgende sein (KEA BW):

- a. Energetische Gebäudesanierung
- b. Änderungen am Gebäudebestand (Neubau, Nachverdichtung)
- c. Neuansiedlung oder Abwanderung von Betrieben, Reduzierung beim Energiebedarf in Betrieben durch Effizienzmaßnahmen, Produktionsschwankungen etc.
- d. Veränderte Nutzungsgewohnheiten
- e. Effekte des fortschreitenden Klimawandels (gegebenenfalls mit zusätzlichem Kühlbedarf)

Nicht alle dieser Parameter sind messbar und in das Verbrauchsszenario integrierbar. Die Parameter c.-d. werden in das Szenario nicht mit eingerechnet. Neubaugebiete werden – sofern diese bereits geplant sind – mit in das Szenario eingerechnet. Unabdingbar für die Szenarienberechnung ist jedoch der Parameter „a. Energetische Gebäudesanierung“. Eine energetische Gebäudesanierung kann den Energieverbrauch eines Gebäudes deutlich senken. Dies ist notwendig, um den Energiebedarf zukünftig auch mit erneuerbaren Energien decken zu können.

Die Berechnung des Wärmeenergiebedarfs bis 2040 für *private Haushalte* basiert auf der verabschiedeten Sanierungsrate des KSK Offenburgs. Diese beträgt zwei Prozent. Dabei wurden die flächenbezogenen Energieverbräuche nach Baualterklassen bis 2040 aus dem Leitfaden der KEA herangezogen². Für die Sektoren *GHD, Industrie* und *kommunale Liegenschaften* wurden die prozentualen Annahmen zur Wärmeenergieeinsparung aus dem KEA-Leitfaden verwendet. (s. Tabelle 6)

Tabelle 6: Annahmen Wärmeeinsparung je Sektor

Sektor	Wärmeeinsparung
Private Haushalte	2 % pro Jahr
GHD	37 % bis 2040
Industrie	29 % bis 2040
Kommunale Liegenschaften	16 % bis 2040

Der derzeitige Wärmeenergiebedarf lag im Jahr 2019 bei etwa 968 GWh. Dieser kann durch die angenommene energetische Sanierung bis 2040 um ca. 280 GWh reduziert werden. Das entspricht einem Anteil von etwa 29 Prozent. Um diese Einsparungen zu erzielen, sind erhebliche Ambitionen notwendig. Es ist daher wichtig, dass Beratungsangebote zur energetischen Sanierung stattfinden, Anreize und Förderangebote ausgebaut und strukturelle Veränderungen vorgenommen werden (bspw. Förderung von handwerklichen Berufen).

Durch die Wärmeenergieeinsparung können auch die CO₂-Emissionen deutlich reduziert werden. Dennoch braucht es zudem einen Energieträgerwechsel, um die Wärmeversorgung 2040 klimaneutral bereit zu stellen. Ein großer Anteil der benötigten Wärmeenergie wird zukünftig strombasiert – in Form einer Wärmepumpe - zur Verfügung gestellt werden müssen. Parallel werden aber auch Biomasse, Solarthermie oder synthetische Brennstoffe als Energieträger eingesetzt. Der Energieträgermix ändert sich je nach Sektor. Angenommen wird außerdem, dass Kohle und Heizöl als Energieträger bis 2030 nicht mehr vorhanden sein werden. Erdgas wird stetig reduziert und ab 2040 ebenfalls nicht mehr im Energieträgermix vorhanden sein.

² Der KEA Leitfaden bezieht sich hierbei auf eine Studie des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW, 2017)

Stand Dezember 2023

Abbildung 34 zeigt die Entwicklung des prognostizierten Energieträgermixes von 2019, dem Zwischenziel 2030 und dem Zieljahr 2040. Im Jahr 2019 lag der prozentuale Anteil von Erdgas bei etwa 70 Prozent und von Heizöl bei 24 Prozent. Im Jahr 2030 soll der Anteil von Erdgas nur noch 37 Prozent des Energieträgermixes ausmachen, wogegen Wärmepumpen bereits einen Anteil von 39 Prozent haben sollen. Das entspricht in etwa einer installierten Leistung von 180 MW. Im Jahr 2040 liegt der prognostizierte Anteil von Wärmepumpen bei 64 Prozent. Biomasse steigt von aktuell fünf Prozent auf zehn Prozent im Jahr 2040. Solarthermie auf acht Prozent und synthetische Brennstoffe auf zwölf Prozent.

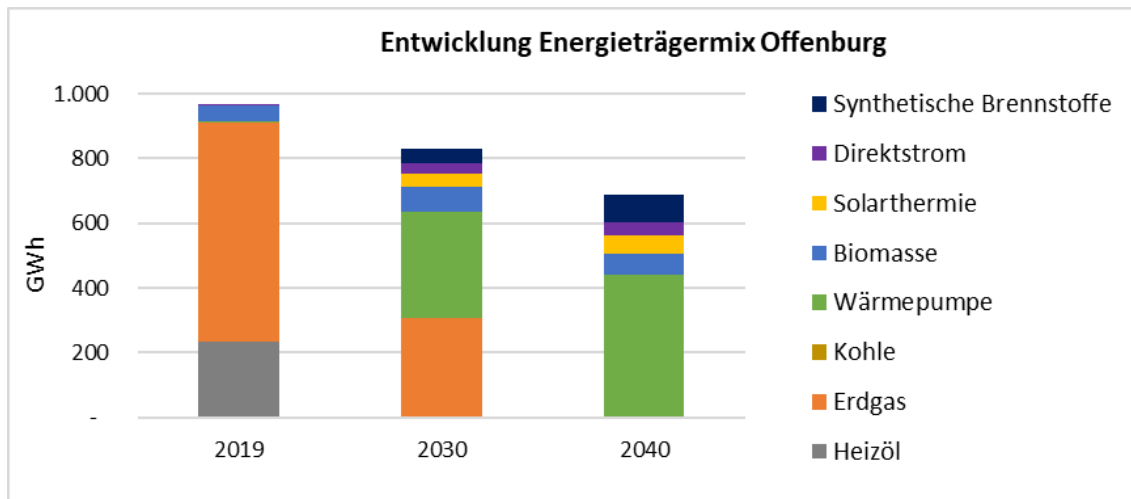


Abbildung 34: Entwicklung Energieträgermix in Offenburg

Die Fernwärme soll bis ins Jahr 2030 einen Anteil von 19 Prozent (161 GWh) des gesamten Wärmeenergiebedarfs von Offenburg ausmachen. Im Jahr 2040 liegt der prognostizierte Anteil bei etwa 47 Prozent (327 GWh). (vgl. Unterkapitel Fernwärmeausbau 5.2)

3.2.1 Sektor Private Haushalte

Im Jahr 2019 lag der Wärmeverbrauch im Sektor *private Haushalte* bei etwa 395 GWh. Bei einer Sanierungsrate von zwei Prozent kann der Wärmebedarf bis 2040 auf etwa 297 GWh/a gesenkt werden. Das entspricht in etwa 25 Prozent. Dabei wurde angenommen, dass der flächenbezogene Energiebedarf im Mittel bei 80 kWh/m²*a liegt (KEA BW). Durch eine ambitioniertere Sanierungsrate über zwei Prozent wäre ein größeres Wärmeenergieeinsparungspotenzial möglich.

Der größte Anteil im Energieträgermix des Sektors *private Haushalte* ist Erdgas (70 Prozent), gefolgt von Heizöl (24 Prozent). Die übrigen sechs Prozent verteilen sich auf Biomasse, Heizstrom und Kohle. Der durchschnittliche CO₂-Faktor im Energieträgermix lag 2019 somit bei 0,245 t CO₂/MWh. Im Jahr 2040 wird angenommen, dass 67 Prozent des Wärmebedarfs mit Wärmepumpen erzeugt wird, zehn Prozent über Solarthermie, zwölf Prozent mit Biomasse und der Rest über Direktstrom bzw. mit synthetischen Brennstoffen. Dabei wird ein Teil des Wärmebedarfs über die Fernwärme bereitgestellt. Der durchschnittliche CO₂-Faktor beträgt dann in etwa 0,115 t CO₂/MWh. Die Veränderung des Energieträgermixes ist in *Abbildung 35* dargestellt.

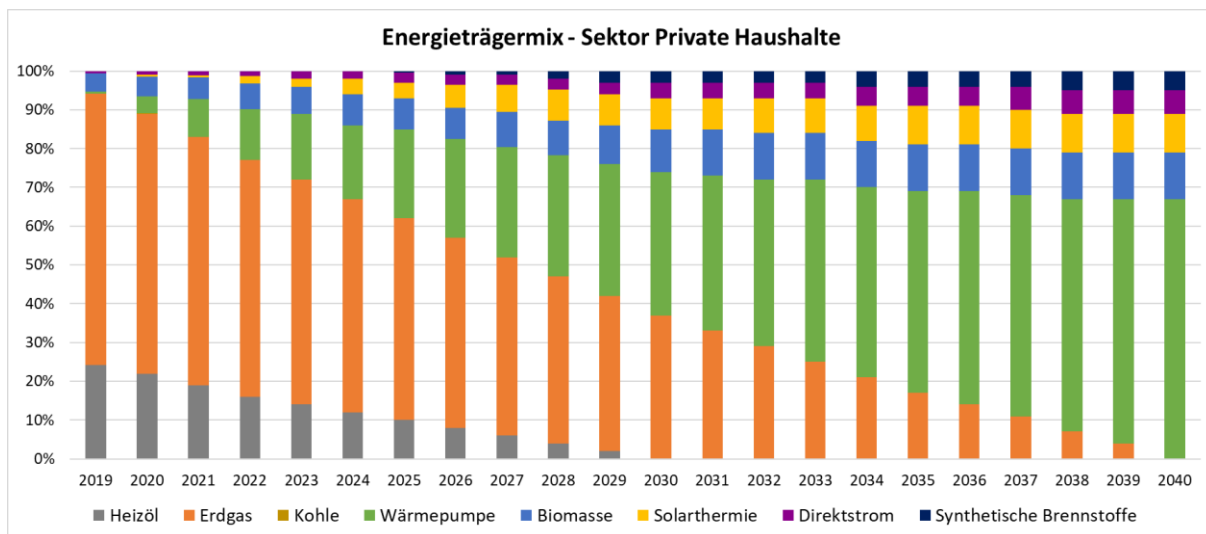


Abbildung 35: Energieträgermix - Sektor private Haushalte

3.2.2 Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung

Im Jahr 2019 lag der Wärmeverbrauch im Sektor *GHD* bei etwa 219 GWh. Über energetische Sanierung kann der Wärmebedarf bis 2040 auf etwa 138 GWh/a gesenkt werden. Das entspricht einer Reduktion um 37 Prozent. Aus den Untersuchungen des KSK Offenburgs geht hervor, dass die Prozesswärme insgesamt einen Anteil von etwa 15 Prozent des Wärmebedarfs ausmacht. Dies entspricht in etwa 33 GWh im Jahr 2019. Im Unterkapitel 4.2.3 Sektor Industrie wird das Thema Prozesswärme detaillierter thematisiert.

Den größten Anteil im Energieträgermix macht auch hier Erdgas mit 70 Prozent aus, gefolgt von Heizöl mit 24 Prozent. Die übrigen sechs Prozent verteilen sich ebenfalls auf Biomasse, Heiz- und Direktstrom. Der durchschnittliche CO₂-Faktor im Energieträgermix lag 2019 somit bei 0,244 t CO₂/MWh. Im Jahr 2040 wird angenommen, dass 66 Prozent des Wärmebedarfs mit Wärmepumpen erzeugt werden, zehn Prozent jeweils über Solarthermie und Biomasse, acht Prozent über synthetische Brennstoffe und sechs Prozent mit Direktstrom. Dabei wird ein Teil des Wärmebedarfs über die Fernwärme bereitgestellt. Der durchschnittliche CO₂-Faktor beträgt im Jahr 2040 in etwa 0,114 t CO₂/MWh. Der Veränderung des Energieträgermixes ist in *Abbildung 36* dargestellt.

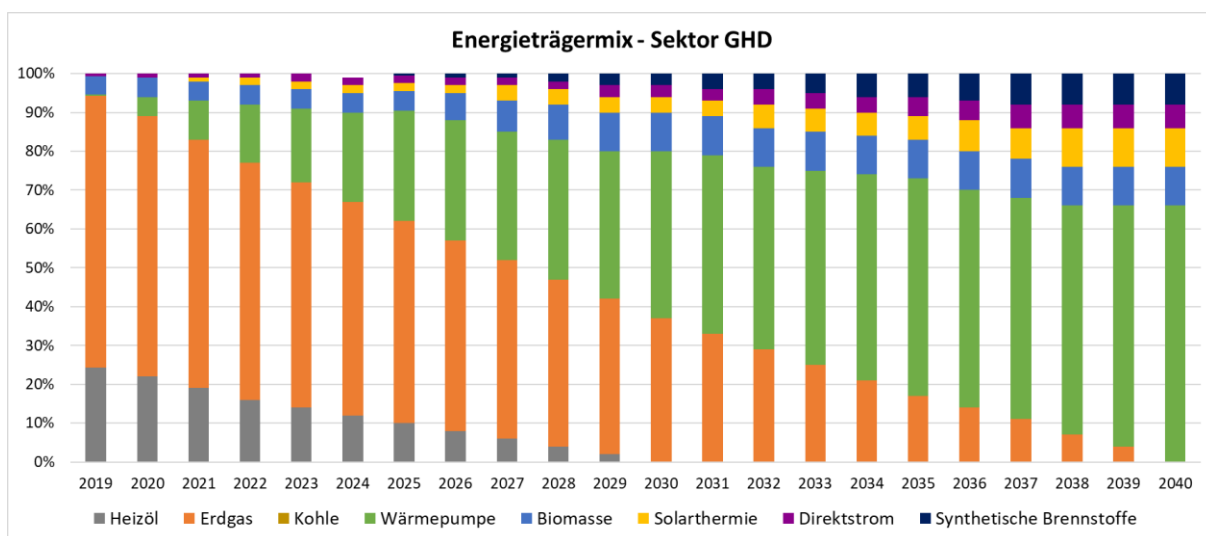


Abbildung 36: Energieträgermix - Sektor GHD

Stand Dezember 2023

3.2.3 Sektor Industrie

Im Jahr 2019 lag der Wärmeverbrauch von Offenburg im Sektor *Industrie* bei etwa 332 GWh. Über energetische Sanierung kann der Wärmebedarf bis 2040 auf etwa 236 GWh/a gesenkt werden. Das entspricht einer Reduktion um 29 Prozent. Allerdings ist es bei Industriegebäuden wichtiger, dass die Prozesse klimaneutral umgerüstet werden, da hier die größeren Einsparungspotenziale liegen. Aus den Untersuchungen des KSK Offenburgs geht hervor, dass die Prozesswärme insgesamt einen Anteil von 66 Prozent des Wärmebedarfs ausmacht. Dies entspricht in etwa 219 GWh im Jahr 2019. Der überwiegende Anteil wird derzeit aus fossilen Energieträgern bereitgestellt (> 90 Prozent).

Die Umstellung der Prozesswärme stellt eine große Herausforderung auf dem Weg zur Klimaneutralität dar. Die jeweiligen Prozesse und die damit verbundenen Temperaturanforderungen unterscheiden sich stark von Branche zu Branche (s. Kapitel 2.3.2, Abbildung 32: Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen Abbildung 32).

Nicht jede Temperaturanforderung kann mit jedem erneuerbaren Energieträger erreicht werden. Langfristig werden Verbrennungsprozesse daher notwendig bleiben. In Tabelle 7 werden die potenziellen Prozesswärmemetemperaturen unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger dargestellt. Deutlich wird, dass insbesondere die hohen Temperaturen nur mit brennbaren Prozessen (Biomethan, Wasserstoff) erreicht werden können. Allgemeingültige Lösungen zur Reduzierung des Bedarfs an Prozesswärme oder zum Wechsel der eingesetzten Energieträger kann es daher nicht geben.

Tabelle 7: Potenzielle Prozesswärmemetemperatur je erneuerbarer Energieträger

Erneuerbare Energieträger	Potenzielle Prozesswärmemetemperatur in °C
Geothermie	180
Solarthermie	250
Strom aus erneuerbaren Energien	350 (> 1.000)
Biomasse	500
Biomethan / synthetisches Methan	> 1.500
Grüner Wasserstoff	2.000 – 3.000

Quelle: eigene Darstellung nach IN4climate.NRW 2021

Der Pfad zur emissionsfreien Bereitstellung von Prozesswärme lässt sich laut IN4climate.NRW in 4 Stufen mit folgender Priorisierung untergliedern:

- (1) Steigerung der Effizienz: Energetische Sanierung der Gebäudehülle und Nutzung von Abwärme
- (2) Erschließung lokaler erneuerbarer Wärmequellen: Nutzung von Wärmepumpen und Solarthermie
- (3) Elektrische Wärmeerzeugung/Power-to-Heat: Nutzung von Speicherkapazität zur Lastgangverschiebung sowie Flexibilisierung des Stromangebotes
- (4) Alternative Energieträger: grüner Wasserstoff, Biomethan/synthetisches Methan.

Alternative Energieträger (Stufe 4) sollen demnach nur dann eingesetzt werden, wenn aufgrund der Prozesstemperaturen keine andere Möglichkeit besteht. Nach dem aktuellen technischen Stand sind alternative Energieträger auch noch nicht wirtschaftlich realisierbar. Dennoch sollte eine sukzessive Substitution durch grünen Wasserstoff oder Biomethan bzw. synthetisches Methan (im weiteren synthetische Brennstoffe) geprüft werden.

Der Energieträgermix von Offenburg im Jahr 2019 ist auch im Sektor *Industrie* vergleichbar mit den beiden anderen Sektoren *private Haushalte* und *GHD*. Der durchschnittliche CO₂-Faktor lag 2019 bei

0,244 t CO₂/MWh. Im Jahr 2040 wird angenommen, dass 58 Prozent des Wärmebedarfs mit Wärmepumpen erzeugt wird, 25 Prozent über synthetische Brennstoffe, sieben Prozent mit Biomasse, vier Prozent über Solarthermie und sechs Prozent mit Direktstrom. Der Anteil an synthetischen Brennstoffen wird im Sektor *Industrie* deutlich höher angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere die Prozesswärme teilweise über synthetische Brennstoffe gedeckt wird, damit die hohen Prozesstemperaturen erreicht werden können. In den kommenden Jahren sollten die benötigten Temperaturniveaus für die Industrie Offenburgs identifiziert werden, um so die tatsächlichen Bedarfe an synthetischen Brennstoffen bzw. Biomasse zu identifizieren.

Ein Teil des Wärmebedarfs wird auch hier über die Fernwärme bereitgestellt. Der durchschnittliche CO₂-Faktor beträgt mit den angesetzten Annahmen im Jahr 2040 in etwa 0,107 t CO₂/MWh. Der Veränderung des Energieträgermixes ist in *Abbildung 37* dargestellt.

