INTERKOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

Für den Konvoi Herbolzheim

bestehend aus Herbolzheim, Kenzingen, Ringsheim, Rheinhausen, Weisweil und Rust

EINZELBERICHT FÜR DIE STADT KENZINGEN

Auftraggeber Interkommunaler Wärmeplan

Stadtverwaltung Herbolzheim
Beschaffungsgemeinschaft Konvoi Herbolzheim
Hauptstraße 26
79336 Herbolzheim

Auftraggeber Einzelbericht
Barbara Espenlaub, Fachbereich 3 – Bauen und Planen
Hauptstraße 15
79341 Kenzingen

Verfasser

Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13
70569 Stuttgart

Inhalt

Abbildungsverzeichnis **4**

Tabellenverzeichnis **6**

1 Einleitung **7**

2 Akteure und Beteiligung **7**

3 Bestandsanalyse **10**

3.1 Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen 12
3.1.1 Angaben zum Alter und damit möglichen Sanierungsstand der Gebäude 12
3.1.2 Hauptnutzungsarten: Wohngebiete (EFH-, MFH-, HH-Gebiete, Mischgebiet), Gewerbe, Bürogebäude, Hotel und Gastronomie, Industrie, öffentliche Einrichtungen (Bildung, Bäder, Gesundheit, Verwaltung etc.) 13
3.2 Bestehende Wärmeversorgungsstruktur 16
3.3 Begriffsdefinition Wärme und Energieformen 16
3.4 Systemische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs oder -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen 17
3.5 Information zur aktuellen Versorgungsstruktur 23
3.5.2 Wärmenetz, Gasnetz, Heizzentralen und KWK-Standorte 28
3.6 Treibhausgasbilanz 42

4 Potenzialanalyse **44**

4.1 Potenziale erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung 44
4.1.1 Biomasse 44
4.1.2 Geothermie 47
4.1.3 Abwärme aus Fliess- und Stehgewässer 55
4.1.4 Abwasserwärme 55
4.1.5 Abwärme 59
4.2 Erneuerbare Stromquellen für Wärmeverwendung 59
4.2.1 Photovoltaik 59
4.2.2 Solarthermiepotenzial 62
4.2.3 Solarenergiepotenziale auf Freiflächen 63
4.2.4 Windkraft 64
4.2.5 Wasserkraft 66
4.3 Exkurs Elektrolyse 69
4.3.1 Zukünftige Verfügbarkeit von synthetischen Gasen 69
4.3.2 Zukünftige Rolle von erneuerbaren Gasen 70

5 Entwicklung von Verbrauchs- und Versorgungsszenarien **73**

5.1 Gesamtentwicklung Nutzenergiebedarf 73
5.2 Entwicklung Energieträgermix 75

5.2.1 Sektor Private Haushalte 77
5.2.2 Sektor Industrie & Gewerbe, Handel, Dienstleistung 78
5.2.3 Sektor Öffentliche Liegenschaften 79
5.2.4 CO_2-Bilanz Wärmeenergie 80
5.3 Entwicklung Strombedarf und -netz 82

6 Wärmewendestrategie 83

6.1 Prüfgebiete für die zentrale Wärmeversorgung 83
6.2 Zentrale Versorgungsstrategie 89
6.2.1 Nahwärmenetze 89
6.2.2 Erdgasnetz 92
6.3 Dezentrale Einzellösungen 93
6.4 Fazit 94

7 Maßnahmenkatalog 96

7.1 Maßnahmen Stadt Kenzingen 98

8 Literaturverzeichnis 102

9 Anhang 1: Teilgebiets-Steckbriefe 104

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht mögliche Akteure in einer kommunalen Wärmeplanung (eigene Darstellung) 8
Abbildung 2: Vorgehensweise Berechnung End- und Nutzenergieverbräuche, eigene Darstellung.... 11
Abbildung 3: Primäres Gebäudealter mit jeweiligem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen) 13
Abbildung 4: Hauptnutzungsarten auf Baublockebene (Ausschnitt Kenzingen) 14
Abbildung 5: Gebäudetyp und Anteil Hauptgebäudetyp im Baublock (Ausschnitt Kenzingen) 15
Abbildung 6: Erläuterung Primär-, End- und Nutzenergie in Wärmeerzeugung, (Quelle: NRW Energieberatung)..... 16
Abbildung 7: Verteilung Wärme auf Konvoiteilnehmer..... 17
Abbildung 8: Absoluter Wärmebedarf in MWh/Jahr (Ausschnitt Kenzingen) 18
Abbildung 9: Auszug Wärmedichte (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene (Ausschnitt Kenzingen) 19
Abbildung 10: Wärmedichten (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Teilorte Kenzingen 20
Abbildung 11: Wärmedichten (MWh/ha*a) auf Baublockebene für Herbolzheim 20
Abbildung 12: Wärmedichten (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Teilorte Herbolzheim 21
Abbildung 13: Wärmedichten (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Rust 21
Abbildung 14: Wärmedichte (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Weisweil 22
Abbildung 15: Wärmedichten (MWh/ha*a) auf Baublockebene für Rheinhausen 22
Abbildung 16: Anzahl Baublöcke je Gemeinde aufgeteilt nach Wärmedichten 23
Abbildung 17: Übersicht Aufteilung Energieträger der jeweiligen Konvoiteilnehmer..... 24
Abbildung 18: Energieträgerverteilung Sektor private Haushalte 25
Abbildung 19: Energieträgerverteilung Sektor Industrie & GHD 25
Abbildung 20: Energieträgerverteilung Sektor öffentliche Liegenschaften..... 26
Abbildung 21: Hauptenergieträger mit jeweiligem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)..... 27
Abbildung 22: Wärmenetz in Kenzingen 29
Abbildung 23: Wärmenetzinfrastruktur in Herbolzheim 30
Abbildung 24: Wärmenetzinfrastruktur in Ringsheim 30
Abbildung 25: Gasnetzinfrastruktur inkl. Kanalnetz (Ausschnitt Kenzingen)..... 31
Abbildung 26: Erdgasverbrauch private Haushalte inkl. spez. Erdgasverbrauch je Einwohner..... 32
Abbildung 27: Gasverbrauch mit prozentualem Anteil auf Baublockebene (Ausschnitt Kenzingen).... 33
Abbildung 28: Übersicht Heizstromverbrauch 34
Abbildung 29: Stromverbrauch und Anteil Nachtspeicheröfen im Baublock (Ausschnitt Kenzingen) . 35
Abbildung 30: Stromverbrauch und Anteil Wärmepumpen im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)..... 36
Abbildung 31: Heizölverbrauch mit prozentualem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen) 37
Abbildung 32: Heizölverbrauch 38
Abbildung 33: Flüssiggasverbrauch mit prozentualem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen).... 39
Abbildung 34: Hauptenergieträger mit Anteil je Baublock, Ringsheim zur Veranschaulichung des Deponiegasverbrauchs..... 40
Abbildung 35: Stückholzverbrauch mit prozentualem Anteil am Baublock (Ausschnitt Kenzingen).... 41
Abbildung 36: Pelletsverbrauch mit prozentualem. Anteil am Baublock (Ausschnitt Kenzingen) 41
Abbildung 37: Bescheinigung Primärenergiefaktor Wärmenetz Ringsheim..... 42
Abbildung 38: THG-Bilanz der Konvoiteilnehmer aufgeteilt nach Sektoren..... 42
Abbildung 39: Übersicht Unterschiede Potentiale, (Quelle: Wikipedia)..... 44
Abbildung 40: Mögliche Quellen lokaler Biomasse, (eigene Darstellung) 45
Abbildung 41: Gemeldete Erdwärmesonden im Konvoigebiet..... 48
Abbildung 42: Benötigte Fläche für Erdsonden für eine vollständige Wärmeversorgung (bilanziell) von Kenzingen (Bildquelle: Google Earth)..... 48

Abbildung 43: Spezifische Wärmeentzugsleistung in W/m: 100 Meter Tiefe (Quelle: (LGRB, 2024)).. 49
Abbildung 44: Schutzgebiete ((LGRB, 2024))..... 50
Abbildung 45: Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 1-2 Metern Tiefe, (Quelle: (LGRB, 2024)) 51
Abbildung 46: Geothermische Potentialabschätzung an der Oberfläche Oberer Muschelkalk 52
Abbildung 47: Schichtprofil Oberrheingraben, Quelle: EnBW, (GeoRG, 2013)..... 52
Abbildung 48: Hydrologische Einheiten, Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Grundwasser..... 53
Abbildung 49: Messstellenübersicht Grundwasser..... 53
Abbildung 50: Leitungsnetze Kenzingen 56
Abbildung 51: Leitungsnetze Herbolzheim 57
Abbildung 52: Leitungsnetze Rust..... 57
Abbildung 53: PV-Potenzial nach Eignung der Dachflächen 61
Abbildung 54: PV-Potenzial auf Baublockebene 62
Abbildung 55: Solarthermie-Potenzial auf Baublockebene 63
Abbildung 56: Freiflächen – Potenzialflächen..... 64
Abbildung 57: Windhöffigkeit Konvoi Herbolzheim 65
Abbildung 58: Prüfkulisse und Planungsempfehlung Windkraft Kenzingen..... 66
Abbildung 59: Bestehende Wasserkraftanlagen im Untersuchungsgebiet 67
Abbildung 60: Monatlicher Energieertrag WKA Kenzingen, Quelle: Energiepotentialstudie..... 68
Abbildung 61: Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen, Quelle: Agentur für erneuerbare Energien 2017..... 70
Abbildung 62: Nutzenergieverbrauchsentwicklung Konvoi..... 74
Abbildung 63: Energieträgerverteilung bis 2040 im Konvoigebiet 76
Abbildung 64: Energieträgerentwicklung der Wärmenetze im Konvoigebiet 76
Abbildung 65: Energieträgermix - Sektor private Haushalte..... 77
Abbildung 66: Energieträgermix - Sektor Industrie & GHD..... 78
Abbildung 67: Energieträgermix - Sektor öffentliche Liegenschaften 79
Abbildung 68: CO_2-Reduktionspfad für die Wärmebereitstellung..... 80
Abbildung 69: Entwicklung der CO_2-Bilanz nach Energieträger in tCO2/a..... 81
Abbildung 70: Strombedarfsentwicklung für die Wärmeversorgung 82
Abbildung 71: Exemplarische Darstellung der Teilgebietssteckbriefe..... 84
Abbildung 72: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Kenzingen 86
Abbildung 73: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Herbolzheim 86
Abbildung 74: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Ringsheim 87
Abbildung 75: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Weisweil 87
Abbildung 76: Versorgungslösung je Teilgebiet - Rust..... 88
Abbildung 77: Kriterien Wärmenetz 90
Abbildung 78: Ausschnitt Wärmedichte und Erzeugeralter auf Baublockebene (Ausschnitt) 91
Abbildung 79: Einzellösungen und deren Vor- und Nachteile 93
Abbildung 80: Luftbild Kläranlage Kenzingen (Quelle: Google Maps) 99
Abbildung 81: Potentielle Flächen für Erdsonden / Grundwasserbrunnen..... 100

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht beteiligte Akteur:innen im Rahmen der KWP 8
Tabelle 2: Spezifischer Wärmeverbrauch je Einwohner 18
Tabelle 3: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Endenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetze 19
Tabelle 4: Übersicht bestehende Nahwärmeversorgung im Konvoi 28
Tabelle 5: Übersicht Anzahl und Anteil Wärmepumpen und Anzahl Nachtspeicheröfen 34
Tabelle 6: Emissionsfaktoren Energieträger 42
Tabelle 7: Spezifische THG-Bilanz je Konvoiteilnehmer 43
Tabelle 8: Flächenbedarf Erdsondenfelder für eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs (bilanziell) 50
Tabelle 9: Übersicht hydrologische Einheiten Konvoigebiet 54
Tabelle 10: Übersicht bestehender PV-Dachanlagen im Konvoigebiet 59
Tabelle 11: Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik im Konvoi Herbolzheim (Datengrundlage: LUBW, 2022, Energieatlas Baden-Württemberg) 60
Tabelle 12: Freiflächenpotenziale nach Standort und Eignungsklasse 64
Tabelle 13: Übersicht Bestehende Wasserkraftanlagen im Konvoi 67
Tabelle 14: Übersicht Ergebnisse Potentialstudien hinsichtlich Wasserkraft 68
Tabelle 15: Übersicht Potentiale im Konvoigebiet 71
Tabelle 16: Übersicht Neubaugebiete im Konvoigebiet 73
Tabelle 17: Potenzielle Prozesswärmetemperatur je erneuerbarer Energieträger 78
Tabelle 18: Teilgebiete mit Prüfgebieten 85
Tabelle 19: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Nutzenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetze 89

1 EINLEITUNG

Aktuell macht Wärme einen Anteil von über 50 % des gesamten deutschen Energiebrauchs aus. Seit dem Jahr 2020 steig der Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtwärmebedarf zwar an, liegt jedoch immer noch bei lediglich rund 18 %. Diese Zahlen begründen die Notwendigkeit einer erfolgreichen Wärmewende im Zuge derer der Wärmeverbrauch durch energetische Sanierungen und effiziente und regenerative Wärmebereitstellung drastisch reduziert wird.
Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 in Baden-Württemberg zu erreichen, sind Stadtkreise und große Kreisstädte in Baden-Württemberg zur Erstellung und Weiterschreibung kommunaler Wärmepläne verpflichtet (vgl. KlimaG BW, §27 (Baden-Württemberg, 2023),).
Kleinere Gemeinden können sich in einem Konvoi zusammenschließen und auf freiwilliger Basis eine interkommunale Wärmeplanung durchführen. Dies hat sich die Beschaffungsgemeinschaft, bestehend aus Herbolzheim, Kenzingen, Weisweil, Ringsheim, Rheinhausen und Rust, zunutze gemacht.
Im Zuge der Erstellung soll dabei entlang der Phasen (1) Bestandsanalyse, (2) Potentialanalyse, (3) Entwicklung eines klimaneutralen Zielszenarios für 2040 und (4) Festlegung der kommunalen Wärmewendestrategie und des Maßnahmenkatalogs orientiert werden. Die Erstellung des Wärmeplans wird von einer aktiven Einbindung von regionalen Akteuren und Bürger:innen und einer transparenten, öffentlichen Kommunikation.
Die Erstellung des kommunalen Wärmeplans für das Konvoigebiet basiert auf folgenden rechtlichen Grundlagen und Regelwerken:

- Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG) (Justiz, 2023)
- Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (Baden-Württemberg, 2023)
- KEA-Leitfaden (KEA-BW & Ministerium für Umwelt, 2020)
- KEA-Technikkatalog V1.1 (Ministerium für Umwelt K. u.-B., 2023)

Die kommunale Wärmeplanung ist eine informelle, strategische Fachplanung, die als wichtige Informationsquelle dient. Obwohl der Gemeinderatsbeschluss eine Orientierung für die zukünftige Entwicklung bietet, hat er keine unmittelbare Außenwirkung und keine direkte rechtliche Bindung. Es besteht daher keine Verpflichtung, bestimmte Versorgungsarten tatsächlich zu nutzen oder spezielle Versorgungsinfrastrukturen zu errichten.

2 AKTEURE UND BETEILIGUNG

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung spielen die Akteure und ihre Beteiligung eine zentrale Rolle für den Erfolg des Projekts. Eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung kann nur durch ein Zusammenspiel aller relevanten Akteure – von der lokalen Verwaltung über Energieversorger bis hin zu Bürger:innen und Unternehmen – erreicht werden. Dieses Kapitel beleuchtet die verschiedenen Gruppen, die am Planungsprozess beteiligt sind, und analysiert deren jeweilige Rollen, Interessen und Beiträge. Ziel ist es, aufzuzeigen, wie durch eine gezielte und umfassende Einbindung der Akteure die Planung nicht nur demokratischer, sondern auch wirksamer und zielgerichteter gestaltet werden kann.

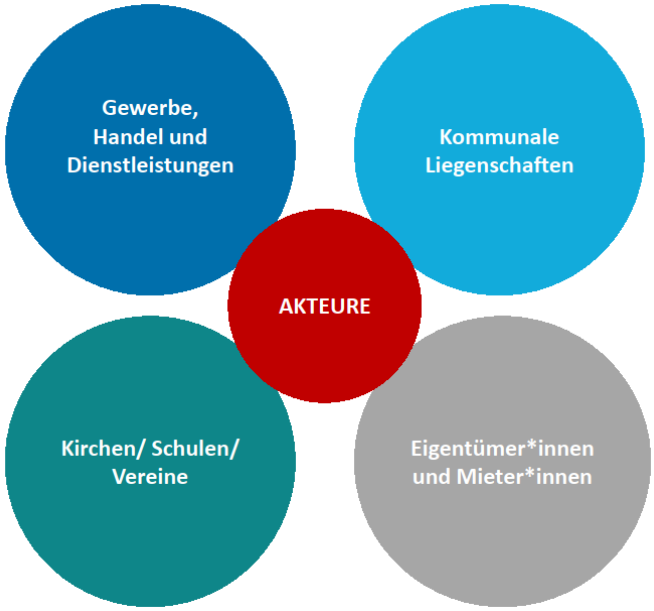


Abbildung 1: Übersicht mögliche Akteure in einer kommunalen Wärmeplanung (eigene Darstellung)

Im Rahmen der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wurden folgende Akteure integriert und angesprochen:

Tabelle 1: Übersicht beteiligte Akteur:innen im Rahmen der KWP

Akteur:in	Verantwortlichkeit	Form der Beteiligung
Vertreter:innen der Stadtverwaltung	• Bürgermeister der Städte und Gemeinden • Vertreter:innen der Städte und Gemeinden für die KWP (aus Klimaschutzmanagement, Bauämter, Forstämter, Bürgermeisteramt)	Durchlaufend Regeltermine Akteursworkshops
Diverse Akteure	• Forstamt • ZV Abfallbehandlung Kahlenberg • Kläranlage Forchheim • Umweltamt • Landwirte • Forstämter • Stadtbauämter • Baugesellschaft	Akteursworkshop, 21.03.2024
AZV Breisgauer Bucht	• Geschäftsführer Kläranlage Forchheim	Onlinetermin, 08.05.2024
Energieversorger und Netzbetreiber	• badenovaNETZE • Netze BW	Bestandsanalyse Akteursworkshop, 21.03.2024

	• SWL Bau- und Betriebsgesellschaft für Holzheizungen im Wärmeverbund mbH • Bezirksschornsteinfeger • Städtische Netze • FUG	Maßnahmenabstimmung SWL, 03.09.2024
Öffentlichkeit	• Bürger:innen	Öffentlichkeitsveranstaltung, 14.11.2023 Offenlegung November 2024
Industrie und GHD	• Industriebetriebe mit potentieller Abwärme	Fragebögen im Rahmen der Bestands- und Potentialanalyse Akteursworkshop, 09.11.2023
Gremien	• Gremien der Städte und Gemeinden	November / Dezember 2024

Ein wichtiger Aspekt für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung ist eine langfristige Vernetzung der lokalen Akteure zur Koordination und dem Monitoring der laufenden Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung als gemeinsame strategische Planungsgrundlage. Hierfür müssen geeignete Beteiligungsformate entwickelt und abgestimmt werden. Dieser Wunsch war auch in den Akteursworkshops zu entnehmen.

3 BESTANDSANALYSE

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage für die Entwicklung von Szenarien und Maßnahmen zur Optimierung der Wärmeversorgung und zur Erreichung der Klimaschutzziele. In der Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung werden verschiedene Aspekte untersucht, um ein umfassendes Bild der aktuellen Wärmesituation und der vorhandenen Infrastruktur zu erhalten. Die Auswertung der Daten erfolgt in den vier Sektoren private Haushalte | Industrie | Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) |öffentliche Liegenschaften.
In diesen Sektoren werden die Bestandsdaten zum Gebäudebestand, dem aktuellen Wärmeverbrauch und -bedarf, dem Einsatz der Energieträger und einer Übersicht über die aktuelle Wärmeversorgungsinfrastruktur erfasst. Aus dem Wärmeverbrauch und Energieträgereinsatz werden in einem weiteren Schritt die daraus resultierende Treibhausgasbilanz ermittelt.
Mithilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) wurden die entsprechenden Bestandsinformationsdaten kartographisch verortet. Gleichzeitig werden die Daten auf Baublockebene aggregiert, um den Datenschutz im Rahmen des kommunalen Wärmeplans zu gewährleisten.

Die Bestandsanalyse erfolgt für das gesamte Konvoigebiet. Als Erläuterung des Vorgehens wird im Bericht jedoch ein Ausschnitt Kenzingens gewählt, welcher exemplarisch das Vorgehen darstellt und Erläuterung zu den übermittelten Kartenwerken gibt. Der Ausschnitt in Kenzingen ist so gewählt, dass möglichst alle Sektoren abgebildet werden. Dieser Ausschnitt wird für dieses Fachgutachten durchgehend beispielhaft verwendet, da er alle zu betrachtenden Gegebenheiten einer Kommune (Stadtkern, Siedlungsentwicklung, Gewerbe/Industrie) abbildet.

Die Bestandsanalyse des Konvoigebietes basiert auf folgenden Daten:

- ALKIS-Daten, Liegenschaftskataster
- Digitales Oberflächenmodell
- Gebäudedaten für Kenzingen, badenovaNETZE 2017
- Zensus-Daten 2011, Statistische Länder des Bundes und der Länder
- Erdgasverbrauchsdaten 2019 – 2021, Badenova Netze
- Stromverbrauchsdaten 2017 – 2021, Badenova Netze
- Stromverbrauchsdaten 2022, NetzeBW
- (Bezirks-)Schornsteinfegerdaten
- Daten zu Wärmenetzen (Herbolzheim SWL 2019, Stadt Kenzingen, Gemeinde Ringsheim)

Die Methodik zur Ermittlung der End- und Nutzenergieverbräuche bzw. -bedarfe wird in folgender Übersicht näher erläutert:

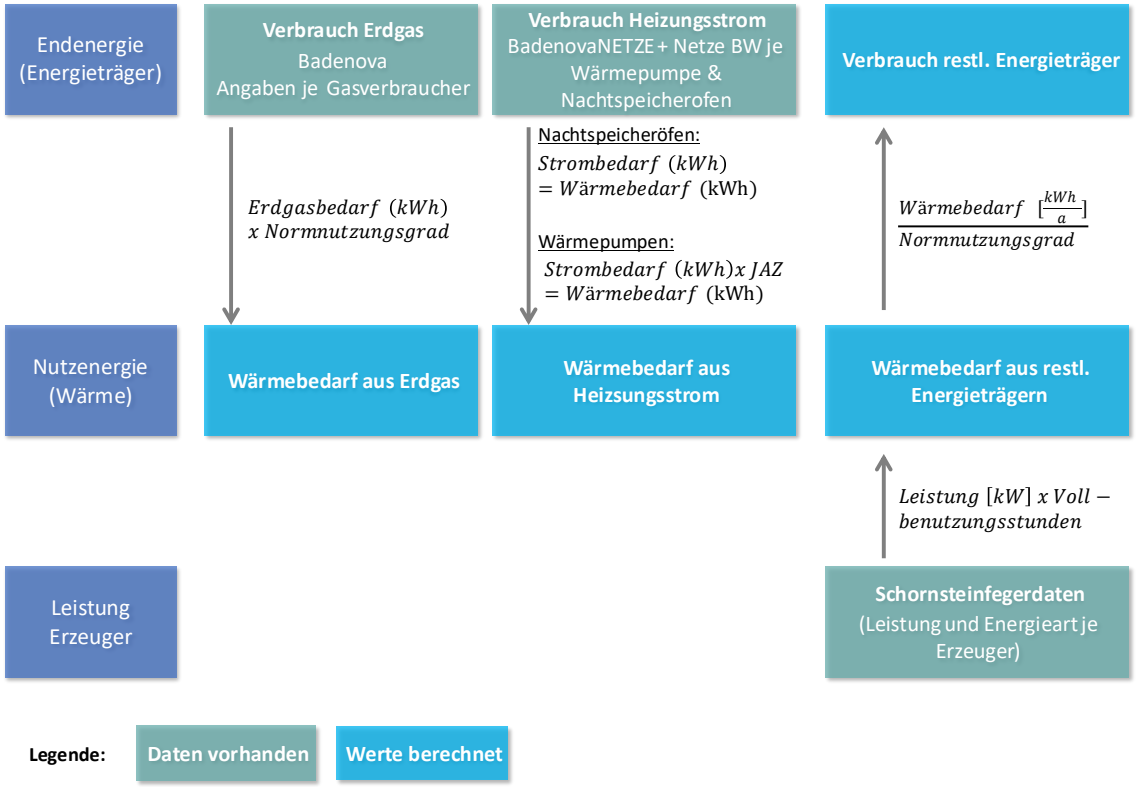


Abbildung 2: Vorgehensweise Berechnung End- und Nutzenergieverbräuche, eigene Darstellung

Üblicherweise liegen die Vollbenutzungsstunden in Ein- und Mehrfamilienhäuser zwischen 1.500 – 1.900 Stunden. In Bürogebäuden werden 1.400 – 1.900 Vollbenutzungsstunden zugrunde gelegt.
Über die Erdgasverbräuche (Angaben Versorger) und die installierten Leistungen der Erdgaskessel (Angaben Schonsteinfeger) konnten die realen Vollbenutzungsstunden ermittelt werden.
Es wurde ein Wert von durchschnittlich ca. 1.000 Vollbenutzungsstunden ermittelt. Dieser ist damit zu erklären, dass die Erzeugerleistungen oftmals überdimensioniert sind. Gründe hierfür sind der Einsatz von Standardgrößen anstatt der tatsächlich benötigten Leistung oder einer Zugabe von Sicherheiten.
Für die stückholzbefeuerten Kaminöfen wurde von geringeren Vollbenutzungsstunden ausgegangen, da es sich hier oftmals um Komfortöfen handelt.
Aufgrund dessen wurden folgende Werte für die Berechnungen angesetzt:

- Vollbenutzungsstunden Erzeuger: 1.000
- Vollbenutzungsstunden Kaminöfen mit Stückholz: 100
- Ø Normnutzungsgrad Heizungsanlage: 0,85
- Ø Normnutzungsgrad Strom: ~ 1
- Ø Jahresarbeitszahl (JAZ)Wärmepumpe: 3

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

Disclaimer:
De Datengüte hängt maßgeblich von den verfügbaren Daten und deren jeweiligen Datengüte ab. Im Rahmen der Bilanzierung und Bestandsanalyse wurden die Daten – so gut wie möglich – validiert und ggf. korrigiert. Eine gewisse Ungenauigkeit ist in den Daten dennoch vorhanden.
Übliche Fehlerquellen können sein:

- *Ungenügende Datengrundlage (z. B. durch fehlende Angaben in ALKIS-Daten oder andere Bezeichnung)*
- *Veraltete oder falsche Daten in Schornsteinfegerdaten*
- *Falsche Adress-Zuordnung (durch unterschiedliche Schreibweise)*
- *Fehlende Zuordnung von mitversorgten Gebäuden*
- *Falsche Stockwerksanzahl durch Gebäudehöhenermittlung über digitales Oberflächenmodell*
- *Wärme- und Energieträgerverbräuche für Prozesswärme können nur berücksichtigt werden, sofern Sie aus leitungsgebundener Energie erzeugt wird (bspw. Fernwärme, Erdgas, Strom). Über Prozesswärme aus nicht-leitungsgebundenen Energieträgern kann auf Basis der Datengrundlage keine Aussage getroffen werden.*

3.1 INFORMATIONEN ZU DEN VORHANDENEN GEBÄUDETYPEN UND DEN BAUALTERSKLASSEN

3.1.1 ANGABEN ZUM ALTER UND DAMIT MÖGLICHEN SANIERUNGSSTAND DER GEBÄUDE

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur wurde die „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) (IWU, 2015) 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 Konvoiteilnehmer treffen. *Abbildung 3* zeigt beispielhaft die Siedlungsstruktur des ausgewählten Ausschnitts von Kenzingen, 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 ≥ 76 Prozent). Daraus kann das Potenzial für Energiesparmaßnahmen abgeleitet werden. In *Abbildung 3* lässt sich deutlich erkennen, dass die Gebäude in Kenzingen beispielsweise vorwiegend vor 1977 erbaut wurden.

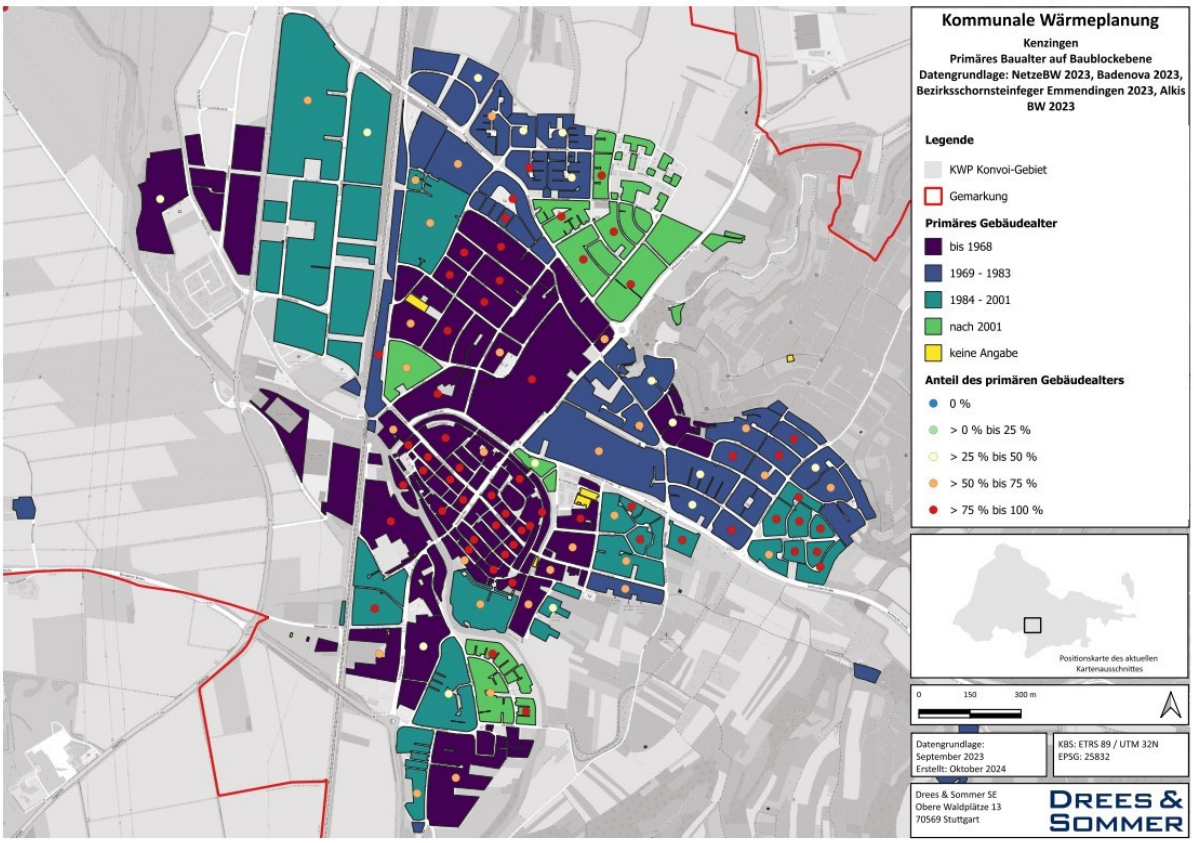


Abbildung 3: Primäres Gebäudealter mit jeweiligem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

Wie für Kenzingen exemplarisch abgebildet, sind die restlichen Städte und Gemeinden des Konvoigebietes ebenfalls geprägt von Gebäuden, die vor 1977 erbaut wurden. Aussagen über Sanierungsstände konnten anhand der Datengrundlage nicht getroffen werden[1]. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich der Großteil der Gebäude im baualterszeitlichen Zustand befindet.

3.1.2 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 Stadt- bzw. Gemeindefläche des Konvois, schließt also auch Gewerbe- und Industriegebiete ein. Das Stadtgebiet Kenzingen beispielsweise gliedert sich wie viele Kommunen in eine Kernstadt mit Geschäftszentrum, umliegende Wohnbebauung und 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 des Konvoigebietes, für jeden Baublock jeweils die Hauptnutzungsart festgelegt.
Im exemplarischen Ausschnitt Kenzingen ist deutlich zu erkennen, dass das Gebiet östlich der Bahnlinie hauptsächlich durch die Nutzung „Wohnen“ geprägt ist und westlich der Bahnlinie durch Industrie- und Gewerbegebiete. Die kommunalen Liegenschaften sind in der Kernstadt verteilt und gehen oftmals in der Nutzung „Wohnen“ unter.

[1] Sanierungsstand nur für Stadt Kenzingen vorhanden

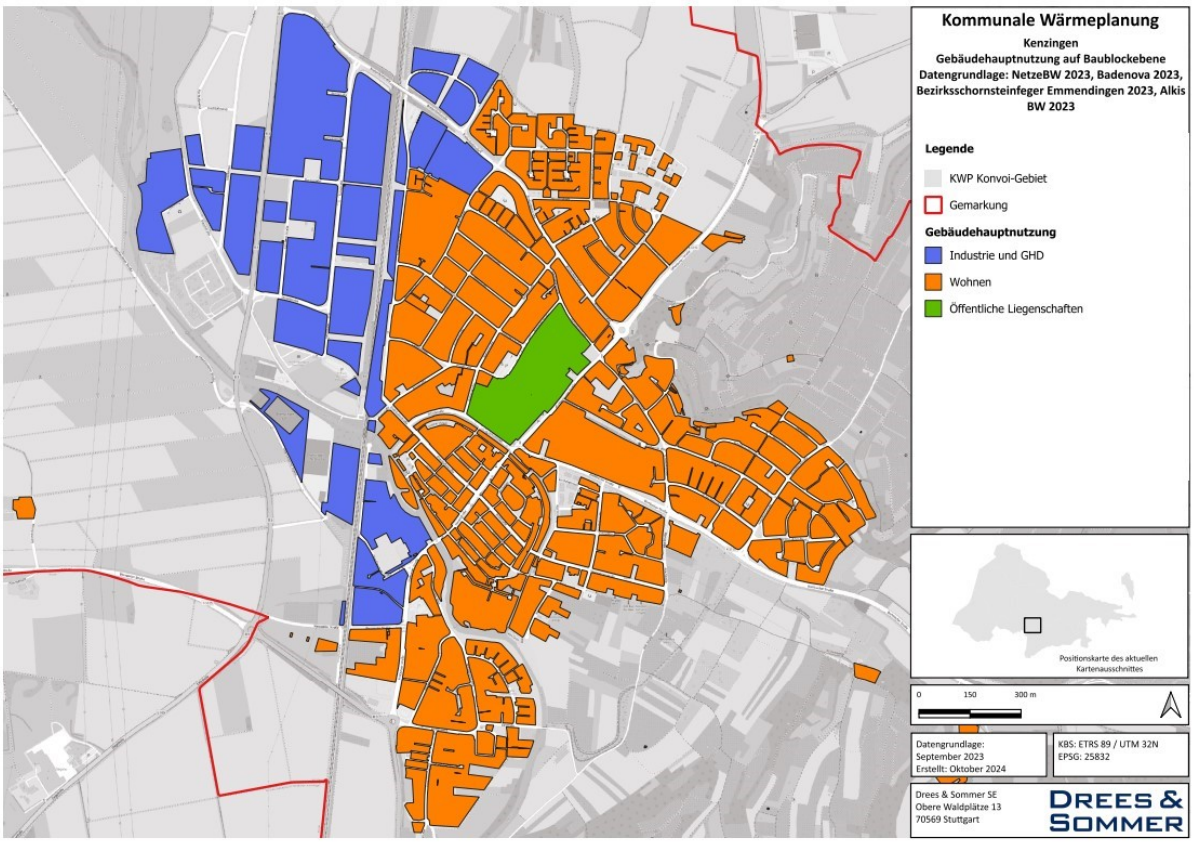


Abbildung 4: Hauptnutzungsarten auf Baublockebene (Ausschnitt Kenzingen)

Im restlichen Konvoigebiet gliedern sich die Städte und Gemeinden ähnlich auf. Die Hauptnutzungsart ist zumeist geprägt von „Wohnen“. Vereinzelt befinden sich Industriegebiete an den Randgebieten und öffentliche Liegenschaften sind in den Städten und Gemeinden verteilt.

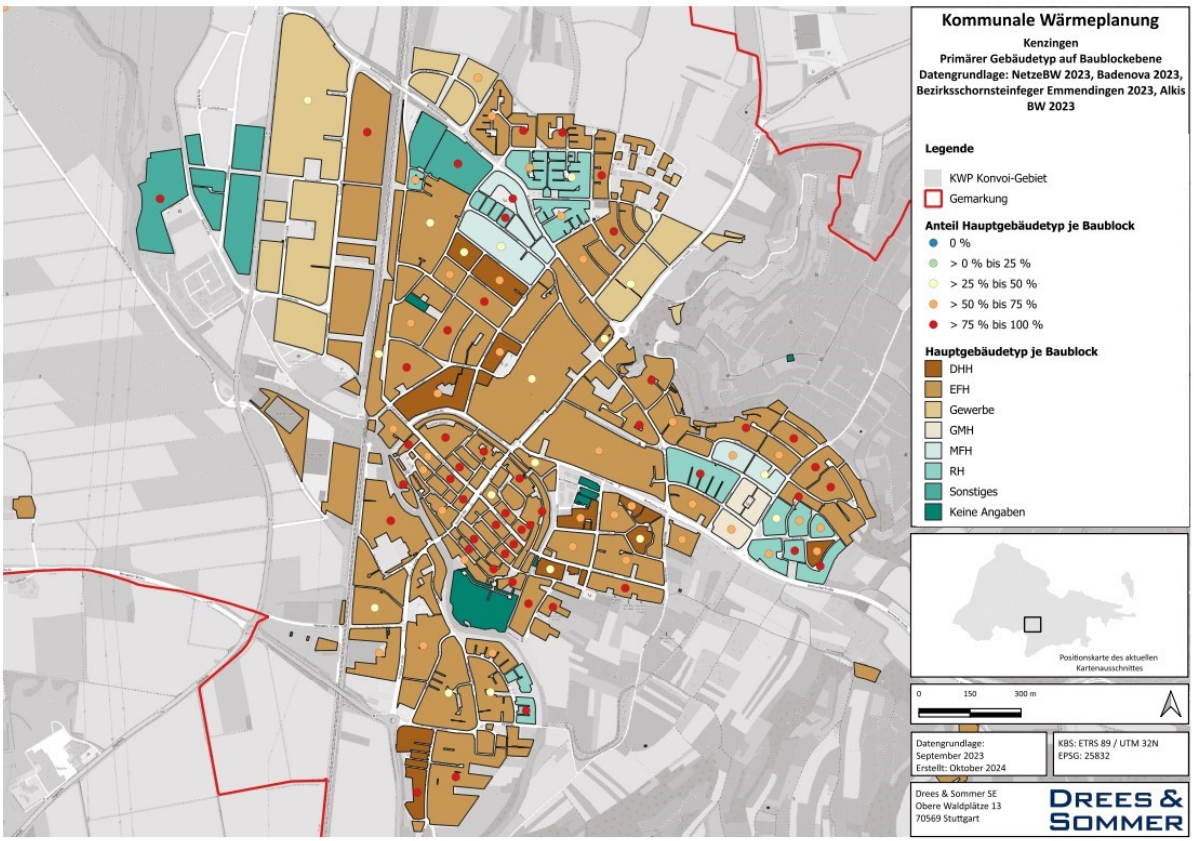


Abbildung 5: Gebäudetyp und Anteil Hauptgebäudetyp im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

Die Daten der Gebäudetypen stammen von badenovaNETZE aus dem Jahr 2027 und zeigen auf, welche Gebäudetypen überwiegend im Baublock vorhanden sind und welcher Anteil der Hauptgebäudetyp ha (vgl. Abbildung 5). Die Gebäudetypen unterteilen sich hierbei auf in Doppelhaushälften (DHH), Einfamilienhäuser (EFH), Gewerbe (Hotel, Handel, Gaststätte, Büro), große Mehrfamilienhäuser (GMH), Mehrfamilienhäuser (MFH), Reihenhäuser (RH) und Sonstiges (Schuppen, Garagen). Teilweise waren keine Angaben vorhanden.
Es ist deutlich zu erkennen, dass Kenzingen überwiegend von Einfamilienhaus-Bebauung geprägt ist. Diese Gebäudetypen spielen bei der Erschließung der Einsparpotenziale eine große Rolle. Zum einen verzeichnen beispielsweise Einfamilienhäuser im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro Person, zum anderen werden sie 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.

3.2 BESTEHENDE WÄRMEVERSORGUNGSSTRUKTUR

Der 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 Schornsteinfegerstatistik Verbrauchswerte berechnet.

3.3 BEGRIFFSDEFINITION WÄRME UND ENERGIEFORMEN

Im Rahmen des Berichtes wird von verschiedenen Energieformen gesprochen – Primär-, End- und Nutzenergie. Abbildung 6 stellt anschaulich dar, was der Unterschied zwischen diesen Energieformen ist.

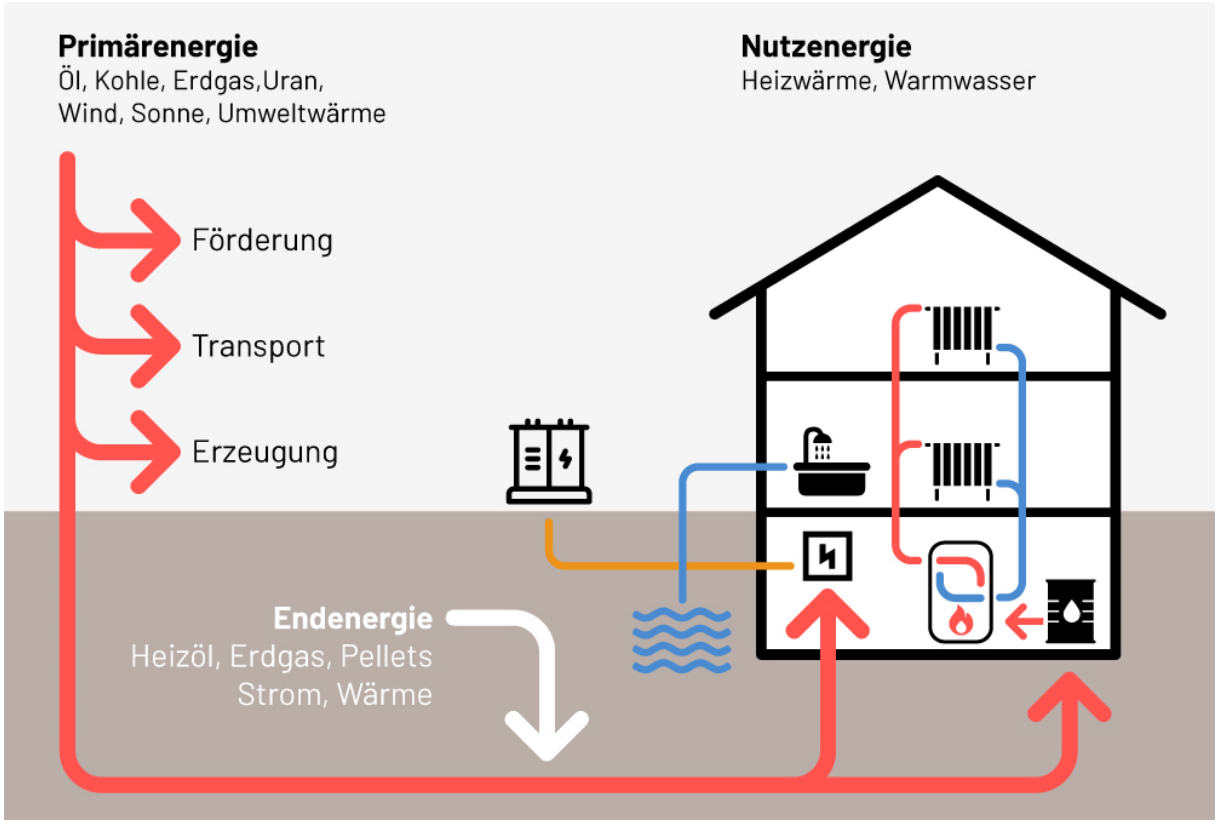


Abbildung 6: Erläuterung Primär-, End- und Nutzenergie in Wärmeerzeugung, (Quelle: NRW Energieberatung)

3.4 SYSTEMISCHE UND QUALIFIZIERTE ERHEBUNG DES AKTUELLEN WÄRMEBEDARFS ODER -VERBRAUCHS UND DER DARAUS RESULTIERENDEN TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN

Mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) wurden die Wärmeverbrauchsdaten verortet. Gleichzeitig wurden die Daten auf Baublockebene aggregiert, um den Datenschutz im Rahmen des kommunalen Wärmeplans zu gewährleisten. Die Daten der Badenova stammen aus 2019 – 2021. Hier wurde für die Berechnung ein Mittelwert der drei Jahre gebildet. Die Daten der NetzeBW zum Heizungsstrom stammen aus dem Jahr 2022 und die Daten der BadenovaNETZE für den Heizungsstrom von Weisweil stammen die Daten aus 2017-2021. Für Weisweil wurde ebenso ein Mittelwert gebildet. Die Daten der Schornsteinfeger stammen aus dem Jahr 2023.
In Abbildung 7 ist der Wärme-Nutzenergiebedarf der einzelnen Konvoiteilnehmer dargestellt. Insgesamt werden im Konvoi 283 GWh Wärme pro Jahr benötigt.