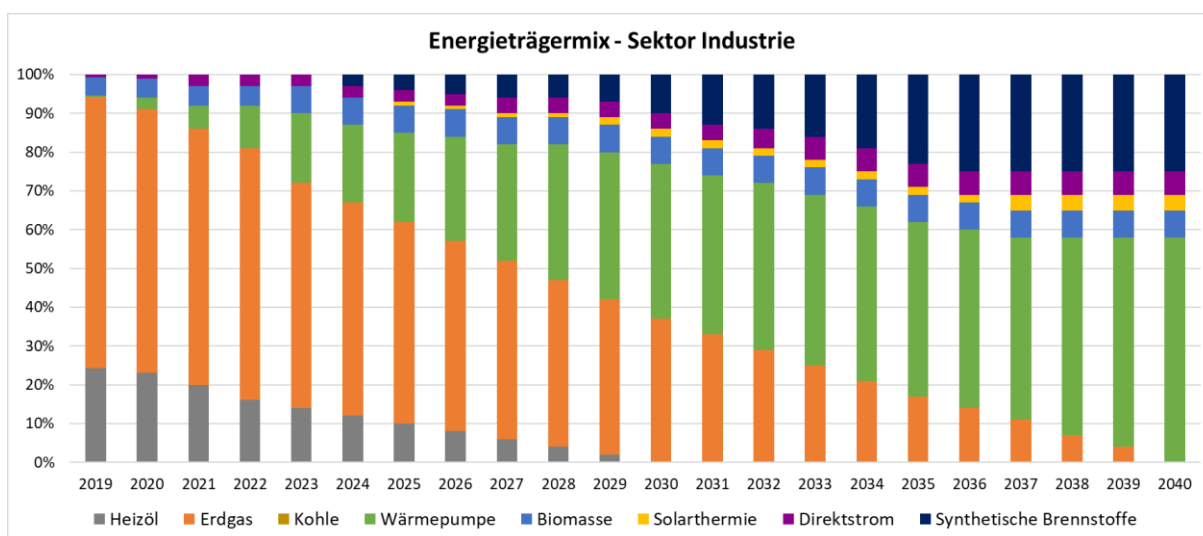


Abbildung 37: Energieträgermix – Sektor Industrie

3.2.4 Sektor Kommunale Liegenschaften

Im Jahr 2019 lag der Wärmeverbrauch im Sektor *GHD* bei etwa 23 GWh. Durch die energetische Sanierung kann der Wärmebedarf bis 2040 auf etwa 19 GWh/a gesenkt werden. Das entspricht einer Reduktion um 16 Prozent.

Der größte Anteil im Energieträgermix macht auch im Sektor *kommunale Liegenschaften* Erdgas mit 70 Prozent aus, gefolgt von Heizöl mit 24 Prozent. Die übrigen sechs Prozent verteilen sich ebenfalls auf Biomasse, Heiz- und Direktstrom. Der durchschnittliche CO₂-Faktor im Energieträgermix lag 2019 somit bei 0,244 t CO₂/MWh. Im Jahr 2040 wird angenommen, dass 70 Prozent des Wärmebedarfs mit Wärmepumpen erzeugt wird, jeweils zehn Prozent über Solarthermie bzw. mit Biomasse, sieben Prozent über synthetische Brennstoffe und sechs Prozent mit Direktstrom. Dabei wird ein Teil des Wärmebedarfs über die Fernwärme bereitgestellt. Der durchschnittliche CO₂-Faktor beträgt dann in etwa 0,119 t CO₂/MWh. Der Veränderung des Energieträgermixes ist in *Abbildung 38* dargestellt.

Stand Dezember 2023

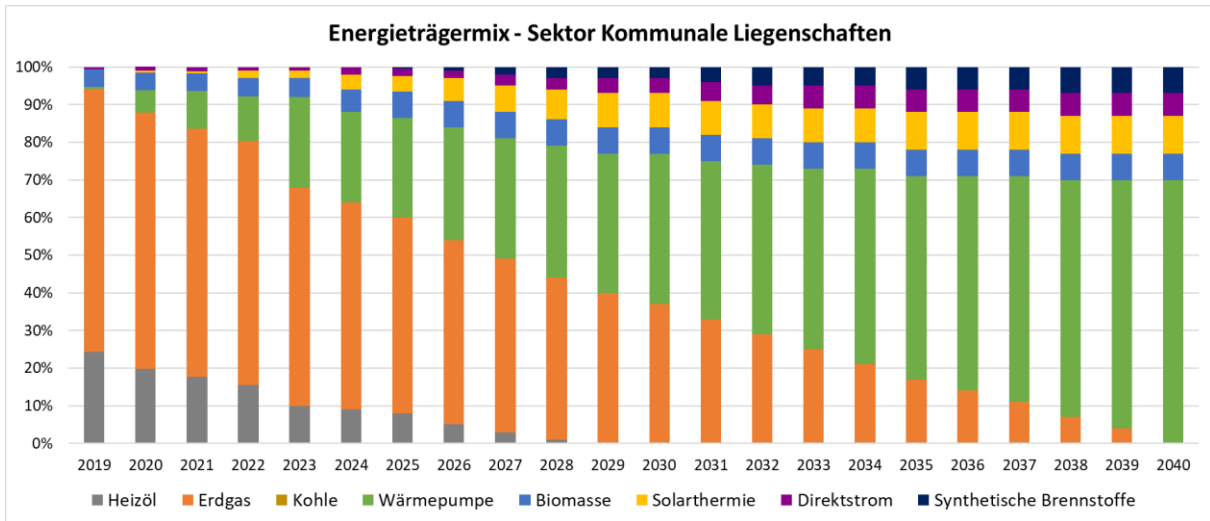


Abbildung 38: Energieträgermix - Sektor kommunale Liegenschaften

3.2.5 CO₂-Bilanz Wärmeenergie

Durch die energetische Sanierung und den Energieträgerwechsel lassen sich die CO₂-Emissionen kontinuierlich reduzieren. Mit den getroffenen Annahmen können die CO₂-Emissionen von etwa 235.400 t CO₂/a auf etwa 25.700 t CO₂/a reduziert werden (s. *Abbildung 39*). Das bedeutet eine Reduktion bis 2030 um etwa 57 Prozent und bis 2040 um etwa 89 Prozent. Die CO₂-Faktoren wurden dem Technik-katalog der KEA BW entnommen. Zudem wird angenommen, dass für die Herstellung der synthetischen Brennstoffe nur erneuerbarer Strom verwendet wird.

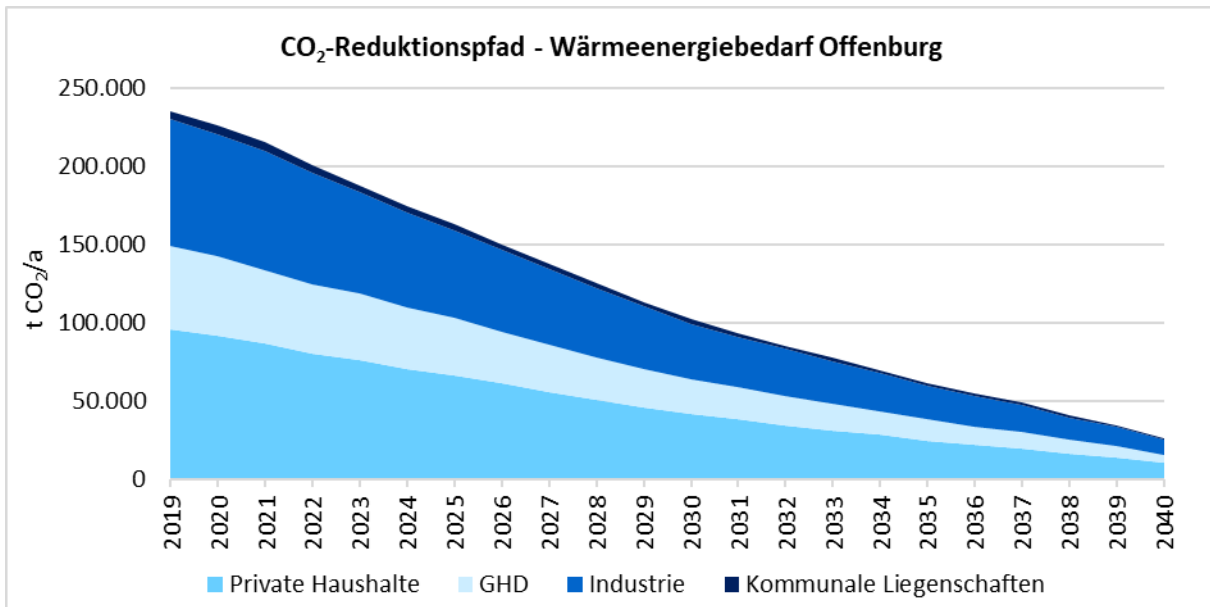


Abbildung 39: CO₂-Reduktionspfad – Wärmeenergiebedarf

Abbildung 40 zeigt die Entwicklung der CO₂-Bilanz nach Energieträger. Im Jahr 2019 wurden 98 Prozent der CO₂-Emissionen durch Erdgas und Heizöl verursacht. Auch im Jahr 2030 macht Erdgas noch 70 Prozent der CO₂-Emissionen aus. Im Jahr 2040 werden die meisten CO₂-Emissionen (etwa 82 Prozent) durch den noch nicht vollständig emissionsfreien CO₂-Strommix in Deutschland verursacht, der für die Nutzung von Wärmepumpen und Direktstrom benötigt wird. Durch eine vollständige Verwendung von

Ökostrom könnten die CO₂-Emissionen auf unter 5.000 tCO₂/a reduziert werden. Die kommunalen Liegenschaften beziehen bereits zu 100 Prozent Ökostrom. Empfohlen wird, dass auch die Fernwärme schnellstmöglich 100 Prozent Ökostrom verwendet.

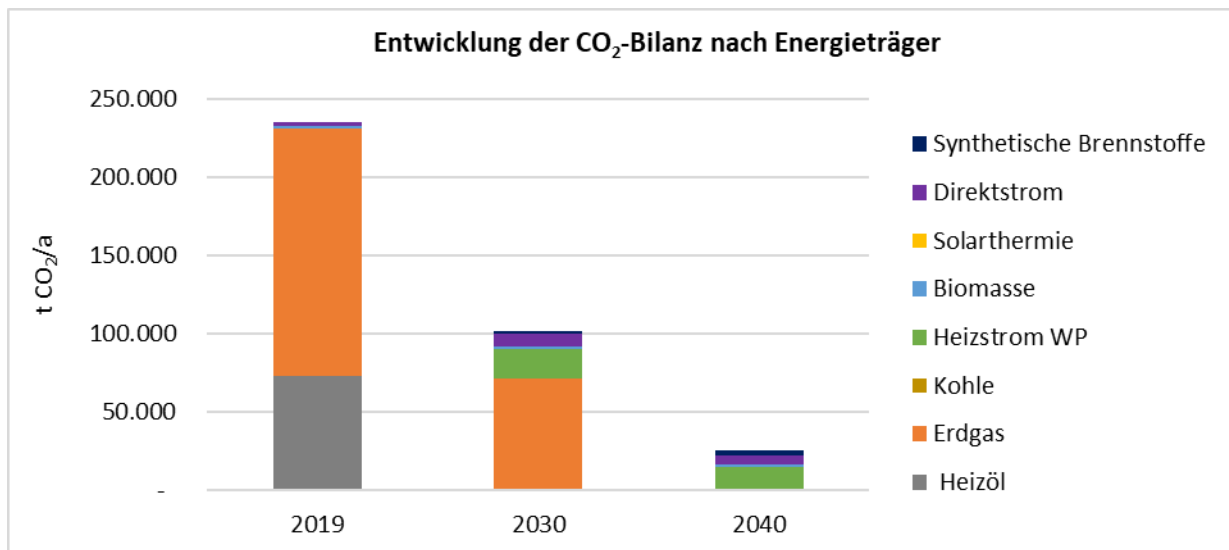


Abbildung 40: Entwicklung der CO₂-Bilanz nach Energieträger

Stand Dezember 2023

3.3 Entwicklung Strombedarf und -netz

Der Strombedarf für die Wärmeversorgung wird aufgrund der überwiegend strombasierten Heizungs-systeme, insbesondere der Nutzung von Wärmepumpen, in den kommenden Jahren stetig ansteigen. Auch die Nutzung von synthetischen Brennstoffen erhöht den Anteil des Strombedarfs. Um den Strombedarf für die Nutzung einer Wärmepumpe zu berechnen, wurde vereinfacht eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4,5 angenommen. Bis 2040 müssen mit den zu Grunde liegenden Annahmen in etwa 98 GWh Strom pro Jahr für den Betrieb von Wärmepumpen bereitgestellt werden. Für die synthetischen Brennstoffe müssten bis 2040 in etwa 136 GWh Strom pro Jahr bereit gestellt werden³. Dies führt zu einem prognostizierten Gesamtstrombedarf für die Wärmeversorgung im Jahr 2040 von 275 GWh Strom pro Jahr (vgl. *Abbildung 41*).

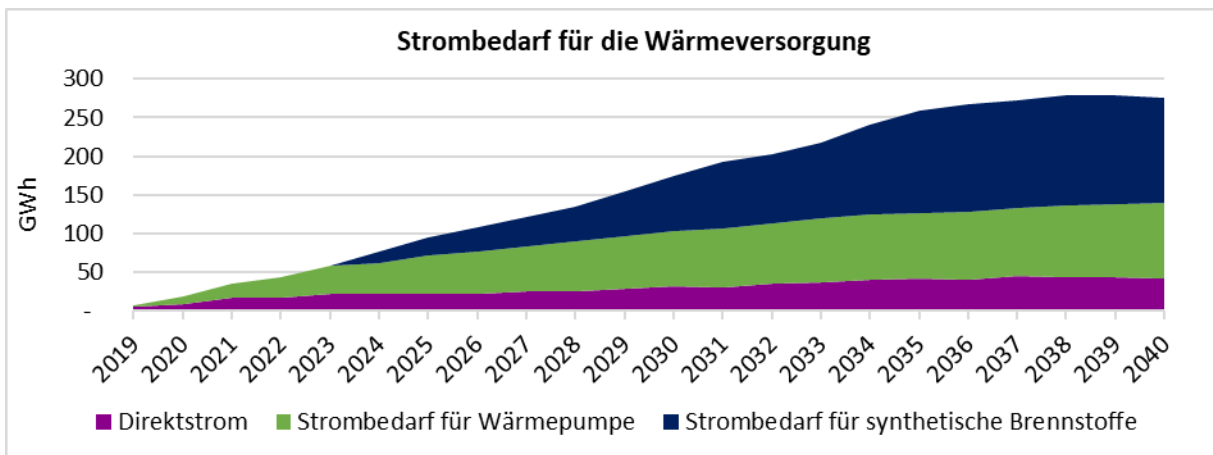


Abbildung 41: Strombedarf für die Wärmeversorgung

Um ein sicheres Betreiben der Stromleitungen zu gewährleisten, sollte eine sukzessive Vorrüstung, für den Ausbau der Stromnetzinfrasturktur vorgenommen werden, um

- umfangreiche Netzeinspeisungen aus dezentralen PV-Anlagen sowie den Direktverbrauch innerhalb des Quartiers,
- die Einbindung von Wärmepumpensystemen (dezentral, zentral) sowie synthetischen Brennstoffen zur Elektrifizierung des Wärmesektors und
- die Einbindung von Elektro-Ladeinfrastruktur

entsprechend den Ausbauzielen zur Wärmewende, Verkehrswende und Stromwende zu ermöglichen. Die Bedarfe an technischen Maßnahmen zur Ertüchtigung von Bestandsnetzen oder Neuverlegung von Stromtrassen und -leitungen sind mit den jeweiligen Netzbetreibern auf Hoch-, Mittel- und Nieder-spannungsebene abzustimmen.

Der Strombedarf für die Wärmeerzeugung muss zukünftig emissionsfrei generiert werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Daher ist ein Ausbau der dezentralen Stromerzeugung unabdingbar. Die Nutzung bestehender Dachflächen zur PV-Stromerzeugung ist daher ein wesentliches Instrument der Stromwende. Als prioritäre Maßnahmen sollten alle Gebäude der Stadt mit PV-Anlagen ausgestattet werden, wenn noch nicht geschehen.

³ Annahme synthetische Brennstoffe: 50 Prozent Wasserstoff / 50 Prozent Methan. Wirkungsgrad Wasserstoff 75 Prozent; Wirkungsgrad Methan 55 Prozent

Seit dem 01. Mai 2022 gilt die Verordnung zur Solarpflicht in Baden-Württemberg für Neubauten und ab Januar 2030 auch für alle grundlegenden Dachsanierungen (PVPf-VO 2021).

Es wird empfohlen, in Rücksprache mit den Gebäudeeigentümer*innen eine möglichst hohe PV-Anlagenleistung zu installieren. Die Anlagenleistung kann sich am Gebäudetyp orientieren. Bei Flachdächern sollten mindestens 30 Prozent der Bruttodachflächen mit PV belegt werden, bei allen anderen Dachformen, wenn möglich, mindestens 20 Prozent der Bruttodachfläche. Dadurch kann der CO₂-Faktor des Strommixes langfristig deutlich reduziert werden und führt zudem zu steigender Unabhängigkeit von Strompreisen.

Zudem sind auf dem Gemeindegebiet von Offenburg insgesamt 11 Standorte für Windkraftanlagen ausgewiesen, welche ein Gesamtpotenzial von etwa 1,2 GWh/a aufweisen.

Dennoch wird deutlich, dass die vorhandenen Potenziale auf Offenburger Gemeindegebiet nicht ausreichen, um den gesamten zukünftigen Strombedarf in der Stadt decken zu können. Insbesondere für die Herstellung von synthetischen Brennstoffen wird eine erhebliche Strommenge benötigt. So werden für etwa 86 GWh Wärmeenergie pro Jahr etwa 136 GWh Strom benötigt. Daher sollte der Bedarf an synthetischen Brennstoffen so gering wie möglich gehalten werden und nur dort eingesetzt werden, wo keine andere Möglichkeit besteht. Auch als Langzeitspeicher kann die Herstellung von synthetischen Brennstoffen sinnvoll sein. Für die Gebäudewärme ist Wasserstoff daher nur geringfügig vorgesehen.

4 Wärmewendestrategie

Im nachfolgenden Kapitel wird das Vorgehen der Wärmewendestrategie näher beschrieben. Im ersten Schritt werden dafür die ausgewählten Eignungsgebiete vorgestellt. Anschließend werden die verschiedenen Versorgungsmöglichkeiten diskutiert und analysiert. Unterschieden wird dabei in:

- (1) Zentrale Versorgungsstrategien
 - Fernwärme
 - Nahwärmenetze
 - Gasnetze
- (2) Dezentrale Versorgungsstrategien
 - Heizungsmodernisierung

Auch die Entwicklung des vorhandenen Erdgasnetzes wird beleuchtet.

4.1 Eignungsgebiete für die zentrale Wärmeversorgung

Als Eignungsgebiete für die zukünftige zentrale Wärmeversorgung wurde die kleinräumige Gliederung, welche Offenburg in 18 Stadtteile untergliedert, verwendet (s. Tabelle 8). Die Unterteilung auf Stadtteilenebene stellt eine gute Möglichkeit dar, um Eignungsgebiete für die Wärmeversorgung in Offenburg festzulegen. Für jedes dieser 18 Eignungsgebiete wurde ein individueller Steckbrief erstellt, welcher aus drei Seiten besteht (s. *Abbildung 42*). Die erste Seite gibt Auskunft über den Status Quo der Wärmeversorgung, die Baualtersklassen und Gebäudenutzungen sowie über die vorhandenen EE-Potenziale. Auf der zweiten Seite werden Informationen zum Potenzial der energetischen Sanierung sowie Heizungsmodernisierung gegeben. Zudem kann hier entnommen werden, welches durchschnittliche Baualter die Heizungssysteme aufweisen und wie hoch der Anteil an Erdgas und Heizöl in den Baublöcken ist. Die dritte Seite unterscheidet sich je nach Versorgungsstrategie. Wird in dem Stadtteil Fernwärme ausgebaut, werden Informationen zur Fernwärme dargestellt. Ist keine Fernwärme geplant, sind Informationen für potenzielle Nahwärmenetze aufgelistet. Die Steckbriefe befinden sich im Anhang 2.

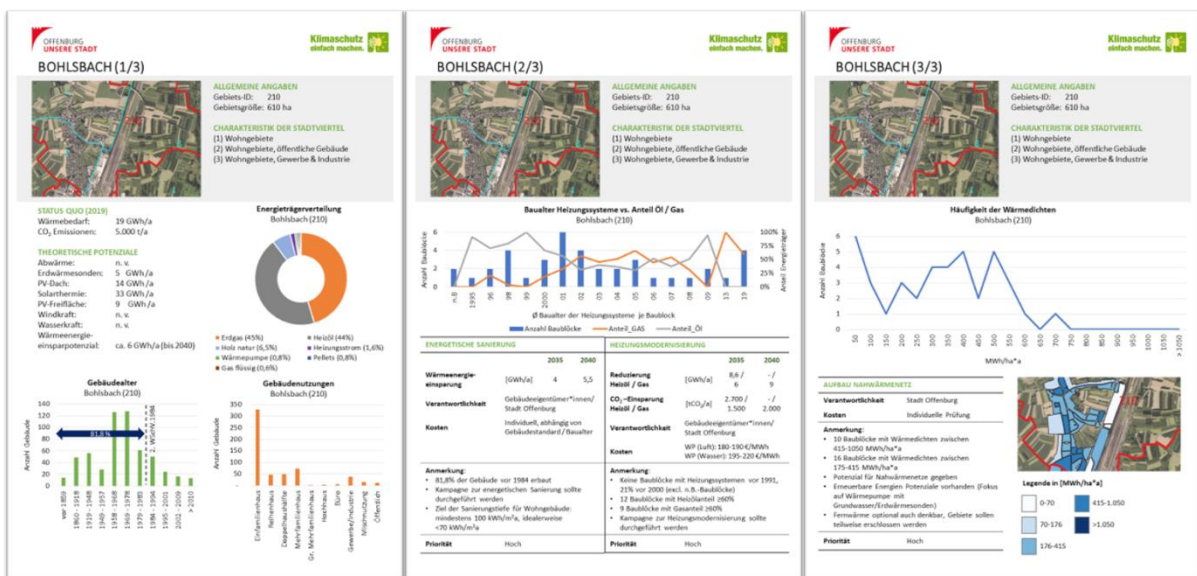


Abbildung 42: Exemplarische Darstellung der Teilgebietssteckbriefe

In der nachfolgenden Tabelle 8 werden die Eignungsgebiete hinsichtlich Fernwärme oder zentralen/dezentralen Lösungen aufgeteilt. Dabei wurden alle Eignungsgebiete, in welchen ein Fernwärmeausbau bis 2040 geplant ist, markiert. In den Ortschaften außerhalb der Kernstadt Offenburg sind, abhängig vom Baublock, sowohl zentrale als auch dezentrale Lösungen realisierbar.

Zusätzlich wird in Tabelle 8 der Wärmeverbrauch von 2019 sowie der prognostizierte Wärmeverbrauch im Jahr 2040 angegeben. *Abbildung 43* visualisiert die vorrangigen Versorgungslösungen. Deutlich wird, dass in der Kernstadt Offenburg überwiegend Fernwärme ausgebaut werden soll. Durch die enge Besiedelung sind die Wärmedichten dort am höchsten. In den Ortschaften außerhalb von Offenburg ist keine Fernwärme geplant. Daher wird es hier einen Mix aus dezentralen Einzellösungen und Nahwärmenetzen geben.

Tabelle 8: Eignungsgebiete für die zentrale Wärmeversorgung

Eignungsgebiet	Nr.	Fernwärme	Zentral/ Dezentrale	Wärmeverbrauch 2019 [GWh/a]	Wärmeverbrauch 2040
Stadtmitte	110	X	-	152	108
Nordstadt	120	X	-	253	176
Nordoststadt	130	X	-	88	63
Südoststadt	140	X	-	66	48
Südstadt	150	X	-	20	15
Südweststadt	160	X	-	33	26
Weststadt	170	X	-	98	68
Bohlsbach	210	X	x	22	16
Windschläg	220	-	X	18	14
Rammersweier	310	-	X	21	15
Zell-Weierbach	320	-	X	27	20
Fessenbach	330	-	X	12	9
Elgersweier	410	-	X	58	40
Zunsweier	420	-	X	26	19
Bühl	510	-	X	7	5
Waltersweier	520	-	X	42	29
Weier	530	-	X	10	7
Griesheim	540	-	X	15	11

Alle weiteren Informationen zu den jeweiligen Eignungsgebieten werden in den dazugehörigen Steckbriefen abgebildet.

Stand Dezember 2023

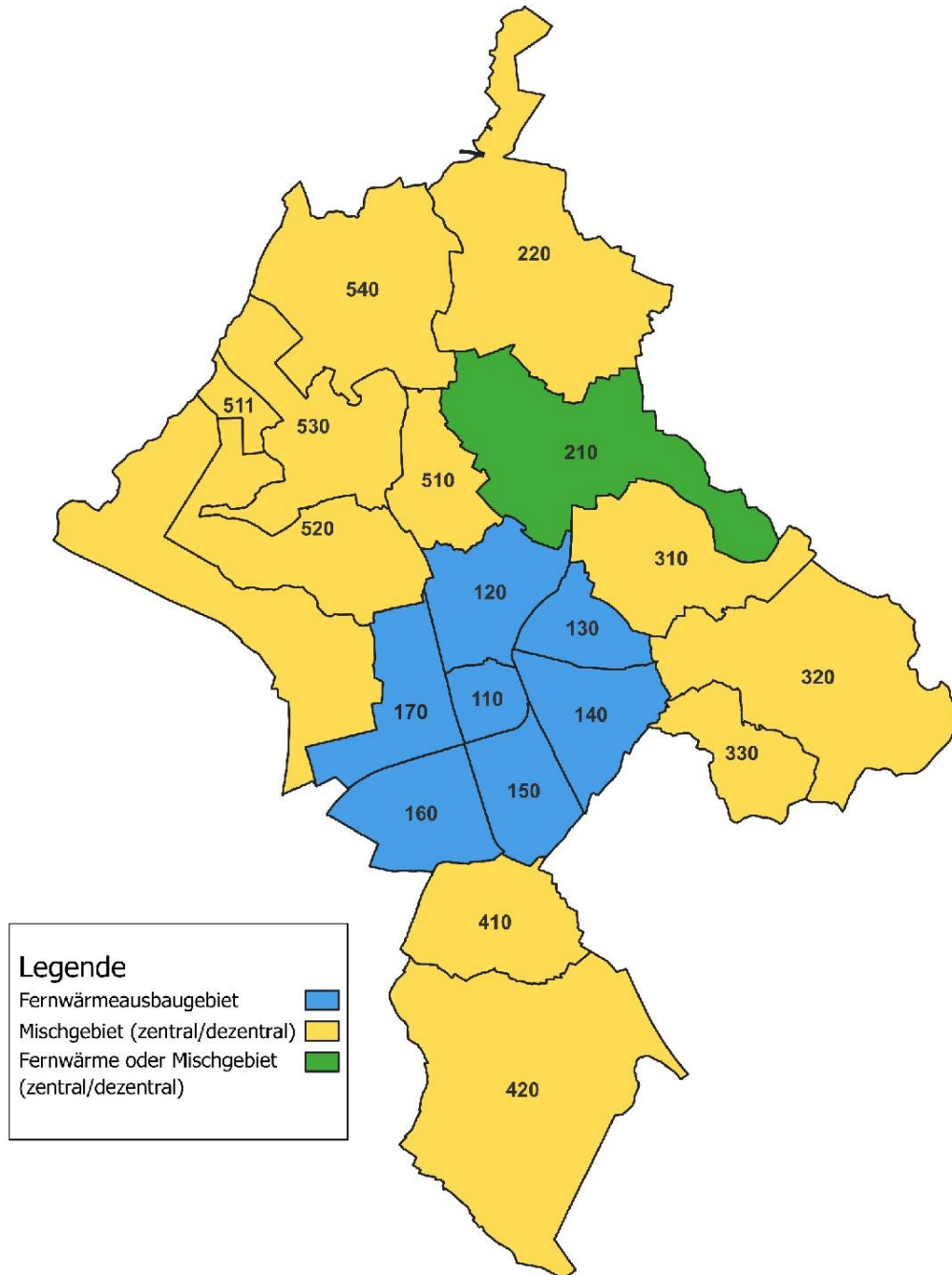


Abbildung 43: Versorgungslösungen je Eignungsgebiet

4.2 Zentrale Versorgungsstrategie

4.2.1 Fernwärmeausbau

Mit der Wärmeversorgung Offenburg (WVO) treibt die Stadt Offenburg derzeit den Ausbau der Fernwärme voran. Der Fernwärmeausbau soll insbesondere in der Kernstadt von Offenburg massiv ausgebaut werden. Ein dortiger Ausbau ist sinnvoll, da die Wärmedichten sehr hoch sind und somit ein Wärmenetz wirtschaftlich abbildbar ist. Gleichzeitig bestehen hier größere Hemmnisse für Einzellösungen, beispielsweise durch die geringe Flächenverfügbarkeit sowie Lärmemissionen (vgl. *Abbildung 49*).

Lag die Wärmeabsatzmenge der WVO im Jahr 2017 noch bei etwa 14 GWh, ist diese bereits bis 2021 auf fast das Doppelte auf 27,4 GWh angestiegen. Die Fernwärme soll insbesondere in den Stadtteilen *Stadtmitte, Nordstadt, Nordoststadt, Südoststadt, Südweststadt* sowie der *Weststadt* ausgebaut werden. Die Ausbaugebiete sowie die Ausbauentwicklung ist in *Abbildung 44* sowie im Fernwärmeausbauplan der WVO in *Abbildung 45* dargestellt. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde in enger Abstimmung mit der WVO die Fernwärmeabsatzmenge im Jahr 2040 auf 327 GWh/a angesetzt. In allen genannten Stadtteilen soll der Deckungsanteil mit Fernwärme bis 2040 bei 65 % liegen. Eine genaue Zusammenstellung zwischen Wärmeverbrauch und Fernwärmeausbau der jeweiligen Stadtteile ist in *Tabelle 9* zusammengetragen. Ziel dieser Ausbaustrategie ist die Schaffung eines möglichst flächendeckenden Angebots für eine zukünftig klimaneutrale und energieeffiziente Wärmeversorgung. Vorrangig soll die Fernwärme dabei dort ausgebaut werden, wo sich große Verbraucher anschließen. Laut Schätzung der WVO werden in etwa 200 Mio. Euro für den Ausbau der Fernwärme bis 2040 benötigt.

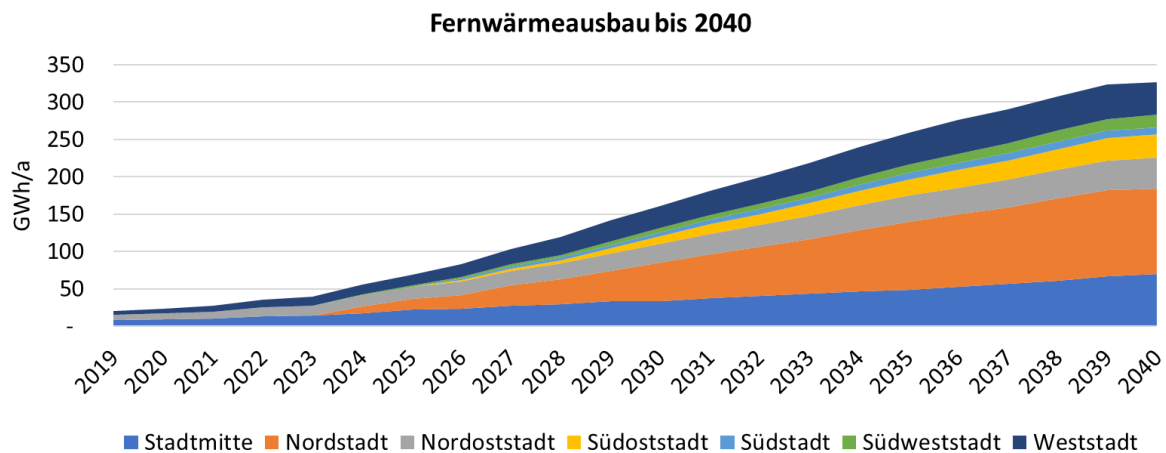


Abbildung 44: Fernwärmeausbaupläne bis 2040

Tabelle 9: Fernwärmeausbaugebiete - Anteile

Stadtteil	Wärmeenergiebedarf 2040 [GWh/a]	Anteil Fernwärme 2040 [GWh/a]	Deckungsanteil Fernwärme 2040 [%]
Stadtmitte	108	70	65%
Nordstadt	176	114	
Nordoststadt	63	41	
Südoststadt	48	31	
Südoststadt	15	10	
Südweststadt	26	17	
Weststadt	68	44	

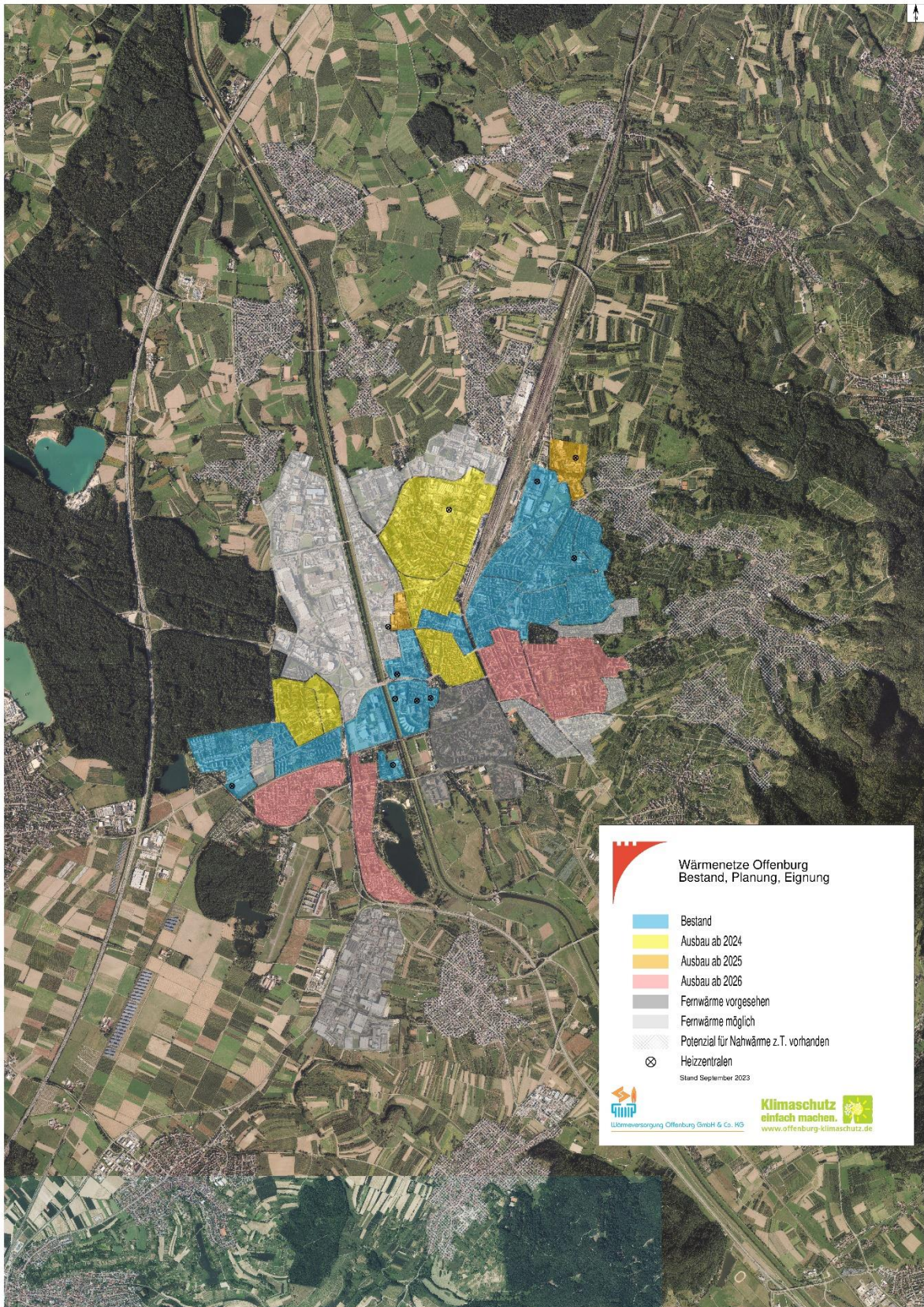


Abbildung 45: Fernwärmeausbauplan der WVO (Stand September 2023)

Die derzeitige Wärmebereitstellung erfolgt zu großen Teilen aus effizienten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, jedoch basierend auf fossilen Brennstoffen. In den kommenden Jahren soll die Fernwärme nach und nach auf emissionsneutrale Anlagen umgerüstet werden. Die Sektorkopplung wird dabei eine wichtige Rolle spielen. Die Wärmeenergiebereitstellung soll im Wesentlichen auf regenerativen Gasen und Strom basieren. Die regenerativen Gase sollen dabei aus Klärgas, Biogas, Holzgas oder Wasserstoff gewonnen werden. Der Strom soll aus PV- oder Windkraftanlagen generiert werden und insbesondere für die Verwendung von Wärmepumpen genutzt werden. Ergänzend dazu werden weitere Potenziale wie Abwärme oder Pellet- und Hackschnitzelkessel zur Wärmeversorgung eingesetzt. Das Grundprinzip der zukünftigen emissionsneutralen Wärmeversorgung wird in Abbildung 46 exemplarisch dargestellt. Wie sich die Fernwärme zukünftig im Detail zusammenstellen wird und welche Anlagen wann gebaut werden sollen, wird im Rahmen einer verpflichtenden Maßnahme (s. 5.4) in einer Roadmap in den kommenden fünf Jahren erarbeitet.

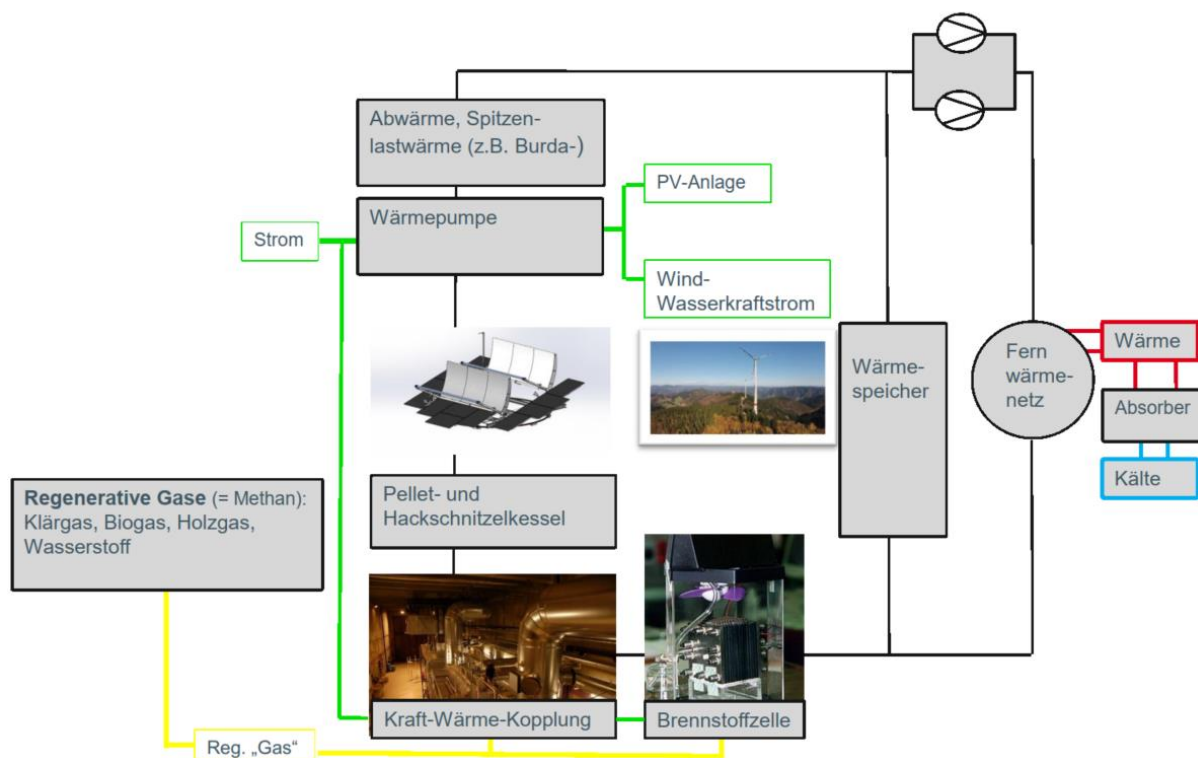


Abbildung 46: Fernwärmestrategie der WVO mit Sektorkopplung

Erste Wärmepumpenanlagen und andere Maßnahmen hin zu einer emissionsneutralen Fernwärmeversorgung sind bereits in Planung.