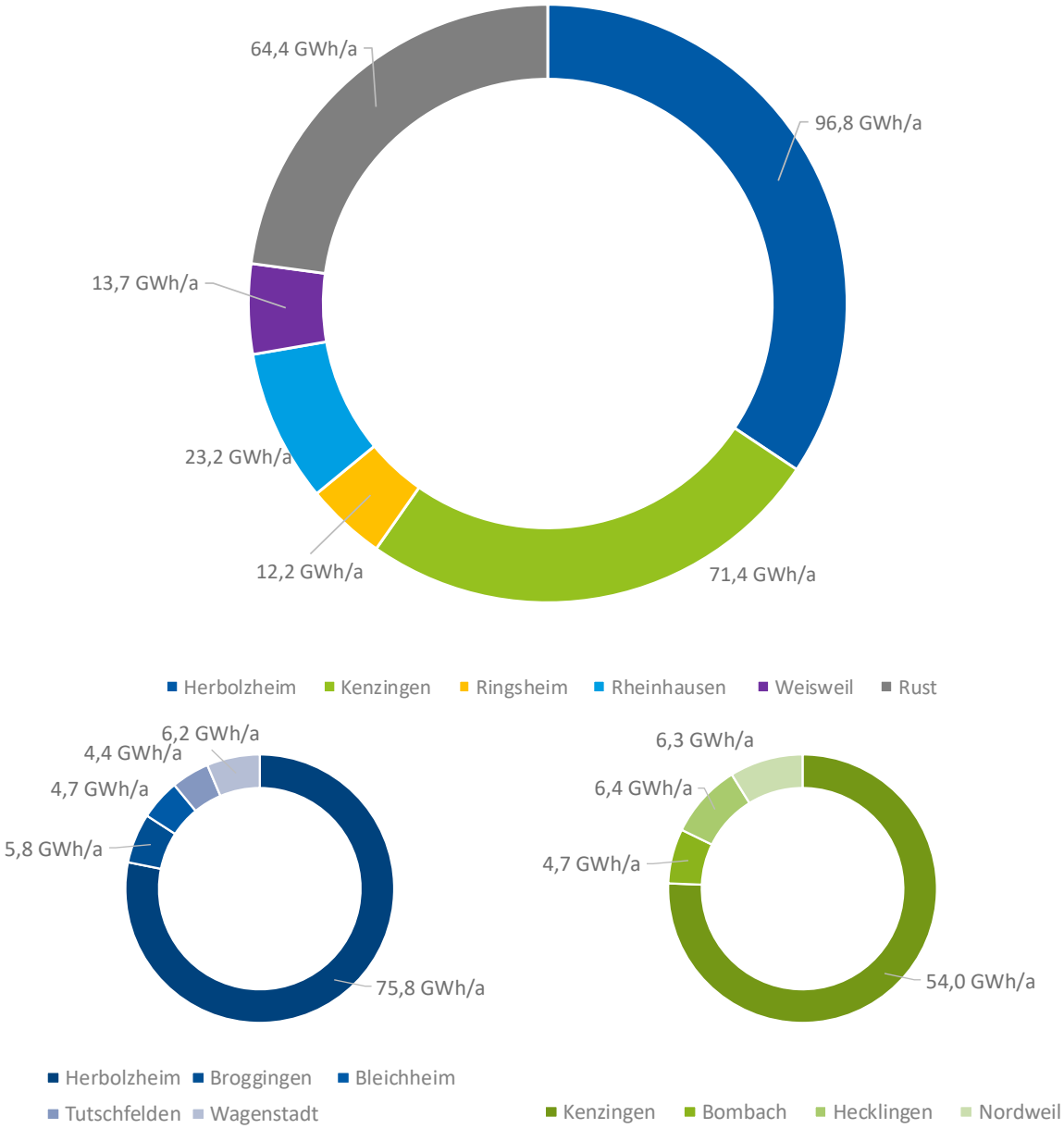


Abbildung 7: Verteilung Wärme auf Konvoiteilnehmer

Um eine Vergleichbarkeit der Gemeinden zu schaffen, wird im nächsten Schritt der spezifische Wärmebedarf für Wohngebäude je Einwohner ermittelt.
Dabei ergeben sich folgende Kennwerte:

Tabelle 2: Spezifischer Wärmeverbrauch je Einwohner

Gemeinde	Anzahl Einwohner (Stand 01/2023, StaLa)	Wärmeverbrauch Sektor Private Haushalte	Spez. Wärmeverbrauch je Einwohner
Herbolzheim	11.231	65.331 MWh/a	5,8 MWh/Einwohner
Kenzingen	10.973	55.708 MWh/a	5,1 MWh/Einwohner
Rheinhausen	4.298	19.358 MWh/a	4,5 MWh/Einwohner
Ringsheim	2.549	11.505 MWh/a	4,5 MWh/Einwohner
Weisweil	2.243	13.693 MWh/a	6,1 MWh/Einwohner
Rust	5.050	12.248 MWh/a	2,4 MWh/Einwohner

In *Abbildung 8* ist der absolute Wärmebedarf pro Jahr in farblichen Abstufungen dargestellt. Die Abbildung verdeutlicht, wo sich die Wärmeverbräuche in Kenzingen konzentrieren.

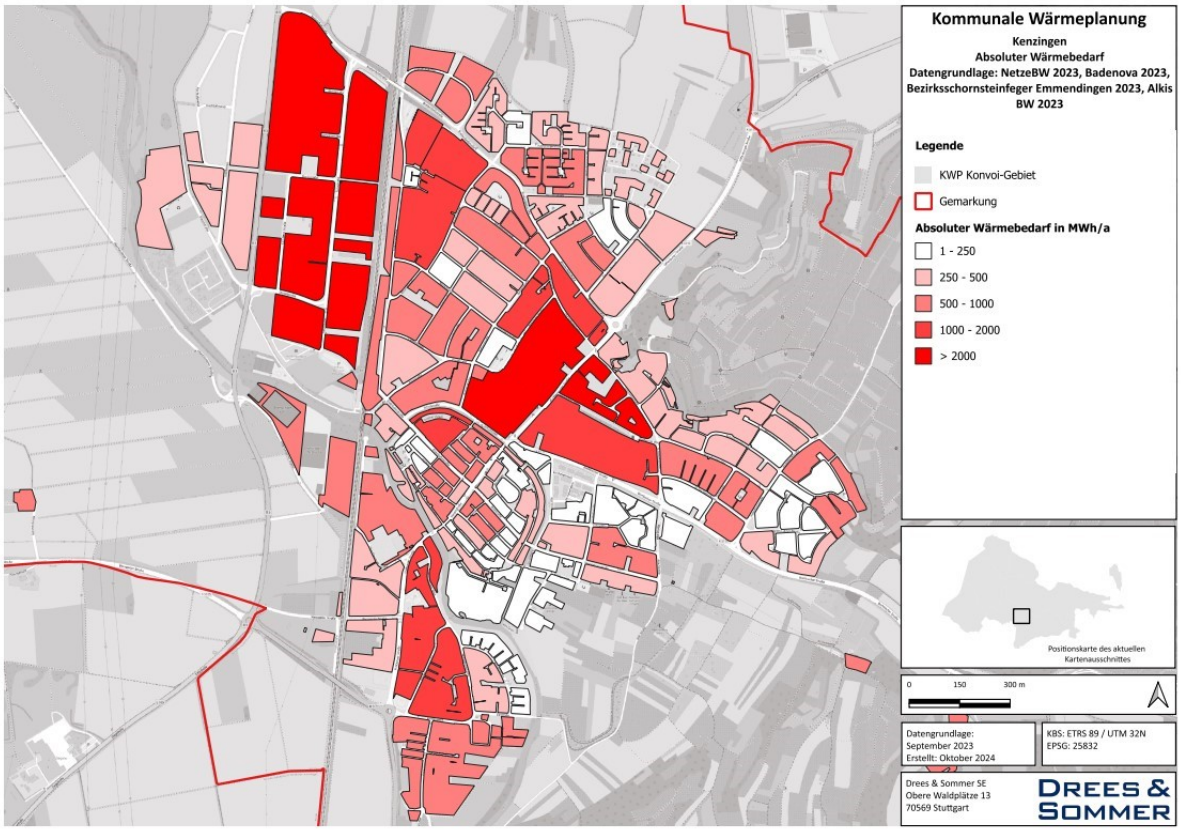


Abbildung 8: Absoluter Wärmebedarf in MWh/Jahr (Ausschnitt Kenzingen)

Abbildung 9 stellt die Wärmedichte dar und das durchschnittliche Heizungsalter im Baublock dar. Die Wärmedichte beschreibt den Wärmeverbrauch bezogen auf die Flächeneinheit Hektar. Die Skalierung

der Wärmedichte erfolgt entsprechend des KEA-Leitfadens (KEA-BW & Ministerium für Umwelt, 2020) nach folgenden Abstufungen:

Tabelle 3: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Endenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetze

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 im Bestand*
415 – 1.050	*Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand*
> 1.050	*Sehr hohe Wärmenetzeignung*

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. In den Baublöcken am östlichen Rand sieht man Wärmedichten über 415 MWh/ha*a und, bei welchen man sich im Bereich „Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand“ befindet (vgl. Abbildung 9). Die hohen Wärmedichten in diesem Fall sind auf die dichte Bebauung in den Baublöcken zurückzuführen.
Die Punkte in der Mitte der Baublöcke geben das durchschnittliche Alter der Heizungsanlagen an. Je älter die Anlagen in einem Baublock sind, desto wahrscheinlicher wird ein Handlungsbedarf in naher Zukunft, da vermehrt Defekte oder Ausfälle zu erwarten sind. Eine Kombination aus hoher Wärmedichte und einem überdurchschnittlichen Alter der Heizungsanlagen weist auf Gebiete hin, die vorrangig untersucht werden sollten.

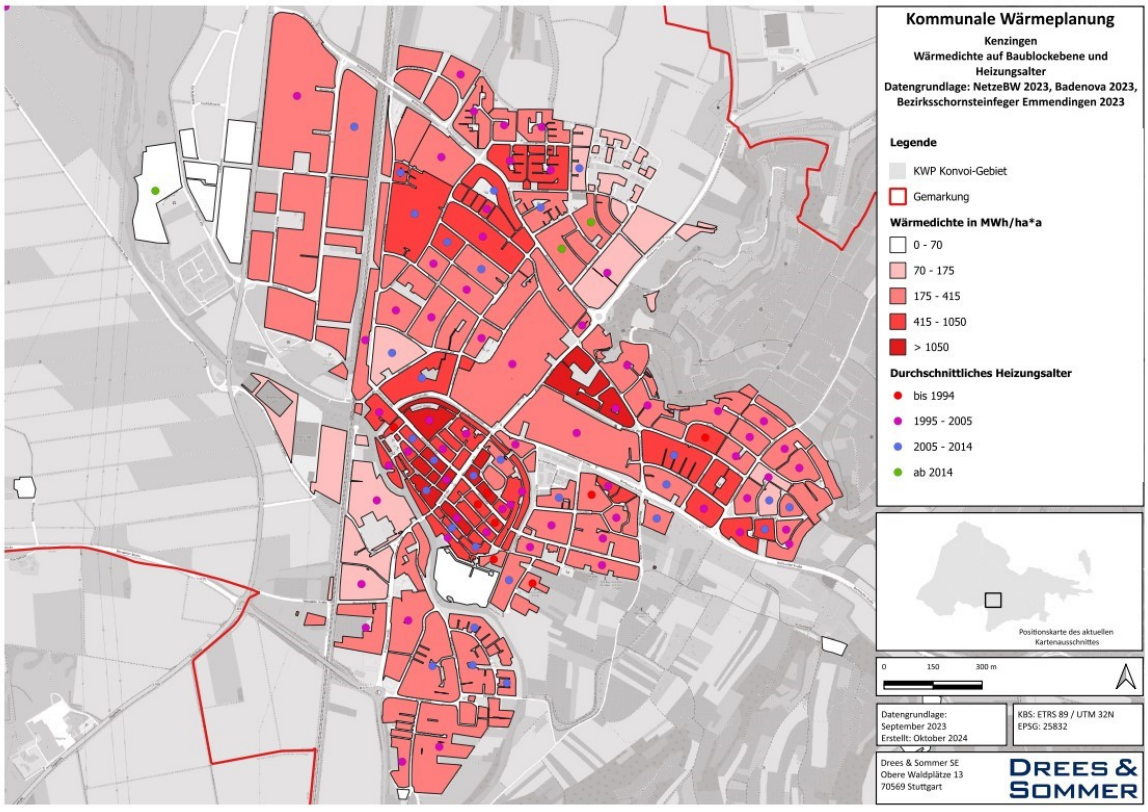


Abbildung 9: Auszug Wärmedichte (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene (Ausschnitt Kenzingen)

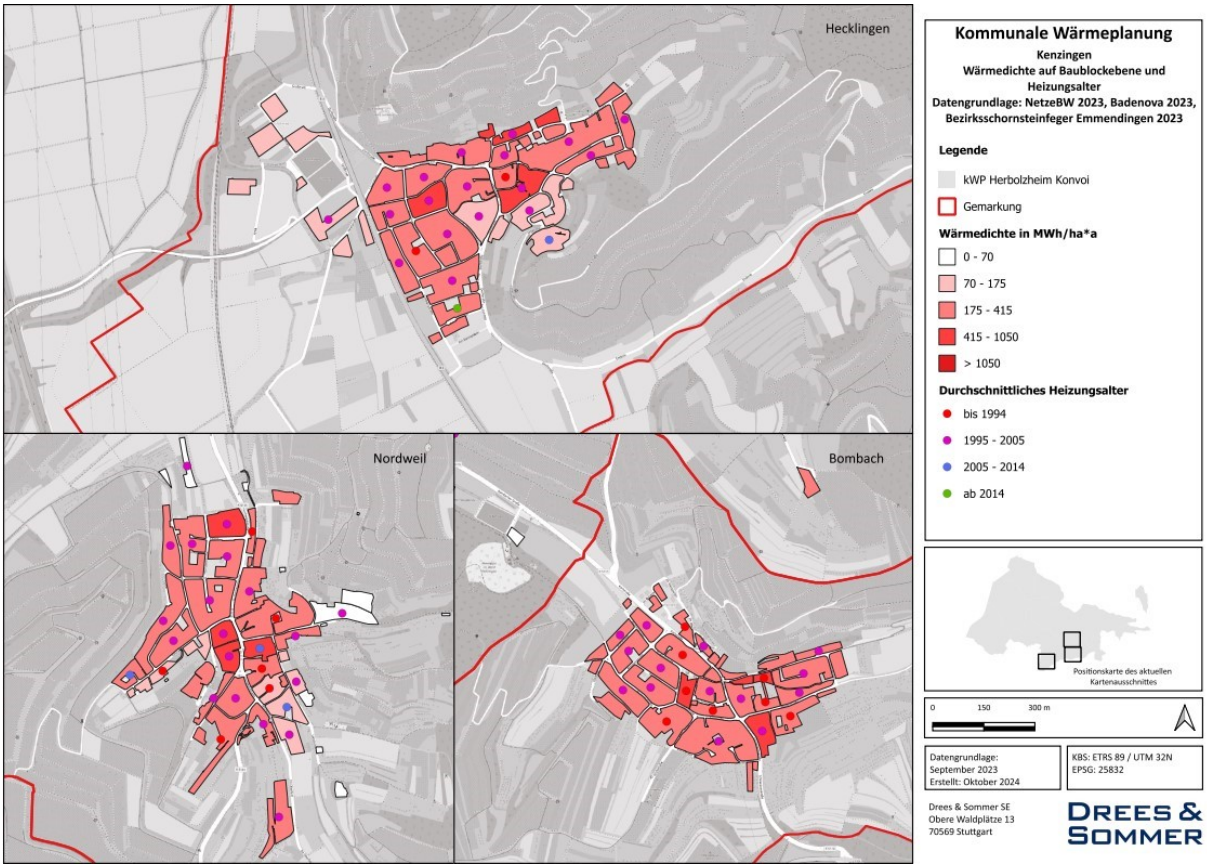


Abbildung 10: Wärmedichten (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Teilorte Kenzingen

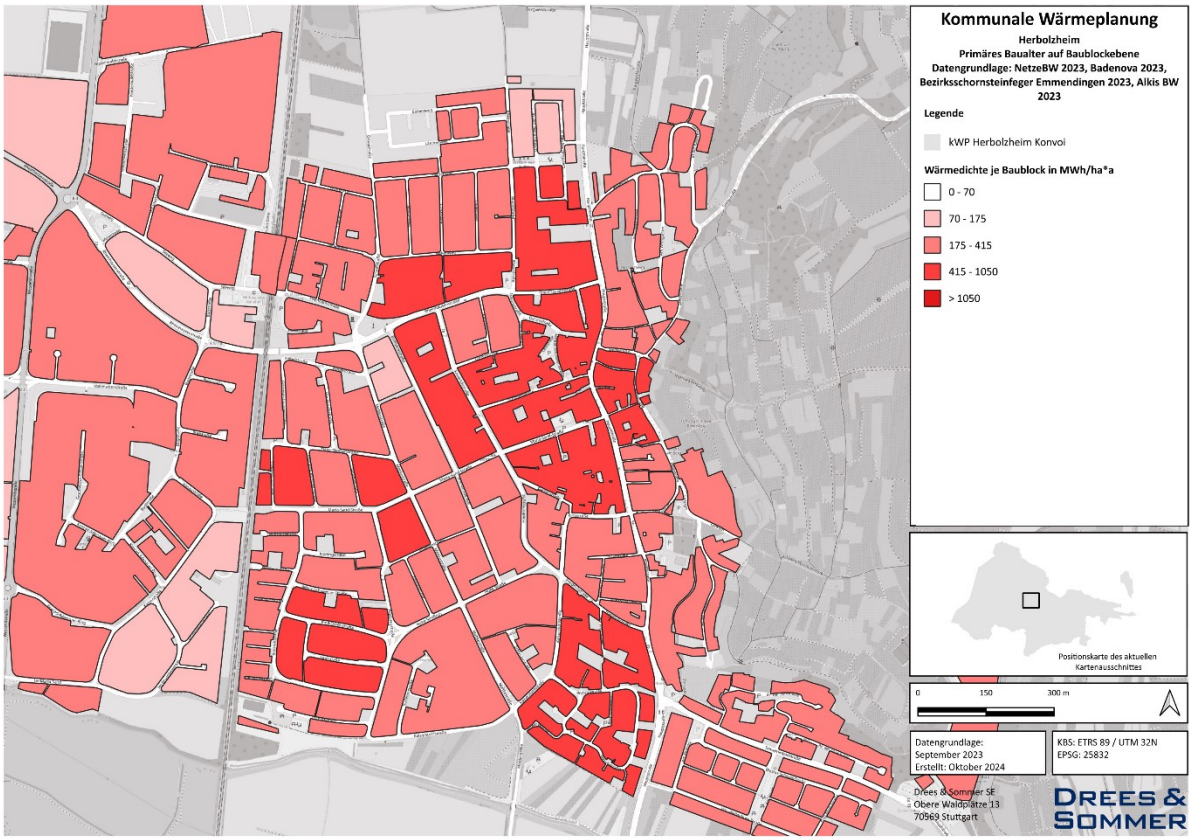


Abbildung 11: Wärmedichten (MWh/ha*a) auf Baublockebene für Herbolzheim

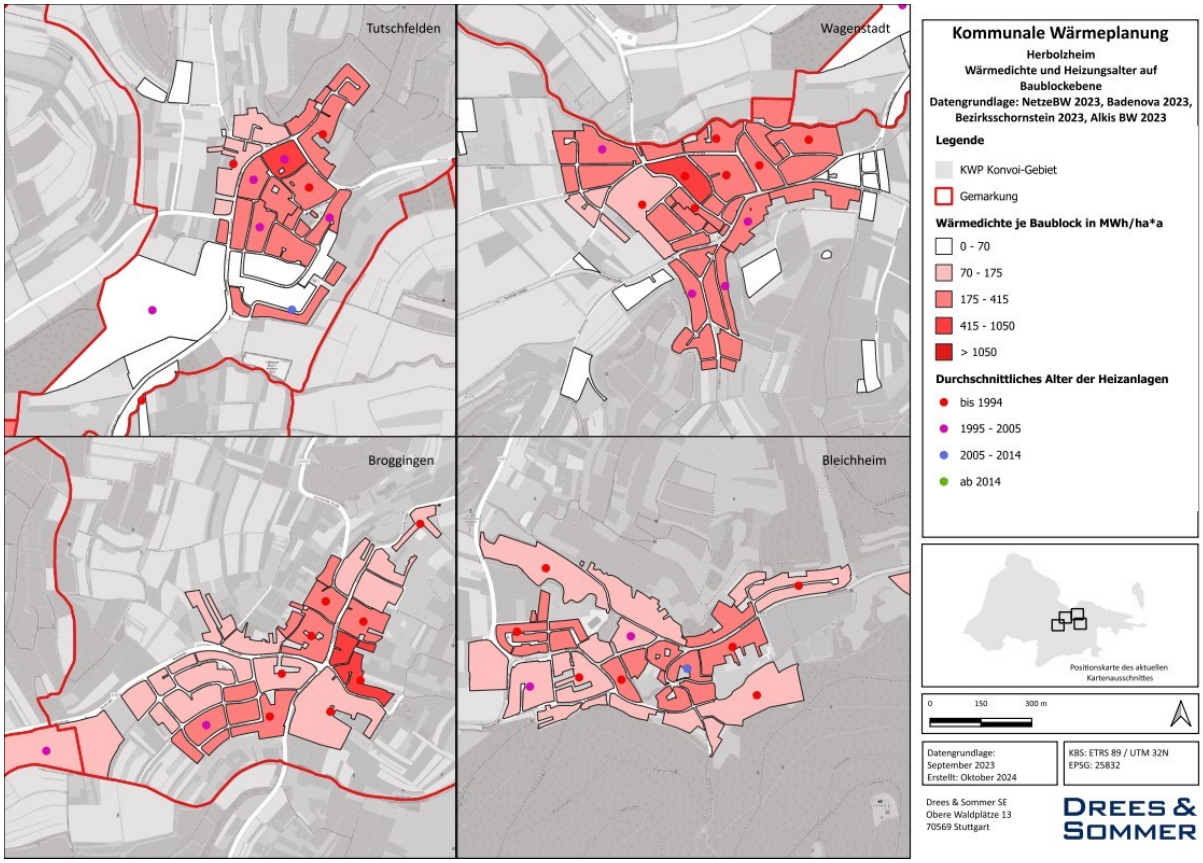


Abbildung 12: Wärmedichten (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Teilorte Herbolzheim

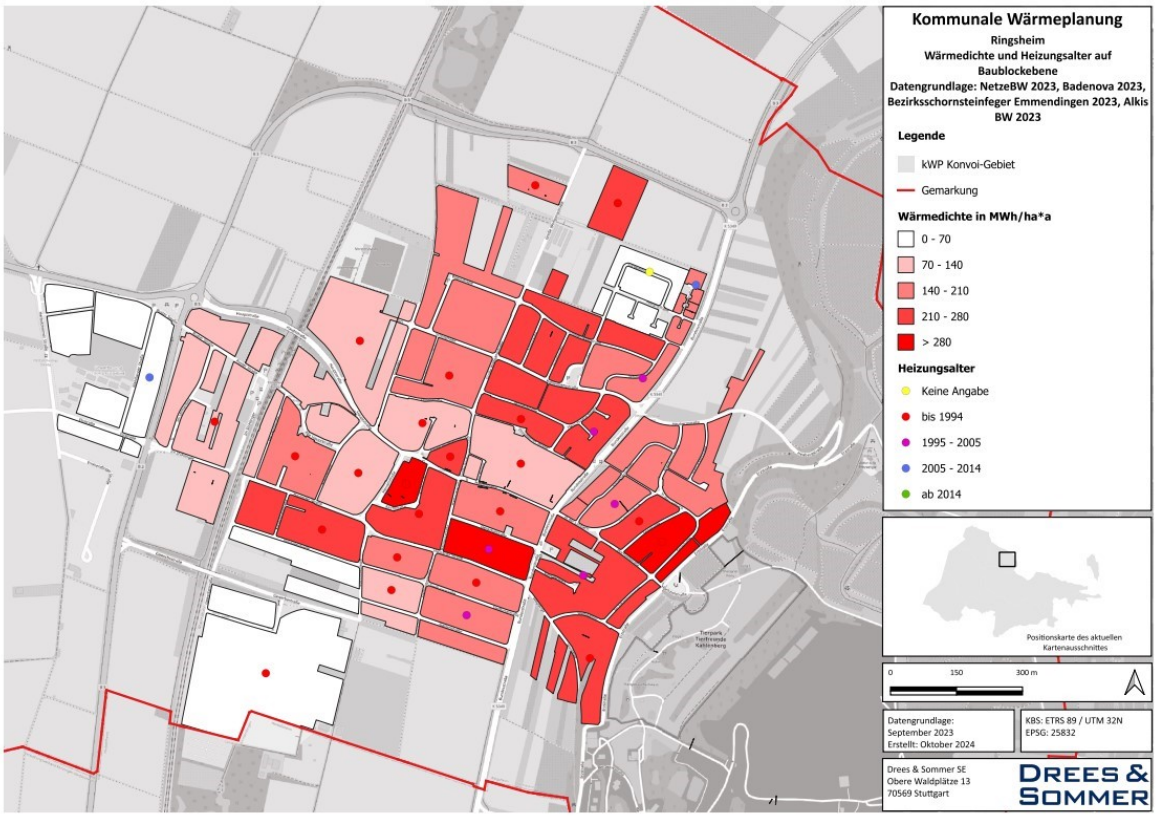


Abbildung 13: Wärmedichten (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Rust

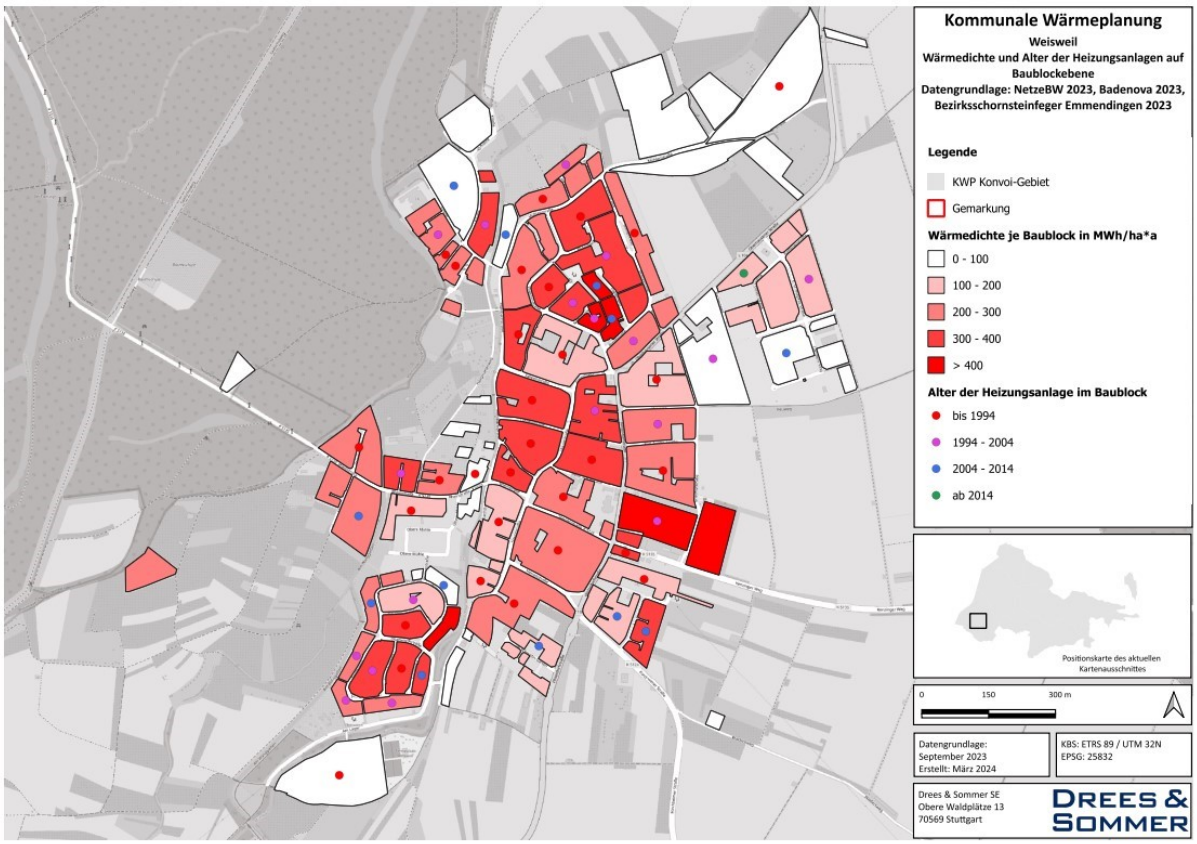


Abbildung 14: Wärmedichte (MWh/ha*a) und durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene für Weisweil

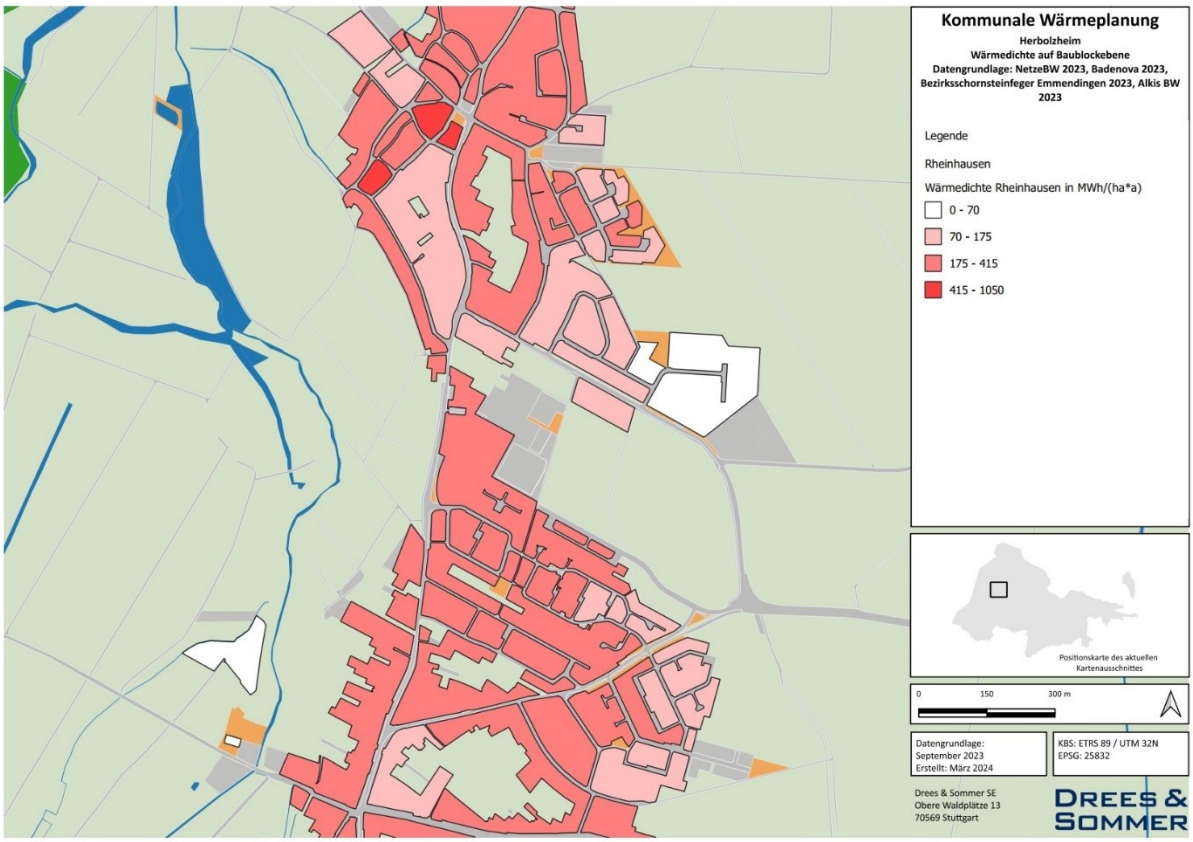


Abbildung 15: Wärmedichten (MWh/ha*a) auf Baublockebene für Rheinhausen

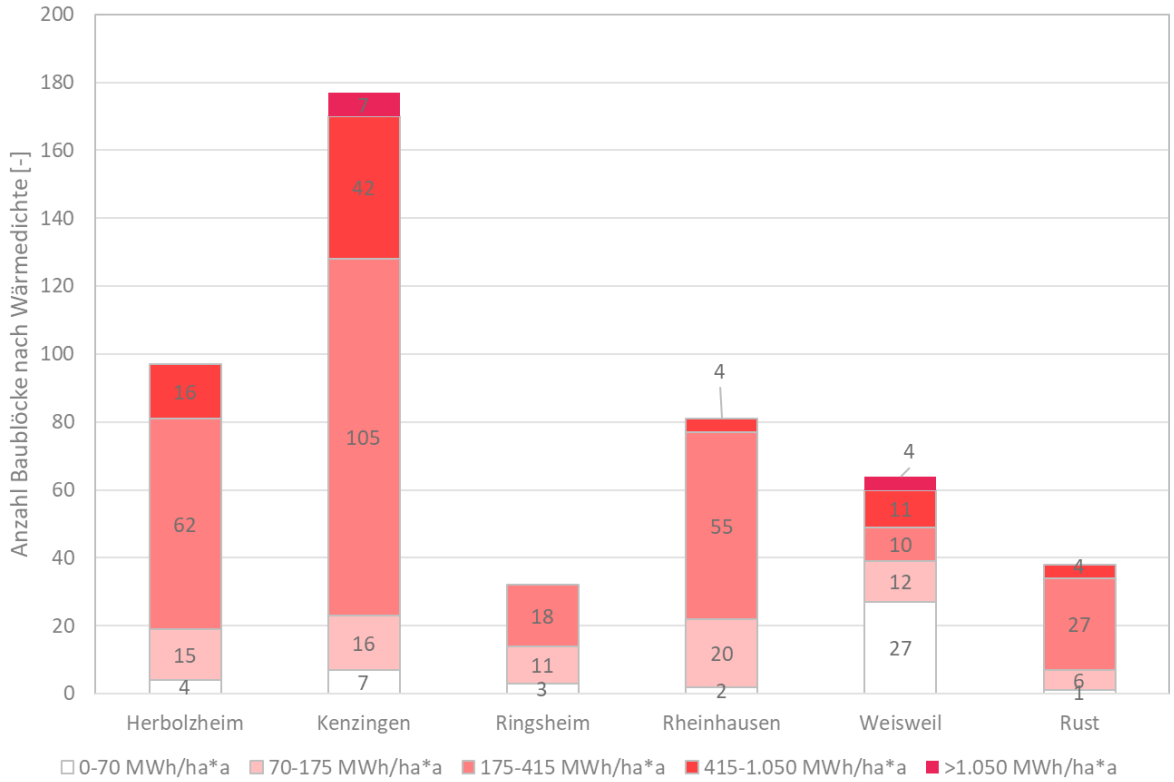
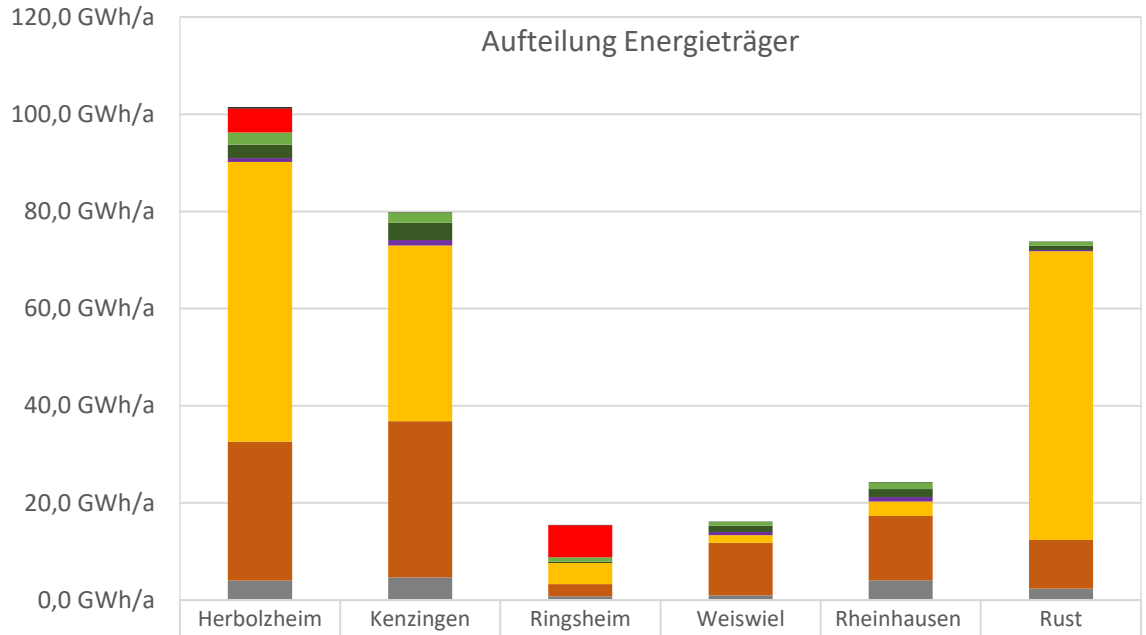


Abbildung 16: Anzahl Baublöcke je Gemeinde aufgeteilt nach Wärmedichten

Abbildung 16 zeigt die Anzahl der Baublöcke je Wärmedichte-Bereich und je Stadt/Gemeinde. Lediglich Kenzingen weist 5 Baublöcke mit einer Wärmedichte über 1.050 MWh/ha*a auf. Der Großteil der Baublöcke liegt im Bereich zwischen 175 – 415 MWh/aha*a und damit im Bereich „empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand“ entsprechend des KEA-Leitfadens (KEA-BW & Ministerium für Umwelt, 2020).

3.5 INFORMATION ZUR AKTUELLEN VERSORGUNGSSTRUKTUR

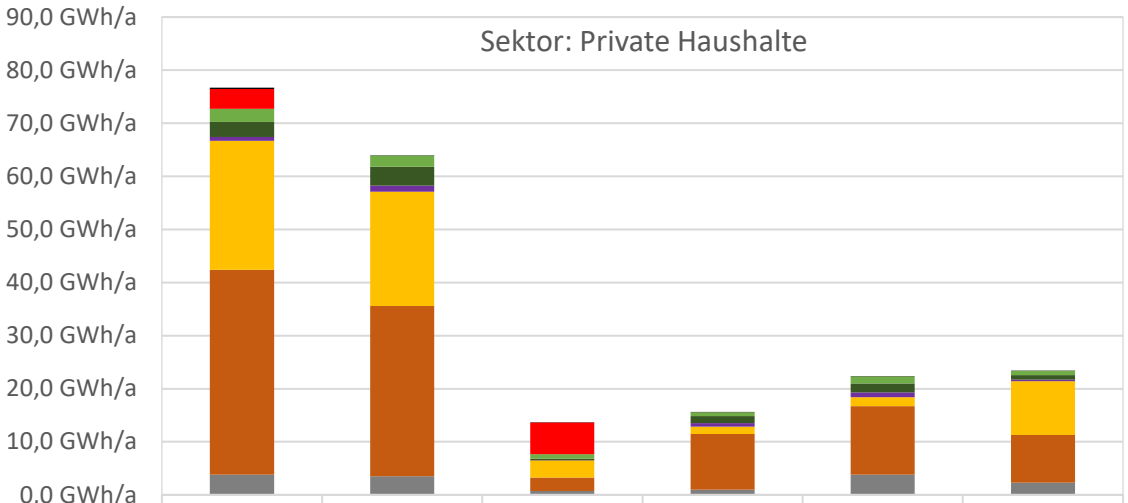
Die aktuelle Wärmeversorgungsstruktur im Konvoigebiet ist geprägt von überwiegend fossilen Energieträgern. Von insgesamt 321 GWh jährlich an eingesetzten Energieträgern entfallen rund 87 % auf fossile Energieträger. Die restlichen 13 % beinhalten Strom, Deponie- und Klärgas und Holz (Hackschnitzel, Stückholz, Pellets).
In Abbildung 17 ist der aktuelle Energieträgereinsatz der jeweiligen Städten und Gemeinden zu erkennen. Unter „Sonstiges“ werden die Energieträger Klärgas und Braun- und Steinkohle zusammengefasst, die zusammen einen Anteil von rund 2 % ausmachen.



	Herbolzheim	Kenzingen	Ringsheim	Weiswiel	Rheinhausen	Rust
Sonstiges	0,3 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Nah-/Fernwärme	4,9 GWh/a	0,0 GWh/a	6,6 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Stückholz	2,5 GWh/a	2,1 GWh/a	0,9 GWh/a	0,7 GWh/a	1,3 GWh/a	0,7 GWh/a
Pellets	2,8 GWh/a	3,6 GWh/a	0,3 GWh/a	1,3 GWh/a	1,7 GWh/a	0,9 GWh/a
Flüssiggas	0,8 GWh/a	1,1 GWh/a	0,0 GWh/a	0,7 GWh/a	0,9 GWh/a	0,3 GWh/a
Erdgas	57,6 GWh/a	36,2 GWh/a	4,4 GWh/a	1,6 GWh/a	3,0 GWh/a	59,4 GWh/a
Heizöl	28,6 GWh/a	32,1 GWh/a	2,5 GWh/a	10,8 GWh/a	13,2 GWh/a	10,0 GWh/a
Strom	4,0 GWh/a	4,7 GWh/a	0,8 GWh/a	1,0 GWh/a	4,1 GWh/a	2,4 GWh/a

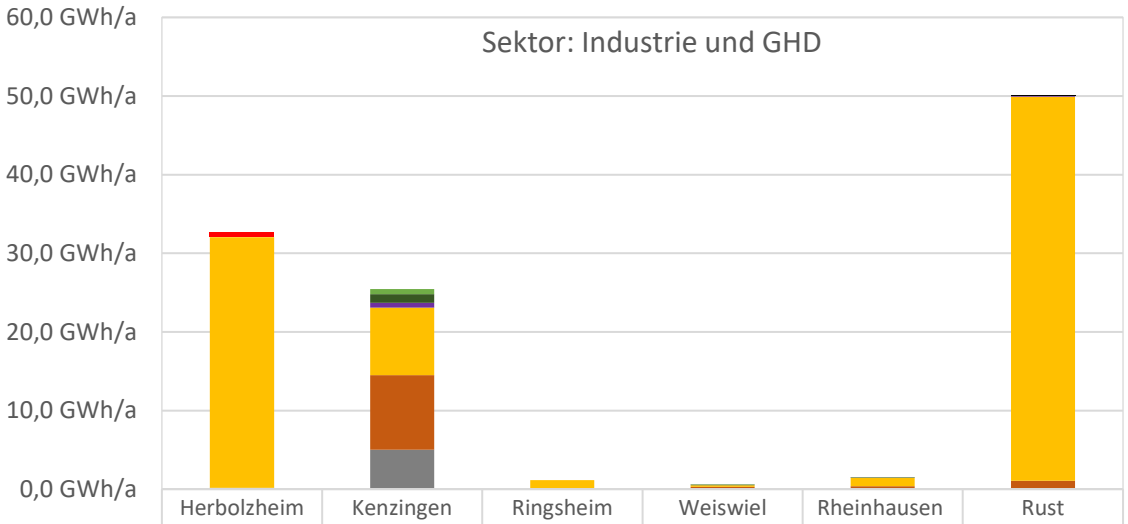
Abbildung 17: Übersicht Aufteilung Energieträger der jeweiligen Konvoiteilnehmer

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Hauptenergieträger im Konvoi fossile Energieträger – Erdgas und Heizöl – sind. Ringsheim bildet eine Ausnahme. Hier wird gut die Hälfte des Bedarfes über das Nahwärmenetz versorgt, welches mit Deponiegas aus der Deponie Kahlenberg generiert wird. Abbildung 18 bis Abbildung 20 zeigen die Energieträgerverteilung in den Sektoren: Private Haushalte, Industrie & GHD und öffentliche Liegenschaften.
In Herbolzheim, Kenzingen, Ringsheim, Weisweil und Rheinhausen dominiert der private Sektor bei der Menge an eingesetztem Energieträger. In Rust liegt die Industrie und GHD mit rund 50 GWh/a über dem Anteil der privaten Haushalte (rund 23 GWh/a).



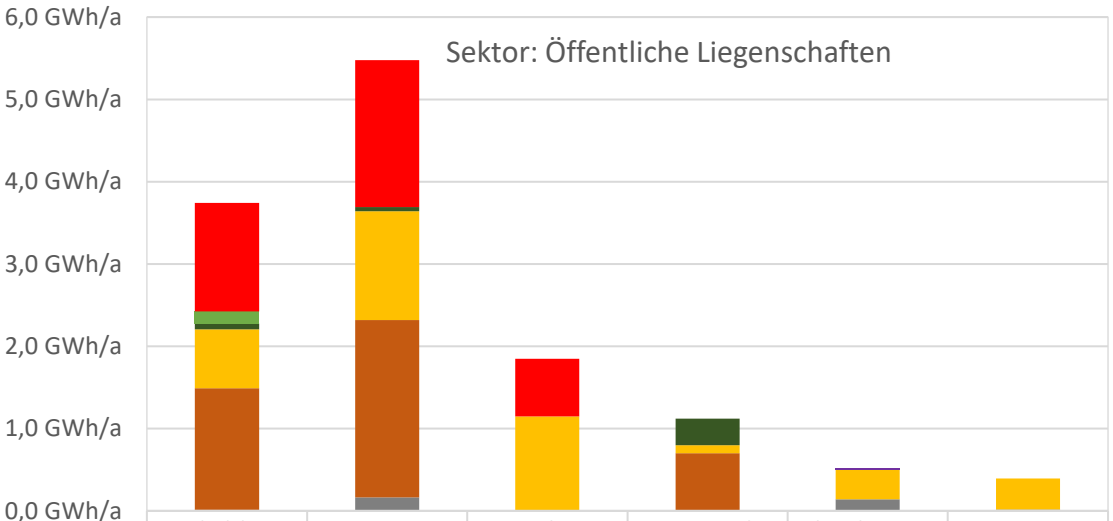
	Herbolzheim	Kenzingen	Ringsheim	Weiswiel	Rheinhausen	Rust
Sonstiges	0,3 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Nah-/Fernwärme	3,7 GWh/a	0,0 GWh/a	6,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Stückholz	2,5 GWh/a	2,1 GWh/a	0,9 GWh/a	0,7 GWh/a	1,3 GWh/a	0,7 GWh/a
Pellets	2,8 GWh/a	3,6 GWh/a	0,3 GWh/a	1,3 GWh/a	1,7 GWh/a	0,9 GWh/a
Flüssiggas	0,8 GWh/a	1,1 GWh/a	0,0 GWh/a	0,7 GWh/a	0,9 GWh/a	0,3 GWh/a
Erdgas	24,3 GWh/a	21,6 GWh/a	3,3 GWh/a	1,4 GWh/a	1,7 GWh/a	10,1 GWh/a
Heizöl	38,6 GWh/a	32,1 GWh/a	2,5 GWh/a	10,5 GWh/a	12,9 GWh/a	9,0 GWh/a
Strom	3,8 GWh/a	3,5 GWh/a	0,8 GWh/a	1,0 GWh/a	3,8 GWh/a	2,3 GWh/a

Abbildung 18: Energieträgerverteilung Sektor private Haushalte



	Herbolzheim	Kenzingen	Ringsheim	Weiswiel	Rheinhausen	Rust
Sonstiges	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Nah-/Fernwärme	0,6 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Stückholz	0,0 GWh/a	0,7 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Pellets	0,0 GWh/a	1,1 GWh/a	0,0 GWh/a	0,1 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Flüssiggas	0,0 GWh/a	0,6 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,1 GWh/a
Erdgas	31,9 GWh/a	8,6 GWh/a	1,2 GWh/a	0,2 GWh/a	1,1 GWh/a	48,9 GWh/a
Heizöl	0,0 GWh/a	9,5 GWh/a	0,0 GWh/a	0,2 GWh/a	0,3 GWh/a	1,0 GWh/a
Strom	0,2 GWh/a	5,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,1 GWh/a	0,1 GWh/a

Abbildung 19: Energieträgerverteilung Sektor Industrie & GHD



	Herbolzheim	Kenzingen	Ringsheim	Weisweil	Rheinhausen	Rust
Sonstiges	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Nah-/Fernwärme	1,3 GWh/a	1,8 GWh/a	0,7 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Stückholz	0,1 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Pellets	0,1 GWh/a	0,1 GWh/a	0,0 GWh/a	0,3 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Flüssiggas	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Erdgas	0,7 GWh/a	1,3 GWh/a	1,2 GWh/a	0,1 GWh/a	0,4 GWh/a	0,4 GWh/a
Heizöl	1,5 GWh/a	2,2 GWh/a	0,0 GWh/a	0,7 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a
Strom	0,0 GWh/a	0,2 GWh/a	0,0 GWh/a	0,0 GWh/a	0,1 GWh/a	0,0 GWh/a

Abbildung 20: Energieträgerverteilung Sektor öffentliche Liegenschaften

Die öffentlichen Liegenschaften in Herbolzheim, Kenzingen und Ringsheim werden bereits teilweise über ein Wärmenetz versorgt. Die Wärmenetze in Herbolzheim und Kenzingen werden überwiegend über Holz versorgt. Die Wärme für das Wärmenetz in Ringsheim wird über Deponiegas erzeugt. In Weisweil werden die öffentlichen Liegenschaften teilweise über Pellets beheizt und in Rheinhausen über Strom. Die öffentlichen Liegenschaften in Rust werden ausschließlich über Erdgas versorgt.

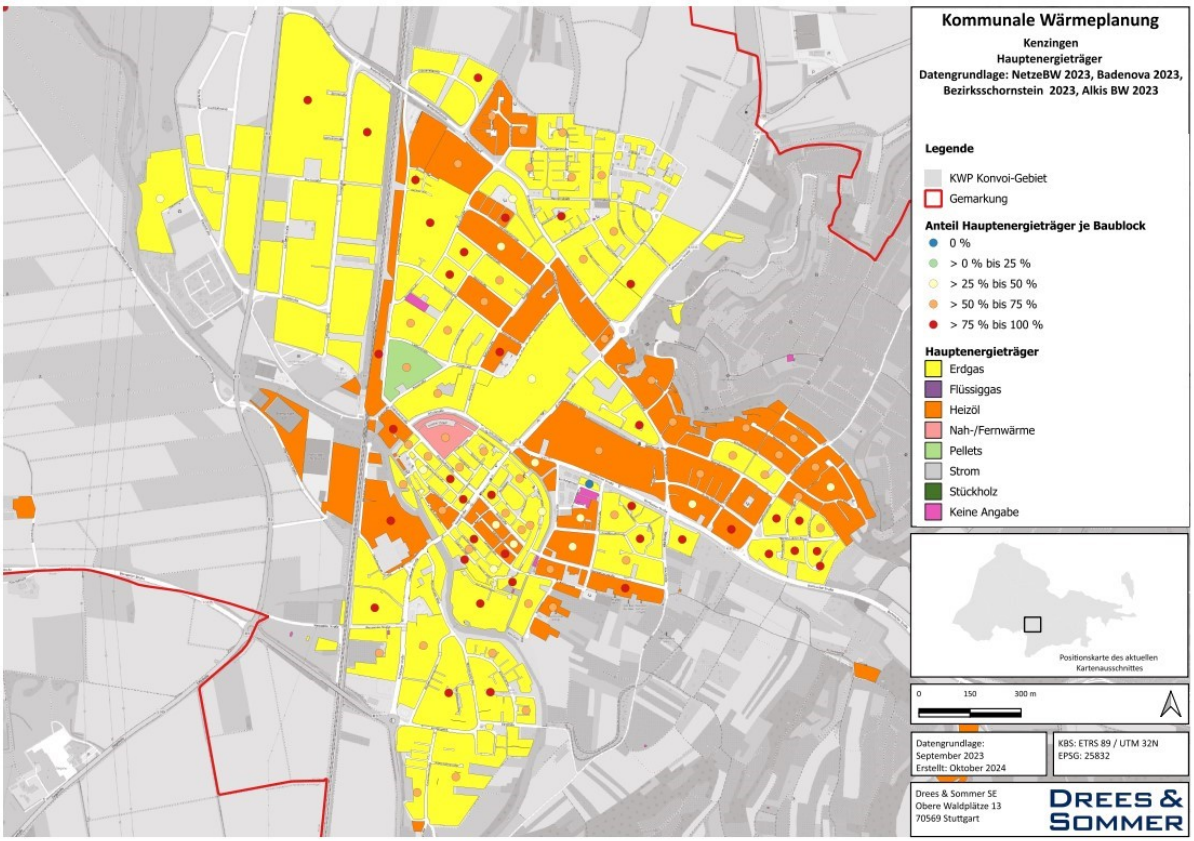


Abbildung 21: Hauptenergieträger mit jeweiligem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

LEITUNGSGEBUNDENE ENERGIETRÄGER

Leitungsgebundene Energieträger umfassen alle Energieträger, welche über ein (öffentliches) Leitungsnetz zur Verfügung gestellt werden. Im Konvoigebiet umfasst das die Energieträger Erdgas, Strom und Wärmenetze. Andere leitungsgebundene Energieträger wie Wasserstoff sind nicht vorhanden.

3.5.2 WÄRMENETZ, GASNETZ, HEIZZENTRALEN UND KWK-STANDORTE

Im Konvoigebiet erfolgt die Wärmeversorgung vorwiegend dezentral und individuell. In Herbolzheim und Ringsheim sind Wärmenetze vorhanden.
Die Wärmenetze in Herbolzheim basieren hauptsächlich auf Hackschnitzelanlagen und werden durch die SWL Bau- und Betriebsgesellschaft für Holzheizungen mit Wärmeverbund mbH betrieben. Nordöstlich am Rand Ringsheim befindet sich die Deponie Kahlenberg. Das entstehende Bio- und Deponiegas wird verwendet, um mittels Kraft-Wärme-Kopplung Strom zu erzeugen. Die entstehende Abwärme wird genutzt, um die Gebiete Limbach 1 und 2 in Ringsheim mit Wärme zu versorgen.

In den anderen Gemeinden des Konvois befinden sich derzeit keine Wärmenetze.

Tabelle 4: Übersicht bestehende Nahwärmeversorgung im Konvoi

Gemeinde	Standort Erzeuger	Versorgtes Gebiet	Erzeugerart und Leistung	Betreiber
Herbolzheim	Lerchenberghalle	Broggingen, umliegende Wohngebäude	Holzheizkessel 220 kW (Bj.:2013) Niedertemperaturkessel 293 kW (Bj.: 2021)	SWL Bau- und Betriebsgesellschaft für Holzheizungen mit Wärmeverbund mbH
	Energiezentrale Schwimmbad (Ebeneck)	Ebeneck, Schwimmbad, umliegende Wohngebäude	Holzheizkessel 700 kW (Bj.: 2016), Gasheizkessel 870 kW (Bj.: 2002)	
	Energiezentrale in den Herrengüter	Herrengüter, umliegende Wohngebäude	Holzheizkessel 540 kW (Bj.: 2010), Ölkessel 560 kW (Bj.: 2011)	
	Krankenhausareal	Krankenhausareal, umliegende Wohngebäude	Holzheizkessel 540 kW (Bj.: 2012), Ölkessel 560 kW (Bj.: 2012)	
	Rathausgasse	Rathaus, umliegende Wohngebäude Zentrum	Holzheizanlage 550 kW (Bj.:2016), Gaskessel 560 kW (Bj.: 2016)	
Ringsheim	Deponie und MBA Kahlenberg	Limbach 1 (1997), Limbach 2 (2005), ca. 7.000 m Länge	5 x BHKW, 3.500 kW_{el}, 3.200 kW_{th} + 960 kW_{th} aus Abgaswärmeübertrager	Gemeinde Ringsheim
Kenzingen	NWV Gymnasium Kenzingen	Gymnasium, Üsenberghalle, Grundschule, Alte Halle, Kin-	Holzhackschnitzelanlage, Erdgaskessel, Heizölkessel	Ratio Energie GmbH

		derhaus GS Betreuung, Kinderhaus Kita, Mehrgenerationenhaus Franziskanergarten, Altenheim		

Darüber hinaus befinden sich aktuell keine Wärmenetze in Planung.



Abbildung 22: Wärmenetz in Kenzingen

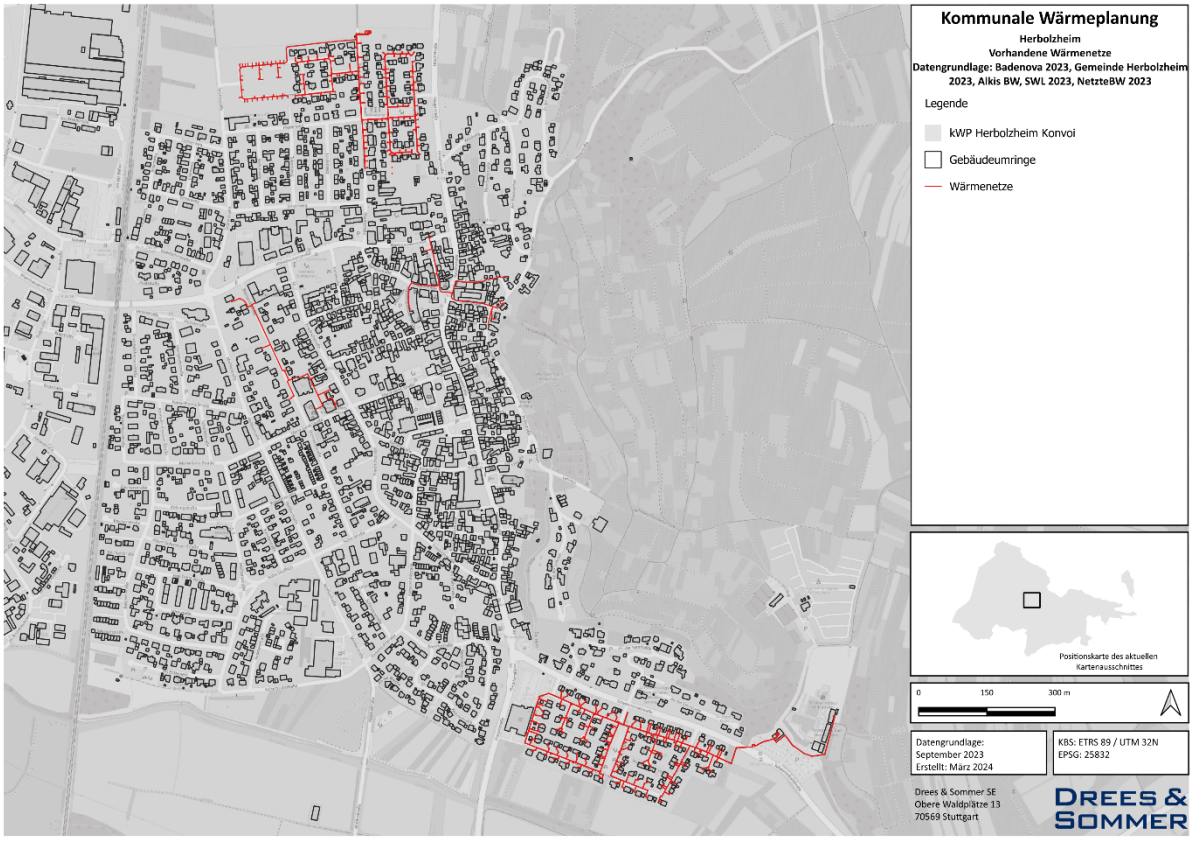


Abbildung 23: Wärmenetzinfrastruktur in Herbolzheim

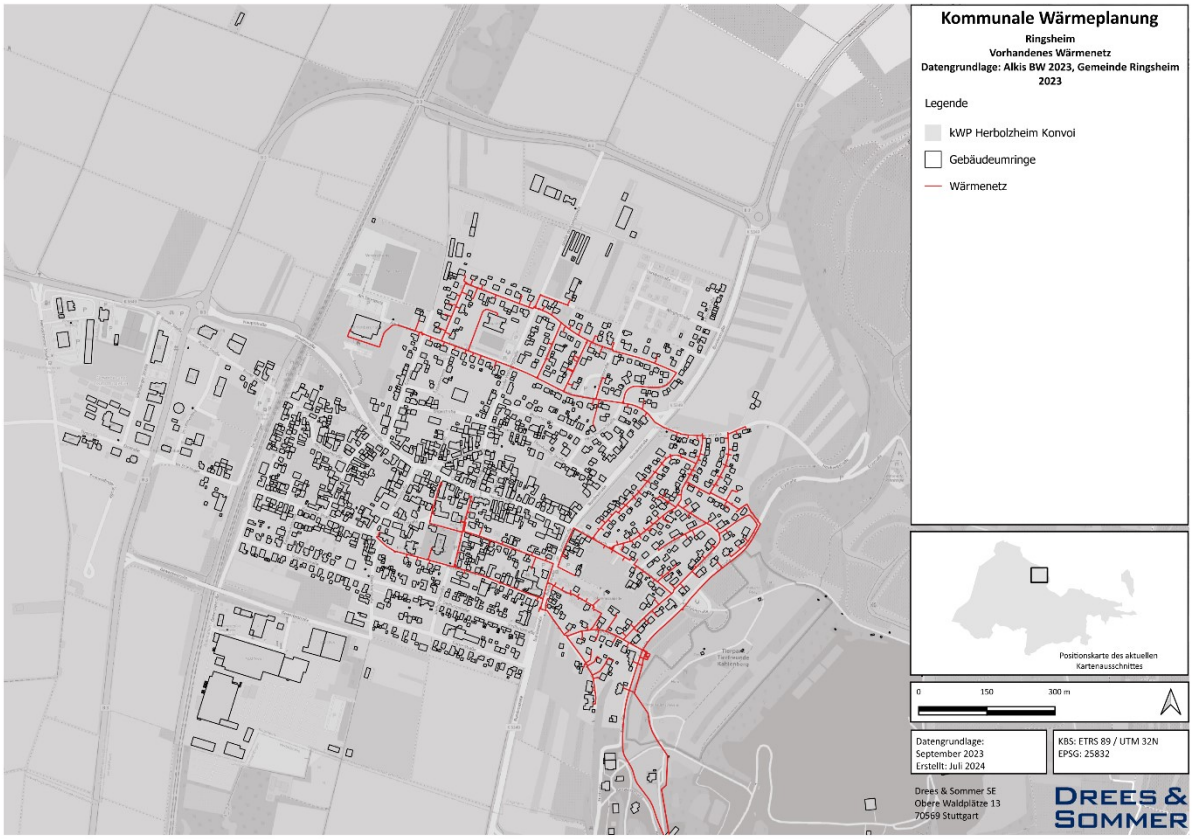


Abbildung 24: Wärmenetzinfrastruktur in Ringsheim

ERDGAS

Der Konvoi hat zudem ein gut ausgebautes Erdgasnetz. Abbildung 25 zeigt das Gasnetz in Kenzingen. Kenzingen ist weitestgehend mit Erdgasleitungen erschlossen und weist eine relativ hohe Leitungsdichte auf. Dies spiegelt sich auch im Hauptenergieträger der jeweiligen Baublöcke wider (vgl. Abbildung 21).

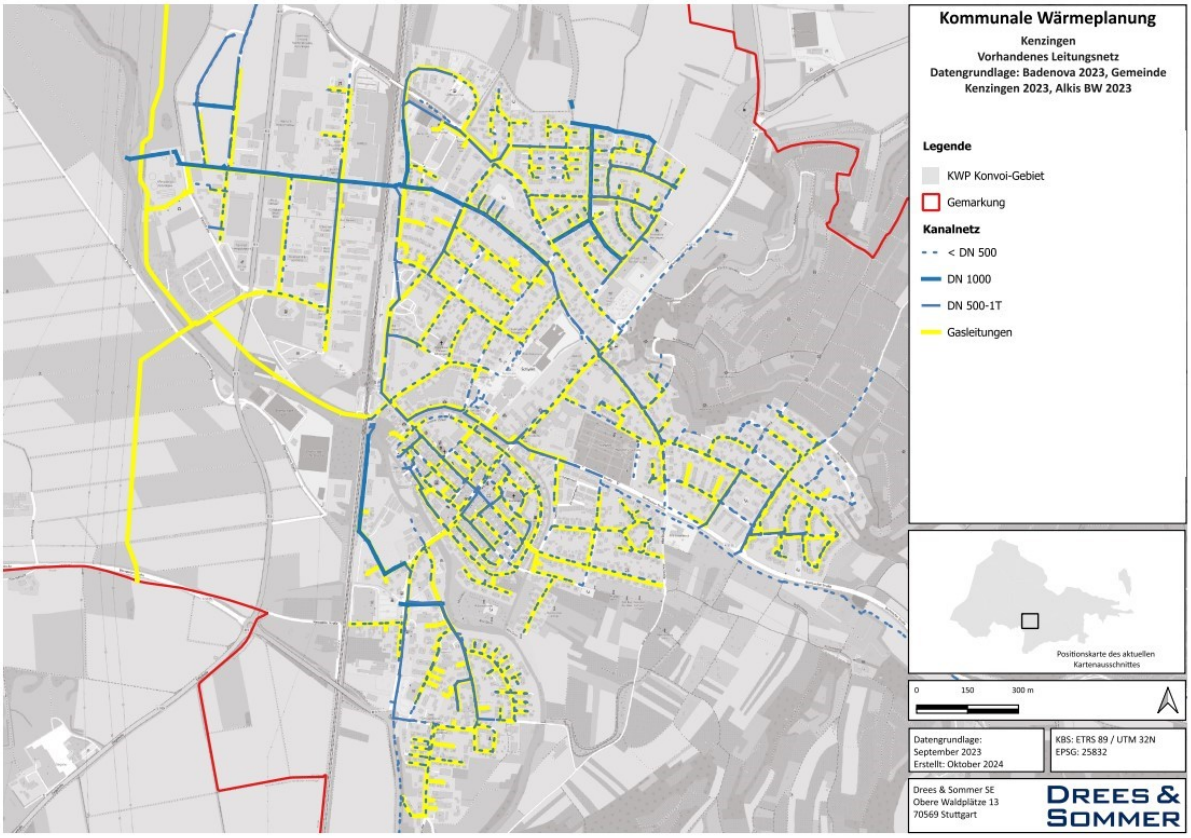


Abbildung 25: Gasnetzinfrastruktur inkl. Kanalnetz (Ausschnitt Kenzingen)

Der örtliche Gasnetzbetreiber hat im Rahmen des kommunalen Wärmeplans adressscharfe Verbrauchswerte für den Energieträger Erdgas zur Verfügung gestellt. Im gesamten Konvoigebiet stellt Erdgas mit 51 % den meist genutzten Energieträger dar.
Abbildung 26 zeigt eine Übersicht über den Erdgasverbrauch. Auf der Abszisse sind die einzelnen Konvoiteilnehmer aufgeführt. Auf der linken Ordinate findet man den gestapelten Erdgasverbrauch in Megawattstunden, aufgeteilt auf die Sektoren „private Haushalte“, „ Industrie & GHD“ und öffentliche Liegenschaften“. Die Punkte zeigen den spezifischen Erdgasverbrauch des Sektors „private Haushalte“ dividiert durch die Anzahl an Einwohner der Stadt / Gemeinde. Der Wert ist der rechten y-Achse zu entnehmen und lässt einen Vergleich der Städte / Gemeinden zu.



Abbildung 26: Erdgasverbrauch private Haushalte inkl. spez. Erdgasverbrauch je Einwohner

Herbolzheim und Rust haben mit 57 und 59 GWh pro Jahr den größten Erdgasverbrauch im Konvoigebiet. Bei den spezifischen Erdgasverbräuchen je Einwohner dominiert ebenfalls Herbolzheim, geführt von Kenzingen.
Die Ortschaften Broggingen, Bleichheim, Bombach, Hecklingen und Nordweil verfügen über kein Gasnetz.

Die Erdgasverbräuche wurden anhand der Baublöcke datenschutzkonform aggregiert. *Abbildung 27* 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).

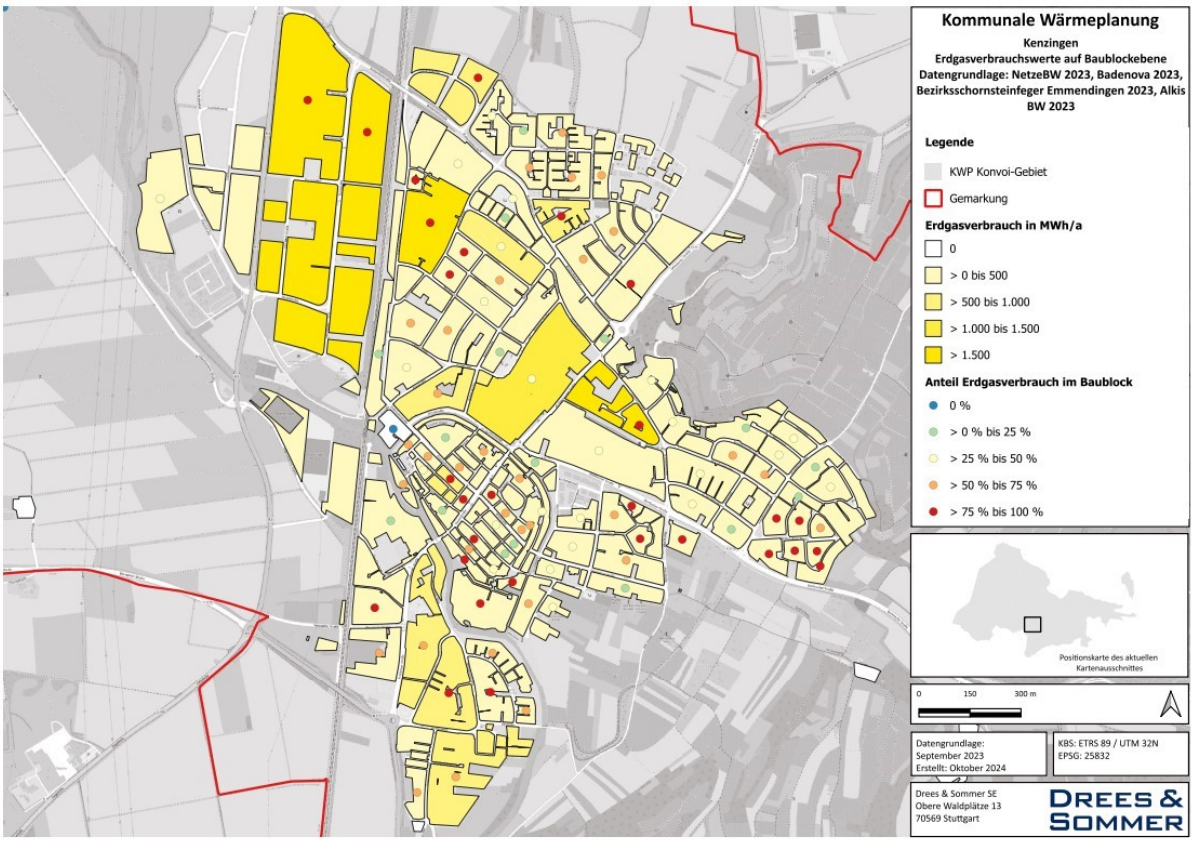


Abbildung 27: Gasverbrauch mit prozentualem Anteil auf Baublockebene (Ausschnitt Kenzingen)

HEIZUNGSSTROM

Die Daten für die Strom-Speicherheizungen und für die Wärmepumpen stammen für Weisweil von den BadenovaNETZE und für die restlichen Konvoi Teilnehmern von Netze BW.
Heizstrom besitzt im Konvoi einen Anteil von 5 % der eingesetzten Energieträger. Hierbei muss unterschieden werden, dass Heizungsstrom zum einen für Wärmepumpen, aber auch für nicht so effiziente Nachtspeicheröfen verwendet wird.

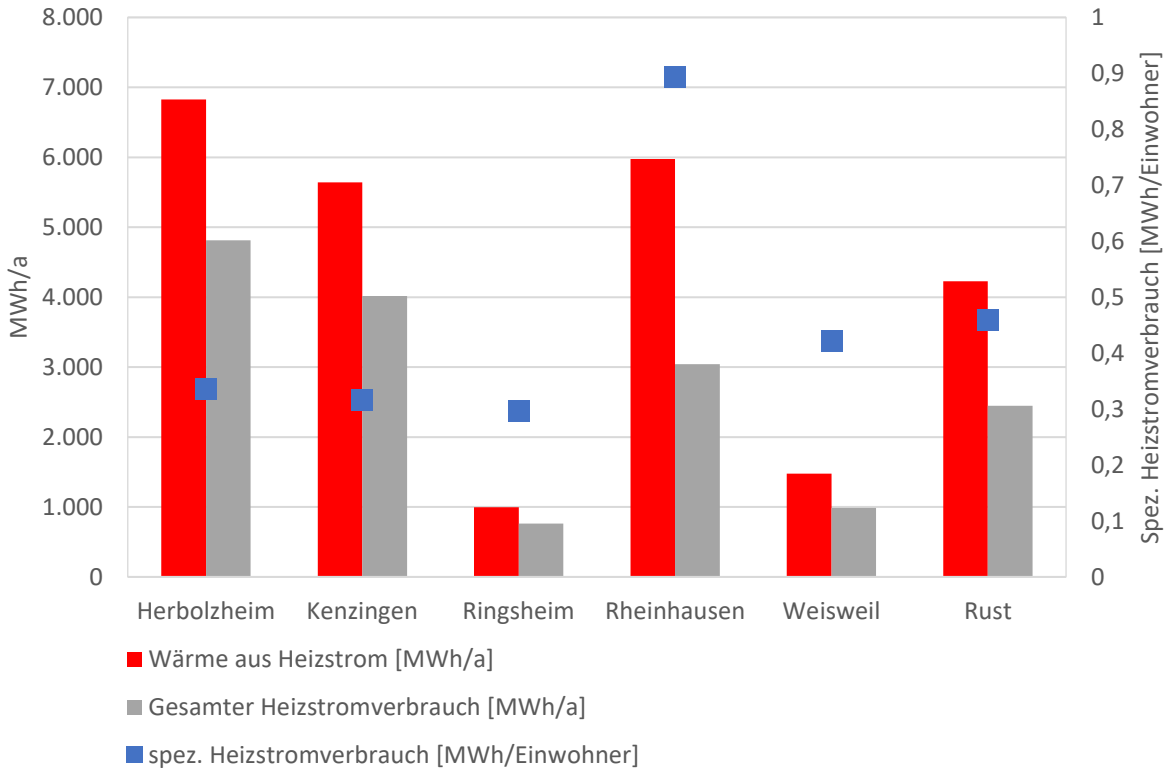


Abbildung 28: Übersicht Heizstromverbrauch

In Abbildung 28 ist dargestellt, wie hoch der Heizstrombedarf in den jeweiligen Städten / Gemeinden ist und welcher Wärmebedarf damit erzeugt wird. Der „gesamte Heizstromverbrauch“ zeigt den Endenergieverbrauch „Strom“ für die Wärmeerzeugung. Dabei wurde für Nachtspeicheröfen ein Wirkungsgrad von 0,95 und für Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von 3 angenommen. „Wärme aus Heizstrom“ zeigt dann die erzeugte Nutzenergie Wärme, die aus der Endenergie erzeugt wird.
Der spezifische Heizstromverbrauch zeigt den Anteil des Heizungsstromverbrauchs des Sektors private Haushalte im Verhältnis zur Einwohnerzahl. Rheinhausen dominiert hier mit 0,9 MWh/Einwohner. Grund hierfür ist der hohe Anteil an Nachtspeicheröfen in Rheinhausen.

Beim Heizungsstrom ist jedoch wichtig, zwischen Strom für Wärmepumpen und Strom für Nachtspeicheröfen zu unterscheiden. Nachtspeicheröfen nutzen zwar Strom als Energieträger, haben jedoch im Vergleich zur Wärmepumpe einen schlechten Wirkungsgrad und nutzen keine Umweltquelle.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht, welche Anzahl an Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen im Konvoigebiet derzeit im Einsatz sind.

Tabelle 5: Übersicht Anzahl und Anteil Wärmepumpen und Anzahl Nachtspeicheröfen

Gemeinde	Anzahl Nachtspeicher-öfen	Anzahl Wärmepumpen	Anteil Wärmepumpen an strombetriebenen Er-zeugern
Herbolzheim	317	102	24 %
Kenzingen	373	175	32 %
Ringsheim	69	26	27 %
Rheinhausen	320	160	33 %
Weisweil	73	46	39 %
Rust	138	124	47 %

Der Heizungsstrom wird aktuell in den meisten Städten und Gemeinden zu rund 30 % für Wärmepumpen verwendet. Die restlichen rund 70 % kommen noch in Nachtspeicheröfen zum Einsatz. Ziel wird es sein, diese Nachtspeicheröfen sukzessive durch effizientere Alternativen zu ersetzen.
Abbildung 29 zeigt den Stromverbrauch der Nachtspeicheröfen im Baublock und den jeweiligen Anteil der Nachtspeicheröfen am Gesamtbedarf . Je dunkler der Grauton des Baublocks, desto höher der Stromverbrauch und damit die Anzahl der Nachtspeicheröfen im Baublock. Es ist ersichtlich, dass der Anteil der Nachtspeicheröfen in den Baublöcken maximal bei 25 % liegt.

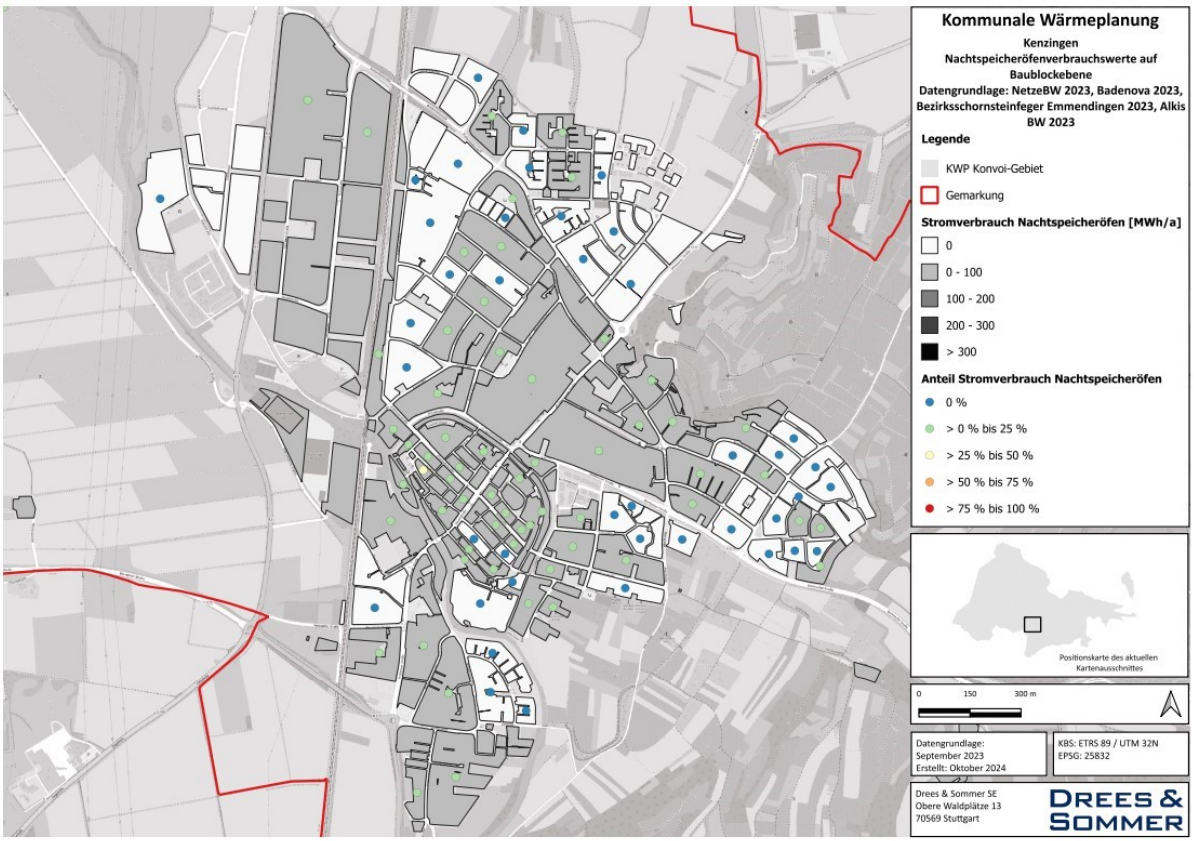


Abbildung 29: Stromverbrauch und Anteil Nachtspeicheröfen im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

In Abbildung 30 ist der Stromverbrauch durch Wärmepumpen und jeweilige Anteil am Baublock dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass in vielen Baublöcken noch keine Wärmepumpen vorhanden sind (s. blaue Punkte). Der maximale Anteil an Wärme durch Wärmepumpen liegt im Bereich zwischen 0 – 25 %.

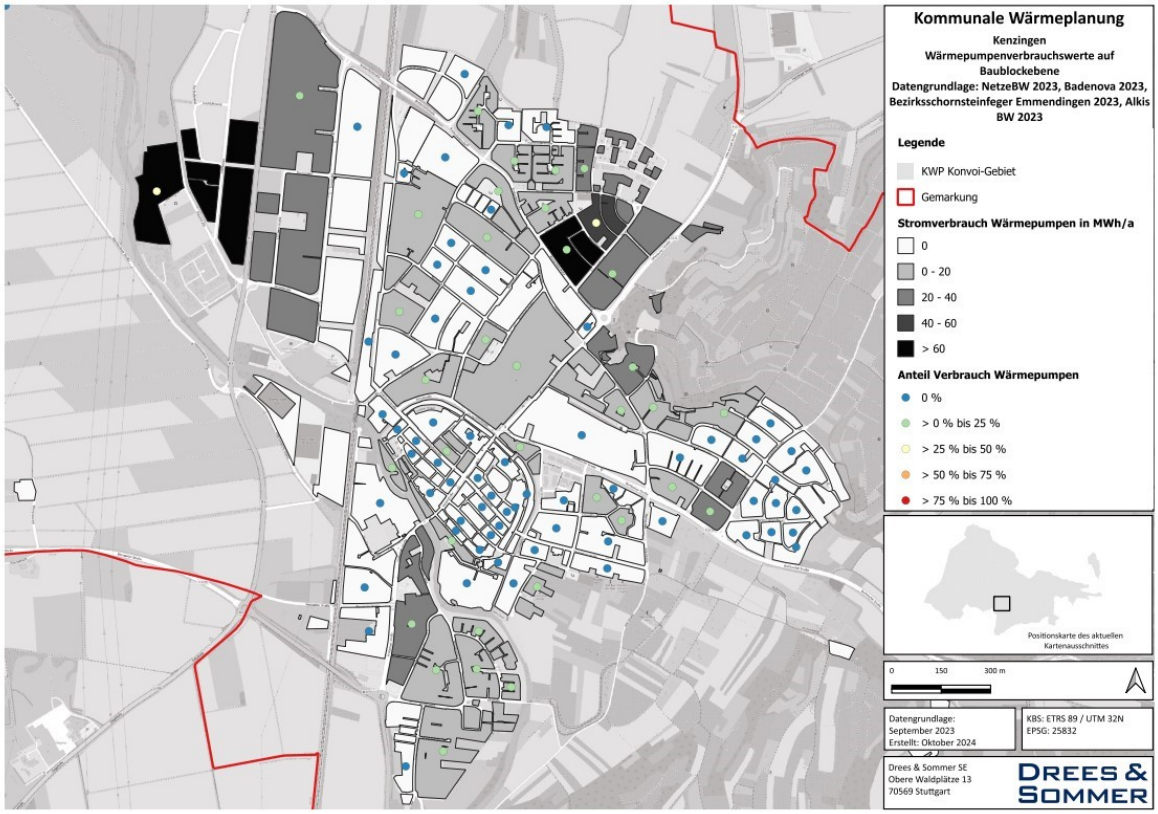


Abbildung 30: Stromverbrauch und Anteil Wärmepumpen im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

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.

NICHT-LEITUNGSGEBUNDENE ENERGIETRÄGER

Unter nicht-leitungsgebundenen Energieträger werden alle Energieträger für die Wärmeversorgung zusammengefasst, die nicht über ein Leitungsnetz an den Verbraucher geführt werden. Im Konvoigebiet betrifft das die Energieträger Heizöl, Flüssiggas, Deponiegas, Klärgas und Holz (Stückholz, Pellets, Hackschnitzel,…). Stein- und Braunkohle ist vereinzelt vorhanden, die Menge ist jedoch zu vernachlässigen.

HEIZÖL

Anhand der Schornsteinfegerdaten können die nicht-leitungsgebundenen (Heizöl, Holz (-pellets), Kohle, Flüssiggas etc.) Verbrauchsstellen verortet werden. In Abbildung 17 ist deutlich zu erkennen, dass die Gebäude, die nicht an einer leitungsgebundenen Versorgung zur Wärmeerzeugung hängen, durch Heizölkessel versorgt werden. Im gesamten Konvoigebiet beträgt der Anteil an Heizöl am gesamten Energieträgerverbrauch rund 33 % und ist damit der zweit häufigste Energieträger im Betrachtungsgebiet.