- Kurzfristige Planung einer Wärmepumpenanlage mit 5.000 kW thermischer Leistung. Der Strom dafür wird von Windenergieanlagen des W-Werk Mittelbaden (iKWK) kommen.
- 2023 soll der Pelletkessel von der Stadt Offenburg im Nord-West-Schulzentrum übernommen werden. Dadurch kann der regenerative Anteil des Fernwärmenetzes gesteigert werden.
- 2023 soll die Abwärme von Burda in das Fernwärmenetz integriert werden und weitere 2.000 Haushalte mit Wärme versorgen. Derzeit sind 18.000 MWh geplant, könnte jedoch bis 50.000 MWh ausgebaut werden.
- Ab 2024 möchte die WVO in neue innovative KWK-Anlagen investieren, welche das komplette Spektrum an regional verfügbaren Gasen langfristig abdecken kann.
- Regenerative Gase ab 2025/26

Stand Dezember 2023

- Klärgas am Neuklinikum
- Konkretisierung der Wasserstofflösung
- Biomassen-Vergasung Bio-Holz Kohlevergasung → erste Schritte eingeleitet
- Hackschnitzel-Kessel bis 2028
 - fünf Prozent durch Hackschnitzel substituieren
 - 50.000 Schüttraumkubikmeter + 10.000 Tonnen Restholz + 5.000t Altholz Klasse 2

4.2.2 Nahwärmenetze

Nicht in jedem Stadtteil von Offenburg ist ein Fernwärmeausbau geplant. Dies betrifft insbesondere die Ortsteile außerhalb der Kernstadt, in denen die Wärmedichte geringer ist. In diesen Gebieten kann ein Nahwärmenetz eine mögliche Lösung darstellen. Eine grundlegende Voraussetzung für eine zentrale Wärmenetzlösung ist dennoch, dass die Wärmedichte ausreichend hoch ist, sodass sich der hohe technische, wirtschaftliche und organisatorische Aufwand zum Aufbau von Wärmenetzstrukturen durch einen Energieversorger lohnt. Nur mit einer ausreichenden Wärmedichte kann gewährleistet werden, dass ein zentrales Nahwärmenetz wirtschaftlich betrieben werden kann. Die KEA-BW gibt dafür eine Klassifizierung der Wärmedichten nach potenziellen Eignungen für Wärmenetze an. In Tabelle 10 sind die Klassifizierungen aufgelistet, welche in wirtschaftlicher Konkurrenz zu dezentralen Einzelösungen stehen. Zu beachten ist jedoch, dass die Kosten für die Wärmeversorgung, je nach lokalen Gegebenheiten dennoch stark variieren können und die Klassifizierungen somit lediglich eine erste Indikation sind.

Tabelle 10: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Endenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetzen

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

Quelle: nach KEA-BW

In Bestandsgebieten wird demnach ein konventionelles Wärmenetz erst ab einer Wärmedichte von > 415 MWh/ha*a als wirtschaftlich realisierbar empfohlen. Konventionelle Wärmenetze werden in der Regel mit sehr hohen Vorlauftemperaturen betrieben, sodass sich alle Bestandsgebäude – ohne Sanierungsmaßnahme - anschließen können. Bei einer Wärmedichte zwischen 175 und 415 MWh/ha*a wird ein Niedertemperaturnetz in Bestandsgebieten empfohlen. Hier kann es durchaus möglich sein, dass sich einige Gebäude erst nach entsprechenden Sanierungsmaßnahmen anschließen können, um mit geringeren Vorlauftemperaturen auszukommen. Eine Studie des Fraunhofer Instituts „Wärmepumpen in Bestandsgebäuden“ zeigt jedoch, dass auch ältere Gebäude (insbesondere ab den 1970er Jahren) mit geringem Sanierungsgrad mit einer Vorlauftemperatur unter 60 °C auskommen können. Beispielgebäude diesbezüglich werden in der Studie aufgezeigt (Fraunhofer 2020). Für ältere Gebäude können flankierende Sanierungsmaßnahmen erforderlich werden, bevor ein Anschluss möglich bzw. empfehlenswert ist.

Die Wärmedichte wurde im Rahmen der Bestandsanalyse auf Baublockebene erhoben. Ob sich ein Nahwärmenetz tatsächlich für ein ausgewiesenes Gebiet technisch und wirtschaftlich realisieren lässt,

muss durch weitere Untersuchungen und Planungen geprüft werden. Dies kann im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, beispielsweise nach der *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze* durchgeführt werden. Die wesentlichen Schritte sind folgende:

Schritt 1: Zonierung des Untersuchungsgebietes

- Zusammenschluss geeigneter Baublöcke (hohe Wärmedichte, kompakter Bauabschnitt, etc.)
- Neubau/Kernsanierung von kommunalen Einrichtungen

Schritt 2: Bestandsanalyse des Untersuchungsgebietes

- Wie viel Wärmeenergie wird im Untersuchungsgebiet benötigt?
- Wie verändert sich die Wärmeenergie durch die Sanierungsrate?
- Was sind die Vorlauftemperaturen im Gebiet und welche werden benötigt?
- Lastgangermittlung, um maximale Leistung zu identifizieren

Schritt 3: Potenzialanalyse

- Welche Potenziale sind im Untersuchungsgebiet vorhanden?
- Welche technischen Varianten lassen sich davon ableiten?

Schritt 4: Untersuchung der technischen Varianten

- Können Potenziale genutzt werden, welche Ergiebigkeit lässt sich davon ableiten?
- Genehmigungsfähigkeit prüfen
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Varianten (Hinweis: Nutzung von Synergien prüfen, z.B. Tiefbauarbeiten, um Kosten einzusparen)

Vorrangig sollten potenzielle Nahwärmenetze in den Gebieten eingehender untersucht werden, in welchen

- derzeit der Anteil an Heizöl als Energieträger hoch ist,
- die Heizungssysteme mit fossilen Brennstoffen ein hohes Alter aufweisen und in den kommenden Jahren ausgetauscht werden müssen,
- die Wärmedichte ausreichend vorhanden ist,
- und ggf. kommunale Liegenschaften in der Umgebung, bei welchen zeitnah eine Modernisierung der Heizungssysteme geplant ist, als Synergieeffekte nutzbar sind.

Stand Dezember 2023

Für eine erste Einschätzung, wie hoch die Wärmedichte der Baublöcke in den Ortsteilen ohne Fernwärmeversorgung ist, wird in der nachfolgenden *Abbildung 47* die relative Häufigkeit der Wärmedichten angegeben.

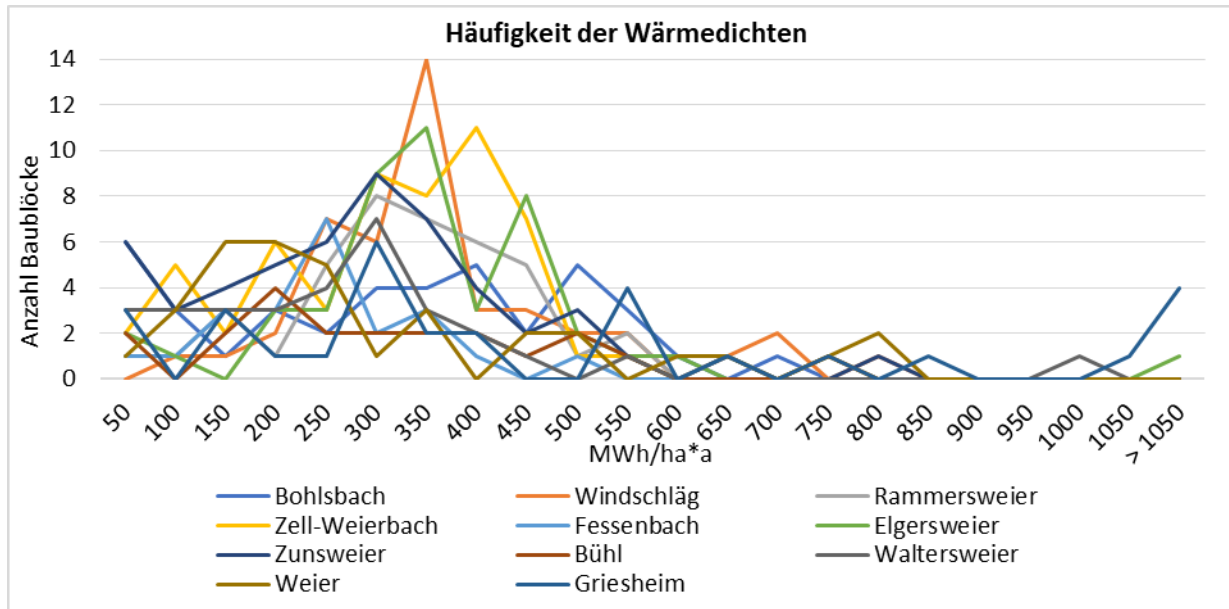


Abbildung 47: Relative Häufigkeit der Wärmedichte (Stadtteile ohne zukünftigen Fernwärmeausbau)

Die Abbildung zeigt deutlich, dass die überwiegenden Baublöcke im Bereich 200 und 400 MWh/ha*a liegen. Das bedeutet, ein Niedertemperaturnetz wäre durchaus in den meisten Ortsteilen großflächig wirtschaftlich umsetzbar. Ein flächendeckendes konventionelles Wärmenetz dagegen nicht. Die Baublöcke, welche eine Wärmedichte zwischen 415 und 1.050 MWh/ha*a haben, sind eher vereinzelt und nicht immer nebeneinanderliegend zu finden.

In den Steckbriefen werden für die Ortsteile, welche auch zukünftig nicht mit Fernwärme versorgt werden, geeignete Gebiete für Nahwärmenetze aufgeführt. Dazu ist angegeben, wie viele Baublöcke innerhalb einer Wärmedichte-Klassifizierung liegen. Des Weiteren zeigt eine Graphik das Verhältnis des Baualters der Heizungsanlagen zu den Energieträgern Öl und Gas auf (s. exemplarische Graphik von Griesheim in *Abbildung 48*). Dadurch kann abgeleitet werden, in welchen Ortsteilen eine Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz vorrangig durchgeführt werden sollte. Dabei sollten Baublöcke, welche insbesondere einen hohen Anteil Öl, aber auch Gas als Energieträger, sowie ein durchschnittlich hohes Alter der Heizungssysteme aufweisen, vorrangig geprüft werden, da davon auszugehen ist, dass dortige Heizungssysteme in den kommenden Jahren ausgetauscht werden müssen. Wichtig ist, dass die betroffenen Bürger*innen frühzeitig darüber informiert werden, ob das Potenzial eines Nahwärmenetzes in Ihrer Nähe überprüft wird oder nicht. Wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, sollte versucht werden, eine Modernisierung der Heizungsanlage hinauszuzögern bzw. eine Zwischenlösung zu finden (z.B. Umrüstung mit Second-Life-Heizungssystemen). Falls ein Nahwärmenetz ausgeschlossen wird, muss eine klimaneutrale dezentrale Einzellösung gefunden werden (s. Unterkapitel 4.3). Mittelfristig sollten auch alle weiteren Baublöcke hinsichtlich der Machbarkeit eines Nahwärmenetzes bewertet werden.

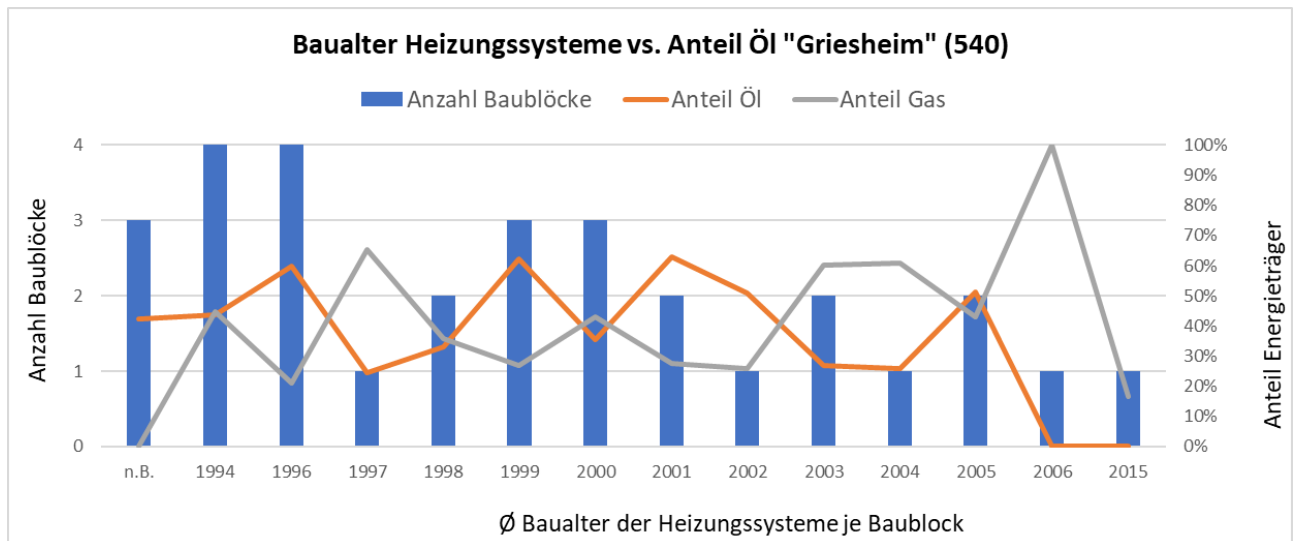


Abbildung 48: Exemplarische Graphik zu Baualter der Heizungssysteme vs. Öl als Energieträger

Die Realisierung eines Nahwärmenetzes bringt viele Chancen, jedoch auch Hemmnisse mit sich. Im Folgenden werden einige Chancen und Hemmnisse benannt:

Chancen:

- Bei der Umsetzung eines Nahwärmenetzes werden direkt einige Haushalte an eine klimaneutrale Wärmeversorgung angeschlossen.
- Gebäudeeigentümer*innen müssen nicht direkt selbst aktiv werden.
- Die Wärmegestehungskosten sind oftmals geringer gegenüber einer klimafreundlichen Einzellösung.
- Kann zur steigenden Akzeptanz von erneuerbaren Energien in der Bevölkerung führen.

Hemmnisse:

- Technische Hemmnisse:
 - Denkmalschutz
 - Erforderliche vorgelagerte Leistungen zur Netzertüchtigung durch den Stromnetzbetreiber
 - Hohe Temperaturanforderungen im unsanierten Bestand
- Organisatorische Hemmnisse:
 - Synchronisierung Zeitplanung Gebäudesanierung mit Wärmenetzplanung
 - Materialknappheit und Lieferengpässe
 - Handwerker-/Dienstleistungsmangel
- Regulatorische Hemmnisse:
 - „Bestandsschutz“/derzeit keine Verpflichtung zur Sanierung
 - Kostenumlage („Mieter-Vermieter-Dilemma“)
- Verfügbarkeit von Flächen für Energiezentralen

Stand Dezember 2023

4.2.3 Erdgasnetz

Das Gasnetz in Offenburg ist ein sehr junges und gut erhaltenes Gasnetz. Es liegt sehr engmaschig und nahezu flächendeckend in allen Stadtteilen von Offenburg. Betrieben wird das Gasnetz von badenovaNetze GmbH. Die Nutzungsdauer der Leitungen sind auf 70-80 Jahre ausgelegt. In den kommenden zehn bis 20 Jahren müssen - laut Gasnetzversorger - nur geringe Investitionskosten vorgenommen werden. Derzeit ist die Erneuerung von etwa zehn km Leitung in den nächsten zwei Jahrzehnten in Planung. Eine volle Versorgungssicherheit kann daher gewährleistet werden und es bestehen keine Sicherheitsbedenken.

Gesetzlich hat der Gasnetzversorger den Auftrag zur Versorgungssicherheit und ist verpflichtet, diesen zu erfüllen. Das heißt, jede/jeder Hauseigentümer*in darf sich an das Erdgasnetz anschließen, sofern dies technisch möglich ist. Daher ist es sekundär, ob das Gasnetz in der Kernstadt von Offenburg liegt oder außerhalb in den Ortschaften. Diese Regelung führt zu einem Dilemma. Einerseits ist der Gasnetzversorger gesetzlich dazu verpflichtet, die Versorgung sicherzustellen, andererseits soll aber auch das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 eingehalten werden.

Es ist derzeit noch keine finale Entscheidung darüber getroffen worden, wie mit dem Erdgasnetz in Zukunft verfahren werden soll. Fest steht jedoch, dass das Erdgasnetz langfristige eine Transformation benötigt, wenngleich diese nicht überall direkt umgesetzt werden kann.

In einem gemeinsamen Termin zwischen der Stadt Offenburg, badenovaNetze GmbH und der WVO Offenburgs wurde vereinbart, einen regelmäßigen Termin (halbjährig) zu vereinbaren. In diesem Termin sollen aktuelle Planungen der Stadt (Ausbau Nahwärmenetze, Tiefbauarbeiten, etc.), der WVO Offenburg (Fernwärmeausbaupläne) und der badenovaNetze GmbH (Erdgasnetzpläne) ausgetauscht werden. Dieser Austausch ist empfehlenswert, um Planungen besser zu koordinieren und doppelte Investitionen zu vermeiden.

4.3 Dezentrale Einzellösungen

In Gebieten, in denen weder der Ausbau der Fernwärme vorgesehen ist noch die Einrichtung zentraler Nahwärmenetze sinnvoll erscheint, müssen dezentrale Einzellösungen gefunden werden. Derzeit nutzen die meisten Einzellösungen fossile Brennstoffe wie Heizöl oder Erdgas als Energieträger. Um die Klimaziele zu erreichen, müssen die derzeitigen Heizungssysteme auf klimaneutrale Lösungen umgerüstet werden. Hierfür eignen sich insbesondere strombasierte Lösungen wie Wärmepumpen oder in einigen Fällen regenerative Brennstoffe wie Pellets. In Abbildung 49 werden typische Einzellösungen mit den Vor- und Nachteilen der Heizungssysteme dargestellt.

Fossile Brennstoffe			Regenerative Brennstoffe	Strombasiert	
Heizöl	Erdgas	Flüssiges Gas	Biomasse (z.B. Pellets)	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Wasser-Wasser-Wärmepumpe
<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Klimaschädlich ⊖ Gesetzlich verboten 	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Klimaschädlich ⊖ Noch nicht verboten, aber Regelungen werden strikter 	<ul style="list-style-type: none"> ⊖ Klimaschädlich ⊖ Nischenanwendung ⊖ Noch nicht verboten, aber Regelungen werden strikter 	<ul style="list-style-type: none"> + Für alle Temperaturanforderungen ⊖ Platz im Haus notwendig ⊖ CO₂-Emissionen 	<ul style="list-style-type: none"> + Keine CO₂-Emissionen mit Ökostrom + Günstige Anschaffungskosten ⊖ Außentemperaturen beeinflussen die Effizienz ⊖ Mehr Platzbedarf für Außeneinheit ⊖ Risiko störender Geräuschkulisse im Ort ⊖ Vergleichsweise hohe Betriebskosten ! Kompatibilität mit individueller Vorlauftemperatur 	<ul style="list-style-type: none"> + Keine CO₂-Emissionen mit Ökostrom + Permanente hohe Effizienz und + Geringe Betriebskosten + Keine Schallemissionen nach Außen ⊖ Vergleichsweise kostenintensive Anschaffung ! Kompatibilität mit individueller Vorlauftemperatur

Abbildung 49: Einzellösungen und deren Vor- und Nachteile

Heizungssysteme mit fossilen Brennstoffen werden als Einzellösung ausgeschlossen, da diese einen hohen CO₂-Faktor aufweisen und somit klimaschädlich sind.