In *Abbildung 31* ist deutlich sichtbar, dass Heizöl in vielen 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. In manchen Baublöcken ist Heizöl nach wie vor der vorwiegende Energieträger, auch wenn in den Straßenzügen bereits Erdgasleitungen vorhanden sind. 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.

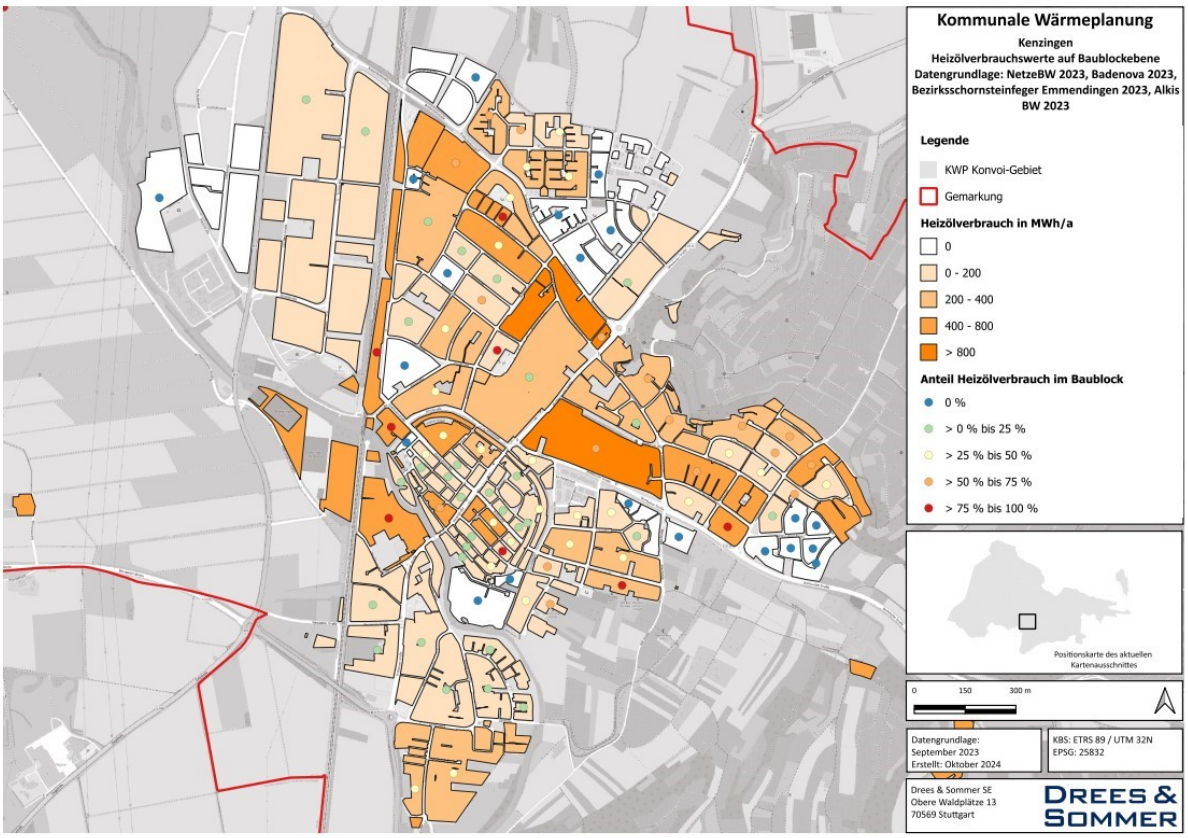


Abbildung 31: Heizölverbrauch mit prozentualem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

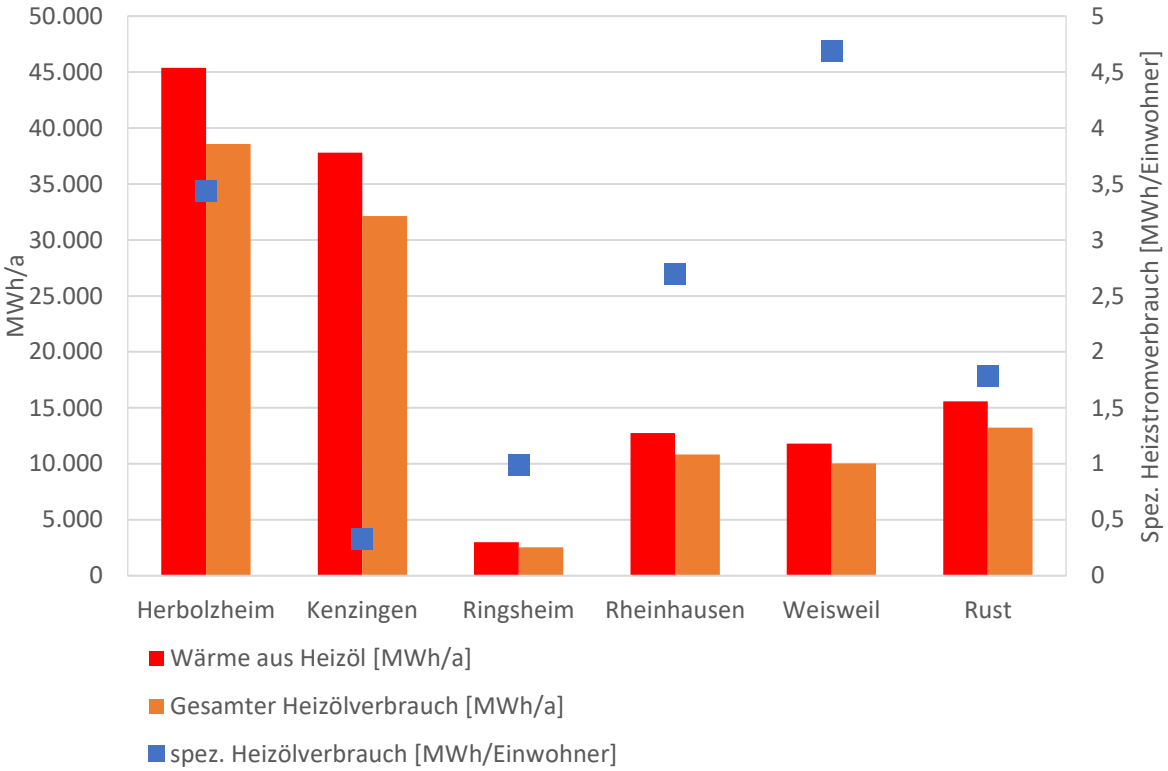


Abbildung 32: Heizölverbrauch

Abbildung 32 zeigt den gesamten Heizölverbrauch der Gemeinden und den spezifischen Heizölverbrauch des Sektors private Haushalte im Verhältnis zur Einwohnerzahl. Es zeigt sich, dass Weisweil mit rund 4,8 MWh/Einwohner den höchsten spezifischen Verbrauch an Heizöl aufweist.

FLÜSSIGGAS

In einzelnen Baublöcken wird auch Flüssiggas als Energieträger eingesetzt. In *Abbildung 33* 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. Es ist deutlich zu erkennen, dass Flüssiggas im Stadtgebiet von Kenzingen eine eher untergeordnete Rolle spielt. Lediglich im Gewerbegebiet im Westen und im östlichen Wohngebiet kommt Flüssiggas in geringeren Mengen zum Einsatz.

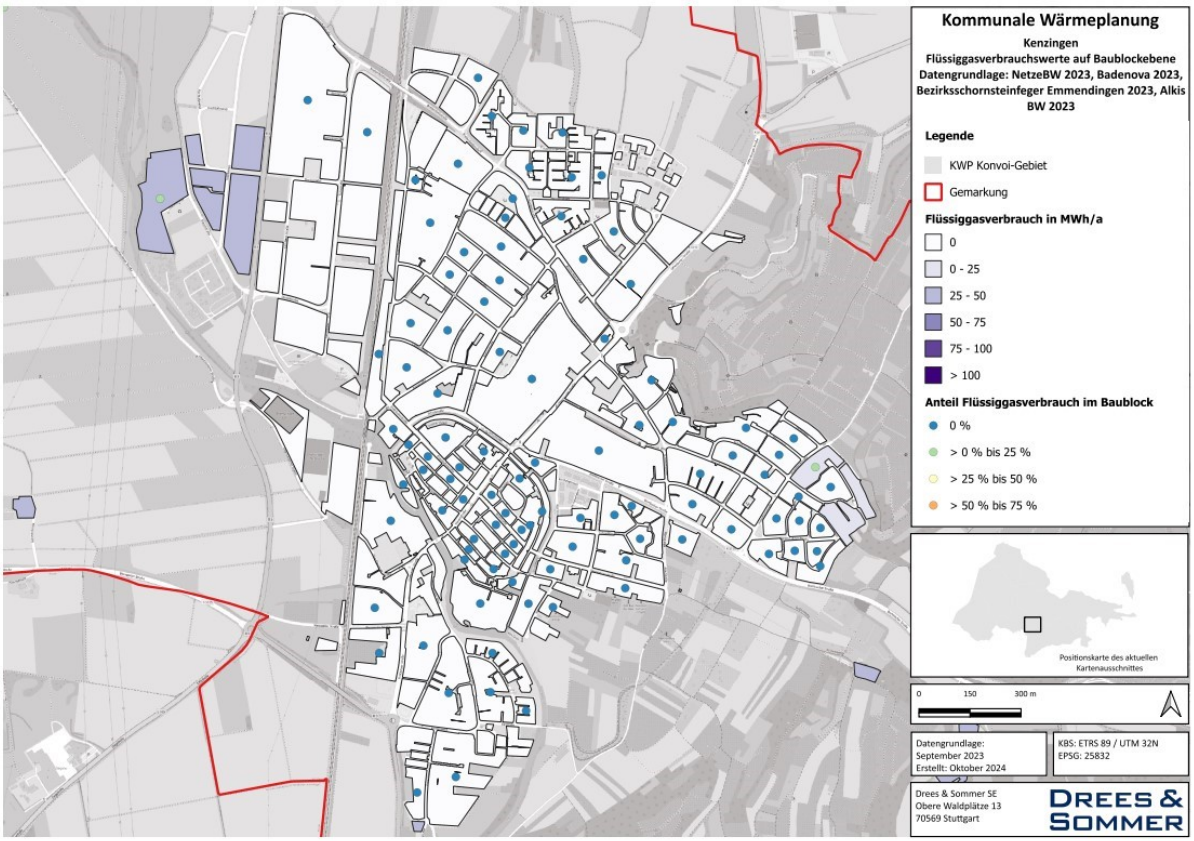


Abbildung 33: Flüssiggasverbrauch mit prozentualem Anteil im Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

DEPONIE- UND KLÄRGAS

Deponie- und Klärgas als Energieträger fallen im Konvoigebiet lediglich in drei Ortschaften an – Herbolzheim, Hecklingen und Ringsheim an. In Ringsheim befindet sich die Deponie Kahlenberg, über die jährlich rund 5,6 GWh pro Jahr Wärme mit Hilfe einer KWK-Anlage erzeugt. Aktuell werden rund 250 Gebäude über dieses Wärmenetz mit Wärme versorgt. In 16 von 32 Baublöcken dominiert dieser Energieträger in Ringsheim (vgl. Abbildung 34). Hier macht die Wärmeversorgung über das Deponiegas einen Anteil von rund 43 % aus.

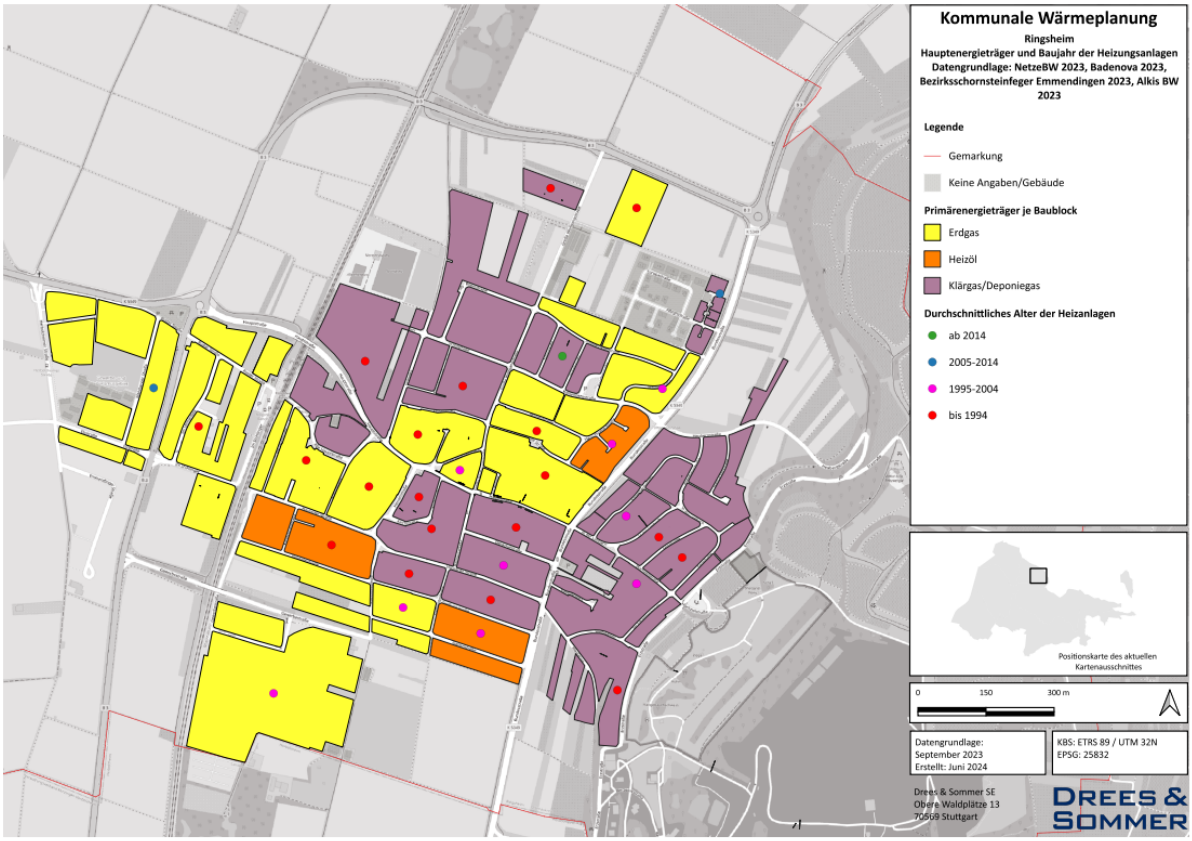


Abbildung 34: Hauptenergieträger mit Anteil je Baublock, Ringsheim zur Veranschaulichung des Deponiegasverbrauchs

HOLZ

Vereinzelt werden die Gebäude über den Energieträger Holz (Hackschnitzel, Pellet, Stückholz,…) versorgt. Im gesamten Betrachtungsgebiet machen holzbefeuerte Anlagen einen Anteil von 6 % aus. Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen die jeweiligen Verbräuche an Stückholz und Pellets inkl. des jeweiligen Anteils am Baublock. Auf den Anteil je Einwohner runtergerechnet, wird in Weisweil mit 0,9 MWh/Einwohner*a am meisten Stückholz und Pellets verbraucht. Mit 0,3 MWh/Einwohner*a wird in Rust am wenigsten verbraucht.
Im Zentrum Kenzingens befindet sich das Nahwärmenetz, welches durch einen überwiegend durch einen Holzkessel gespeist wird. Die Spitzenlastabdeckung erfolgt über Heizkessel mit Öl oder Erdgas. Dies spiegelt sich in Abbildung 35 wider.

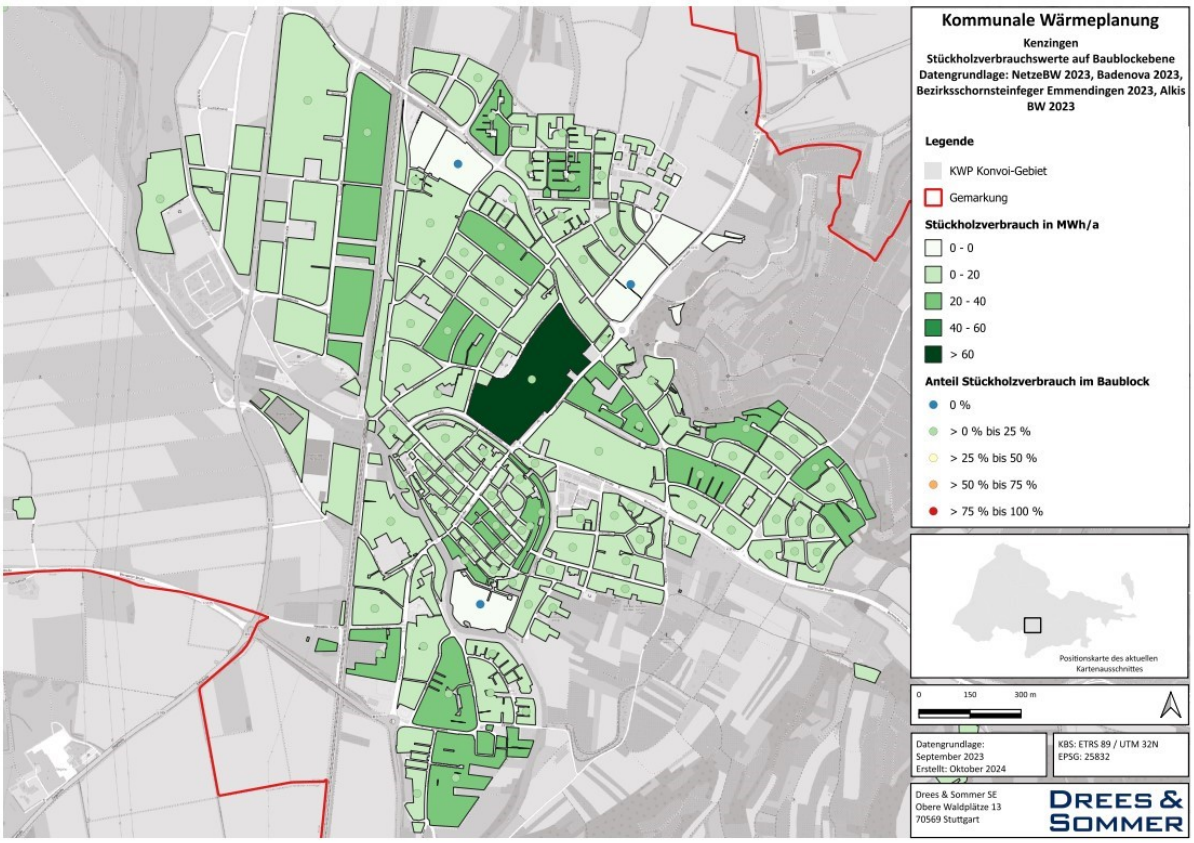


Abbildung 35: Stückholzverbrauch mit prozentualem Anteil am Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

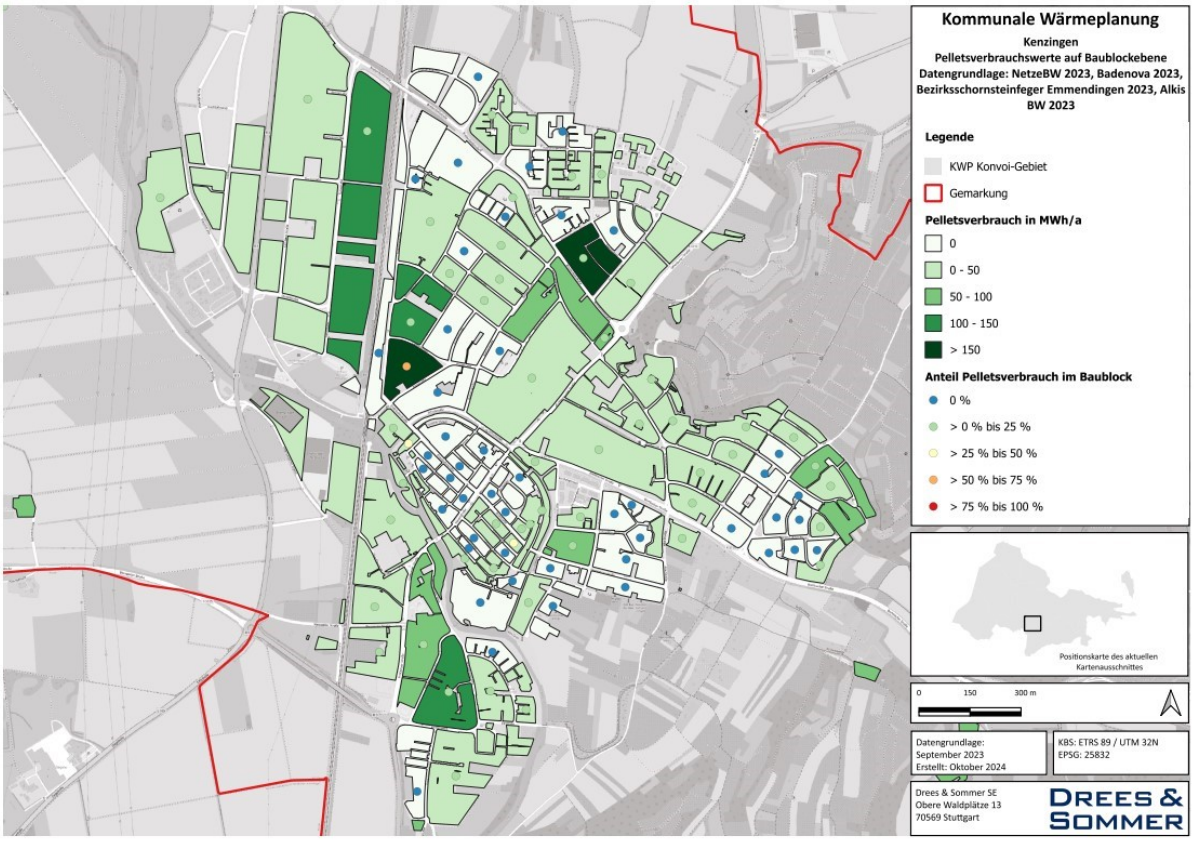


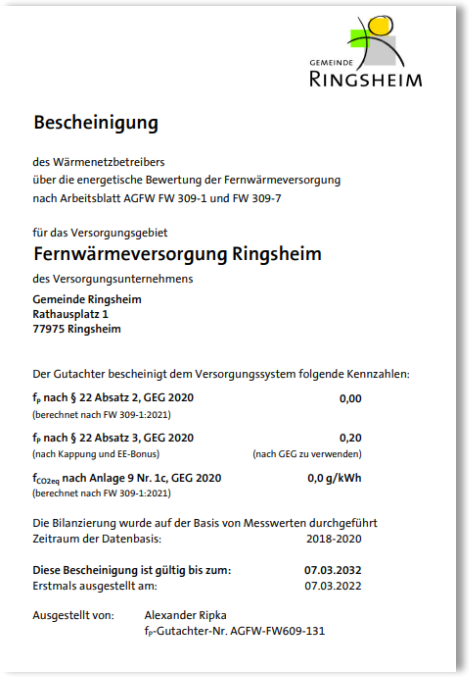
Abbildung 36: Pelletsverbrauch mit prozentualem. Anteil am Baublock (Ausschnitt Kenzingen)

3.6 TREIBHAUSGASBILANZ

Die Wärmeversorgung im Betrachtungsgebiet verursacht durch die derzeit eingesetzten Energieträger einen CO_2-Ausstoß von insgesamt 84.900 Tonnen CO_2 pro Jahr. Die zugrunde gelegten Emissionsfaktoren entsprechen dem Technikkatalog 1.1. der KEA Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt K. u.-B., 2023) und dem Primärenergiefaktor des Wärmenetzes in Ringsheim und stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 6: Emissionsfaktoren Energieträger

Energieträger	Emissionsfaktor in tCO_2-Äquivaent / MWh, Stand 2021
Heizöl	0,311
Erdgas	0,233
Braun- und Steinkohle	0,473
Holz	0,022
Pellets	0,022
Strom-Mix	0,485
Klär- und Deponiegas	0,051
Nahwärme aus Deponie ZKA[2]	0,00



GEMEINDE RINGSHEIM

Bescheinigung

des Wärmenetzbetreibers
über die energetische Bewertung der Fernwärmeversorgung
nach Arbeitsblatt AGFW FW 309-1 und FW 309-7

für das Versorgungsgebiet
Fernwärmeversorgung Ringsheim
des Versorgungsunternehmens
Gemeinde Ringsheim
Rathausplatz 1
77975 Ringsheim

Der Gutachter bescheinigt dem Versorgungssystem folgende Kennzahlen:

f_P nach § 22 Absatz 2, GEG 2020 (berechnet nach FW 309-1:2021)	0,00
f_P nach § 22 Absatz 3, GEG 2020 (nach Kappung und EE-Bonus)	0,20 (nach GEG zu verwenden)
f_{CO2eq} nach Anlage 9 Nr. 1c, GEG 2020 (berechnet nach FW 309-1:2021)	0,0 g/kWh

Die Bilanzierung wurde auf der Basis von Messwerten durchgeführt
Zeitraum der Datenbasis: 2018-2020

Diese Bescheinigung ist gültig bis zum: 07.03.2032
Erstmals ausgestellt am: 07.03.2022

Ausgestellt von: Alexander Ripka
f_P-Gutachter-Nr. AGFW-FW609-131

Abbildung 37: Bescheinigung Primärenergiefaktor Wärmenetz Ringsheim

Die folgende Abbildung zeigt die Treibhausgasbilanz in Tonnen CO_2-Äquivalent für die jeweiligen Städte / Gemeinden und Sektoren. Für die Vergleichbarkeit der Konvoiteilnehmer wurde ein spezifischer Wert aus der THG-Bilanz des Sektors „private Haushalte“ und der Anzahl an Einwohner ermittelt.

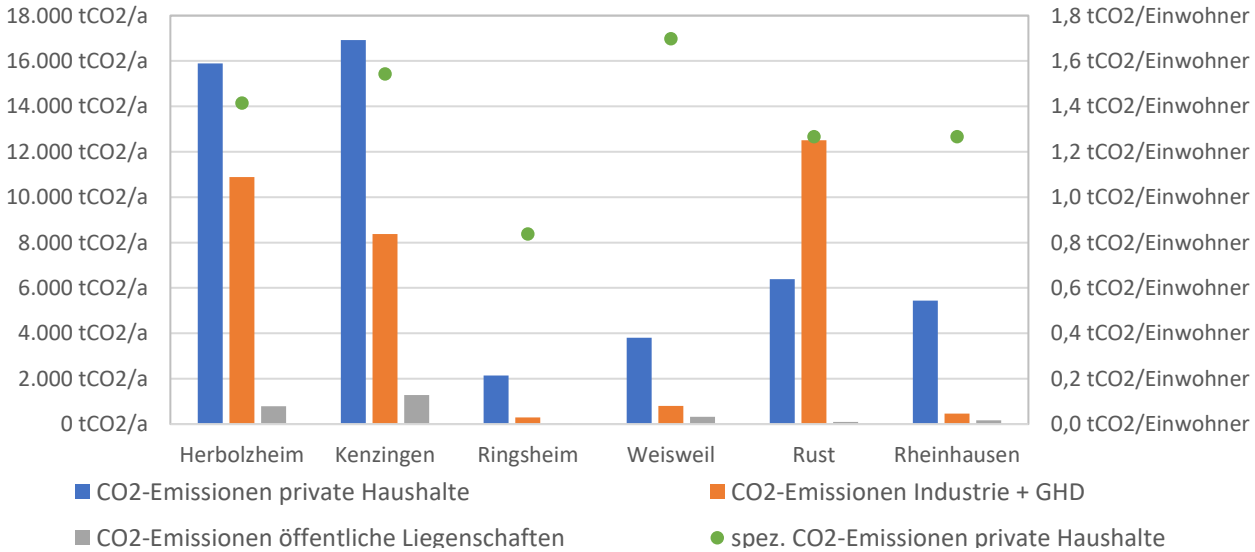


Abbildung 38: THG-Bilanz der Konvoiteilnehmer aufgeteilt nach Sektoren

In allen Kommunen, bis auf Rust, dominieren die Emissionen vor allem im Sektor private Haushalte. In

[2] Bescheinigung des Wärmenetzbetreibers über die energetische Bewertung der Fernwärmeversorgung (Gemeinde Ringsheim: Fernwärme), Stand 2024

Herbolzheim und Kenzingen entfällt noch jeweils rund 1/3 der Emissionen auf die Wärmeerzeugung in der Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistung. In Rust dominiert dieser Sektor mit rund 12.515 tCO_2 pro Jahr.
In Ringsheim wird über 40 % der Wärme über das kommunale Wärmenetz bereitgestellt. Der Emissionsfaktor des Wärmenetzes liegt entsprechend der Bescheinigung bei 0,0 $gCO_{2Äq.}$/kWh und ist damit 100 % regenerativ. Dies führt zu einer geringen THG-Bilanz in Ringsheim. Im Sektor private Haushalte liegt hier die spezifische THG-Bilanz bei 0,8 tCO_2/Einwohner:in.
In den restlichen Städten und Gemeinden liegen die spezifischen THG-Verbräuche im Sektor private Haushalte bei 1,3 – 1,7 tCO_2/Einwohner:in.
In nachstehender Tabelle sind die spezifischen THG-Bilanzen für die Wärmeversorgung je öffentlicher Liegenschaft detaillierter abgebildet:

Tabelle 7: Spezifische THG-Bilanz je Konvoiteilnehmer

Stadt/ Gemeinde	THG-Bilanz	Wärmebedarf in öffentl. Liegenschaften	Spezifischer Emissionsfaktor pro erzeugte MWh Wärme
Herbolzheim	781 $tCO_{2Äq.}$/a	3.210 MWh/a	0,24 tCO_2/MWh
Kenzingen	1.281 $tCO_{2Äq.}$/a	5.345 MWh/a	0,24 tCO_2/MWh
Ringsheim	7 $tCO_{2Äq.}$/a	675 MWh/a	0,01 tCO_2/MWh
Rheinhausen	166 $tCO_{2Äq.}$/a	635 MWh/a	0,26 tCO_2/MWh
Weisweil	320 $tCO_{2Äq.}$/a	1.205 MWh/a	0,27 tCO_2/MWh
Rust	102 $tCO_{2Äq.}$/a	370 MWh/a	0,28 tCO_2/MWh

Die Städte und Gemeinden liegen alle im Bereich zwischen 0,24 und 0,28 tCO2/MWh. Eine Ausnahme bildet Ringsheim mit 0,01 tCO2/MWh. Hier sind fast alle öffentlichen Liegenschaften an das Nahwärmenetz angeschlossen.
In Herbolzheim und Kenzingen liegen die spezifischen Emissionen ebenfalls geringer, da ein Teil der öffentlichen Liegenschaften durch Wärmenetze versorgt werden. Diese Wärmenetze werden hauptsächlich mit Holzhackschnitzeln gespeist.

4 POTENZIALANALYSE

Im folgenden Kapitel werden die theoretischen Potenziale analysiert und bewertet. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass es sich um theoretische Potenziale handelt. Ob und in welchem Maße diese Potenziale genutzt werden können, hängt von weiteren Faktoren wie technischer Machbarkeit, ökonomischer Machbarkeit und Konkurrenz zu anderen Potenzialen ab. So stellt das theoretische Potential immer die größtmögliche Menge dar. Das nachher zu erwartende Potential wird durch ökonomische, technische und rechtliche Rahmenbedingungen geschmälert, wie in Abbildung 39 skizzenhaft dargestellt.

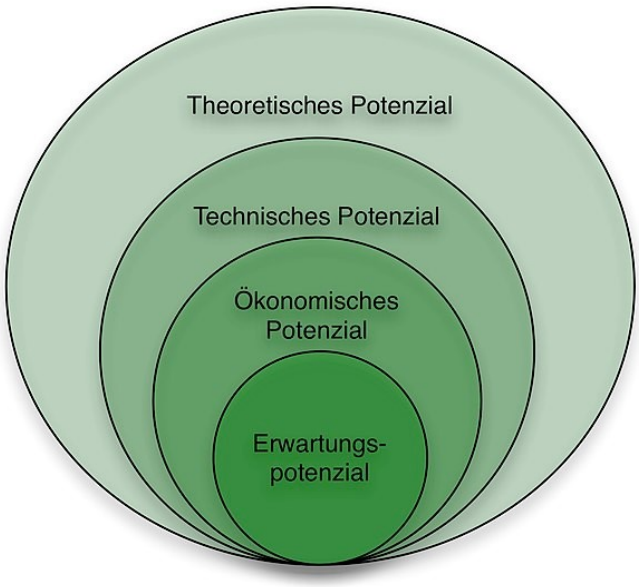


Abbildung 39: Übersicht Unterschiede Potentiale, (Quelle: Wikipedia)

Aufgeteilt werden die Potenziale in erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung sowie in erneuerbare Stromquellen für die Wärmeversorgung.

4.1 POTENZIALE ERNEUERBARE ENERGIEN ZUR WÄRMEVERSORGUNG

4.1.1 BIOMASSE

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 interkommunalen Wärmeplans wurde das Potenzial an Biomasse (Biogas und Energieholz) für die energetische Nutzung auf den jeweiligen Gemarkungsgrenzen 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.



Abbildung 40: Mögliche Quellen lokaler Biomasse, (eigene Darstellung)

BIOGASSUBSTRAT- UND ENERGIEPOTENZIALE AUS ACKERPFLANZEN

Eine mögliche 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. Im Konvoi sind 3.113 ha (StaLa, 2022) Ackerland-Fläche vorhanden, welche sich folgendermaßen auf die einzelnen Gemeinden verteilt:

- Herbolzheim: 677ha
- Kenzingen: 469 ha
- Weisweil: 823 ha
- Rheinhausen: 309 ha
- Ringsheim: 316 ha
- Rust: 519 ha

Auf diesen Flächen werden verschiedene Getreidearten angebaut, davon hauptsächlich Körnermais.

Reststoffe der Körnermaisbewirtschaftung stellen mit umgerechnet ca. 9.250 MWh/Jahr das größte theoretische 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.

Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich im Konvoi auf 42 Haupterwerbslandwirte und 104 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 im Untersuchungsgebiet weitere 563 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 im Betrachtungsgebiet ein Energiepotenzial von über 2.600 MWh/Jahr auf. Rund 405 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 530 MWh pro Jahr betragen.

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.
Entsprechend des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg (StaLa, 2022) fielen im Jahr 2020 im Landkreis Emmendingen rund 108 kg/Einwohner Bioabfall und im Landkreis Ortenau rund 103 kg/Einwohner Bioabfall an. In Summe fallen demnach jährlich 3.717 Tonnen Bioabfall im Konvoi an.

BIOMASSE AUS DER FORSTWIRTSCHAFT

Die Quantifizierung der kommunalen Energieholzpotenziale konnte einerseits durch konkrete Holzeinschlagsdaten, andererseits auf Basis von Erfahrungsberichten der zuständigen Forstverwaltung durchgeführt werden. Im Konvoi Herbolzheim beläuft sich die Waldfläche auf 4.644 ha. In Herbolzheim, Kenzingen, Rheinhausen und Weisweil ergeben sich, laut Aussagen des zuständigen Forstamtes, rund 20.000 Festmeter Einschlag pro Jahr. Stand heute werden rund 20 % des Einschlages in Öfen verbrannt. Es werde jedoch ein Rückgang der Nachfrage wahrgenommen. Darüber hinaus gebe es aktuell kein Potential, die Schlaghöhe zu erhöhen. In Rust ergeben sich, laut Aussagen des Forstamtes Rust, rund 1.170 Festmeter Einschlag pro Jahr, wovon rund 600 Festmeter als Brennholz an Bürger:innen verkauft werden. Darüber hinaus ergibt sich laut Aussagen des Forstamtes kaum bis kein Potential. In Ringsheim ergeben sich rund 560 Festmeter aus dem Bergwald.
Für Holz aus der Landschaftspflege wurde in Herbolzheim ein Potential von rund 700 Festmetern ausgesprochen.

4.1.2 GEOTHERMIE

OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIE (ERDSONDEN):

Erdwärme kann im Konvoi auf verschiedenen Ebenen einen Beitrag zur Wärmewende leisten. Der Vorteil von Erdwärme besteht darin, dass bereits ab einer Tiefe von 15 Metern die Erdtemperatur keinen jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt ist und abhängig der Tiefe eine konstante Temperatur hat. In 15 Metern Tiefe liegt diese bei ca. 10°C. Pro weiteren 100 Meter Tiefe erwärmt sich die Temperatur um etwa 3 Kelvin. Im Bereich der oberflächennahen Geothermie (bis 400 Metern Tiefe) 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. 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. Nach dem Landesamt für Geologie, Bergbau und Rohstoffe (LGRB, 2024) sind derzeit eine mittlere zweistellige Zahl an Erdwärmesonden auf dem Gebiet des Konvois gemeldet. Die genauen Zahlen des LGRB dürfen aufgrund des Datenschutzes nicht weitergegeben werden.

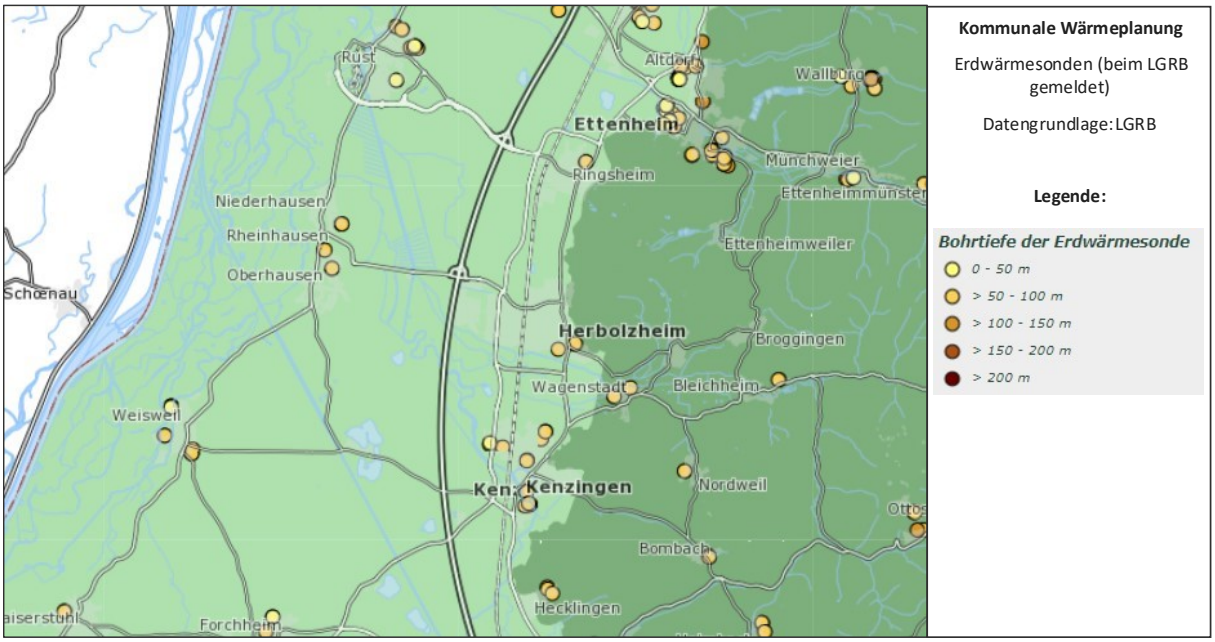


Abbildung 41: Gemeldete Erdwärmesonden im Konvoigebiet

Im Folgendem wird die benötigte Sondenfläche für eine vollständige Wärmeversorgung (bilanziell) der Stadt Kenzingen abgeschätzt. Der Wärmebedarf von Kenzingen beträgt etwa 70,4 GWh pro Jahr. Unter Annahmen von einer möglichen Bohrtiefe von 100 Metern und einer spezifischen Wärmeentzugsleistung von 65 W/m würde eine Fläche von etwa 52 Hektar benötigt werden, um die Gemeinde vollständig mit Wärme aus Geothermie zu versorgen. Die nachfolgende Abbildung 42 setzt den Flächenbedarf in Relation zur Kenzingen. Diese Fläche zeigt eine theoretisch notwenige Fläche zur Deckung des Gesamtbedarfs – unabhängig von Besitztümern und technischer Machbarkeit. Um die technische und ökonomische Machbarkeit zu identifizieren, müssen die möglichen Flächen in weiteren geologischen Untersuchungen konkretisiert werden.



Abbildung 42: Benötigte Fläche für Erdsonden für eine vollständige Wärmeversorgung (bilanziell) von Kenzingen (Bildquelle: Google Earth)

Hieraus resultiert, dass Geothermie nicht als Lösung der Wärmeversorgung, sondern als Bestandteil gedacht werden muss. Um potenzielle Standorte für Erdwärmesonden identifizieren zu können werden in den Abbildung 43 und Abbildung 44 wichtige Standortfaktoren dargestellt. Diese fußen auf Daten von ISONG und LGRB (LGRB, 2024) . Die Spezifische Wärmeentzugsleistung dargestellt (siehe Abbildung 43) liegt nach LGRB in weiten Teilen des Konvois über 65 W/m bei einer Tiefe von 100 Metern, was für eine sehr gute Eignung spricht. Für einen weiteren großen Bereich des Konvois liegen zu der Wärmeentzugsleistung keine Angaben vor. Hierbei handelt es sich um Flächen, die aufgrund von zu geringer Bohrtiefen, Einzugsgebieten genutzter Grundwasservorkommen oder räumlich eng wechselnde Untergrundverhältnisse für eine geothermische Nutzung vorerst ausgeschlossen werden.

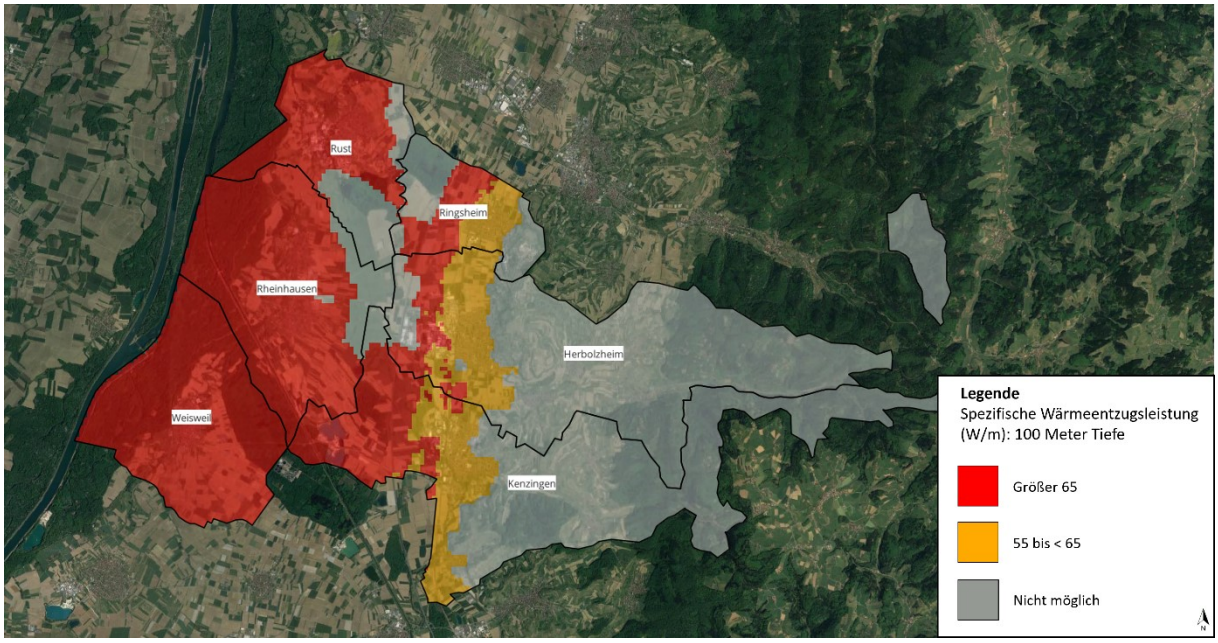


Abbildung 43: Spezifische Wärmeentzugsleistung in W/m: 100 Meter Tiefe (Quelle: (LGRB, 2024))

In der darauffolgenden Abbildung 44 werden wichtige Schutzgebiete aufgeführt. Diese schließen nicht zwingend Erdsonden aus, aber erschweren die Genehmigung erheblich.