Bereits im derzeit gültigem Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird (mit Ausnahmeregelungen) gemäß §72 gefordert, dass Heizkessel mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, die vor dem 1. Januar 1991 eingebaut worden sind, ausgetauscht werden müssen. Bei Heizkesseln, die nach dem 1. Januar 1991 eingebaut wurden, muss ein Austausch spätestens nach 30 Jahren erfolgen.

Zusätzlich ist bereits vorgesehen, dass ab 2026 Heizkessel, welche mit Heizöl oder mit festem fossilen Brennstoffen beschickt werden, nur unter gewissen Bedingungen weiter eingebaut werden dürfen. Das Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg (EWärmeG) regelt außerdem, dass bei einem Austausch oder nachträglichen Einbau einer Heizanlage mindestens 15 % des jährlichen Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden müssen oder der Wärmeenergiebedarf um mindestens 15 % gesenkt werden muss.

Wie bereits erwähnt, ist eine dezentrale Einzellösung insbesondere in Gebieten erforderlich, in denen weder der Ausbau eines zentralen Nahwärmenetzes noch Fernwärme geplant oder umgesetzt wird. Dies betrifft hauptsächlich Ortschaften außerhalb der Kernstadt Offenburg. Es kann jedoch auch vorkommen, dass eine Heizungsmodernisierung in einem geplanten Fern- oder Nahwärmenetzgebiet erfolgen muss, bevor dieses errichtet wurde. Daher müssen die folgenden Szenarien unterschieden werden:

- (1) Heizungsmodernisierung ohne Anschlussmöglichkeit an ein Fern- /Nahwärmenetz
- (2) Heizungsmodernisierung mit Anschlussmöglichkeit an ein Fern- /Nahwärmenetz

Stand Dezember 2023

In beiden Fällen ist es wichtig, die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig in die Ausbauplanung in den Stadtteilen einzubeziehen und sie entsprechend zu informieren.

Im Fall (1) müssen sich die Bürgerinnen und Bürger darauf einstellen, dass eine dezentrale Einzel- oder Inzellösung gefunden werden muss. Es empfiehlt sich, ihnen frühzeitig relevante Informationen zur Verfügung zu stellen und eine Kampagne zur Heizungsmodernisierung und energetischen Sanierung zu starten. Die Maßnahme wurde bereits im KSK Offenburg verankert und ist auch in der kommunalen Wärmeplanung enthalten (s. Maßnahme 6.6). Die Beratung „Eignungs-Check Heizung“ für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer der Ortenauer Energieagentur sollte im Rahmen dieser Maßnahme intensiviert werden, idealerweise auch mit einer Beratung zur energetischen Sanierung.

Der Fokus sollte dabei auf Baublöcke mit einem hohen Anteil Heizöl als Energieträger liegen. Heizöl hat mit 311 g CO₂/kg den höchsten CO₂-Faktor der Energieträger. Mittelfristig sollten auch die Baublöcke beraten werden, welche derzeit an das Erdgasnetz angeschlossen sind oder Flüssiggas verwenden.

Um die Baublöcke mit einem hohen Anteil Heizöl und alten Heizungssystemen zu identifizieren, kann *Abbildung 48* aus Kapitel 4.2.2 herangezogen werden. Die Baublöcke werden auch in den Steckbriefen hervorgehoben, jedoch ohne Berücksichtigung potenziell geeigneter Nahwärmenetze. Sobald feststeht, in welchen Gebieten eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden soll, müssen diese Informationen ebenfalls berücksichtigt werden.

Im Fall (2) können insbesondere die geplanten Fernwärmeausbaubereiche den Bürgerinnen und Bürgern bereits klar kommuniziert werden. In der Kernstadt Offenburg ist nahezu flächendeckend der Ausbau eines Fernwärmenetzes bis 2040 geplant. Sobald das Fernwärmenetz an entsprechender Stelle ausgebaut wird, sollten sich Gebäude an das Fernwärmenetz anschließen. Die Fernwärme hat bereits jetzt einen deutlich geringeren CO₂-Faktor (Wert von WVO: ca. 44 kg CO₂/MWh) als Gas und soll zudem bis 2040 klimaneutrale Wärme bereitstellen (s. Kapitel 4.2). Gebäude, welche derzeit nicht am Gasnetz angeschlossen sind, sollten dazu motiviert werden, sich zukünftig an das Fernwärmenetz anzuschließen. Langfristig ist das die ökologischste und ökonomischste Variante.

Zudem könnten in den kommenden Jahren insbesondere in den Ortschaften außerhalb der Kernstadt Offenburg Nahwärmenetze entstehen. Wie im Kapitel 4.2.2 beschrieben sollten Gebiete, in welchen eine Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz durchgeführt werden soll, zeitnah festgelegt und den Bürger*innen kommuniziert werden. In vielen Baublöcken weisen die Heizungssysteme ein sehr hohes Alter auf, sodass davon ausgegangen werden kann, dass diese in den kommenden Jahren modernisiert werden müssen. Wenn jedoch dort ein Nahwärmenetz entstehen könnte, ist es wichtig, dass sich möglichst viele Gebäude anschließen. Daher empfiehlt es sich, Überbrückungstechnologien für diese Gebäude zu finden. Beispielsweise durch den Einbau von Second-Life-Heizungssystemen, bei welchen die Nutzungsdauer geringer ist. Somit kann verhindert werden, dass dezentrale Einzellösungen eine zentrale Lösung erschweren oder gar verhindern.

4.4 Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Wärmeenergiebedarf durch energetische Sanierungen bis 2040 um 280 GWh/a gesenkt werden kann. Dieses Ziel ist jedoch sehr ambitioniert und erfordert neben einer breitgefächerten Aufklärungsarbeit und umfangreichen Förderangeboten auch zusätzliche personelle Kapazitäten (Handwerker*innen, Elektriker*innen, etc.). Eine deutliche Reduzierung des Wärmeenergiebedarfs ist notwendig, um den Bedarf mit den vorhandenen Potenzialen decken zu können. Daher ist die Wärmeenergieeinsparung durch energetische Sanierung der erste wichtige Schritt bei der Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung.

Die Stadt Offenburg strebt an, zusammen mit der WVO das Fernwärmenetz deutlich auszubauen. Die Fernwärme soll bis 2040 ebenfalls klimaneutral bereitgestellt werden. In den kommenden fünf Jahren wird die WVO daher ihre Ausbaupläne konkretisieren und in eine Roadmap überführen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden die Ausbaupläne überarbeitet. Bis 2040 soll der Fernwärmeausbau von derzeit etwa 28 GWh/a auf 327 GWh/a ansteigen, mit einem Deckungsanteil von 65 Prozent pro Stadtteil. Dieses Ziel ist ebenfalls sehr ambitioniert. Es bedarf hierfür eine gute Planung und personelle Kapazitäten sollten ausgebaut werden. Dennoch reicht der angestrebte Fernwärmeausbau nicht aus, um den gesamten Wärmeenergiebedarf der Kernstadt Offenburgs zu decken. Es soll daher in den kommenden fünf Jahren nochmal geprüft werden, ob die Ausbaugeschwindigkeit weiter erhöht werden könnte. Gleichzeitig macht dies deutlich, dass das Erdgasnetz weiterhin als Brückentechnologie benötigt wird und eine enge Absprache zwischen WVO, der Stadt Offenburg und Badenova Netze GmbH empfehlenswert ist. Ziel muss es sein, Synergieeffekte optimal auszunutzen, um somit personelle und monetäre Verfügbarkeit effizient einzusetzen.

Neben dem Fernwärmeausbau ist die Umsetzung von Nahwärmenetzen angedacht. Insbesondere in den Ortschaften außerhalb der Kernstadt könnten Nahwärmenetze sinnvoll ausgebaut werden, da in einigen Baublöcken ein hoher Anteil an Heizöl vorkommt und die Heizungssysteme oftmals sehr alt sind und zeitnah erneuert werden müssen. Es ist daher vorgesehen, dass die Stadt Offenburg in den kommenden fünf Jahren erste Machbarkeitsstudien für Nahwärmenetze durchführt.

In der Stadt Offenburg sind einige Potenziale zu Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung vorhanden. Das Potenzial zur Nutzung von Geothermie oder Grundwasserwärme ist in den meisten Stadtteilen gegeben. Jedoch muss die Genehmigungsfähigkeit im Einzelfall geprüft werden. Das Potenzial für Biomasse ist mit den Ausbauplänen der Fernwärme nahezu ausgeschöpft. Die Nutzung von Abwasserwärme ist in der Stadt Offenburg noch nicht näher analysiert worden. Das Potenzial der Abwasserwärme ist groß und kann in einigen Stadtteilen zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung beitragen. Daher wird empfohlen, die Potenziale in den kommenden Jahren zu analysieren und in Machbarkeitsstudien zu berücksichtigen. Nicht genutzte Abwärmepotenziale sind in Offenburg kaum vorhanden. Noch vorhandene Potenziale sollten, sofern möglich, verwendet werden. Zudem ist außerhalb Offenburgs auch ein Potenzial für Tiefengeothermie gegeben. Diese sollte in den nächsten Jahren ebenfalls geprüft werden. Das Potenzial für die klimaneutrale Strombereitstellung ist ebenfalls groß. Allerdings muss dafür auch der PV-Ausbau auf den Dächern der privaten Haushalte genutzt werden.

Zudem wird der Strombedarf für die Wärmeversorgung stetig ansteigen. Allein für die Wärmeversorgung würden derzeit etwa 275 GWh Strom pro Jahr benötigt. Auch in anderen Bereichen (z.B. Verkehr) wird der Strombedarf ansteigen. Es ist daher notwendig die Energiewende als Gesamtes zu betrachten und eine Sektorkopplung voranzubringen. Das bedeutet, dass die Synergien der Sektoren in der Energiewirtschaft identifiziert werden müssen und diese optimal genutzt werden. Dazu ist es wichtig, dass alle relevanten Akteure der Energiewirtschaft im engen Austausch stehen und zudem eine integrierte Infrastrukturplanung realisiert wird, sodass Prozesse schneller und effizienter abgewickelt werden können.

Damit die Energiewende gelingen kann, braucht es außerdem Fachkräfte unterschiedlicher Disziplinen. Gerade im Handwerk gibt es derzeit große Kapazitätsengpässe. Es wird empfohlen Förderprogramme aufzusetzen bzw. bestehende Programme auszuweiten, welche auf Handwerksbetriebe und Energieberatungsformen abzielen sowie Fachkräfte anwerben. Durch die Schaffung von Ausbildungsplätzen innerhalb Offenburgs kann die Wertschöpfung gesteigert werden und die Unabhängigkeit vom deutschlandweiten Fachkräftemangel entgegengewirkt werden.

Damit die Ziele der kommunalen Wärmeplanung erreicht werden können ist es wichtig das die Stadt weiterhin als gutes Beispiel vorangeht. Derzeit werden einige Sanierungsmaßnahmen und Machbarkeitsstudien zu Nahwärmenetzen durchgeführt. Auch einige Förderprogramme sind bereits vorhanden.

5 Maßnahmen

Im Folgenden werden sechs prioritäre Maßnahmen vorgestellt, welche in den kommenden fünf Jahren umgesetzt werden müssen. Dazu gehören folgende Maßnahmen:

1. Energetisches Quartierskonzept Südstadt
2. Erweiterung des Nahwärmenetzes in Zell-Weierbach
3. Erweiterung des Nahwärmenetzes in Griesheim
4. Roadmap Umbau zur klimaneutralen Fernwärme
5. Fernwärmeausbau bis 2027
6. Kampagne zur energetischen Sanierung und Heizungsmodernisierung

5.1 Energetisches Quartierskonzept Südstadt

Derzeit werden die Grundlagen für die Ausweisung des nördlichen Teils der Südstadt als städtebauliches Sanierungsgebiet erarbeitet. Eine vertiefte Betrachtung des Stadtteils hinsichtlich seiner Energieeffizienz ist aufgrund des Baualters, der Energieträger und des Alters der Heizungsanlagen ebenfalls sinnvoll. Zudem sind große Teile des Bestands im Besitz der städtischen Wohnungsbaugesellschaft, so dass hier gute Gestaltungsmöglichkeiten gegeben sind, und die Kommune hier auch Vorbildwirkung entfalten kann. Mit einem energetischen Quartierskonzept (Phase A) mithilfe des KfW-Programmes „Energetische Stadtsanierung – Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager (432)“ werden zum einen Maßnahmen der Energieeffizienz von Gebäuden sowie des Umbaus auf erneuerbare Energien auf Ebene des Quartiers ermittelt. Zum anderen werden Aspekte der Resilienz gegenüber dem Klimawandel sowie nachhaltige Mobilität mit betrachtet. Die Erstellung von energetischen Quartierskonzepten wird mit 75 Prozent der förderfähigen Kosten gefördert.

Tabelle 11: Kennwerte Energetisches Quartierskonzept Südstadt

Kosten für Kampagne	Ca. 100.000 - 120.000 € davon werden 75 % gefördert
Verantwortlicher Akteur	Stadt Offenburg
Zeithorizont	Start 2023 (Ausarbeitung ca. 1 Jahr)
Bei Realisierung des Projektes	
CO₂-Einsparung	900 t CO ₂ /a bis 2040
Energieeinsparung	4,5 GWh/a bis 2040
Angestrebter Indikatorwert	Sanierungsrate nach der kommunalen Wärmeplanung, Sanierungstiefe private Haushalte idealerweise zwischen 80-100 kWh/m ² *a

Die Südstadt hat eine Größe von etwa 199 ha. Fast 91 Prozent der Gebäude wurden vor 1984, und somit vor der Zweiten Wärmeschutzverordnung gebaut. Geprägt ist das Quartier von Ein- und Zweifamilienhäusern, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern. Zudem liegt die kaufmännische Schule sowie die Haus- und Landwirtschaftliche Schule von Offenburg in dem Stadtteil. Als Energieträger wird zu 83 Prozent Erdgas verwendet. Alle Informationen können im Steckbrief „Südstadt“ eingesehen werden.

Ziel des energetischen Quartierskonzeptes ist es aus der Ausgangsanalyse des Gebietes konkrete Maßnahmen und deren Ausgestaltung abzuleiten, um insbesondere die Energieeffizienz im Quartier zu erhöhen. Die abgeleiteten Maßnahmen werden in einem Zeitplan priorisiert, Verantwortlichen zugeteilt und nach Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit beurteilt. Ein weiteres Ziel ist die Mobilisierung der lokalen Akteure sowie die Information und Beratung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit. Dabei werden Kommunikations- und Beteiligungskonzepte erarbeitet. Die Maßnahmen und Konzepte werden in der Phase B „Sanierungsmanagement“ in die Umsetzung gebracht. Zusätzlich können Fördermittel für die Energieberatung und für die energetische Sanierung eingeworben werden.

Das energetische Quartierskonzept für den Stadtteil „Südstadt“ wäre das erste Projekt seiner Art und wäre somit ein städtisches Pilotprojekt. Auf Grund des hohen Sanierungsbedarfs, sowie des hohen Anteils von fossilen Energieträgern eignet sich das Gebiet optimal für die Durchführung eines energetischen Quartierskonzeptes. Durch die intensive Bearbeitung von allgemeinen Maßnahmen, Kommunikations- und Beteiligungskonzepten sowie der Öffentlichkeitsarbeit, können verschiedene Formate erprobt, validiert, optimiert und anschließend auf weitere Quartiere übertragen werden. Ziel ist es, die Sanierungsrate in dem Quartier zu steigern, ein höheres Bewusstsein für Klimaschutz bei den Bewohner*innen herbeizuführen und als Multiplikator-Projekt zu fungieren.

Stand Dezember 2023

5.2 Erweiterung des Nahwärmenetzes in Zell-Weierbach (320)

In Zell-Weierbach ist ein neuer Schulbau in Planung. Dieser grenzt an den bereits bestehenden Schulen (Weingartenschule und Schule Zell-Weierbach) an. In der unmittelbaren Nähe befindet sich ebenfalls noch ein Kindergarten. Für diesen Campus wird derzeit ein Nachhaltigkeitskonzept erstellt, in welchem neben einer Makrostudie zur klimaneutralen Energieversorgung (Nahwärmenetz) auch ein Mobilitätskonzept mitberücksichtigt wird.

Untersucht werden derzeit zwei Varianten. Die Variante 1 umfasst derzeit nur den Schulneubau, die bereits bestehenden Schulen sowie den Kindergarten (s. *Abbildung 50*, gelbe Umrahmung). Der Wärmebedarf liegt in etwa bei 430 MWh/a. Die Variante 2 (s. *Abbildung 50*, rote Umrahmungen) wird erweitert und umfasst neben dem Schulcampus auch noch weitere städtische Gebäude (Museum, Stadtverwaltung, Abtsberghalle) in umliegender Nähe. Hier liegt der Wärmebedarf bei etwa einem GWh/a. Der Projektstart ist derzeit ab 2024 geplant.



Abbildung 50: Aktuelles Planungsgebiet Nahwärmenetz Zell-Weierbach

Für die Energieversorgung werden derzeit verschiedene Versorgungsvariationen untersucht. Insbesondere wird die Verwendung einer Wärmepumpe in Betracht gezogen. Dafür wurde bereits ein geologisches Gutachten durchgeführt. Dieses führte zu folgendem Ergebnis:

- **Grundwasser:** Laut der geologischen Untersuchung ist eine geothermische Nutzung über Entnahme- und Schluckbrunnen aufgrund des geringen zu erwartenden Grundwasserpotenzial eher nicht realisierbar
- **Wärmepumpe:**
 - Genehmigungsfähigkeit geothermischer Anlagen grundsätzlich gegeben. In Zell-Weierbach gibt es bereits zwei Erdsonden-Anlagen mit Sondentiefe von 160 m Hohes Wärmetransportpotenzial
 - Entzugsleistung etwa 37 W/m
 - Theoretische Sondenanzahl: ca. 200 Stück a 160 m

Für den Stadtteil Zell-Weierbach ist derzeit kein Fernwärmeausbau vorgesehen. Als Maßnahme wird daher vorgeschlagen, eine Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz durchzuführen, welches die umliegenden Baublöcke in das Untersuchungsgebiet mit einbindet. Als erweitertes Untersuchungsgebiet wird das in *Abbildung 51* aufgezeigte Untersuchungsgebiet vorgeschlagen. Mit Blick auf die dortige Wärmedichte liegen einige Baublöcke innerhalb des Richtwertes für *konventionelle Wärmenetze im Bestand*. Die anderen Baublöcke liegen in dem Bereich, *empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand*. Die Wärmedichte der angrenzenden Baublöcke wird ebenfalls in *Abbildung 51* dargestellt.