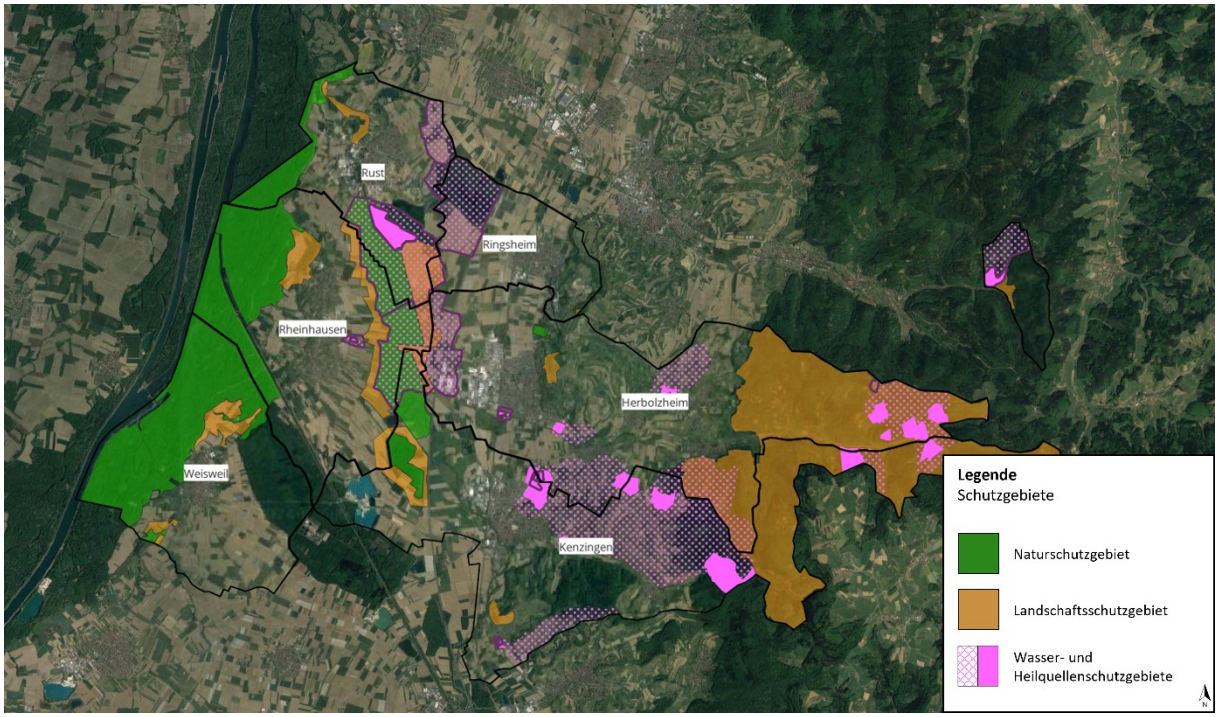


Abbildung 44: Schutzgebiete ((LGRB, 2024))

Die nachfolgende Tabelle 8 gibt den theoretischen Flächenbedarf für eine vollständige Wärmeversorgung der Gemeinden durch Erdsonden bei einer Bohrtiefe von 100 Metern an. Der Wärmebedarf stellt den aktuellen Wärmebedarf im Bestand der jeweiligen Städte / Gemeinden dar. Über die spezifische Wärmeentzugsleistung aus Abbildung 43 und der Annahme einer Bohrtiefe von ca. 100 Metern ergibt sich so eine notwendige Anzahl an Erdsonden und dem entsprechenden Flächenbedarf des Erdsondenfeldes.

Tabelle 8: Flächenbedarf Erdsondenfelder für eine vollständige Deckung des Wärmebedarfs (bilanziell)

Gemeinde	Entzugsleistung in W/m	Zulässige Bohrtiefe in Metern*	Wärmebedarf in MWh/a	Anzahl Erdsonden**	Fläche in ha***
Herbolzheim	55 bis >= 65	100 m	96.932	7.180 Stk.	~ 71 ha
Kenzingen	55 bis >= 65		70.439	5.220 Stk.	~ 52 ha
Ringsheim	55 bis >= 65		13.564	1.005 Stk.	~ 10 ha
Weisweil	>= 65		14.378	913 Stk	~ 9 ha
Rust	>= 65		64.828	4.116 Stk.	~ 41 ha
Rheinhausen	>= 65		23.186	1.472 Stk.,	~ 14 ha

* Die Bohrtiefe hängt vom genauen Standpunkt ab und muss durch geologische Gutachten verifiziert werden
** Bei einer Wärmepumpen JAZ von 4
*** Bei ca. 100 m² je Sonde

OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIE (ERDKOLLEKTOREN):

Im Gegensatz zu Erdwärmesonden oder geothermischen Brunnenanlagen benötigen Erdwärmekollektoren, auch bekannt als Körbe und ähnliche Strukturen, in der Regel keine Genehmigung, sofern sie außerhalb von Wasserschutzgebieten installiert werden. Innerhalb solcher Gebiete ist lediglich eine Anzeige erforderlich. Dies eröffnet ein beträchtliches theoretisches Potenzial in Regionen mit Wasserschutzauflagen. Ideale Standorte erfordern ausgedehnte Flächen mit minimalem Gefälle und passenden Bodeneigenschaften für effiziente Wärmeentnahme. Um den Flächenverbrauch zu minimieren,

sollen Erdkollektoren ausschließlich angedacht werden, wenn diese Fläche nicht durch andere Potentiale gedeckt werden können – wie in Wasserschutzgebieten oder privaten, schwer zugänglichen Gärten.
Abbildung 45 zeigt die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 1-2 Metern Tiefe und die Heilquellen- und Wasserschutzgebiete, in denen der Bau von Erdsonden nicht erlaubt (LGRB, 2024).
Die Wasser- und Heilquellenschutzgebiete zwischen Rheinhausen, Rust, Ringsheim und Herbolzheim bieten sich aufgrund der Entfernung und der Wärmeleitfähigkeit nicht optimal an. Nord-östlich von Herbolzheim und süd-östlich von Kenzingen befinden sich einige Wasser- und Heilschutzquellengebiete, in denen die Wärmeleitfähigkeit des Bodens als geeignet bzw. gut geeignet bewertet werden (s. Wagenstadt, Nordweil, Bleichheim, Broggingen).

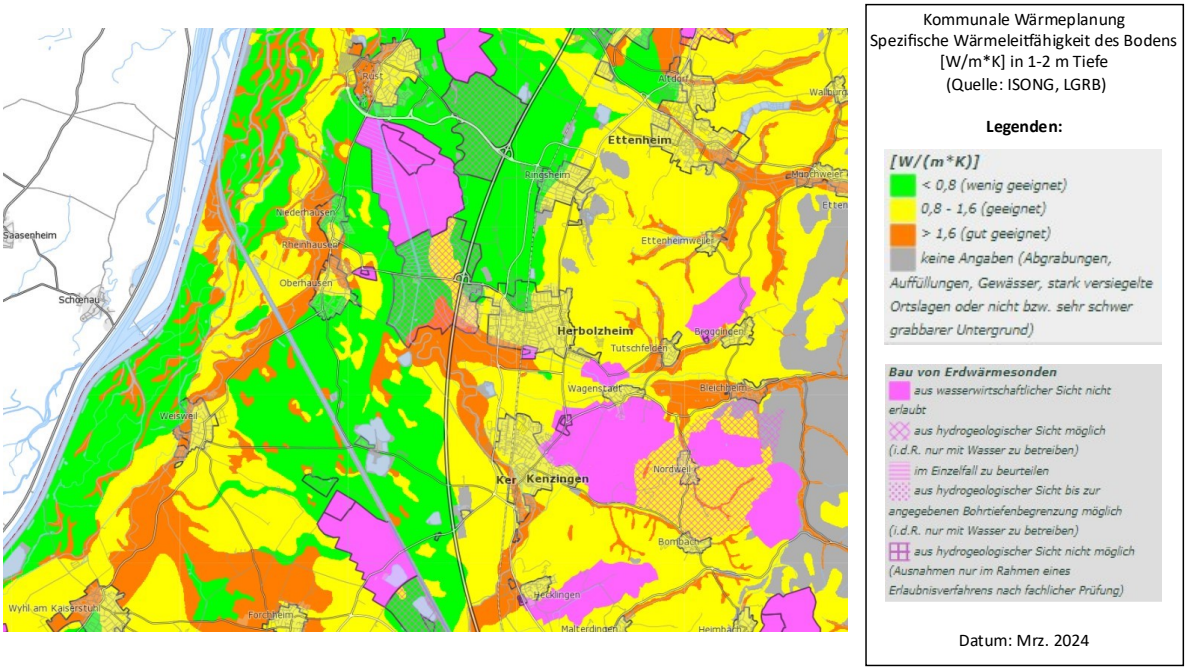


Abbildung 45: Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 1-2 Metern Tiefe, (Quelle: (LGRB, 2024))

Für ein oder Mehrfamilienhäuser die weder an ein Nahwärmenetz angeschlossen werden, noch geeignete Grundstücksbedingungen für Geothermiebohrungen haben, kann mit Erdkörben Erdwärme nutzbar gemacht werden. Erdwärmekörbe werden je nach Modell etwa 3 bis 4 Meter tief in den Boden eingelassen. Dadurch wird diese Technik gegenüber Erdsonden leichter genehmigt. Erdwärmekörbe zeichnen sich zusätzlich durch eine lange Lebensdauer (bei ordnungsgemäßer Ausführung bis 50 Jahre) und durch einen einfachen Einbau aus. Mit dem Einbau bleiben die Gartenfunktionen erhalten. Die Anzahl der benötigten Körbe orientiert sich an dem Wärmebedarf des Hauses. Für ein Einfamilienhaus mit 160 m² und einem Wärmebedarf von 10.800 kWh pro Jahr werden drei Erdwärmekörbe und eine Gartenfläche von etwa 120 m² benötigt.

TIEFENGEOTHERMIE:

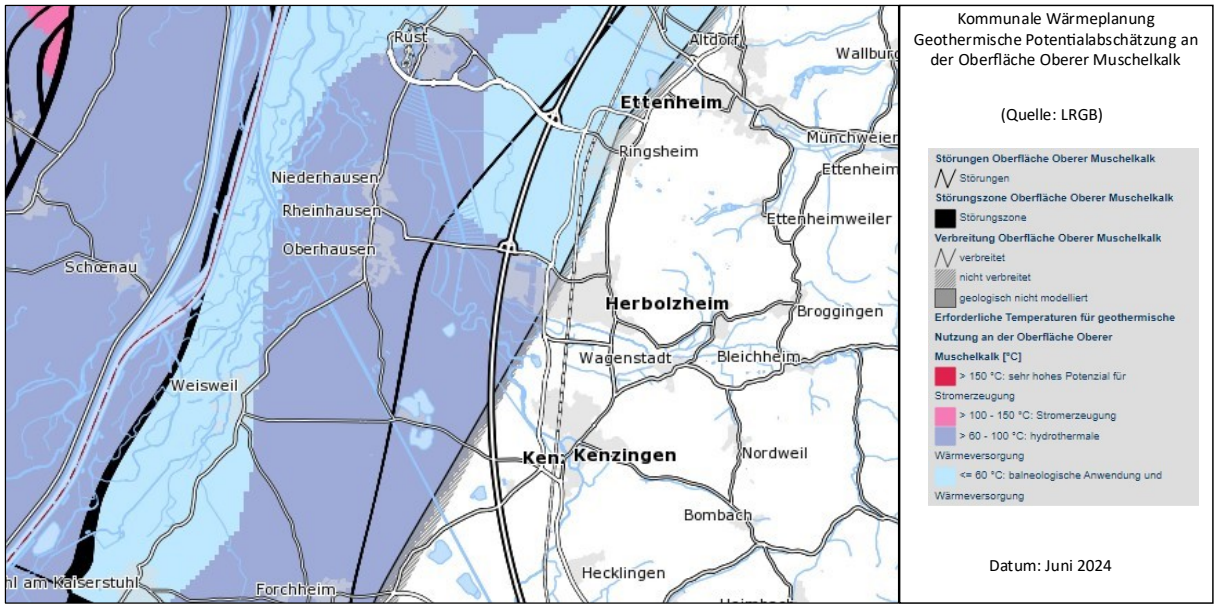


Abbildung 46: Geothermische Potentialabschätzung an der Oberfläche Oberer Muschelkalk

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 (GeoRG, 2013). Die Gemeinden Herbolzheim, Kenzingen und Ringsheim liegen im äußeren Modellgebiet. Die Gemeinden Weisweil, Reinhausen und Rust liegen im inneren Modellgebiet der Untersuchung im Oberrheingraben.
Abbildung 46 zeigt die geothermische Potentialabschätzung im Konvoigebiet. Teile Herbolzheims, Teile Ringsheims und Kenzingen liegen außerhalb des Betrachtungsgebietes der Studie. In Weisweil kann von Temperaturen unter 60 °C, und damit einem geringeren Potential ausgegangen werden. Rheinhausen und Rust können im Bereich zwischen 60 – 100 °C liegen.

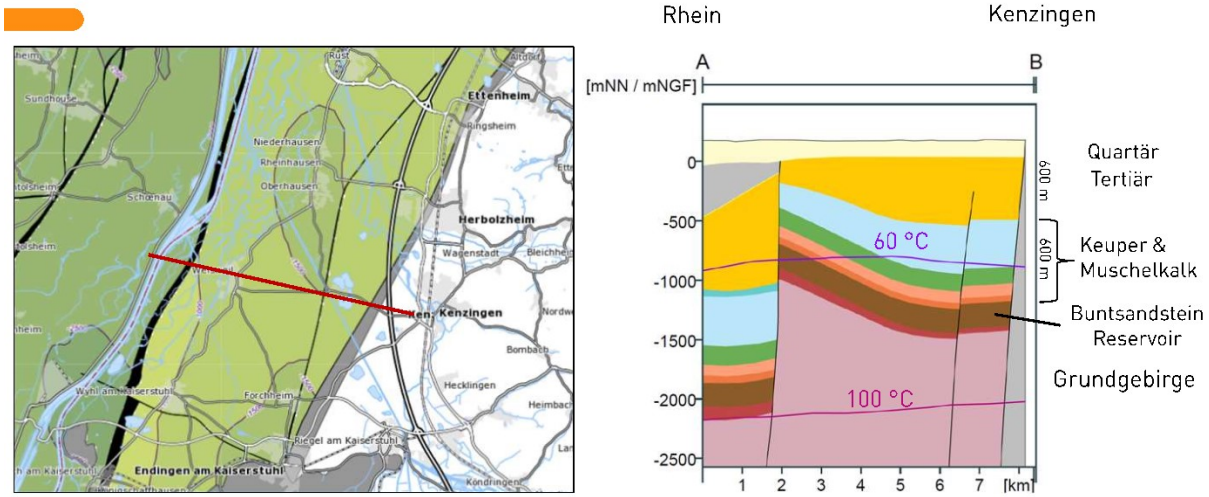


Abbildung 47: Schichtprofil Oberrheingraben, Quelle: EnBW, (GeoRG, 2013)

Ein Schnitt durch den Schichtaufbau zwischen Kenzingen und Rhein ergibt, dass sich in rund 1000 Metern Tiefe der Buntsandstein befindet, welcher nicht durchdrungen werden darf. Entsprechend der Simulation kann aus dem Keuper & Muschelkalk in rund 800 Metern Tiefe Wärme von 60 °C entnommen werden. Entsprechend der Aussagen der EnBW ist hier mit geringen Entzugsmengen (30 l/s) zu rechnen.

GRUNDWASSER:

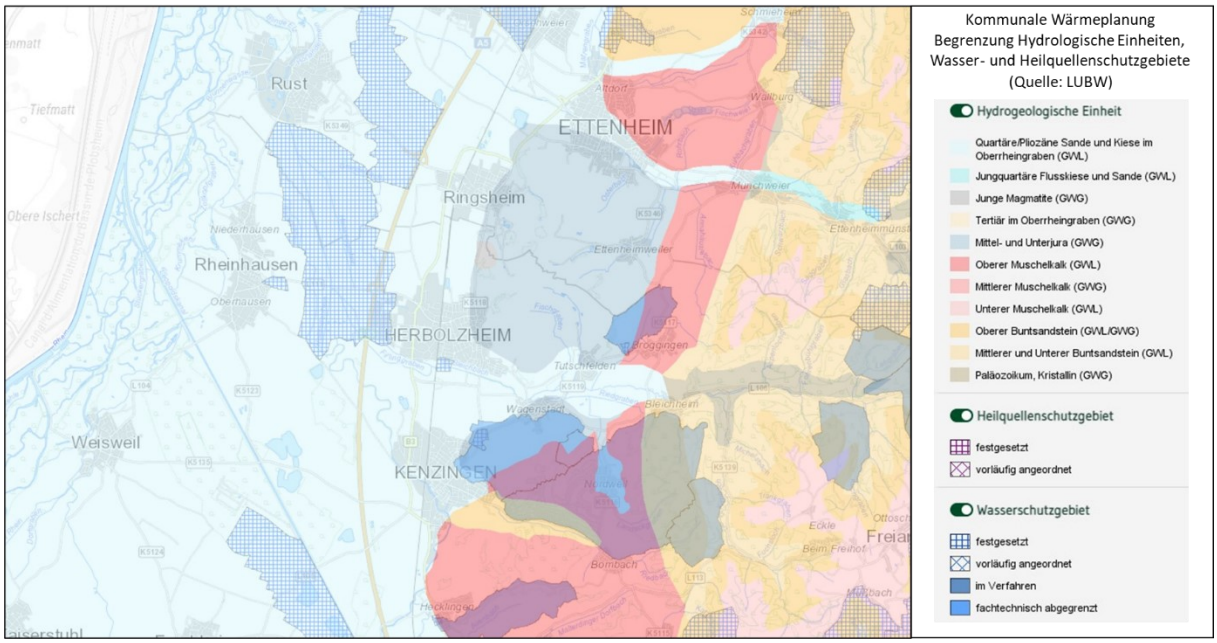


Abbildung 48: Hydrologische Einheiten, Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Grundwasser

Im Gebiet befinden sich, laut Kartendienst des LUBW (LUBW, 2015) , zwischen Herbolzheim, Rheinhausen, Rust und Ringsheim festgesetzte Wasserschutzgebiete. Östlich von Kenzingen, inklusive Nordweil, befindet sich ein fachtechnisch abgegrenztes Wasserschutzgebiet.

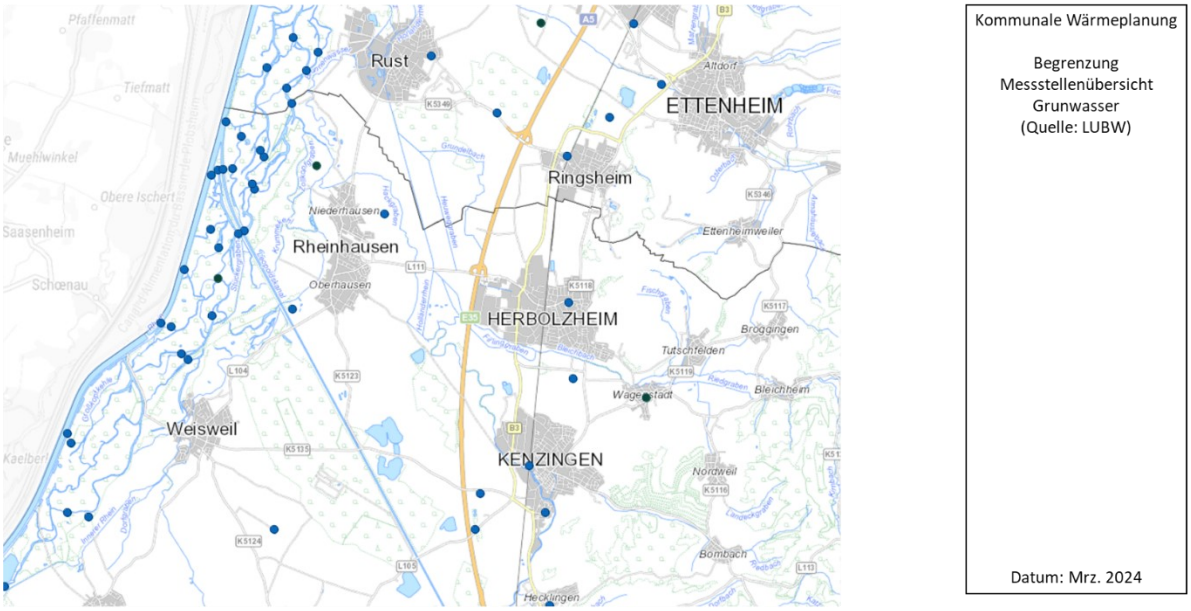


Abbildung 49: Messstellenübersicht Grundwasser

Derzeit befinden sich rund 2.013 Grundwassermessstellen im Betrachtungsgebiet. Vor allem entlang des Rheins befinden sich viele Messtellen, aber auch in den Städten / Gemeinden selbst befinden sich Messstellen, über die Aussagen zum Grundwasserpegel getroffen werden können.
Die Grundwasserpegel ist entsprechend der Messdaten relativ nah unter der Oberfläche. Das Grundwasser ist hier in der Regel zwischen 2 und 10 Meter unter NN. Entsprechend Abbildung 48 befindet sich das Konvoigebiet überwiegend im Bereich von quartären/pliozänen Sanden und Kiesen im Oberrheingraben(Hy 3). Die Ergiebigkeit der Grundwasserleiter nimmt ab, je östlicher die Ortschaft liegt.

Tabelle 9 zeigt die hydrologischen Einheiten je Stadt / Gemeinde und die entsprechende Ergiebigkeit (LGRB, 2024).

Tabelle 9: Übersicht hydrologische Einheiten Konvoigebiet

Hydrologische Einheit	Nr.	Beschreibung	Orte
Quartäre/Pliozäne Sande und Kiese im Oberrheingraben	Hy 3	Sehr ergiebiger Porengrundwasserleiter. K_F-Klasse 2,2 = $3*10^{-3}$ – $1*10^{-3}$ m/s	• Herbolzheim • Tutschfelden (ca. 50%) • Kenzingen • Ringsheim (ca. 50%) • Rheinhausen • Weisweil • Rust
Mittel- und Unterjura	Hy 13	geringe bis mittlere, im Bereich von Störungszonen gute Grundwasserführung auf geklüfteten Sandsteinbänken; mäßige Grundwasserführung auf klüftigen Kalkstein-, Kalkmergelstein- und Kalksandsteinbänken im Unterjura. K_F-Klasse 6,1 = 10^{-7} – 10^{-8} m/s	• Tutschfelden (ca. 50%) • Wagenstadt • Nordweil • Ringsheim (ca. 50%)
Oberer Muschelkalk	Hy 16	Kluft- und Karstgrundwasserleiter zusammen mit den Oberen Dolomiten des Mittleren Muschelkalks, bereichsweise schichtig gegliedert, regional verkarstet; Gebietsweise Stockwerksgliederung durch die Haßmersheim-Schichten; schwebende Grundwasservorkommen über stauenden Mergellagen; geringes Speicher- und Retentionsvermögen; Abstandsgeschwindigkeiten 20 bis 400 m/h; Quellschüttungen bis 50 l/s, vereinzelt >100 l/s bei HQ bis >1 000 l/s, K_F-Klasse 4,1 = 10^{-4} – $3*10^{-5}$ m/s	• Broggingen • Bombach • Hecklingen
Mittlerer und unterer Buntsandstein	Hy 20	Kluftgrundwasserleiter; gute Grundwasserführung im Mittleren Buntsandstein, insbesondere in den konglomeratischen Lagen, in der Bausandstein-Formation unmittelbar über der Eck- Formation sowie im Bereich von Auflockerungszonen (Störungen, Tälern); Brunnenergiebigkeiten meist zwischen 10 bis 30 l/s, maximal 50 l/s; Quellschüttungen bis 20 l/s, vereinzelt >100 l/s K_F-Klasse 4,2 =$3*10^{-5}$ – $1*10^{-5}$ m/s	• Bleichheim
Legende			



4.1.3 ABWÄRME AUS FLIESS- UND STEHGEWÄSSER

Ähnlich wie die Potentialerhebung von Grundwasser mit geothermischen Brunnenanlagen erfordert auch die Erfassung der Potentiale von Wärme aus Flüssen und Seen immer eine Einzelfallprüfung. Bei Flüssen sind Durchflussmengen und Geschwindigkeit und Temperaturen maßgeblich. Sind die Fließgeschwindigkeit, -menge oder Temperatur im Fließgewässer zu gering, droht der Fluss einzufrieren oder das Ökosystem im Fluss wird gestört. Außerdem muss geprüft werden, dass die Entnahme und Rückführung des Gewässers das Ökologische Gleichgewicht des Gewässers nicht stört und die Temperatur des rückgeführten Wassers keinen negativen Einfluss auf die Flora und Fauna hat.
Genau wie bei Flüssen muss ein stehendes Gewässer eine ausreichende Größe und Tiefe haben, um die benötigte Wärmemenge entnehmen zu können, ohne signifikante Auswirkungen auf die Wassertemperatur zu verursachen.

Im Konvoigebiet befinden sich folgende größere Fließgewässer :

- Elz, verläuft durch Kenzingen, Rust und Rheinhausen, ca. 1-3 m Tiefe, a. 10-20 m³/s Durchflussmenge, ca. 0,5-1,5 m/s Fließgeschwindigkeit
- Innerer Rhei durch Weisweil und Rheinhausen, keine näheren Informationen bekannt
- Mühlbach durch Weisweil, keine näheren Informationen bekannt
- Bleichbach durch Herbolzheim, keine näheren Informationen bekannt

Darüber hinaus gibt es im Konvoigebiet folgende stehenden Gewässer in unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit den Städten / Gemeinden:

- Baggersee Allmendsee in ca. 300 Meter Entfernung zu Rust, Fläche ca. 2,4 ha und Tiefe ca. 5,2 m

In einer weiterführenden Untersuchung müssten diese Fließ- und Stehgewässer hydrologisch untersucht werden.

4.1.4 ABWASSERWÄRME

In Deutschland stehen etwa 600.000 km Kanalnetz (Statista, 2024) 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).

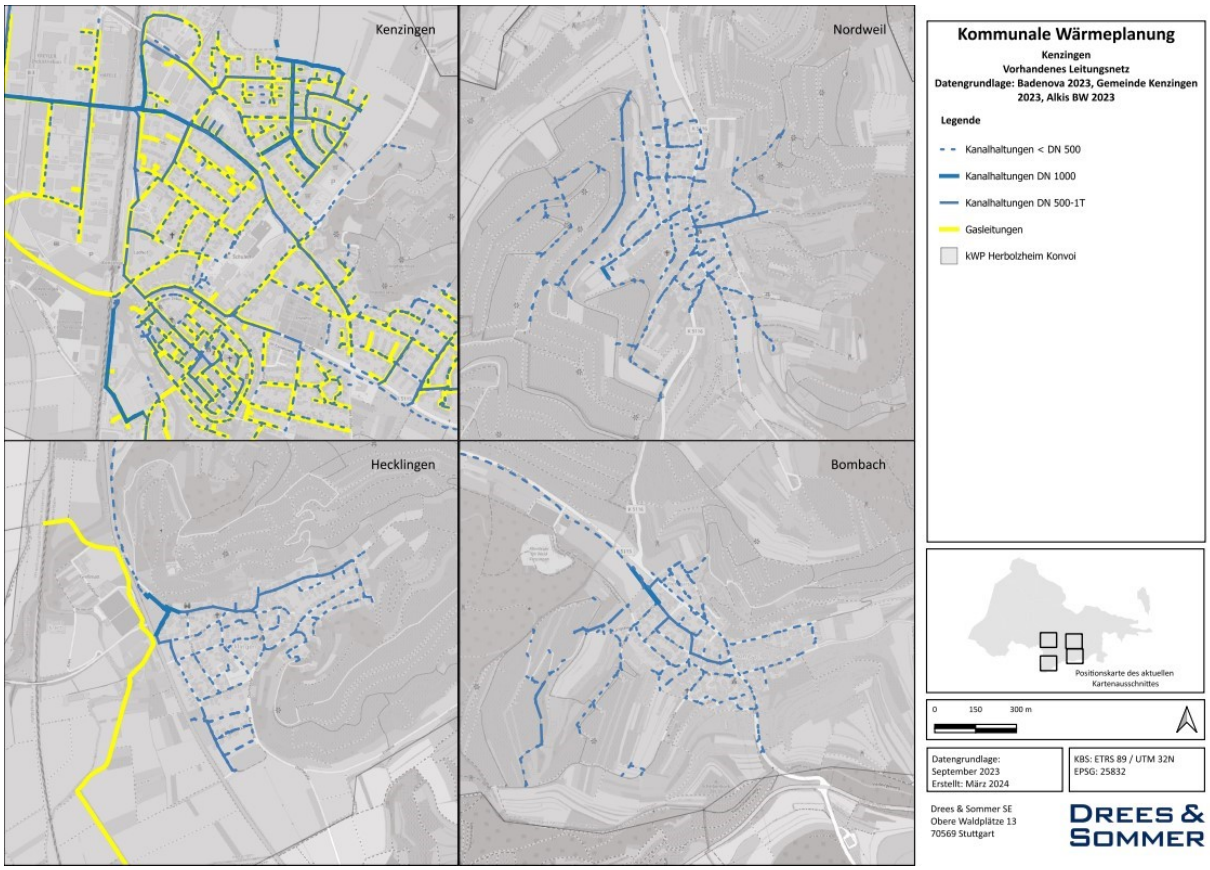


Abbildung 50: Leitungsnetze Kenzingen

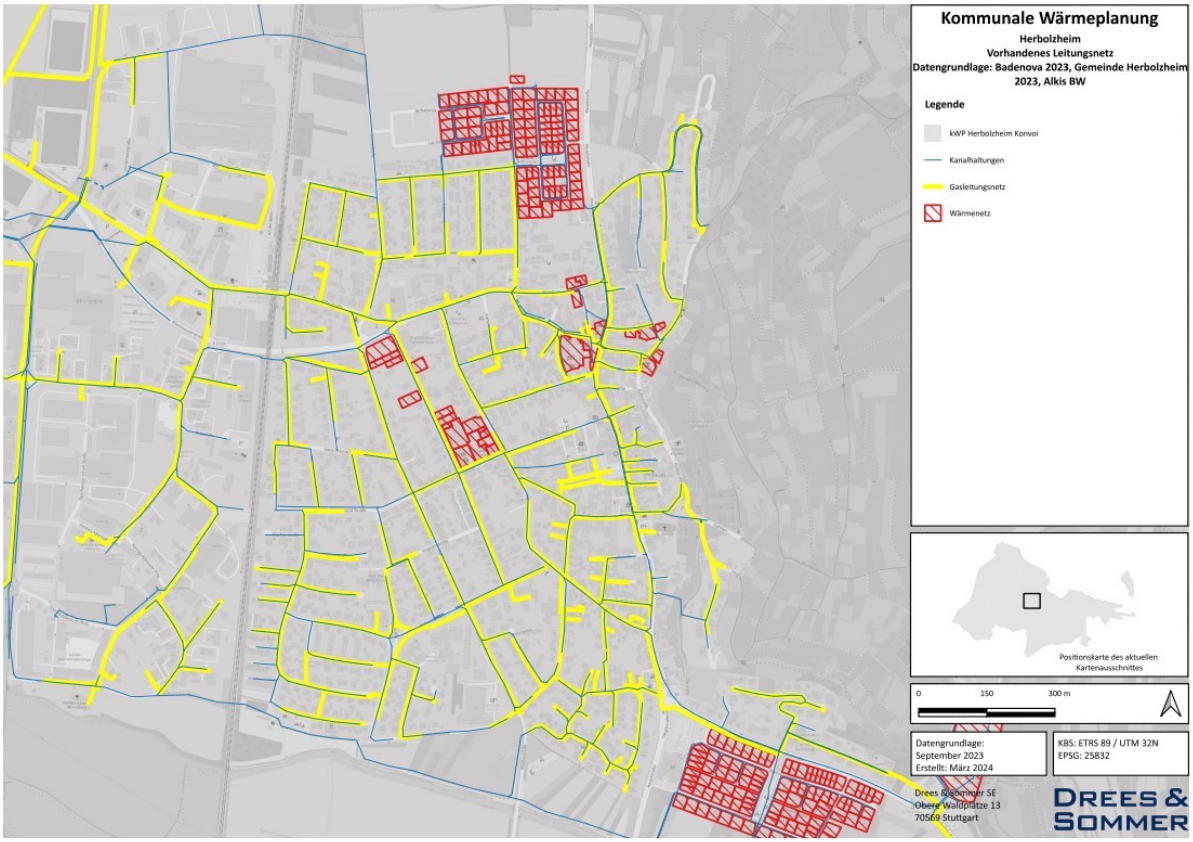


Abbildung 51: Leitungsnetze Herbolzheim

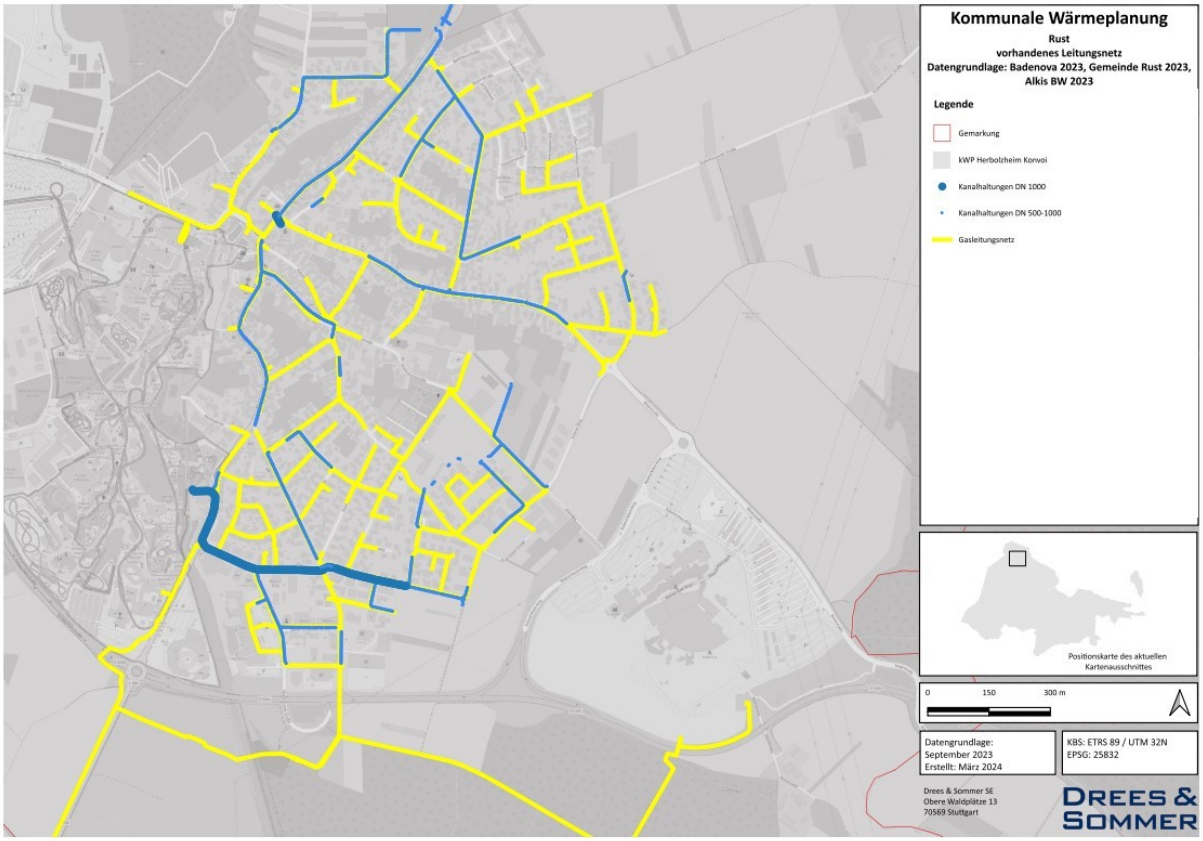


Abbildung 52: Leitungsnetze Rust

Besondere Potentiale könnten hier in folgenden Gebieten vorhanden sein:

- Rulantica und Europapark (Abbildung 52)
- Industriegebiet Herbolzheim (Abbildung 51)
- Industriegebiet Kenzingen (Abbildung 50)
- Abläufe der Kläranlagen

Gesicherte Aussagen zu Abwärmepotentialen aus dem Kanalnetz hängen maßgeblich von der Durchflussmenge und dem Temperaturniveau – vor allem im Winter – ab. Um das Potential gesichert zu bestimmen, müssen hier Messungen im jahreszeitlichen Verlauf durchgeführt werden.
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 Kanalwärmeübertrager 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 doppellagig, 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 Kanalwärmeübertragers kann ohne weiteres 200-300 m betragen (Brune, 2009).

Ein Bypasswärmeübertrager 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 Bypasswärmeübertrager aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen nur für größere Systeme geeignet (Mitsdoerffer, 2008)

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, 2018)

- Im Untersuchungsgebiet sind folgende Kläranlagen vorhanden:
- Kläranlage Herbolzheim, Breisgauallee 1, 79336 Herbolzheim
- Kläranlage Kenzingen, Im Brünnele
- Kläranlage Forchheim, 79362 Forchheim
- Klärwerk Rheinhausen, Bachstraße 17, 79365 Rheinhausen

Im Rahmen der Potentialanalyse konnte ein Gespräch mit dem Geschäftsführer des Abwasserzweckverbandes Breisgauer Bucht geführt werden. Das Verbandsklärwerk verfügt über eine Kapazität von 660.000 Einwohnergleichwerte und befindet sich derzeit in der Umplanung des Klärwerks.
Im nächsten Schritt soll eine neue Klärschlammmonotrocknungsanlage umgesetzt werden. Nach Umstellung der Prozesse und technischen Anlagen wird laut Aussagen des Geschäftsführers ein Potential an Abwärmeleistung von rund 17,8 MWth frei, welches nahezu ganzjährig gleichmäßig anfällt. Die , Abwärmetemperaturen, die hier anfallen, liegen zwischen rund 10°C im Abwasser und 80°C aus den BHKWs. Die Bereitschaft, diese Abwärme auszukoppeln und zur Verfügung zu stellen ist sehr hoch. Von

der Abwärme aus dem Abwasserzweckverband könnten Weisweil und Kenzingen profitieren, da hier der Abstand am geringsten ist.

4.1.5 ABWÄRME

Es wurden 36 Betriebe im Untersuchungsgebiet angeschrieben und gebeten, den Fragebogen zur Abwärmenutzung der KEA BW auszufüllen. 13 Betrieb haben den ausgefüllten Fragebogen an die Stadt zurückgesandt.

Sechs Betriebe gaben an, dass sie auskoppelbare Abwärme zur Verfügung hätten, die sie prinzipiell auch zur Verfügung stellen würden. Bei den angegebenen Abwärmequellen handelt es sich um Abwärme aus dem Kühlkreislauf, Dampf, Abwasser oder Druckluft. Viele der Betriebe wären prinzipiell bereit, Abwärme auszukoppeln, können diese jedoch nicht genau beziffern

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

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

4.2 ERNEUERBARE STROMQUELLEN FÜR WÄRMEVERWENDUNG

4.2.1 PHOTOVOLTAIK

HINTERGRUND

Der Konvoi Herbolzheim hat aufgrund seiner Lage eine günstige Solareinstrahlung, welche die Nutzung von Sonnenenergie wirtschaftlich macht. Laut Globalstrahlungsatlas des DWDs liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei ca. 1.180 kWh und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt.
Laut dem LUBW-Energieatlas (LUBW, 2015) gibt es in den Gemeinden 1.261 bestehende PV-Dachanlagen, die im Jahr 2018 rund 29.000 MWh Strom erzeugt haben (vgl. .

Tabelle 10: Übersicht bestehender PV-Dachanlagen im Konvoigebiet

Stadt/ Gemeinde	Anzahl bestehender Anlagen	Installierte Leistung	Stromerzeugung, berechnet
Herbolzheim	387	16,82 MW	16.612 MWh/a
Kenzingen	306	5,65 MW	5.557 MWh/a
Ringsheim	102	1,31 MW	1.306 MWh/a
Rheinhausen	171	2,44 MW	2.369 MWh/a
Weisweil	137	1,58 MW	1.479 MWh/a
Rust	158	1,77 MW	1.479 MWh/a

Quellen: LUBW aggregiert aus netztransparent.de, StaLa, LUBW, Stand 2018

Um das weitere Ausbaupotenzial der Solarenergie 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 2015).
Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden.

SOLARENERGIEPOTENZIALE AUF BESTEHENDE DACHFLÄCHEN

Laut der KEA eignen sich Dächer für Photovoltaikanlagen erst ab einer nutzbaren Dachfläche von 12,5 m². Die hier dargestellte Auswertung des Solarpotenzials beschränkt sich somit auf Dachflächen, die diesem Flächenkriterium entsprechen. Es ergab sich, dass 79 Prozent der potenziellen Modulflächen als gut oder sehr gut geeignet eingeschätzt werden (vgl. Tabelle 11). Diese Dächer können aufgrund ihrer Ausrichtung und Neigung sehr gut für eine Belegung mit solarthermischen Anlagen oder mit Photovoltaikanlagen genutzt werden. Bei 14 Prozent der Anlagen fällt die Ertragsprognose etwas geringer aus. Für 7 Prozent der erfassten Dächer liegen keine Daten vor, oder wurden als ungeeignet eingestuft. Eine belastbare Aussage über Statik und Beschaffenheit der individuellen Dachpotenziale ist aber nur durch eine Prüfung vor Ort möglich (KEA Leitfaden Kommunale Wärmeplanung, 2021, S.44).

Tabelle 11: Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik im Konvoi Herbolzheim (Datengrundlage: LUBW, 2022, Energieatlas Baden-Württemberg)

Eignung	Gesamtfläche	Theoretisch installierbare Leistung	Theoretisches jährliches Ertragspotential
Sehr gut geeignet	994.900 m²	210 MWp	280 GWh/a
Gut geeignet	457.300 m²	96 MWp	115 GWh/a
Geeignet	255.200 m²	54 MWp	58 GWh/a
Ungeeignet oder keine Daten verfügbar	120.700	-	-

Annahmen: Modulleistung 400 W, Wirkungsgrad 0,2 – 0,25 (je Eignung), Globalstrahlung: 1.130 kWh/m²a

In *Abbildung 53* 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.

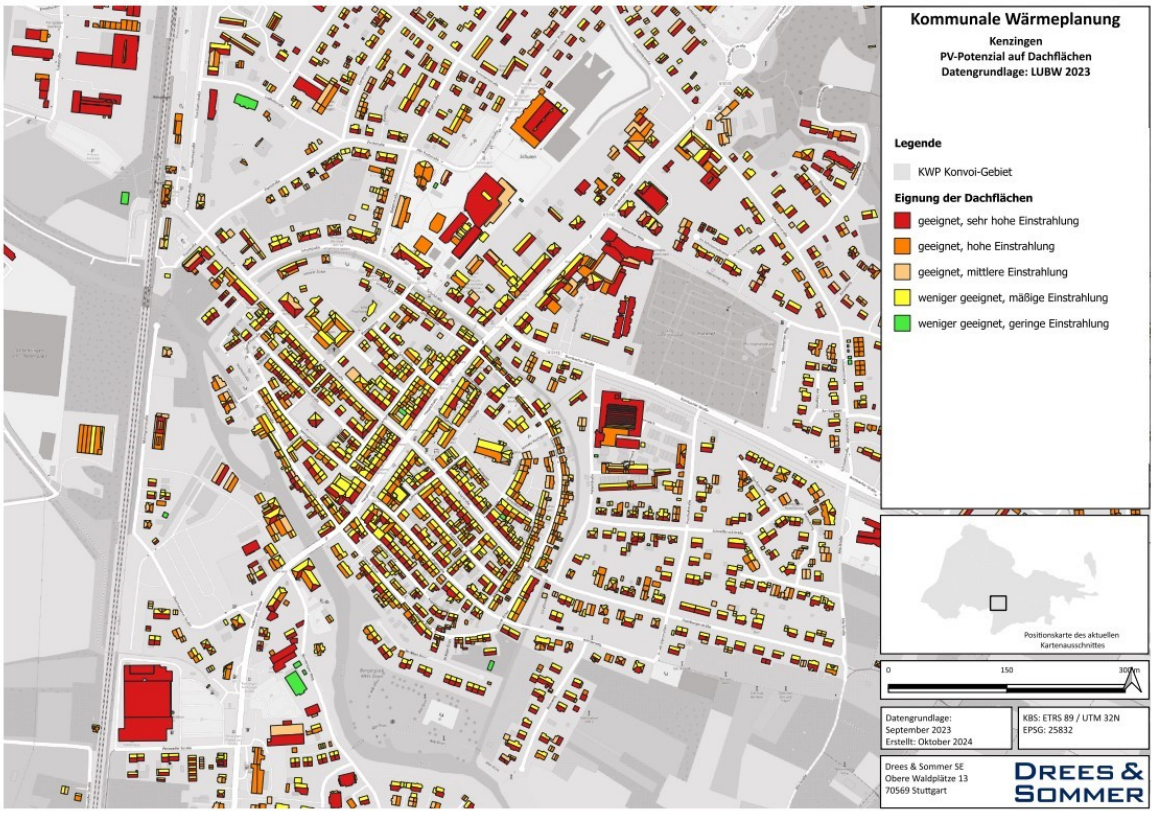


Abbildung 53: PV-Potenzial nach Eignung der Dachflächen

In Abbildung 54 ist das PV-Potenzial auf Baublockebene für den Kartenausschnitt dargestellt. In den Baublöcken sind die Ertragswerte pro Baublock in MWh/Jahr dargestellt.

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:innen abhängen.

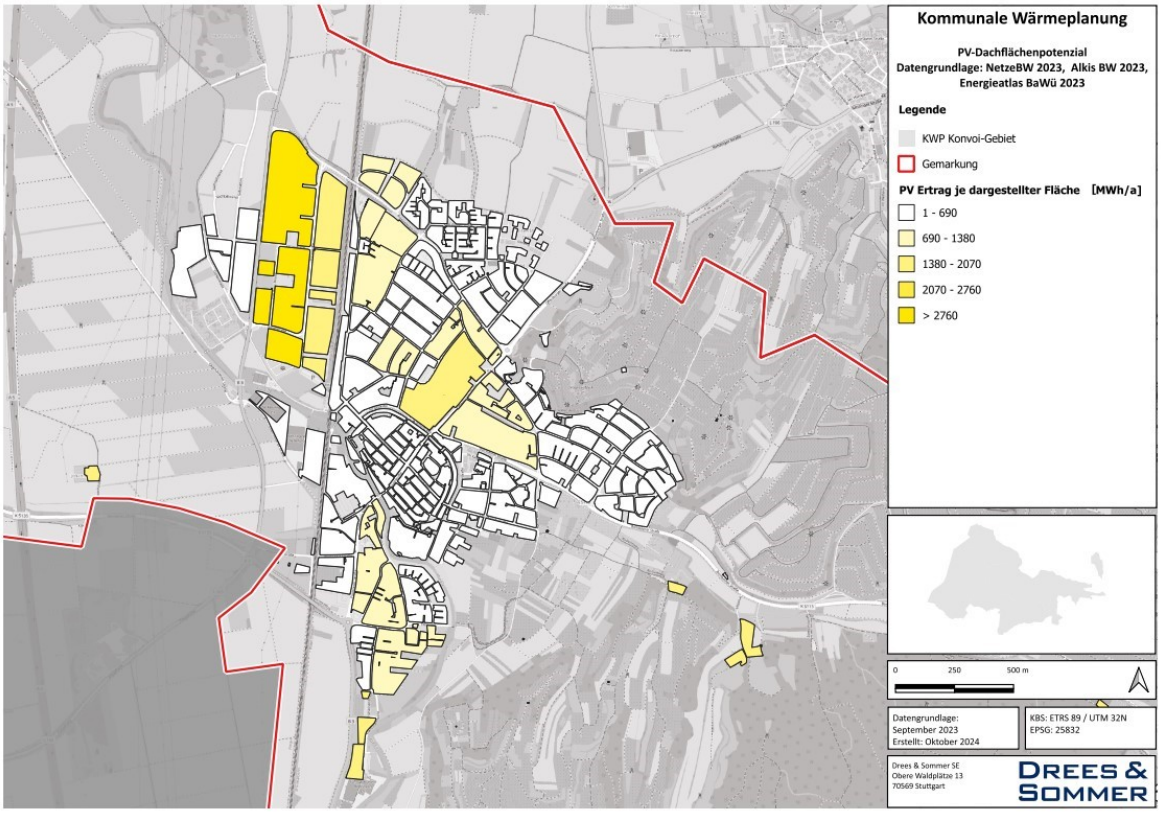


Abbildung 54: PV-Potenzial auf Baublockebene

Das Photovoltaikpotential auf Baublockebene ist in *Abbildung 54* abgebildet. Je intensiver der gelbton, desto höher der theoretische Ertrag in diesem Baublock.
Es ist deutlich zu erkennen, dass insbesondere die Dächer im Gewerbe- und Industriegebiet westlich der Bahnlinie sich, aufgrund der großen Dachflächen, gut für die Installation von Photovoltaik nutzen lässt. Im der Altstadt ist das Ertragspotential aufgrund der geringen Dachflächen, der teilweisen steilen Dachwinkeln und Verschattungen vergleichsweise nicht so hoch.

4.2.2 SOLARTHERMIEPOTENZIAL

Das Potenzial für Solarthermie wurde auf Grundlage der Daten des LUBW-Energieatlas (LUBW, 2015) berechnet. Hierzu wurden sämtliche als Potenzial ausgewiesenen Dachflächen berücksichtigt, die eine nutzbare Dachfläche von 25 m² aufweisen (Richtlinien nach KEA). 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. ((KEA Leitfaden Kommunale Wärmeplanung, 2021, S.44).



Abbildung 55: Solarthermie-Potenzial auf Baublockebene

Für das gesamte Konvoigebiet ergibt sich ein potentiell jährlicher Ertrag von rund 400.000 MWh/a. Die verfügbaren Dachflächen konkurrieren jedoch um den Einsatz von Photovoltaik und Solarthermie. Es ist wichtig, individuell zu prüfen, ob Photovoltaik (PV) oder Solarthermie die bessere Option ist, da dies von verschiedenen Kriterien abhängt, wie zum Beispiel dem Standort, der Dachausrichtung und -neigung, dem Energiebedarf des Gebäudes, den lokalen Klimabedingungen und den finanziellen Möglichkeiten.

4.2.3 SOLARENERGIEPOTENZIALE AUF FREIFLÄCHEN

Der Energieatlas Baden-Württemberg listet, zusätzlich zum PV-Potenzial auf Dächern, Angaben zum Potenzial für PV-Anlagen auf Freiflächen auf (LUBW, 2015) 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.
Außerdem gibt es hier eine Übersicht über bestehende Freiflächenanlagen. Laut LUBW und den übermittelten Daten der Stadt befinden sich in Kenzingen zwei Anlagen mit insgesamt 5,2 MW. Eine davon ist der Solar-Park der EnBW westlich von Kenzingen. Hier sind auf 9.900 PV-Module mit einer Gesamtleistung von 2,62 MW installiert und liefern jährlich rund 3.000 MWh pro Jahr.
Auf dem neu errichteten Parkplatz des Rulantica befinden sich 3.000 PV-Module mit einem jährlichen Ertrag von rund 1.100 MWh/a.

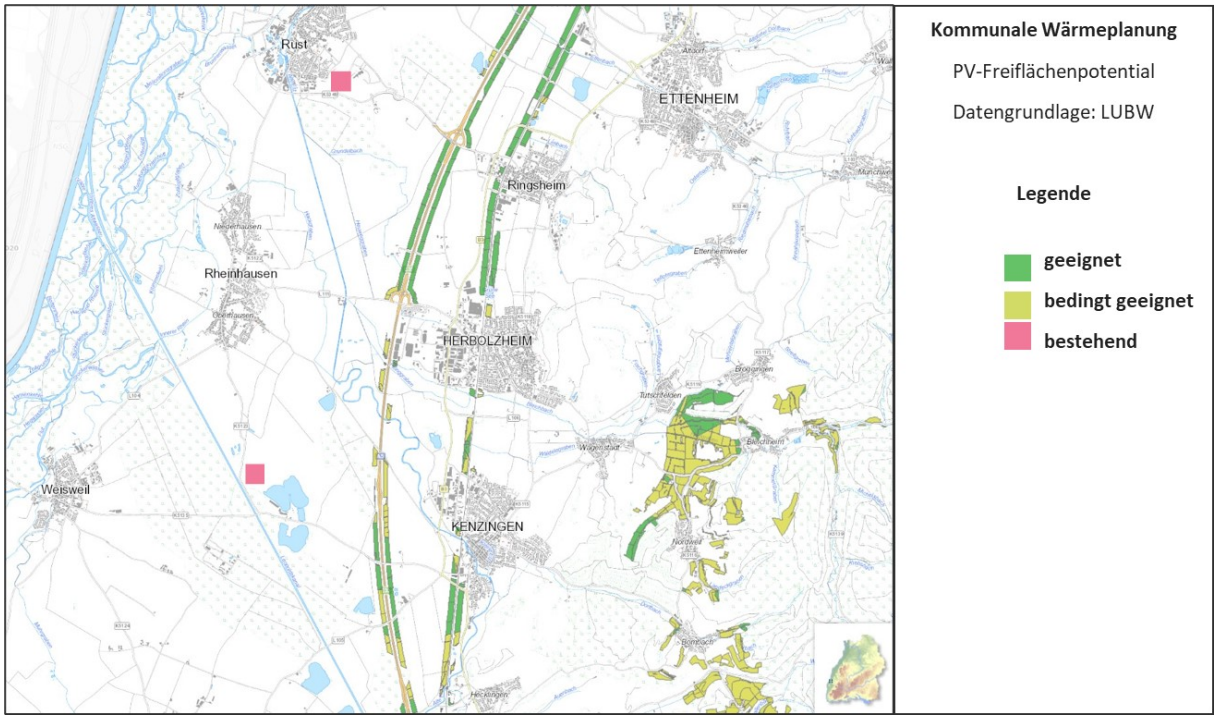


Abbildung 56: Freiflächen – Potenzialflächen

Laut Energieatlas BW sind davon rund 101 ha als geeignet eingestuft. Bedingt geeignet bedeutet, dass diesen grundsätzlichen Potenzialflächen bestimmte Restriktionen entgegenstehen, aufgrund derer mit Einschränkungen oder Auflagen zu rechnen ist (z.B. in Naturschutz-, Landschaftsschutz- oder Überschwemmungsgebieten) (LUBW, 2015).

Tabelle 12: Freiflächenpotenziale nach Standort und Eignungsklasse

	Potenzialflächen nach Standort	
Eignungsklasse	**Entlang der Autobahn**	**Entlang der Bahnlinien**
geeignet	50,7 ha	50,7 ha

Quelle: (LUBW, 2015)

Bei rund 102 ha Potenzialfläche, auf der theoretisch PV-Freiflächenanlagen realisiert werden könnte ergibt sich ein theoretisches Potential von insgesamt 112.280 MWh pro Jahr.

4.2.4 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, 2019). Aus wirtschaftlicher Sicht sind in der Regel Standorte mit mehr als 6 m/s Windgeschwindigkeit und einer Höhe von 140 Meter über Grund.
Die Daten des LUBW (LUBW, 2015) beruhen auf flächendeckenden Berechnungen, weswegen für die tatsächliche Beurteilung eines Standortes immer Langzeitmessungen notwendig sind.
Entsprechend der Marktstammdaten 2024 der Bundesnetzagentur befinden sich im Landkreis Emmendingen derzeit 15 Anlagen in Betrieb mit einer installierten Leistung von 27 MW. Für das Untersuchungsgebiet handelt es sich dabei um eine Windkraftanlage mit einer installierten Leistung von 0,5 MW. Im Ortenaukreis wurden seit 1990 insgesamt 50 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 129,2 MW errichtet. Besonders in der Gemeinde Schuttertal befinden sich derzeit sieben Windkraftanlagen.

In den Gemeinden des Untersuchungsgebietes befindet sich, entsprechend Daten- und Kartendienst der LUBW (LUBW, 2015), eine Windkraftanlage in Herbolzheim mit einer Generatorleistung von 0,6 MW, welches 1999 in Betrieb genommen wurde.
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.
Die mittlere gekappte Winddichte in 160 Metern Höhe im Untersuchungsgebiet liegt bei 190 – 250 W/m² und damit im mittleren Bereich.
Die Windgeschwindigkeit in dem Gebiet ist gut (freie Anströmung). Vereinzelt gibt es gesetzlich geschützte Biotope, diese müssen bei der weiteren Planung berücksichtigt werden. Aufgrund der Ausschlussflächen Siedlung, Freiraum und Infrastruktur bleiben nur bedingt geeignete Flächen für Windkraftanlagen übrig, welche in *Abbildung 57* dargestellt sind.

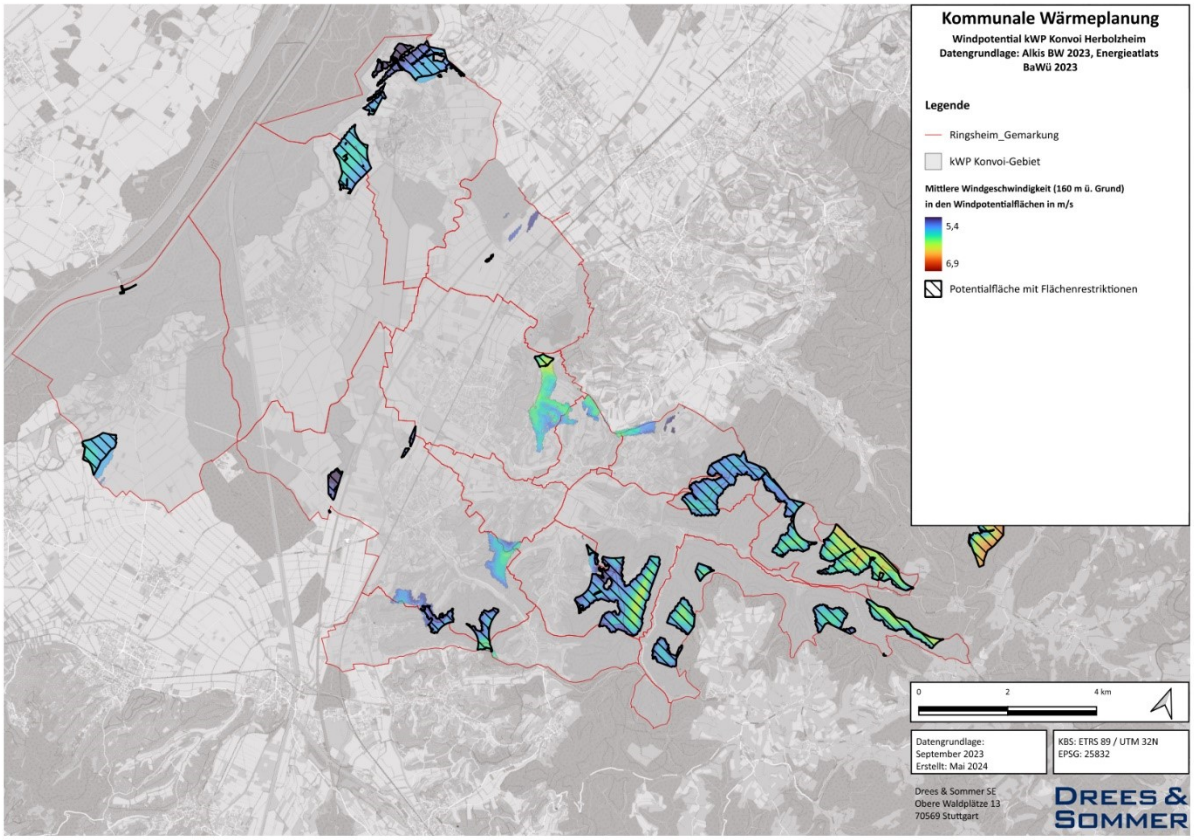


Abbildung 57: Windhöffigkeit Konvoi Herbolzheim

Für Kenzingen wurde im Jahr 2013 auch eine Planungsempfehlung für Windenergie erstellt (s. Abbildung 58) . Die Ergebnisse grenzen das Gebiet aus *Abbildung 57* ein.

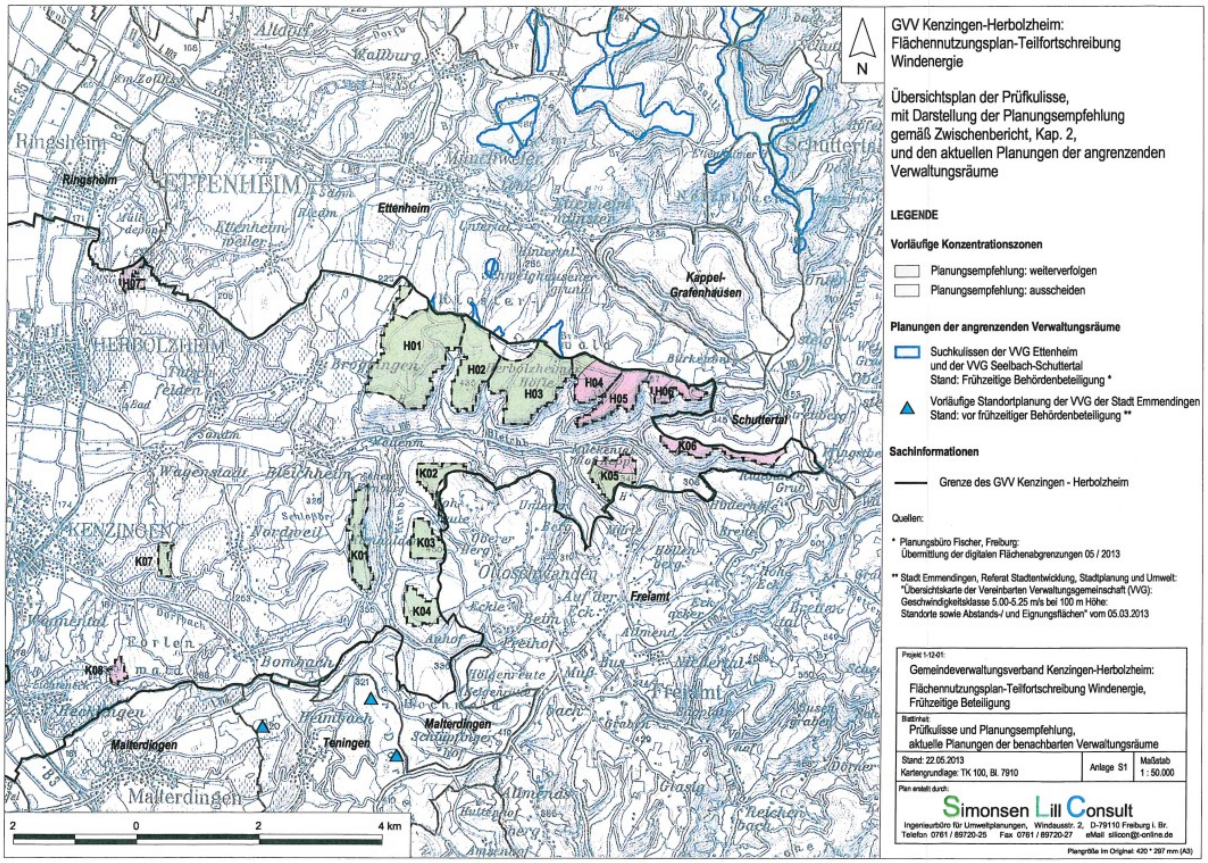


Abbildung 58: Prüfkulisse und Planungsempfehlung Windkraft Kenzingen

Laut LUBW (LUBW, 2015) ergeben sich folgende Windpotentialflächen. Insgesamt ergeben sich laut LUBW bezüglich Windhöffigkeit geeignete Fläche von rund 255 ha. Als Flächenrestriktionen sind im Untersuchungsgebiet laut LUBW 986 ha geeignet.
Für eine genaue Berechnung des energetischen Windertrags und damit auch der Wirtschaftlichkeit von Anlagen auf diesen Flächen sind Langzeitmessungen der Windgeschwindigkeit notwendig.

4.2.5 WASSERKRAFT

Laut dem Energieatlas des LUBW (LUBW, 2015) befinden sich im Betrachtungsgebiet zwei Wasserkraftanlagen in Betrieb – eine in Kenzingen und eine in Rheinhausen (s. Abbildung 59). Drei weitere Anlagen befinden sich im Betrachtungsgebiet, jedoch nicht mehr in Betrieb.

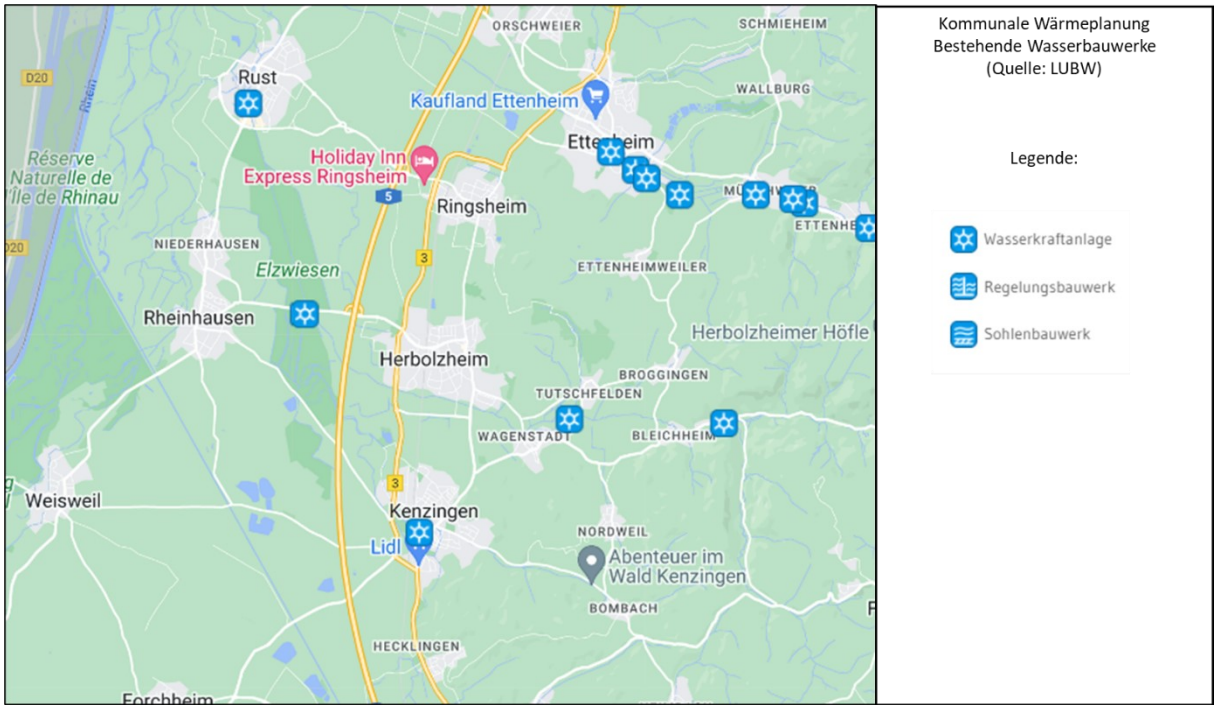


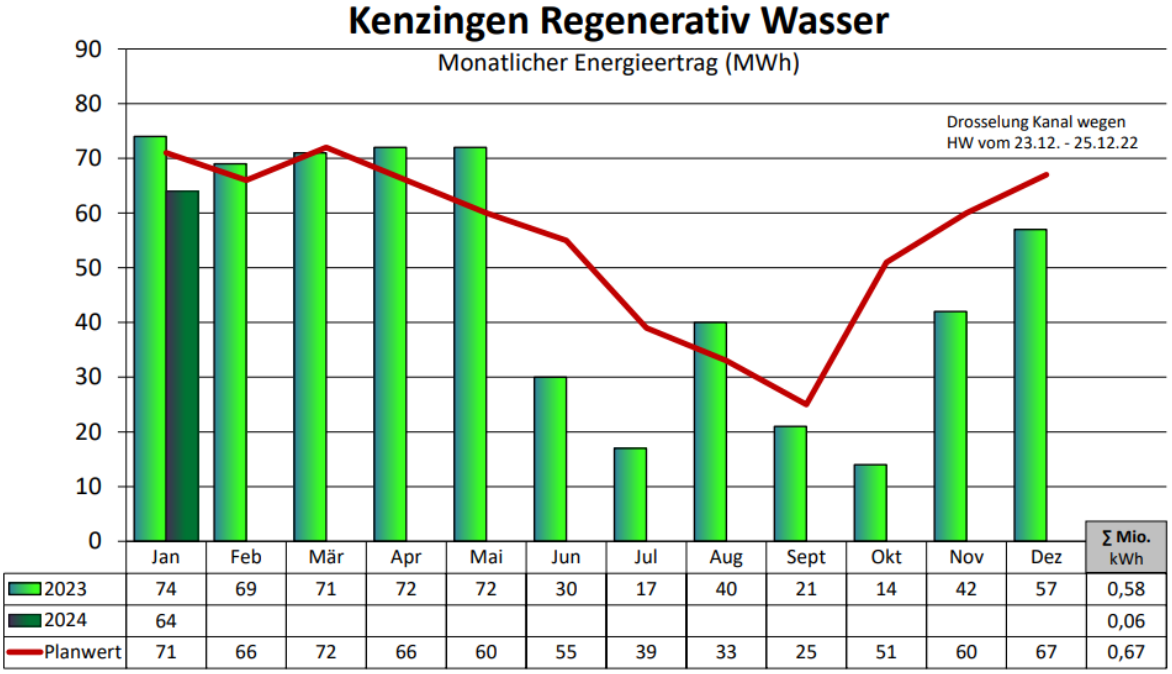
Abbildung 59: Bestehende Wasserkraftanlagen im Untersuchungsgebiet

Tabelle 13: Übersicht Bestehende Wasserkraftanlagen im Konvoi

Ort	Name der Anlage	Gewässer	Baujahr	Installierte Leistung	Status
Herbolzheim	WKA Sandmühle	Bleichbach	n. b.	-	Außer Betrieb, stillgelegt
Herbolzheim	Glöckle-Mühle Bleichheim	Mühlkanal Mattenmühle	n. b.	-	Außer Betrieb, stillgelegt
Kenzingen	WKA E-Werk Kenzingen	Elz	2016	100 kW	In Betrieb
Rheinhausen	EnBW Oberhausen	Elz	2024	139 kW	In Betrieb
Rust	Europa-Park Rust	Elz	n. b.	300 kW	In Betrieb

Quelle: (LUBW, 2015) & *Pressemitteilung EnBW* (EnBW, 2024)

Die Kenzinger Wasserkraftanlage wird von Kenzingen Regenerativ GmbH & Co. KG betrieben. Durch die beiden Kaplanturbinen mit einer gesamten installierten Leistung wurden im Jahr 2023 rund 580.000 kWh erzeugt (s. Abbildung 60) (Freiburg, 2023/2024)



	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Σ Mio. kWh
2023	74	69	71	72	72	30	17	40	21	14	42	57	0,58
2024	64												0,06
Planwert	71	66	72	66	60	55	39	33	25	51	60	67	0,67

Abbildung 60: Monatlicher Energieertrag WKA Kenzingen, Quelle: Energiepotentialstudie

In den Energiepotentialstudien der badenova (badenova, 2017) wurde bereits das Wasserkraftpotential untersucht. Hier wurde das Ausbaupotential anhand Interviews mit Experten diskutiert. Es ist anzunehmen, dass sich das Potential für Wasserkraft über diesen Zeitraum nicht geändert hat. Wenn, ist aufgrund des Klimawandels mit einer Abnahme der Wasserkraftpotentiale – besonders im Sommer- zu rechnen. Die Ergebnisse sahen wie folgt aus:

Tabelle 14: Übersicht Ergebnisse Potentialstudien hinsichtlich Wasserkraft

Ort	Ergebnis Potentialstudie	Quelle
Herbolzheim	„Aus den verfügbaren Informationen der Experten kann festgestellt werden, dass Herbolzheim nach aktuellem Stand der Technik über keine zusätzlichen, wirtschaftlich nutzbaren Potenziale für Wasserkraft auf seiner Gemarkung verfügt.“	(badeonva, 2016)
Kenzingen	„Das wirtschaftliche Potenzial wird mit den bestehenden Anlagen bereits ausgeschöpft, sodass sich keine wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraftpotenziale mehr ergeben“	(badenova, 2017)
Ringsheim	„Kein Potenzial“	(badenova , 2019)
Rust	„Nach Auskunft des LUBW Potenzialatlasses beträgt die maximal installierbare Leistung an der Elz ca. 300 kWel.“ In der Zwischenzeit wurde jedoch die Wasserkraftanlage in Rheinhausen, flussabwärts, erneuert und die Leistung auf 138 kWel erhöht. Inwiefern sich das Potential in Rust dadurch ändert, muss neu geprüft werden.	(badenova, 2016)

Rheinhausen	-	-
Weisweil	-	-

Laut Aussagen im Akteursworkshop wurde das Wasserkraftpotential des Leopoldskanals noch nicht durch einen Gutachter überprüft. Der Leopoldskanal ist ein Kanal zur Hochwasserentlastung und verläuft im Konvoigebiet zwischen Rheinhausen und Weisweil.

4.3 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.

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.

4.3.1 ZUKÜNFTIGE VERFÜGBARKEIT VON SYNTHETISCHEN GASEN

Wasserstoff und synthetisches Methan sind ebenso vielseitig einsetzbar wie Erdgas. Auch andere Vorteile wie die Speicherbarkeit und die vorhandene Erdgasverteilinfrastruktur 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 Europäische 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.

4.3.2 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 (Umweltbundesamt, RESCUE - Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität, 2019)
- Langfristszenarien des Bundeswirtschaftsministeriums (Fraunhofer ISI, 2027)

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

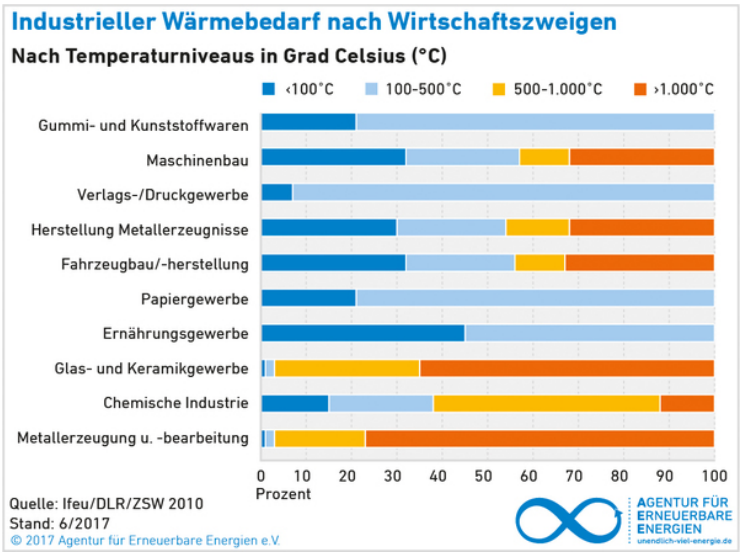


Abbildung 61: Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen, Quelle: Agentur für erneuerbare Energien 2017

Tabelle 15: Übersicht Potentiale im Konvoigebiet

Potential	**Theoretisches Potential**	**Mögliche Anwendungsbereiche im Wärmekontext**
Biomasse	9.250 MWh/a aus Reststoffe Körnermais 2.600 MWh/a aus Grassilage und Dauergrünland 580 MWh/a aus Reste Rebland 22.000 Festmeter aus Forst	Zentrale und dezentrale Wärmeerzeugung Stromerzeugung in Verbindung mit KWK
Oberflächennahe Geothermie	Im Siedlungsgebiet teilweise Natur-, Landschafts- und Heilquellenschutzgebiet	
Erdsonden	Spez. Wärmeentzugsleistung zwischen 55-65 W/m Für komplette Versorgung rund 144 ha notwendig (100 Meter Tiefe)	Zentrale / dezentrale Wärmeversorgung über Sole-Wasser-Wärmepumpen
Erdkollektoren	Keine Genehmigung außerhalb Wasserschutzgebiet erforderlich. Innerhalb nur anzeigepflichtig. Ca. 10 – 35W/m², ca. 40 m²/Erdkorb	zentrale / dezentrale Wärmeversorgung über Sole-Wasser-Wärmepumpen
Tiefengeothermie	Untergrund gut geeignet (60-100 °C), bis 1.000 Meter Bohrtiefe, 30 l/s	Direkte Wärmenutzung zentral
Grundwasser	Grundwasser in 2-10 Meter unter Nullniveau → gut geeignet.	Zentrale / dezentrale Wärmeversorgung über Wasser-Wasser-Wärmepumpen
Abwasser	Bei Abwasserkanälen größer DN800 sinnvoll. 2 – 4 kW/m², abhängig von der Abwassertemperatur Theoretisches Abwärmepotential Kläranlage Forchheim: 17,8 MWth	Zentrale Wärmeversorgung über Abwasserwärmeübertrager und Wärmepumpe
Abwärme aus Industrie	Sechs Betriebe aus Umfrage gaben an, Wärme theoretisch auskoppeln zu können. Wärmemenge nicht bekannt.	Zentrale Wärmeversorgung. Je Temperaturniveau direkt oder mittels Wärmepumpe
Photovoltaik	Aktuell 29 GWh/a PV-Ertrag. Theoretisches Potential auf Dachflächen rund 450 GWh/a.	Indirekt über Wärmepumpen oder Stromdirektheizung, Überschluss über Elektrolyseur
Solarthermie	Theoretisches Potential: 400 GWh/a	Zentral direkt

Freiflächen	Theoretisches Potential: 112,3 GWh/a	Indirekt über Wärmepumpen oder Stromdirektheizung, Überschluss über Elektrolyseur
Windkraft	Aktuell 129,2 MW Windkraftanlagen im Konvoigebiet. 255 ha geeignete Fläche und 986 ha als Flächenrestriktion geeignete Flächen im Untersuchungsgebiet vorhanden.	Indirekt über Wärmepumpen oder Stromdirektheizung, Überschluss über Elektrolyseur zur Wasserstofferzeugung möglich.
Wasserkraft	Potential soweit nahezu ausgeschöpft.	Indirekt über Wärmepumpen oder Stromdirektheizung, Überschluss über Elektrolyseur
Wasserstoff	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 Wasser-stoff eine sehr gute Alternative.	Über Brennstoffzellen, Kraft-Wärme-Kopplung oder Wasserstoffkessel nutzbar
Synthetische Brennstoffe	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.	

5 ENTWICKLUNG VON VERBRAUCHS- UND VERSORGUNGSSZENARIEN

Auf freiwilliger Basis hat sich der Konvoi zur interkommunalen Wärmeplanung als Beschaffungsgemeinschaft zusammengefunden, bestehend aus Herbolzheim, Kenzingen, Weisweil, Ringsheim, Rheinhausen und Rust. Die im Folgenden genannten Daten und Zielwerte bis 2040 (z.B. Wärmeenergiebedarf, Fernwärmeausbau, Strombedarf) beziehen sich auf gesamte Konvoigebiet.
In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie sich der Nutzenergieverbrauch sowie der Wärmeenergieträgermix bis ins Jahr 2040 in den Sektoren *private Haushalte*, *öffentliche Liegenschaften*, *Industrie und GHD* entwickelt. Im ersten Schritt wird die zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs im Konvoigebiet dargestellt. Einflussfaktoren können hierbei Neubaugebiete, Nutzungsänderungen und/oder energetische Sanierungen sein.

5.1 GESAMTENTWICKLUNG NUTZENERGIEBEDARF

Dir Entwicklung des Wärmebedarfs hängt von unterschiedlichen Parametern ab. Diese können folgende sein (KEA-BW & Ministerium für Umwelt, 2020):

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.

Ausgehend von der Ist-Bilanz werden Reduktionsfaktoren je Sektor angewandt, um den zukünftigen Wärmebedarf abzuschätzen. Grundlage für die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs basieren maßgeblich auf der Studie des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung. Für dem Sektor „private Haushalte“ wird entsprechend der Studie von einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr ausgegangen. Es wird davon ausgegangen, dass 21 % davon ambitionierten Sanierungen (EH40) und 75 % konventionelle Sanierungen (EH55) und 4 % Pinselsanierungen entsprechen (zsw, 2022)
Entsprechend der Klimaschutzkonzepte und Rücksprachen mit den Konvoiteilnehmer forcieren alle Städte und Gemeinden das Landesziel – Treibhausgasneutralität bis 2040. Für Industrie & GHD wurde dieses Ziel ebenso angesetzt.

Folgende Aussagen zu energetischen Sanierungen und Neubauaktivitäten wurden in der Entwicklung des Nutzenergiebedarfs berücksichtigt:

Tabelle 16: Übersicht Neubaugebiete im Konvoigebiet

Stadt/ Gemeinde	Beschreibung

Herbolzheim	• Neubaugebiet Pfarracker, Baujahr ca. 2025 • Neubaugebiet Butzental III, Baujahr ca. 2025 • Neubaugebiet Schörlinsmatten III; Baujahr ca. 2026 • Neubaugebiet Stegacker, Baujahr unbekannt Geltungsbereiche vorhanden
Kenzingen	• Neubaugebiet Breitenfeld V, ca. 20 Gebäude (Planstand Nov 2022), Baujahr ca. 2026 • Neubaugebiet Basleracker Nordweil, ca. 10 Gebäude mit einer Grundfläche von 3.360 m², Baujahr ca. 2026
Ringsheim	• Neubaugebiet Barbara Quartier (hauptsächlich DHH, MFH, EFH), Baujahr ca. 2026-2028
Rheinhausen	-
Weisweil	• Neubaugebiet Obere Mühle, 13 Bebauungsflächen, • Neubaugebiet Am Köpflewald, allgemeines Wohngebiet • Neubaugebiet Kreuzacker, Mischgebiete, 8 Bebauungsflächen, Erschließung bis 2025 • Neubaugebiet Äußerer Heuweg, Gewerbegebiet
Rust	-

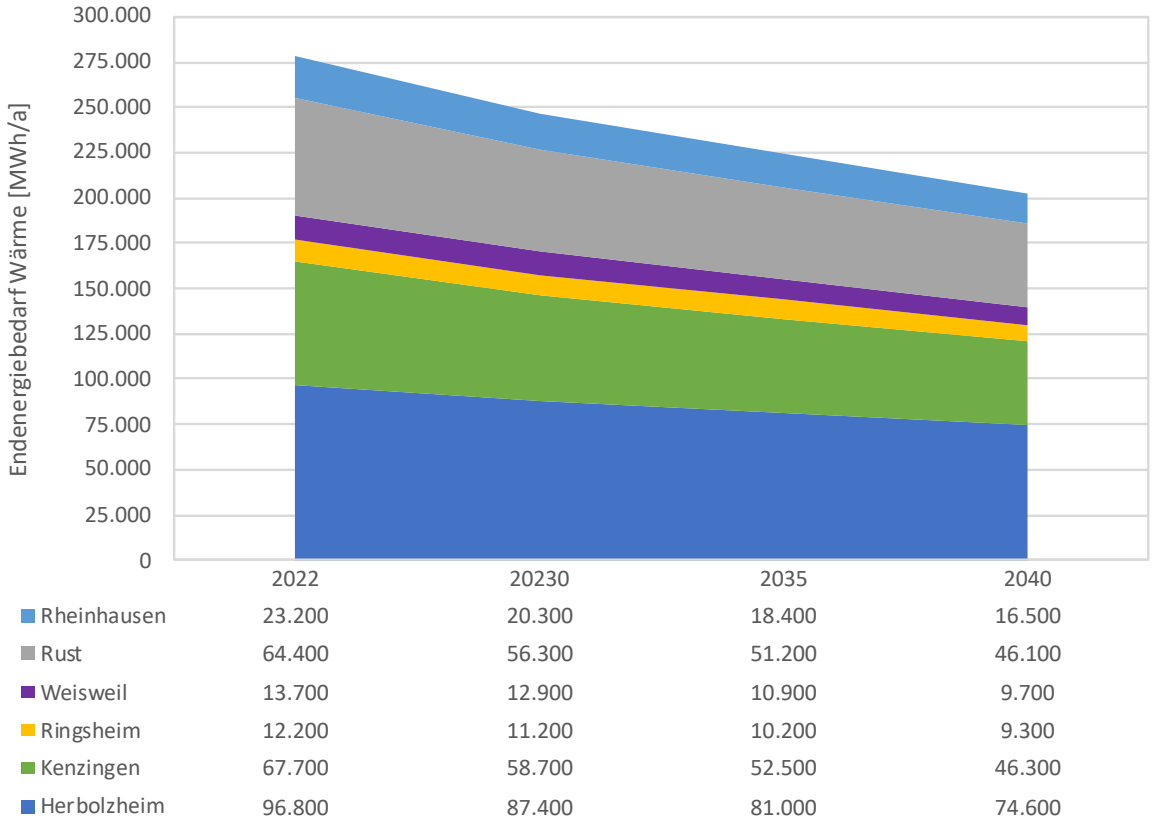


Abbildung 62: Nutzenergieverbrauchsentwicklung Konvoi

Abbildung 62 zeigt die Entwicklung des Nutzenergiebedarfes Wärme bis zum Zielszenario 2040. Durch energetische Sanierungen und die Neubaugebiete reduziert sich der Wärmebedarf von heute rund 278 GWh/a auf rund 202 GWh/a bis 2040. Die Einsparung beträgt hierbei rund 27 %. Da es in den Randbedingungen der einzelnen Sektoren keinen Unterschied gibt, kann für die jeweiligen Sektoren die gleiche Reduktion des Nutzenergiebedarfes angenommen werden.
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).

5.2 ENTWICKLUNG ENERGIETRÄGERMIX

Durch die Wärmeenergieeinsparung können auch die CO_2-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. Obwohl Heizkessel für fossile Energieträger ab 2023 nicht mehr installiert werden, bleiben sie bis 2040 und darüber hinaus im Bestand. Unter Realbedingungen ist fraglich, ob die Öl- und Gasanbieter ebenso wie die Gasnetzbetreiber die Versorgung bei sehr geringen Abnahmemengen aufrechterhalten würden, oder ob die verbleibenden Anlagen vor Ablauf ihrer technischen Nutzungsdauer stillgelegt werden würden (zsw, 2022).