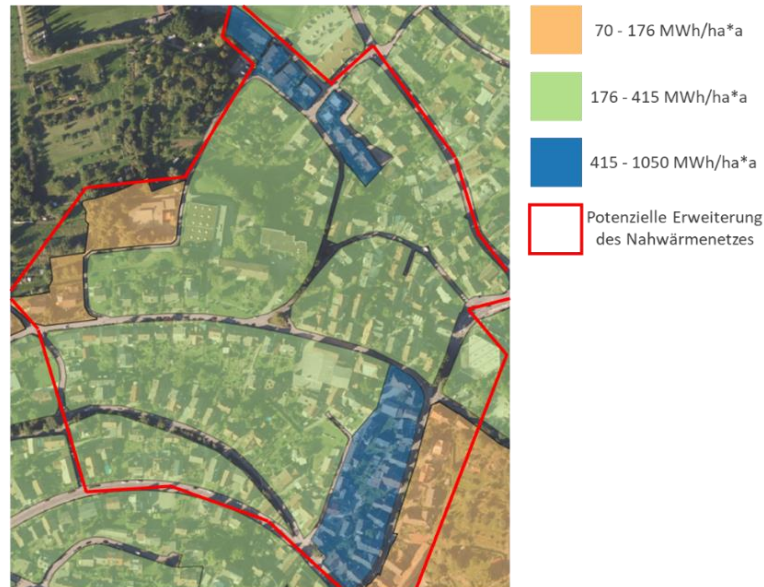


Abbildung 51: Potenzielles erweitertes Untersuchungsgebiet für ein Nahwärmenetz in Zell-Weierbach

Auch wenn nicht alle Baublöcke eine Wärmedichte von mehr als 415 MWh/ha*a aufweisen, liegen die Baublöcke in der Nähe von größeren Einzelverbrauchern (Schulen, Kindergarten) und erzeugen einen Nuttermix durch die unterschiedlichen Gebäudetypen, wobei Synergien im Wärmelastgang genutzt werden können. Zudem sollen einige Straßenzüge im Rahmen des Nahwärmenetzes für die städtischen Gebäude aufgedigelt werden, wodurch Kosten für die Tiefbauarbeiten partiell eingespart werden könnten. Auch eine Technikzentrale könnte gegebenenfalls auf dem Schulareal aufgestellt werden. Idealerweise läge diese dort mittig im erweiterten Untersuchungsgebiet. Auch die theoretische Anzahl der Erdsonden auf den städtischen Grundstücken wäre ausreichend, um den Wärmeenergieverbrauch von derzeit 3,3 GWh/a bei einer Anschlussquote von 70 % sicherzustellen. Im erweiterten Untersuchungsgebiet wird überwiegend mit Erdgas und Heizöl geheizt (s. *Abbildung 52*).

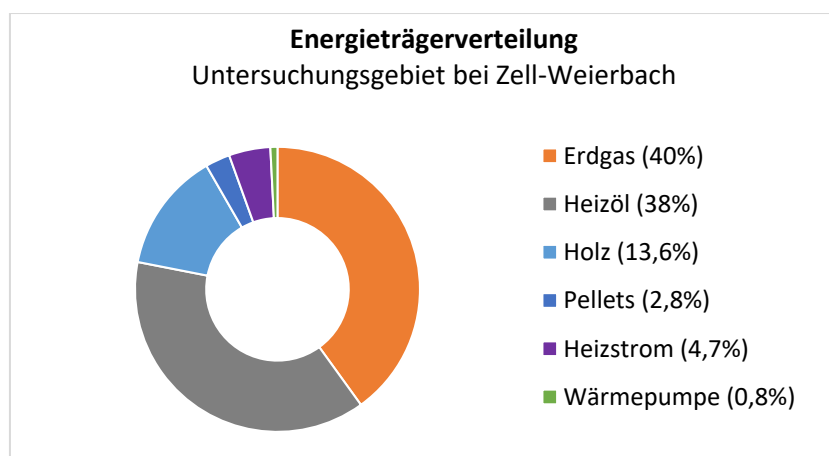


Abbildung 52: Energieträgerverteilung des Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Zell-Weierbach

Stand Dezember 2023

Durch ein Nahwärmenetz könnte eine hohe CO₂-Einsparung erzielt werden. Zudem ist auch die Chance auf eine hohe Anschlussbereitschaft gegeben, da einige Haushalte in den kommenden Jahren ihre Heizungssysteme modernisieren müssen. Einige Angaben zum Gebiet werden in Tabelle 12 aufgelistet.

Tabelle 12: Analyse des erweiterten Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Zell-Weierbach

Anzahl Gebäude:	Ca. 193 (170 private Haushalte, 9 GHD, 11 öffentlich)
Wärmeenergieverbrauch 2019:	4,7 GWh/a
bei 70 % Anschlussquote:	3,3 GWh/a
Wärmeenergieverbrauch 2040:	3,7 GWh/a (Reduktion ca. 21 %)
bei 70 % Anschlussquote:	2,6 GWh/a
Aktuelle Energieträger:	Überwiegend Gas und Heizöl (s. <i>Abbildung 52</i>)
Kostensynergien:	Einige Straßenzüge müssen im Rahmen des eigentlichen Projektes sowieso aufgegraben werden. Dadurch können Tiefbaukosten partiell eingespart werden.

Tabelle 13 liefert einige Kennwerte zur Machbarkeitsstudie vom Untersuchungsgebiet in Zell-Weierbach. Eine Machbarkeitsstudie nach der Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) wird mit 50 Prozent gefördert. In der Förderung abgedeckt ist die Planungsleistung in Anlehnung an die HOAI Leistungsphase I-IV. Bei einer Realisierung des Nahwärmenetzes könnten bis 2040 jährlich mehr als 1.000 t CO₂ eingespart werden.

Tabelle 13: Kennwerte Machbarkeitsstudie Zell-Weierbach

Kosten Machbarkeitsstudie	Ca. 170.000 - 200.000 € davon werden 50 % gefördert
Verantwortlicher Akteur	Stadt Offenburg
Zeithorizont	Machbarkeitsstudie 1 Jahr (+ 1 Jahr Verlängerung möglich)

Bei Realisierung des Projektes

CO₂-Einsparung	> 1.000 t CO ₂ /a bis 2040
Wärmegestehungskosten	Individuelle Prüfung notwendig, da starke Preisschwankungen; i.d.R zwischen 130-180 €/MWh (Förderung bereits eingerechnet)
Zielwert bei Realisierung	70 % Anschlussquote

5.3 Erweiterung des Nahwärmenetzes in Griesheim

In Griesheim wird ein kleines Nahwärmenetz für die städtischen Gebäude umgesetzt (s. *Abbildung 53*). Die bestehende Schule wird derzeit saniert. Zudem wird ein neuer Kindergarten gebaut. Für die Wärmeversorgung ist eine Wärmepumpe mit 55 °C Vorlauftemperatur geplant. Die Wärmeenergie soll dabei dem Grundwasser entnommen werden. Ein geologisches Gutachten steht noch aus. Aufgrund der identifizierten Potenziale ist eine Nutzung von Grundwasser theoretisch gegeben. Auch die Verwendung von Erdsonden ist nicht ausgeschlossen. Die Dachflächen werden mit PV-Anlagen bestückt.

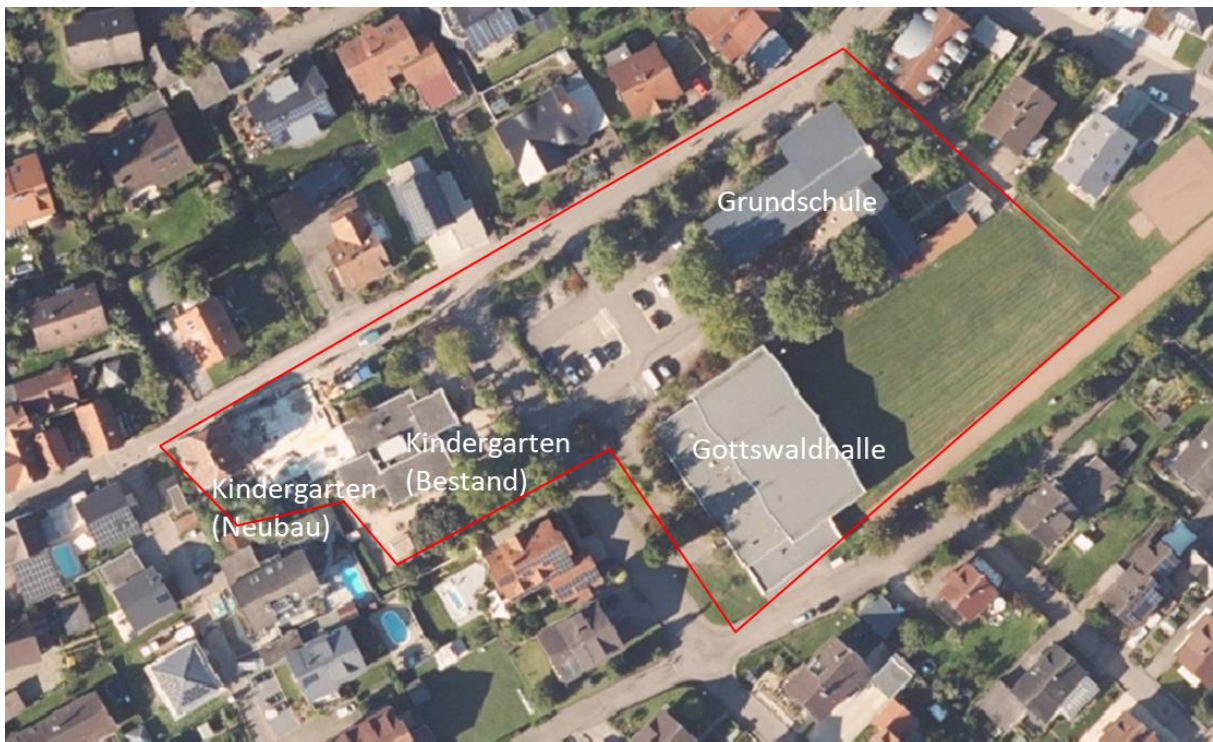


Abbildung 53: Aktuelles Planungsgebiet Nahwärmenetz Griesheim

Für den Stadtteil Griesheim ist derzeit kein Fernwärmeausbau vorgesehen. Als Maßnahme wird daher vorgeschlagen, eine Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz durchzuführen, welches die umliegenden Baublöcke in das Untersuchungsgebiet mit einbindet. Als erweitertes Untersuchungsgebiet wird das in *Abbildung 54* aufgezeigte Untersuchungsgebiet vorgeschlagen. Mit Blick auf die dortige Wärmedichte liegen einige Baublöcke innerhalb des Richtwertes für *konventionelle Wärmenetze im Bestand*. Die anderen Baublöcke liegen in dem Bereich *empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand*. Die Wärmedichte der angrenzenden Baublöcke wird ebenfalls in *Abbildung 54* dargestellt. Auch wenn nicht alle Baublöcke eine Wärmedichte mehr als 415 MWh/ha*a aufweisen, liegen die Baublöcke in der Nähe von größeren Einzelverbrauchern (Schulen, Kindergarten) und erzeugen einen Nutzermix durch die unterschiedlichen Gebäudetypen, wobei Synergien im Wärmelastgang genutzt werden können. Zudem werden bei einem Beschluss des Nahwärmenetzes für die städtischen Gebäude sowieso Bauarbeiten durchgeführt, wodurch Kosten reduziert werden können. Auch eine Technikzentrale könnte gegebenenfalls auf dem städteigenen Areal untergebracht werden.

Stand Dezember 2023

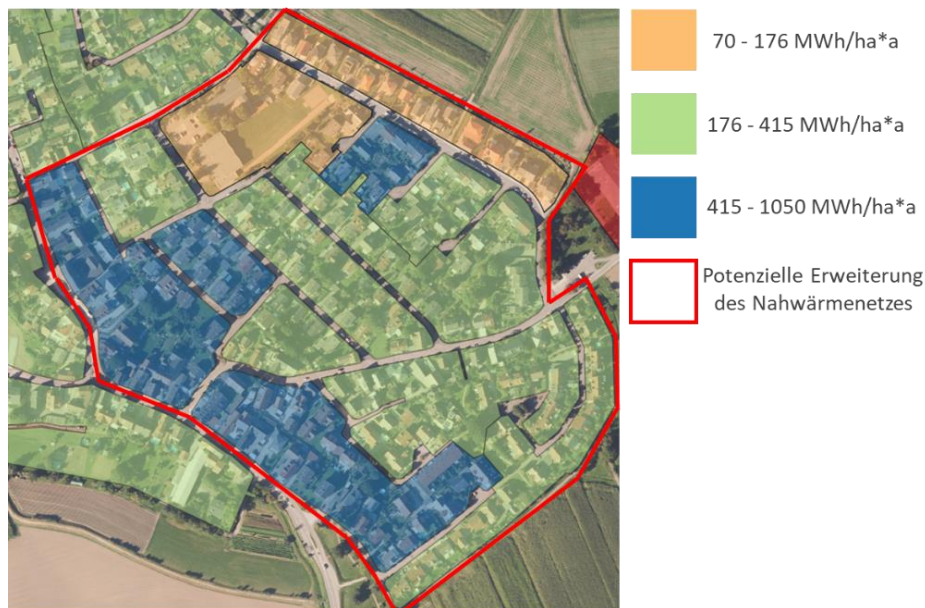


Abbildung 54: Potenzielles erweitertes Untersuchungsgebiet für ein Nahwärmenetz in Griesheim

Im erweiterten Untersuchungsgebiet wird überwiegend mit Heizöl und Erdgas geheizt (s. *Abbildung 55*). Durch ein Nahwärmenetz könnte eine hohe CO₂-Einsparung erzielt werden. Zudem ist auch die Chance auf eine hohe Anschlussbereitschaft gegeben, da einige Haushalte in den kommenden Jahren ihre Heizungssysteme modernisieren müssen. Der Wärmeenergieverbrauch lag 2019 bei etwa 5,6 GWh/a und kann bis 2040 um etwa 21 Prozent reduziert werden (4,5 GWh). Einige Angaben zum erweiterten Untersuchungsgebiet werden in Tabelle 14 aufgelistet.

Tabelle 14: Analyse des erweiterten Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Griesheim

Anzahl Gebäude:	Ca. 244 (235 private Haushalte, 5 GHD, 4 öffentlich)
Wärmeenergieverbrauch 2019:	5,6 GWh/a
bei 70% Anschlussquote:	4,0 GWh/a
Wärmeenergieverbrauch 2040:	4,5 GWh/a (Reduktion ca. 21 %)
bei 70% Anschlussquote:	3,1 GWh/a
Aktuelle Energieträger:	Überwiegend Heizöl und Gas (s. Tabelle 14)
Kostensynergien:	Zu prüfen, ob Tierbauarbeiten durchgeführt werden müssen

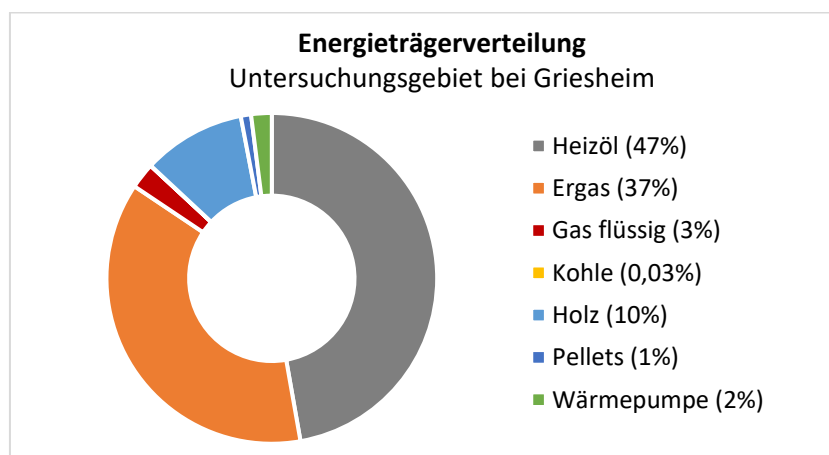


Abbildung 55: Energieträgerverteilung des Untersuchungsgebietes für ein Nahwärmenetz in Griesheim

Tabelle 15 liefert einige Kennwerte zur Machbarkeitsstudie vom Untersuchungsgebiet in Zell-Weierbach. Bei der Realisierung des Nahwärmenetzes könnten bis 2040 jährlich mehr als 1.300 t CO₂ eingespart werden.

Tabelle 15: Kennwerte Machbarkeitsstudie Griesheim

Kosten Machbarkeitsstudie	Ca. 170.000 - 200.000 € davon werden 50 % gefördert
Verantwortlicher Akteur	Stadt Offenburg
Zeithorizont	Machbarkeitsstudie 1 Jahr (+ 1 Jahr Verlängerung möglich)

Bei Realisierung des Projektes

CO₂-Einsparung	> 1.300 t CO ₂ /a bis 2040
Wärmegestehungskosten	Individuelle Prüfung notwendig, da starke Preisschwankungen; i.d.R zwischen 130-180 €/MWh (Förderung bereits eingerechnet)
Zielwert bei Realisierung	70 % Anschlussquote

5.4 Roadmap Umbau zur klimaneutralen Fernwärme

Die Wärmeversorgung Offenburg geht davon aus, dass bis 2040 der Anteil von Fernwärme bereitgestellte Wärme um das 16-fache ansteigen kann. Im Jahr 2019 wurden in etwa 20 GWh bereitgestellt, im Jahr 2040 soll dieser Wert auf 327 GWh anwachsen.

Um die Vorgaben der Kommunalen Wärmeplanung einzuhalten, muss die zukünftige Versorgung jedoch klimaneutral erfolgen. Aktuell wird der größte Anteil der Fernwärme über effiziente, erdgasbetriebene Blockheizkraftwerke produziert. Für eine klimaneutrale Wärmeversorgung müssen erneuerbare Energien zur Wärmeproduktion eingesetzt werden. Erste Ansätze dazu wurden bereits im Unterkapitel 5.2 genannt.

Über eine detaillierte Analyse der vorhandenen Potenziale für erneuerbare Energien in Offenburg und in der Region bei Berücksichtigung des zukünftigen Wärmebedarfs soll eine Roadmap zum Umbau der Fernwärme entwickelt werden. Diese soll aufzeigen, welche Technologien wo zum Einsatz kommen können, eine grobe Zeitplanung aufstellen, sowie die voraussichtlichen Investitionskosten für Anlagen und den Umbau und die geplante Erhöhung der Wärmeproduktion aufführen.

Dabei soll ebenfalls hinterfragt werden, ob die angestrebte Energiemenge tatsächlich erreicht werden kann und, ob gegebenenfalls noch eine größere Wärmemenge seitens der WVO im Jahr 2040 bereitgestellt werden könnte. Der Förderantrag für den sogenannte „Transformationsplan“ wird von der WVO bei der verantwortlichen Förderstelle noch in 2023 gestellt, damit in 2024 die Roadmap zum Umbau auf eine klimaneutrale Fernwärme erstellt werden kann.

Tabelle 16: Erwartende Kennwerte zur Roadmap Umbau zur klimaneutralen Fernwärme

Kosten für Roadmap	Ca. 120.000 - 160.000 €
Verantwortlicher Akteur	Wärmeversorgung Offenburg
Zeithorizont	Start Q2/2024 (Ausarbeitung ca. 1 Jahr)
CO₂-Einsparung	Keine direkte Einsparung
Ziel	Detaillierte Roadmap

5.5 Fernwärmeausbau bis 2027

Eine zentrale Rolle in der Wärmewendestrategie für Offenburg kommt dem Aus- und Umbau der Fernwärme zu, was bereits bei der Fortschreibung des KSK Offenburg ausgeführt wurde. Im Jahr 2019 wurden etwa 21 GWh Wärme über das Fernwärmenetz verteilt. Im Jahr 2022 lag der Anteil bereits bei etwa 35 GWh. Der Fernwärmeausbau in Offenburg schreitet massiv voran und wird sich voraussichtlich in den nächsten Jahren weiterhin beschleunigen. Die Nachfrage ist ungebrochen hoch. Bis 2027 soll in etwa 103 GWh/a der Wärmeenergie über das Fernwärmenetz verteilt werden. Dafür muss die Ausbaugeschwindigkeit bis 2027 deutlich zunehmen (auf etwa 14 % pro Jahr). Wie sich die Fernwärme in den einzelnen Stadtteilen in etwa verteilt, ist in *Abbildung 56* dargestellt. Nach Schätzungen der WVO belaufen sich die Kosten dafür auf etwa 60-70 Mio. Euro.