Abbildung 63 zeigt die Entwicklung des prognostizierten Energieträgermixes von 2022, den Zwischenzielen 2030, 2035 und dem Zieljahr 2040. Im Jahr 2022 lag der prozentuale Anteil von rund 87 % auf fossile Energieträger. Die restlichen 13 % beinhalten Strom, Deponie- und Klärgas und Holz (Hackschnitzel, Stückholz, Pellets). Im Jahr 2030 soll der Anteil von Erdgas nur noch 34 Prozent des Energieträgermixes ausmachen, wogegen Wärmepumpen bereits einen Anteil von 27 Prozent und Wärmenetze einen Anteil von 6 % haben sollen. Im Jahr 2040 liegt der prognostizierte Anteil von Wärmepumpen bei 63 Prozent. Biomasse steigt von aktuell sechs Prozent auf sieben Prozent im Jahr 2040. Es wird davon ausgegangen, dass Solarthermie in der dezentralen Wärmeversorgung eine untergeordnete Rollen spielen wird. Grund hierfür ist die Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik. Im Kontext des Ausbaus von Wärmepumpen und Elektromobilität werden verfügbare Dachflächen eher für Photovoltaik genutzt als für Solarthermie.

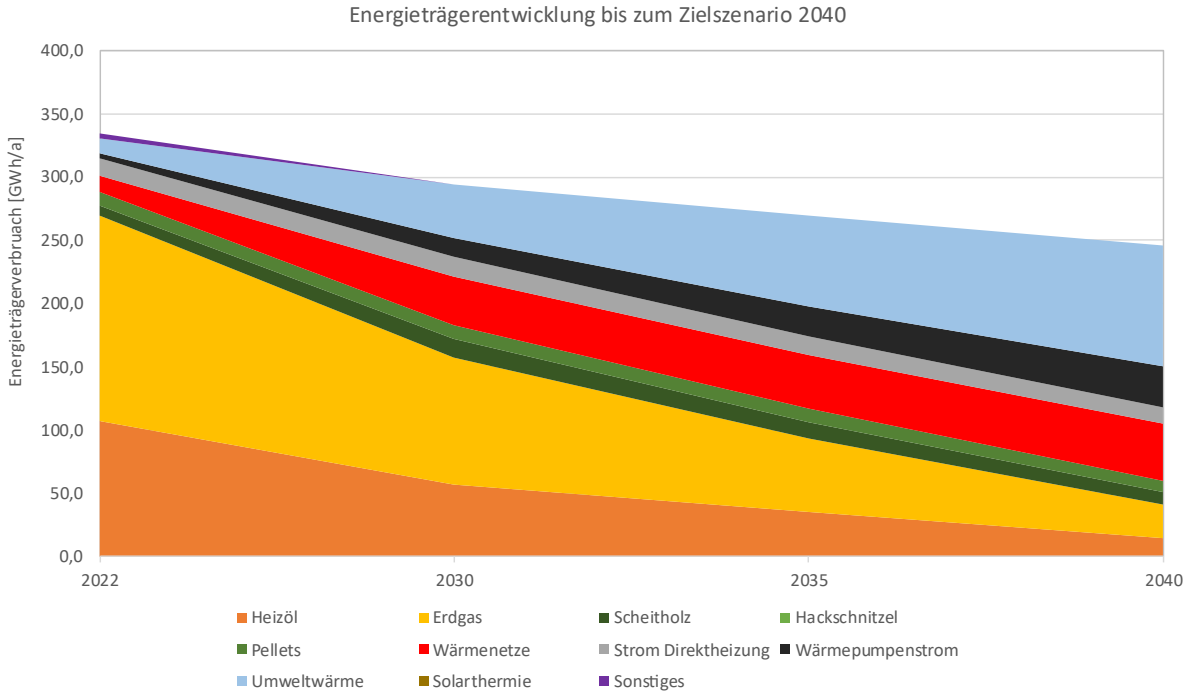


Abbildung 63: Energieträgerverteilung bis 2040 im Konvoigebiet

Die Fernwärme soll bis ins Jahr 2030 einen Anteil von 13 Prozent (38,6 GWh) des gesamten Wärmeenergiebedarfs im Konvoigebiet ausmachen. Im Jahr 2040 liegt der prognostizierte Anteil bei etwa 19 Prozent (45,9 GWh).

Entsprechend der Studie der Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg (Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg, 2021) und der Aussagen der jeweiligen Akteure wird für die Wärmenetze folgendes Energieträger-Entwicklungsszenario angenommen:

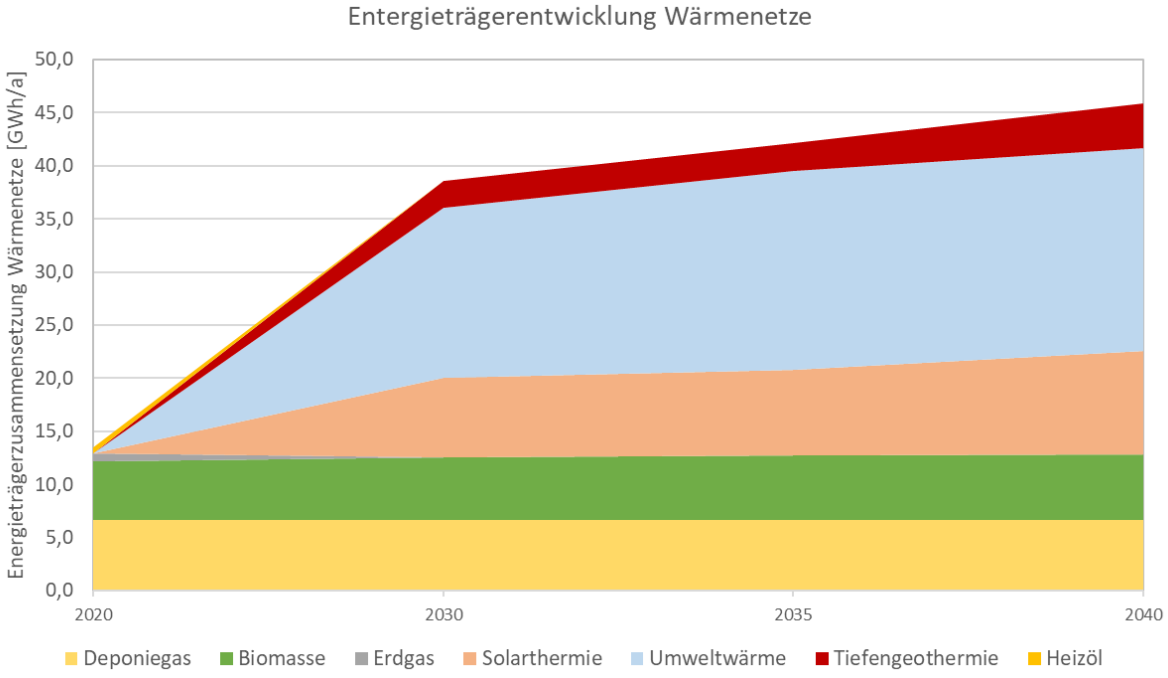


Abbildung 64: Energieträgerentwicklung der Wärmenetze im Konvoigebiet

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) werden im Zielszenario 2040 nicht als eigenständige strategische Ausbauoption für das Konvoigebiet berücksichtigt. Die im Bestand vorhandene KWK-basierte Wärmeversorgung in Ringsheim ist Bestandteil der Bestandsanalyse; eine belastbare zusätzliche Ausbauperspektive für den Gesamt-Konvoi ergibt sich aus den vorliegenden Rahmenbedingungen jedoch nicht. Erneuerbare und synthetische Gase werden im Bericht bis 2040 als begrenzt verfügbar bewertet und vorrangig für Anwendungsbereiche mit fehlenden oder nur eingeschränkten Alternativen eingeordnet, insbesondere für industrielle Hochtemperaturprozesse und weitere schwer elektrifizierbare Anwendungen. Für Niedertemperaturanwendungen der Raumwärmeversorgung wird hingegen kein flächendeckender Einsatz erneuerbarer Gase erwartet. Gleichzeitig bestehen im Konvoigebiet keine leitungsgebundenen Wasserstoffinfrastrukturen; über die bestehenden Wärmenetze hinaus befinden sich derzeit keine weiteren Wärmenetze in Planung. Vor diesem Hintergrund wurde ein zusätzlicher KWK-Ausbau im Zielszenario 2040 nicht als maßgebliche Entwicklungsoption angesetzt.

5.2.1 SEKTOR PRIVATE HAUSHALTE

Im Jahr 2022 lag der Nutzenergieverbrauch im Sektor *private Haushalte* bei etwa 217,6 GWh/a. Bei einer Sanierungsrate von zwei Prozent kann der Bedarf bis 2040 auf etwa 160 GWh/a gesenkt werden. Das entspricht in etwa 27 Prozent.
Der größte Anteil im Energieträgermix des Sektors *private Haushalte* ist Heizöl mit 106 GWh/a und rund 49 % am Gesamtbedarf, gefolgt von Erdgas mit rund 62 GWh/a (29 Prozent). Rund 9 % entfallen auf Biomasse (Scheitholz und Pellets) und 4 % werden über Wärmenetze bereitgestellt. Im Bestand werden 7 % der Wärme über Strom versorgt – davon rund 6 % über Stromdirektheizungen (Nachtspeicheröfen) und 1% über Wärmepumpen.
Bis 2040 wird davon ausgegangen, dass sich der Energieträgermix entsprechend des Zielszenarios bis 2040 dahingehend entwickeln wird, dass der Anteil fossiler Energieträger (Heizöl und Erdgas) nur noch 17 % des Gesamtverbrauchs ausmachen. Wärmenetze werden einen Anteil von 18 % am Gesamtverbrauch ausmachen. Es wird vorgesehen, dass die dezentralen Einzellösungen vorwiegend auf Wärmepumpen basieren. Diese machen einen Anteil von 50 % des Gesamtverbrauches aus. Die restlichen dezentralen Einzellösungen basieren weiterhin auf Biomasse.

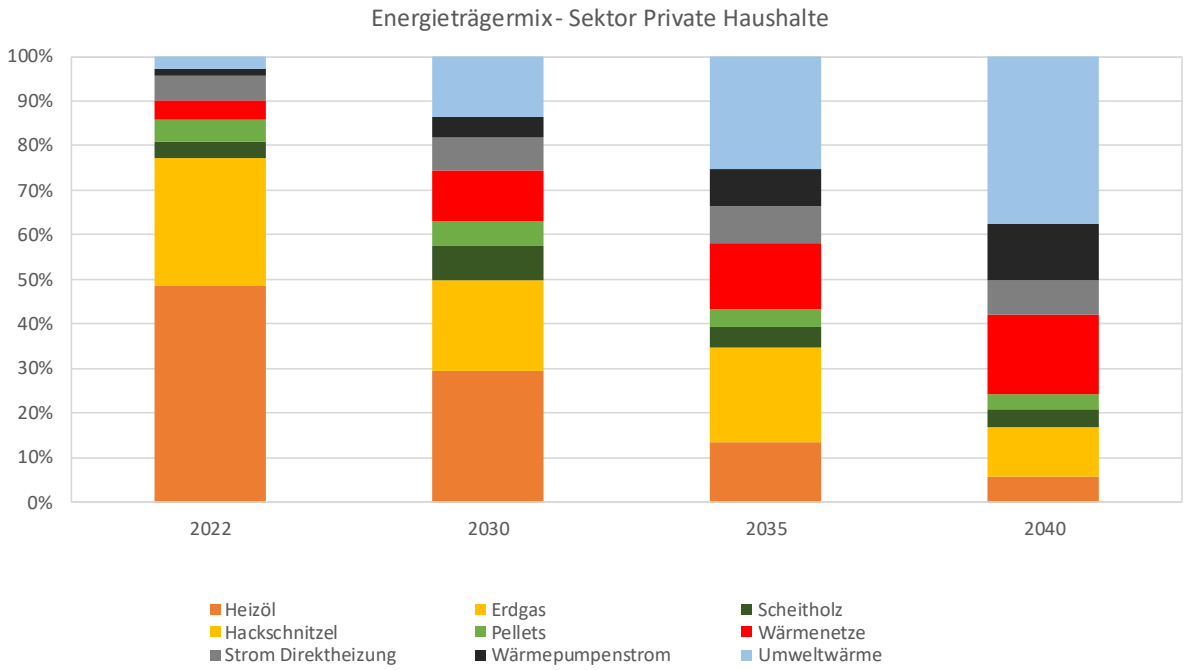


Abbildung 65: Energieträgermix - Sektor private Haushalte

5.2.2 SEKTOR INDUSTRIE & GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNG

Im Jahr 2022 lag der Nutzenergieverbrauch im Sektor Industrie & *GHD* bei etwa 113 GWh. Über energetische Sanierung kann der Nutzenergiebedarf bis 2040 auf etwa 83 GWh/a gesenkt werden. Das entspricht einer Reduktion um 27 Prozent.

Den größten Anteil im Energieträgermix macht auch hier Erdgas mit 81 Prozent aus, gefolgt von Heizöl mit 10 Prozent. Die übrigen neun Prozent verteilen sich auf Biomasse, Heiz- und Direktstrom und Wärmenetze. Im Jahr 2040 wird angenommen, dass 54 Prozent des Wärmebedarfs mit Wärmepumpen erzeugt werden und 5% über Direktheizungen. Dabei wird ein Teil des Wärmebedarfs über die Fernwärme bereitgestellt.

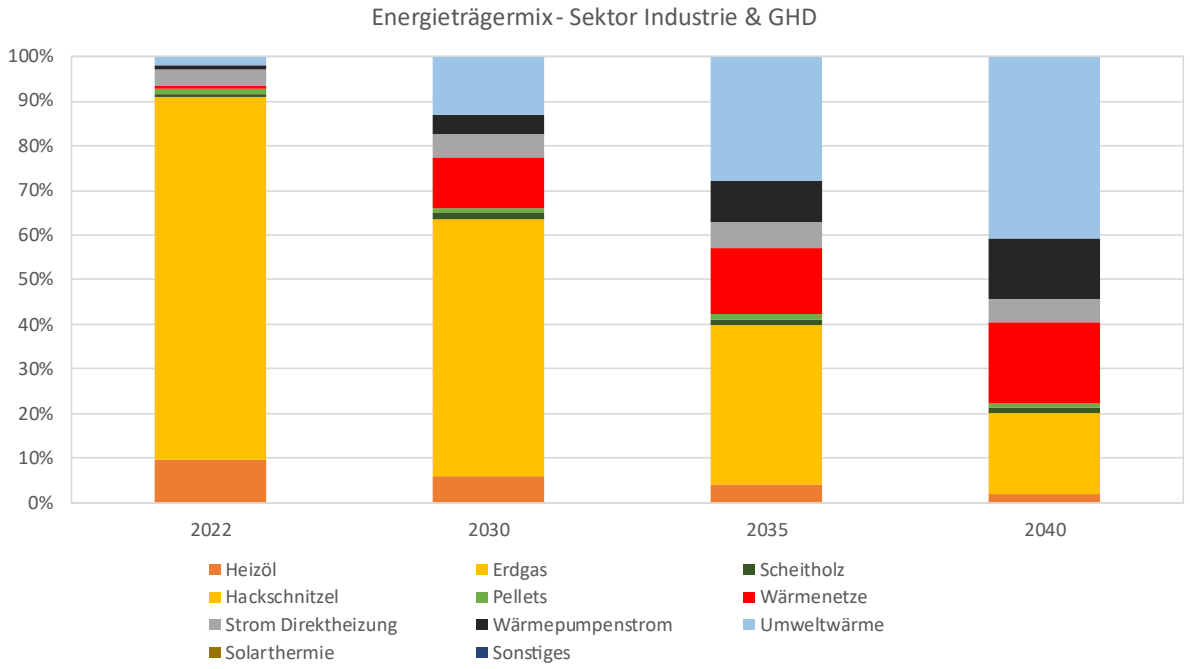


Abbildung 66: Energieträgermix - Sektor Industrie & GHD

Hinweis: (s. Disclaimer auf S. 9)

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.

Nicht jede Temperaturanforderung kann mit jedem erneuerbaren Energieträger erreicht werden. Langfristig werden Verbrennungsprozesse daher notwendig bleiben. In Tabelle 17 werden die potenziellen Prozesswärmetemperaturen 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 17: Potenzielle Prozesswärmetemperatur je erneuerbarer Energieträger

Erneuerbare Energieträger	Potenzielle Prozesswärmetemperatur 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.

5.2.3 SEKTOR ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Der größte Anteil im Energieträgermix im Sektor *öffentliche Liegenschaften* macht Erdgas mit 49 Prozent (3,4 GWh/a) aus. Mit 38 Prozent werden die öffentlichen Liegenschaften schon heute mit Wärmenetzen versorgt. In Ringsheim ist der Anteil öffentlicher Liegenschaften am Wärmenetze heute bereits bei 96 %. Heizöl macht nur einen Anteil von 2 % am Gesamtverbrauch aus. Die übrigen elf Prozent verteilen sich auf Biomasse, Heiz- und Direktstrom. Im Jahr 2040 wird angenommen, dass 81 Prozent des Wärmebedarfs über Wärmenetze bereitgestellt wird. Aufgrund des Vorbildcharakters der öffentlichen Liegenschaften wird davon ausgegangen, dass bis zum Zielszenario 2040 kein fossiler Energieträger mehr eingesetzt wird. Der restliche Wärmebedarf wird demnach über dezentrale Wärmepumpen und Biomasse erzeugt.

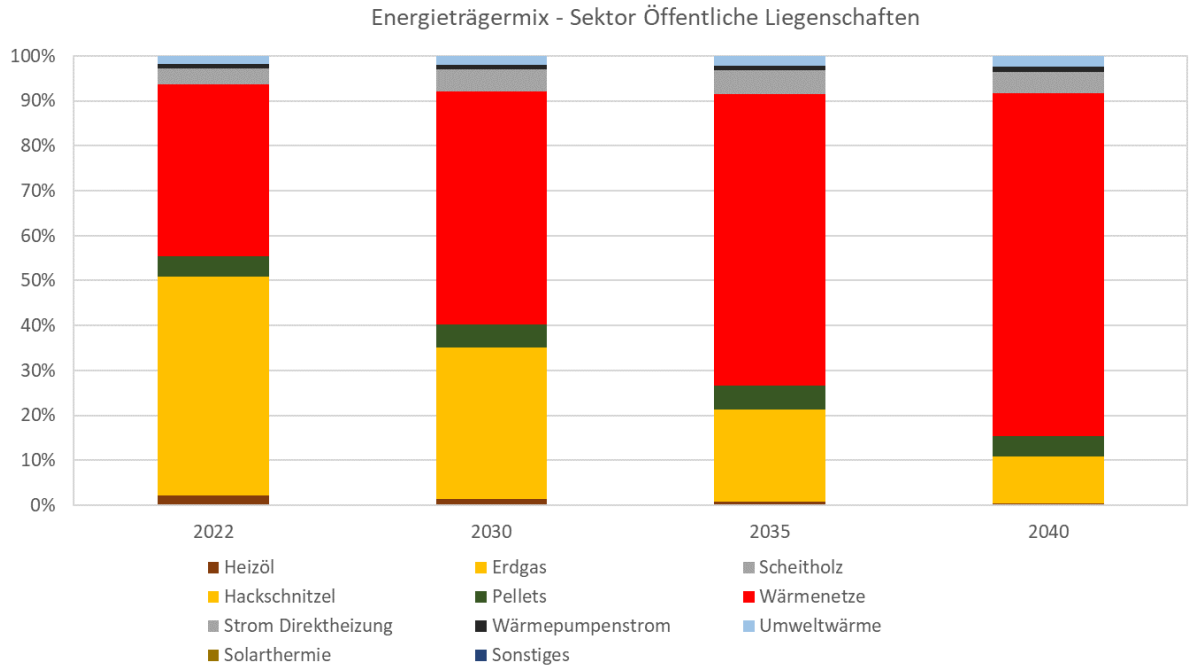


Abbildung 67: Energieträgermix - Sektor öffentliche Liegenschaften

5.2.4 CO_2-BILANZ WÄRMEENERGIE

Durch die energetische Sanierung und den Energieträgerwechsel lassen sich die CO_2-Emissionen kontinuierlich reduzieren. Mit den getroffenen Annahmen können die CO_2-Emissionen von etwa 84.900 t CO_2/a auf etwa 12.580 tCO_2/a reduziert werden (s. *Abbildung 68*). Das bedeutet eine Reduktion bis 2030 um etwa 38 Prozent und bis 2040 um etwa 84 Prozent. Die CO_2-Faktoren wurden dem Technikkatalog der KEA BW (KEA-BW & Ministerium für Umwelt, 2020) entnommen.

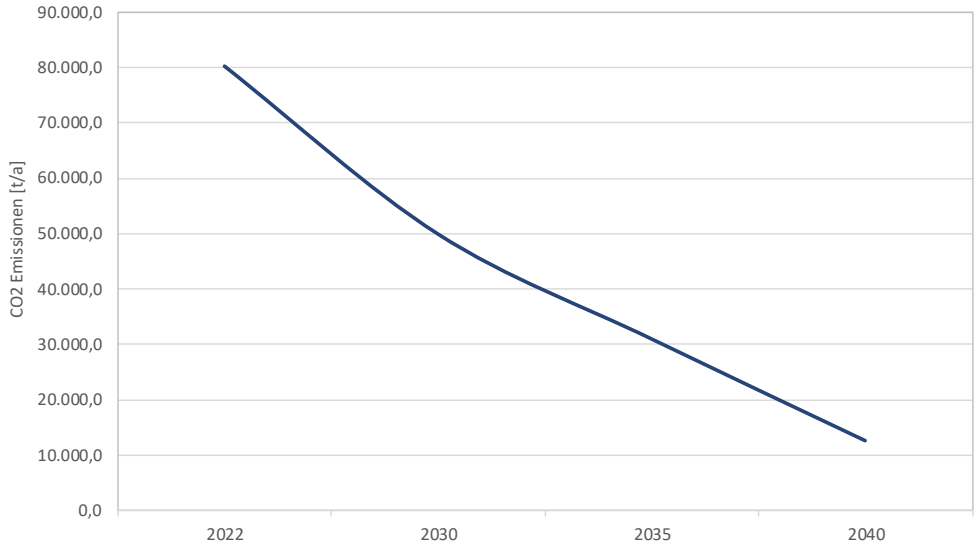


Abbildung 68: CO_2-Reduktionspfad für die Wärmebereitstellung

Abbildung 69 zeigt die Entwicklung der CO_2-Bilanz nach Energieträger. Im Jahr 2022 wurden 88 Prozent der CO_2-Emissionen durch Erdgas und Heizöl verursacht. Der Energieträgerwechsel von Heizöl und Erdgas zu regenerativer Energiequellen (Umweltwärme) und Wärmepumpen führt zur Reduktion der THG Emissionen. Entsprechend der Grundlagen des KEA reduziert sich der Emissionsfaktor von Strom von heute 0,485 tCO_2/MWh hin zu 0,032 tCO_2/MWh bis zum Jahr 2040[3]. Die Begründung liegt an der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Strommix. Umweltwärme weist keine Emissionen auf, weswegen diese in *Abbildung 69* nicht dargestellt ist.

[3] KEA Technikkatalog, 1..1 Emissionsfaktoren, Strom-Mix-D (IINAS Szenarien).

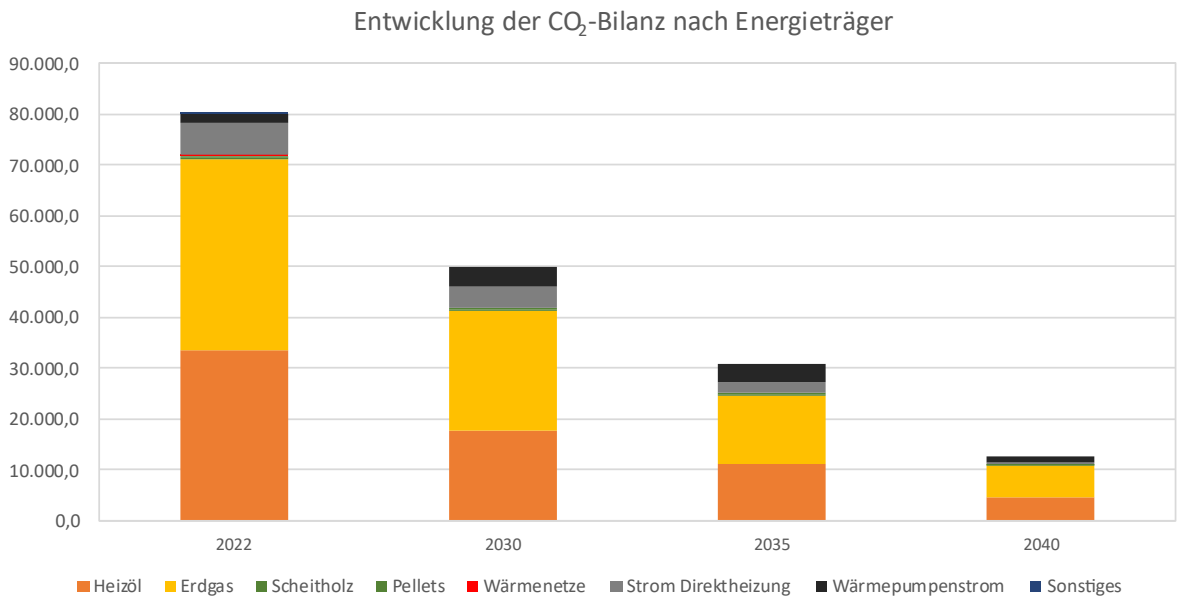


Abbildung 69: Entwicklung der CO_2-Bilanz nach Energieträger in tCO2/a

5.3 ENTWICKLUNG STROMBEDARF UND -NETZ

Der Strombedarf für die Wärmeversorgung wird aufgrund der überwiegend strombasierten Heizungssysteme, insbesondere der Nutzung von Wärmepumpen, in den kommenden Jahren stetig ansteigen. Um den Strombedarf für die Nutzung einer Wärmepumpe zu berechnen wurde vereinfacht eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 angenommen. Bis 2040 müssen mit den zu Grunde liegenden Annahmen in etwa 32 GWh Strom pro Jahr für den Betrieb von dezentralen Wärmepumpen bereitgestellt werden. Je nach Umweltwärmequelle für ein Wärmenetz kommt ein Strombedarf für die zentralen Großwärmepumpen hinzu. Hier wird von einer Jahresarbeitszahl von 4 ausgegangen. Großwärmepumpen mit entsprechender Quelle arbeiten in der Regel effizienter als Luftwärmepumpen. *Abbildung 70* zeigt die Strombedarfsentwicklung für die Wärmeversorgung bis zum Zieljahr 2040.

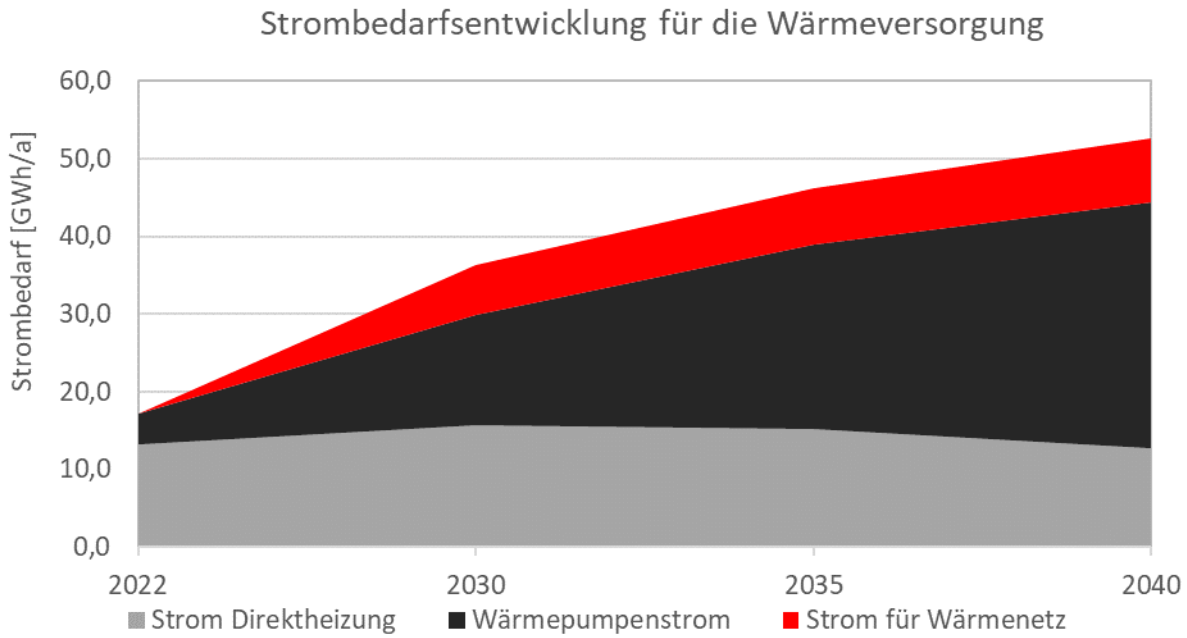


Abbildung 70: Strombedarfsentwicklung für die Wärmeversorgung

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

a) umfangreiche Netzeinspeisungen aus dezentralen PV-Anlagen sowie den Direktverbrauch innerhalb des Quartiers,
b) die Einbindung von Wärmepumpensystemen (dezentral, zentral) sowie synthetischen Brennstoffen zur Elektrifizierung des Wärmesektors und
c) 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 Niederspannungsebene 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 / Gemeinde mit PV-Anlagen ausgestattet werden, wenn noch nicht geschehen.

Seit dem 01. Mai 2022 gilt die Verordnung zur Photovoltaikpflicht in Baden-Württemberg für Neubauten und ab Januar 2030 auch für alle grundlegenden Dachsanierungen (Umweltministerium, 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 CO_2-Faktor des Strommixes langfristig deutlich reduziert werden und führt zudem zu steigender Unabhängigkeit von Strompreisen.

Aus der Potentialanalyse gehen außerdem rund 100 ha Freiflächen entlang der Bahn- und Autobahnlinien hervor, deren Belegung mit PV-Freiflächen geprüft werden könnte. Wind- und Wasserkraft weisen ebenfalls Potentiale zur lokalen Stromgewinnung auf.

6 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:

a) Zentrale Versorgungsstrategien
b) Fernwärme
c) Nahwärmenetze
d) Gasnetze
e) Dezentrale Versorgungsstrategien
f) Heizungsmodernisierung

Auch die Entwicklung des vorhandenen Erdgasnetzes wird beleuchtet.

6.1 PRÜFGEBIETE FÜR DIE ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es von Seiten der Energieversorger (badenovaNETZE, Netze BW und SWL) keine Ausbaupläne zu Fernwärmenetzen. Da neben den Energieversorgern im Gebiet zum jetzigen Zeitpunkt keine weiteren Interessenten für den Betrieb eines Wärmenetzes vorhanden sind (andere Energieversorger, Genossenschaften,…) , wird im Folgenden von Prüfgebieten für die dezentrale Wärmeversorgung gesprochen.
Als Prüfgebiet für die zukünftige zentrale Wärmeversorgung wurde die kleinräumige Gliederung, welche das Konvoigebiet in 29 Teilgebiete untergliedert, verwendet (s. Tabelle 18). Die Unterteilung auf Stadtteilebene stellt eine gute Möglichkeit dar, um Prüfgebiete für die Wärmeversorgung im Konvoigebiet festzulegen. Für jedes dieser 29 Teilgebiete wurde ein individueller Steckbrief erstellt, welcher aus vier Seiten besteht (s. *Abbildung 71*). Die erste Seite gibt Auskunft über den Status Quo der Wärmeversorgung, die Baualtersklassen und Gebäudenutzungen sowie über die vorhandenen EE-Potenziale. Die zweite Seite zeigt die aktuelle Erzeugerstruktur (Alter der Heizungsanlage) und die aus den Energieträgern resultierenden Wärmedichten. Die dritte Seite zeigt das Zielszenario für das Teilgebiet – was als Einsparpotential durch energetische Sanierung zu erwarten ist und wie sich der Bedarf der fossilen Energieträger bis 2040 reduzieren muss. Die vierte Seite zeigt die Versorgungsstrategie im Teilgebiet. Sind in dem Teilgebiet Fernwärmenetz vorhanden, werden Ausbaustrategien aufgezeigt. Ist keine Planung vorhanden, werden Prüfgebiete für Wärmenetze definiert und erläutert. Die Steckbriefe befinden sich im Anhang 2.

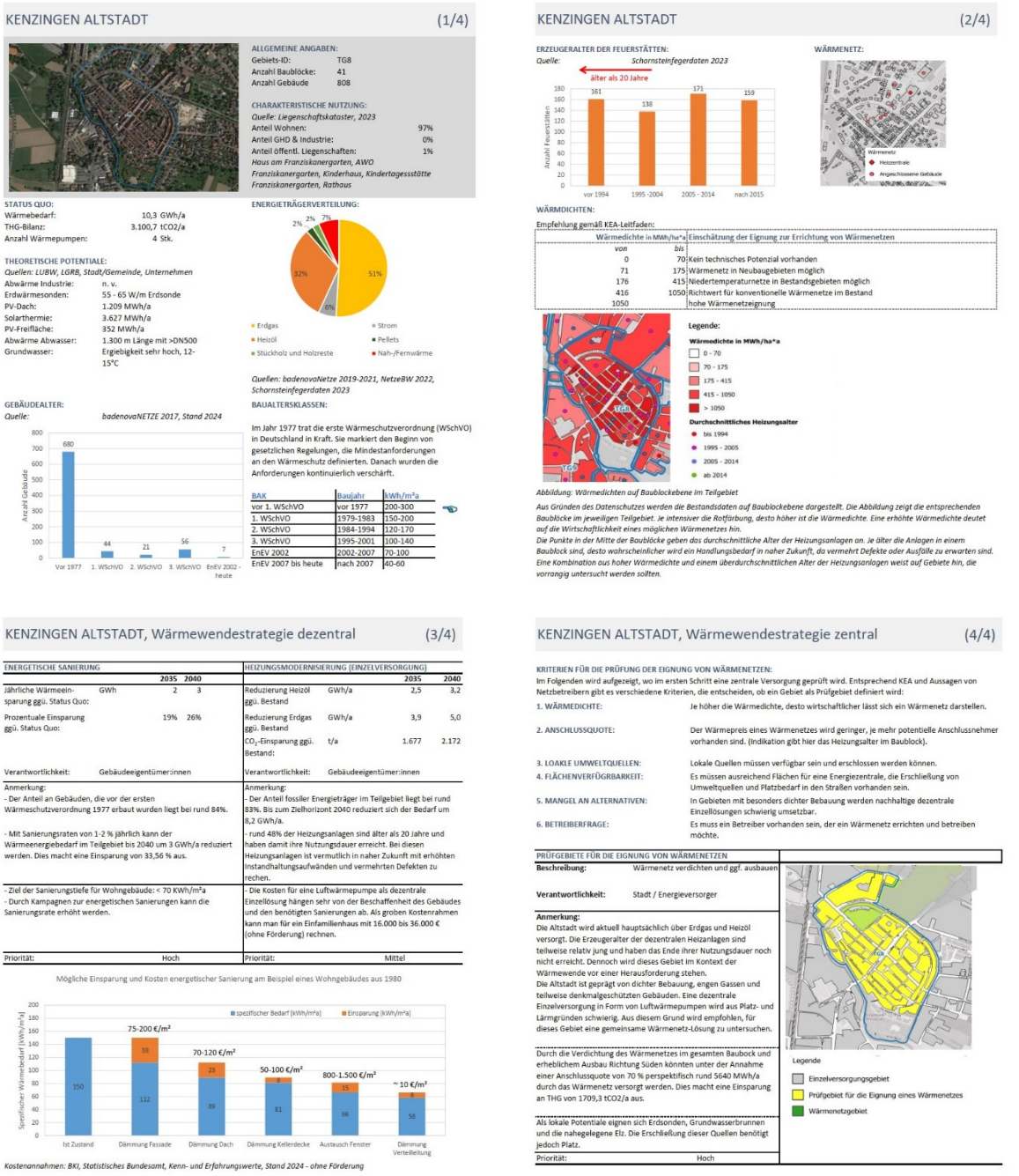


Abbildung 71: Exemplarische Darstellung der Teilgebietssteckbriefe

In der nachfolgenden Tabelle 18 werden die Teilgebiete hinsichtlich Fernwärme oder zentralen/dezentralen Lösungen aufgeteilt. Dabei wurden alle Prüfgebiete, in welchen ein Fernwärmeausbau bis 2040 möglich sein könnte, markiert.
Zusätzlich wird in Tabelle 18 der Wärmeverbrauch vom Status Quo sowie der prognostizierte Wärmeverbrauch im Jahr 2040 angegeben. Abbildung 72 bis Abbildung 76 visualisieren die vorrangigen Versorgungslösungen. Deutlich wird, dass sich die Altstädte bzw. Kernstädte überwiegend als Prüfgebiete für Wärmenetze eignen. Durch die enge Besiedelung und größtenteils alte Gebäude sind die Wärmedichten dort am höchsten. In den Ortschaften mit geringerer Besiedlungsdichte ist keine Fernwärme geplant. Daher wird es hier einen Mix aus dezentralen Einzellösungen und Nahwärmenetzen geben.

Tabelle 18: Teilgebiete mit Prüfgebieten

Stadt/ Gemeinde	Prüfgebiete Eignung	TG-Nr.	Prüf-gebiet	Einzelver-sorgung	Misch-gebiet	Wärmebedarf Prüfgebiet
Herbolzheim	Kernstadt 1	1			X	ca. 1.544 MWh/a
	Kernstadt 2	2			X	ca. 8.150 MWh/a
	Industrie und GHD	3		X		-
	Bleichheim	4		X		-
	Broggingen	5			X	ca. 2.840 MWh/a
	Tutschfelden	6		X		-
	Wagenstadt	7			X	ca. 1.000 MWh/a
Kenzingen	Altstadt	8	X			ca. 5.640 MWh/a
	Freiburger Str.	9		X		-
	Wonnental	10		X		-
	Schnellbruck	11			X	ca. 380 MWh/a
	Schützenallmend, Petersbreite Kohler	12			X	ca. 760 MWh/a
	Balger	13			X	ca. 5.280 MWh/a
	Breitenfeld	14		X		-
	Mischgebiet Balger	15		X		-
	Industriegebiet	16		X		-
	Bombach	17		X		-
	Hecklingen	18		X		-
	Nordweil	19			X	ca. 350 MWh/a
Ringsheim	Teilwärmenetzgebiet	20			X	ca. 850 MWh/a
	Kerngebiet	21			X	ca. 1.000 MWh/a
	Industrie- und GHD-Gebiet	22		X		-
Weisweil	Ortskern	23			X	ca. 1.630 MWh/a
	Neubaugebiet Süd / Rheinstraße	24			X	ca. 850 MWh/a
	Gewerbegebiet (Nordost)	25		X		-
Rust	Industrie- und Gewerbegebiet	26		X		-
	Wohngebiet	27			X	ca. 3.670 MWh/a
Rheinhausen	Niederhausen	28		x		-
	Oberhausen	29		x		-

Alle weiteren Informationen zu den jeweiligen Teilgebieten werden in den dazugehörigen Steckbriefen abgebildet. In den folgenden Übersichten werden die Versorgungslösungen je Teilgebiet dargestellt.

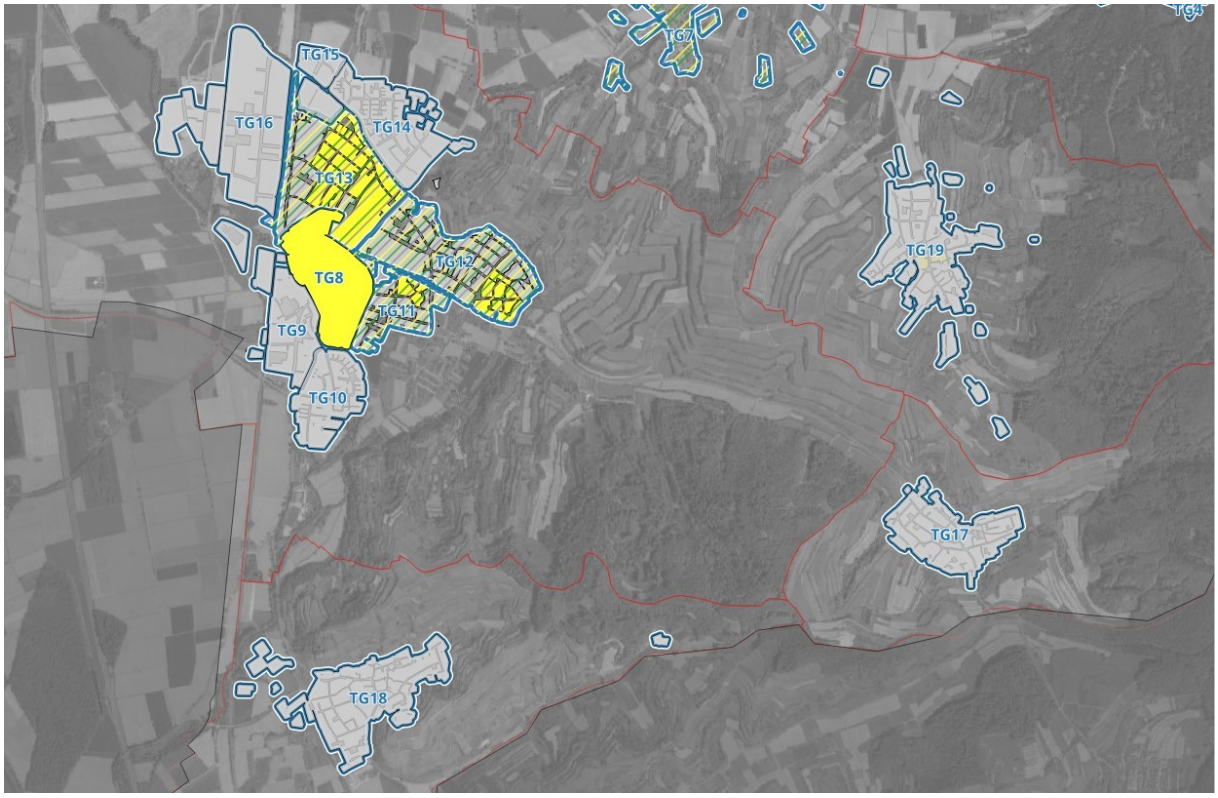


Abbildung 72: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Kenzingen

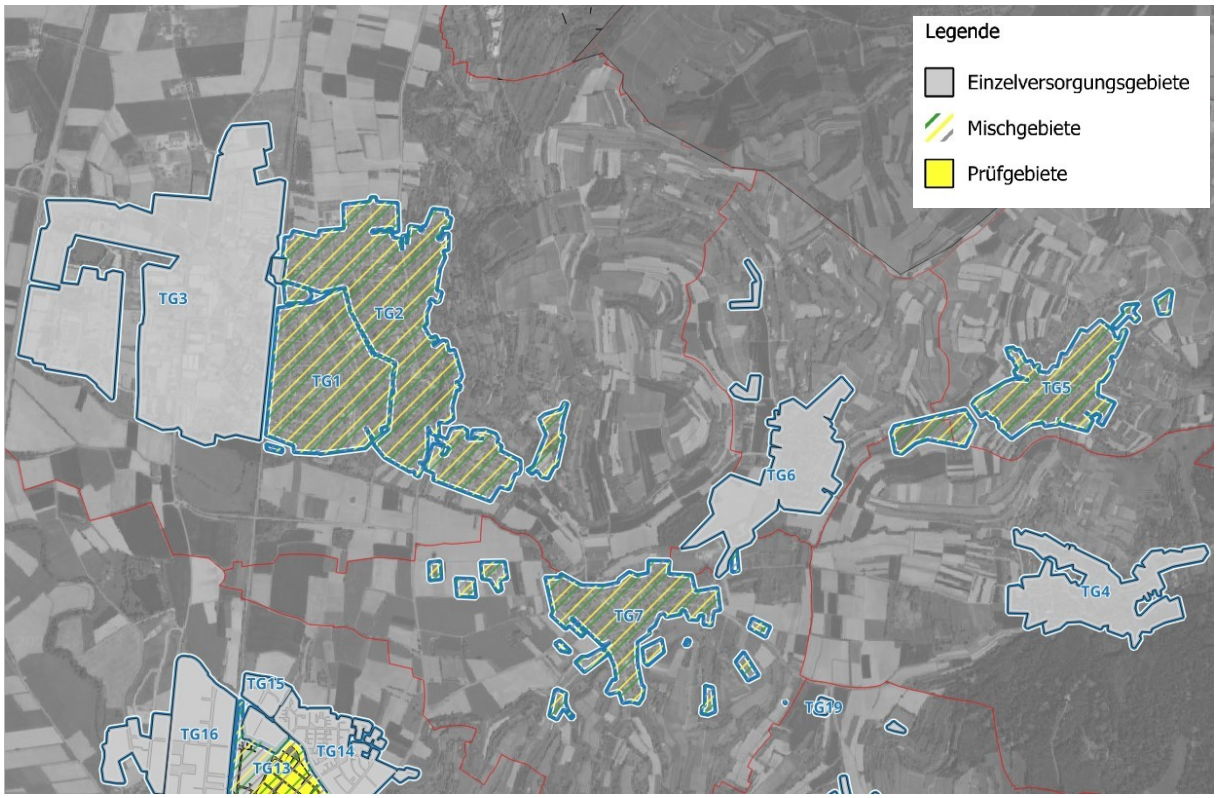


Abbildung 73: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Herbolzheim



Abbildung 74: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Ringsheim

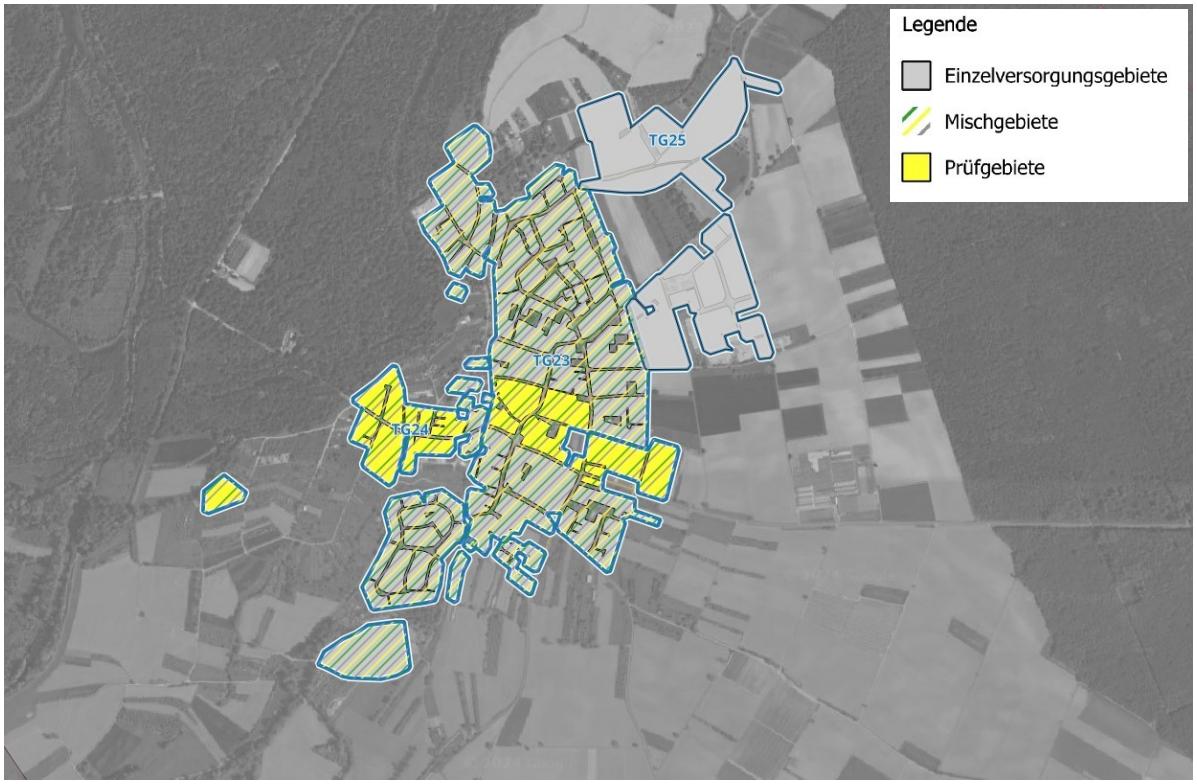


Abbildung 75: Versorgungslösungen je Teilgebiet - Weisweil

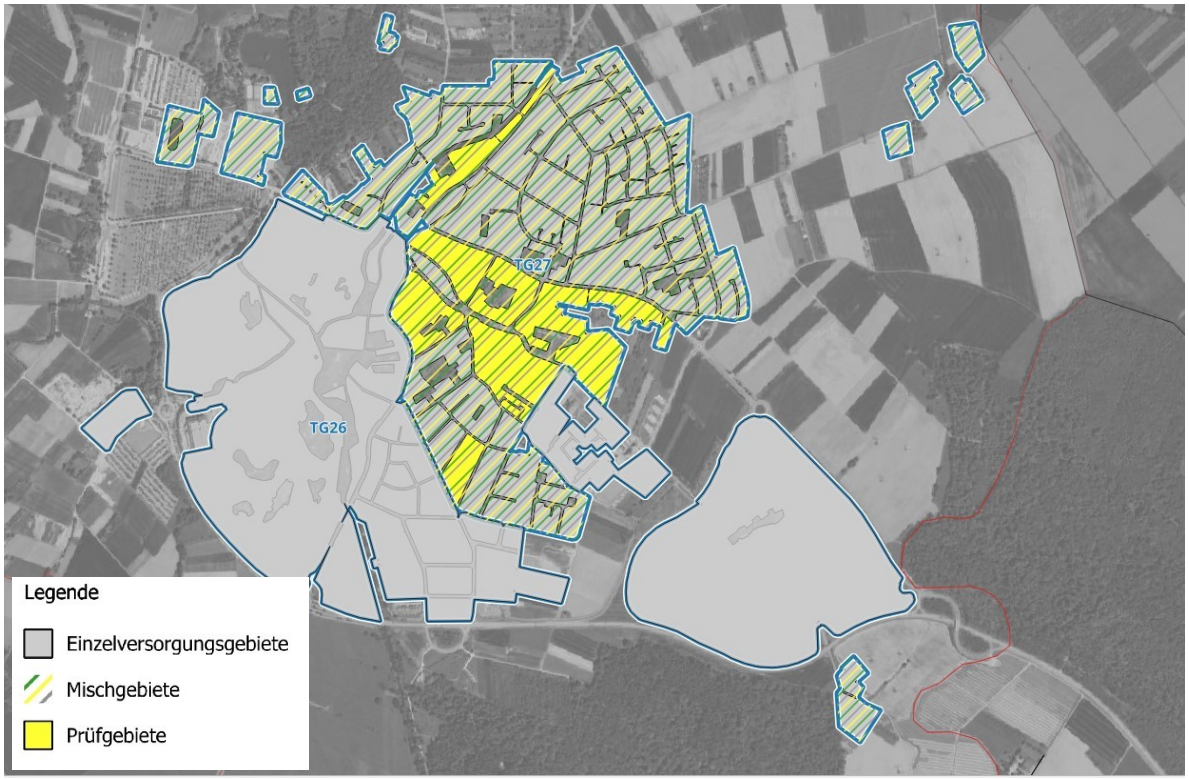


Abbildung 76: Versorgungslösung je Teilgebiet - Rust

6.2 ZENTRALE VERSORGUNGSSTRATEGIE

6.2.1 NAHWÄRMENETZE

Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine Ausbaupläne für Fernwärme in Konvoigebiet. Dennoch kann eine Nahwärmeversorgung sinnvoll sein. 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 19 sind die Klassifizierungen aufgelistet, welche in wirtschaftlicher Konkurrenz zu dezentralen Einzellösungen 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 19: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Nutzenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetze

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 175-415 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.
Neben der Wärmdichte gibt es folgende Kriterien, die über die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit eines Wärmenetzes beeinflussen:



Abbildung 77: Kriterien Wärmenetz

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 Vorlauftemperarturen 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. öffentliche Liegenschaften in der Umgebung, bei welchen zeitnah eine Modernisierung der Heizungssysteme geplant ist, als Synergieeffekte nutzbar sind.

Für eine erste Einschätzung, wo sich ein Wärmenetz wirtschaftlich lohnen kann, ist jedem Teilgebietssteckbrief eine Karte analog Abbildung 78 zu entnehmen.

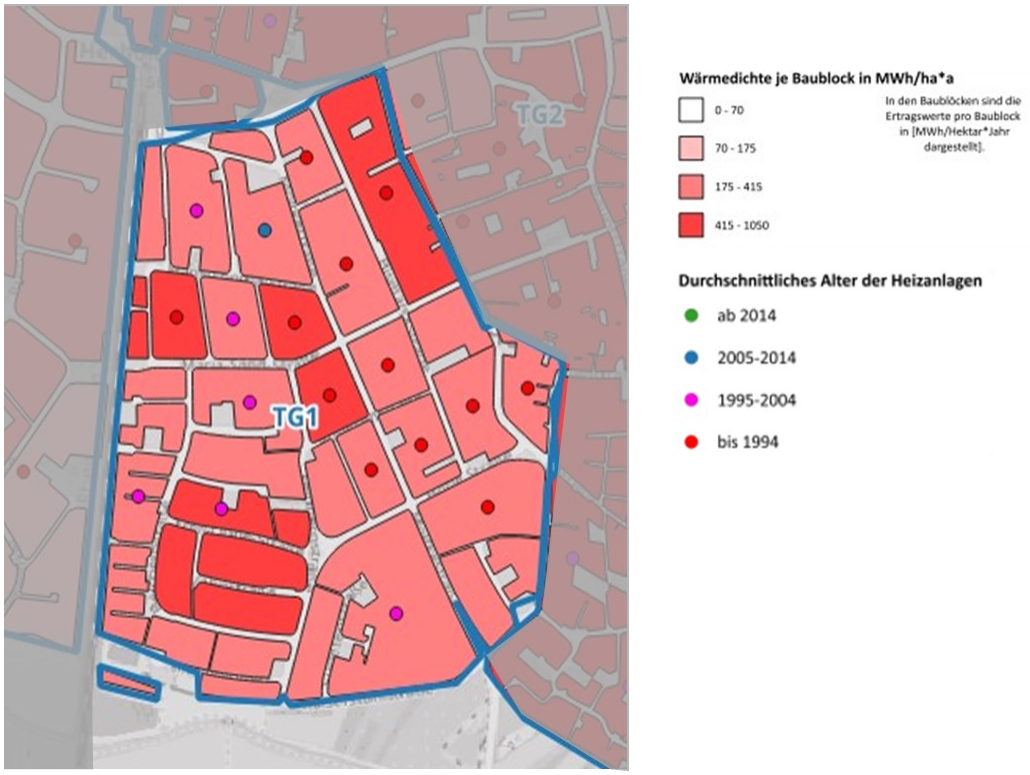


Abbildung 78: Ausschnitt Wärmedichte und Erzeugeralter auf Baublockebene (Ausschnitt)

Anhand der Karten kann für jedes Teilgebiet eingeschätzt werden, ob die Baublöcke mit höherer Wärmedichte weit auseinander liegen oder im räumlichen Zusammenhang stehen. Des Weiteren zeigt eine Graphik die Anzahl der Heizungserzeuger je Erzeugeralter. 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, vorranging 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. Mittelfristig sollten auch alle weiteren Baublöcke hinsichtlich der Machbarkeit eines Nahwärmenetzes bewertet werden.

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
- Lokale Abwärme- und Umweltwärmequellen (Abwasser, Geothermie,..) können durch Nahwärmenetz oftmals besser und effizienter genutzt werden. (Ein großes Erdsondenfeld anstatt jeder eine Erdsonde im Garten)
- Gebäudeeigentümer:innen müssen nicht direkt selbst aktiv werden
- Die Wärmegestehungskosten sind oftmals geringer gegenüber einer klimafreundlichen Einzellösung
- Kann zur steigenden Akzeptanz von erneuerbarer 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-/Dienstleistermangel
  - Anschlussquote
- Regulatorische Hemmnisse:
  - „Bestandsschutz“/derzeit keine Verpflichtung zur Sanierung
  - Kostenumlage („Mieter-Vermieter-Dilemma“)
- Verfügbarkeit von Flächen für Energiezentralen

6.2.2 ERDGASNETZ

Die Gasnetze im Konvoigebiet – wo Gasnetze vorhanden- sind gut erhalten. Betrieben werden die Gasnetze 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. 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. Diese Regelung führt zu einem Dilemma. Einerseits ist der Gasnetzversoger gesetzlich dazu verpflichtet die Versorgung sicherzustellen, anderseits 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.

6.3 DEZENTRALE EINZELLÖSUNGEN

In Gebieten, in denen die Einrichtung zentraler Nahwärmenetze nicht 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 79 werden typische Einzellösungen mit den Vor- und Nachteilen der Heizungssystems dargestellt.

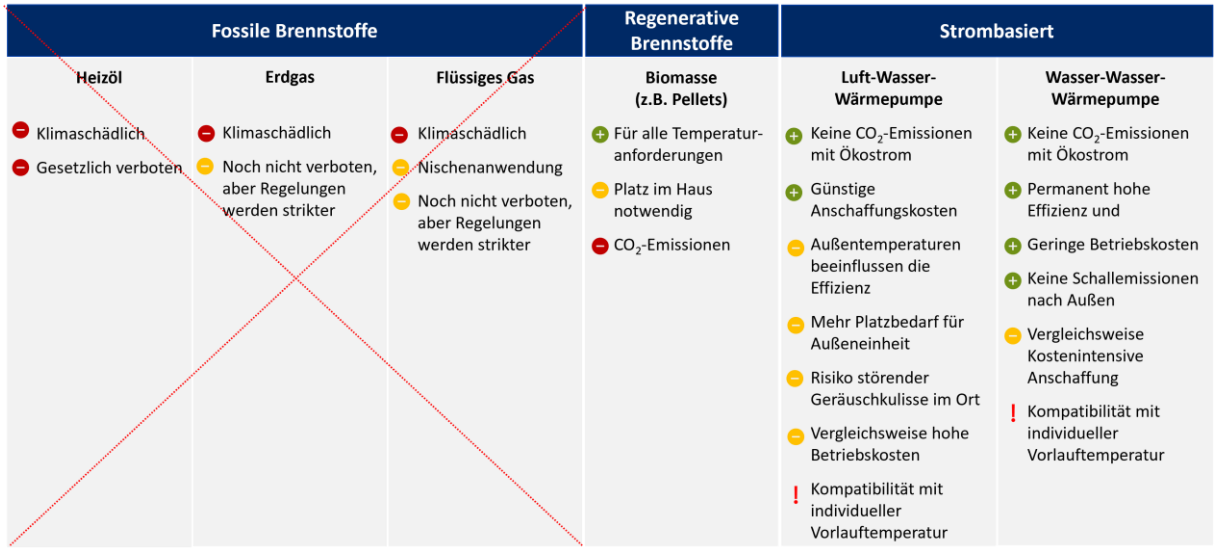


Abbildung 79: Einzellösungen und deren Vor- und Nachteile

Heizungssysteme mit fossilen Brennstoffen werden als Einzellösung ausgeschlossen, da diese einen hohen CO_2-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 2028 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 kein Wärmenetz geplant oder umgesetzt wird. Es kann jedoch auch vorkommen, dass eine Heizungsmodernisierung in einem geplanten Wärmenetzgebiet erfolgen muss, bevor dieses errichtet wurde. Gebiete, für die weitere Prüfungen (BEW-Studie, Quartierskonzept,…) für ein Wärmenetz durchgeführt werden soll, sollten zeitnah festgelegt und den Bürgern: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 (Hohe Anschlussquoten erhöhe die Wirtschaftlichkeit). 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.

6.4 FAZIT

Auf freiwilliger Basis hat sich der Konvoi zur interkommunalen Wärmeplanung als Beschaffungsgemeinschaft zusammengefunden, bestehend aus Herbolzheim, Kenzingen, Weisweil, Ringsheim, Rheinhausen und Rust. Die im Folgenden genannten Daten und Zielwerte bis 2040 (z.B. Wärmeenergiebedarf, Fernwärmeausbau, Strombedarf) beziehen sich auf gesamte Konvoigebiet.
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Wärmeenergiebedarf durch energetische Sanierungen bis 2040 um 71 GWh/a gesenkt werden kann. Dieses Ziel entspricht jedoch einer durchschnittlichen Sanierungsrate von 2%. Die Sanierungsrate könnte ambitionierter gestaltet werden, erfordert neben einer breitgefächerten Aufklärungsarbeit und umfangreichen Förderangeboten dann 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.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden sowohl Ausbaupläne von Energieversorgern berücksichtigt, als auch mögliche Ausbaupotentiale ermittelt. Diese Ausbaupotentiale müssen nun im nächsten Schritt geprüft und angegangen werden. Bis 2040 kann der Fernwärmeausbau von derzeit etwa 13 GWh/a auf 46 GWh/a angehoben werden. Dieses Ziel bedarf einer guten Planung und personelle Kapazitäten sollten ausgebaut werden. Dennoch liegt der mögliche Anteil der Fernwärme in 2040 bei ca. 22 % des Gesamtwärmebedarfs. Im Zuge nächster Iterationsschritte (Wiederholung kommunaler Wärmeplanung nach sieben Jahren) sollte dieses Ziel nochmal überarbeitet werden. Im nächsten Schritt konnten Prüfgebiete mit Energieversorgern nochmal näher betrachtet werden und es ist ein Trend erkennbar.
Dieser Umstand macht deutlich, dass das Erdgasnetz weiterhin als Brückentechnologie benötigt wird und eine enge Absprache zwischen badenovaNETZE GmbH, NetzeBW, der jeweiligen Stadt/Gemeinde empfehlenswert ist. Ziel muss es sein, Synergieeffekte optimal auszunutzen, um somit personelle und monetäre Verfügbarkeit effizient einzusetzen.

In den Gemarkungen der Konvoiteilnehmer sind einige Potenziale zu Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung vorhanden. Das Potenzial zur Nutzung von Geothermie oder Grundwasserwärme sind in den meisten Stadt- und Gemeindeteilen gegeben. Jedoch muss die Genehmigungsfähigkeit im Einzelfall geprüft werden. Auch Biomasse bietet ein Potential, was noch nicht ausgeschöpft ist. Da Biomasse aber durch lokale Verbrennungsprozesse nach wie vor Emissionen verursacht, sollte dieses Potential möglichst vermieden werden. Die Nutzung von Abwasserwärme ist in den Städten und Gemeinden noch nicht näher analysiert worden – teilweise sind Kanaldurchmesser nicht bekannt. 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. Noch vorhandene Potenziale sollten, sofern möglich, verwendet werden. Zudem ist im Konvoi 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 17 GWh Strom pro Jahr benötigt, wobei der Großteil davon (13 GWh/a) auf Nachtspeicheröfen entfällt. 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 Handwerksbetreibe 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, dass die Stadt bzw. Gemeinde weiterhin als gutes Beispiel vorangeht. Derzeit werden einige Sanierungsmaßnahmen und Machbarkeitsstudien zu Nahwärmenetzen und öffentlichen Liegenschaften durchgeführt. Auch einige Förderprogramme sind bereits vorhanden.

7 MAßNAHMENKATALOG

Ein wesentlicher Bestandteil der Wärmewendestrategie im Sinne von § 27 Absatz 2 des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) ist die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs mit dem Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040. Dabei orientieren sich die Maßnahmen am Leitbild der Nachhaltigkeitsstrategie:

- **Suffizienz:** Weniger konsumieren um Material- und Energieverbrauch zu reduzieren.
- **Effizienz:** Eingesetzte Energie effizienter nutzen
- **Konsistenz:** Energieträgerwechsel von fossilen Energieträgern zu regenerativen/ zukunftsfähigen Energiequellen

Die Anzahl der Maßnahmen ist nicht limitiert und wird für jede Stadt / Gemeinde des Konvois separat aufgelistet. Gemäß Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg §7c Absatz 2 müssen jedoch fünf prioritäre Maßnahmen benannt werden, mit deren Umsetzung innerhalb der nächsten fünf Jahre begonnen werden soll. In der folgenden Tabelle sind die Maßnahmen zu jeder Kommune abgebildet inkl. der Priorisierung der Maßnahmen. Bei der Priorisierung „1“ handelt es sich um eine der fünf prioritären Maßnahmen. Für die Top-Priorisierten Maßnahmen gibt es zusätzlich jeweils einen Maßnahmensteckbrief, in welchem jeweilige Maßnahme nochmal detaillierter beschrieben ist.

	Prio.	Maßnahmenbezeichnung	Verantwortlichkeit	Kosten für Maßnahme	Zeithorizont	Angestrebter Indikatorwert	Nächste Schritte
Kenzingen	1	PV Anlagen auf Kläranlage Kenzingen	Stadt und Kläranlage	340.000 €	1 - 5 Jahre	Installierte PV-Anlage	- Beauftragung Installationsbetrieb
	1	Prüfung Ausbau bestehendes Wärmenetz	Stadt	10 – 15 Tsd. €	1 - 5 Jahre	Entscheidungsvorlage	- Gespräche mit Betreiber führen - ggf. im weiteren Schritt Probebohrung / Thermal Response Test beauftragen
	1	Altstadt Quartierskonzept oder BEW-Studie	Stadt, Energieversorger	100 – 120 Tsd. € €	1 - 5 Jahre	Ergebnisbericht	- Gespräche mit Energieversorger - Beauftragung Dienstleister zur Durchführung weiterführender Konzepte
	1	Energiekarawane (besonders Teilorte)	Stadt	20 – 25 Tsd. €/Kampagne	durchgehend	Anzahl durchgeführter Beratungsgespräche	- Benennung Verantwortliche - Kampagnenplan festlegen
	1	Informationskampagne lokale Umweltquellen (Grundwasserbrunnen / Erdsonden / Erdkollektoren für Wärmepumpen)	Städte und Gemeinden des Konvois	ca. 2.000 € / Veranstaltung	1-5 Jahre	Anzahl durchgeführter Veranstaltungen	- Zusammenschluss zu Arbeitsgemeinschaft mit Definition der Verantwortlichen - Beauftragung Vortragende
	2	Prüfung Wärmenetz im Falle einer Sanierung Herrenberghalle	Stadt, Energieversorger	100 – 120 Tsd. €		Entscheidung über Prüfung	- Alle notwendigen Beteiligten informieren - Im Falle: Dienstleister beauftragen
	2	Prüfung Wärmenetz im Falle einer Sanierung Heizung Kindergarten Schnellbruck	Stadt, Energieversorger	100 – 120 Tsd. €		Entscheidung über Prüfung	- Alle notwendigen Beteiligten informieren - Im Falle: Dienstleister beauftragen
	2	KEFF-Check / Beratung weiter vorantreiben / bewerben	Stadt	ca. 5.000 € / Jahr		Anzahl durchgeführter KEFF-Checks	- Bewerbung des Angebots bei KMUs
	2	Förderung Balkonsolar ausweiten auf Dach-Solar	Stadt	ca. 20.000 €	1-5 Jahre	Anzahl Förderungen	- Gelder für Dach-PV bereitstellen - Förderung bewerben
	2	PV-/Solarberatung im Konvoi	Städte und Gemeinden des Konvois	ca. 2.000 € / Veranstaltung	1-5 Jahre	Anzahl durchgeführter Veranstaltungen	- Zusammenschluss zu Arbeitsgemeinschaft mit Definition der Verantwortlichen - Beauftragung Vortragende
	2	Machbarkeit und Potentialplan Photovoltaik auf öffentlichen Liegenschaften	Stadt	ca. 5.000 € / Gebäude	1 – 5 Jahre	Anzahl umgesetzter PV- oder Solaranlagen auf öffentlichen Liegenschaften	- Definition Leistungsbild und Beauftragung Dienstleister (Statiker, energetische Simulation)
	2	Sanierungsfahrpläne öffentliche Liegenschaften	Stadt	7.55 – 15.000 €/Gebäude	1-5 Jahre	Anzahl durchgeführter Sanierungsfahrpläne	- Definition Leistungsbild und Beauftragung Dienstleister

7.1 MAßNAHMEN STADT KENZINGEN

M. 1	INTERKOMMUNALE INFORMATIONSVERANSTALTUNGEN LOKALE UMWELTQUELLEN		
	Kosten für die Maßnahme	Verantwortlichkeit	Dauer Maßnahme
	Ca. 2.000 €/Veranstaltung	*Prio 1: Kenzingen, Weisweil, Rust* *Prio 2: Herbolzheim, Ringsheim*	*offen*
	Energieeinsparung	CO2-Einpsarung	Angestrebter Indikatorwert
	Max. 5,6 GWh/a *JAZ Luft-Wärmepumpe: 3* *JAZ Wasser-Wärmepumpe: 4,5*	*Ca. 21.000 t bis 2040*	*Anzahl durchgeführter Veranstaltungen*

Beschreibung:
Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung setzen die Gemeinden des Konvois auf die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen, um eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung zu fördern. Eine zentrale Maßnahme ist die Durchführung von Informationsveranstaltungen, die sich speziell an private Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer richten.
Diese Veranstaltungen bieten eine umfassende Einführung in das Thema oberflächennahe Geothermie, insbesondere die Nutzung von Erdsonden und Grundwasserbrunnen. Die Teilnehmenden erhalten praxisnahe Informationen darüber, wie sie diese Technologien auf ihrem eigenen Grundstück umsetzen können. Fachleute erläutern die technischen, rechtlichen und genehmigungstechnischen Voraussetzungen und gehen auf die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile der Geothermie ein. Ziel ist es, die Bürgerinnen und Bürger bei der Planung und Umsetzung geothermischer Anlagen zu unterstützen und so den Anteil erneuerbarer Energien im kommunalen Wärmeversorgungssystem zu erhöhen.

Über das Umweltministerium gibt es zudem einen Leitfäden für die Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen[4] und Erdwärmesonden[5]. Hier können sich Interessierte bereits über technische und genehmigungsrechtliche Hintergründe informieren.

M. 2	ERRICHTUNG PV-ANLAGE AUF KLÄRANLAGE		
	Kosten für die Maßnahme	Verantwortlichkeit	Dauer der Maßnahme
	Ca. 340.000 €	*Stadt Kenzingen, Kläranlagenleitung*	*Ca. 1 Jahr*
	Energieeinsparung	CO2-Einpsarung	Angestrebter Indikatorwert
	247 MWh/a	*Etwa 60t CO_2 bis 2040*	*Inbetriebnahme PV-Anlagen*

Beschreibung:
Die Dächer der Kläranlage Kenzingen sollen mit Photovoltaikmodulen belegt werden. Bei voller Belegung der Dächer können bis zu 551 Module untergebracht werden. Unter der Annahme einer Modulleistung von 450 kWp können in Summe 247 kWp installiert werden, was einen jährlichen Ertrag von rund 247 MWh ausmacht.
Aktuell werden durch die Prozesse der Kläranlage rund 600 MWh pro Jahr an Strom benötigt. Kläranlagen haben durch den ganzjährigen und ganztätigen Betrieb eine relativ hohe Grundlast. Damit kann ein relativ hoher Anteil der erzeugten Strommenge eigens genutzt werden.

[4] Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen (lgrb-bw.de)
[5] Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden (lgrb-bw.de)



Abbildung 80: Luftbild Kläranlage Kenzingen (Quelle: Google Maps)

M. 3 PRÜFUNG AUSBAU BESTEHENDES WÄRMENETZ

Kosten für die Maßnahme	Verantwortlichkeit	Dauer der Maßnahme
10.000 – 15.000 €	*Stadt Kenzingen*	*1-2 Jahre*
Energieeinsparung	**CO2-Einpsarung**	**Angestrebter Indikatorwert**
Ca. 160 MWh/a bei max. Erdsondenausbau	*Etwa 670 tCO_2 bis 2040 bei max. Erdsondenausbau*	*Anzahl Anschlüsse Wärmenetz*

Beschreibung:

Die Stadt Kenzingen hat im Gymnasium eine Hackschnitzelanlage mit einem Erdgas-Spitzenlastkessel eingebaut. Von hier werden das Schulzentrum, die Sporthalle, die AWO und mehrere Wohngebäude über ein Wärmenetz versorgt. Es gilt zu prüfen, ob und inwiefern zusätzliche Leistung installiert und das Netz erweitert werden könnte.

Als lokale Umweltquellen können Erdsonden und Grundwasserbrunnen für die geothermische Nutzung mit Hilfe einer Wärmepumpe dienen. Die Ergiebigkeit dieser Potentiale sind als sehr hoch anzunehmen, müssen jedoch in weiterführenden Untersuchungen bestätigt werden (bspw. über Thermal-Response-Tests oder Pumpversuche). Für die Erschließung dieser Quellen würde sich das Schul- und Sportgelände anbieten.

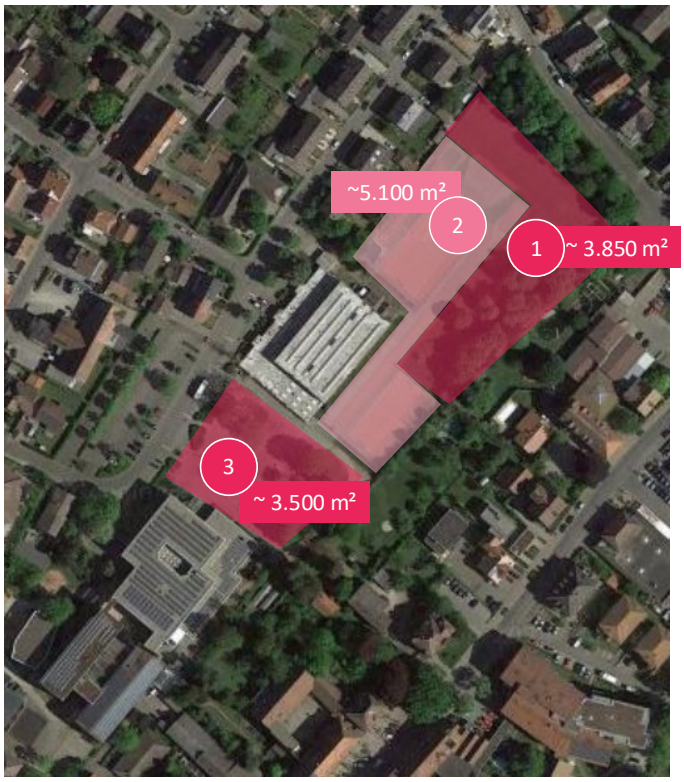


Abbildung 81: Potentielle Flächen für Erdsonden / Grundwasserbrunnen

Für Erdsonden ergibt sich beispielsweise unter der Annahme eines Flächenbedarfs je Erdsonde von 100 m² (10x10 Meter) folgende maximale Anzahl an Erdsonden untergebracht werden:

Fläche	Anzahl Sonden *(100 m Bohrtiefe)*	Ertrag Erdsonden *(bei 60 W/m, 1.800 VBH)*	Wärmebereitstellung über Wärmepumpe *(bei JAZ 4)*
1	38	41 MWh/a	49,2 MWh/a
2	51	55,0 MWh/a	66,0 MWh/a
3	35	37,8 MWh/a	45,4 MWh/a

M. 4 PRÜFUNG KLIMANEUTRALE WÄRMEVERSORGUNG ALTSTADT

Kosten für die Maßnahme	Verantwortlichkeit	Dauer der Maßnahme
Ca. 100.000 - 120.000 €	*Stadt Kenzingen, Energieversorger*	*1-2 Jahre*
Energieeinsparung	**CO2-Einpsarung**	**Angestrebter Indikatorwert**
Abhängig von Ergebnis Konzept	*Abhängig von Ergebnis Konzept*	*Ergebnisbericht*

Beschreibung:
Die Historische Altstadt birgt im Kontext der Wärmewende mehrere Herausforderungen. In der Altstadt befinden sich viele denkmalgeschützte Gebäude, enge Gassen und eine enge Bebauungsdichte. Diese Rahmenbedingungen führen dazu, dass es für die Gebäudeeigentümer:innen der hier kaum bis keine Möglichkeit gibt, Ihre Gebäude mit regenerativen Energien dezentral selbst zu versorgen (bspw. über Luftwärmepumpen).

Auf der anderen Seite ist fraglich, wie viel Platz in den Straßen für eine zusätzliche Leitungsführung noch vorhanden ist zumal Teile der Altstadt gepflastert sind. Die Wiederherstellung dieser Pflasterung birgt einen Mehraufwand.

Aus diesem Grund muss die Altstadt als Quartier in einem weiterführenden und detaillierteren Konzept (bspw. Quartierskonzept, BEW-Studie) nochmal näher beleuchtet werden.

M. 5 EINFÜHRUNG ENERGIEKARAWANE

Kosten für die Maßnahme	Verantwortlichkeit	Dauer der Maßnahme
20.000 – 25.000 € /Kampagne	*Stadt Kenzingen, Energieversorger*	*offen*
Energieeinsparung	**CO2-Einpsarung**	**Angestrebter Indikatorwert**
Insgesamt 16,9 GWh bis 2040, sofern 2 % der Gebäude saniert	*Ca. 4.000 tCO_2 bis 2024*	*Anzahl Beratungen*

Beschreibung:
Die Stadt Herbolzheim hat die „Energiekarawane“ ins Leben gerufen (Herbolzheim, 2024). Diese ist eine Sanierungskampagne des Klimaschutzmanagements in Herbolzheim und bietet den Gebäudeeigentümer: innen die Gelegenheit, sich einen qualifizierten und zertifizierten Energieberater zu einer individuellen Beratung direkt ins Haus zu holen. Hierbei können Fragen zu Schwachstellen des Gebäudes gestellt und mögliche Modernisierungsmaßnehmen erörtert werden. Außerdem werden die Eigentümer:innen über Fördermöglichkeiten informiert. Die Energiekarawane zieht dabei – wie der Name erkennen lässt – von Ort zu Ort und bietet in einem gewissen Zeitraum der Bevölkerung dieses Gebietes die Möglichkeit zur kostenfreien Beratung.

Dieses Beispiel hat die Stadt Kenzingen zum Vorbild genommen und möchte ebenfalls eine Energiekarawane einführen. Auf Basis der Ergebnisse und Erkenntnisse der kommunalen Wärmeplanung können die jeweiligen Teilgebiete passgenau informiert werden. So können Bürger:innen beispielsweise gezielt auch über die Erschließung lokaler Umweltpotentiale aufgeklärt werden.

Die Energiekarawane soll vorwiegend in Ortschaften und Teilgebieten durchgeführt werden, die in einem Einzelversorgungsgebiet liegen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Agentur für erneuerbare Energien. (2017). *INDUSTRIELLER WÄRMEBEDARF NACH WIRTSCHAFTSZWEIGEN.*

badenova . (2019). *Energiepotenzialstudie: Ergebnisse der Gemeinde Ringsheim.* Stabstelle Energiedienstleistungen.

badenova. (2016). *Energiepotenzialstudie Gemeinde Rust.* badenova.

badenova. (2017). *Energiepotenzialstudie Stadt Kenzingen.* badenova.

badenova AG & Co. KG. (2015). *Offenburg Klimaschutz*. Abgerufen am 21. 02 2022 von https://www.offenburg-klimaschutz.de/energiepotenzialstudie.html

Baden-Württemberg, L. (7. 2 2023). *Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg.* Abgerufen am 14. 11 2023 von https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-KlimaSchGBW2023rahmen

badeonva. (2016). *Energiepotenzialstudie Stadt Herbolzheim.* Freiburg: badenova AG & Co. KG.

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

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2021). *Energieeffizienz für eine klimaneutrale Zukunft 2045.*

DBU. (2005). *Jahresbericht der DBU.* Abgerufen am 2023 von https://www.dbu.de/OPAC/ep/JB2005.pdf

Deutschland, B. (2021). *Generationenvertrag für das Klima*. Von https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672 abgerufen

EnBW. (4 2024). *EnBW Pressemitteilung.* Abgerufen am 5 2024 von EnBW nimmt modernes Wasserkraftwerk in Betrieb: https://www.enbw.com/presse/enbw-wasserkraftwerk-rheinhausen-betrieb.html

Europäische Kommission. (11. Dezember 2019). *Europäische Kommission.* Abgerufen am 15. November 2021 von https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF

Fraunhofer ISI, Consentec GmbH, ifeu. (2017). *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Module 0-3.* Fraunhofer ISI – Benjamin Pfluger. Berlin: Bundeministerium für Wirtschaft und Energie.

Fraunhofer ISI, S. G. (9 2027). *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland.* Abgerufen am 2 2024 von https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjK4-GaiaeIAxU38QIHHWqEKPkQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.isi.fraunhofer.de%2Fcontent%2Fdam%2Fisi%2Fdokumente%2Fccx%2F2017%2FLangfristszenarien_Modul_0.pdf&usg=AOvVaw1Sxpb41tx-VB4r

Freiburg, Ö. (2023/2024). *Ökostrom Freiburg* . Abgerufen am 2 2024 von https://www.oekostrom-freiburg.de/kenzingen

fridaysforfuture. (3. Januar 2022). Abgerufen am 3. Januar 2022 von https://fridaysforfuture.de/forderungen/

GeoRG, L. L.-P. (2013). *Geopotenziale.org.* Abgerufen am 2024 von https://www.geopotenziale.org/geoportal

Gugel, B., Rechsteiner, E., & Dingeldey, M. (Dezember 2019). Energie- und CO2-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO2 BW. *Gebrauchsanweisung der Version 2.9 (2019)*. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH .

Herbolzheim, S. (2024). *Energiekarawane.* Abgerufen am 9 2024 von https://www.stadt-herbolzheim.de/wirtschaft-handel/klimaschutz/energiekarawane

Hertle, H., Dünnebeil, F., Gugel, B., Rechsteiner, E., & Reinhard, C. (Novemeber 2019). BISKO Bilanzierungs-Systemik Kommunal. *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen*

Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland. Heidelberg: ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

IFEU. (9 2018). *Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende?* Abgerufen am 1 2024 von https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu-bmu_Abwaermepotenzial_Abwasser_final_update.pdf

IN4CLIMATE.NRW. (Juni 2021). *Industrieabwärme Klimaneutral: Strategien und Voraussettzungen für die Transformation.* Abgerufen am 2 2024 von Diskussion der Arbeitsgruppe Wärme: https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_IN4climate.NRW/2021/diskussionspapier-klimaneutrale-waerme-industrie-cr-in4climatenrw.pdf

IPCC Arbeitsgruppe I. (2021). *IPCC deutsche Koordinierungsstelle.* Abgerufen am 11. November 2021 von https://www.de-ipcc.de/media/content/AR6-WGI-SPM_de.pdf

IPCC deutsche Koordinierungsstelle. (2019). *IPCC-Sonderbericht über 1,5°C globale Erwärmung.*

IWU, I. W. (10. 2 2015). *Gebäudetypologie und Daten zum Gebäudebestand.* Abgerufen am 12 2023 von https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/gebaeudetypologie/

Justiz, B. d. (20. 12 2023). *Gesetz zur Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz WPG).* Abgerufen am 12 2023 von https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/WPG.pdf

KEA-BW & Ministerium für Umwelt, K. u. (12 2020). *Handlungsleitfaden kommunale Wärmeplanung.* Abgerufen am 11 2023 von https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf

Länder, S. Ä. (2011). *Ergebnisse des Zensus 2011.* Abgerufen am 3 2024 von https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html?nn=558960

LGRB, L. f.-W. (2024). *Informationssystem für oberflächennahe Geothermie (ISONG).* Abgerufen am 2023 von https://isong.lgrb-bw.de/

Link, G., Krüger, C., Rösler, C., Bunzel, A., Nagel, A., & Sommer, B. (2018). Klimaschutz in Kommunen. *Praxisleitfaden 3. aktual. u. erw. Aufl.* Berlin, Deutschland: Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.).

LUBW, L. f.-W. (2015). *Daten- und Kartendienst der LUBW.* Abgerufen am 2023 von https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/

Ministerium für Umwelt, K. u.-B. (2023). *Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung.* Abgerufen am 1 2024 von https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog

Ministerium für Umwelt, K. u.-W. (2021). *Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg*. Von https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-baden-wuerttemberg/klimaschutzgesetz/ abgerufen

Mitsdoerffer, C. u. (2008). *Regenerative Energie nutzen- Wärmequelle Abwasser.* WWT-Wasserwirtschaft Wassertechnik.

Offenburg, S. (2021). *Klima Maßnahmen*. Von https://www.offenburg.de/de/bauen-und-umwelt/klimaschutz/klima-massnahmen/ abgerufen

Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg, P. (10 2021). *Baden-Württemberg Klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der erneuerbaren Energien.* Abgerufen am 3 2024 von https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user_upload/pee/Startseite/Magazin/Projekt/PDF/20211027_Studie_EE-Ausbau_fuer_klimaneutrales_BW.pdf

Powerloop, K. L. (03. Juli 2020). *Wärme-Kraft-Kopplung - Der Schlüssel für eine sichere , saubere und bezahlbare Energiezukunft.* Abgerufen am 27. Februar 2023 von https://powerloop.ch/wp-content/uploads/2020/07/POWERLOOP-Standardpr%C3%A4sentation-v20200703c-1.pdf

Purr, K., Günther, J., Lehmann, H., & Nuss, P. (2019). *Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie, 36/2019.* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

StaLa. (2022). *Baden-Württemberg Statistisches Landesamt*. Abgerufen am 21. 02 2022 von https://www.statistik-bw.de/Umwelt/Luft/Treibhausgase.jsp

Statista. (2024). *Statistiken zur Abwasserwirtschaft.* Abgerufen am 2024 von https://de.statista.com/themen/3492/abwasserwirtschaft-in-deutschland/#topicOverview

Statistisches Landesamt, B.-W. (2022). *Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.* Abgerufen am 2024 von https://www.statistik-bw.de/SRDB/?R=GS316017

Umweltbundesamt. (2019). *RESCUE - Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität.* Abgerufen am 12 2023 von https://www.umweltbundesamt.de/rescue

Umweltbundesamt. (2022). *Treibhausgasemissionen in Deutschland*. Abgerufen am 21. 02 2022 von https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#nationale-und-europaische-klimaziele

Umweltministerium. (11. 10 2021). *Verordnung des Umweltministeriums zu den Pflichten zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Dach- und Parkplatzflächen.* Abgerufen am 10 2023 von https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/4_Klima/Klimaschutz/Klimaschutzgesetz/Photovoltaikpflicht-Verordnung-Baden-Wuerttemberg-barrierefrei.pdf

zsw, i. F.-I. (6 2022). *Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040.* Abgerufen am 3 2024 von Teilbericht Sektorziele 2030: https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Pressemitteilungen/2022/220624_Teilbericht_Sektorziele_BW.pdf

9 ANHANG 1: TEILGEBIETS-STECKBRIEFE