Tabelle 17: Erwartende Kennwerte aus geplanter Fernwärmeausbau bis 2027

Investitionskosten	30-35 Mio. €
Verantwortlicher Akteur	Wärmeversorgung Offenburg
Zeithorizont	2023-2027
CO₂-Einsparung	Noch nicht bekannt
Energieeinsparung	-
Zielwert	Wärmebereitstellung von 103 GWh im Jahr 2027

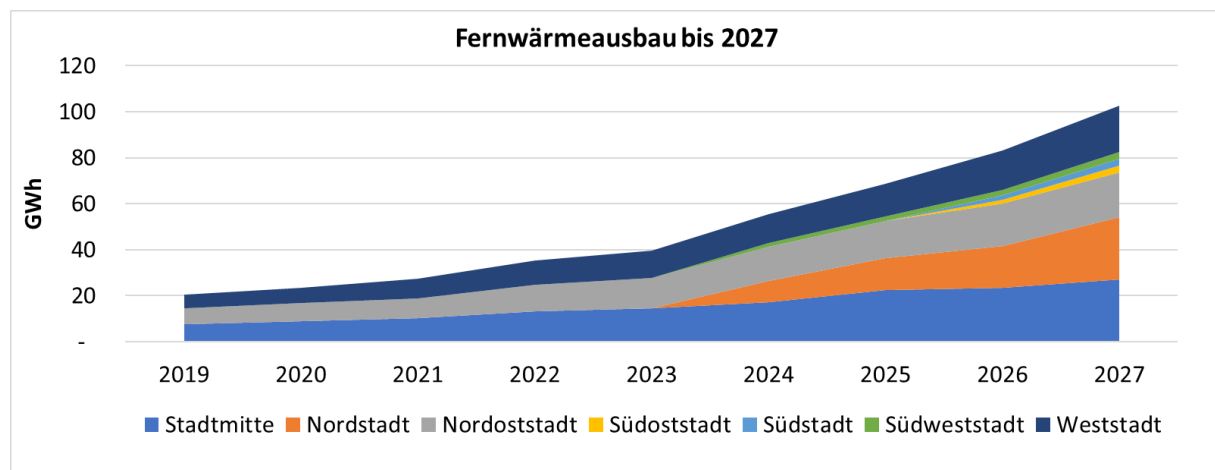


Abbildung 56: Fernwärmeausbau bis 2027 und Ausbaugeschwindigkeit

5.6 Kampagne zur Energetischen Sanierung und Heizungsmodernisierung

Bereits seit einigen Jahren läuft erfolgreich die städtische Kampagne zur energetischen Gebäudesanierung „Klimafit im Quartier“. Darüber hinaus wird mehrfach im Jahr über Veranstaltungen und Aktionstage über die Heizungsmodernisierung und Fernwärmeentwicklung informiert. Dies soll fortgeführt werden und durch zielgruppenspezifische Formate weiterentwickelt werden.

Dabei können auf Basis der Bestandsanalyse der Kommunalen Wärmeplanung Quartiere mit hohem Heizölanteil und hohem Sanierungsbedarf priorisiert werden. Die im Rahmen der Wärmeplanung erarbeiteten Grundlagen auf Stadtteilebene bieten einen guten Anhaltspunkt für Themenschwerpunkte für Kampagnen und Aktionen im Quartier. In Tabelle 18 werden die zu erwartenden Kennwerte aus den Kampagnen aufgeführt.

Tabelle 18: Erwartende Kennwerte aus Kampagnen

Kosten für Kampagne	Ca. 100.000 €
Verantwortlicher Akteur	Stadt Offenburg
Zeithorizont	Durchgehend
CO₂-Einsparung	Etwa 3.000 t CO ₂ im Sektor private Haushalte bei angestrebter Sanierungsrate
Energieeinsparung	Etwa 4 GWh/a bei privaten Haushalten und angestrebter Sanierungsrate und -tiefe
Angestrebter Indikatorwert	Sanierungsrate privater Haushalte: 2 %/a, Anzahl Beratungsgespräche pro Jahr, Anzahl Heizungsmodernisierung

Der Beratungsansatz soll dabei einen ganzheitlichen Sanierungsfahrplan zur stufenweisen klimaneutralen Wärmeversorgung durch energetische Sanierung und Nutzung erneuerbarer Energie darstellen. Als Grundlage soll der folgende Ansatz verwendet werden: (1) Energie einsparen, (2) Energieeffizienz erhöhen (3) Erneuerbare Energien nutzen (vgl. *Abbildung 57*).

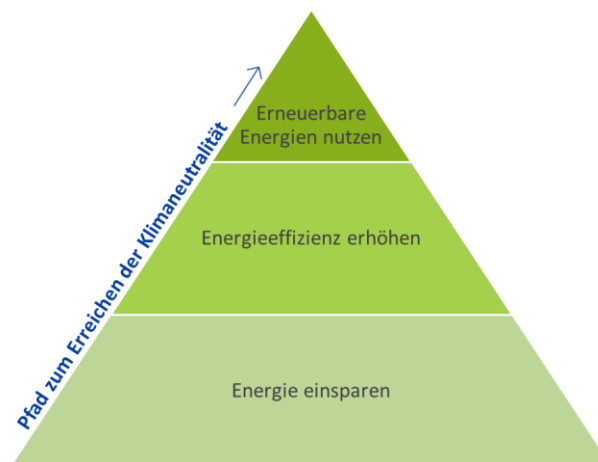


Abbildung 57: Pfad zum Erreichen der Klimaneutralität

Anhang 2: Geothermie

Geologische Situation

Offenburg liegt am Ausgang des Kinzigtals, im Randbereich der Oberrheinebene. Der Untergrund wird bis in ca. 60 m Tiefe unter der u. GOK (Geländeoberkante (u. GOK.)) von quartären Schottern und Sanden der Kinzig sowie der Ortenau-Formation aufgebaut. Darunter folgen feinkörnigere Sedimentgesteine des unteren Quartärs und des Tertiärs.

Der Randbereich des Oberrheintalgrabens bei Offenburg wird von tektonischen Bruchschollen gebildet, die sich entlang von Rheintal-Parallelen Verwerfungen zum Graben hin abgesenkt haben (*Abbildung 58*). Die äußere Haupttrandverwerfung hat den Graben um ca. 1.000 m abgesenkt. Sie verläuft im Süden durch Diersburg, schneidet das Kinzigtal zwischen Ortenberg und Ohlsbach und zieht sich östlich von Fessenbach Richtung Durbach im Norden. Ein erheblicher Teil der Sedimentgesteine, die durch diese Verwerfung am Grabenrand freigelegt wurden, konnte im Laufe der Zeit durch die Kinzig auf breiter Ebene erodiert werden. Zwischen der B3 und der Autobahn A5 verläuft dann die innere Haupttrandverwerfung des Oberrheingrabens. Entlang dieser NE-SW verlaufenden Störung ist der Graben nochmal um gut 2.000 m abgesunken. Dieser Verwerfungsbetrag wurde durch die Ablagerung von mächtigen tertiären und quartären Sedimenten kompensiert. Offenburg erstreckt sich überwiegend auf dem Gebiet zwischen diesen beiden Hauptverwerfungen des Oberrheingrabens.

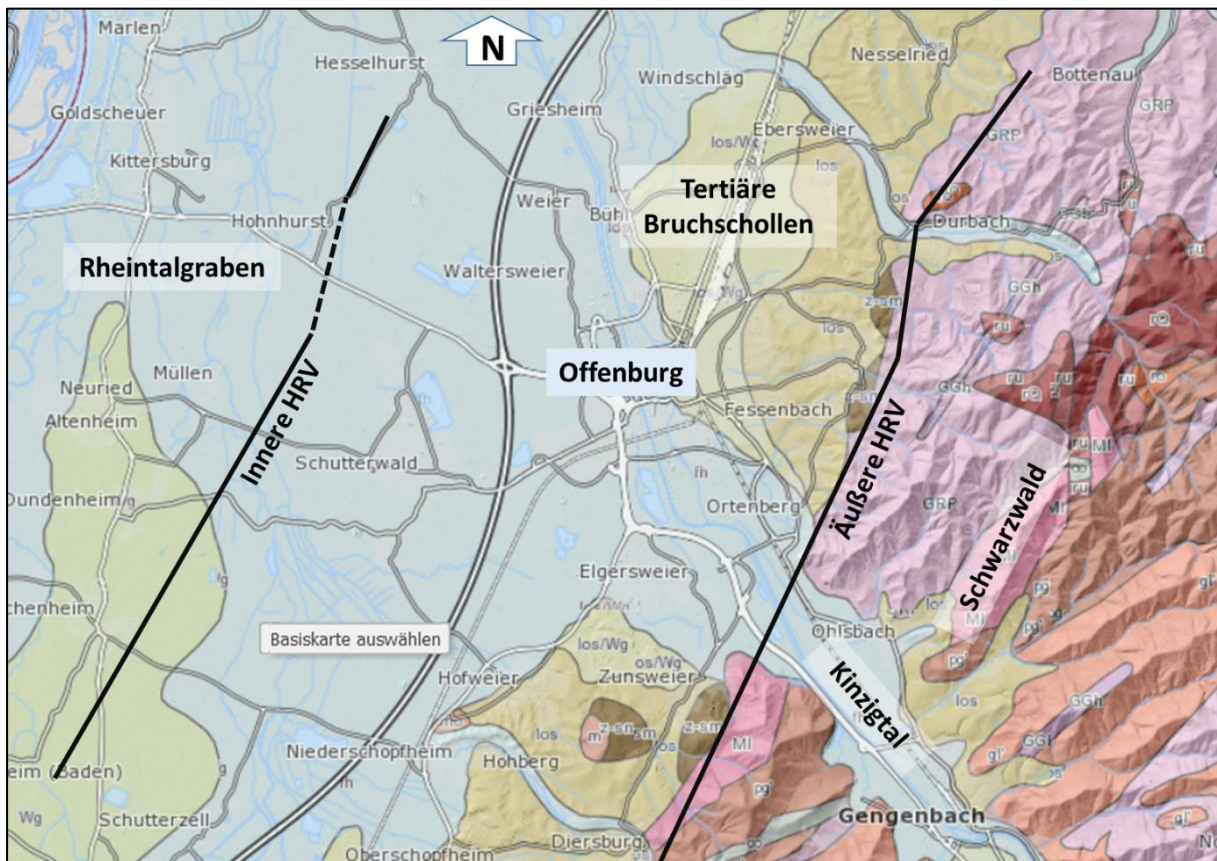


Abbildung 58: Abgedeckte geologische Karte - Quelle: ISONG-BW

Es ist bekannt, dass das gesamte Gebiet von kleineren engständigen Verwerfungen durchzogen ist. Aus diesem Grunde unterliegt dort jeder tiefere Eingriff der Erlaubnis durch das Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9. (LGRB).

Stand Dezember 2023

Grundwasserverhältnisse

Im Kinzigverlauf überlagern quartäre Schotter der Ortenau-Formation den Festgesteinsuntergrund. Die Lockergesteinsbasis liegt bei Offenburg in bis zu 60 m Tiefe. Eine Einteilung in untere und obere Ortenau-Formation basiert auf dem Vorkommen zersetzter Kinzig- und Rheinkiese, die in der unteren Formation weniger gut für Grundwasser durchlässig sind als in der oberen. Im Bereich des Stadtzentrums von Offenburg verzahnen sich die Lockergesteine der Kinzig mit der Ortenau-Formation.

Die obere Formation liegt im Teufenbereich zwischen 10 und 30 m u. GOK (unter der Geländeoberkante) und bildet einen sehr guten Grundwasserleiter mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $K_f = 3,0 \times 10^{-3}$ m/s (+/- $10,16 \times 10^{-3}$ m/s) im Median. Für die untere Formation werden geringere Durchlässigkeitsbeiwerte um ca. 1×10^{-3} m/s angegeben. Die Iffezheimer Formation an der Quartärbasis hingegen ist wegen dem hohen Anteil an Ton und Schluff nur sehr gering bis gar nicht durchlässig. Das heißt, dass der gut nutzbare Grundwasserleiter sowohl in den westlichen Bereichen der besiedelten Vorbergzone wie auch in der besiedelten Rheinebene bis in einer Teufe von 10 bis 30 m u. GOK auftritt. In den mehr westlich gelegenen Stadtgebieten ist mit ausreichend günstigen Grundwasserverhältnissen zu rechnen, so dass Schüttungsmengen von 10 bis 18 l/s je Brunnen als realistisch angenommen werden.

Nur am östlichsten Randbereich des Stadtgebiets, entlang der äußeren Haupttrandverwerfung, steht das Grundwasser unter Druck, so dass dort bei Bohrungen mit einem angehobenen Grundwasserspiegel möglicherweise lokal auch mit Austritt an der Oberfläche zu rechnen ist. Technisch ist auch das Vorkommen von Feinhorizonten in der oberen Ortenau-Formation zu beachten, die einen Grundwasser-Stockwerksbau erzeugen.

Wärmebedarf der Wohngebäude und auf den Gewerbeflächen

Die Nutzung von Erdwärme, insbesondere, wenn deren Bereitstellung auf niedrigem Temperaturniveau erfolgt, bedarf aus thermodynamischen und aus wirtschaftlichen Gründen einer Wärmesenke in unmittelbarer Nähe. Insgesamt werden für den privaten Sektor in Offenburg laut Energie- und CO₂-Bilanz von 2017 ca. 329 GWh Endwärme verbraucht.

Oberflächennahe Erdwärmepotenziale

Mit dem Geothermiekataster wird angezeigt, wie viele Erdwärmesonden mit einer technisch-ökonomisch optimalen Länge von 120 m benötigt werden, um den Wärmebedarf eines Gebäudes bedienen zu können. Für Wohngebäude werden für die Potenzialabschätzung maximal vier Erdwärmesonden verwendet. Solche Gebäude, die mehr Sonden benötigen, werden aus wirtschaftlichen und aus räumlichen Gründen in der Regel nicht mehr mit Erdwärme versorgt. In einer zweiten Potenzialvariante werden außerdem nur Gebäude ab der Altersklasse F – Baujahr ab 1969 – berücksichtigt. Diese sollten dabei eine Gebäudesanierung auf dem Stand der 3. Wärmeschutzverordnung von 1995 erfahren haben.

Geologisch betrachtet bietet der Untergrund von Offenburg ausreichend Potenzial für die Anwendung von Erdwärmesonden. Die Wärmeleitfähigkeiten des Untergrundes, so wie sie von ISONG-BW angegeben werden, liegen weitestgehend im geeigneten Bereich von 0,8 bis $> 1,6$ W/mK. Bei Elgersweier im Süden jedoch zum Teil auch darunter. Geologisch bedingte thermische Entzugsleistungen liegen im Bereich von 45 bis > 65 W/m Sondenlänge.

Im Ergebnis könnte über ganz Offenburg hinweg ein Gebäudenutzwärmebedarf von ca. 64 GWh/Jahr technisch-ökonomisch gedeckt werden, was ca. 20 Prozent des Gesamtwärmeverbrauchs im privaten

Sektor entspricht. Eine geothermische Bedarfsdeckung konzentriert sich vor allem auf die Wohngebiete mit überwiegend Einfamilienhausbebauung.

Für Erdwärme-Kollektorsysteme wird kein Potenzial ermittelt, da die Bemessung der zur Verfügung stehenden Grundstücksfläche in diesem Fall nicht möglich ist. Diese hängt deutlich mehr als bei Sonden von den vor-Ort gegebenen Grundstücksverhältnissen ab. Kollektorsysteme lassen sich mit einer Entzugsleistung von ca. 30 W/m² freier Grundstücksfläche nur bei großen Grundstücken anwenden. Solche sind insbesondere im städtischen Bereich nur selten gegeben. Das Flächenkollektorpotenzial ist daher gegenüber dem Erdwärmesondenpotenzial vernachlässigbar.

Nutzung von Grundwasser

Grundwasserwärme kann im gesamten Stadtbereich, vor allem entlang der Kinzig und in den westlichen Stadtgebieten gut genutzt werden. Insbesondere für die Gewerbegebiete kann sich die Nutzung des Grundwassers anbieten, da mit der Grundwasser- / Wasser-Wärmepumpe ein deutlich größerer Wärmeleistungsbedarf abgedeckt werden kann. Größere Gewerbegebäude können bei niedrigen Heizungsvorlauftemperaturen (Flächenheizungen) mit je 1 bis 2 Förder- und Schluckbrunnen bereits ausreichend mit Wärme versorgt werden. Hohe Grundwasser-Förderleistungen bei 10 bis 15 m tiefen Brunnen sind laut ISONG-BW in den westlichen Stadtgebieten durchweg zu erwarten. Östlich davon, in Richtung Schwarzwaldrand, werden die Grundwasserergiebigkeiten immer noch mit „hoch“ angegeben. Angaben des LUBW zu Grundwassermessstellen zeigen nur geringe Gehalte an Eisen und Mangan im Grundwasser an, so dass nicht mit einer starken Verockerung des Grundwassers bei dessen Nutzung zu rechnen ist. Zu beachten sind hydraulische Sicherungen von CKW-GW-Schäden im Nahbereich von Grundwasserbrunnen, welche beim gegebenenfalls anstehenden Wasserrechtsverfahren zu berücksichtigen sind. Innerhalb der Gemarkung Offenburg sind mehrere Grundwasser-Erdwärmeeinrichtungen registriert.

Das lokale Potenzial lässt sich nur grob über eine Berechnungsformel zum Grundwasserandrang V' in m³/s quantifizieren. Es wird mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 0,003$ m/s gerechnet. Die Grundwasserabsenkung bei Entnahme wird mit $s = 1,5$ m angesetzt und die erschlossene Mächtigkeit hM des Grundwassers führenden Lockergesteins soll 4 m betragen. Unter der Bedingung, dass das Grundwasser im gespannten Zustand vorliegt, gilt für die maximale Entnahmelistung des Brunnens: $V' = k_f * hM * s = 0,003 \text{ m/s} * 4 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s} = 18 \text{ l/s}$. Für die Minimalleistung bei $k_f = 0,001$ m/s beträgt dann die Entnahmemenge 6 l/s Grundwasser. In Tabelle 19 wird mit einem mittleren anzunehmenden Potenzial von 10 l/s gerechnet.

Einzelner Brunnen						Alle Brunnen	
Anzahl	Tiefe	Fördermenge	Temperatur	Delta	Potenzial	Gesamtleistung [kW] bei COP/SCOP	
	[m]	[m ³ /s]	[°C]	[K]	[kW]	5,1	3,75
10	10	0,01	10	4	167,4	2.082	2.283

Tabelle 19: Abschätzung des Grundwasserpotenzials

Bei zehn Grundwasserförderbrunnen kann eine Gesamtleistung von bis zu 4,1 MW generiert werden, wenn die Schüttungsmenge bei ca. 18 l/s liegt und die jahreszeitlich differenzierte Leistungszahl der Wärmepumpe mit mindestens 3,75 angesetzt wird. Wird eine konservative Schüttungsmenge von 10

Stand Dezember 2023

l/s angesetzt, dann können mit zehn Brunnen ca. 2,2 MW Leistung generiert werden. Die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf des Brunnenwassers soll im Fall W10/W35 maximal 4 K betragen.

Bohrrisiken der oberflächennahen Geothermie

Das Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 LGRB, verweist auf folgende Bohrrisiken:

1. Kritischer Stockwerksbau durch Feinhorizonte in der oberen Ortenau-Formation.

Die Bohrungen müssen in den Bereichen der Feinhorizonte gut abgedichtet werden, um einen Grundwasseraustausch zwischen den Stockwerken zu verhindern.

2. Bohrtechnische Schwierigkeiten durch Karsthohlräume und –spalten

Diese werden für Kalksteinbänke im Festgestein und auch im Buntsandstein erwartet. Unter Umständen müsste die Bohrung abgebrochen und umgesetzt werden. Daraus ergibt sich vor allem ein wirtschaftliches Risiko. Auch muss mit Baugrundschäden gerechnet werden, wenn durch die Bohrung das Grundwasser in Hohlräumen versickern sollte.

3. Sulfathaltige, aggressive Wässer

Im Tertiär können vereinzelt dünne Anhydrithorizonte auftreten, die in Verbindung mit Grundwasser zu Gips aufquellen. Das Risiko erscheint hier eher gering, wird aber durch den artesischen Wasserdruck erhöht. Rechtlich muss beim Antreffen von Sulfatgesteinen die Bohrung abgebrochen oder umpositioniert werden. Das Sulfat erzeugt außerdem aggressive Wässer, die die Verwendung von resistentem und langzeitstabilem Bohrzement voraussetzen. Mächtigere Sulfathorizonte des Keupers oder des mittleren Muschelkalkes sollten bei 99 m tiefen Erdwärme-Bohrungen in den besiedelten Bereichen Offenburgs nicht anzutreffen sein. Allerdings reichen auch schon kleine Anhydrit- oder Gipslagen, um den Abbruch zu erzwingen. Bei der Nutzung von Erdwärmesondenfeldern ist die Wahrscheinlichkeit auf eine solche Lage zu treffen deutlich erhöht.

4. Erdgasaustritt

In den tonig-mergeligen Festgesteinen sowie in den Sandsteinen des Tertiärs könnten Reste von Erdgas enthalten sein, die beim Anbohren entgasen könnten.

Insgesamt dürfen diese Bohrrisiken im Einzelfall nicht überbewertet werden. In den weitaus meisten Fällen sind diese technisch handhabbar. Ein Abteufen von Bohrungen in das Tertiärgestein wird von der Behörde dennoch sehr restriktiv gehandhabt und die Wahrscheinlichkeit für einen erzwungenen Bohrabbruch durch Anhydrit/Gips ist bei ganzen Sondenfeldern eher zu erwarten als bei Einzelsonden. Fast auf dem gesamten Stadtgebiet Offenburgs unterliegen Bohrungen der Einzelfallbeurteilung durch das Regierungspräsidium Freiburg.

Tiefengeothermische Potenziale

Thermalwasserhorizonte und -potenziale

Im Interreg IV Projekt "GeORG" (Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben) wurden im Zeitraum von Oktober 2008 bis Dezember 2012 in einem länderübergreifenden Projekt mit Partnern aus der Schweiz, Frankreich und Deutschland Grundlageninformationen des Untergrundes im Oberrheingraben erarbeitet und der Fachwelt und Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

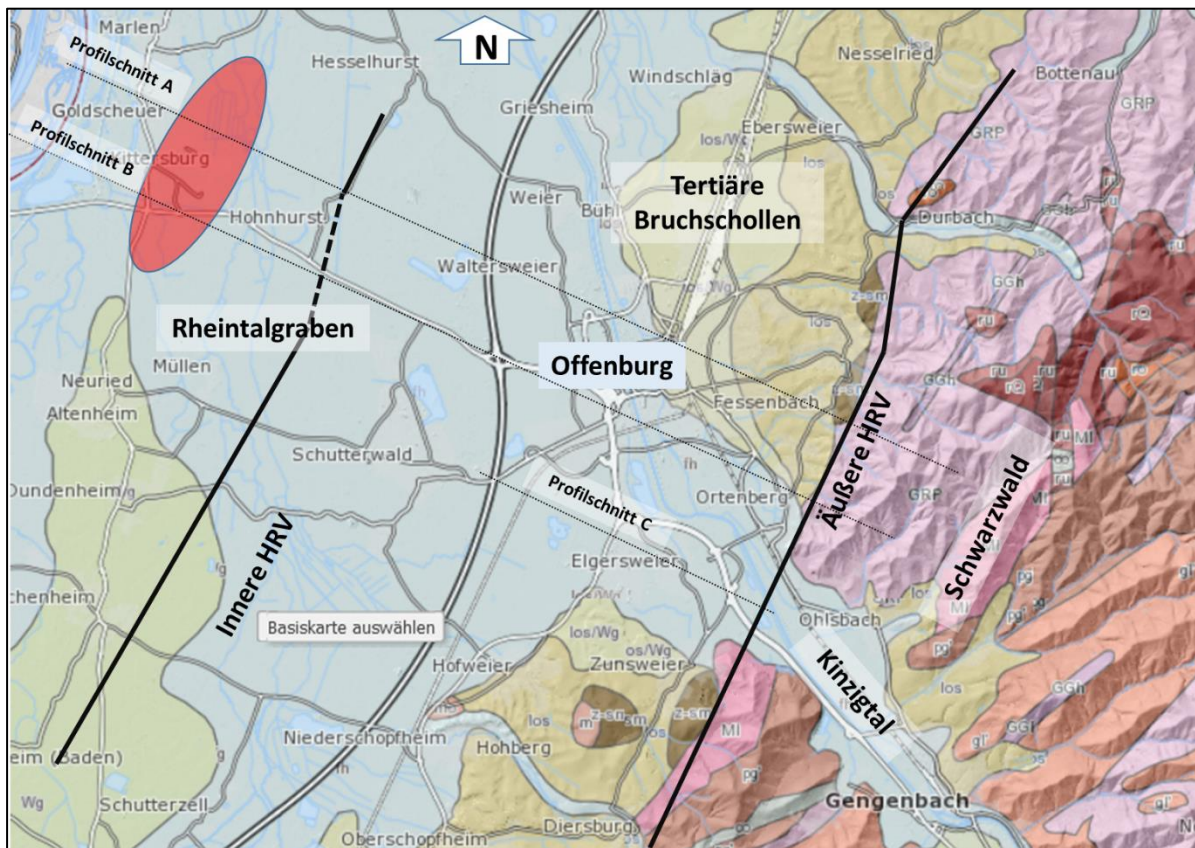


Abbildung 59: Lage seismischer Profile A, B und C sowie vom Haupt-Potenzialgebiet (rote Linse)

So zeigen die WNW-verlaufenden Profile bei Goldscheuer (A), bei Offenburg-Zentrum (B) und bei Elgersweier, dass das sedimentäre Deckgebirge seine tiefste Stelle in der Nord-Süd verlaufenden Zone ungefähr bei Kittersburg erreicht (s. *Abbildung 59*). Für tiefengeothermale Bohrungen ist diese Zone ein Hauptzielgebiet, auch für Tiefenbohrungen in das Kristallingestein ab ca. 3.000 m u. GOK, bei denen über hydraulische Prozesse die Wasserdurchlässigkeiten erhöht werden. Auch für hydrothermale Bohrungen ist der Bereich aufgrund der tief liegenden Aquifere das wichtigste Zielgebiet. Hier könnten sich allerdings Verwerfungen positiv auswirken, wenn dort Wärmeanomalien durch aufsteigende Thermalwasser existieren und keine hydraulischen Prozesse nötig sind. Die Dichte an Verwerfungen ist westlich der Autobahn, ungefähr bei Hohnhurst, am höchsten.

Östlich dieser Zone bestehen aufgrund der Engständigkeit von Bruchschollen-Verwerfungen deutlich größere Bohrrisiken, die zu vermeiden sind, wenn hydraulische Prozesse zur Anwendung kommen. Auch wird das Fündigkeitsrisiko zunehmend größer, aufgrund der kleinräumigen Tektonik in diesen Gebieten. Thermalwasserführende Horizonte erreichen dort nur mit dem Buntsandstein (Permotrias) ausreichend große Tiefen, um relevante Potenziale zu bieten.

In *Abbildung 60* ist das interpretierte seismische Profil A mit den wichtigsten Thermalwasserformationen dargestellt. Die vermuteten Temperaturen lassen sich anhand gängiger Formeln berechnen.

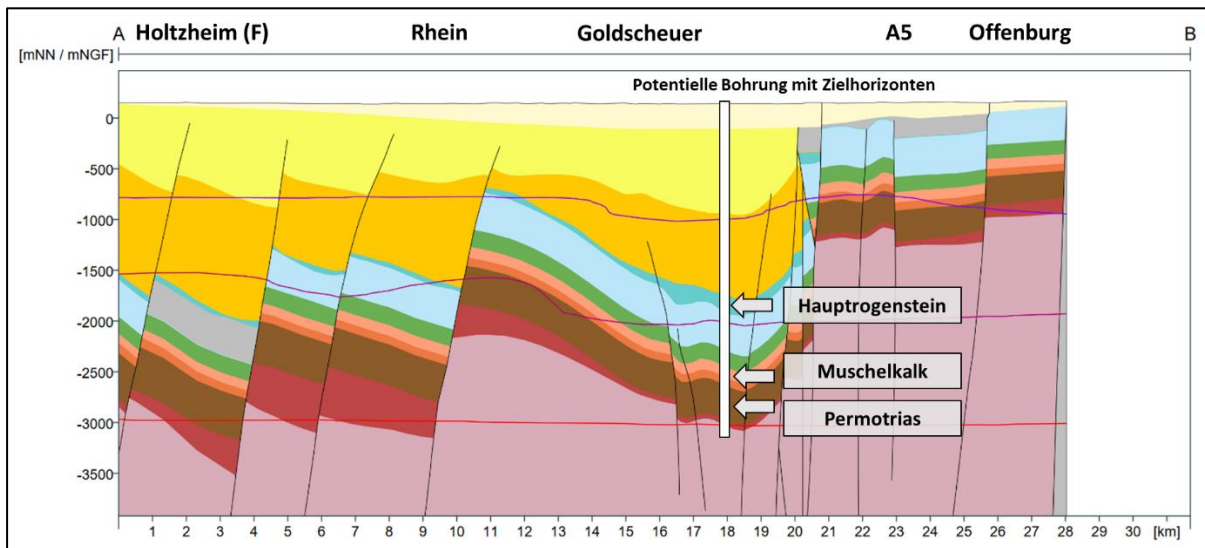


Abbildung 60: Interpretation des seismischen Profiles A und Angaben zu den Thermalwasserhorizonten (aus GeORG)

Zu erkennen sind das Deckgebirge und das Grundgebirge (rosa). Das Deckgebirge besteht aus den verschiedenen Gesteinspaketen, die sich zwischen dem Permokarbon (rotbraun) und dem Quartär (fahl-gelb) abgelagert haben. Die Basis des Deckgebirges liegt unterhalb von Kittersburg/Goldscheuer bei ungefähr 3.000 m Tiefe u. GOK. Auf dem Tiefenniveau des Buntsandsteins, ab 2.600 m u. GOK, werden bei normalem Temperaturgradienten voraussichtlich 88 °C erreicht. In 2.500 m Tiefe, im oberen Muschelkalk, wird die Temperatur immer noch mindestens 85 °C erreichen. Bei ca. 1.700 m u. GOK sollte im Hauptrogenstein eine Temperatur von mindestens 61 °C erreicht werden.

GeORG gibt für die Tiefenlage des Unteren Buntsandsteins bei Kittersburg/Goldscheuer eine Temperatur von ca. 140 °C an, woraus sich ein geothermischer Gradient von 4,3 °C je 100 m Tiefe ergibt. Dieser Gradient liegt deutlich über dem normalen thermischen Gradienten von 3 °C/100 m. Der Buntsandstein hat bei Offenburg eine Mächtigkeit von ca. bis zu 350 m. Mit einer Thermalwasserführung kann darin gerechnet werden, allerdings variieren die Schüttungsmengen in den permotriassischen Sandsteinen in aller Regel erheblich. Bei Bruchsal konnten Schüttungsmengen von 20 l/s erreicht werden, im Süden bei Freiburg nur 1,66 l/s.

Als nächster wichtiger Thermalwasser führende Horizont gilt der obere Muschelkalk, der in 2.400 bis 2.500 m Tiefe u. GOK. anzutreffen ist. Dessen Mächtigkeit erreicht ca. bis zu 90 m. Bei einem Temperaturgradienten von 4,3 °C/100 m werden darin eine Temperatur von ca. 115 °C erwartet. Eine ausreichende Schüttungsmenge des Thermalwassers dürfte im oberen Muschelkalk deutlich sicherer vorhanden sein und auch höher liegen als im Buntsandstein.

Ein dritter Thermalwasserhorizont ist der Hauptrogenstein des Mittleren Jura. Dieser liegt laut GeORG in ca. 1.700 m Tiefe u. GOK. Und es werden dort Temperaturen von ca. 83 °C erwartet.

Für höhere Thermalwassertemperaturen als 150 °C sind größere Bohrtiefen nötig, die dann in das dichte Kristallin abgeteuft werden müssen. Für eine Temperatur von über 150 °C ist bei Goldscheuer eine Bohrtiefe von über 3.000 m notwendig. In diesem Fall handelt es sich um eine petrothermale Bohrung, bei der ein künstlicher Thermalwasserumsatz erzeugt werden muss. Das heißt, dass mit Wasserdruck ausreichend große Kluftsysteme erzeugt werden, in denen Wasser zunächst injiziert und dann durch Pumpen gehoben wird. Durch den Injektionsdruck kann es zur Herabsetzung der Haftreibungskoeffizienten an naheliegenden Verwerfungen kommen, mit der Folge von induzierten Erdbeben.

Tiefengeothermische Wärmepotenziale

Das Wärmepotenzial tiefengeothermischer Bohrungen ist abhängig vom Temperaturniveau, von der Salinität des Wassers und von der Umlaufmenge des Thermalwassers. Typische hydrothermale Quellschüttungen liegen im süddeutschen Molassebecken bei 45 bis 140 l/s, im Oberrheingraben lediglich zwischen 5 und 80 l/s. Je niedriger die Quellschüttung umso mehr liegt die Produktionstemperatur unter der Thermalwassertemperatur im Reservoir. Je heißer die Produktionstemperatur ist, desto geringer wird dessen Dichte. Und je höher die Salinität des Wassers, desto geringer wird die Wärmekapazität. Salinitäten liegen typischerweise bei 60 – 80 g/kg NaCl. Bei hohen Temperaturen über 100 °C wird hier jedoch mit 120 g/kg gerechnet. Das Temperaturniveau ist geothermisch gesehen nur insofern relevant, da bei höheren Temperaturen größere Temperaturspreizungen möglich sind. Petrothermale Bohrungen bieten folglich deutlich höhere Wärmeleistungspotenziale. Die entsprechend benötigten Werte lassen sich aus Tabellen und Diagrammen der Literatur ablesen (z.B. I. Stober & K. Bucher 2012 – Geothermie. Springer-Verlag).

Bei einer Schüttungsmenge im Buntsandstein von 20 l/s, einer Thermalwassertemperatur von 140 °C, einer Produktionstemperatur von 120 °C und einer Temperaturspreizung von maximal 60 K kann eine thermische Bruttoleistung von

$$P_{th} = V' \cdot \delta \cdot c_p \cdot \Delta T = 0,02 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 945 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,7 \text{ kJ/kgK} \cdot 60 \text{ K} = \text{ca. } 4.195 \text{ kW}$$

generiert werden. Bei 7.500 Volllaststunden im Jahr ergeben sich daraus 31,5 GWh Wärme.

Wird im Oberen Muschelkalk eine Temperatur von 115 °C und eine Schüttungsmenge von 45 l/s angetroffen, so lassen sich bei ähnlicher Salinität und Wasserdichte sowie bei einer Temperaturspreizung von nur noch 40 K ca. 6.294 kW Wärmeleistung entnehmen. Bei 7.500 Volllaststunden im Jahr ergeben sich dann daraus 47 GWh Bruttowärme.

Bei der Anwendung petrothermaler EGS-Verfahren, bei denen mit Frackinghydraulischen Prozessen im Kristallin Wasserwege erzeugt werden, können deutlich größere Potenziale gehoben werden. Bei einer Temperatur von ca. 150 °C in ca. 3.000 m Tiefe u. GOK und einem Wasserumlauf von 50 l/s könnte eine thermische Bruttoleistung von ca. 14 MW erreicht werden. Hierbei ergeben sich jedoch deutlich höhere Kosten und auch Risiken, vor allem in Bezug auf induzierte Mikrobeben.

Risikobetrachtung der Tiefengeothermie

Die Risiken können in drei Bereiche untergliedert werden:

a. Fündigkeitsrisiko

Die Fündigkeit bildet in der Regel das größte Risiko. Selbst wenn bestimmte Gesteinshorizonte generell als Thermalwasser führend gelten, können geologische Gegebenheiten vor-Ort – z.B. Verwerfungen, entlang denen Wässer abfließen - die Bohrung trockenfallen lassen. Auch die Art der Gesteinszementierung kann dazu führen, dass eine Bohrung genau dort auftrifft, wo eine Thermalwasserführung aufgrund des zu geringen Porenraumes ausbleibt.

b. Geologisch-geotechnisches Risiko

Bei ungünstigen geologischen Situationen im Untergrund könnte ein Abbruch der Bohrung nötig sein. Dies ist eine eher generelle Gefahr, die in diesem Fall schlecht zu spezifizieren ist, da es sich um eine Zone handelt, in der relative wenige Verwerfungen erwartet werden und die Schichten +/- horizontal lagern. Die Zielhorizonte sollten ohne größere Probleme angetroffen werden.

Bei Anwendung eines EGS-Verfahrens (Kristallinbohrung mit Fracking) kommen weitere Risiken hinzu, die sich auf den hydraulischen Prozess beziehen. Hier können induzierte Erdbeben Gebäudeschäden anrichten. Dieses Risiko muss mit einem Tiefenmonitoring und einem Zeitplan für den hydrostatischen Druckaufbau minimiert werden. Dadurch entstehen auch höhere Kosten. Außerdem ist die nötige Anzahl an Stimulationsversuchen nicht sicher im Voraus festzulegen. Des Weiteren könnten Bohrlochrandausbrüche auftreten, die zum Beispiel eine Verstopfung des Bohrlochs zur Folge haben können.

c. Sonstige Risiken (Technische Risiken, Umweltrisiken, Betriebsrisiken, politische Risiken)

Technische Risiken liegen in der Nutzbarmachung der Thermalwässer. Hier könnten zum Beispiel hohe Konzentrationen an Salzen und Hydroxiden hohe Kosten für die technische Wasseraufbereitung oder für die Wärmeübertragung verursachen. Auch Umweltrisiken treten auf, wenn das genutzte Grundwasser betroffen ist oder wenn sich eine erhöhte Radioaktivität aus den salinaren Ablagerungen in den Rohren ergibt. Betriebsrisiken beziehen sich auf die technische Nutzbarmachung im Heizkraftwerk. Außerdem spielen Politik und Gesellschaft eine Rolle, wenn z.B. die Kommunikation nicht transparent oder verständlich genug erfolgt.

Anhang 2: Teilgebiets-Steckbriefe

Quellenverzeichnis

AEE (2017) Erzielte Temperaturen aus erneuerbaren Wärmequellen. Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

BAUER M., FREEDEN W., JACOBI H., NEU T. (2014). Handbuch Tiefe Geothermie – Prospektion, Exploration, Realisierung, Nutzung. Springer Spektrum

BUSCH, M., BOTZENHART, F., HAMACHER, T., UND ZÖLITZ, R. (2010). GIS-gestützte Abbildung der Wärmenachfrage auf kommunaler Ebene am Beispiel der Gemeinde Greifswald mit besonderem Blick auf die Fernwärme. GIS Science (3), S. 117-125.

CHRIST UND MITSDOERFFER (2008) Regenerative Energie nutzen - Wärmequelle Abwasser. WWT - Wasserwirtschaft Wassertechnik (05/2008): M6 - M12.

DBU (2005) Energie aus Abwasser - Leitfaden für Ingenieure und Planer. Bern/Osnabrück.

DWA (2009) Brune, P. et al.: Energie aus Abwasser - Wärme- und Lageenergie. Merkblatt DWA-M 114 - DWA Regelwerk. Hennef.

FRAUNHOFER (2020) Wärmepumpen in Bestandsgebäuden; Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE ; Stand 23.07.2020; Version 2.1

IN4climate.NRW (Hrsg.) 2021: Industrierwärme klimaneutral: Strategien und Voraussetzungen für die Transformation. Ein Diskussionspapier der Arbeitsgruppe Wärme, Gelsenkirchen.

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB) IM REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, (2021). Datenbankabruf:

- Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG).
- Bohrdatenbank: Thematische Suche von Aufschlussdaten, Offenburg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW) (2015b). Landeskonzzept Kraft-Wärme-Kopplung Baden-Württemberg.

PVPPF-VO (2021) Verordnung des Umweltministeriums zu den Pflichten zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Dach- und Parkplatzflächen.

STATISTA (2021) Länge des Kanalnetzes in Deutschland im Jahr 2019

ZSW et al. (2017). Energie- und Klimaschutzziele 2030 Baden-Württemberg. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg