# Wärmeplan für die Stadt Ludwigshafen am Rhein

KlimaLu
Klimaschutz ist hier zu Hause

Ludwigshafen
Stadt am Rhein

# Impressum

**Herausgeber / Copyright**

Stadt Ludwigshafen am Rhein
Stabsstelle Klimaschutz

Bismarckstraße 29
67059 Ludwigshafen am Rhein

**bearbeitet durch:**

EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH
Landstraße 20
52457 Aldenhoven

Die Technischen Werke Ludwigshafen am Rhein AG haben im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung maßgeblich zu Datengrundlagen und Expertise beigetragen.

Dieser Bericht darf nur unverkürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der Genehmigung durch die Herausgeber*innen / Verfasser*innen.
gefördert durch:

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Der Abschlussbericht zur kommunalen Wärmeplanung wurde im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung unter dem Förderkennzeichen 67K25129 mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.
Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert die Bundesregierung seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei.
Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Stand: August 2025

**Mitglieder der Projektgruppe Wärmeplanung**

| | |
|---|---|
| Ellen Schlomka | Stabsstelle Klimaschutz, Stadt Ludwigshafen |
| Edith Kindopp | Stabsstelle Klimaschutz, Stadt Ludwigshafen |
| Dr. Armin Kraft | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Sarah Henn | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Manuela Bücken | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Dr. Kristina Blume | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Matthias Einsele | Technische Werke Ludwigshafen am Rhein AG |
| Jutta Karaadak-Schüle | TWL Netze GmbH |

**Mitglieder des Lenkungskreises Wärmeplanung**

| | |
|---|---|
| Alexander Thewalt | Leitung des Dezernats Bau, Umwelt und Verkehr, WBL, Stadt Ludwigshafen |
| Ellen Schlomka | Stabsstelle Klimaschutz, Stadt Ludwigshafen |
| Edith Kindopp | Stabsstelle Klimaschutz, Stadt Ludwigshafen |
| Dr. Armin Kraft | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Sarah Henn | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Manuela Bücken | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Dr. Kristina Blume | EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH |
| Thomas Mösl | Technischer Vorstand der TWL AG |
| Dieter Feid | Kaufmännischer Vorstand der TWL AG |
| Matthias Einsele | Technische Werke Ludwigshafen am Rhein AG |
| Jutta Karaadak-Schüle | TWL Netze GmbH |
| Wolfgang van Vliet | Vorstand GAG Ludwigshafen am Rhein |
| Mirko Sädtler | BASF Wohnen + Bauen GmbH |
| Michael Hübner | BASF Wohnen + Bauen GmbH |
| Johanna Coleman | BASF Wohnen + Bauen GmbH |

# Inhalt

**Impressum** ..... **2**

**Kurzfassung** ..... **6**

**1 Einführung** ..... **11**

1.1 Aufgabe, Bedeutung und Ablauf der Wärmeplanung ..... 11

1.2 Projektstruktur und Akteurseinbindung ..... 14

1.3 Hinweise für Gebäudeeigentümer*innen ..... 15

**2 Eignungsprüfung und verkürzte Wärmeplanung** ..... **17**

**3 Bestandsanalyse** ..... **18**

3.1 Methodik ..... 18

3.2 Gemeindestruktur ..... 19

3.3 Gebäudestruktur ..... 20

3.4 Energieinfrastruktur ..... 26

3.5 Wärmebilanz ..... 29

3.6 Endenergiebilanz ..... 37

3.7 Treibhausgasbilanz für den Wärmemarkt ..... 38

**4 Potenzialanalyse** ..... **39**

4.1 Methodik ..... 39

4.2 Schutzgebiete ..... 41

4.3 Dezentrale Potenziale ..... 42

4.3.1 Reduktion des Wärmebedarfs ..... 42

4.3.2 Oberflächennahe Geothermie ..... 50

4.3.3 Umgebungsluft ..... 54

4.3.4 Dachflächen-Solarthermie ..... 55

4.3.5 Dachflächen-Photovoltaik ..... 58

4.4 Zentrale Potenziale ..... 61

4.4.1 Tiefe und mitteltiefe Geothermie ..... 61

4.4.2 Flusswasserwärme ..... 66

4.4.3 Klärwasserwärme ..... 67

4.4.4 Abwasserwärme ..... 70

4.4.5 Unvermeidbare Abwärme ..... 72

4.4.6 Biomasse ..... 74

4.4.7 Wasserstoff im Wärmemarkt ..... 78

4.4.8 Freiflächen-Solarthermie ..... 80

4.4.9 Wärmespeicher ..... 84

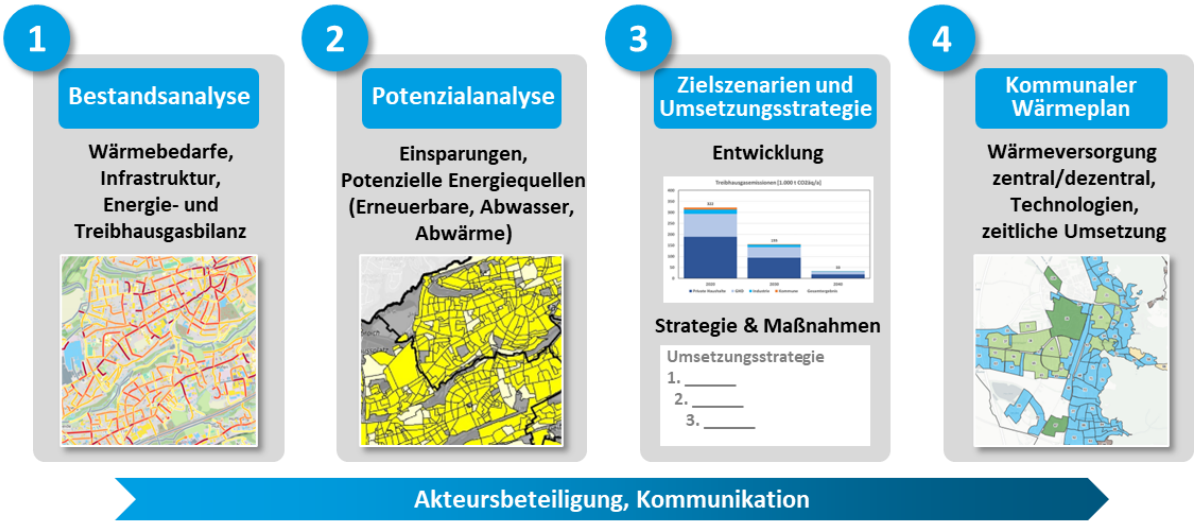
4.4.10 Freiflächen-Photovoltaik ....84
4.4.11 Windkraft ....88
4.5 Gesamtpotenzial ....89
**5 Kommunikation & Beteiligung ....91**
**6 Zielszenario ....93**
6.1 Methodik ....93
6.2 Wärmeversorgungsgebiete ....96
6.2.1 Wärmenetzgebiete ....98
6.2.2 Teilgebiete und Quartierslösungen ....102
6.2.3 Dezentrale Versorgungsgebiete ....109
6.3 Transformation der Wärmeversorgung ....112
6.3.1 Entwicklung der Wärmebedarfe ....112
6.3.2 Entwicklung dezentral eingesetzter Energieträger ....116
6.3.3 Entwicklung der Energiebilanz und Emissionen ....117
6.4 Investitionsrahmen und Endkundenpreise für die Wärmetransformation ....119
6.4.1 Investitionsrahmen ....119
6.4.2 Endkundenpreise ....122
**7 Umsetzungsstrategie und Maßnahmen ....125**
7.1 Handlungsfelder ....125
7.2 Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog ....126
7.3 Prioritäre Maßnahmen ....133
**8 Verstetigung und Controlling ....139**
8.1 Verstetigungsstrategie ....139
8.2 Controllingkonzept ....140
8.2.1 Indikatoren ....141
8.2.2 Fortschrittsbericht ....142
**9 Fazit und Ausblick ....144**
**10 Quellenverzeichnis ....146**
**11 Abbildungsverzeichnis ....148**
**12 Tabellenverzeichnis ....151**
**Anhänge ....152**
A. Ergänzende Materialien ....152
B. Glossar ....164
C. Abkürzungen ....168

# Kurzfassung

Durch das ab 2024 gültige Wärmeplanungsgesetz (WPG) hat die Bundesregierung eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung für alle Städte eingeführt, die im Fall von Ludwigshafen mit mehr als 100.000 Einwohnern bis Mitte 2026 erstellt werden muss. Diese versteht sich als Strategie zur Verwirklichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung und bietet ein langfristiges Planungsinstrument aufgrund der im WPG festgelegten Fortschreibungspflicht.

Der vorliegende kommunale Wärmeplan für die Stadt Ludwigshafen stellt die Weichen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung auf dem Stadtgebiet bis 2045. Eine detaillierte Bestandsaufnahme der Wärmeversorgungsstrukturen sowie eine Potenzialanalyse in den Bereichen Erneuerbare Wärme und Strom sowie Abwärme sind Basis für die Entwicklung eines Zielszenarios. Somit unterstützt der Wärmeplan die Kommune sowie weitere relevante lokale Akteur*innen im Sinne einer Leitplanke für die Wärmetransformation. Eine rechtlich bindende Wirkung ist mit dem Wärmeplan nicht verbunden, dies erfordert separate Satzungsbeschlüsse.

Der Wärmeplan ist das Ergebnis der folgenden Arbeitsschritte:

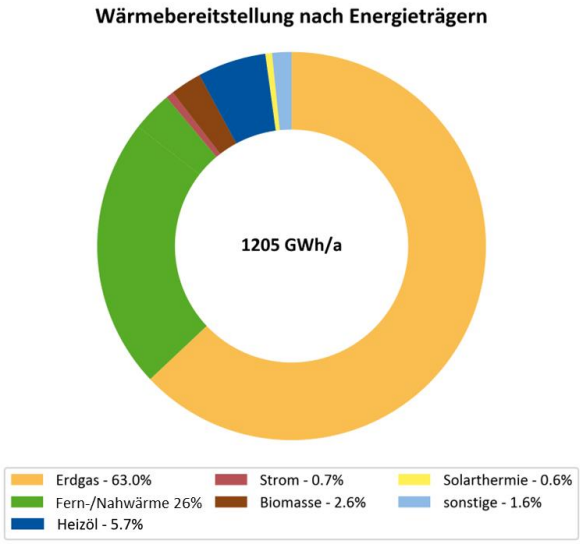


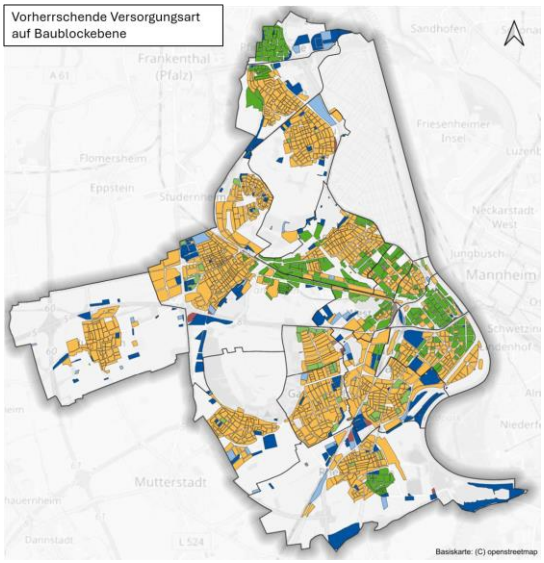

## Bestandsanalyse

Für die Abdeckung des Raumwärme-, Trinkwarmwasser- und Prozesswärmebedarfs der rd. 31.500 beheizten Gebäude in Ludwigshafen sind heute rd. 1.205 GWh/a Nutzenergie nötig, wobei rund 26 % durch Fernwärme abgedeckt werden. Weitere 63 % entfallen auf Erdgasheizungen, 6 % auf Heizöl, 1 % auf Strom (Wärmepumpen und Direktheizungen) und 6 % basieren auf Holz und sonstigen Energieträgern. Die damit verbundenen Treibhausgas-Emissionen betrugen im Basisjahr 2021 rund 271.000 t CO2-Äquivalente bzw. 1,5 t pro Einwohner*in, was zu 75 % auf Erdgaseinsatz zurückzuführen ist.

Der Energie und Wärmebedarf des weltgrößten Chemiestandorts der BASF wurde bei der Bilanzierung der Bestandssituation aufgrund der ungleich größeren Dimension nicht in die Darstellungen einbezogen, sehr wohl aber als Potenzial z.B. bei Abwärme berücksichtigt.

Das vorhandene, räumlich verzweigte Fernwärmenetz Innenstadt und die kleineren Fernwärmenetze Pfingstweide und Neubruch bieten eine gute Ausgangssituation für eine weitere Verdichtung und die Erschließung von Ausbaugebieten der Fernwärme. Ein Erdgasnetz ist fast flächendeckend vorhanden.

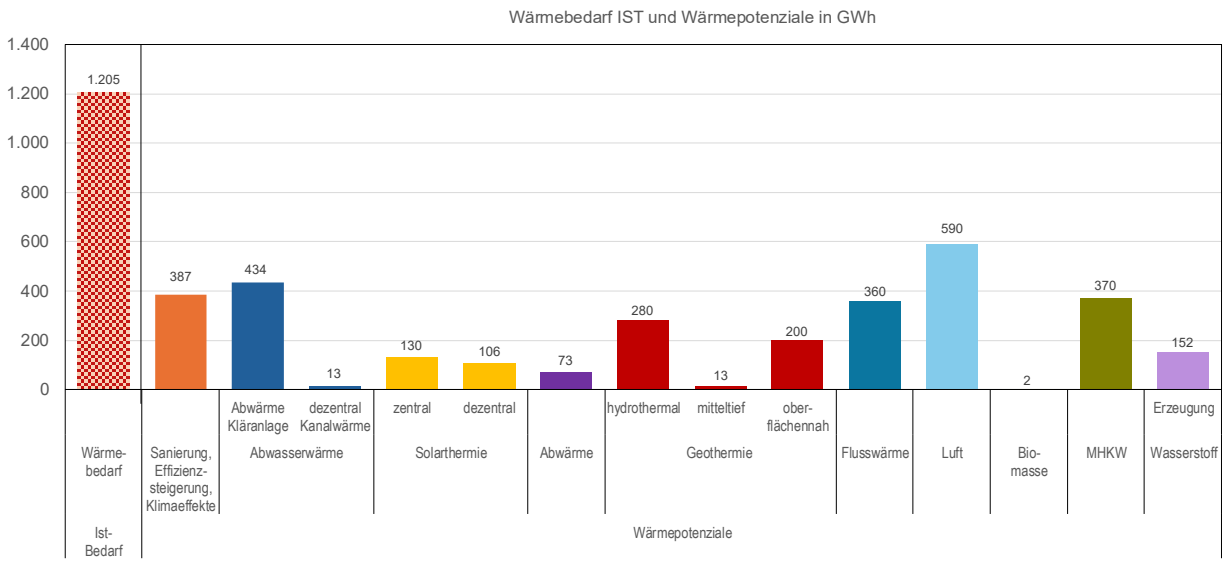



## Potenzialanalyse

Die zentralen Säulen für die Umsetzung der Wärmewende sind die Senkung des Gesamtwärmebedarfs sowie die Nutzung von erneuerbaren Energien für die Wärmeversorgung. Unter Berücksichtigung von Effizienzpotenzialen im Gebäudebestand sind bis 2045 ausreichend erneuerbare Quellen in Ludwigshafen verfügbar, um den Wärmebedarf zu decken. Im Rahmen der Fortschreibung des Wärmebedarfs konnte ein technisches Einsparpotenzial in Höhe von rd. 32 % identifiziert werden, insbesondere beeinflusst durch Gebäudesanierung. Wesentliche Potenziale an erneuerbaren Energien sind im Bereich erneuerbarer Erzeugung für Fernwärme vor allem die Nutzung der Abwärme der Müllheizkraftwerks MHKW der GML und die Nutzung der Abwasserwärme der Zentralkläranlage, ergänzt durch hohe geothermische Potenziale in der Region.

Diese Potenziale reichen zusammen mit dem großen Potenzial von lokaler Erdwärme und Luftwärmepumpen in Summe deutlich aus, um den zukünftigen Wärmebedarf Ludwigshafens vollständig zu decken, allerdings nur in Verbindung mit umfangreichen Infrastrukturmaßnahmen.



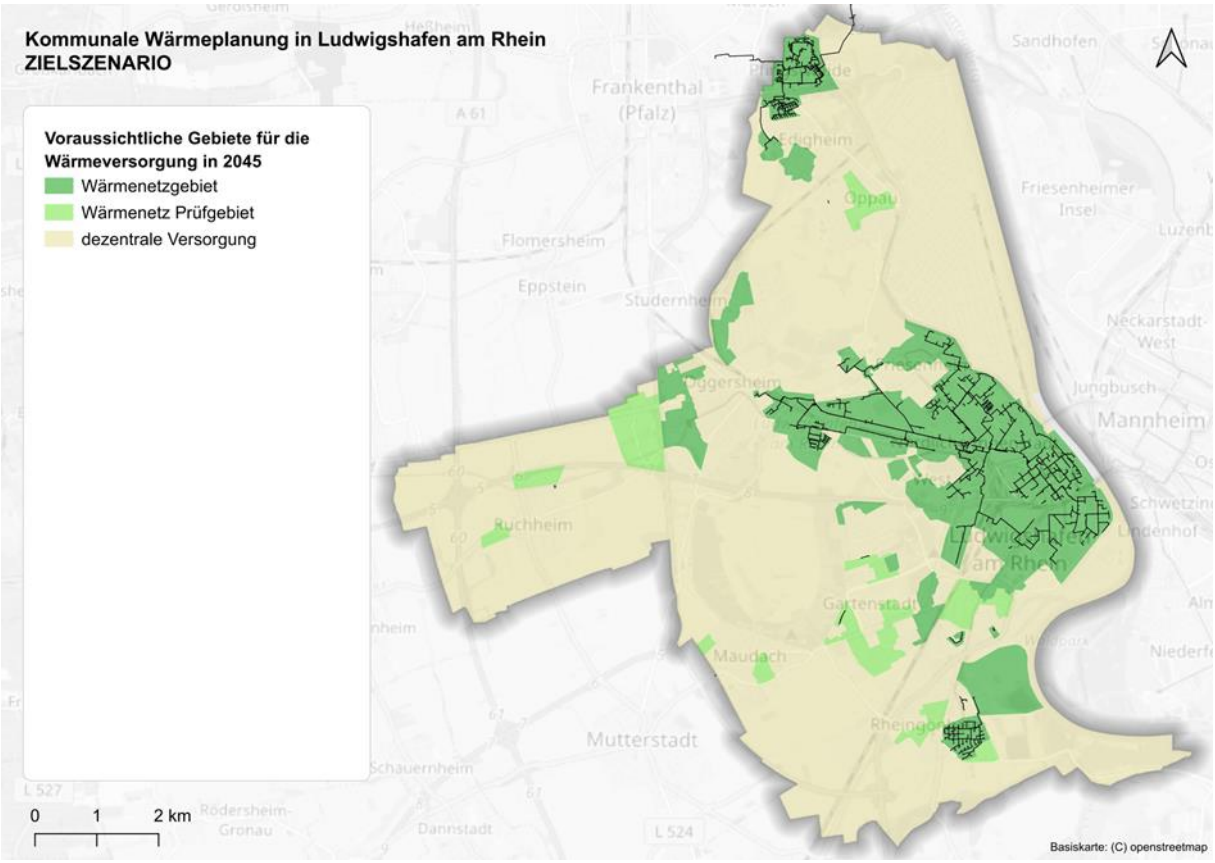
## Zielszenario

Bei der Erstellung des Zielszenarios werden die möglichen Wärmequellen und -senken gemeinsam betrachtet. Es bildet die Grundlage, um eine ganzheitliche Wärmewendestrategie einschließlich der notwendigen Maßnahmen abzuleiten. Gesetzlich verankertes Ziel der seit 2024 bundesweit verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung ist dabei die Klimaneutralität bis 2045.

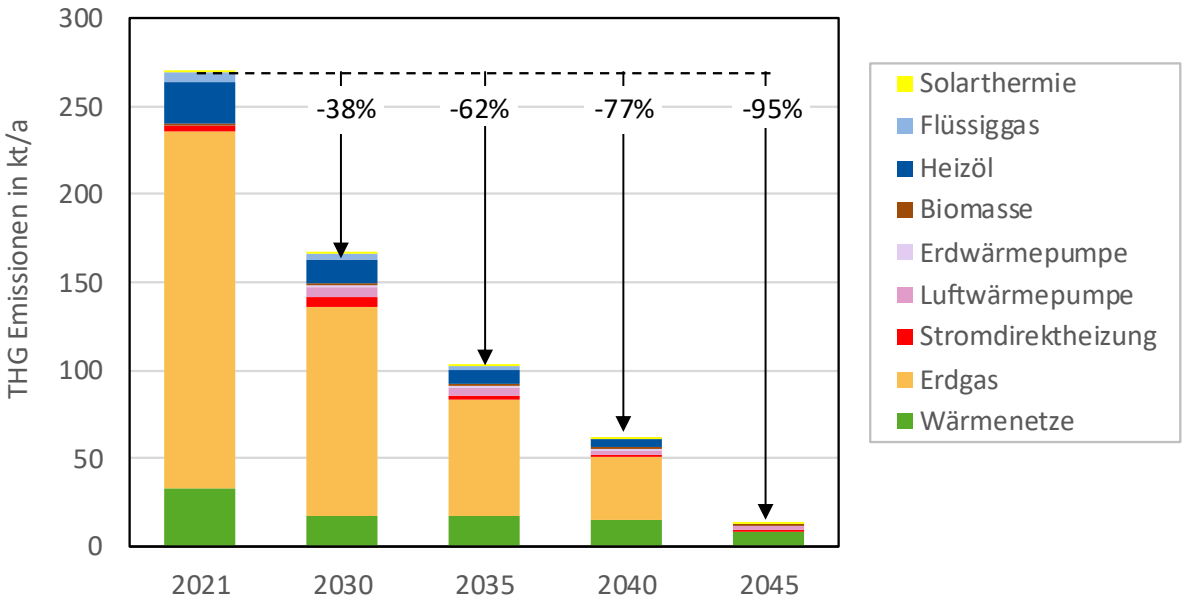
Die Versorgungsstruktur im Zielszenario ist durch einen dynamischen Fernwärmeausbau mit Zusammenschluss der Teilnetze Innenstadt und Pfingstweide in Verbindung mit der Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung geprägt. Hierzu leisten die schon heute genutzte Abwärme aus der thermischen Abfallbehandlung sowie die mögliche Abwasserwärmenutzung an der Zentralkläranlage der BASF einen sehr großen Beitrag. Wesentliche Meilensteine der nächsten Jahre sind beim Fernwärmeausbau der Verbund mit Pfingstweide, der Ausbau in Friesenheim und Ludwigshafen Süd. Darüber hinaus ist der Anschluss weiterer Gebäude an bereits bestehende Fernwärmeleitungen (Verdichtung) geplant. Weitere, zeitlich etwas nachgelagerte Erschließungen betreffen dann vor allem Gebiete in Oggersheim, Gartenstadt und Mundenheim, die teilweise auch als Prüfgebiete ausgewiesen sind. Im Zieljahr 2045 erhöht sich der Fernwärmeanteil an dem Gesamtwärmebedarf auf rund 40 %.

In den Stadtteilen ohne großflächigen Fernwärmeausbau werden dezentrale Wärmepumpen mit den Wärmequellen Luft und Erdwärme den größten Beitrag leisten und es bieten sich einige Quartiere für Nahwärmelösungen an.

Ein Überblick über die resultierenden Wärmeversorgungsgebiete im Stadtgebiet von Ludwigshafen zeigt die folgende Abbildung. Eine nach Wärmeplanungsgesetz ebenfalls mögliche Klassifizierung von Wasserstoffnetzgebieten wird für Ludwigshafen nicht vorgesehen.



Die Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung lassen sich so bis zum Jahr 2030 um 38 %, bis 2035 um 62 % und bis zum Zieljahr um 95 % reduzieren. Im Zieljahr werden keine fossilen Brennstoffe mehr direkt eingesetzt. Da aufgrund der in den vorgegebenen Berechnungsstandards berücksichtigten Vorketten immer Restemissionen verbleiben, wird rechnerisch aber keine vollständige Klimagasneutralität erreicht.




Um dieses Ziel zu erreichen, muss sukzessive in den nächsten 20 Jahren für mehr als 85 % aller Gebäude die Versorgungsart geändert werden. Weiterhin sind ein sukzessiver Ausbau der Fernwärme bis Ende der 30er Jahre sowie rd. 3.500 neue Fernwärmeanschlüsse notwendig, rd. 23.000 Wärmepumpenheizungen sowie ein moderater Ausbau der dezentralen Solarthermie und der Biomassenutzung. Hinzu kommt die Sanierung von etwa der Hälfte aller noch unsanierten Gebäude, wobei in vielen Fällen der Umstieg auf Wärmepumpen auch ohne Vollsanierung möglich und sinnvoll ist.

## Maßnahmen

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken aller beteiligten Akteur*innen unter dem Dach einer Wärmewendestrategie. Dabei sind Aktivitäten in folgenden Handlungsfeldern nötig, die im Bericht genauer beschrieben werden:

- **Strukturelle Maßnahmen**: Schaffung von organisatorischen Rahmenbedingungen und Einführung von begleitenden Maßnahmen. Hierzu gehören die Verstetigung der Wärmeplanung durch eine Koordinierungsstelle, städtische Planungsinstrumente und städtebauliche Verträge aber auch Infrastrukturausbau durch Netzbetreiber.
- **Technische Maßnahmen**: Realisierung von bereits geplanten Bausteinen z.B. Effizienzmaßnahmen im eigenen Liegenschaftsbestand. Auf Seiten der TWL gehören in diesen Bereich die konkreten Umsetzungsbausteine zum Ausbau der Fernwärme und der Ablösung der Wärmeversorgung aus Erdgas in Nahwärmenetzen durch beispielsweise Umweltwärme.
- **Motivation und Information**: Maßnahmen, durch die Informationen bereitgestellt werden, ein Austausch von Akteuren stattfindet oder Gebäudeeigentümer*innen motiviert werden.

**Zusammenfassend** soll die Wärmeplanung für die Stadt Ludwigshafen folgendes leisten:

- eine Strategie für die klimaneutrale, sichere und wirtschaftliche Wärmeversorgung,
- die Festlegung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und dezentrale Versorgung mit Zielvorgaben für den Wärmenetzausbau und die Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeugung und
- die Priorisierung von Maßnahmen zur Erreichung des Ziels der klimaneutralen Wärmeversorgung sowie von Leitlinien für die Stadtentwicklung und Stadtplanung.

Die Wärmeplanung ist rechtlich aber nicht bindend und gibt somit keine Ausbaugarantien für alle dargestellten Wärmenetzgebiete sowie Anschluss- und Termingarantien für zukünftige Anschlussoptionen an Wärmenetze.

# 1 Einführung

Die Bundesregierung hat mit dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung für alle Städte eingeführt. Diese muss im Fall von Ludwigshafen mit mehr als 100.000 Einwohner*innen bis spätestens 30.06.2026 erstellt werden. Die Stadt Ludwigshafen hat die Notwendigkeit für die kommunale Wärmeplanung frühzeitig erkannt. Sie hatte bereits Januar 2023 einen Förderantrag bei der Nationalen Klimaschutzinitiative gestellt. So konnte sie unter Nutzung einer 100%igen Förderung die Firma EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH (ENERKO) beauftragen, den kommunalen Wärmeplan für die Stadt Ludwigshafen am Rhein im Zeitraum 1. Oktober 2024 bis zum 30. September 2025 zu erarbeiten.

Die kommunale Wärmeplanung versteht sich als Strategie zur Verwirklichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung und bietet ein langfristiges Planungsinstrument, u.a. aufgrund der im WPG festgelegten Fortschreibungspflicht.

## 1.1 Aufgabe, Bedeutung und Ablauf der Wärmeplanung

Aufgabe der kommunalen Wärmeplanung (KWP) ist es, einen Pfad zu einer dekarbonisierten Wärmeversorgung des gesamten Stadtgebiets bis zum gesetzlich vorgegebenen Zieljahr 2045 mit Zwischenzieljahren 2030, 2035 und 2040 zu entwerfen. Hierzu zeigt der Wärmeplan auf, welche Technologien in welchem Umfang in welchen Stadtteilen zum Einsatz kommen könnten und wie sich der Technologie- und Endenergieträgermix bis dahin entwickeln muss. Ein herausragendes Ziel ist es, den vor Ort besten und kosteneffizientesten Weg zu einer klimafreundlichen und fortschrittlichen Wärmeversorgung zu ermitteln.

Diese Informationen inkl. der Potenziale an Umweltwärme, Abwärme und Wärme aus erneuerbaren Quellen, dienen als planerische Grundlage sowohl für die Stadt als auch für die künftigen Zielnetzplanungen der Versorgungsunternehmen bzw. Netzbetreiber für Fernwärme, Strom und Gas und nicht zuletzt der Gestaltung und Wahl der Schwerpunkte für die öffentlichen Förderprogramme und der zu ergreifenden Maßnahmen. Für die Gebäudeeigentümer*innen liefert der Wärmeplan Erkenntnisse, ob ihr Gebäude in einem Wärmenetzgebiet oder in einem Gebiet für die dezentrale Versorgung liegt (vgl. auch Abschnitt 1.3 Hinweise für Gebäudeeigentümer*innen).

Die Vorgehensweise der vorliegenden Wärmeplanung ist durch die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) nebst des zugehörigen Leitfadens Wärmeplanung [1] sowie durch die Anforderungen des Fördermittelgebers definiert und beinhaltet die folgenden Prozessschritte:

- die Eignungsprüfung
- die Bestandsanalyse
- die Potenzialanalyse
- die Entwicklung und Beschreibung eines Zielszenarios, inklusive der Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete und der Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr 2045 sowie der Stützjahre 2030 / 2035 / 2040 sowie
- die Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen, die innerhalb des beplanten Gebiets zur Erreichung des Zielszenarios beitragen sollen

Zusätzlich ist die Stadt als planungsverantwortliche Stelle nach WPG dazu verpflichtet, die Umsetzungsfortschritte zu überwachen, den Wärmeplan spätestens alle fünf Jahre zu überprüfen und fortzuschreiben. Deshalb dient - ergänzend zu den dargestellten fünf zentralen Arbeitsschritten die Verstetigungsstrategie und das Controlling dazu, die Umsetzung fortlaufend zu begleiten, zu überprüfen und anzupassen.

Die einzelnen Bausteine, die sich auch in der Struktur des Berichtes wiederfinden, sind in der folgenden Grafik dargestellt.

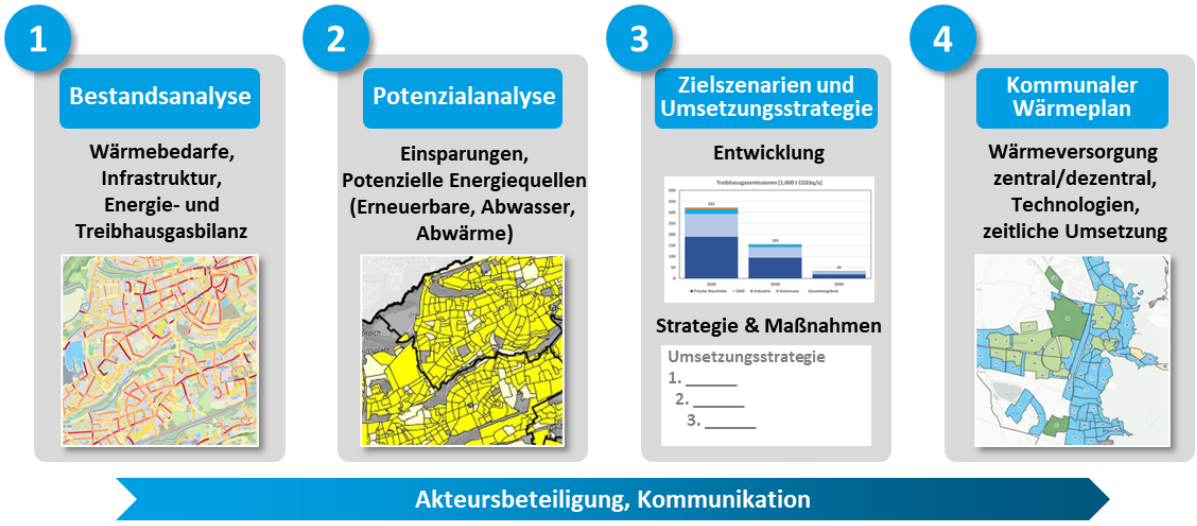



*Abbildung 1: Arbeitsschritte der Kommunalen Wärmeplanung (Quelle: eigene Darstellung ENERKO)*

Die Umgestaltung des Wärmemarktes ist ein dynamischer Prozess, der in den kommenden Jahren stetig durch periodische Fortschreibung der KWP nachgeschärft werden soll. Im Rahmen des Zielszenarios wird daher ein aus heutiger Sicht denkbarer und technisch-energetisch sinnvoller Entwicklungspfad skizziert, mit dem das Ziel der Klimaneutralität erreicht werden kann.

Einen Teilbaustein zur Erreichung dieses Ziels stellt der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze auf Basis klimaneutraler Energiequellen dar. Derzeit wird dieses Potenzial in Ludwigshafen am Rhein z. B. von den Technischen Werken Ludwigshafen AG (TWL) genutzt, die die Abwärme aus der Abfallverbrennung in das Fernwärmenetz einspeisen. Es ist zu untersuchen, ob die Versorgung ausgebaut werden kann und welche regenerativen Energiequellen wie Klärwasserwärme, Abwasserwärme, Geothermie und Umweltwärme dabei genutzt werden können. Darüber hinaus müssen regenerative Energiequellen auch in bestehenden und neuen, kleinen und größeren Wärmenetzen und in der dezentralen Versorgung ausgebaut werden.

Eine weitergehende Überprüfung auf die tatsächliche Erschließbarkeit und Wirtschaftlichkeit der beschriebenen Wärmenetz-Potenziale im Detail ist auf dieser übergeordneten strategischen Planungsebene nicht leistbar und muss daher nachfolgenden Planungsebenen vorbehalten bleiben (Machbarkeitsstudien sowie anschließende konkrete Umsetzungsplanungen).

Zur Abbildung der Entwicklung des Technologiemixes wird das Ludwigshafener Stadtgebiet in Teilgebiete aufgeteilt, die sich an den Stadtteilgrenzen, Fluren/Flurstücken, Bebauungs-/Baublock- und Straßenstruktur orientieren. Innerhalb dieser Teilgebiete werden Auswertungen bzgl. der Eignung für eine zentrale bzw. dezentrale Versorgung unter Berücksichtigung

der verschiedenen Beheizungstechnologien vorgenommen und die Anteile der einzelnen Technologien gemäß ihrer Anzahl und dem prozentualen Anteil in den Gebieten ermittelt. Adressscharfe Auswertungen können in diesen Bericht aus Datenschutzrichtlinien nicht veröffentlicht werden und sind somit aggregiert dargestellt.

**WÄRMEVERSORGUNGSGEBIETE**

Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist es, das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete einzuteilen. Das Wärmeplanungsgesetz unterscheidet vier verschiedene Kategorien von Gebieten:

**Wärmenetzgebiet**

Ein Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll. Die Versorgung über ein Wärmenetz wird als zentrale Versorgung klassifiziert. Dabei können mit dem Begriff Wärmenetz sowohl Fern- als auch Nahwärmenetze gemeint sein. Wärmenetze versorgen definitionsgemäß mehr als 16 Gebäude oder mehr als 100 Wohneinheiten. Kleinere Netze werden als Gebäudenetz bezeichnet. Gebäudenetze müssen lt. WPG nicht als Wärmenetzgebiet gekennzeichnet werden.

**Wasserstoffnetzgebiet**

Ein Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.

**Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung**

Ein Teilgebiet, das überwiegend nicht über ein Wärme- oder ein Gasnetz versorgt werden soll.

**Prüfgebiet**

Ein Teilgebiet, das nicht in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet nach den drei oben beschriebenen Kategorien eingeteilt werden soll, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll.

In den Übersichtskarten werden die Gebiete gemäß der überwiegend ermittelten Versorgungsart farblich gekennzeichnet. Im Ergebnis sind die Eignungsgebiete daher nicht als Nutzungsgebiete mit ausschließlich einer möglichen Versorgungsart zu verstehen, sondern lediglich als Areale, die eine mehrheitliche Eignung für bestimmte Versorgungsoptionen aufweisen. In den meisten Bereichen wird es neben der überwiegend ermittelten Versorgungsart auch weiterhin parallele Versorgungslösungen anderer Technologien geben, beispielsweise bereits vorhandene Luftwärmepumpen oder Pelletanlagen in einem späteren Wärmenetzausbaugebiet.

Die Quartiere sind durch Straßenzüge unterteilt. In der späteren konkreten Wärmenetzausbauplanung durch TWL und TWL Netze als Wärmenetzbetreiber werden an den Rändern

der Quartiere die angrenzenden Gebiete und insbesondere gegenüberliegenden Straßenseiten mit untersucht. Zudem werden die Wärmenetzgebiete hinsichtlich ihrer Eignung und der Umsetzbarkeit des Einsatzes regenerativer Wärmequellen noch einmal detailliert überprüft. Die im Rahmen der Potenzialanalyse und des Zielszenarios erfolgte gebietsweise Abgrenzung der Wärmenetzeignungsgebiete stellt insofern nur die grundlegenden strategischen Planungsüberlegungen der Stadt dar und ist nicht zwingend deckungsgleich mit den später konkret zu beplanenden Wärmenetzausbaugebieten.

Generell muss angemerkt werden, dass ein Wärmeplan eine Leitlinie ist und – anders als Bebauungspläne oder Flächennutzungspläne – keine unmittelbare Rechtswirkung nach sich zieht, d.h. dass ein Wärmeplan „keine rechtliche Außenwirkung und [...] keine einklagbaren Rechte oder Pflichten begründet“ (§ 23 WPG).

Zusammenfassend soll die Wärmeplanung für die Stadt Ludwigshafen folgendes leisten:

- eine Strategie für die klimaneutrale, sichere und wirtschaftliche Wärmeversorgung
- die Festlegung von Eignungsgebieten für Wärmenetze, Wasserstoffverteilnetze und dezentrale Versorgung mit Zielvorgaben für den Wärmenetzausbau und die Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeugung und
- die Priorisierung von Maßnahmen zur Erreichung des Ziels der klimaneutralen Wärmeversorgung sowie von Leitlinien für die Stadtentwicklung und Stadtplanung

Die Umsetzung der Wärmeplanung ist stark abhängig von den finanziellen Rahmenbedingungen der Stadt, von Investitionen der TWL sowie Dritter und deren finanziellen Möglichkeiten, von der Baukostenentwicklung, von den (künftigen) Fördermittel von Bund und Land, der Verfügbarkeit von Fachplanern und -firmen u.v.m. Die erforderlichen Baumaßnahmen können sich vorübergehend auf den Verkehr auswirken und Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturmaßnahmen sind zu berücksichtigen. Deshalb kann die Wärmeplanung nicht leisten:

- Ausbaugarantien für alle dargestellten Wärmenetzgebiete
- Anschluss- und Termingarantien an Wärmenetze
- Beschluss und Durchführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen

## 1.2 Projektstruktur und Akteurseinbindung

Die Stadtverwaltung übernimmt im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung gemäß Vorgabe des Wärmeplanungsgesetzes die Funktion als planungsverantwortliche Stelle. Die Projektleitung wurde demnach durch die Stadtverwaltung Ludwigshafen, vertreten durch die Stabsstelle Klimaschutz, ausgeübt.

Die zentrale Steuerung des Projekts zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung erfolgte durch ein **Kernteam**, bestehend aus Vertreter*innen der städtischen Verwaltung, dem beauftragten Fachunternehmen ENERKO sowie den Technischen Werken Ludwigshafen. Diese Projektgruppe tagte im regelmäßigen Turnus von zwei bis vier Wochen und diente als Hauptgremium zur Koordination und operativen Abstimmung von Arbeitsschritten.

Strategische Entscheidungen wurden im Rahmen eines **Lenkungskreises** behandelt, welcher sich im Projekt durch Vertreter*innen der folgenden Institutionen zusammensetze:

- Stadt Ludwigshafen am Rhein, Dezernat 4 „Bau, Umwelt und Verkehr, WBL, Stabsstelle Klimaschutz
- Technische Werke Ludwigshafen AG und TWL Netze GmbH

- GAG Ludwigshafen am Rhein
- BASF Wohnen + Bauen GmbH

Ergänzend hierzu fanden bilaterale Abstimmungen mit den örtlichen **Betreibern** der Wärme-, Strom- und Gasnetze statt, um technische und infrastrukturelle Fragestellungen frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen.

Zur Sicherstellung einer umfassenden Analyse des Gebäudebestandes wurden Workshops mit Vertretern*innen der **Wohnungswirtschaft** durchgeführt. Diese dienten zur Diskussion von Sanierungsraten und zukünftigen Versorgungsszenarien sowie zur Ergebnispräsentation.

In einem Akteursworkshop mit Vertreter*innen aus **Gewerbe, Handel und Verbänden** sowie der Wohnungswirtschaft wurden Unterstützungs- und Beratungsbedarf sowie wichtige mögliche Maßnahmen diskutiert.

**Unternehmen** mit hohen Wärmebedarfen wurden darüber hinaus im Sinne der Datenerhebung von verfügbarer Abwärme, Prozesswärmebedarfen und geplanter Maßnahmen involviert.

Über den gesamten Projektverlauf wurden Vertreter*innen verschiedener **Bereiche** im Rahmen der internen Beteiligung konsultiert.

Der breiten **Öffentlichkeit** wurde in Online-Dialogen sowie einer großen Abschlussveranstaltung die Ergebnisse einzelner Arbeitsschritte sowie der finale Wärmeplan vorgestellt.

Auf der Homepage ludwigshafen-diskutiert.de können weitere Informationen zur Kommunalen Wärmeplanung für Ludwigshafen sowie ein FAQ mit den meistgestellten Fragen eingesehen werden.

## 1.3 Hinweise für Gebäudeeigentümer*innen

Die Entscheidung über die eingesetzte Technik bei Austausch der bestehenden, fossilen Heizung verbleibt in der Regel bei den Eigentümern*innen der Gebäude. In diese Entscheidung fließen nicht nur die technisch-organisatorischen Rahmenbedingungen ein (technische Eignung für ein Gebäude, Verfügbarkeit von Flächen und Energieträgern, Genehmigungsfragen), sondern auch die Kostenseite, sowie die Abstimmung mit ggf. erforderlichen Maßnahmen der Gebäudesanierung.

Bisher beschränkte sich der Ersatz von Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden überwiegend auf Modernisierungen bzw. Kessel- oder Brennertausch unter Beibehaltung des fossilen Energieträgers oder Wechsel z.B. von Heizöl auf Erdgas. Der erforderliche Zeitpunkt für eine Umstellung der Heizungsanlage und auch die Wahl des Energieträgers wird aufgrund des gesetzgeberischen Rahmens aus dem neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG) aber künftig stärker beeinflusst werden, als es bislang der Fall war.

Eine gebäudescharfe Beurteilung oder Einzelempfehlungen an die Eigentümer*innen für eine bestimmte Heizungstechnologie ist weder gewollt noch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Ludwigshafen leistbar. Auch kann keine adressscharfe Vorabprüfung der Genehmigungssituation für individuelle Adressen und Technologien vorgenommen werden – zumal sich die gesetzlichen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen im Laufe des Entwicklungsprozesses bis 2045 ändern können.

Wenn in den einzelnen Gebieten konkrete Heizungserneuerungen anstehen, bestehen für Gebäudeeigentümer*innen mehrere Beratungsmöglichkeiten durch Energieberater*innen, Verbraucherzentrale RLP, Energieversorger (u.a. TWL) sowie Sanitär-/Heizungshandwerk. Für Gebiete bzw. Adressen, die in möglichen Wärmenetzgebieten liegen oder an diese angrenzen – z.B. gegenüberliegende Straßenseite – wird empfohlen, vor Entscheidung für eine dezentrale Sanierungslösung die Möglichkeit eines künftigen Wärmenetzanschlusses durch Anfrage beim Wärmenetzbetreiber TWL zu prüfen.

Die Umstellung dezentraler Heizungsanlagen wird durch Fördermaßnahmen im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) umfassend unterstützt.

Diese Bundesförderung umfasst Fördermaßnahmen für die energetische Sanierung von Wohn- und Nicht-Wohngebäuden sowie Einzelmaßnahmen:

- Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Im Rahmen des von der KfW administrierten (bis auf den Programmteile Gebäudenetze und Einzelmaßnahmen) Programms gibt es Fördermöglichkeiten für Sanierungsmaßnahmen und Heizungsmodernisierung, die sich vor allem an Gebäudeeigentümer*innen richten. Die seit Auflegung mehrfach angepassten Fördersätze für den Einbau neuer klimafreundlicher Heizungen für Bestandsgebäude liegen hier aktuell zwischen 30 % (Grundförderung, alle Optionen) bis 70% (z.B. hocheffiziente Wärmepumpen mit Einkommensbonus 65%, alle Optionen mit Klimageschwindigkeitsbonus und Einkommensbonus 70%)[1].

Im Einzelnen gelten die nachfolgend genannten Prozentsätze mit einer Obergrenze von 70 Prozent.

| Durchführer | Richtlinien-Nr. | Einzelmaßnahme | Grundförder-satz | iSFP-Bonus | Effizienz-Bonus | Klima-geschwindig-keits-Bonus[2] | Einkommens-Bonus | Fachplanung und Bau-begleitung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BAFA | 5.1 | Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle | 15 % | 5 % | – | – | – | 50 % |
| BAFA | 5.2 | Anlagentechnik (außer Heizung) | 15 % | 5 % | – | – | – | 50 % |
| | 5.3 | Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) | | | | | | |
| KfW | a) | Solarthermische Anlagen | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| KfW | b) | Biomasseheizungen[1] | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| KfW | c) | Elektrisch angetriebene Wärmepumpen | 30 % | – | 5 % | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| KfW | d) | Brennstoffzellenheizungen | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| KfW | e) | Wasserstofffähige Heizungen (Investitionsmehrausgaben) | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| KfW | f) | Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| BAFA | g) | Errichtung, Umbau, Erweiterung eines Gebäudenetzes[1] | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | 50 % |
| BAFA/KfW | h) | Anschluss an ein Gebäudenetz | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | 50 %[3] |
| KfW | i) | Anschluss an ein Wärmenetz | 30 % | – | – | max. 20 % | 30 % | –[3] |
| | 5.4 | Heizungsoptimierung | | | | | | |
| BAFA | a) | Maßnahmen zur Verbesserung der Anlageneffizienz | 15 % | 5 % | – | – | – | 50 % |
| BAFA | b) | Maßnahmen zur Emissionsminderung von Biomasseheizungen | 50 % | – | – | – | – | 50 % |

[1] Bei Biomasseheizungen wird bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Staub von 2,5 mg/m³ ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag in Höhe von 2.500 Euro gemäß Richtlinien-Nr. 8.4.6 gewährt.
[2] Der Klimageschwindigkeits-Bonus reduziert sich gestaffelt gemäß Richtlinien-Nr. 8.4.4. und wird ausschließlich selbstnutzenden Eigentümern gewährt. Bis 31. Dezember 2028 gilt ein Bonussatz von 20 Prozent.
[3] Bei der KfW ist keine Förderung gemäß Richtlinien-Nr. 5.5 möglich. Die Kosten der Fach- und Baubegleitung werden mit den Fördersätzen des Heizungstausches als Umfeldmaßnahme gefördert.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND4.0)
Stand: 1. März 2025

*Abbildung 2: Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) (Quelle: Bafa)*

[1] Stand Mai 2025. Informationen zur Förderung auf den Seiten der KfW Zuschussprogramm 458, link und dem Bafa, link

# 2 Eignungsprüfung und verkürzte Wärmeplanung

Das WPG sieht in §14 vor, dass für Teilgebiete einer Stadt eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden kann, sofern diese Gebiete in einer vorgelagerten Eignungsprüfung als unwahrscheinlich für Wärmenetze und Wasserstoffnetze eingeschätzt werden. Eine solche Vorab-Festlegung von Gebieten, die sich wahrscheinlich nicht für Nah- oder Fernwärme eignen, ist aufgrund der Zeitschiene des Projektes (Start der Projektbearbeitung vor Verabschiedung des WPG) in Abstimmung der Beteiligten nicht erfolgt. Die Ausweisung von Versorgungsgebieten wurde für das gesamte Stadtgebiet gem. §18 WPG durchgeführt und abgestimmt.

Eine verkürzte Wärmeplanung für Teilgebiete nach §14 Absatz 4 ist dementsprechend nicht durchgeführt worden, es werden alle Stadtgebiete mit der gleichen Methodik, Datenbasis und Bearbeitungstiefe analysiert.

# 3 Bestandsanalyse

Ziel der Bestandsanalyse ist eine systematische Erfassung des Ist-Zustandes der Wärmeversorgung in Ludwigshafen. Im Rahmen der Bestandsanalyse werden die aktuelle Gebäudestruktur, der Wärmebedarf und die bestehende Wärmeinfrastruktur detailliert erfasst. Mit diesen umfassenden Daten können notwendige Maßnahmen identifiziert und Szenarien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen entwickelt werden, die als Grundlage für zukünftige strategische Entscheidungen dienen.

## 3.1 Methodik

Zur Analyse des Bestands wurden zahlreiche Datenquellen aufbereitet, integriert und für Beteiligte an der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung zugänglich gemacht. Die Bestandsanalyse bietet einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Energiebedarf, die Energieverbräuche, die Treibhausgasemissionen sowie die existierende Infrastruktur.

Tabelle 1 listet die in der Bestandsanalyse verwendeten Datenpunkte auf.

*Tabelle 1: Datenquellen für die Bestandsanalyse*

| Datenpunkt | Datenquelle | Abgeleitete Informationen, Verwendung |
|---|---|---|
| 3D-Gebäudemodelle | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation RPL | Gebäudekubaturen, Gebäudenutzung |
| Adresskoordinaten | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation RPL | Adresspunkte |
| Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation RPL | Flächennutzung |
| Verwaltungsgrenzen | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation RPL | Gemeindegrenze, Stadtteilgrenzen |
| Fernwärmeverbräuche, aggregiert | Technische Werke Ludwigshafen AG | Wärmebedarf |
| Fernwärmenetz | Technische Werke Ludwigshafen AG | Lage Fernwärmenetz |
| Gasverbräuche, aggregiert | TWL Netze GmbH | Wärmebedarf |
| Gasnetz | TWL Netze GmbH | Lage Gasnetz |
| Heizstromverbräuche, aggregiert | TWL Netze GmbH | Wärmebedarf |
| Abwassernetz | Stadt Ludwigshafen | Lage Abwassernetz |
| Kehrbuchdaten | Schornsteinfeger der Kehrbezirke in Ludwigshafen | Heiztechnologie; Heizungsalter; Heizungstyp |
| Gebäudealter | Stadt Ludwigshafen | Wärmebedarf, Sanierungsparameter |
| Kommunale Liegenschaften | Stadt Ludwigshafen | Bilanzierung kommunaler Gebäude |
| Baudenkmäler | Stadt Ludwigshafen | Sanierungsparameter |
| Straßennetz | Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation RPL | Berechnung der Wärmeliniendichte |
| Einwohnerstatistik | Stadt Ludwigshafen | Statistiken |

Weitere Parameter und Berechnungsvorschriften werden in Anlehnung an den Leitfaden Wärmeplanung [1] und Technikkatalog Wärmeplanung angesetzt [2]. Die gemittelten Nutzungsgrade der verschiedenen Heiztechnologien (Erdgaskessel, Ölkessel, Wärmepumpen etc.) wurden anhand von Literatur- und Erfahrungswerten bewertet, Tabelle 24 des Anhangs listet die angenommenen Nutzungsgrade dieser dezentralen Wärmeerzeuger auf. Tabelle 25 des Anhangs zeigt die Treibhausgasemissionsfaktoren der Energieträger, die genutzt wurden, um die verbrauchte Endenergie in Treibhausgasemissionen umzurechnen.

Für alle beheizten Gebäude wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkten berechnet. Für die leitungsgebunden versorgten Gebäude wurden die Wärmebedarfsdaten über die Auswertung der Verbrauchsdaten nachgeschärft. Diese Daten sowie auch die Kehrbuchdaten der Schornsteinfeger*innen beinhalten keine personenbezogenen Daten. Die Datenerhebung bei Mehrfamilienhäusern erfolgt adressbezogen, bei Einfamilienhäusern nur aggregiert für mindestens fünf benachbarte Hausnummern oder Anschlussnutzer, Messeinrichtungen oder Übergabepunkte. Die Verbrauchswerte wurden über die erhobenen Jahre gemittelt und einer Witterungsbereinigung unterzogen (Klimadaten gem. Klimadatentool des Instituts für Wohnen und Umwelt, Jahr 2021 im Vergleich zum 20-jährigen Mittel 2004 bis 2023). Zur Ermittlung der Wärmebedarfe der leitungsgebunden versorgten Gebäude wurden die Verbrauchsdaten mittels der Jahresnutzungsgrade nach umgerechnet. Die hieraus resultierenden Wärmebedarfe entsprechen dem tatsächlichen Bedarf in Ludwigshafen besser als die rein rechnerischen Wärmebedarfsdaten. Sie wurden daher für alle Adressen mit leitungsgebundener Endenergieversorgung für Wärme (Wärmelieferung, Erdgas, Strom), an Stelle der Modell-Wärmebedarfsdaten angesetzt.

Der Bezugszeitraum der Bestandsanalyse ist folglich das klimabereinigte Mittel des Jahrs 2021. Im Folgenden wird dieses auch als das repräsentative „Basisjahr der Wärmeplanung“ bezeichnet. Alle Entwicklungen bis hin zum „Zieljahr der Wärmeplanung“ - das Jahr 2045 - werden in Bezug auf das Basisjahr ausgewertet.

## 3.2 Gemeindestruktur

Ludwigshafen am Rhein ist eine kreisfreie Stadt im Bundesland Rheinland-Pfalz und gehört zur Metropolregion Rhein-Neckar. Mit einer Fläche von 77 km² und rund 177.000 Einwohner*innen (Datenstand Ende 2021, inkl. Zweitwohnsitz) ist sie die größte Stadt der Pfalz und nach Mainz die zweitgrößte Stadt in Rheinland-Pfalz.

Die Stadt Ludwigshafen hat insgesamt 14 Stadtteile, die zu den 10 folgenden Ortsbezirken zusammengefasst sind: Friesenheim, Gartenstadt, Maudach, Mundenheim, Nördliche Innenstadt (Nord,-Hemshof, und West), Oggersheim, Oppau, Edigheim und Pfingstweide, Ruchheim, Rheingönheim, sowie Südliche Innenstadt (Mitte und Süd).

Das Stadtgebiet teilt sich auf in:

- **Siedlungsfläche**: 2.700 ha, die hauptsächlich für Wohn- und Gewerbezwecke genutzt werden
- **Verkehrsfläche**: 1.000 ha, die Straßen, Schienen und andere Verkehrsinfrastrukturen umfassen
- **Vegetationsfläche**: 3.600 ha, darunter landwirtschaftlich genutzte Flächen und Wälder
- **Gewässerfläche**: 370 ha, einschließlich Flüsse und stehende Gewässer und Hafen

Ludwigshafen liegt am linken Rheinufer des Oberrheingrabens. Der Fluss prägt das Stadtbild ebenso wie die Industrie. So befindet sich der Hauptsitz der BASF in Ludwigshafen, die hier den größten zusammenhängenden Chemiestandort der Welt betreibt. Gleichzeitig gibt es viele Wohngebiete und Grünflächen, die für eine hohe Lebensqualität sorgen.

Es ist zu beachten, dass das Werksgelände von BASF sowie die Wärmebedarfe des Unternehmens BASF im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Ludwigshafen von der Betrachtung ausgeklammert werden. Dies erfolgt, da der Energiebedarf von BASF als größtem Chemiestandort der Welt Größenordnungen über dem städtischen Wärmebedarf liegt und eine detaillierte Analyse aufgrund der Komplexität der Produktionsprozesse im Rahmen dieses geförderten Projektes nicht stattfinden kann. Erkenntnisse aus parallellaufenden Projekten und vorangegangenen Untersuchungen über Abwärme- und Abwasserwärmepotenziale, welche auf dem Gelände der BASF anfallen und theoretisch in die Fernwärmeerzeugung werden könnten, werden im Rahmen der Potenzialanalyse aber gleichwohl aufgegriffen und berücksichtigt.

## 3.3 Gebäudestruktur

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden für Ludwigshafen für das Basisjahr 2021 insgesamt rd. 31.500 Adressen und 62.300 Gebäude mit einer Energiebezugsfläche von rd. 10,4 Mio. m² erfasst. Die Anteile der Energiebezugsflächen nach Sektoren sind im linken Teil der Abbildung 3 dargestellt. Der Anteil der Wohngebäude überwiegt mit 74 % und 8,6 Mio. m² bei weitem, gefolgt vom Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD, hier inkl. Industrie) und den öffentlichen Gebäuden.

Dem Sektor „Öffentliche Gebäude“ sind im Rahmen der Wärmeplanung sämtliche Gebäude zugeordnet, die gemäß den ALKIS Daten als öffentliche Nutzung gekennzeichnet sind. Dies sind alle Gebäude in öffentlicher Trägerschaft der Städte, der Kreise, der Bundesländer oder des Bundes. Typische Nutzungsarten sind Rathäuser, Verwaltungsgebäude, Bildungseinrichtungen wie Schulen/Hochschulen und Kindergärten sowie Betreuungseinrichtungen, Veranstaltungsgebäude und Krankenhäuser.

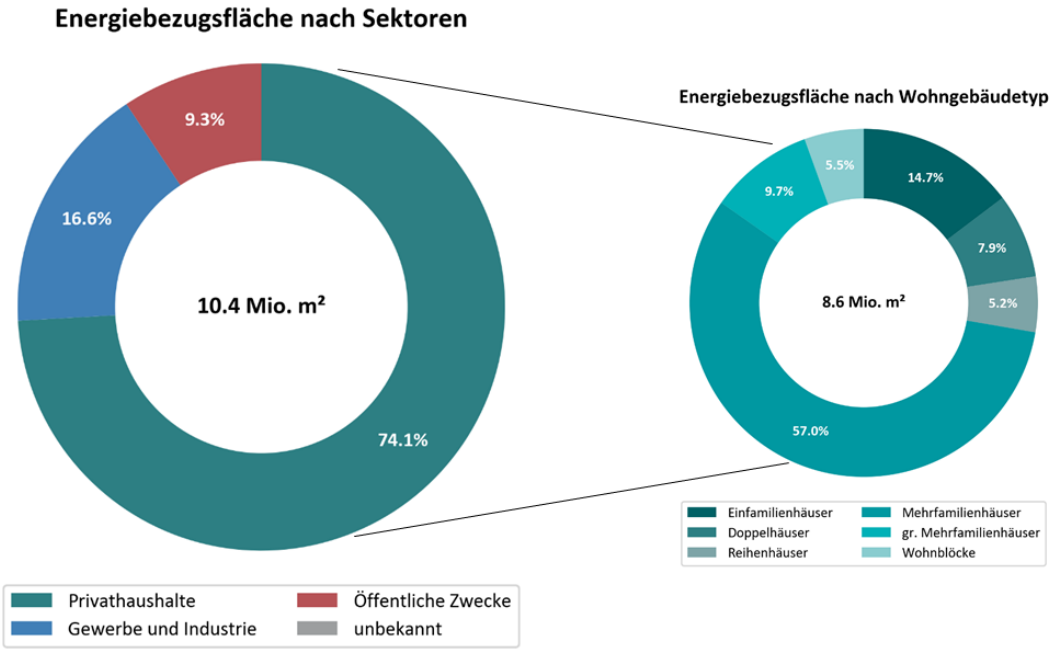



*Abbildung 3: Energiebezugsflächen nach Sektoren. Nutzfläche nach Sektoren und Wohngebäudetyp*

Der rechte Teil der Abbildung 3 zeigt für alle Wohngebäude die Flächenanteile der Gebäudetypen nach Einfamilienhäusern (freistehend, EFH), Reihenhäusern (RH) und Mehrfamilienhäusern (MFH). Der Anteil der MFH an der Energiebezugsfläche liegt bei 57 %, gefolgt von EFH mit einem Anteil von 14 %.

Zur räumlichen Darstellung der Ergebnisse der Kommunalen Wärmeplanung wird die Baublockebene herangezogen. Ein Baublock wird von mehreren Straßen bzw. Straßenabschnitten und natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen und weist eine möglichst homogene Struktur auf. Baublöcke sind in der kommunalen Wärmeplanung die kleinste räumliche Aggregationseinheit. Für Ludwigshafen am Rhein werden insgesamt 1.904 Baublöcke dargestellt[2].

Eine wohn- bzw. nutzflächenbezogene Darstellung der Bebauungsdichte auf Baublockebene (Wohn- und Nutzraumdichte) zeigt die Karte in Abbildung 4. Hier sind deutlich die dicht bebauten Bereiche in den Zentren der Stadtteile im Vergleich zu den locker bebauten Flächen in den Außenbereichen erkennbar.

Ergänzend zeigen Abbildung 5 bzw. Abbildung 7 in baublockbezogener Darstellung die Bebauungsstruktur nach vorwiegendem Gebäudetyp (z.B. EFH, MFH, Nichtwohngebäude) bzw. nach vorwiegender Baualtersklasse.

Die räumliche Verteilung der Gebäudetypen in Abbildung 5 spiegelt die Verteilung der Wohnraumdichte in Ludwigshafen am Rhein wider mit EFH, DH und RH überwiegend in den Siedlungsrandbereich und MFH in den dicht bebauten Bereichen in den Zentren der Stadtteile. MFH finden sich aber auch am Siedlungsrand oder außerhalb der Stadtteilzentren. Die Gebäude des Sektors GHD zeigen sich sowohl in geschlossenen Gewerbegebieten als auch in den Stadtteilzentren.

[2] Für die Baublockstruktur wurden die offiziellen Geodaten der Baublockzuschnitte der Stadt Ludwigshafen genutzt. In Einzelfällen kann es in Randbereichen der Stadt vorkommen, dass beheizte Gebäude nicht in einem definierten Baublock liegen, sondern außerhalb. Diese werden in alle Bilanzen einbezogen, sind in den Baublockbezogenen Darstellungen aber nicht dargestellt.

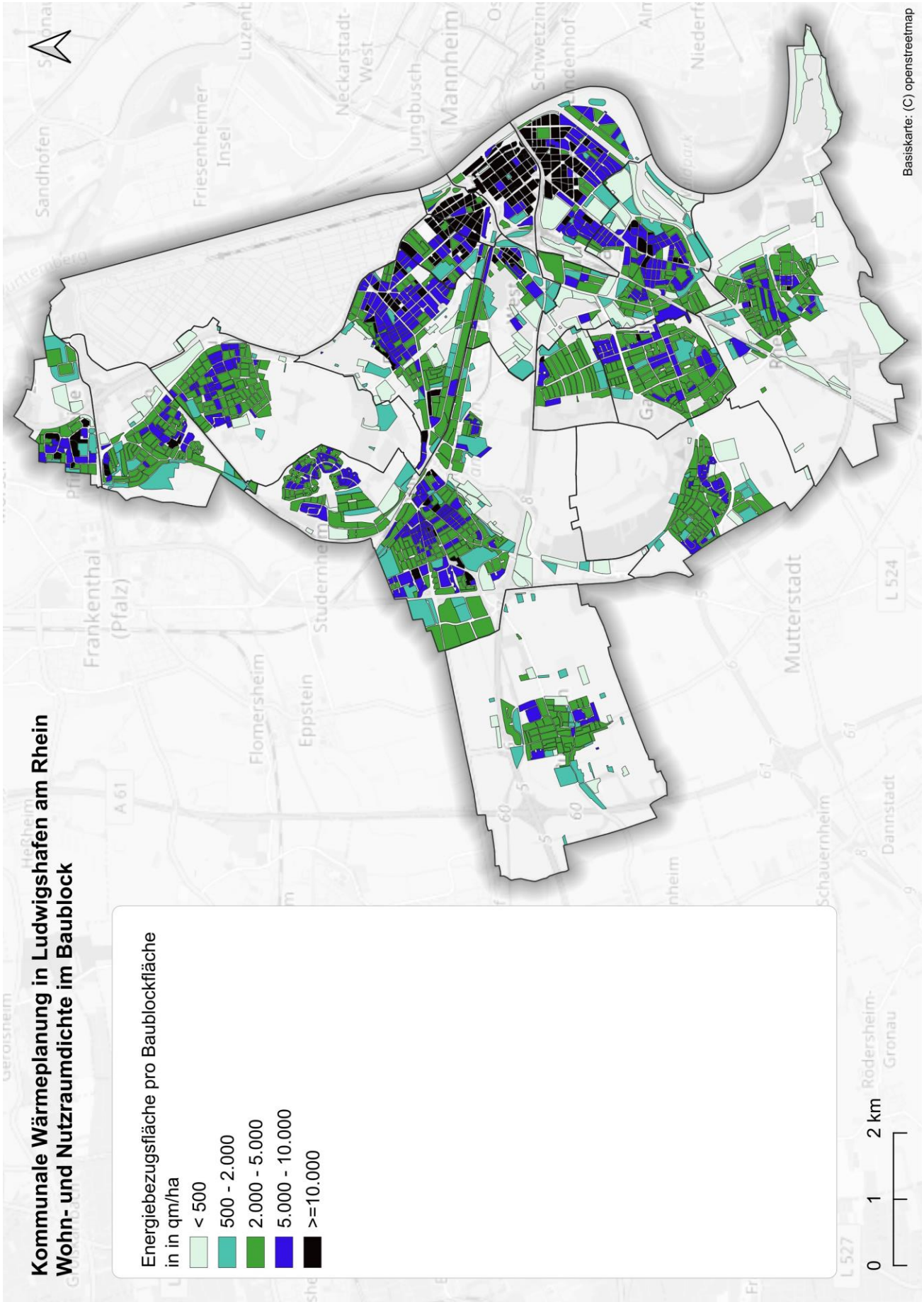



*Abbildung 4: Wohn- und Nutzraumdichte nach Baublöcken*

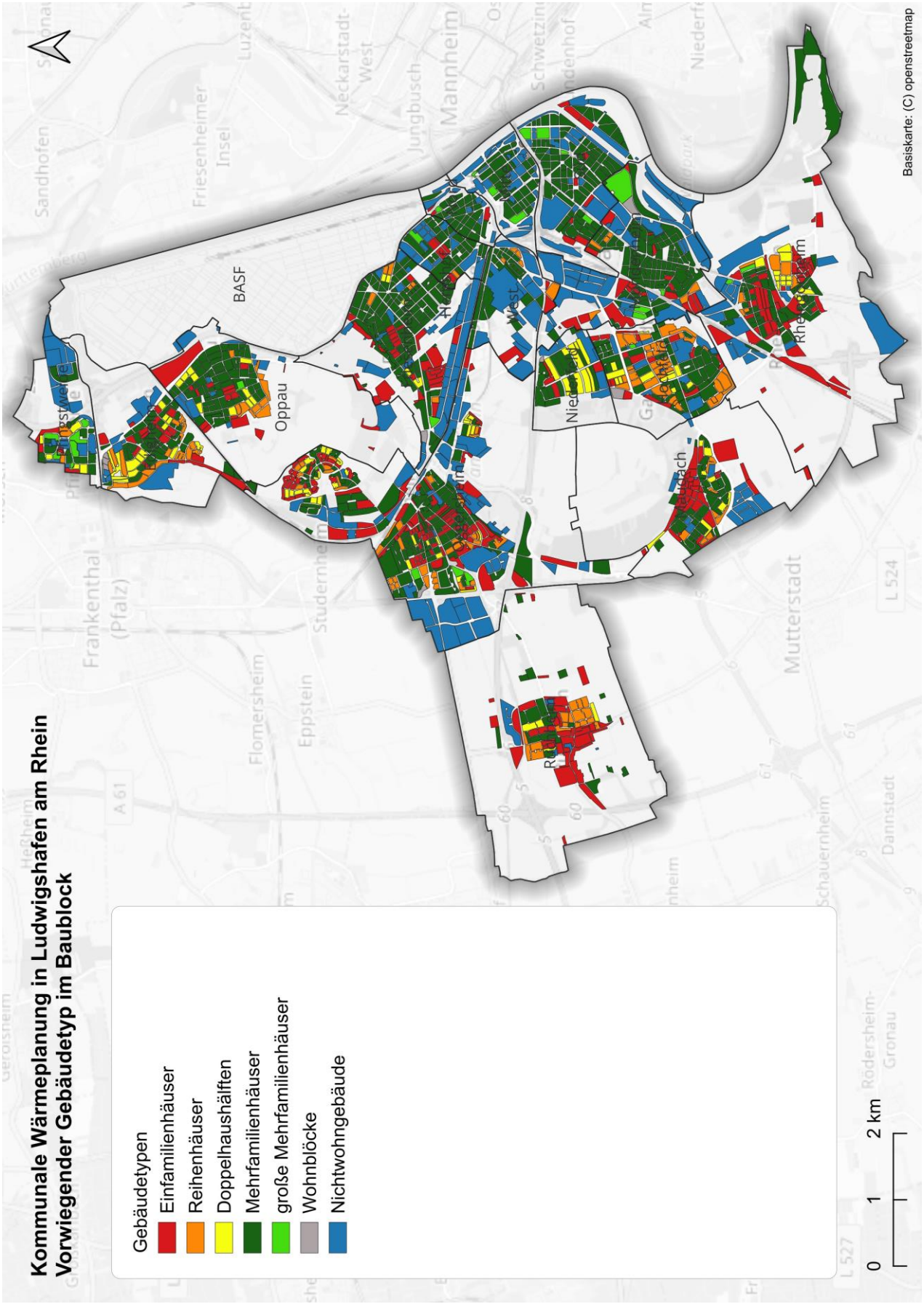



*Abbildung 5: Vorwiegende Gebäudetypen nach Baublöcken*

Abbildung 6 visualisiert die Anzahl der Wohngebäude je Baualtersklasse. Es wird deutlich, dass ein Großteil der Gebäude vor 1983 errichtet wurde. Es ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil dieser Gebäude vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung Ende 1977 und somit vor der gesetzlichen Verankerung von Mindestanforderungen an den Wärmeschutz und Dämmstandards errichtet wurde.

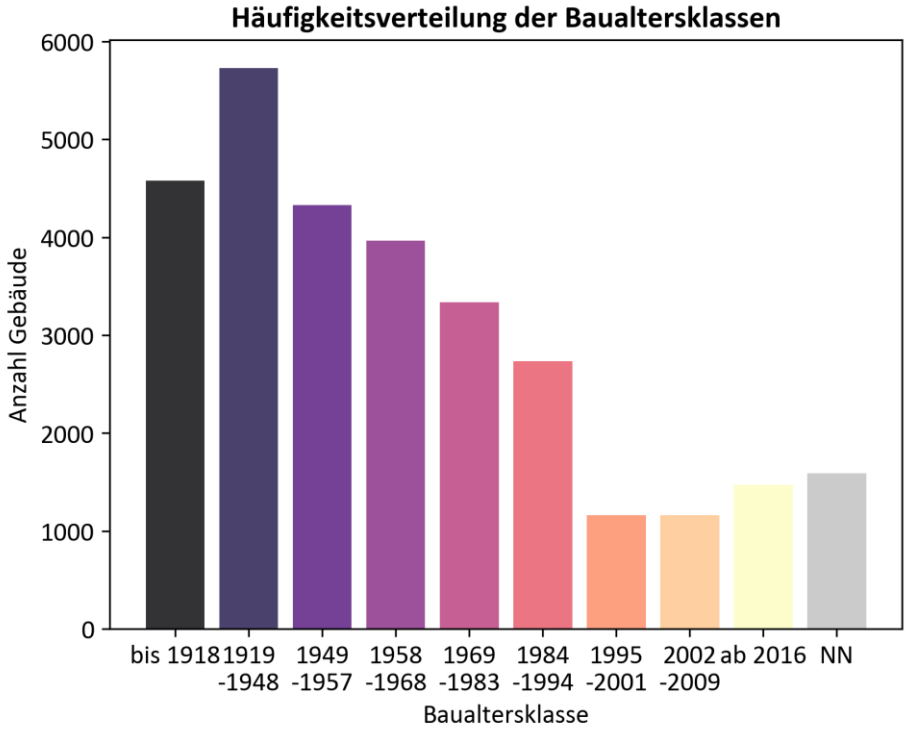



*Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Gebäude nach Baualtersklasse*

Die Verteilung der Baualtersklassen in Abbildung 7 zeigt eine typische Struktur. Sehr alte Gebäude befinden sich insbesondere in den Zentren der Stadtteile sowie in den dicht bebauten Bereichen. Neubauquartiere sind eher in den Randbereichen der Siedlungen zu finden.

*Abbildung 7: Vorwiegende Baualtersklassen nach Baublöcken*

## 3.4 Energieinfrastruktur

Die Stadt Ludwigshafen am Rhein ist nahezu flächendeckend mit Erdgas erschlossen. Der Gasnetzplan wurde von der TWL Netze GmbH für die Untersuchungen im Rahmen des Wärmeplans zur Verfügung gestellt. Gem. Anlage 2 WPG soll jedoch die kartografische Darstellung und Veröffentlichung mit Rücksicht auf den Datenschutz und die kritische Infrastruktur in Form einer baublockbezogenen Darstellung erfolgen. Diese Darstellung zeigt die Karte in Abbildung 8, die zeigt, in welchen Baublöcken ein Erdgasnetz vorhanden ist

Die Wärmenetze in Ludwigshafen sind in der Abbildung 9 dargestellt. Hierbei ist zu unterschieden zwischen den drei großen Fernwärmenetzen Innenstadt, Pfingstweide und Neubruch sowie einigen kleineren Nahwärmenetzen.

Das Wärmenetz Innenstadt ist in Ludwigshafen Mitte, Nord-Hemshof und Süd weitläufig ausgebaut und erstreckt sich von dort bis die Stadtteile Friesenheim, Oggersheim, West und auch Mundenheim. Erzeugt wird die Fernwärme vorwiegend aus dem Dampf, der bei der Müllverbrennung im Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen (GML) anfällt. Kleinere Erdgas KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) und Kessel ergänzen das Wärmeerzeugerportfolio. Der Wärmeabsatz im Basisjahr 2021 betrug rd. 230 GWh/a.

Das Fernwärmenetz Pfingstweide konzentriert sich auf den Stadtteil Pfingstweide sowie Teile von Edigheim und weist im ausgebauten Bereich eine hohe Verdichtung an Anschlüssen mit in Summe rd. 58 GWh/a Fernwärmebedarf auf. Die Wärme wurde im Basisjahr der Wärmeplanung 2021 zu etwa gleichen Teilen durch Abwärme aus der Klärschlammverbrennung von BASF sowie durch Erdgas-Kessel bereitgestellt.

Die Wärme für das Wärmenetz Neubruch, welches im Stadtteil Rheingönheim insbesondere die Neubaugebiete im Neubruch und im Sommerfeld versorgt, wurde im Jahr 2021 über Biomethan-Blockheizkraftwerke und Erdgaskessel bereitgestellt. Der Wärmeabsatz betrug in diesem Jahr rd. 11 GWh/a. Mittlerweile werden nur Erdgaskessel eingesetzt.

Die Nahwärmenetze werden vorrangig aus kleineren gasgefeuerten KWK-Anlagen oder Kesseln versorgt.

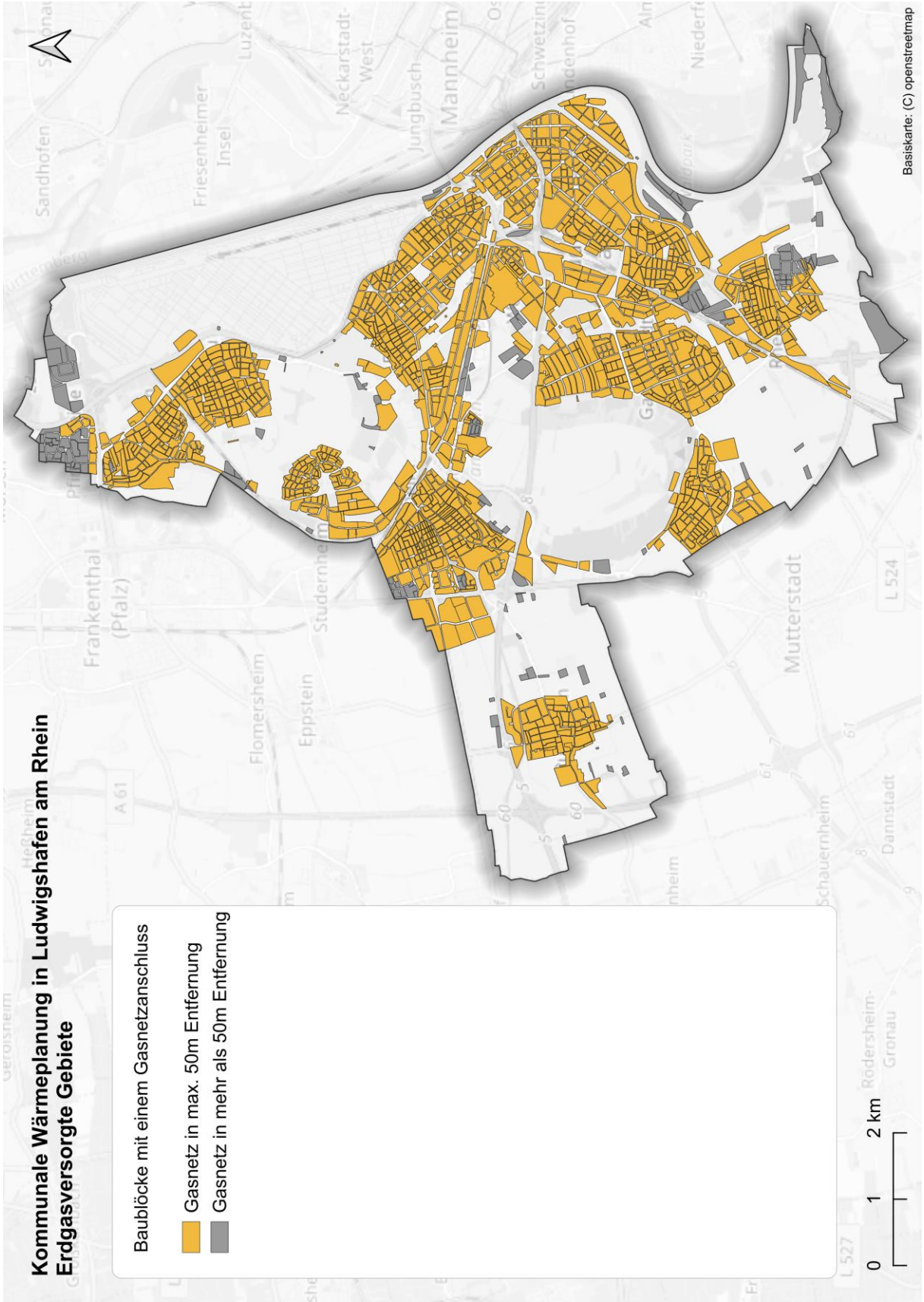



*Abbildung 8: Ausdehnung der Erdgasversorgung in baublockbezogener Darstellung mit Angabe, ob in dem jeweiligen Baublock ein Erdgasnetz vorhanden ist bzw. maximal 50m entfernt liegt.*

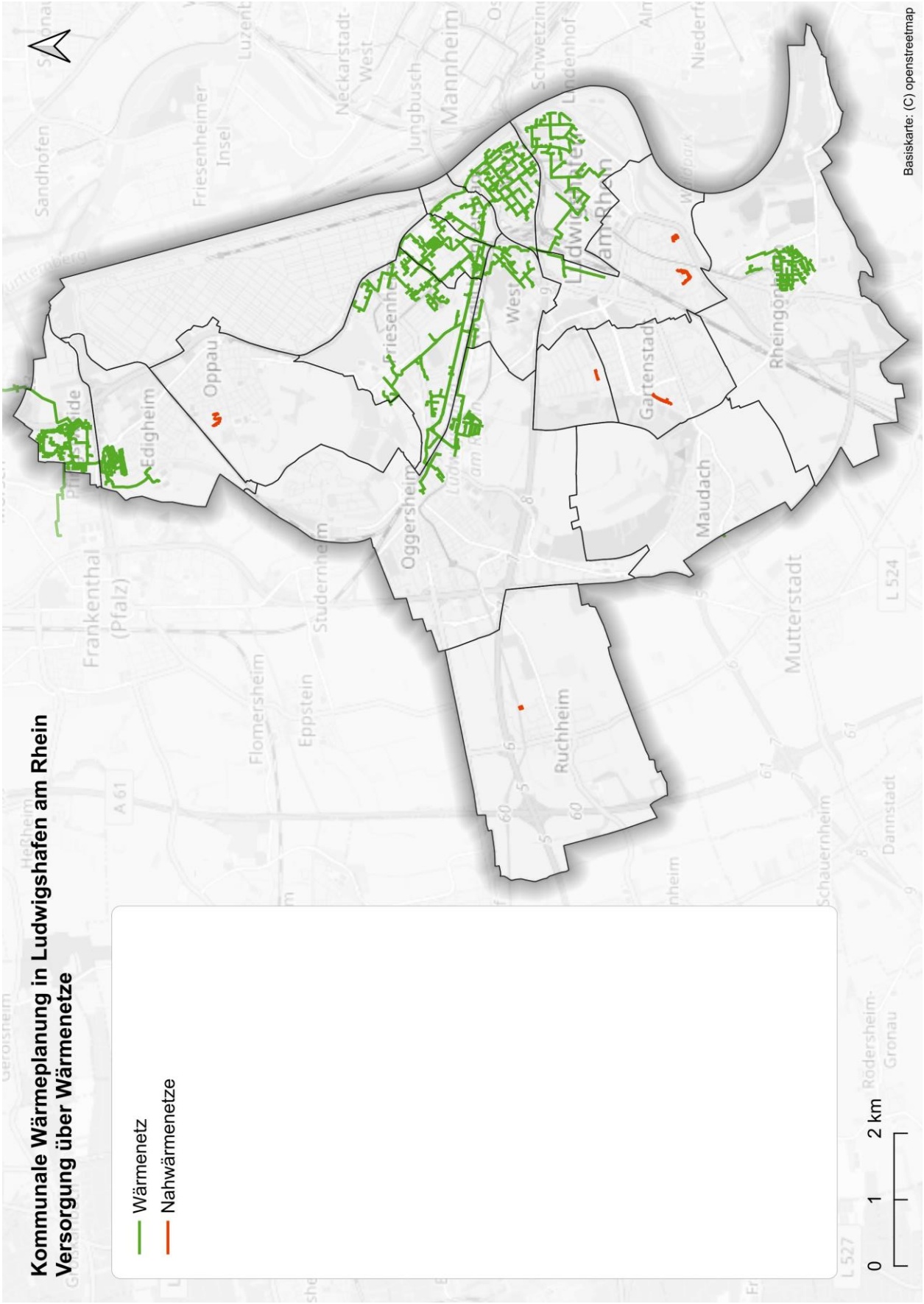



*Abbildung 9: Wärmenetze der Technischen Werke Ludwigshafen AG*

Die ergänzende Tabelle sowie die kartographischen Darstellungen Abbildung 75 bis Abbildung 79 in Anhang A geben Aufschluss über die Anteile verschiedener dezentraler Wärmeerzeuger. Sie dienen der Dokumentation der Ergebnisse der Bestandsanalyse im Sinne der Anlage 2 WPG.

## 3.5 Wärmebilanz

Die Ermittlung der Wärmebilanz auf gesamtstädtischer Ebene erfolgt im Bottom-Up-Verfahren ausgehend vom Wärmebedarf auf Gebäudeebene unter stufenweiser Aggregation auf Baublock-, Stadtteil- und Stadtebene. Ebenfalls für die Wärmeplanung von großer Bedeutung ist die Aggregation der Wärmebedarfe auf Straßenabschnittsebene.

Aggregiert vorliegende Energieverbrauchswerte (z.B. anhand der Datenschutzanforderungen) wurden zunächst anhand der Energiebezugsflächen auf Gebäudeebene disaggregiert. Für alle Gebäude, für die Verbräuche bekannt waren, wurde der klimabereinigte Wert des Jahres 2021 als Wärmebedarf angesetzt. Für alle übrigen Gebäude wurde der berechnete Wärmebedarf angenommen. Der anteilige Trinkwarmwasserbedarf wurde anhand der Nutzungsart der Gebäude berechnet. Das Verhältnis zwischen Raumwärme- und TWW-Bedarf wurde bei Korrektur der berechneten Werte mit den gemessenen Werten übertragen.

Bei Gebäuden in denen Prozesswärme verbraucht wird und keine umfänglichen Informationen dazu vorhanden waren, wurde dieser wie folgt abgeleitet: Es wurde angenommen, dass nur Gebäude des Sektors GHD und Industrie mit einem flächenspezifischen Verbrauch größer 300 kWh/m² über Prozesswärmebedarfe verfügen. Dieser bemisst sich als Differenz zwischen gemessenem Wärmeverbrauch und berechnetem Wert für Raumwärme- und TWW-Bedarf.

Insgesamt beläuft sich der Wärmebedarf in Ludwigshafen inkl. dem Prozesswärmebedarf aber ohne den Bedarf von BASF auf 1.205 GWh/a. Dies entspricht etwa 6,8 MWh pro Einwohner*in und 115 kWh pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und damit eher etwas unter dem Durchschnitt vergleichbar großer Städte.

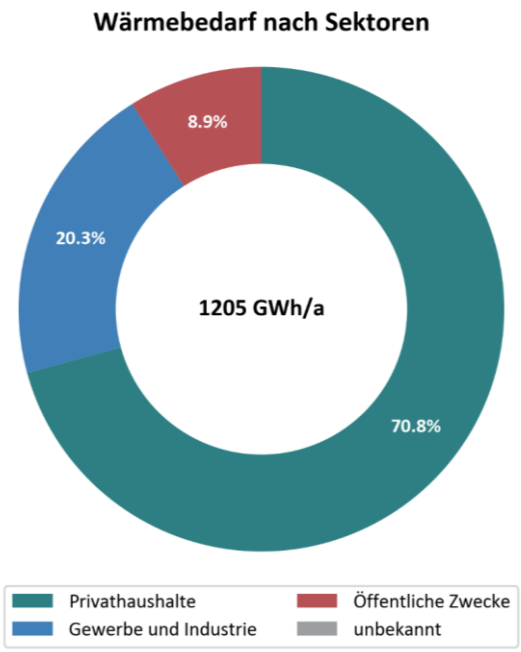



*Abbildung 10: Wärmebedarf nach Sektoren*

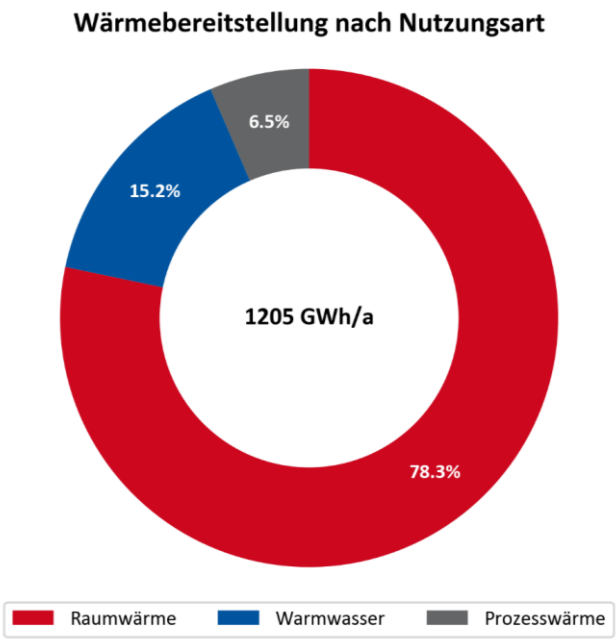



*Abbildung 11: Wärmebedarf nach Verwendungszweck*

In Abbildung 10 ist die Aufteilung des Wärmebedarfs nach Sektoren dargestellt. Der Wärmebedarf im Bereich der Wohngebäude überwiegt mit 70,8 % bei Weitem, gefolgt vom Bedarf im Sektor GHD mit 20,3 % und den öffentlichen Gebäuden mit 8,9 %.

Die Aufteilung des Bedarfs nach dem Verwendungszweck der Wärme ist Gegenstand der Abbildung 11. Hier überwiegt mit 78,3 % der Bedarf für die Beheizung der Gebäude (Raumwärme), gefolgt vom Trinkwarmwasserbedarf (TWW, Wohngebäude und GHD gesamt) mit 15,2 % und dem Prozesswärmebedarf mit 6,5 %.

Zur Aufschlüsselung des Wärmebedarfs auf die Energieträger und Technologien wurden neben den Verbrauchsdaten auch die Schornsteinfegerdaten und das Marktstammdatenregister verarbeitet. Die Schornsteinfegerdaten geben Aufschluss über dezentrale Anlagen mit Verbrennungstechnik. Im Marktstammdatenregister sind Stromerzeuger wie BHKWs und deren genutzter Energieträger aufgeführt. Datenlücken wurden mit einer an der Statistik orientierten Zuordnung zu Heizöl-, Biomasse- und Stromheizungen aufgefüllt. Ebenfalls statistisch abgeschätzt wurde der durch Solarthermie gedeckte Wärmbedarf. Basierend auf einer nationalen Statistik [3] wurde mit Korrekturfaktoren für Bundesländer sowie für das Stadt-Land-Verhältnis abgeschätzt, dass etwa 5 % der EFH eine Solarthermieanlage haben, die 50 % des Trinkwarmwasserbedarfes deckt.

Insgesamt ergibt sich die in Abbildung 12 gezeigte Aufteilung des Wärmebedarfes nach Energieträgern. Der Wärmebedarf in Ludwigshafen wird zu rd. 63 % aus Erdgas gedeckt (Summe Raumwärme, Trinkwasserwärme und Prozesswärme), gefolgt von der Versorgung aus Wärmenetzen mit 26 %. Nicht leitungsgebundene fossile Energieträger (im wesentlichen Heizöl) mit einem Anteil von rd. 10 % spielen noch eine gewisse Rolle. Strom als Energieträger (hier Strom für Prozesswärme/Nachtspeicherheizung und Wärmepumpen) sowie die regenerativen dezentralen Energieträger Holz und Solarthermie erreichen in Summe rd. 3 %.

Unter Sonstige mit weniger als 2 % sind vor allem Flüssiggaskessel und ein paar wenige Kohleöfen einzuordnen.

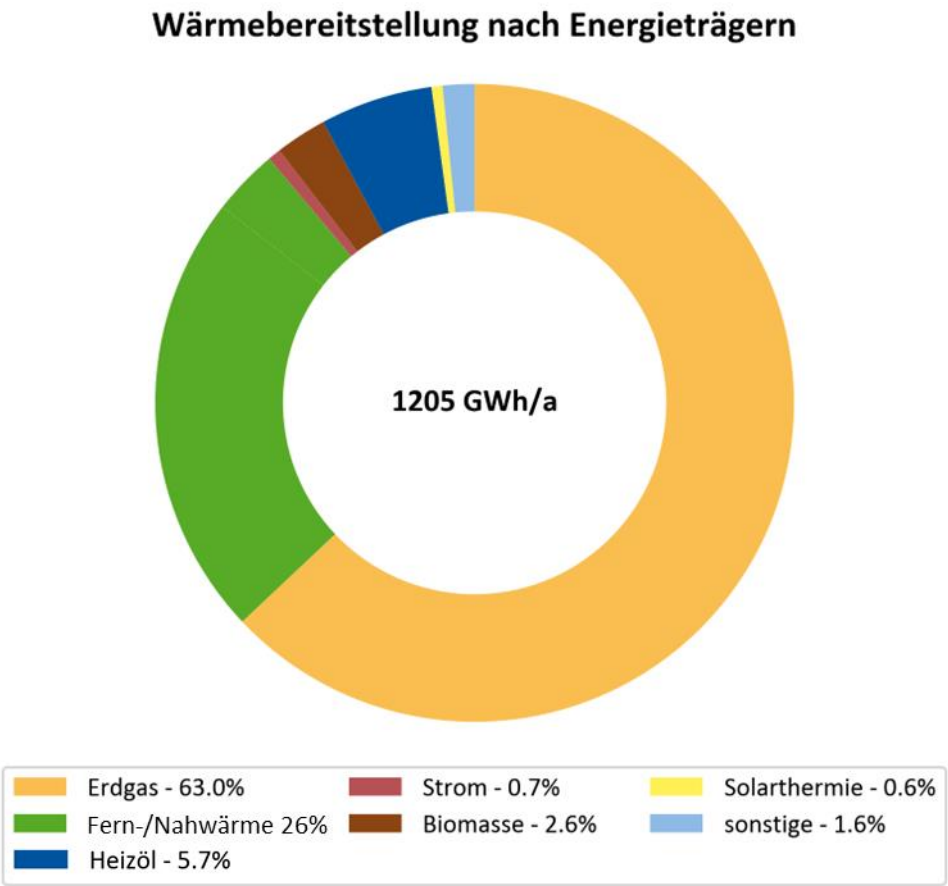



*Abbildung 12: Wärmebedarf nach Energieträgern*

Abbildung 13 zeigt den Wärmebedarf nach Energieträgern und Stadtteilen. Der größte Anteil des Wärmebedarfs entfällt auf den Stadtteil Oggersheim mit über 200 GWh/a, gefolgt von den Stadtteilen Friesenheim, Süd und Rheingönheim. In den meisten Stadtteilen bzw. -bezirken macht Erdgas den größten Anteil an der Wärmebedarfsdeckung aus. Mitte, Hemshof, Nord und Süd verzeichnen hingegen hohe Fernwärmeanteile. Der Wärmebedarf in der Pfingstweide wird nahezu komplett durch Fernwärme gedeckt. Der relative Anteil an Ölheizungen ist im Vergleich in den Stadtteilen Oggersheim und Mundenheim am höchsten, was sowohl an den eher kleinteiligen Bebauungsstrukturen wie auch gewerblichen Bedarfen liegen kann.

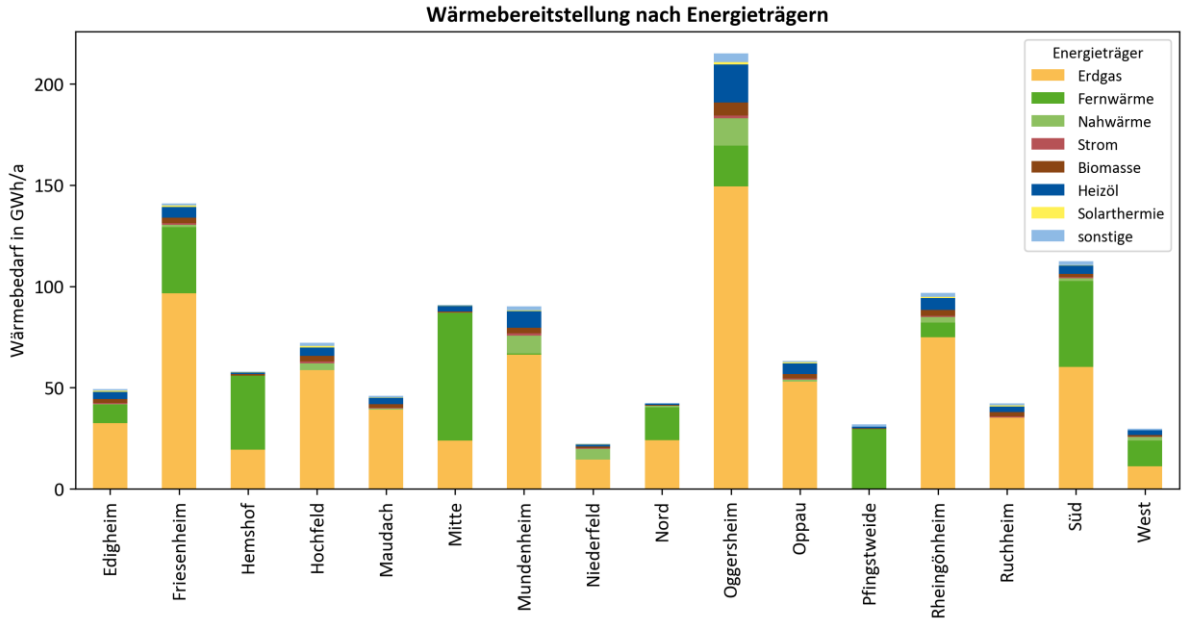



*Abbildung 13: Wärmebedarf nach Energieträgern und Stadtteilen*

Die Auswertungen der Bilanzen auf gesamtstädtischer Ebene werden ergänzt durch die kartografischen Darstellungen der flächenbezogenen Wärmedichte auf Baublockebene in Abbildung 14 sowie der Wärmeliniendichte in Abbildung 15. Die Struktur der Wärmedichten bzw. Wärmeliniendichten spiegelt die Verteilung der Wohnraumdichten mit Bedarfsschwerpunkten in den dicht bebauten innerstädtischen Bereichen und abnehmender Wärmedichte in weniger dicht bebauten Gebieten an den Siedlungsrändern wider. Zusätzlich werden hier Bedarfsschwerpunkte in den Gewerbegebieten mit punktuellen Prozesswärmebedarfen erfasst.

Die räumliche Verteilung der Energieträger ist in Abbildung 16 dargestellt. Gezeigt wird der vorwiegende Energieträger je Baublock. In weiten Bereichen der Stadtteile Mitte und Pfingstweide sowie im östlichen Teil des Stadtteils Süd und im Neubruch ist Fernwärme der vorwiegende Energieträger im Baublock. Hier liegen folglich bereits hohe Anschlussquoten vor. Dahingegen gibt es, beispielsweise in Nord und Hemshof, auch Baublöcke im Fernwärmegebiet, für die aktuell Erdgas die vorwiegende Versorgungsart darstellt. Dies deutet auf ein Fernwärme-Verdichtungspotenzial in diesen Gebieten hin. Während in den übrigen Stadtteilen vorwiegend Erdgas zum Einsatz kommt, werden in Außenbereichen Heizöl und sonstige nichtleitungsgebundene Energieträger zur Wärmeerzeugung verwendet.

Abbildung 17 zeigt die Anteile an der Wärmebereitstellung nach Energieträger auf Stadtteilebene, wobei die Solarthermie hier eine nachrangige Rolle spielt und in dieser wie auch der obigen Abbildung mit weniger als 1% jeweils kaum erkennbar ist.

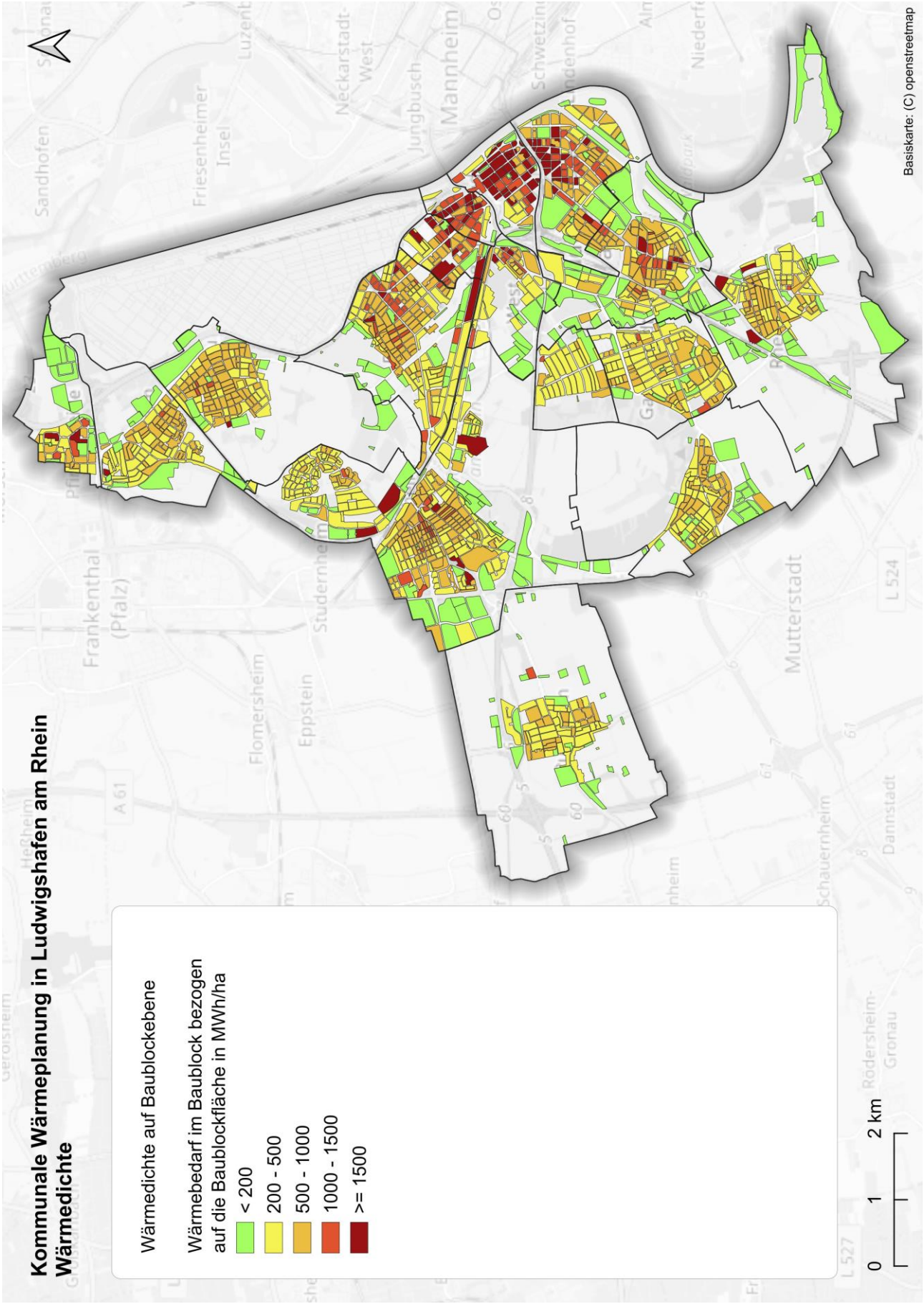



*Abbildung 14: Wärmedichte auf Baublockebene*

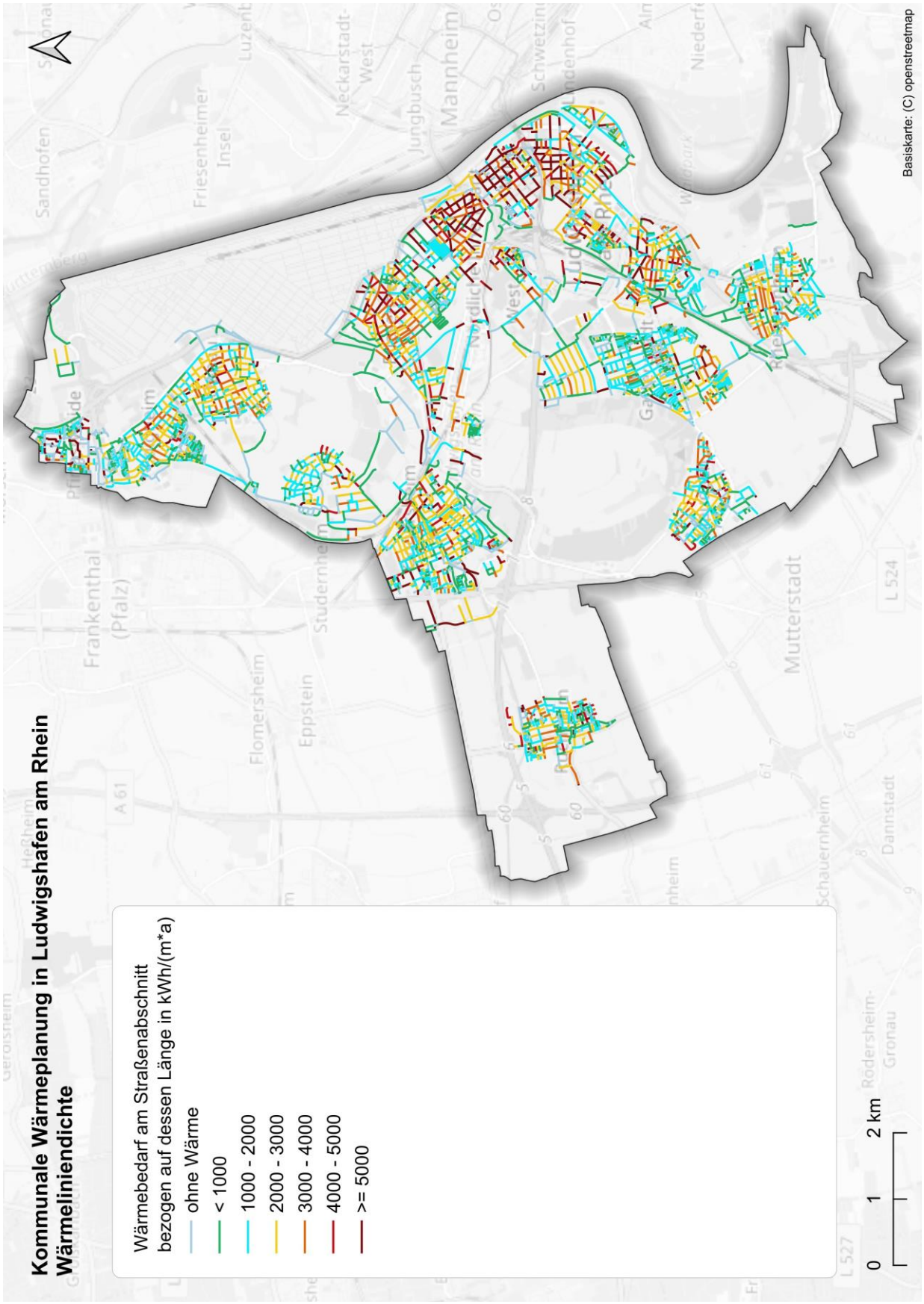



*Abbildung 15: Wärmeliniendichte*

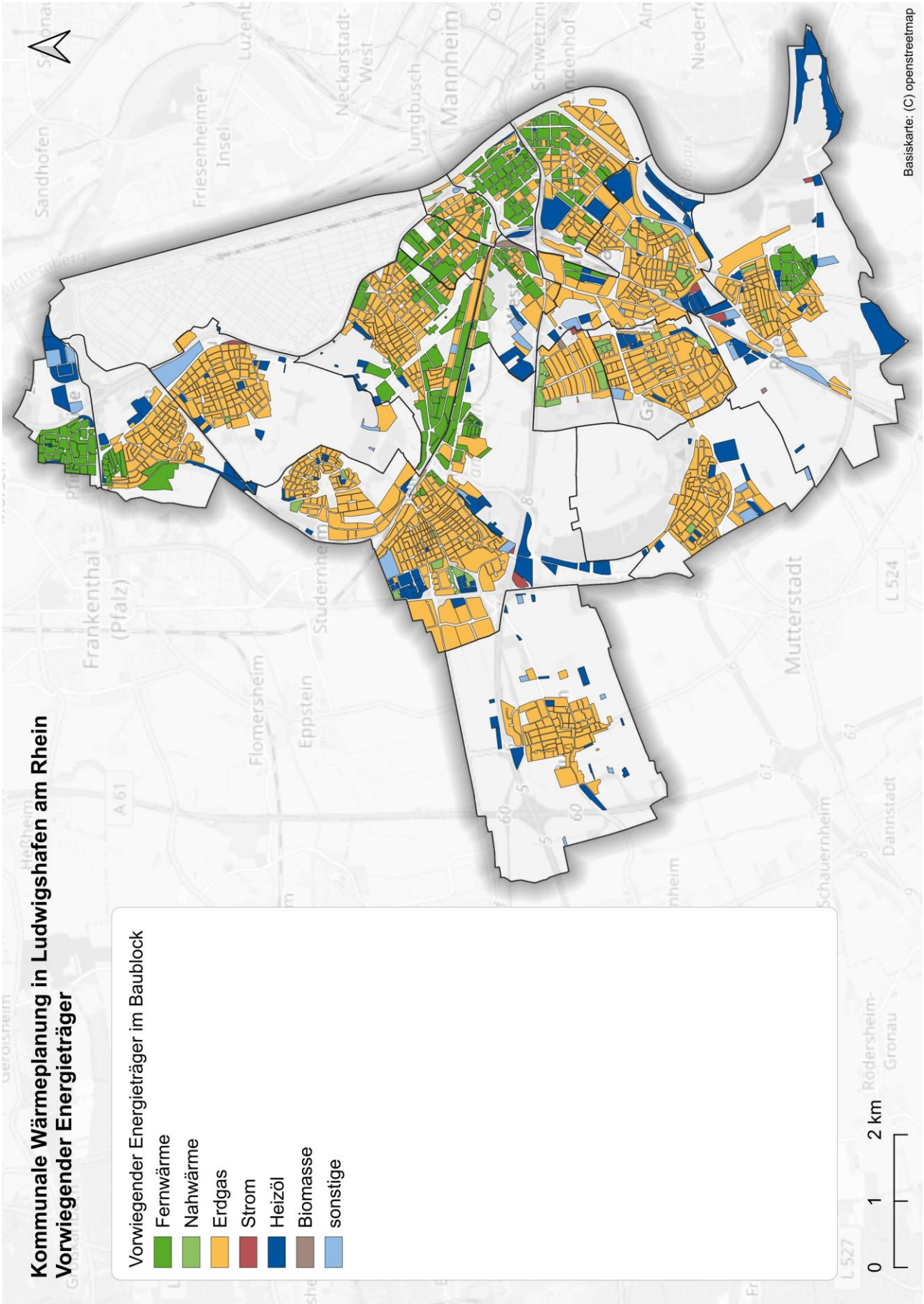



*Abbildung 16: Vorwiegender Energieträger, Darstellung auf Baublockebene*

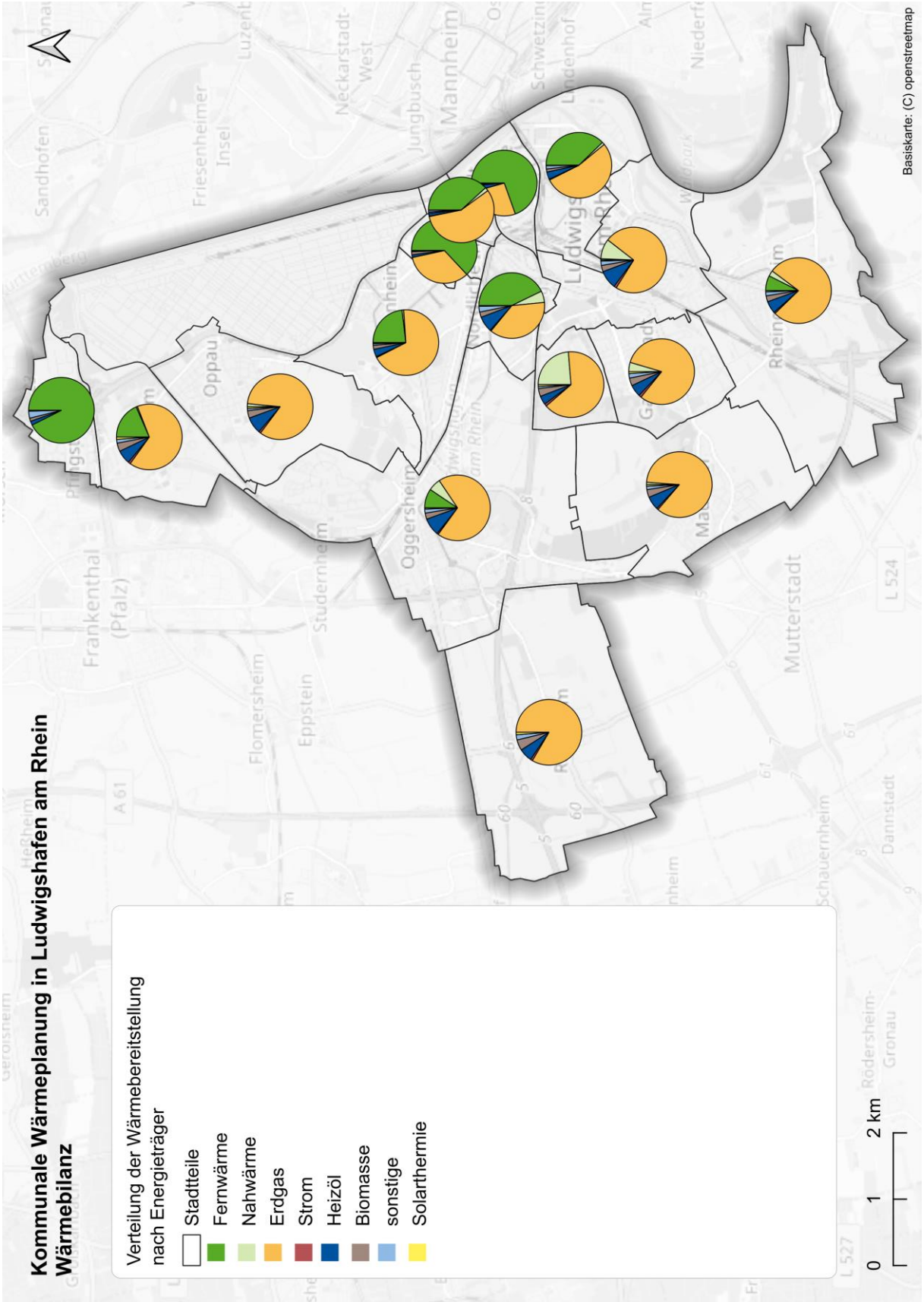



*Abbildung 17: Wärmebereitstellung nach Energieträger, Bilanzierung auf Stadtteilebene*

## 3.6 Endenergiebilanz

Im Rahmen der Endenergiebilanz werden die Energiemengen bilanziert, die zur Deckung des Wärmebedarfs zu den Gebäuden geliefert werden. Diese Endenergie ist die Energiemenge, die den Verbraucher nach Abzug von Gewinnungsaufwand, Übertragungs- und Umwandlungsverlusten erreicht und die dann zur weiteren Umwandlung in die Nutzenergie (hier Wärme) zur Verfügung steht. Endenergie ist damit die gelieferte Menge Energie am Hausanschluss.

Die Ermittlung der Endenergiebilanz auf gesamtstädtischer Ebene erfolgt analog zur Wärmebilanz im Bottom-Up-Verfahren ausgehend vom Endenergieeinsatz auf Gebäudeebene unter stufenweiser Aggregation auf Stadtteil- und Stadtebene mit weiteren Zwischenstufen wie der Baublock- oder Straßenabschnittsebene.

Der Endenergiebedarf für den Wärmemarkt in Ludwigshafen beläuft sich inkl. dem Prozesswärmebedarf in Industrie und Gewerbe auf rd. 1.314 GWh pro Jahr.

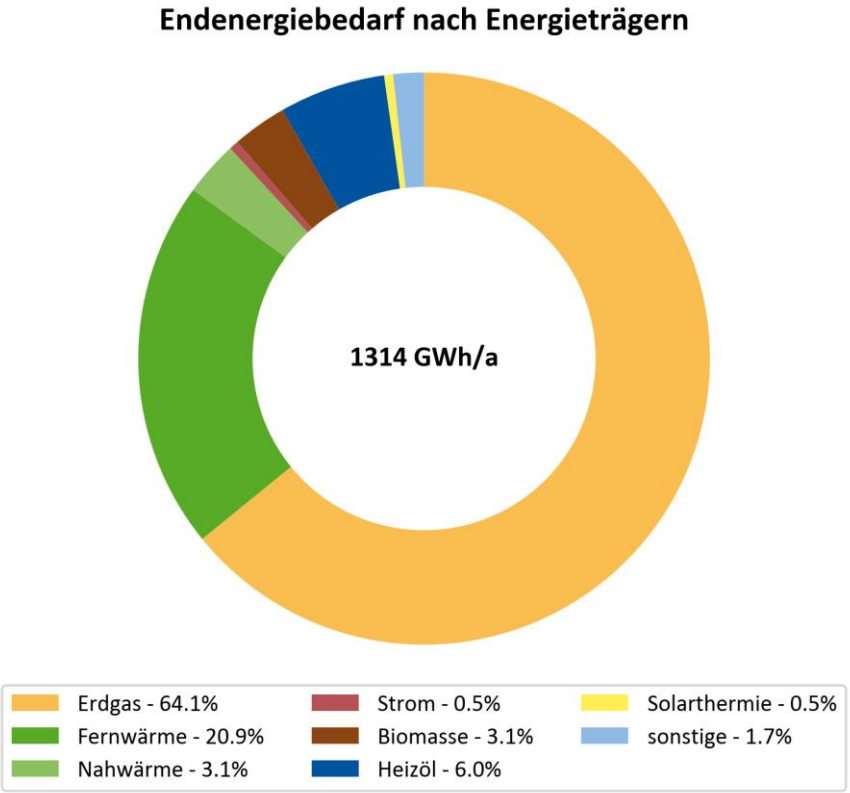



*Abbildung 18: Endenergiebilanz nach Energieträgern, Sonstige: Flüssiggas und kleinere Anteile weiterer Brennstoffe*

Analog zu den Energieträgeranteilen des Wärmebedarfs wird der Endenergieverbrauch dominiert durch den Erdgaseinsatz mit einem Anteil von rd. 64 %, gefolgt von Wärmenetzen mit einem Anteil von rd. 24 %. Der Anteil der Versorgung aus Heizöl liegt kumuliert bei rd. 6 %. Strom als Energieträger, welcher für Direktstromheizungen und Wärmepumpen eingesetzt wird, macht unter 1 % des Endenergieverbrauches aus. Endenergie aus Biomasse, welche sich hier aus Pellets, Holzhackschnitzel und Scheitholz zusammensetzt, erreicht rd. 3 %.

Die ergänzenden kartografischen Darstellungen Abbildung 80 bis Abbildung 84 dienen der Dokumentation der Ergebnisse der Bestandsanalyse im Sinne der Anlage 2 WPG; siehe Anhang A.

## 3.7 Treibhausgasbilanz für den Wärmemarkt

Die Erstellung der Treibhausgasbilanz für den Wärmemarkt in Ludwigshafen erfolgt auf Basis der Endenergieverbräuche nach Energieträgern mit den entsprechenden Treibhausgasemissionsfaktoren, vgl. Tabelle 25 des Anhangs.

Die Emissionen der Wärmeversorgung über die Wärmenetze wurden jeweils auf Basis der Abwärme-, Biomethan- und Erdgaseinsatzmengen sowie unter Berücksichtigung der Wärmeerzeugungsanteile und der Nutzungsgrade der eingesetzten Erzeugeranlagen ermittelt. Im Falle einer Wärmeerzeugung mittels KWK-Anlagen wurde eine Allokation der Emissionen nach der Carnot-Berechnungsmethode angesetzt.

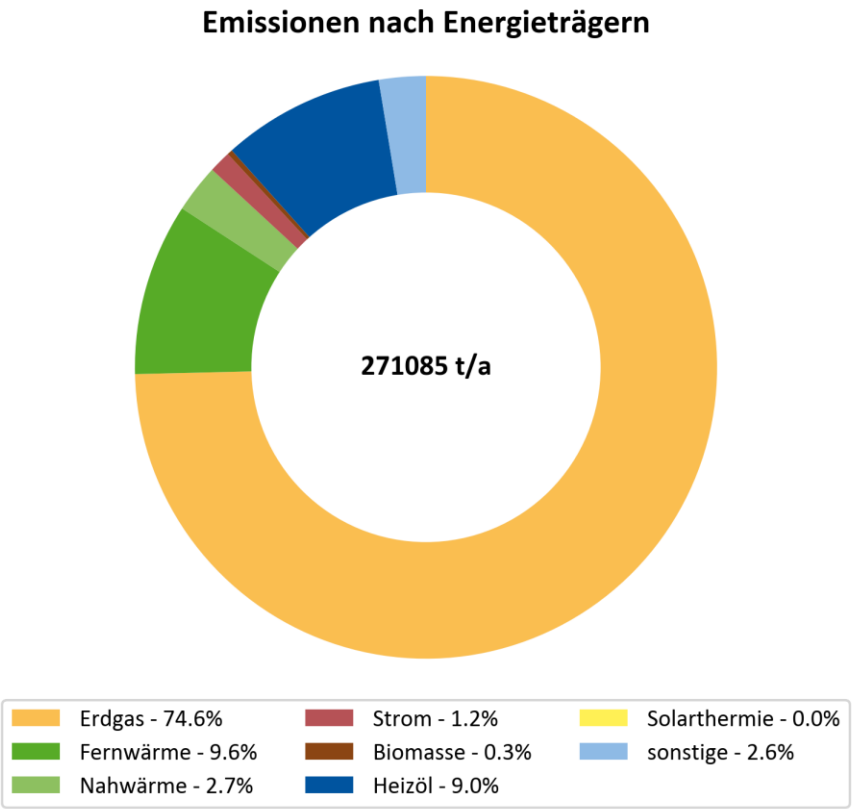



*Abbildung 19: Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung nach Energieträgern, Sonstige: Flüssiggas und kleinere Anteile weiterer Brennstoffe*

Die Treibhausgasemissionen ($CO_2$-Äquivalente) für den Wärmemarkt in Ludwigshafen am Rhein belaufen sich insgesamt auf rd. 271.000 Tonnen $CO_2$-Äquivalente pro Jahr (gem. Basisbetrachtung des Jahres 2021).

Analog zu den Energieträgeranteilen des Endenergieverbrauchs werden die Emissionen dominiert durch den Erdgaseinsatz mit einem Anteil von rd. 75 %, gefolgt von Wärmenetzen mit einem Anteil von rd. 12 %. Der Anteil des Stroms beträgt rd. 1 %. Die regenerativen Energieträger Holz und Solarthermie spielen aufgrund der geringen Verbrauchsanteile und der niedrigen Emissionsfaktoren nahezu keine Rolle. Die Emissionen der Wärmeversorgung aus den Netzen der TWL sind trotz einer jährlichen Wärmelieferung von rd. 315 GWh/a aufgrund des niedrigen Emissionsfaktors für die Wärme aus Siedlungsabfall sowie aufgrund des KWK-Einsatzes gering und liegen bei rd. 33 kt/a.

# 4 Potenzialanalyse

## 4.1 Methodik

Die Potenzialanalyse dient der systematischen Erfassung der **Einsparpotenziale** sowie der klimaneutralen **Wärme- und Stromquellen** in Ludwigshafen am Rhein.

*Tabelle 2: Kategorisierung von Potenzialen*

| | |
|---|---|
| **Einsparpotenziale** | • Klimaveränderungen<br>• Sanierung der Gebäudehülle<br>• Effizienzsteigerungen |
| **Wärmequellen** | Umweltwärme<br>• Gewässerwärme (Flusswasserwärme, andere Oberflächengewässer)<br>• Geothermie<br>• Luft<br>Unvermeidbare Abwärme<br>• Klärwasserwärme<br>• Abwasserwärme<br>• Industrielle Abwärme<br>• Abwärme aus Müllverbrennung<br>Erneuerbare Energien<br>• Solarthermie<br>Große Wärmespeicher (Technologie zur Nutzbarmachung saisonaler Wärmequellen) |
| **Stromquellen** | Erneuerbare Energien<br>• Photovoltaik<br>• Windkraft |

Weiterhin lassen sich Potenziale in die Kategorien dezentral und zentral einordnen. Als **dezentrale Potenziale** werden dabei die Potenziale für die energetische Versorgung von einzelnen Gebäuden definiert. Die Ermittlung der dezentralen Potenziale erfolgt lokal aufgelöst für jedes Gebäude, soweit Datenlage und Datenschutzbestimmungen dies zulässt. Als **zentrale Potenziale** werden die Potenziale zur Erzeugung von Wärme bezeichnet, die über Wärmenetze bereitgestellt wird. Weiterhin fallen große Stromerzeuger in die zentrale Kategorie. Die Ermittlung der zentralen Potenziale erfolgt punktuell in Abhängigkeit der Verfügbarkeit von Quellen.

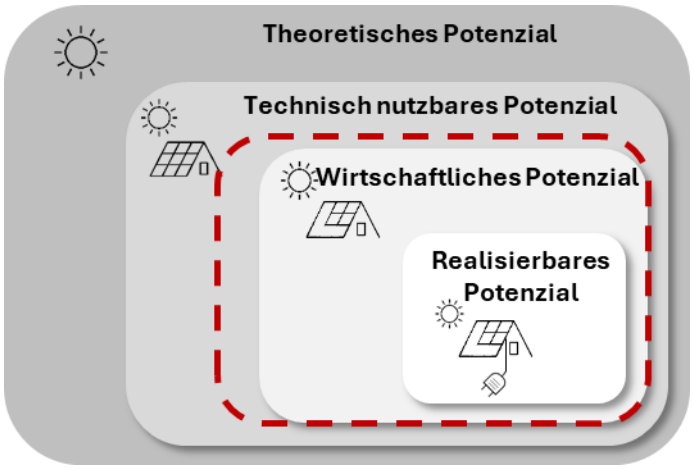



*Abbildung 20: Ebenen der Potenzialermittlung*

In der hier durchgeführten Potenzialanalyse wird zwischen theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und realisierbaren Potenzialen unterschieden:

- Das **theoretische Potenzial** beschreibt die maximale Menge an Energie, die aus einer bestimmten Quelle ganzjährig gewonnen werden kann, ohne Berücksichtigung organisatorischer oder genehmigungsrechtlicher Einschränkungen und technischer Restriktionen. Es stellt die Obergrenze der verfügbaren Ressourcen dar, die rein physikalisch oder geographisch vorhanden sind.
- Das **technische Potenzial** berücksichtigt die technischen Möglichkeiten zur Nutzung der Ressourcen. Es umfasst die Energie, die mit aktuellen Technologien und unter Berücksichtigung physikalischer und technologischer Randbedingungen gewonnen werden kann.
- Das **wirtschaftliche Potenzial** bezieht neben technischen und infrastrukturellen Aspekten auch wirtschaftliche Faktoren mit ein, die einen Ausbau erschweren können, z.B. hohe Investitionskosten.
- Das **realisierbare Potenzial** beinhaltet zusätzlich auch rechtliche und soziale Faktoren mit ein. Es beschreibt die Energie, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung voraussichtlich genutzt werden kann, nachdem alle Einschränkungen und Anforderungen berücksichtigt wurden. Diese Potenzialstufe findet sich vor allem im Zielszenario wieder, wo der Ausbaupfad bewertet wird.

**Hinweis:**

Der Arbeitsschritt Potenzialanalyse der kommunalen Wärmeplanung dient der unabhängigen Identifikation aller Potenziale und deren Quantifizierung. Es ist zu beachten, dass in diesem Kapitel die theoretisch und technisch verfügbaren Einsparpotenziale, Wärmequellen und Stromquellen beschrieben werden. Anhand von Kennwerten zur wirtschaftlichen Anlagenauslegung, z.B. Volllaststunden, oder anhand von übergeordneten Zielstellungen, z.B. nationale Ausbauziele, kann das Potenzial weiter auf ein technisch-wirtschaftliches Potenzial eingegrenzt werden. Es ist zu beachten, dass dabei die Konkurrenz von Quellen untereinander noch nicht einbezogen wird. Die quantitative Ermittlung des anzunehmenden Zielszenarios zum realisierbaren Potenzial für die dezentrale und zentrale Wärmeerzeugung ist Teil des späteren Kapitels Zielszenario.

## 4.2 Schutzgebiete

In Ludwigshafen gibt es diverse Schutzgebiete, die bei der Potenzialanalyse zu berücksichtigen sind:

- Ein Teilbereich des Flora-Fauna-Habitat-Gebietes „Rheinniederung Speyer-Ludwigshafen“ befindet sich im Südosten des Stadtgebietes. Hierzu gehören die Verlandungs- und Flachwasserzonen an der Kuhschleuse östlich des Kief‘weihers und umgebende Auwaldbestände. [4]
- Ein Teilbereich des Flora-Fauna-Habitat-Gebietes „Rheinniederung Speyer-Ludwigshafen“ befindet sich im Südosten des Stadtgebietes. Hierzu gehören die Verlandungs- und Flachwasserzonen an der Kuhschleuse östlich des Kief‘weihers und umgebende Auwaldbestände. [4]
- Die Landschaftsschutzgebiete [5], hier aufgelistet von Norden nach Süden
  - Im Hansenbusch (West)
  - Roßlache
  - Kreuzgraben
  - Maudacher Bruch
  - Stadtpark
  - Pfälzische Rheinauen
- geschützte Landschaftsbestandteile (GLB) sind in Lu von Norden nach Süden:
  - Schleusenloch
  - Frankenthaler Kanal
  - Affengraben
  - Kleine Blies
  - Große Blies
  - Im Neuen Teich

Abbildung 21 zeigt eine kartographische Darstellung der Landschaftsschutzgebiete und Schutzgebietsteile Natura 2000 (FFH- und Vogelschutzgebiet) Ludwigshafens.

Naturschutzgebiete und Trinkwasserschutzgebiete der Zonen I und II existieren im Stadtgebiet Ludwigshafens nicht.

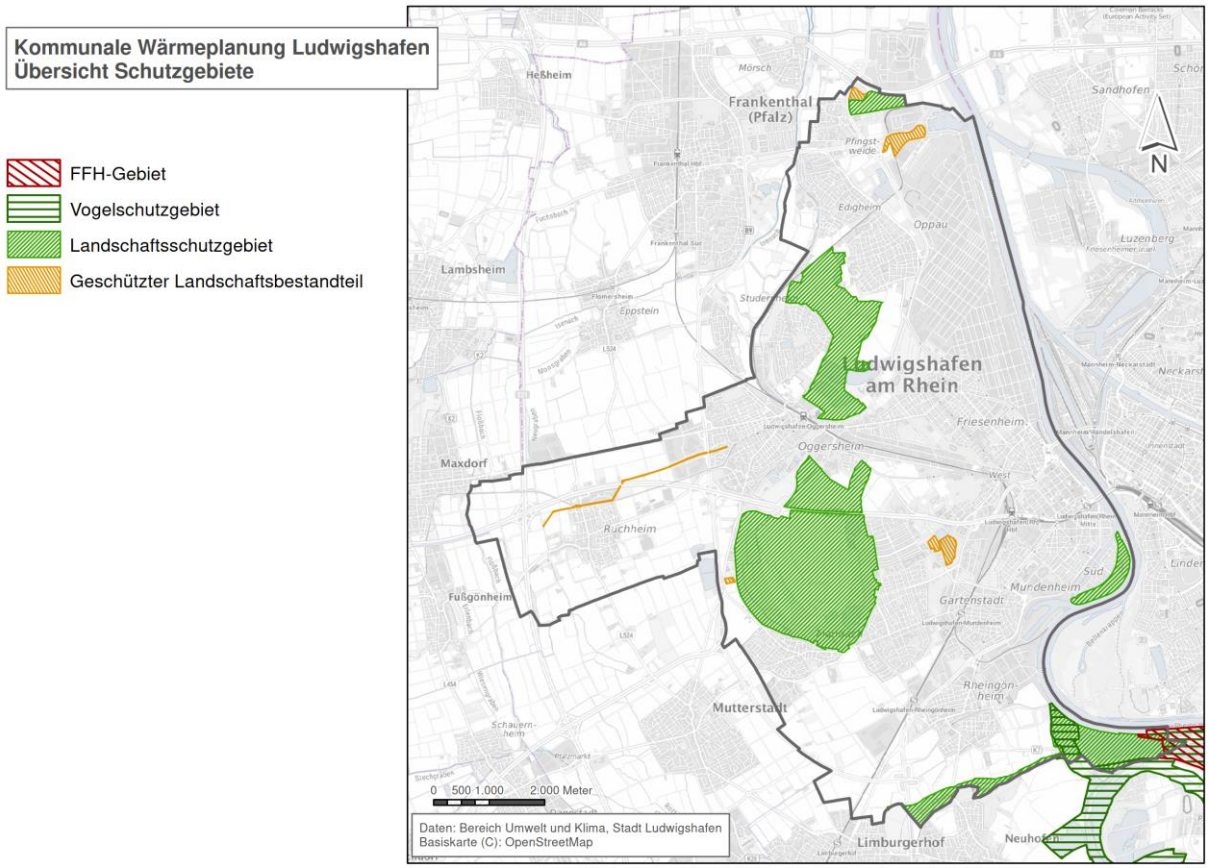



*Abbildung 21: Schutzgebiete und Teile von Schutzgebieten im Stadtgebiet Ludwigshafen. Quelle: Stadt Ludwigshafen*

## 4.3 Dezentrale Potenziale

### *4.3.1 Reduktion des Wärmebedarfs*

Das Einsparpotenzial wird maßgeblich durch folgende Einflussfaktoren auf den Wärmebedarf eines Gebäudes bestimmt: Klimaveränderungen, Sanierungen der Gebäudehülle, Effizienzsteigerungen der Gebäudehülle, Effizienzsteigerungen und Suffizienz. Der Wärmebedarf eines Gebäudes setzt sich aus dem Raumwärmebedarf, dem Trinkwarmwasserbedarf und bei Nichtwohngebäuden ggf. dem Prozesswärmebedarf zusammen.

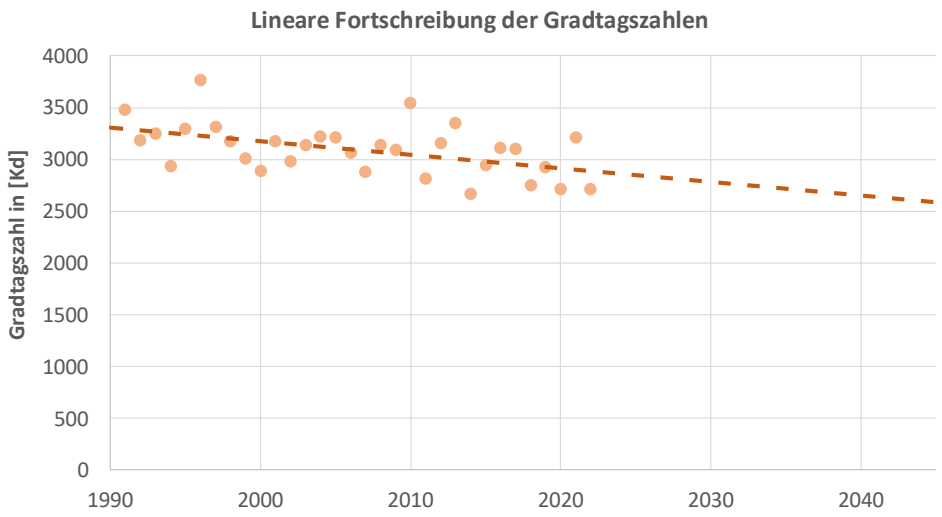



*Abbildung 22: Lineare Fortschreibung der Gradtagszahlen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, Wetterstation Mannheim) als Indikator des klimatischen Einflusses auf den Wärmebedarf*

Zur Quantifizierung einer möglichen Reduktion des Raumwärmebedarfs durch **Klimaveränderungen** wird der historische Trend der Entwicklung der Gradtagszahlen extrapoliert; sprich, die Entwicklung des Klimas der letzten Jahre wird für die nächsten Jahre fortgeschrieben. Gradtagszahlen sind ein Maß dafür, wie stark und wie lange die Außentemperaturen unter einer bestimmten Heizgrenze (15°C) liegen und welche summierte Differenz zwischen Innen- (20°C) und Außentemperaturen sich somit über die Heizperiode ergibt. Sie geben somit Auskunft über den Heizbedarf in einem bestimmten Zeitraum und korrelieren direkt mit dem Raumwärmebedarf. Im übertragenen Sinne bedeutet dies: Steigen die Außentemperaturen durch den fortschreitenden Klimawandel immer weiter an, wird der Raumwärmebedarf geringer.

Werden die Gradtagszahlen anhand des Trends von 1991-2022 fortgeschrieben, resultiert dies in einer Reduktion von etwa 11 % im Jahr 2045 bezogen auf das Jahr 2021. Dies entspricht einer linearen Reduktion von etwa 0,5 % pro Jahr.

Möglichen Einsparungen des Raumwärmebedarfs durch energetische **Sanierung der Gebäudehülle** werden mittels des ENERKO Sanierungstools simuliert. Das Modell berücksichtigt Sanierungstiefen, Sanierungszyklen und Sanierungsraten wie im Folgenden beschrieben.

Die **Sanierungstiefe** beschreibt die potenzielle Reduktion des Wärmebedarfs eines Gebäudes durch Sanierung. Sie wird in Abhängigkeit der Baualtersklasse des Gebäudes sowie des aktuellen spezifischen Wärmebedarfs modelliert.

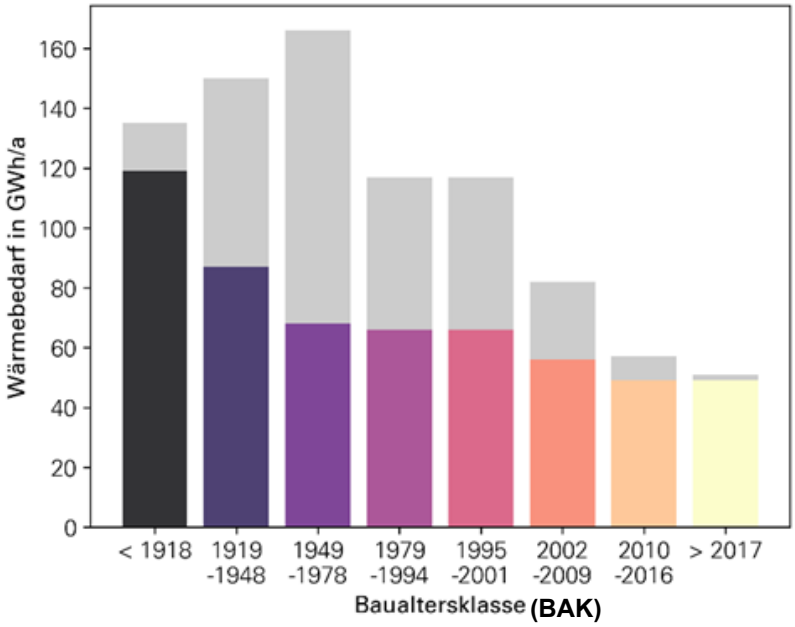



*Abbildung 23: Sanierungstiefen typischer Wohngebäude nach Baualtersklasse (Quelle: [6])*

Abbildung 23 zeigt die Datenbasis, auf deren Grundlage prozentuale Sanierungstiefen für Wohngebäude abgeleitet werden. Die Sanierungstiefen von Nichtwohngebäuden werden individuell je Nutzungsart festgelegt. Für denkmalgeschützte Gebäude werden geringere Sanierungstiefen angesetzt. Weiterhin wird eine Untergrenze für den flächenspezifischen Wärmebedarf von 50 kWh/m² angenommen, welche durch Sanierungsmaßnahmen nicht unterschritten werden kann.

Damit die Sanierung eines Gebäudes in der Simulation rechnerisch möglich ist, muss ein Richtwert, welcher von der Baualtersklasse oder Nutzungsart der Gebäude abhängig ist, überschritten werden.

**Sanierungszyklen** geben an, nach welcher Zeit ein Gebäude aus einer bestimmten Baualtersklasse typischerweise saniert werden würde. Da nicht alle Gebäude aus einer Baualtersklasse gleichzeitig und nicht alle Baualtersklassen nacheinander saniert werden, werden sich überlappende Spannen angenommen.

Die **Sanierungsrate** beschreibt den Anteil der Energiebezugsfläche, welche im Mittel pro Jahr energetisch ertüchtigt wird. Die Sanierungsrate wird für jede Baualtersklasse einzeln angegeben. Auf diese Weise wird ein Zeitversatz in der Sanierung modelliert; sprich, ältere Gebäude oder Gebäude aus energieintensiven Baualtersklassen werden früher saniert.

Die hier betrachteten **Effizienzsteigerungen** beziehen sich auf die Reduktion des Trinkwarmwasserbedarfs durch sparsamere Armaturen und Verbraucherverhalten sowie auf die Reduktion des Prozesswärmebedarfs. **Suffizienz**, die auf eine bewusste Reduktion des Verbrauchs durch Verhaltensänderungen und Anpassungen des Lebensstils abzielt, betrifft hingegen ausschließlich das Trinkwarmwasser.

Um eine mögliche Spannweite der zukünftigen Entwicklungen hinsichtlich Sanierung abzubilden, werden zwei Szenarien untersucht. Dabei bilden alle Szenarien eine Steigerung der Sanierungsrate im Vergleich zum Trend ab. So lagen die Sanierungsraten in Deutschland in den letzten Jahren bei durchschnittlich 0,8 % pro Jahr. Wie in den meisten Städten liegen auch für Ludwigshafen am Rhein keine spezifischen Daten bzgl. der Sanierungsraten vor. Im

Basisszenario, welches eine moderate Entwicklung abbildet, wird von einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr, im ambitionierten Szenario von 1,9 % pro Jahr bis 2045 ausgegangen. Gleichzeitig wird im ambitionierteren Szenario eine höhere Reduktion durch Klimawandel angenommen, die wiederum Treiber für höhere Einsparbemühungen ist.

*Tabelle 3: Eingangsparameter der Szenarien zur Wärmebedarfsreduktion*

| | Basisszenario | Ambitioniertes Szenario |
|---|---|---|
| Sanierungsrate | 1,2 % pro Jahr | 1,9 % pro Jahr |
| Sanierungszeitraum | bis 2045 | bis 2045 |
| Sanierungstiefe | Wohngebäude: abhängig von BAK<br>Nichtwohngebäude: abhängig von Nutzung | |
| Minimaler Wärmebedarf nach Sanierung | 50 kWh/m² | 50 kWh/m² |
| Reduktion Raumwärmebedarf durch Klimaveränderung | 0,5 % pro Jahr | 0,75 % pro Jahr |
| Reduktion Trinkwarmwasserbedarf durch Suffizienz- & Effizienzsteigerung | 10 % bis 2045 | 20 % bis 2045 |
| Reduktion Prozesswärmebedarf durch Effizienzsteigerung | 0 % bis 2045 | 10 % bis 2045 |

Tabelle 4 stellt die Ergebnisse der zwei Szenarien gegenüber für die Entwicklung bis 2045. Während im Basisszenario mit Einsparungen des Raumwärme- und Trinkwarmwasser- und Prozesswärmebedarfes von etwa 18 % zu rechnen ist, ergibt sich im ambitionierten Szenario eine Reduktion des Wärmebedarfs um 32 % des Ausgangswertes.

Dieser Wert von absolut **387 GWh/a** wird als technisches Potenzial durch Sanierung und Effizienzsteigerung angesetzt.

*Tabelle 4: Ergebnisse der Szenarien zur Wärmebedarfsreduktion, jeweils Einsparbeitrag Zieljahr 2045 gegenüber Basisjahr*

| | Basisszenario | Ambitioniertes Szenario |
|---|---|---|
| Reduktion Raumwärmebedarf durch Klimaveränderung | 6 % | 11 % |
| Reduktion RW- und TWW-Bedarf durch Sanierung, Suffizienz- & Effizienzsteigerungen | 13 % | 23 % |
| Reduktion Prozesswärmebedarf durch Effizienzsteigerung | 0 % | 10 % |
| Reduktion des Wärmebedarfs (RW, TWW, PW) bis 2045 | **18 %** | **32 %** |

Die sich ergebenden Einsparungen zeigen die zu erwartende Bandbreite des Effekts zukünftiger Sanierungsmaßnahmen auf den Wärmebedarf in Ludwigshafen am Rhein auf.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sollte ein möglichst robustes Sanierungsszenario ausgewählt werden. So hängt zum einen die Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung in einem Gebiet direkt von dem dort angenommenen Wärmebedarf und somit auch der angenommenen Wärmebedarfsreduktion ab. Zum anderen existieren auf dem lokalen Wärmemarkt ein Wärmeangebot (neu zu erschließende Wärmequellen) und eine Wärmenachfrage (Wärmebedarf). Diese sollen bei der Erstellung des Zielszenarios der kommunalen Wärmeplanung gesamtwirtschaftlich optimal kombiniert werden. Somit wird für die weiteren Berechnungen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung, insbesondere für die Aufstellung des Zielszenarios **das Basisszenario** ausgewählt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Basisszenarios erläutert und visualisiert: Für das Jahr 2045 ergeben sich im Vergleich zum Basisjahr Einsparungen von 217 GWh/a bzw. 18 % des Wärmebedarfes. Dabei reduziert sich der Raumwärmebedarf durch Klimaveränderung um 6 % (63 GWh). Die Sanierung der Gebäudehüllen plus die Suffizienz- und Effizienzsteigerungen beim Trinkwarmwasser machen 13 % Reduktion des Raumwärmebedarfes aus bzw. absolut 254 GWh. Aus der Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr ergibt sich, dass etwa 28 % der Gebäude mit den oben beschriebenen Sanierungstiefen saniert werden. Es ist zu beachten, dass dieselbe Einsparung auch durch eine Durchführung von Maßnahmen an mehr Gebäuden mit niedrigerer Sanierungstiefe, sogenannte Teilsanierungen anstelle von Vollsanierungen, erzielt werden könnten. Werden weiterhin statistische Daten zum Zubau von Neubauflächen im Wohn- und Gewerbebereich und zur Bevölkerungsentwicklung je Stadtteil berücksichtigt, ergibt sich ein zusätzlicher Wärmebedarf von 53 GWh. Unter der Annahme, dass alle bisher unbebauten gewerblichen und Wohnbauflächen des Flächennutzungsplans bis 2045 erschlossen werden und die zusätzlichen Gebäude über einen Wärmebedarf von 50 kWh/m² verfügen, beträgt der zusätzliche Wärmebedarf rd. 4,3 % des Wärmebedarfs im Basisjahr 2021.

Insgesamt ergeben sich in Addition dieser Effekte im Zieljahr ein zu berücksichtigender Wärmebedarf von 1041 GWh/a inkl. Prozesswärmeanteil von 78 GWh. Die Zahlenwerte sind in Anhang A enthalten.

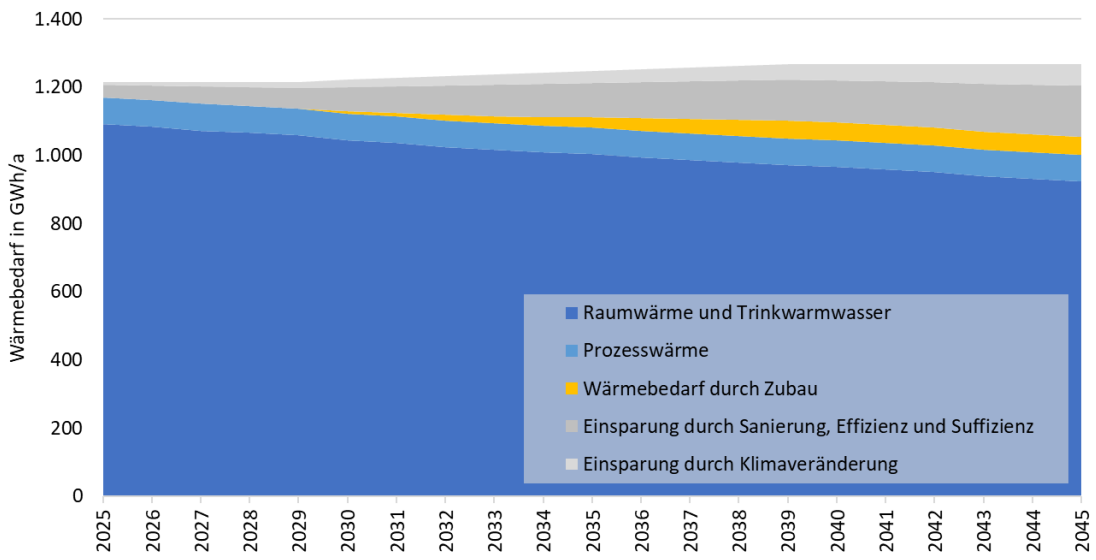



*Abbildung 24: Prognostizierte Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2045 im Basisszenario*

Abbildung 25 stellt die absoluten Einsparungen der Wohngebäude in Ludwigshafen am Rhein nach Baualtersklassen dar. Die farbigen Flächen zeigen den Wärmebedarf nach Sanierung, der graue Anteil gibt die Einsparung durch Sanierung, Klimaveränderung und Effizienzmaßnahmen wieder. Es zeigt sich, dass insbesondere für die energieintensiven Baualtersklassen von 1919 bis 1983 ein hohes Reduktionspotential zu verzeichnen ist.

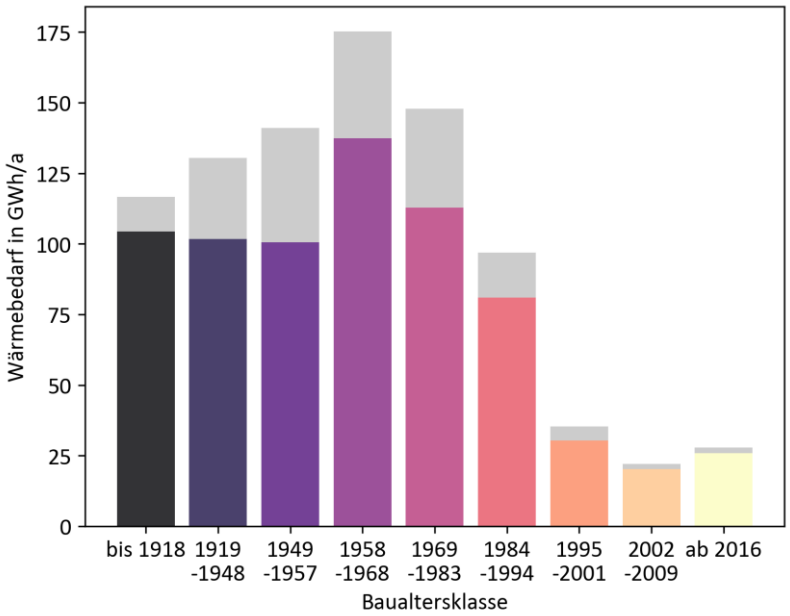



*Abbildung 25: Kumulierter Wärmebedarf nach Sanierung (farbig) und Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung und Klimaeffekte (grau) über alle Wohngebäude nach Baualtersklasse, Basisszenario*

Die gezeigten Werte entsprechen dem spezifischen Gesamtwärmebedarf der Wohngebäude, beinhalten folglich sowohl Raumwärme- als auch Trinkwarmwasserbedarfe.

Die folgenden Karten zeigen die spezifischen Einsparungen (Abbildung 26) und absoluten Einsparungen (Abbildung 27) im Basisszenario, dargestellt auf Baublockebene.

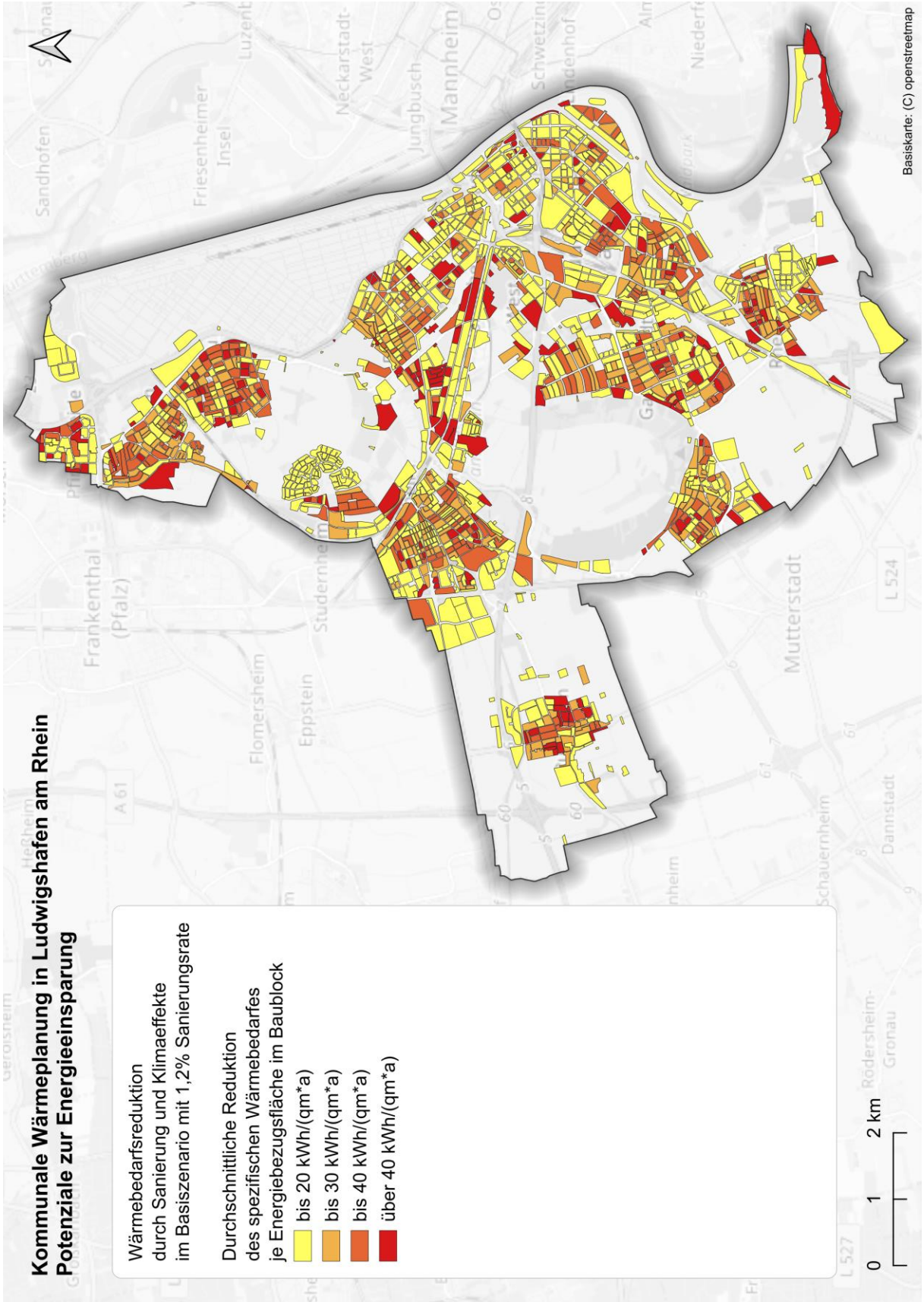



*Abbildung 26: Durchschnittliche, flächenspezifische Reduktion des Wärmebedarfs im Basisszenario mit einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr, Darstellung auf Baublockebene*

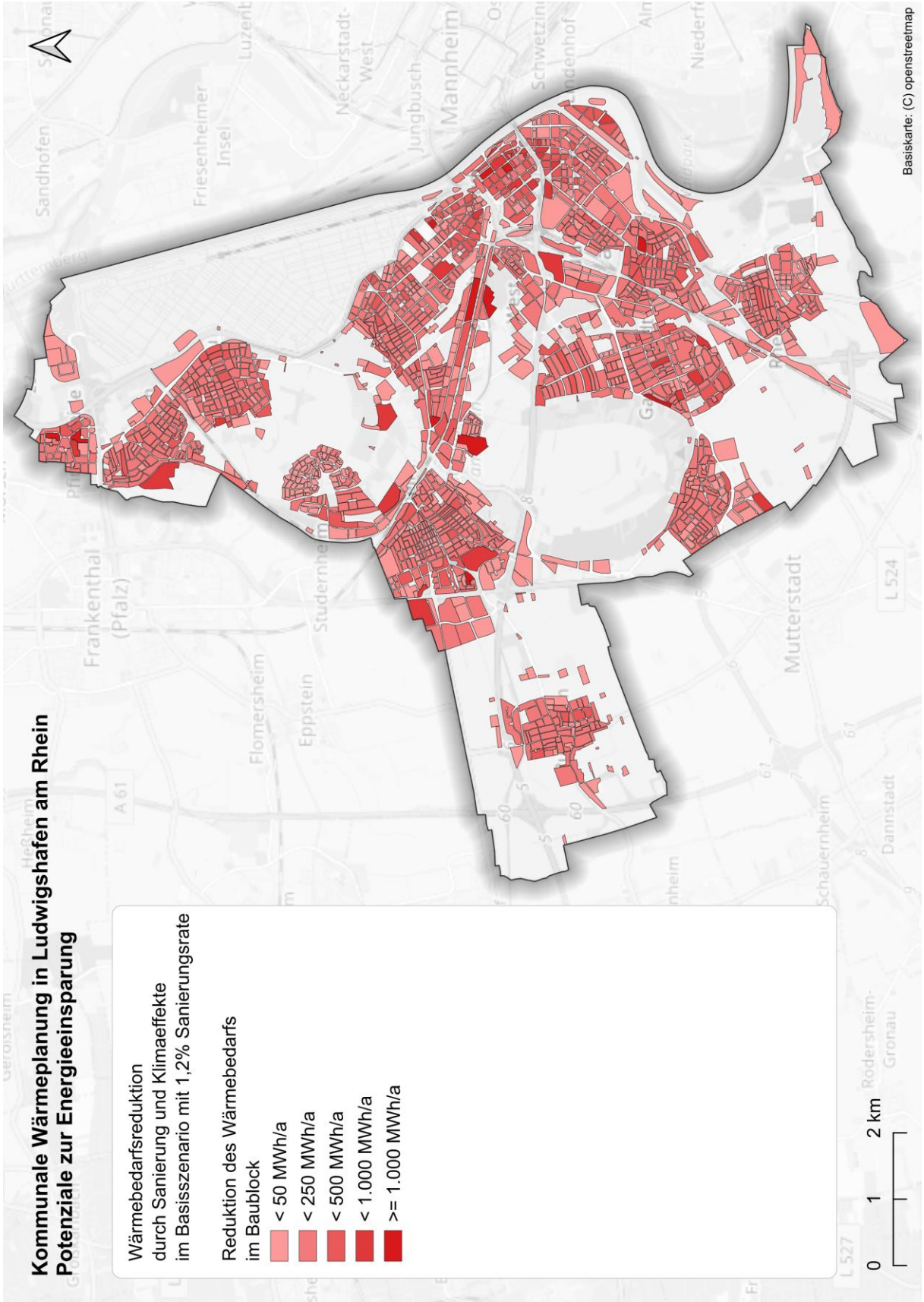



*Abbildung 27: Absolute Reduktion des Wärmebedarfs im Basisszenario mit einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr, Darstellung auf Baublockebene*

### *4.3.2 Oberflächennahe Geothermie*

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich gespeicherte Wärme in einer Tiefe von bis zu 400 Metern. Es gibt verschiedene Arten der Nutzung:

1. **Erdwärmesonden**: Hier werden Rohre vertikal in den Boden gebohrt bis in Tiefen von 400 m (meist 50 m bis 100 m). Bei Tiefen von mehr als 100 m greift das Bergrecht, was ein aufwändigeres Genehmigungsverfahren nach sich zieht. Durch die Rohre zirkuliert eine Flüssigkeit (Sole), die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an eine Wärmepumpe weiterleitet. Diese Art eignet sich auch für kleinere Grundstücke, da die Bohrungen tief, aber schmal sind. Allerdings sind Mindestabstände zwischen den Bohrungen und zu Nachbargrundstücken einzuhalten.
2. **Erdwärmekollektoren**: Diese Rohre werden horizontal etwa 1,2 bis 1,5 Meter unter der Erdoberfläche verlegt. Sie entziehen dem Boden die Wärme auf einer größeren Fläche. Diese Methode benötigt allerdings viel Platz und ist daher eher für große Grundstücke geeignet.
3. **Energiepfähle**: Hier werden bereits vorhandene oder neu vorgesehene Fundamente von Gebäuden, sogenannte Pfähle, zur Wärmegewinnung genutzt. In die Pfähle werden Rohre integriert, die wie bei Erdwärmesonden Wärme aufnehmen. Diese Methode wird oft bei Neubauten angewendet.
4. **Grundwasserwärmepumpen**: Sie entziehen dem Grundwasser direkt Wärme. Dazu wird Grundwasser über einen Brunnen gefördert, die Wärme entzogen und anschließend in einen zweiten Brunnen zurückgeleitet. Voraussetzung ist eine ausreichend große und saubere Grundwasserquelle.
5. **Wärmepumpen mit Eisspeichern:** Sie stellen eine Sonderform von Wärmepumpenanlagen dar. Bei einem Eisspeicher entzieht die Wärmepumpe im Winterhalbjahr dem Speicherwasser in einem i.d.R. unterirdisch installierten Speicherbehälter Wärmeenergie für die Beheizung des Gebäudes. Das Wasser geht dabei in den festen (gefrorenen) Zustand über. Im Frühjahr oder spätestens Sommerhalbjahr muss der Speicher durch Wärmezufuhr regeneriert (aufgetaut) werden. Dies kann bspw. durch Zufuhr von Wärme aus einer Solarthermieanlage, einer Erdsonde oder auch durch Kühlung (Klimatisierung) des Gebäudes erfolgen. Aufgrund der Komplexität und des Platzbedarfes solcher Systeme sind Eisspeicher im Wohnbereich allerdings i.d.R. kaum einsetzbar.

Zur Berechnung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie in Ludwigshafen am Rhein wird die Option Erdwärmesonden betrachtet, da diese eine höhere Entnahmeleistung ermöglichen als flache Erdsonden, die in Einzelfällen aber eine alternative darstellen können.

*Tabelle 5: Definition der Potenziale oberflächennaher Geothermie*

**GEOTHERMIE, oberflächennah**

**Theoretisches Potenzial:**

- Maximale Wärmemenge bei Nutzung der gesamten Flurstücksfläche
- Wärmebereitstellung über Geothermie-Sonden und Geothermie-Wärmepumpen
- Ggf. Ausschluss von Trinkwasserschutzgebieten der Zonen I und II

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend vom theoretischen Potenzial:

- Ausschluss von Flurstücken, die den anliegenden Wärmebedarf nicht vollständig decken können
- Begrenzung des Potenzials auf den tatsächlichen Wärmebedarf je Flurstück

Das Potenzial wird für jedes Flurstück, auf dem ein beheiztes Gebäude vorhanden ist, ermittelt. Weiterhin werden Flurstücke in Trinkwasserschutzgebieten der Zonen I und II sowie Flurstücke mit Bodendenkmälern ausgeschlossen, da hier Bohrungen verboten sind. Es wird angenommen, dass 40 % der freien Flurstücksfläche für Bohrungen zur Verfügung steht und eine Sonde einer Fläche von 64 m² bedarf (bei 8 m Abstand zur Nachbarsonde) Unter Annahme einer Sondenlänge von 100m und einer Entzugsleistung von 50 W/m wird die thermische Entzugsleistung pro Flurstück, unter Annahme einer Vollaststundenzahl von 1.800 h/a, ausgewiesen. Die Wärmebereitstellung auf dem für die Raumwärme und Trinkwarmwasserwärme geforderten Temperaturniveau erfolgt über Sole-Wasser-Wärmepumpen, für die eine Jahresarbeitszahl (Kennzahl für die mittlere Effizienz einer Wärmepumpe inkl. Trinkwarmwasserbereitung) von 3,3 [2] angesetzt wird, da es i.d.R. um Beheizung von Bestandgebäuden ohne grundlegende Anpassung der Haustechnik geht. Das theoretische Potenzial der Wärmebereitstellung aus oberflächennaher Geothermie wird in Bezug zum Wärmebedarf auf dem Flurstück gesetzt. Insgesamt ergibt sich für das theoretische Potenzial oberflächennaher Geothermie in Ludwigshafen am Rhein ein Wert von 1.020 GWh/a.

Zur Berechnung des technischen Potenzials wird davon ausgegangen, dass der Einsatz einer dezentralen, oberflächennahen Geothermielösung in Kombination mit einer Wärmepumpe nur sinnvoll ist, wenn das Wärmeerzeugungspotenzial mindestens 100 % des Wärmebedarfes auf dem Flurstück beträgt. Für den Fall, dass diese Randbedingung erfüllt ist, begrenzt der Wärmebedarf das technische Potenzial. Sofern die Randbedingung nicht erfüllt ist, wird das Potenzial für das entsprechende Flurstück rechnerisch auf 0 gesetzt. Diesem Vorgehen wird die Annahme vorausgesetzt, dass keine Hybridanlagen gebaut werden würden und aufgrund Bergrechts eine Sondentiefe von 100 m eher nicht überschritten wird. Diese Annahme ist für die übergeordnete Potenzialbetrachtung des gesamten Stadtgebiets hinsichtlich dezentraler Erdwärmepumpen ausreichend. Im Fall großer Liegenschaften, Nichtwohngebäude oder auch großer Wohngebäude, können Hybridsysteme oder kombinierte Wärmepumpensysteme hingegen auch zum Lösungsspektrum gehören und sind für den Einzelfall zu prüfen. Insgesamt ergibt sich für das technische Potenzial oberflächennaher Geothermie in Ludwigshafen am Rhein ein Wert von **200 GWh/a**.

In Abbildung 28 sind die theoretischen und technischen Potenziale nach Stadtteilen dargestellt, wobei vor allem Stadtteile mit lockerer Bebauung und größeren Grundstücken wie in

Oggersheim günstigere Bedingungen bieten. Abbildung 29 zeigt eine Karte des technischen Potenzials pro Baublock. Je heller ein Baublock dargestellt ist, umso geringer ist der Anteil des Wärmebedarfs im Baublock, der durch Erdwärme in Kombination mit Wärmepumpen gedeckt werden könnte. Es ist zu beachten, dass diese Auswertung für Sonden mit einer Länge von 100 m erfolgt ist. Bei einer geringeren Sondentiefe und gleicher Anzahl sinkt das Potenzial, bei längeren Sonden und gleicher Sondenanzahl kann in unterversorgten Gebieten theoretisch ein höherer Anteil gedeckt werden.

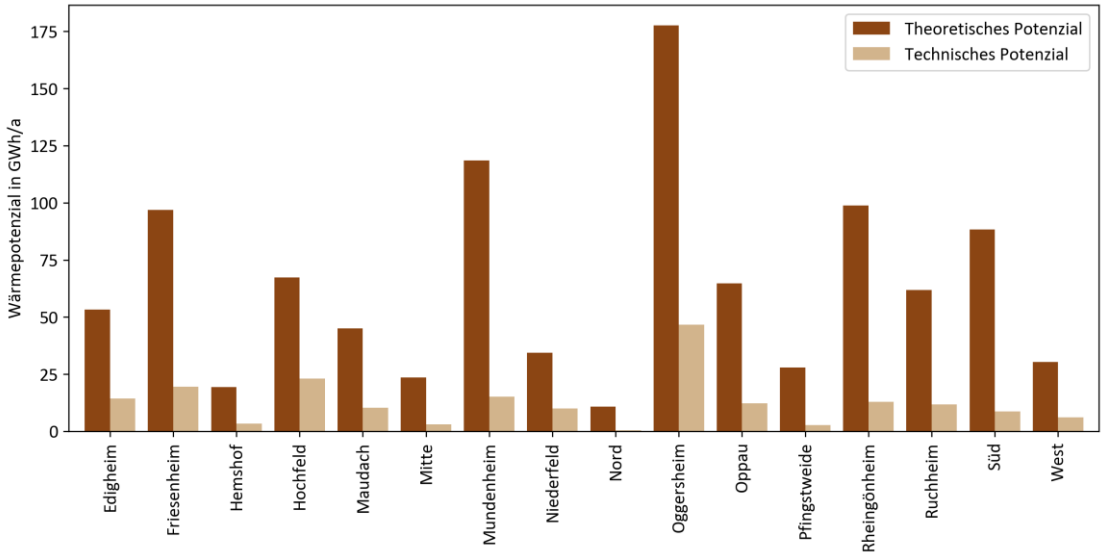



*Abbildung 28: Potenziale für oberflächennahe Geothermie nach Stadtteilen*

*Abbildung 29: Theoretisches Potenzial bei einer Sondentiefe von 100 m für oberflächennahe Geothermie, Darstellung auf Baublockebene*

### *4.3.3 Umgebungsluft*

Die Nutzung der Umgebungsluft mittels Luftwärmepumpen bietet sich an allen Stellen an, an denen zur Wärmeerzeugung keine andere Technologie primär zum Einsatz kommen kann. Der Grund liegt in der Flexibilität von Luft-Wärmepumpen, da Umgebungsluft grundsätzlich überall verfügbar ist.

Luftwärmepumpen funktionieren nach dem Prinzip eines „umgedrehten Kühlschranks“. In der Außenluft enthaltene Wärme wird mittels eines Wärmeübertragers im Außenbereich, eine sogenannte Außeneinheit, gewonnen. Anschließend wird die Wärme mit Hilfe von Strom auf ein erhöhtes Temperaturniveau gebracht und für die Beheizung der Innenräume zur Verfügung gestellt.

Der Umwandlungsnutzungsgrad, die sogenannte Leistungszahl COP (von engl. Coefficient of Performance), die das Verhältnis von Wärmeerzeugung zu Energieeinsatz in Form von Strom angibt, hängt von der Außenlufttemperatur sowie der Temperaturdifferenz zwischen Außentemperatur und Vorlauftemperatur des Heizungssystems ab. Im Winterhalbjahr ist die Außentemperatur, und damit auch die Leistungszahl, niedriger, im Sommerhalbjahr höher. Der Stromaufwand für den Betrieb von Luftwärmepumpen ist daher insbesondere im Winterhalbjahr höher als der Stromaufwand für den Betrieb von Erdwärmepumpen, die mit Erdwärme (oberflächennahe Geothermie) mit einem ganzjährig verfügbaren Temperaturniveau von 10-15 °C arbeiten.

Eine Eingrenzung des theoretischen Potenzials ist aufgrund der lokal immer verfügbaren Wärmequelle Außenluft schwierig. In der Praxis ergeben sich Einschränkungen jedoch durch bereits vorhandene Heizungsalternativen (wie Fernwärme), fehlenden Aufstellrum, hohe Temperaturanforderungen in alten Heizungssystemen bzw. in der Fernwärme und die Vereisungsgefahr an den Luft-Wärmetauschern bei niedrigen Außentemperaturen. Eingeschränkt werden kann die Nutzung somit durch die Lage des Gebäudes, durch baurechtliche Einschränkungen und klimatische Bedingungen.

In Rheinland-Pfalz gibt es keine Vorgaben zu Mindestabständen für Wärmepumpen und deren Einhausungen zu Nachbargebäuden. Die Einhaltung der Lärmschutzgrenzwerte von 35 - 45 dB gemäß TA Lärm ist jedoch verpflichtend.

In einer aktuellen Untersuchung wurde das räumlich aufgelöste technische Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpen im gesamten Bundesgebiet untersucht [7]. Hierbei wurden Luftwärmepumpen hinsichtlich ihrer Eignung bezüglich der zu erwartenden und zulässigen Lärmemissionen nach typischen Siedlungsgebieten untersucht und die Potenziale je nach Siedlungsstruktur bzw. Stadt-/Gemeindetyp ermittelt.

Erwartungsgemäß liegen die Potenziale für Luftwärmepumpen in Gebieten mit lockerer (Einfamilienhaus-) Bebauung deutlich höher als in größeren Städten mit größerem Anteil von Stadtkernen. Die Potenziale liegen bei:

- Landgemeinden unter 5.000 EW: über 75 %
- Kleinstädte mit 5.000 bis 20.000 EW: 71 %
- Mittelstädte mit 20.000 bis 100.000 EW: 63 %
- Großstädte ab 100.000 EW: 49 %

Für Ludwigshafen als Großstadt ist für die Gesamtbetrachtung des Stadtgebietes zunächst von einem technischen Potenzial gemäß dem Mittelwert der Großstädte von rd. 49 % auszugehen. Das technische Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs aus Luftwärmepumpen

beträgt somit rund **590 GWh/a**. Bei weiterer räumlicher Auflösung muss differenziert werden zwischen den Randgebieten mit lockerer Bebauung und den verdichteten Zentren der Stadtteile.

### *4.3.4 Dachflächen-Solarthermie*

Dachflächen-Solarthermieanlagen nutzen die Sonneneinstrahlung zur Erzeugung von Wärme, die zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eingesetzt werden kann. Es gibt verschiedene Systeme:

- **Flachkollektoren:** Diese großflächigen, flachen Kollektoren werden direkt auf das Dach montiert und bestehen aus einer Glasabdeckung und einem wärmeabsorbierenden Material. Sie sind robust, preisgünstig und besonders für den Sommerbetrieb gut geeignet.
- **Vakuumröhrenkollektoren:** Diese Kollektoren bestehen aus mehreren Röhren, in denen ein Vakuum zur Isolation genutzt wird. Sie bieten eine höhere Effizienz, vor allem bei geringerer Sonneneinstrahlung, und eignen sich gut für den ganzjährigen Einsatz.
- **Hybridkollektoren (Photovoltaisch-thermische Kollektoren (PVT)):** Diese Kollektoren kombinieren Photovoltaik und Solarthermie in einem System. Sie erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme, wodurch die absolute Energieausbeute pro Dachfläche maximiert wird, der spezifische Anteil für Wärme jedoch geringer als in den anderen Systemen ausfällt. Wegen der hohen Kosten aufgrund geringer Stückzahlen sind solche Anlagen aber bisher noch wenig verbreitet.

Zur Ermittlung des Potenzials für Dachflächen-Solarthermie in Ludwigshafen am Rhein wurde das landesweite Solarkataster Rheinland-Pfalz [8] ausgewertet. Dieses berechnet basierend auf Laserscandaten und Einstrahlungsanalysen den möglichen Wärmeertrag und berücksichtigt dabei Dachneigung und Dachausrichtung [8].

*Tabelle 6: Definition der Potenziale von Dachflächen-Solarthermie*

**<u>SOLARTHERMIE, Dachflächen</u>**

**Theoretisches Potenzial:**

- Maximal mögliche Wärmeerzeugung bei Betrachtung geeigneter Flächen und Einstrahlungsdaten lt. Solarkataster
- Ausschluss von Nordflächen

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend vom theoretischen Potenzial:

- Skalierung des Potenzials auf einen solaren Deckungsanteil von maximal 50 % des Trinkwarmwasserbedarfs

In Ludwigshafen gibt es unter Ausschluss der nach Norden ausgerichteten Dachflächen 5,8 Mio. $m^2$ Dachfläche, die theoretisch zur Erzeugung von Wärme mittels Solarthermie geeignet sind. Das kumulierte theoretische Potenzial für all diese Flächen beträgt rd. 1.100 GWh/a.

Unter der Annahme, dass Solarthermie-Anlagen so dimensioniert werden, dass bis zu 50 % des Trinkwarmwasser-Bedarfs durch diese gedeckt werden können, beträgt das technische Potenzial **106 GWh/a**.

Es ist zu beachten, dass Solarthermieanlagen, wenn sie neben der TWW-Erzeugung auch für eine Unterstützung des Heizwärmebedarfs ausgelegt sind, auch höhere Potenziale aufweisen können. Die hier verwendeten Parameter sind folglich als konservative Annahmen zu betrachten.

In Abbildung 30 sind die theoretischen und technischen Potenziale nach Stadtteilen dargestellt. Abbildung 31 zeigt eine Karte des technischen Potenzials auf Baublockebene. Die mögliche Wärmeerzeugung durch Solarthermie im Baublock wird auf den Wärmebedarf im Baublock bezogen. Aufgrund der in der Bestandsanalyse getroffenen Annahme, dass Trinkwarmwasser 20 % des Wärmebedarfes ausmacht, ergibt sich bei einer Dimensionierung der Solaranlagen auf 50 % Trinkwarmwassererzeugung ein Anteil von 10 % solarer Deckung des Wärmebedarfes als Obergrenze.

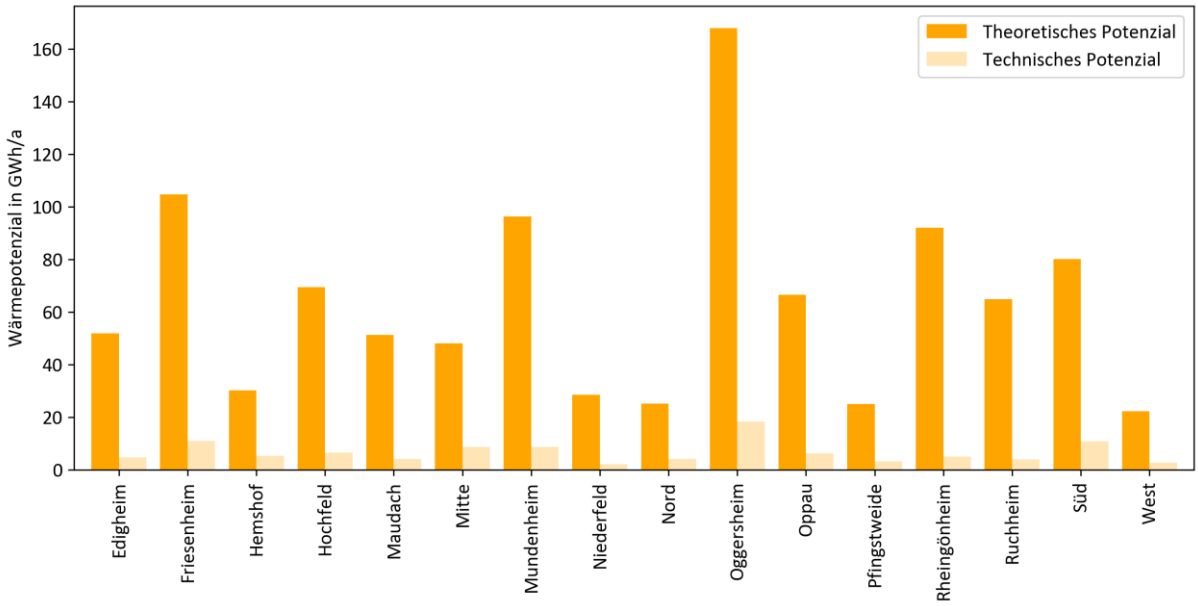



*Abbildung 30: Potenziale für Dachflächen-Solarthermie, Aufteilung nach Stadtteilen*

Für das erwartbare Potenzial ist zu beachten, dass Solarthermie immer in Flächenkonkurrenz mit PV-Anlagen steht. Während PV-Anlagen insbesondere in Kombination mit strombasierten Wärmeerzeugern wie Wärmepumpen vorteilhaft sind und flexibel für den weiteren Endenergieverbrauch des Gebäudes eingesetzt werden können (z.B. für den Haushaltsstrom), eignet sich Solarthermie in Kombination mit Biomasse, um über die Solarthermie den TWW-Bedarf im Sommer abzudecken. Hier können Solarthermieanlagen zu einer Reduktion des Brennstoffbedarfes beitragen. Durch PVT-Kollektoren werden beide Technologien in einem Modul vereint. In Kombination mit Wärmepumpen ist insbesondere die Bauform als Luft-Sole-Kollektoren, auch als PVT-Wärmepumpenkollektoren bezeichnet, interessant. Diese können sowohl die direkte Solarstrahlung als die Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen können. Sie kombinieren die Funktionen eines Photovoltaikmoduls zur Stromerzeugung mit einem Wärmeübertrager, der auf der Rückseite des Moduls angebracht ist. Diese Konstruktion ermöglicht es, die Abwärme des PV-Moduls effizient zu nutzen und gleichzeitig Wärme direkt aus der Umgebungsluft zu gewinnen.

*Abbildung 31: Theoretisches Dachflächen-Solarthermie Potenzial, Darstellung auf Baublockebene*

### *4.3.5 Dachflächen-Photovoltaik*

Dachflächen-Photovoltaikanlagen wandeln Sonneneinstrahlung direkt in elektrische Energie um. Es gibt verschiedene Arten von PV-Anlagen:

- **Monokristalline Solarmodule**: Diese Module bestehen aus einzelnen Siliziumkristallen und bieten den höchsten Wirkungsgrad. Sie sind besonders effizient bei direkter Sonneneinstrahlung und eignen sich ideal für kleinere Dachflächen.
- **Polykristalline Solarmodule**: Diese Module bestehen aus mehreren Siliziumkristallen, sind günstiger in der Herstellung, aber etwas weniger effizient als monokristalline Module. Sie funktionieren gut bei diffuserem Licht und sind eine häufige Wahl für größere Dächer.
- **Dünnschichtmodule**: Diese Module sind leichter und flexibler als kristalline Module, jedoch weniger leistungsstark. Sie eignen sich für Dächer, die weniger Gewicht tragen können oder bei denen das Aussehen eine Rolle spielt.
- **Hybridkollektoren (Photovoltaisch-thermische Kollektoren (PVT)):** Diese Kollektoren kombinieren Photovoltaik und Solarthermie in einem System. Sie erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme, wodurch die absolute Energieausbeute pro Dachfläche maximiert wird, der spezifische Anteil für Wärme jedoch geringer als in den anderen Systemen ausfällt.

Zur Ermittlung des Potenzials für Dachflächen-Photovoltaik wurde das landesweite Solarkataster Rheinland-Pfalz [8] ausgewertet. Für den dort ausgewiesenen Ertrag wird ein Modulwirkungsgrad von 19,5 % angenommen. Dieses berechnet basierend auf Laserscandaten und Einstrahlungsanalysen den möglichen Stromertrag und berücksichtigt dabei Dachneigung und Dachausrichtung [8].

*Tabelle 7: Definition der Potenziale von Dachflächen-Photovoltaik*

**<u>PHOTOVOLTAIK, Dachflächen</u>**

**Theoretisches Potenzial:**

- Maximal mögliche Stromerzeugung bei Betrachtung der geeigneten Flächen und Einstrahlungsdaten lt. Solarkataster
- Ausschluss von Nordflächen

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Keine weiteren Einschränkungen

Das technische Potenzial, welches hier dem theoretischen Potenzial entspricht, beträgt für das gesamte Stadtgebiet **737 GWh/a**. Davon entfallen 64 % auf Dachflächen von Wohngebäuden, 8 % auf öffentliche und 28 % auf Dachflächen der Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie (ohne BASF). Es ist zu beachten, dass dies eine konservative Abschätzung des Potenzials darstellt. So können in spezifischen Projekten, je nach Dachneigung, Verschattung und Gebäudenutzung, auch Nordflächen für PV-Anwendungen technisch-wirtschaftlich sinnvoll sein können.

In Abbildung 32 sind die zusätzlichen Stromerzeugungspotenziale ohne die schon bestehenden Anlagen nach Stadtteilen dargestellt. Abbildung 33 zeigt auf Baublockebene den theoretisch möglichen Anteil zur Wärmebedarfsdeckung über eine PV-Anlage in Kombination mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Dabei wurde unter Berücksichtigung der weniger günstigen Situation im Gebäudebestand eine Jahresarbeitszahl der Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2,4 angenommen.

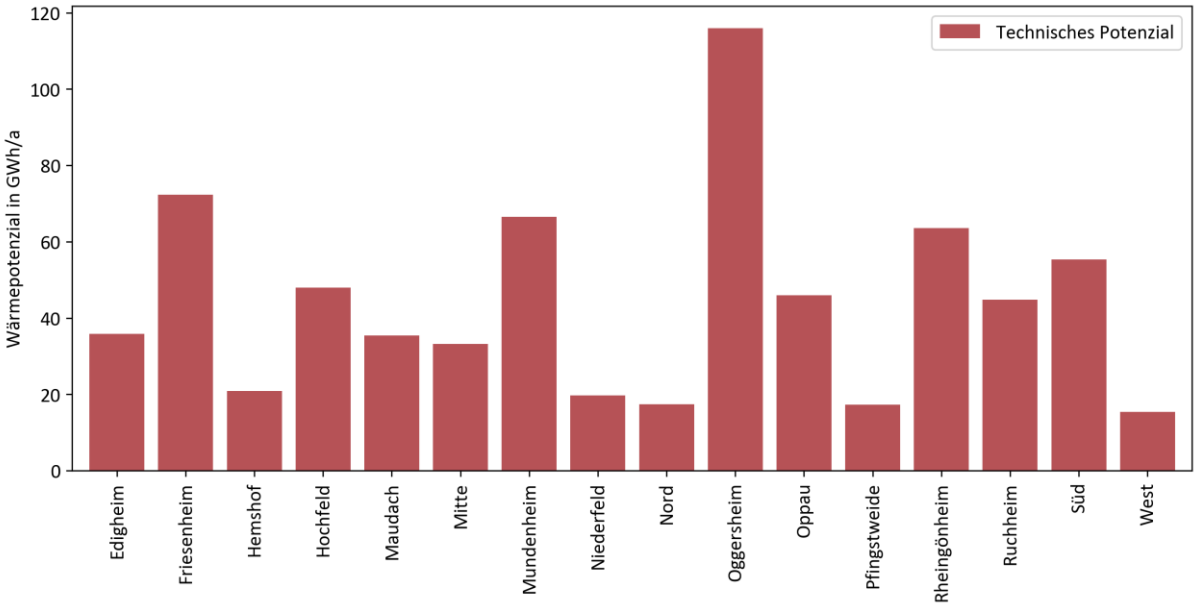



*Abbildung 32: Technische Potenziale für Dach-Photovoltaik, Aufteilung nach Stadtteilen*

Insgesamt sind in Ludwigshafen am Rhein bereits 39,8 MW Photovoltaik auf Dachflächen oder in Form von sogenannten Balkonkraftwerken- installiert [9], was einer Stromerzeugung von etwa **40 GWh/a** entspricht.

*Abbildung 33: Dachflächen-Photovoltaikpotenzial, Darstellung auf Baublockebene*

## 4.4 Zentrale Potenziale

Im Folgenden werden die Potenzialbereiche sowohl von erneuerbaren Quellen als auch Abwärmequellen behandelt, wobei der Fokus auf Wärmequellen zur Erzeugung von Fern- und Nahwärme liegt.

### *4.4.1 Tiefe und mitteltiefe Geothermie*

Tiefe und mitteltiefe Geothermie beschreibt die Wärme, die in Tiefen ab ca. 400 Metern bis zu mehreren tausend Metern gespeichert ist.

*Tiefe Geothermie*

Ab einer Tiefe von 1.500 m ist von tiefer Geothermie die Rede. Hier können Gesteinsschichten vorkommen, die Wasser mit hohen Temperaturen führen – sogenannte hydrothermale Lagerstätten. Solche Gesteinsschichten können mittels hydrothermaler Systeme erschlossen werden. **Hydrothermale Systeme** sind offene Systeme, welche aus mindestens zwei Bohrungen, einer sogenannten Dublette, bestehen. Durch eine Förderbohrung wird Wasser direkt aus tiefen Aquiferen (geologische Formationen, die Wasser in bedeutenden Mengen speichern und leiten können) gefördert und oberirdisch mittels eines Wärmetauschers energetisch nutzbar gemacht. Nach der Nutzung wird das abgekühlte Wasser über eine zweite Bohrung, die Injektionsbohrung, wieder in die Tiefe geleitet, um das natürliche Reservoir zu erhalten.

Wenn kein natürliches Wasserreservoir vorhanden ist, können theoretisch petrothermale Systeme zum Einsatz kommen. Hierbei wird in heißes, trockenes Gestein gebohrt. Kaltes Wasser wird unter hohem Druck in das Gestein eingepresst, um Risse zu erzeugen, durch die das Wasser zirkuliert und Wärme aufnimmt. Dieser Vorgang wird auch Fracking genannt. Da Fracking jedoch mit erheblichen Umweltauswirkungen und -risiken verbunden sein kann, werden diese Optionen nicht weiter betrachtet, auch vor dem Hintergrund, dass im Oberrheingraben grundsätzlich sehr gute Bedingungen für hydrothermale Systeme vorherrschen.

Der Bereich zwischen 400 m und 1.500 m wird als mitteltiefe Geothermie bezeichnet. Dieser Bereich wird meist durch **tiefe Erdwärmesonden** erschlossen. Auch offene hydrothermale Systeme mit Bohrdubletten sind in diesen Bereichen denkbar.

Eine weitere Sonderform der Geothermie ist die Grubenwassernutzung. Diese Option ist nur in Bergbauregionen zu prüfen, was für Ludwigshafen am Rhein nicht zutrifft, und hiermit von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wird.

*Tabelle 8: Definition der Potenziale von tiefer und mitteltiefer Geothermie*

**GEOTHERMIE, tief und mitteltief**

Die Potenziale von tiefer und mitteltiefer Geothermie sind ohne entsprechende Erkundungsbohrungen und/oder weiterführende geologische Untersuchungen mit hohen Unsicherheiten und sehr hohen Kosten verbunden. Da die aktuelle, flächendeckende Daten- und Informationslage maximal eine übergeordnete Quantifizierung der Potenziale zulässt, wird an dieser Stelle keine weitere Kategorisierung des Potenzialbegriffs vorgenommen.

**Vorgehen übergeordnete Potenzialermittlung:**

- Überprüfung der notwendigen Voraussetzungen zur hydrothermalen Nutzung:

- Vorkommen geeigneter Gesteinsformationen
- Falls weiterführende Studien vorhanden sind:
  - Bezifferung des Fündigkeitsrisikos
- Überprüfung der wasser- und bergrechtlichen Voraussetzungen für Erdsonden
- Ggf. Ableitung des Potenzials anhand übergeordneter Ausbauziele.

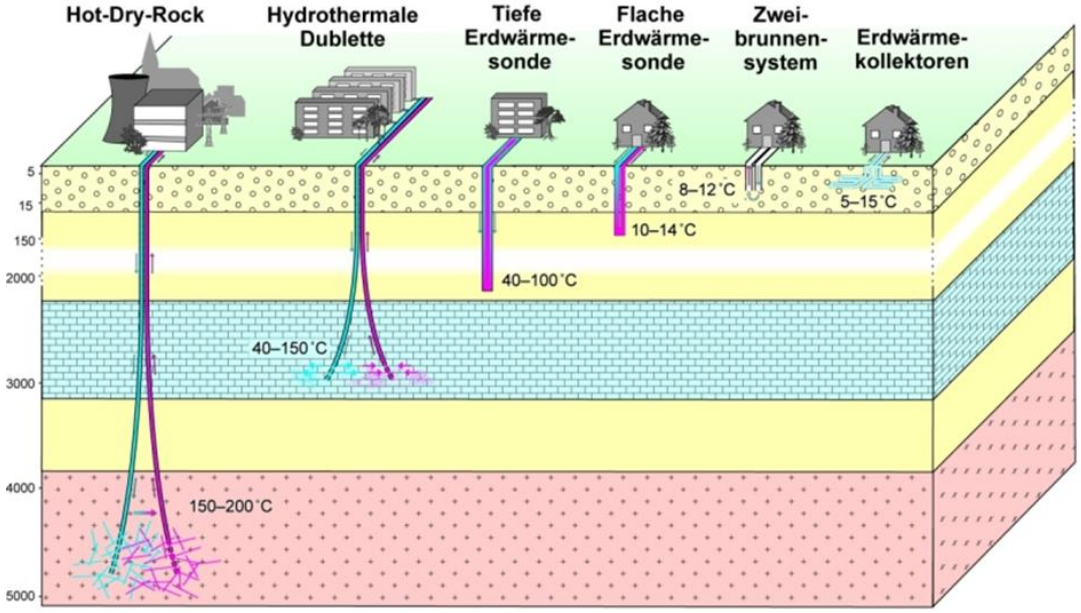



*Abbildung 34: Überblick Geothermienutzung, Quelle: Bayerische Landesamt für Umwelt [10]*

Im Leitfaden Wärmeplanung [1] wird das Vorgehen zur Bewertung erläutert, um für die hydrothermale Nutzung geeignete Gesteinsformationen zu analysieren, ergänzend wurden Daten des geothermischen Informationssystem GEOTIS sowie des Landesamtes für Geologie und Bergbau genutzt.

Bei einem hydrothermalen Geothermiekraftwerk (in der Abbildung 34 die zweite Variante von links) wird durch eine tiefe Bohrung (Saugbrunnen) heißes Thermalwasser aus dem Untergrund gefördert, das zu Wärme und ggf. auch Strom umgewandelt wird. Das abgekühlte Wasser wird durch eine zweite Bohrung (Schluckbrunnen) wieder in den Kreislauf zurückgepumpt. Eine Aufweitung des Untergrundes durch sog. Fracking ist hier nicht vorgesehen, sondern es wird ausschließlich das natürlich vorhandene Thermalwasser wasserführender Schichten im Untergrund, meist Karbonatgestein, im Kreislauf durch die Bohrdublette genutzt.

Bundesweit spielt die tiefe Geothermie vor allem im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Worms und rund um München eine größere Rolle.

In der Metropolregion Rhein-Neckar sind die geologischen Voraussetzungen für eine Nutzung hydrothermaler Tiefenenergie grundsätzlich gegeben: Die Region weist eine soge-

nannte Grabenanomalie auf, d.h. eine Region mit einer tektonischen Grabenstruktur, die höhere Temperaturen in wasserdurchlässigen Schichten mit Sedimentgesteinen oder Muschelkalk führt. In einem rd. 200 km langen und rd. 30 km breiten Gebiet entlang des Rheins sind in Tiefenbereichen bis etwa 3.000 m Bedingungen für eine grundsätzliche geothermische Eignung vorhanden, was auch durch realisierte Projekte z.B. in Landau belegt ist.

Die folgende Abbildung zeigt die zwei Erlaubnisfelder in und um Ludwigshafen, die beide von der Vulcan Energie Ressourcen GmbH beantragt wurden. Beide Erlaubnisfelder sind zur kombinierten Nutzung als Geothermische Wärmequelle sowie zur Lithiumgewinnung bewilligt worden.

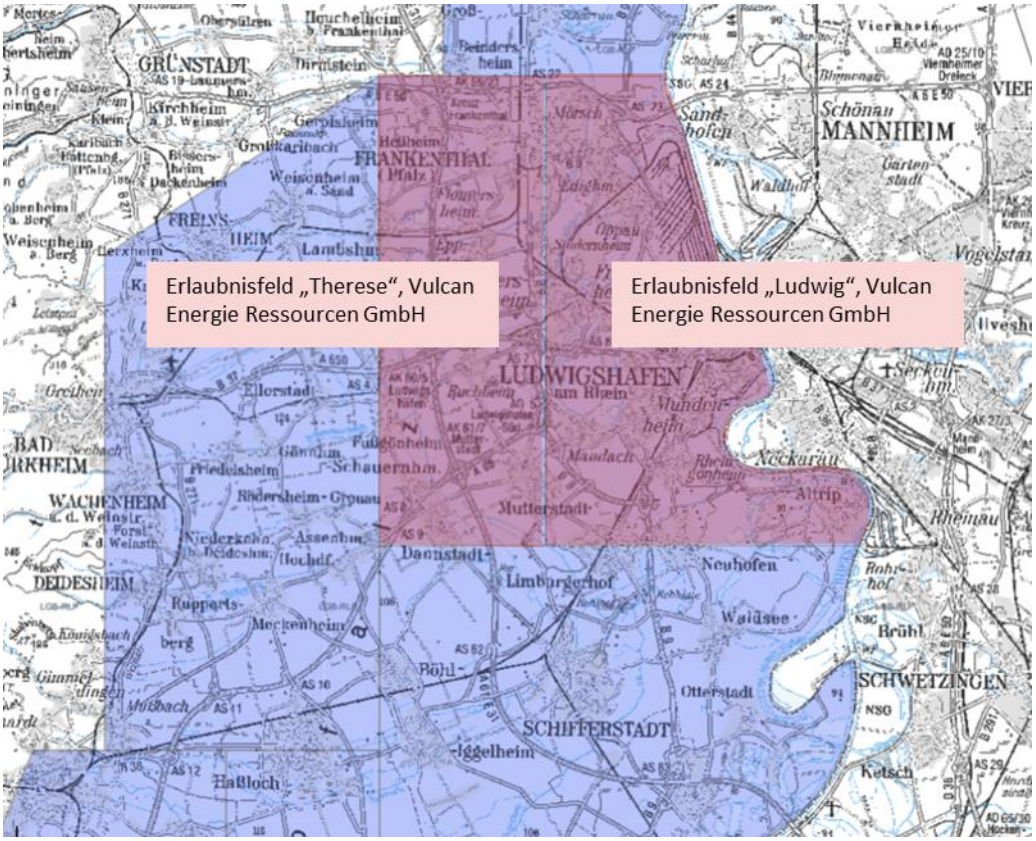


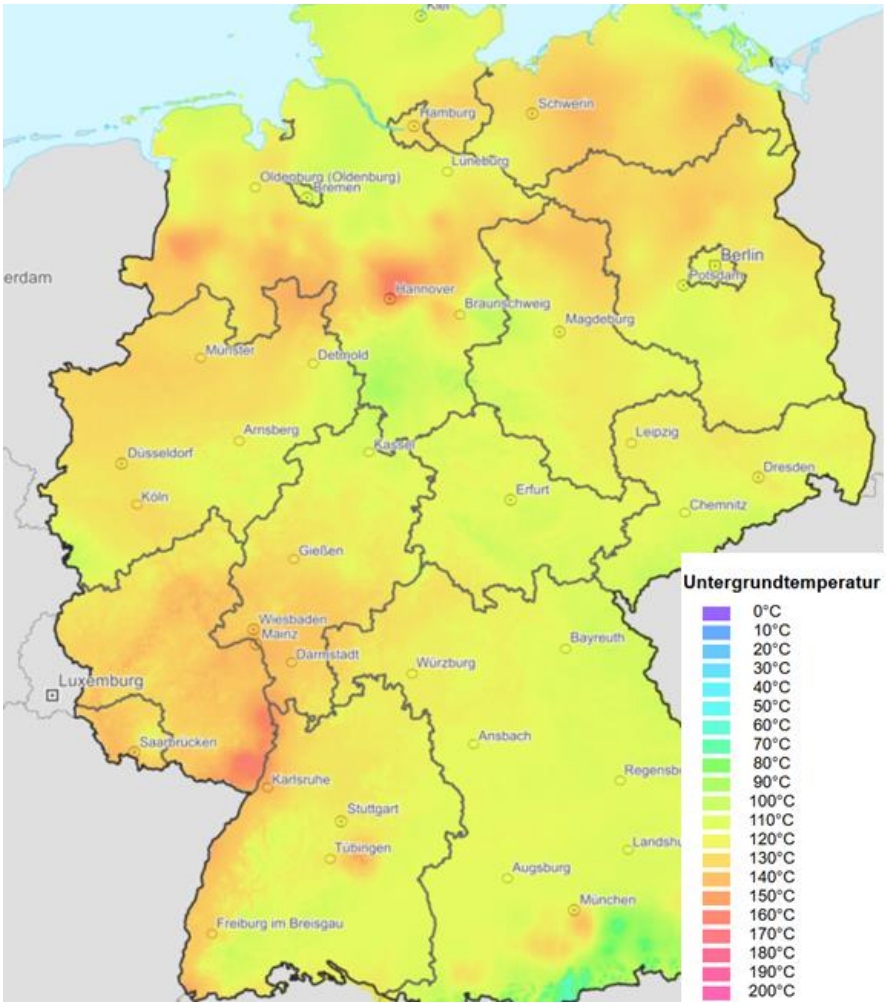

*Abbildung 35: Erlaubnisfelder zur Geothermienutzung in Ludwigshafen, Landesamt für Geologie und Bergbau.* *https://www.lgb-rlp.de/karten-und-produkte/online-karten/online-karte-bergbau*

Der Oberrheingraben bietet aus geologischer Sicht besondere Voraussetzungen, um bestehende geothermische Wärmepotenziale zur Wärmeversorgung auch industriell zu nutzen und gleichzeitig auch Lithium aus dem Thermalwasser abzuscheiden. So wird aktuell durch BASF, Vulcan Energy sowie die Technischen Werke Ludwigshafen und die Stadtwerke Frankenthal gemeinsam geprüft, inwiefern sich diese Synergien heben lassen. Eine Option ist die Bereitstellung von Dampf für Industrieprozesse bei BASF, aber auch die Auskopplung von Fernwärme für die Region ist denkbar.

Da es im Stadtgebiet Ludwigshafen noch keine niedergebrachten hydrothermalen Bohrungen gibt, sollen die geologischen Bedingungen in der Region weiter erkundet werden. Dazu führte Vulcan Energy als Halter der Erlaubnisfelder im Frühjahr 2025 seismische Messungen

durch, unter anderem in Bad Dürkheim, Mutterstadt, Frankenthal und auch in Ludwigshafen. Eine darauffolgende detailliertere 3D-Seismik ist aktuell für den Winter 2025/ 2026 geplant.

Da es noch keine Ergebnisse der seismischen Untersuchungen und auch noch keine konkreteren Abschätzungen zur Fündigkeit gibt, wird auf Basis vergleichbarer Projekte im Oberrheingraben (Landau, Speyer) sowie eigenen Abschätzungen von einem Leistungsbereich von 20 bis maximal 30 MW pro Bohrdublette ausgegangen, was einer Fördermenge von 60-90 l pro Sekunde bei Auskühlung von 140°C auf 60°C entspricht.



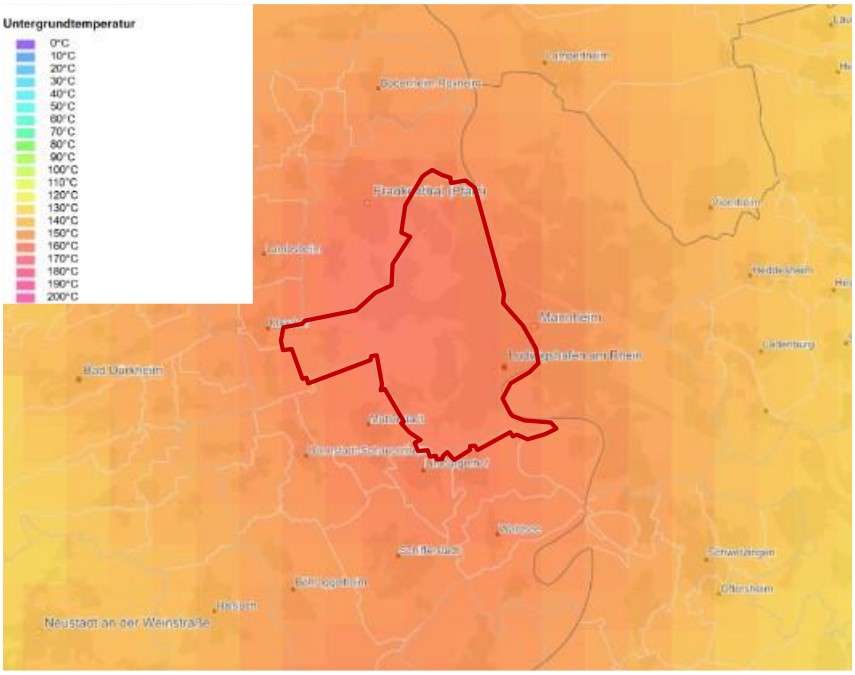



*Abbildung 36: Untergrundtemperatur in 3.500 m in Deutschland (oben) und um Ludwigshafen (unten). Quelle: Geotis*

Im Sinne einer Arbeitshypothese wird im Folgenden das geothermische Potenzial für Wärmenutzung auf 2 Bohrdubletten in den zwei gewerblichen Erlaubnisfeldern mit jeweils mit jeweils 23 MW als typische erwartbare Leistung (Mittelwert des Leistungsbandes zwischen 15 und 30 MW) abgeschätzt, also bis zu 46 $MW_{th}$. Bei einer winterlastigen Nutzung im grund- und Mittellastbereich mit 6.000 Vollaststunden ergäbe sich ein technisches Wärmequellenpotenzial von rd. **280 GWh/a**.

Die industrielle Nutzung zur Dampferzeugung bei BASF ist hierbei ausgeklammert, da der Industriestandort „BASF“ in der kommunalen Wärmeplanung wie in der Einleitung schon beschrieben aufgrund seiner Größe und Komplexität nicht explizit betrachtet wird. Kommuniziert sind von BASF für das eigene Geothermieprojekt Wärmeleistungen von rd. 300 MW, die bei 7.000 h Nutzung im Jahr einer Wärmemenge von 2.100 GWh/a entsprechen würden[3].

*Mitteltiefe Geothermie*

Erdsonden zur Nutzung mitteltiefer Geothermie sind theoretisch in allen Bereichen des Stadtgebiets möglich, Ausschlusszonen durch Wasserschutzgebiete sind in Ludwigshafen nicht vorhanden.

Mehrere Bohrungen können zu einem Feld kombiniert werden. Bei begrenzten Platzverhältnissen sind anstelle vertikaler Sonden neue Bohrverfahren in Schrägbohrtechnik mit strahlenförmigen Bohrungen möglich, für die weniger Platz an der Oberfläche benötigt wird [11]. Im Gegensatz zu oberflächennahen Erdsonden ist eine Kühlung im Sommer aufgrund der höheren Untergrundtemperaturen nicht möglich, dafür kann zumeist – anders als bei oberflächennahen Sonden – mit Wasser ohne Frostschutzmittel als Medium in den Sonden gearbeitet werden.

[3] Vgl. https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/production/energy/geothermie

Für den Einsatz einer mitteltiefen Sondenlösung bieten sich beispielsweise neu zu erschließende Quartiere, aber auch größere neue oder bestehende Liegenschaften, jeweils mit ausreichender Freifläche zur Sondeneinbringung und ohne notwendige Kühloption, an. Während für solche Systeme in der Regel geringe Betriebskosten zu erwarten sind, muss mit hohen Investitionen gerechnet werden.

Eine rechnerische Herleitung des Potenzials ist allerdings schwierig, da es grundsätzlich zwar in sehr vielen Fällen sowohl für Einzelgebäude als auch kleinere Netze möglich ist, Bohrungen auf hinreichender Freifläche abzuteufen, die wirtschaftliche Umsetzung jedoch sehr herausfordernd ist. Aus diesem Grund gibt es zurzeit auch bis auf Pilotprojekte kaum mitteltiefe Erdsonden in Rheinland-Pfalz zur Energiegewinnung.

Für Ludwigshafen sind aufgrund dieser Einschränkungen und des bereits gut ausgebauten Fernwärmenetzes mit anderen, besseren Erzeugungsoptionen nur vereinzelte Einsatzmöglichkeiten denkbar, z.B. in Fällen bereits bestehender, fossil gespeister lokaler Wärmenetze bis 2 MW Leistung oder bei neu zu erschließenden Quartieren (siehe Fokusquartiere in Abschnitt 6.2.2). Geht man von 2 umrüstbaren Bestandsnetzen und bis 4 neuen Gebäude/Quartierslösungen aus, in denen zusammen 60 mitteltiefe Erdsonden mit 75 kW Wärmeleistung (nach Wärmepumpe) eingesetzt werden, ergeben sich bei 3.000 Vollbenutzungsstunden (wegen der notwendigen Regenerierung) rd. **13,5 GWh/a** Erzeugungspotenzial.

Dieser Wert wird im Rahmen der KWP für Ludwigshafen als technisches Potenzial interpretiert, das wirtschaftlich realisierbare Potenzial dürfte eher noch deutlich niedriger liegen.

### *4.4.2 Flusswasserwärme*

Flusswasser stellt eine Umweltwärmequelle dar, welche mit Hilfe von Wärmepumpen nutzbar gemacht werden kann. Hierbei wird die im Wasser gespeicherte Wärme entzogen und auf ein nutzbares Temperaturniveau gebracht. Diese Technologie ist besonders in Gebieten mit größeren und ganzjährig wasserführenden Flüssen in Siedlungsnähe attraktiv, da sie eine stabile und zuverlässige Wärmequelle darstellen kann. Im Rahmen der Wärmeplanung Ludwigshafens wird Flusswasserwärme nur dort berücksichtigt, wo eine Umweltverträglichkeit gewährleistet werden kann.

*Tabelle 9: Definition der Potenziale von Flusswasser*

**FLUSSWASSER**

**Theoretisches Potenzial:**

- Maximal mögliche Wärmemenge durch Abkühlung des gesamten Volumenstroms um 1 Kelvin
- Wärmebereitstellung über Flusswasser-Wärmepumpe

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Begrenzung der Nennleistung der Wärmepumpe unter Berücksichtigung einer Mindest-Volllaststundenzahl

In Ludwigshafen am Rhein gibt es ein naheliegendes Hauptpotenzial durch den Rhein. Als Datenquelle für die Pegeldaten und Abflussmengen des messnetzübergreifendes Zugangsportals DGJ bzw. des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Oberrhein genutzt.

Diese sind in der folgenden Tabelle für die Messstelle Speyer, die flussaufwärts liegt, zusammengestellt.

*Tabelle 10: Kenndaten Rhein, Messstelle Speyer, Quelle: Deutsche Gewässerkundliches Jahrbuch (DGJ)*

| Fluss | Mess-stelle | Extrem-werte Hochwas-ser | Extrem-werte Nied-rigwasser | Typischer Mittlerer Volumenstrom |
|---|---|---|---|---|
| Rhein | Speyer | >4.000 m³/s | <400 m³/s | 910 m³/s (Jahr 2022) |

Die Potenzialermittlung erfolgt anhand der vorliegenden Daten. Unter Annahme einer Temperaturabsenkung des mittleren gesamten Volumenstroms um 1 K wird zunächst die Entzugsleistung bestimmt. Mit einer Jahresarbeitszahl von 2,5 (abgeleitet aus durchschnittlichen Temperaturen: Wärmequelle 10-15 °C, Wärmesenke 80-90 °C) ergibt sich das theoretische Wärmequellenpotenzial von 36.000 GWh/a und ein Wärmeerzeugungspotenzial (nach Wärmepumpe) von rd. 60.000 GWh, also weitaus mehr, als in ganz Ludwigshafen benötigt wird.

Zur Abschätzung des technischen Potenzials wird eine sinnvolle auf ein weiter ausgebautes Fernwärmenetz bezogene Größenordnung für eine Flusswasserwärmepumpe herangezogen. Es wird angenommen, dass für eine sinnvolle Auslegung des Wärmepumpensystems 60 MW angesetzt werden, das entspricht dem doppelten Leistungswert eines zurzeit in Planung befindlichen Projektes in Heidelberg. Bei 6.000 Volllaststunden (Grund- und Mittellast) ergeben sich bei diesen Randbedingungen **360 GWh/a** Wärmeerzeugungspotenzial.

Weitere, ausreichend große Gewässer der Gewässerordnung 1 oder 2 konnten im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Ludwigshafen nicht identifiziert werden.

### *4.4.3 Klärwasserwärme*

Kläranlagen spielen nicht nur eine wichtige Rolle bei der Reinigung des Abwassers, sondern bieten auch das Potenzial einer nachhaltigen Wärmequelle. Die Wärme entsteht durch biologische Abbauprozesse, wie die Zersetzung organischer Stoffe und Fäulungsprozesse im Klärschlamm, sowie durch die Zuführung von bereits warmem Abwasser aus Haushalten und Industrie.

Hier liegen zwar keine direkt nutzbaren hohen Temperaturquellen vor, das Abwassersystem hat aber den Vorteil ganzjährig verfügbarer Quelltemperaturen deutlich über der Frostgrenze, zudem ist der Kläranlagenablauf auch bereits sauber und genehmigungsseitig leichter erschließbar als Fließgewässer.

*Tabelle 11: Definition der Potenziale von Klärwasser*

**KLÄRWASSER**

Theoretisches Potenzial:

- Maximal mögliche Wärmemenge bei Abkühlung des gesamten Klärwasserstroms (Austritt aus Kläranlage) um 5 Kelvin
- Wärmebereitstellung über Klärwasser-Wärmepumpe

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Begrenzung der Nennleistung der Wärmepumpe unter Berücksichtigung einer Mindest-Volllaststundenzahl

Auf dem Ludwigshafener Stadtgebiet gibt es eine große Zentralkläranlage auf dem Betriebsgelände von BASF. Diese Kläranlage der BASF ist eine der größten industriellen Kläranlagen der Welt und die größte Kläranlage am Rhein. Die Auslegung entspricht Abwassermengen von rd. 3 Millionen Menschen, den sogenannten Einwohnerwerten als charakteristische Auslegungsgröße.

Der Betrieb reinigt neben den industriellen Abwässern noch 20 Millionen Kubikmeter Abwässer aus den Städten Ludwigshafen und Frankenthal sowie aus der Gemeinde Bobenheim-Roxheim und aus Mutterstadt.

Zur Wärmenutzung sind hier vor allem die gereinigten Abwässer interessant, da weitere Wärmepotenziale aus dem Klärprozess anlagen- bzw. betriebsintern genutzt werden können.

*Abbildung 37: BASF-Kläranlage in Ludwigshafen. Bildquelle: BASF*

An der Kläranlage pumpt ein Auslaufpumpwerk das gereinigte Wasser aus der Kläranlage zum Ablauf in den Rhein. Dieses Reinwasser ist im Winter deutlich wärmer als die Außenluft oder Flusswasser und auch wärmer als das Abwasser der meisten Kläranlagen, so dass eine Nutzung mit Wärmepumpen zur Fernwärmerzeugung ganzjährig möglich wäre und zudem die Gewässerökologie der meist eher zu warmen Oberflächengewässer verbessert würde.

Anhand der Abflussmengen und Temperaturen kann das Wärmepotenzial für eine Wärmepumpe abgeleitet werden, wobei hier eine Auslegung auf die Trockenwetterdurchflüsse ohne Starkregenereignisse angesetzt wurde.

Die folgenden Abbildungen zeigen Durchflussmengen und Temperaturen des Kläranlagenablaufs über 6 Jahre. Zu erkennen ist zum einen, dass die Temperaturen auch im Winter bei über 20°C liegen und zum anderen, dass der Durchfluss mit rd. 3 bis 4 m³/s im Mittel recht hoch ist.

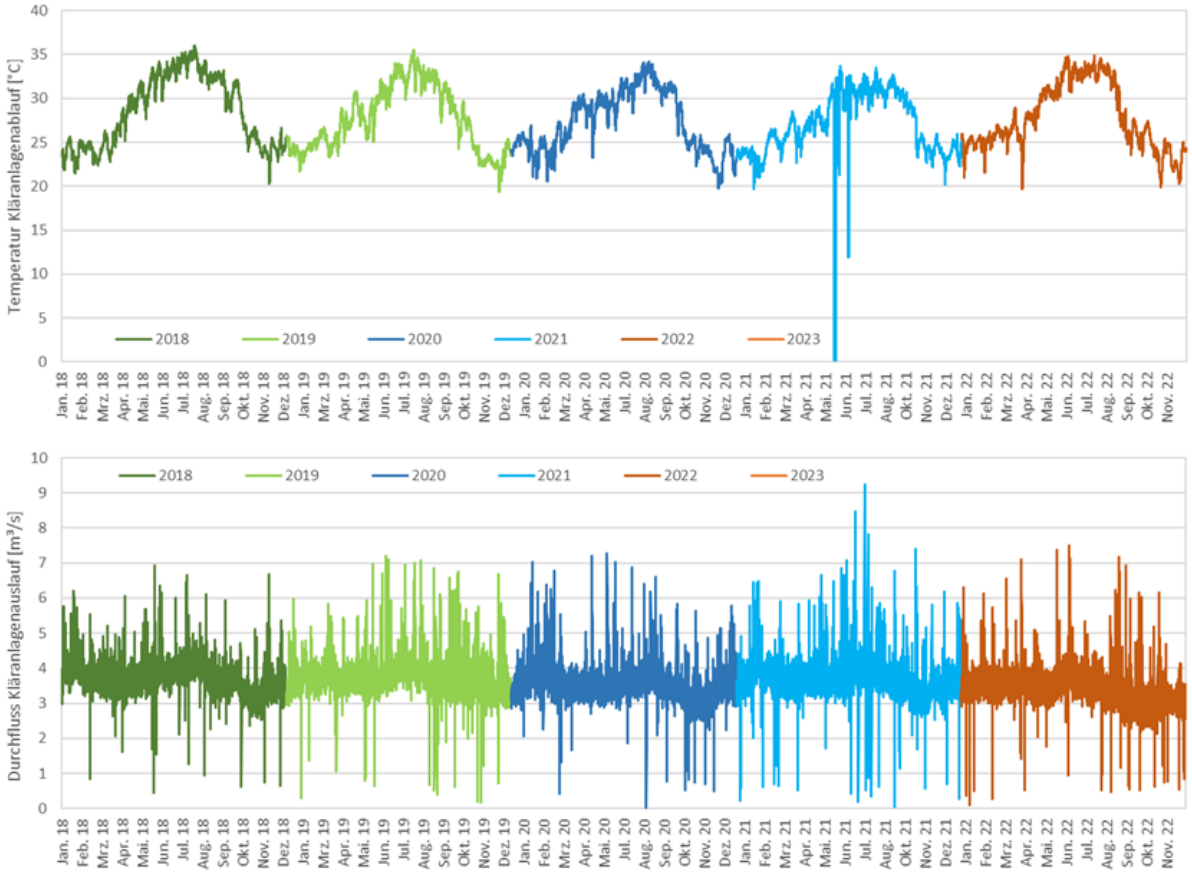



*Abbildung 38: Temperaturen (oben) und durchflussmengen (unten) des Kläranlagenablaufs der Zentralkläranlage BASF. Quelle: Auswertung ENERKO auf Basis von Daten des Anlagenbetreibers*

Auf Basis eines mittleren Volumenstroms von 3,7 m³/s und einer Abkühlung um maximal 5 K sowie einem COP von 2,8 errechnet sich eine Entzugsleistung von 77 MW und ein Entzugspotenzial von 680 GWh. Dies entspricht einem Wärmeerzeugungspotenzial von rd. 1.050 GWh/a bei über 100 MW Leistung nach Wärmepumpe. Das technische Potenzial ist einem Verbundprojekt von BASF, TWL und den Stadtwerken Frankenthal detaillierter bewertet worden. Bei Eingrenzung auf nutzbare Grund- und Mittellast der Fernwärmenetze wird von einem technischen Potenzial von **434 GWh/a** für die Stadt Ludwigshafen ausgegangen.

### 4.4.4 Abwasserwärme

Abwasser, das aus Haushalten, Gewerbe und Industrie in die Kanalisation gelangt, weist auch nach dem Gebrauch noch eine beträchtliche Temperatur auf. Diese Wärme kann mit Hilfe von Wärmetauschern im Kanal in Kombination mit Wärmepumpen zurückgewonnen werden.

*Tabelle 12: Definition der Potenziale von Abwasser*

**ABWASSER**

**Theoretisches Potenzial:**

- Maximal mögliche Wärmemenge durch Abkühlung des gesamten Abwasserstroms (vor Eintritt in die Kläranlage) um 0,5 Kelvin
- Wärmebereitstellung über Abwasser-Wärmepumpe

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Begrenzung der Nennleistung der Wärmepumpe unter Berücksichtigung einer Mindest-Volllaststundenzahl

Zur Nutzung des Kanals ist üblicherweise eine Mindestgröße des Kanals von DN 700 und ein Trockenwetterdurchfluss von >30 l/s erforderlich. Typische Projekte kommen auf eine Entzugsleistung von rd. 100 kW pro 100 m Wärmetauscher im Kanal, wobei der Ertrag meist höher ist, wenn mit einem Austauschmedium mit Frostschutzmittel (Sole statt Wasser) gearbeitet werden kann. Abbildung 39 stellt die voraussichtlich geeigneten Kanäle (ab DN 700) für das Stadtgebiet Ludwigshafen am Rhein dar, wobei dies eine Richtgröße ist, da keine detaillierten Messdaten zu den Durchflussmengen einzelner abschnitte vorliegen. Vergleichsprojekte zeigen aber, dass ab DN 700 sowohl die Nachrüstbarkeit gegeben ist als auch i.d.R. meist hinreichend hohe Trockenwetterdurchflüsse vorliegen.

An die Kläranlage Ludwigshafen sind etwa 240.000 Einwohner*innen aus den Gemeinden Ludwigshafen, Frankenthal, Bobenheim-Roxheim und Mutterstadt angeschlossen. Die Abwässer, welche durch Ludwigshafen hin zur Kläranlage geleitet werden, entsprechen einem Volumenstrom von etwa 23 Mio. m³ pro Jahr.

Das Wärmepotenzial von Abwasser hängt von dem Volumenstrom und der möglichen Temperaturabsenkung ab. Um die biologischen Stufen in der Kläranlage in ihrer Funktion nicht zu beeinträchtigen, sollte für die Temperaturabsenkung eine Bagatellgrenze von 0,5 K, geltend für den Gesamtvolumenstrom zur Kläranlage, eingehalten werden [12]. Basierend auf diesen Annahmen lässt sich das theoretische Wärmepotenzial, welches über eine Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 2,5 bereitgestellt würde, ermitteln.

In Summe beträgt das theoretische Quellenpotenzial von Abwasser rd. 13,3 GWh. Dieses kann in einer Wärmepumpenanlage genutzt werden, so dass das nach Wärmepumpe bereitgestellte Wärmemengenpotenzial 22,2 GWh/a beträgt (zusätzliche Energie durch den eingesetzten Strom). Wird beispielhaft und unter Einbezug typischer Jahresdauerlinien eine technisch sinnvolle Wärmepumpenauslegung für mögliche Standorte vor der Kläranlage gewählt, ergibt sich das technische Potenzial zu insgesamt **13,3 GWh/a**. Dieses gesamte Potenzial

teilt sich auf mehrere kleinere Abwasserwärmepumpen im Stadtgebiet auf. Dabei ist zu beachten, dass die Auslegung der Wärmepumpen, und somit auch der Anteil vom technischen am theoretischen Abwasserwärmepotenzial, je nach Standort und Nutzungszweck (Lastbereich, Volllaststundenzahl), variieren kann.

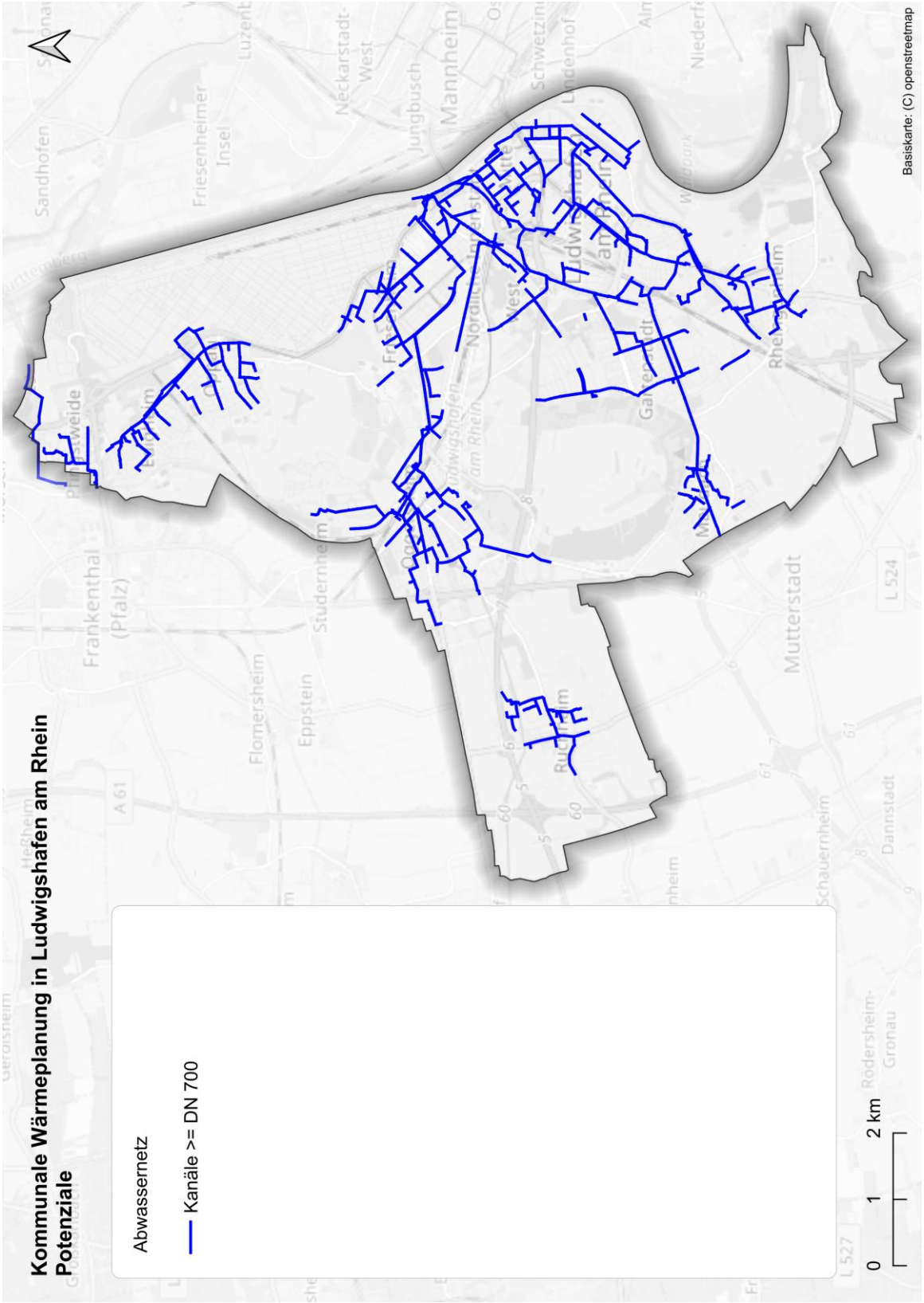



*Abbildung 39: Abwasserkanäle ab Größe DN 700*

### *4.4.5 Unvermeidbare Abwärme*

Unter Abwärme versteht man generell ein Nebenprodukt von Prozessen, die nicht der Wärmeerzeugung dienen. Dazu gehören sowohl Industrieprozesse als auch Dienstleistungen (z. B. durch Rechenzentren oder Wäschereien).

Die Nutzung von industrieller oder gewerblicher Abwärme zur Wärmeversorgung von Gebäuden oder zur Einspeisung in Wärmenetze stellt einen doppelten ökologischen Vorteil dar. Es wird Brennstoffeinsatz eingespart und darüber hinaus wird der Eintrag von Abwärme in die Umwelt beim Lieferanten der Abwärme vermieden [27].

Grundsätzlich lassen sich Abwärmequellen nach Sektor (Industrie, Dienstleistungsbereich oder Sonstige), Medium (Luft, Wasser, Sonstige Stoffströme), Ort (verteilt oder zentral gefasst) und Temperaturniveau unterscheiden.

Auf höherem Temperaturniveau, das eine Nutzung in der Fernwärme oder zur direkten Gebäudeversorgung erlaubt, liegt Abwärme meist nur im industriellen Bereich vor.

Das Potenzial an unvermeidbarer industrieller bzw. gewerblicher Abwärme wurde auf Basis folgender Datenquellen und Recherchen bewertet:

- Der bundesweit verfügbaren Plattform für Abwärme, die entsprechend den Vorgaben des Energieeffizienzgesetzes gemeldete Abwärmequellen katalogisiert,
- Einer Unternehmensbefragung in Ludwigshafen unter 6 Unternehmen mit hohem Energieverbrauch,
- Bilaterale Werkstattgespräche mit einzelnen Betrieben und Einrichtungen, speziell zum Industriepark Süd und zur BASF,
- Daten aus weiteren öffentlichen Quellen.

Auf Basis dieser Daten wurden die nutzbaren Abwärmequellen im ersten Schritt anhand der öffentlichen Plattform für Abwärme (PfA) analysiert. In dieser Datenbank sind sieben Unternehmen gelistet, die jeweils Angaben über ihre Abwärmemengen und -arten gemacht haben:

Die Auswertung der Plattformdaten zeigt, dass es bei BASF erwartungsgemäß ein sehr großes Potenzial gibt, das sich zudem aus mehr als 200 Einzelquellen zusammensetzt. Mit einer Gesamtsumme von fast 4.000 GWh/a (davon knapp 2.000 GWh/a in der Heizperiode) übersteigt das Abwärmepotenzial den gesamten restlichen Wärmebedarf von Ludwigshafen deutlich.

Das zweitgrößte Potenzial findet sich bei AbbVie in relativ zentraler Lage. Dieses Potenziale basiert jedoch zum größten Teil auf sommerlastiger Niedertemperaturwärme aus Kältemaschinen sowie auf der Restwärme der Abgasstrecken der Dampferzeuger und der Gasturbine. Insgesamt verbleibt ein Potenzial von 55 GWh.

Weitere relevante industrielle Quellen sind Almatis im Industriepark Süd sowie die Wöllner GmbH im Süden Ludwigshafens.

Als nicht industrielle Abwärmequellen sind noch die BG Kliniken (Abwärme aus Kältemaschinen) und die Restwärme aus dem Rauchgas der Müllverbrennung (GML) aufgeführt.

Neben der Abwärme des großen Standortes der BASF hat auch der Industriepark Süd eine höhere Relevanz, da hier in unmittelbarer Nachbarschaft bereits ein Fernwärmenetz vorhanden ist und zudem bereits interne Voruntersuchungen durchgeführt wurden.

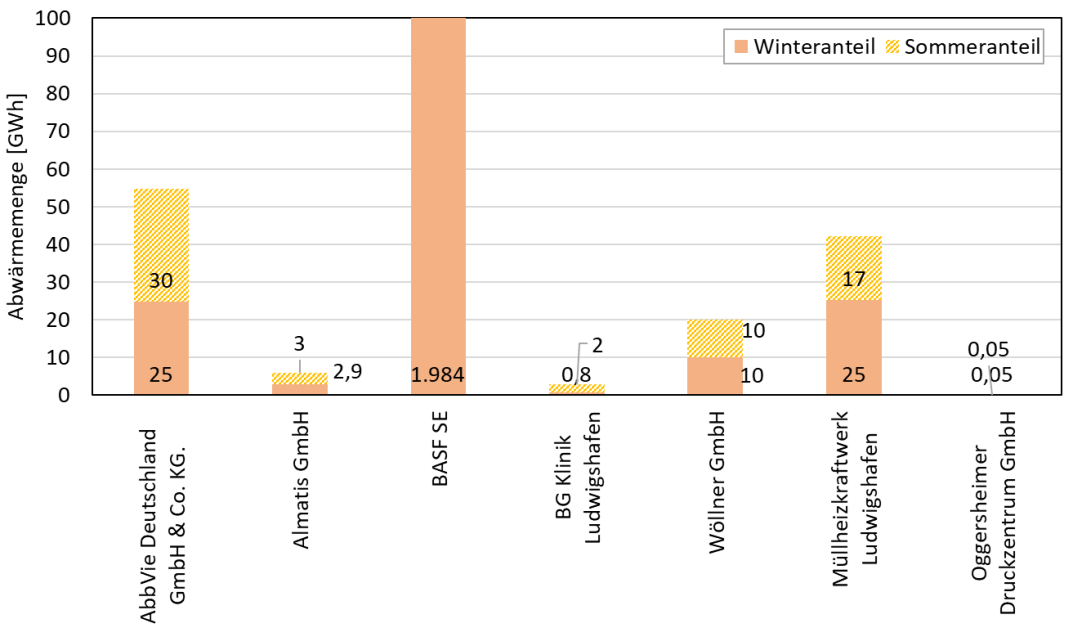



*Abbildung 40: Abwärmemengen gem. Plattform für Abwärme[4]*

Zur besseren Eingrenzung dieser Potenziale, die in den Daten der Abwärmeplattform nur unzureichend enthalten sind, wurden ergänzende bilaterale Gespräche mit MVV Enamic Ludwigshafen GmbH als Standortbetreiber geführt.

Diese führten zu einer detaillierteren Bewertung der Abwärme, die sich wie folgt zusammensetzt:

- Abwärme aus Druckluft und Abgas aus Drehrohröfen in Größenordnung von 18 GWh/a mit Temperaturbereichen zwischen 50 und 120°C,
- Abwärme aus dem Abwasser (Temperaturen zwischen 15 und 30°C), Nutzbarmachung mittels Wärmepumpe. Dieses Potenzial liegt bei ebenfalls rd. 18 GWh,
- Als weiteres Potenzial sind noch durch Abgaskondensation gewinnbare Restwärmemengen in den Abgasstrecken der BHKW und Kesselanlagen vorhanden, die allerdings im engeren Definitionssinn keine unvermeidbare Abwärme sind.

Im Folgenden werden die beiden ersten Potenziale im Winter voll und im Sommer hälftig berücksichtigt, so dass 27 GWh/a als technisch nutzbares Potenzial gewertet wurden. Dieser Wert ersetzt in der weiteren Analyse die entsprechenden Daten der Abwärmeplattform (nur Angaben von Almatis vorhanden).

Insgesamt stellt sich für Ludwigshafen ein theoretisches Abwärmepotenzial von rd. 4.000 GWh/a dar, das ganz überwiegend durch Prozesse bei BASF geprägt ist. Da dieses Potenzial nur teilweise nachrüstbar ist und sich auf eine Vielzahl nicht einzeln bekannter Quellen verteilt, wurde dieser Bereich nicht in die technischen Potenziale übernommen, bis auf die bereits in vorigem Abschnitt erläuterte Abwasserwärme der BASF Kläranlage.

[4] Vgl.: https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Effizienzpolitik/pfa_veroeffentlichung_daten.html?nn=1616544

Die verbleibenden technischen Potenziale liegen somit bei 27 GWh/a im Industriepark Süd und bei 46 GWh/a für weitere Abwärmequellen im Stadtgebiet (MHKW, Fa. Wöllner, Fa. Abbvie).

Das bewertete technische Gesamtpotenzial ohne BASF liegt dann bei **73 GWh/a**.

Das heute schon genutzte Wärmeauskopplung aus der Abfallverbrennung im MHKW durch Nutzung des erzeugten Dampfes liegt bei rd. 290 GWh/a, wobei hier vor allem im Sommer noch ungenutztes Zusatzpotenzial besteht. Bei weiterem Ausbau der Fernwärme ist auch diese Quelle noch ausbaufähig, das Gesamtpotenzial der Wärmeauskopplung des heutigen MHKW der GML in Verbindung mit dem Fernheizkraftwerk FHKW der TWL liegt bei rd. **370 GWh/a**.

### *4.4.6 Biomasse*

Das Biomassepotenzial setzt sich aus dem energetischen Potenzial von Waldrestholz, Bioabfall und Grünschnitt zusammen:

- **Waldrestholz**: Hierbei handelt es sich um Holz, das bei der Holzernte zunächst im Wald verbleibt, wie Äste, Kronenholz oder nicht vermarktungsfähiges Stammholz.
- **Bioabfall**: Unter Bioabfall versteht man organische Abfälle aus Haushalten und Gewerbe, die über die kommunale Abfallwirtschaft erfasst werden.
- **Grünschnitt**: Grünschnitt umfasst organische Abfälle aus der Pflege von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Laub, Grasschnitt und Äste.

Das Stadtgebiet Ludwigshafen am Rhein verfügt über 218 ha Waldflächen. Von diesen liegen 35 ha in FFH- oder Vogelschutzgebieten.

*Tabelle 13: Definition der Potenziale von Biomasse*

**BIOMASSE**

**Theoretisches Potenzial:**

- Maximal mögliche Wärmemenge bei
  - Energetischer Nutzung des gesamten Waldrestholzaufkommens
  - Ausschluss von Naturschutzgebieten für Waldrestholz
  - Beachtung weiterer Schutzgebietstypen mit 30 % Minderertrag
  - Energetische Nutzung des Bioabfallaufkommens
  - Energetische Nutzung des Grünschnittaufkommens

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Keine weiteren Einschränkungen

Zur Ermittlung des Potenzials von Waldrestholz werden alle Waldflächen abzüglich der Schutzgebiete bilanziert. Im Süden Ludwigshafens gibt es Vogelschutz- und FFH-Schutzgebiete. Diese Gebiete dienen dem Schutz von bedrohten Arten und Lebensräumen, was Einschränkungen bei der Holzernte zur Folge haben kann. Um die Biodiversität zu erhalten, sind schonende Forstwirtschaft und der Erhalt von naturnahen Waldbeständen notwendig, wodurch die Nutzung von Waldrestholz begrenzt wird. Zudem dienen die Waldflächen in

Ludwigshafen vorrangig der Erholung und das Waldrestholz wird daher derzeit auch nicht einer Nutzung zugeführt. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird für diese Gebiete ein um 30 % verminderter Ertrag angenommen. Insgesamt wird von einem flächenspezifischen Ertrag von 4,3 MWh/ha [13] für das theoretische Wärmeerzeugungspotenzial von Waldrestholz ausgegangen.

Das ermittelte theoretische Wärmeerzeugungspotenzial für Waldrestholz, welches durch Verbrennung in einem Biomasseheizwerk oder dezentralen Biomasse-gestützten Heizungssystemen nutzbar gemacht werden könnte, beträgt 0,9 GWh/a. Das technische Potenzial entspricht dem theoretischen Potenzial.

In Ludwigshafen am Rhein wurden im Jahr 2022 rd. 7.905 t Bioabfall und 4.108 t Gartenabfälle gesammelt. Während der Bioabfall vollständig vergärt und somit bereits energetisch in Form von Biogas genutzt wurde, wurden die Gartenabfälle und Grünschnitt teilweise kompostiert [14]. Der Grünschnitt wird dabei über einen Dienstleister aufbereitet, der krautische Anteil wird kompostiert und der holzige Anteil zu Holzhackschnitzel für die Wärmeerzeugung aufbereitet.

Baumschnitt bereitet der WBL selbst auf und nutzt diesen weit überwiegend in der den Holzhackschnitzelheizungen des WBL. Aus diesen Mengen ließen sich theoretisch weitere 0,1 Mio. m³ Biogas herstellen. Unter Annahme eines Heizwerts von 6 kWh/m³ lässt sich das Potenzial zur Wärmebereitstellung zu 0,7 GWh/a abschätzen. Das technische Potenzial entspricht dem theoretischen Potenzial.

Insgesamt beträgt das technische Potenzial für Biomasse in Ludwigshafen am Rhein **1,6 GWh/a**.

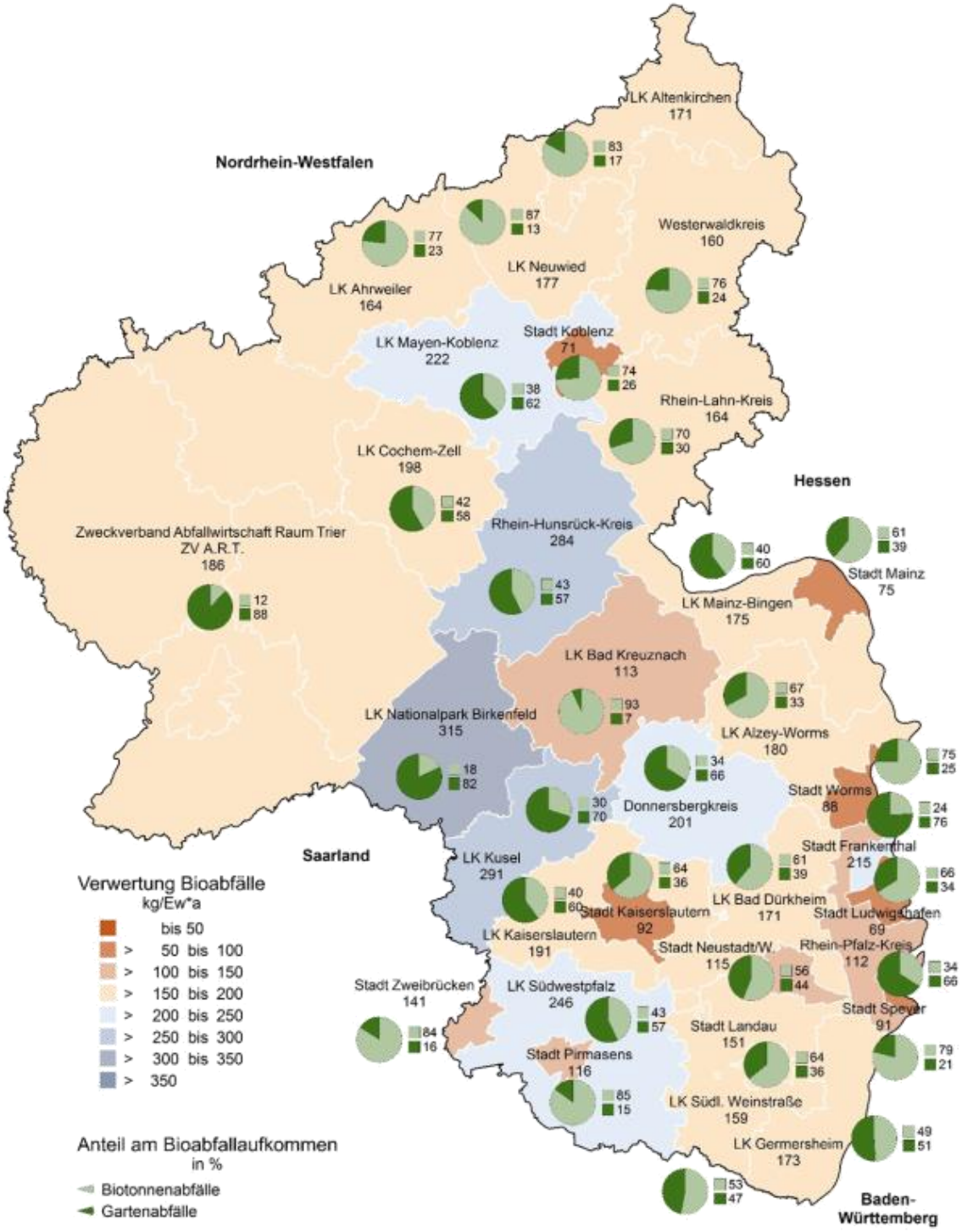



*Abbildung 41: Bioabfallaufkommen und Verwertung in Rheinland-Pfalz*

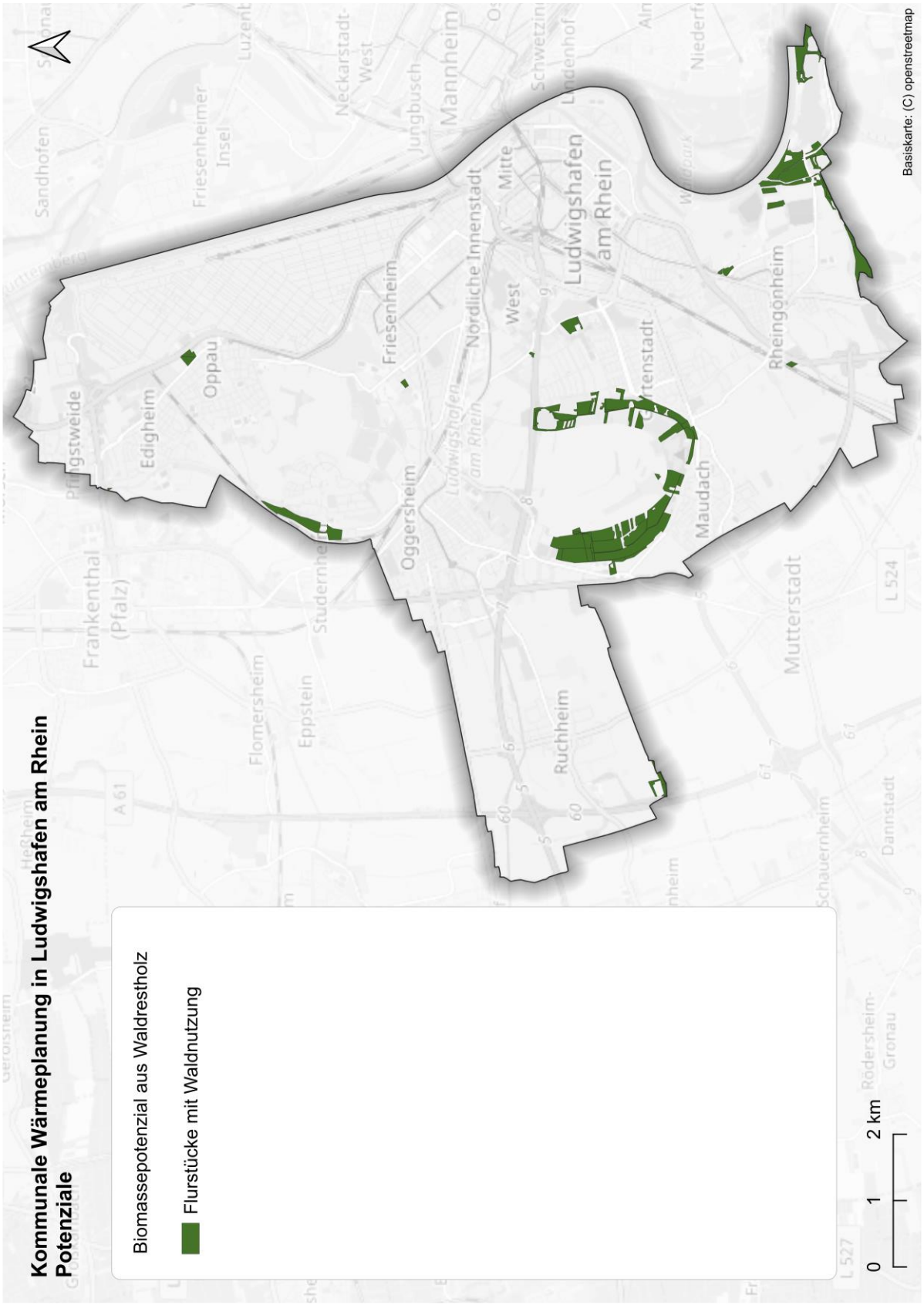



*Abbildung 42: Waldflächen*

### *4.4.7 Wasserstoff im Wärmemarkt*

Wasserstoff als Energieträger liegt in unserer Umwelt immer in gebundener Form vor. Den Löwenanteil an gebundenem Wasserstoff findet man in Form des Wassers, doch ist die Gewinnung von Wasserstoff bislang in der Regel verbunden mit einem enorm hohen Einsatz von Energie.

Die in der Elektrolyse eingesetzte Energie stammt derzeit zumeist noch aus nicht regenerativen Energiequellen wie Kohle oder Gas. Wird Wasserstoff aus diesen Energiequellen gewonnen, spricht man von „grauem Wasserstoff“. Es existieren weitere „Farben“ des Wasserstoffs, je nachdem wie die Gewinnung erfolgt. Um den Wasserstoff nachhaltig für die Wärmegewinnung einzusetzen, darf dieser nur aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden. Insbesondere „grüner Strom“ spielt hier eine entscheidende Rolle. „Grüner Strom“ zur Gewinnung von „grünem Wasserstoff“ steht jedoch in absehbarer Zeit in den benötigten Mengen nicht zur Verfügung, der heutige Anteil von „grünen Wasserstoff“ liegt lediglich bei 0,2 TWh und damit bei weniger als einem Tausendstel des Gasbedarfes in Deutschland insgesamt.

So werden aktuell in Deutschland zwar bereits rund 50 % des gesamten Strombedarfs durch „grünen Strom“ gedeckt, jedoch reichen diese Mengen nicht aus, um die Nachfrage der Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie zu bedienen. Erst wenn in Zukunft ausreichend große Grünstromkapazitäten verfügbar sind, könnten nennenswerte Beiträge aus der Wasserstoffwirtschaft für den Wärmesektor geleistet werden. Zudem ist eine direkte Nutzung des Stromes zur Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen um den Faktor 3 bis 4 effizienter als der Umweg über die Wasserstofferzeugung. Nur im Bereich der Hochtemperaturwärmeerzeugung für gewerbliche Prozesse könnte Wasserstoffeinsatz in der Zukunft eine nennenswerte Rolle spielen.

Angenommen „grüner Wasserstoff“ wäre in ausreichender Quantität vorhanden, gäbe es bereits heute die technischen Möglichkeiten, diesen in der Wärmeversorgung einzusetzen. So existieren schon jetzt Heizkesselsysteme, die mit dem Brennstoff Wasserstoff betrieben werden können.

Allerdings sind nicht alle Gasleitungen und Regeleinrichtungen automatisch für Wasserstoff geeignet, so dass hohe Investitionen für eine flächendeckende Versorgung erforderlich wären. Daher ist bei einem konkret anstehenden Heizungstausch ein neuer/erneuter Einbau eines Gaskessels mit „H2-ready“-Label noch keine zukunftssichere und verlässliche Lösung, solange nicht seitens des Netzbetreibers Wasserstoffversorgungsgebiete vorgesehen sind und bezahlbarer Wasserstoff auch wirklich bezogen werden kann (vgl. auch Rechtsgutachen [15]).

Die Bundesregierung hat in der jüngeren Vergangenheit einige wesentliche Beschlüsse getroffen, um die Weichen für den $H_2$-Hochlauf zu stellen. Darüber hinaus wurden erste Maßnahmen eingeleitet.

Das Wasserstoffbeschleunigungsgesetz, das sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes im parlamentarischen Verfahren befand, soll zur Beschleunigung von Genehmigungsverfahren beitragen.

Ein wesentlicher Meilenstein für den $H_2$-Hochlauf ist das $H_2$-Kernnetz, das für den Transport von Wasserstoff innerhalb Deutschlands aufgebaut werden soll. Diese Aufgabe übernehmen die Fernleitungsnetzbetreiber Gas, die sich im FNB zusammengeschlossen haben. Im Juli

2024 hat die FNB bei der Bundesnetzagentur den Antrag für das H2-Kernnetz gestellt, nachdem die EU die beihilferechtliche Genehmigung für die Förderung erteilt hatte.

Das $H_2$-Kernnetz, das bis zum Jahr 2032 fertiggestellt sein soll, sieht eine Länge von knapp 10.000 km vor. Der überwiegende Anteil des Kernnetzes soll durch Umwidmung bestehender Gastransportleitungen entstehen. Durch den absehbaren Rückgang des Transportbedarfs für fossiles Gas ergibt sich die Möglichkeit der Nutzung dieser Leitungen. Neue Leitungen sollen rund 40% des Kernnetzes mit einer Länge ca. 4.000 km ausmachen. Bis Ende 2027 wird ein Ausbaustand von ca. 2.100 km angestrebt, davon 520 km an neuen Leitungen. Insgesamt wird von einem Investitionsvolumen von 19,7 Mrd. € ausgegangen, das – abgesehen von Förderungen – über Netzentgelte refinanziert werden soll. Um zu hohe Netzentgelte in der Anfangsphase (vergleichsweise geringer Transport bei sehr hohen Investitionen) zu begegnen, wird es mit dem sogenannten „Amortisationskonto“ die Möglichkeit der Vorfinanzierung von Einnahmen aus Netzentgelten durch den Staat geben.

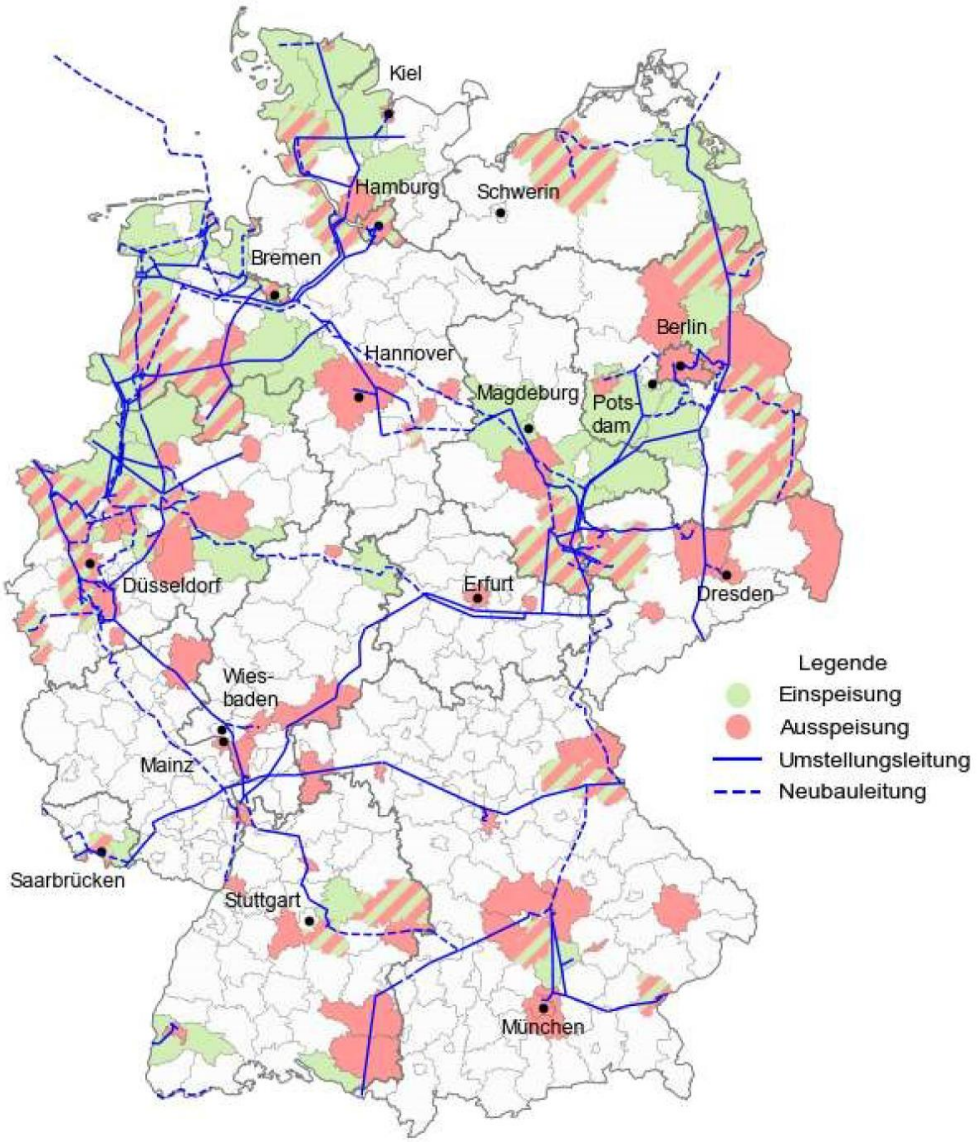



*Abbildung 43: Stand Wasserstoffkernnetz mit geplanten Ein- und ausspeisegebieten. Quelle: FNB [16]*

Gemäß dem Antrag der Gas-Fernleitungsnetzbetreiber an die Bundesnetzagentur (BNetzA) zum Aufbau eines Wasserstoff-Kernnetzes vom 22.07.2024 soll das Wasserstoff-Kernnetz eine zur Umstellung auf Wasserstoff vorgesehene Gas-Hochdruck-Transportleitung enthalten, die an das Stadtgebiet Ludwigshafen mit den großen Industriestandorten grenzt.

Aus Sicht der Autoren der Wärmeplanung und in Abstimmung mit der Stadt und den Technischen Werken werden derzeit keine Anzeichen für eine künftige Verfügbarkeit von Wasserstoff auf Verteilnetzebene für Wohngebiete im Stadtgebiet gesehen. Für den Gebäudesektor und speziell Wohngebäude stehen mit den in den vorigen Abschnitten beschriebenen Potenzialbereichen Wärmenetze, Wärmepumpen, Solarthermie, Geothermie, Abwärme und Biomasse diverse Technologien zur Verfügung, die vorteilhaft gegenüber dem Einsatz von Wasserstoff sind und die großen lokalen Potenziale ausnutzen können.

Deshalb wird im Rahmen der Wärmeplanung im Folgenden davon ausgegangen, dass zur Transformation der Wärmeversorgung hin zur $CO_2$-Neutralität für das gesamte Stadtgebiet bis auf Weiteres keine Versorgung aus einem Wasserstoffverteilnetz möglich sein wird. Ein mittelfristiges Einsatzpotenzial für industrielle Prozesse sowie punktuelle Spitzenwärmeerzeugung mit Ausweis möglicher Prüfgebiete wird aber durchaus gesehen, eine detailliertere Potenzialangabe ist heute noch nicht möglich.

Das Wasserstofferzeugungspotenzial ist heute ebenfalls noch kaum abschätzbar, ein theoretisches Potenzial wird daher nicht ermittelt. Das technische Potenzial wird anhand der Projektübersicht für das Szenario zum Wasserstoff-Kernnetz gem. FNB Anlage 1 des Antrags 22.07.2024 abgeschätzt. Hier ist ein Einspeiseprojekt (Hy4Chem[5], ein Projekt von BASF und Siemens Energy) genannt, das auch bereits in der Umsetzung ist. Das technische Erzeugungspotenzial wird mit **152 GWh/a** abgeschätzt (38 $MW_{th}$ bei 4.000 Vollbenutzungsstunden).

### *4.4.8 Freiflächen-Solarthermie*

Freiflächen-Solarthermie ist eine Technologie, bei der große Kollektorflächen auf ungenutzten oder speziell dafür vorgesehenen Freiflächen installiert werden, um Sonnenenergie zur Erzeugung von Wärme zu nutzen. Diese Wärme kann in Wärmenetze integriert werden. Um im Sommer erzeugte Wärme für den Winter nutzbar zu machen, sind Solarthermie-Anlagen häufig nur in Kombination mit saisonalen Speichern sinnvoll.

[5] Siehe Pressemeldung: https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2023/11/p-23-367

*Tabelle 14: Definition der Potenziale von Freiflächen-Solarthermie*

**SOLARTHERMIE, Freiflächen**

**Theoretisches Potenzial:**

- Mögliche Wärmeerzeugung bei
  - Nutzung aller in Frage kommenden Flächen für raumbedeutsame und nicht-raumbedeutsame Freiflächenanlagen mit einer Mindestgröße von 0,5 ha abzüglich Flächen in Naturschutzgebieten und geschützten Landschaftsbestandteilen (GLB)

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten
- Ausschluss von Flächen, die mehr als 500 m von Siedlungsbereichen entfernt sind
- Betrachtung von privilegierten Flächen nach BauGB
- Skalierung des Potenzials auf einen solaren Deckungsanteil an der Nah- und Fernwärmeerzeugung von maximal 30 %

Zur Ermittlung dieser Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie wurden insbesondere die Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters als Datenquellen genutzt und mögliche Flächenumgriffe generiert. Als grundlegend geeignet wurden zunächst Flurstücke landwirtschaftlicher Nutzung mit den Nutzarten Ackerland, Brachland und Grünland identifiziert. Diese Flächen wurden hinsichtlich der Ackerzahl, ihres Abstandes zur nächsten Siedlung, ihrer Lage in Landschaftsschutzgebieten sowie ihrer Lage in privilegierten Bereichen nach BauGB bewertet.

- Die Ackerzahl kennzeichnet die natürliche Ertragsfähigkeit eines Standortes. Für alle landwirtschaftlichen Flächen im Stadtgebiet Ludwigshafens zeigen die Daten des Geoportals Rheinland-Pfalz [17], Ackerzahlen über 40. Ein Ackerzahl von über 40 bedeutet, dass das betreffende Land als sehr hochwertig für die Landwirtschaft eingestuft wird. Somit steht Freiflächen-Solarthermie in Ludwigshafen in direkter Flächenkonkurrenz zur Landwirtschaft. Es ist mit einer Priorisierung der landwirtschaftlichen Nutzung zu rechnen.
- Der Abstand zu Siedlungen spielt für Freiflächen-Solarthermie und deren Integration in Wärmenetze eine Rolle um Installationskosten, Wärme- und Temperaturverluste gering zu halten [18].
- In Landschaftsschutzgebieten sind Solaranlagen nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Jedoch bedarf es einer Prüfung, ob die Errichtung einer baulichen Anlage dem Schutzzweck des Gebietes zuwiderläuft, sowie einer entsprechenden Genehmigung.
- Privilegierte Flächen sind spezielle Gebiete, in denen der Bau von Freiflächenanlagen mit vereinfachten Genehmigungsverfahren möglich ist. Laut Baugesetzbuch (BauGB) § 35 Abs. 1 Nr. 8 zählen dazu Flächen entlang von Autobahnen und zweigleisigen Bahnstrecken und in einer Entfernung zu diesen von bis zu 200 Metern. Diese Flächen gelten als privilegiert, da sie in der Regel weniger negative Auswirkungen auf die Umwelt und das

Landschaftsbild haben und eine effiziente Nutzung für erneuerbare Energien ermöglichen. Die Nutzungskonkurrenz z.B. zu landwirtschaftlicher Nutzung bleibt aber auch hier als Hemmnis bestehen.

Unter der Annahme, dass die Errichtung einer Freiflächen-Solarthermieanlage erst ab einer Fläche von 0,5 ha sinnvoll ist, wurden kleinere Flächen ausgeschlossen.

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die theoretischen Flächenpotenziale in den einzelnen Gebietskategorien.

*Tabelle 15: theoretische Flächenpotenziale für Freiflächen-Solarthermieanlagen*

| Kategorie | Fläche |
|---|---|
| Theoretisch geeignete Flächen insgesamt | 2.003 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen in Siedlungsnähe | 1.327 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen außerhalb von Schutzgebieten | 1.354 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen in privilegierten Bereichen | 263 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen (Verschnitt)<br>- in Siedlungsnähe<br>- außerhalb von Schutzgebieten<br>- in privilegierten Bereichen | 150 ha |

Das theoretische Potenzial umfasst alle theoretisch geeigneten Flächen und somit 2.003 ha beziehungsweise 6.130 GWh/a Wärmeerzeugungspotenzial.

Davon liegen insgesamt 150 ha bzw. 460 GWh/a in Bereichen, die sich sowohl in Siedlungsnähe, außerhalb von Schutzgebieten, als auch in privilegierten Bereichen nach BauGB befinden. Unter der Annahme einer potenziellen Fernwärmeeignung von bis zu 50 % des gesamten Wärmebedarfes von Ludwigshafen im Jahr 2045 und einem solaren Deckungsanteil von maximal 30 % ergibt sich ein grob abgegrenztes technisches Potenzial von **130 GWh/a**.

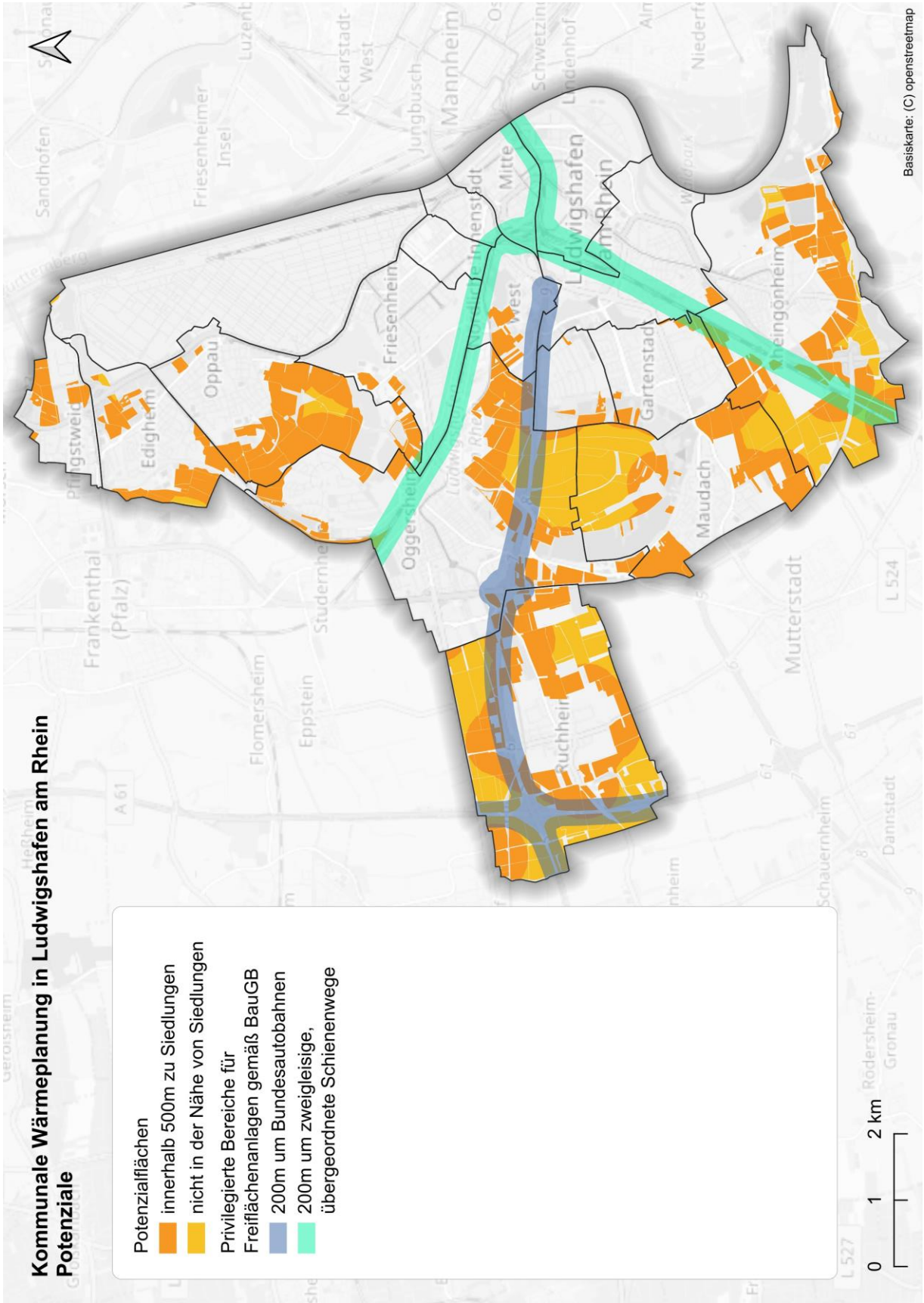



*Abbildung 44: Potenzialflächen und privilegierte Bereiche für Freiflächen-Solarthermie*

### 4.4.9 Wärmespeicher

Wärmespeicher als Bestandteil der zentralen Versorgungsstruktur dienen dazu, Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe zeitlich zu trennen und ermöglichen so den flexiblen Betrieb von Wärmequellen.

Es gibt:

- **Kurzzeitwärmespeicher**: Diese speichern Wärme für Stunden bis wenige Tage und werden meist in Form von Heißwasserspeichern für KWK-Anlagen genutzt. Sie ermöglichen die flexible Stromerzeugung unabhängig vom momentanen Wärmebedarf und sind meist direkt an der Erzeugungsanlage installiert. Das Volumen liegt bei kleinen bis mittleren Wärmenetzen im Bereich zwischen 20 m³ bis zu 1.000 m³. Sie werden i.d.R. als stehende Stahlbehälter errichtet und der Flächenbedarf ist vergleichsweise gering. Solche Speicher sind im Fernwärmenetz auch bereits vorhanden, dienen aber nicht der saisonalen Speicherung. Sie sind daher nicht Gegenstand der Potenzialuntersuchung.
- **Langzeitwärmespeicher**: Diese speichern Wärme über Monate hinweg. Besonders saisonale Speicher (z.B. Erdbeckenwärmespeicher) sind verbreitet, die große Mengen Solarwärme aus dem Sommer in die Wintermonate übertragen. Ein Beispiel ist der Erdbeckenwärmespeicher in Meldorf (Deutschland) mit 43.000 m³ Volumen und 1.500 MWh Speicherkapazität.

Erdbeckenspeicher sind durch Folien gegen das Erdreich isoliert und erreichen Temperaturen bis 90 °C. Ihre Speicherkapazität kann bei Temperaturdifferenzen von 90/10 °C über 90 kWh/m³ betragen. Sie werden häufig als Pyramidenstumpf gebaut, um Erdarbeiten zu minimieren.

Die Speicherverluste hängen von der Temperaturhaltedauer, der Dämmqualität und der Bodenbeschaffenheit ab. Grundwasser in der Nähe kann hohe Wärmeverluste verursachen, weshalb Speicher nur in trockenen Böden ohne Grundwasserströmungen sinnvoll sind.

Ein Einsatz von Erdbeckenspeichern wäre in Ludwigshafen am Rhein grundsätzlich im Zusammenhang mit der Wärmenutzung aus Abwärme, aber auch in Verbindung mit dem Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen denkbar, um überschüssige Abwärme im Sommerhalbjahr für die Wärmeversorgung im Winterhalbjahr nutzbar zu machen. Aufgrund der in vorigen Abschnitten dargestellten erheblichen Zuwachspotenziale der zentralen Wärme-Erzeugung ist ein wirtschaftlicher Betrieb großer Saisonalspeicher auf vielen ha Fläche mittelfristig weniger sinnvoll. Ein technisches Potenzial wird daher z.Z. nicht gesehen.

### 4.4.10 Freiflächen-Photovoltaik

Freiflächen-Photovoltaikanlagen sind großflächige Solaranlagen, die beispielsweise auf unbebauten oder landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet werden, um elektrische Energie aus Sonnenlicht zu erzeugen. Im Gegensatz zu Dachanlagen, die auf Gebäuden installiert sind, werden Freiflächenanlagen auf ebener Erde aufgestellt. Sonderformen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen, wie Parkplatz-PV, Floating-PV auf Gewässern und Agri-PV über/neben landwirtschaftlicher Nutzung können innovative Lösungen bieten, um den Platz effizienter zu nutzen und Flächennutzungskonflikte zu minimieren.

*Tabelle 16: Definition der Potenziale von Freiflächen-Photovoltaik*

**PHOTOVOLTAIK, Freiflächen**

**Theoretisches Potenzial:**

- Mögliche Stromerzeugung bei
  - Nutzung aller in Frage kommenden Flächen für raumbedeutsame und nicht-raumbedeutsame Freiflächenanlagen mit einer Mindestgröße von 0,5 ha ohne Naturschutzgebiete und geschützte Landschaftsbestandteile (GLB), analog zur Solarthermie

**Technisches Potenzial:**

Ausgehend von theoretischem Potenzial:

- Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten
- Betrachtung von privilegierten Flächen nach BauGB
- Skalierung des Potenzials auf anhand nationaler Ausbauziele

Zur Ermittlung dieser Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie wurden insbesondere die Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters als Datenquellen genutzt und mögliche Flächenumgriffe generiert. Als grundlegend geeignet wurden zunächst Flurstücke landwirtschaftlicher Nutzung mit den Nutzarten Ackerland, Brachland und Grünland identifiziert. Diese Flächen wurden hinsichtlich der Ackerzahl, ihrer Lage in Landschaftsschutzgebieten, ihrer Lage in EEG-geförderten Bereichen sowie ihrer Lage in privilegierten Bereichen nach BauGB bewertet.

- Die Ackerzahl kennzeichnet die natürliche Ertragsfähigkeit eines Standortes. Für alle landwirtschaftlichen Flächen im Stadtgebiet Ludwigshafens zeigen die Daten des Geoportals Rheinland-Pfalz [17], Ackerzahlen über 40. Eine Ackerzahl von über 40 bedeutet, dass das betreffende Land als sehr hochwertig für die Landwirtschaft eingestuft wird. Somit steht Freiflächen-Photovoltaik in Ludwigshafen in direkter Flächenkonkurrenz zur Landwirtschaft. Es ist mit einer Priorisierung der landwirtschaftlichen Nutzung zu rechnen.
- In Landschaftsschutzgebieten sind Solaranlagen nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Jedoch bedarf es einer Prüfung, ob die Errichtung einer baulichen Anlage dem Schutzzweck des Gebietes zuwiderläuft, sowie einer entsprechenden Genehmigung.
- In Bereiche der EEG-Förderung nach EEG 2023 § 48 Abs. 1 Nr. 3 fallen Flächen entlang von Autobahnen und Bahnstrecken und in einer Entfernung zu diesen von bis zu 500 Metern. Weiterhin EEG-gefördert sind Konversionsflächen, wie z.B. Halden, und versiegelte Bereiche wie beispielsweise Industrieflächen.
- Privilegierte Flächen sind spezielle Gebiete, in denen der Bau von Freiflächenanlagen mit vereinfachten Genehmigungsverfahren möglich ist. Laut Baugesetzbuch (BauGB) § 35 Abs. 1 Nr. 8 zählen dazu Flächen entlang von Autobahnen und zweigleisigen Bahnstrecken und in einer Entfernung zu diesen von bis zu 200 Metern. Diese Flächen gelten als privilegiert, da sie in der Regel weniger negative Auswirkungen auf die Umwelt und das Landschaftsbild haben und eine effiziente Nutzung für erneuerbare Energien ermöglichen.

Unter der Annahme, dass die Errichtung einer Freiflächen-Photovoltaikanlage erst ab einer Fläche von 0,5 ha sinnvoll ist, wurden kleinere Flächen ausgeschlossen.

Tabelle 17 gibt einen Überblick über die theoretischen Flächenpotenziale in den einzelnen Gebietskategorien.

*Tabelle 17: Flächenpotenziale für Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen*

| Kategorie | Fläche |
|---|---|
| Theoretisch geeignete Flächen insgesamt | 2.003 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen außerhalb von Schutzgebieten | 1.354 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen in EEG-Bereichen | 849 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen in privilegierten Bereichen | 263 ha |
| Theoretisch geeignete Flächen (Verschnitt)<br>- außerhalb von Schutzgebieten<br>- in privilegierten Bereichen | 232 ha |

Das theoretische Potenzial umfasst alle theoretisch geeigneten Flächen und somit 2.003 ha beziehungsweise 2.003 GWh/a Stromerzeugungspotenzial.

Davon liegen insgesamt 232 ha bzw. 232 GWh/a in Bereichen, die sich außerhalb von Schutzgebieten und in privilegierten Bereichen nach BauGB befinden. Das Potenzial für Freiflächen-Photovoltaik wird anhand der nationalen Ausbauziele abgeleitet. So sollen bis 2040 in Deutschland 400 GW Photovoltaik installiert sein; etwa die Hälfte davon auf Freiflächen. Um diesen vom Bund definierten Ausbaupfad für PV nach EEG 2023 anteilig auch in Ludwigshafen mitzutragen, sollte eine Wert von mindestens 45 MW bzw. 45 GWh/a erreicht werden.

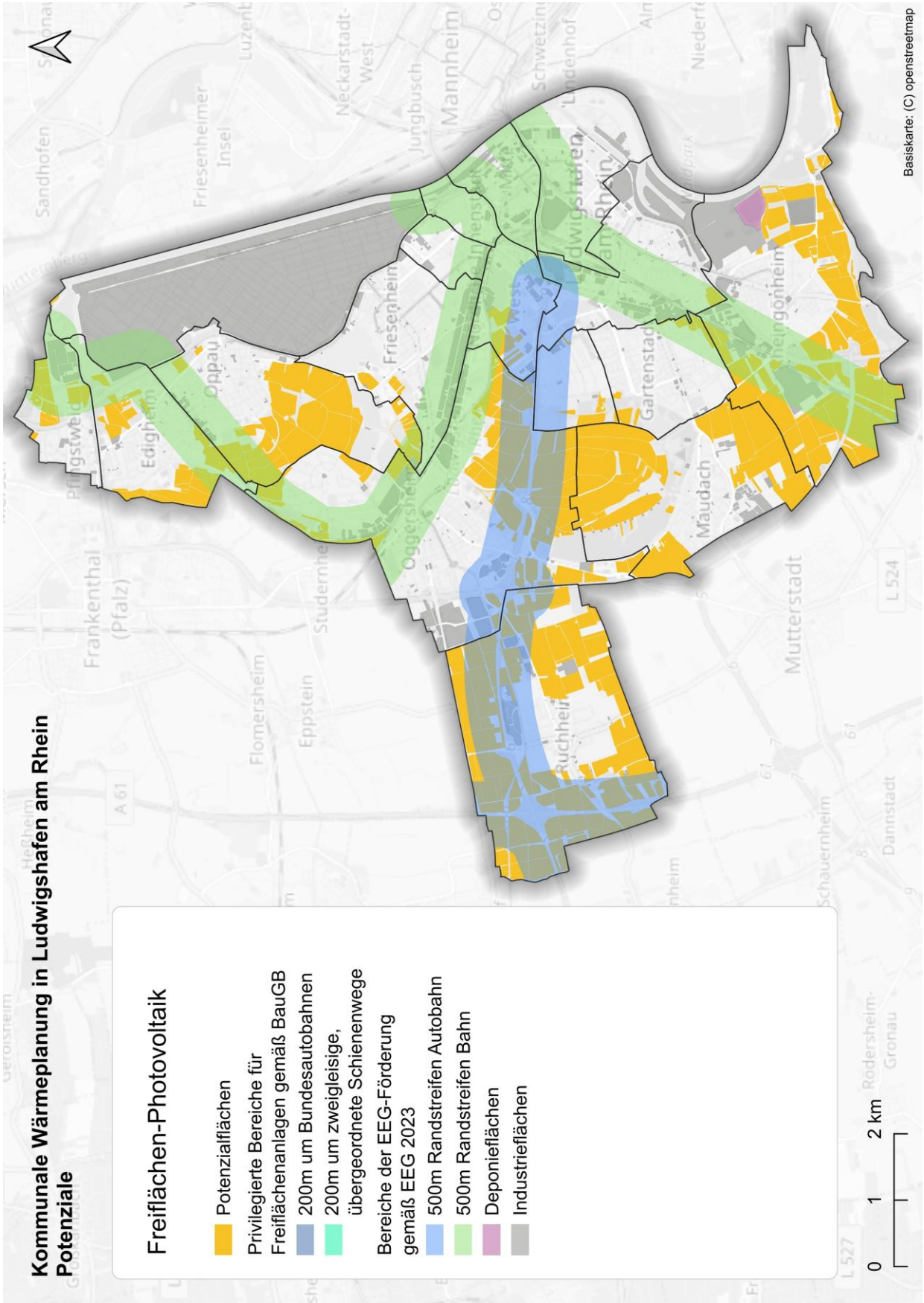



*Abbildung 45: Potenzialflächen und privilegierte Bereiche für Freiflächen-Photovoltaik*

### 4.4.11 Windkraft

Aktuell sind auf dem Stadtgebiet Ludwigshafen keine Windkraftanlagen vorhanden. Dies liegt zum einen an der Siedlungsstruktur und den geringen Abstandsflächen zwischen den Stadtteilen und zum anderen an den eher moderaten Windgeschwindigkeiten in der Rheinebene.

Das Flächenportal Erneuerbare Energien in Rheinland-Pfalz weist für Ludwigshafen auch keine Vorranggebiete gemäß Regionalplan aus und auch keine Sonderbauflächen aus. Allerdings ist in der Teilfortschreibung Wind-/Solarenergie des Einheitlichen Regionalplans Rhein-Neckar (ERP) eine Fläche südöstlich Ruchheims als Vorrangfläche dargestellt (orange schraffiert), auch wenn momentan noch keine ausgewiesen sind.

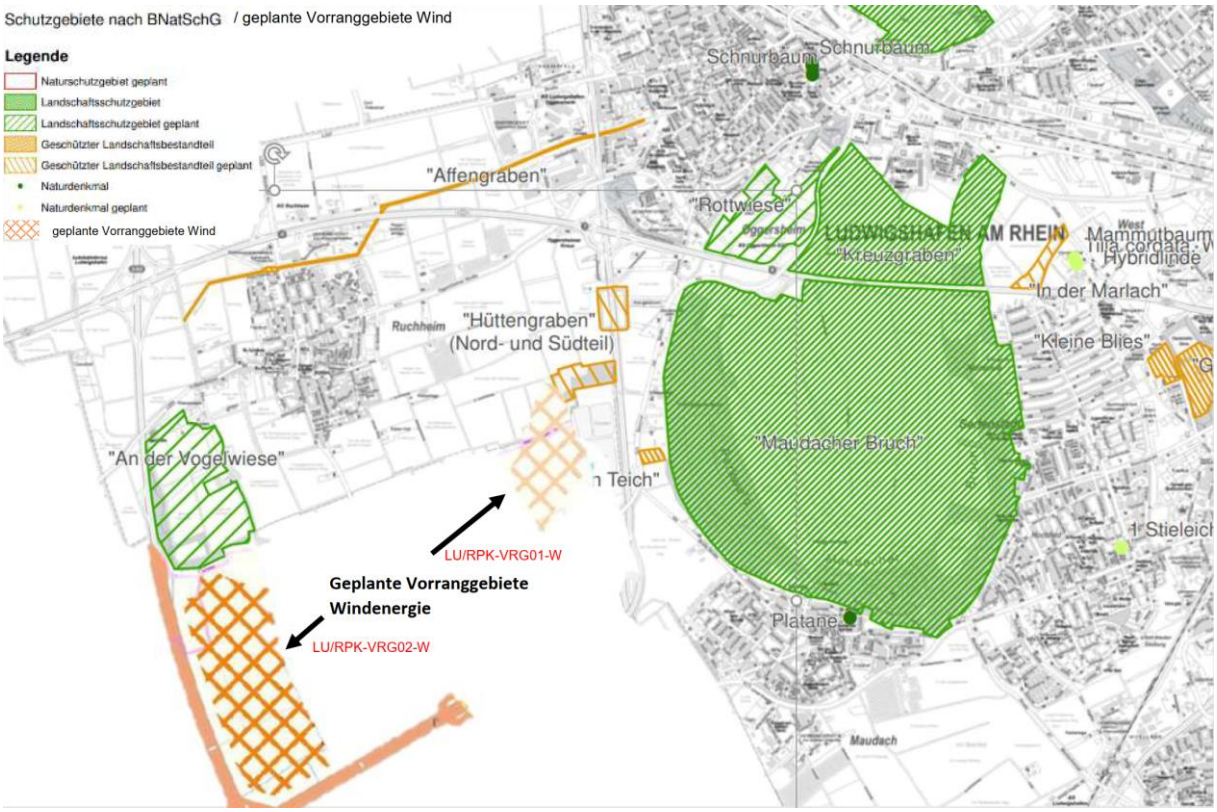



*Abbildung 46: Übersicht geplante Vorrangflächen Windenergie. Quelle: Teilfortschreibung Wind-/Solarenergie des Einheitlichen Regionalplans Rhein-Neckar*

Da dies noch ein Planungsstand der Regionalplans ist und der weit überwiegende Teil der Flächen auch nicht auf das Gemeindegebiet Ludwigshafens entfällt, wird das Windstrompotenzial in Ludwigshafen am Rhein mit **0 GWh/a** angesetzt.

## 4.5 Gesamtpotenzial

Die folgende Tabelle fasst die ermittelten Potenziale zusammen.

| | Theoretisches Potenzial [GWh/a] | Technisches Potenzial [GWh/a] |
|---|---|---|
| **Energieeinsparung** | | |
| Wärmebedarfsreduktion | nicht quantifiziert | 387 |
| **Wärmequellen (dezentral)** | | |
| Oberflächennahe Geothermie | 1.020 | 200 |
| Umgebungsluft | nicht quantifiziert | 590 |
| Dachflächen-Solarthermie | 1.100 | 106 |
| **Wärmequellen (zentral)** | | |
| Tiefe Geothermie | >1.000 | 280 |
| Mitteltiefe Geothermie | nicht quantifiziert | 13 |
| Flusswasserwärme | 60.000 | 360 |
| Klärwasserwärme | 1.050 | 434 |
| Abwasserwärme | 22 | 13 |
| Unvermeidbare Abwärme (Industrie und Gewerbe) | 4.000 | 73 |
| Biomasse | 2 | 2 |
| Wasserstoff | nicht quantifiziert | 152 |
| Freiflächen-Solarthermie | 6.130 | 130 |
| **Stromquellen** | | |
| Dachflächen-Photovoltaik | 737 | 737 |
| Freiflächen-Photovoltaik | 2.003 | 45 |
| Windenergieanlagen | 0 | 0 |

*Tabelle 18: Zusammenfassung der ermittelten Potenziale*

Die Auswertung zeigt, dass in Ludwigshafen am Rhein eine Vielzahl an Potenzialen zur Verfügung steht, um eine Wärmetransformation bis 2045 zu realisieren. Eine Zusammenfassung des technischen Potenzials im Vergleich zum Wärmebedarf im Ist-Zustand zeigt Abbildung 47. Die Beantwortung der Frage, welche Potenziale in welchem Umfang zukünftig zur zentralen und dezentralen Wärmeerzeugung genutzt werden können, ist Teil des Zielszenarios in Kapitel 6.

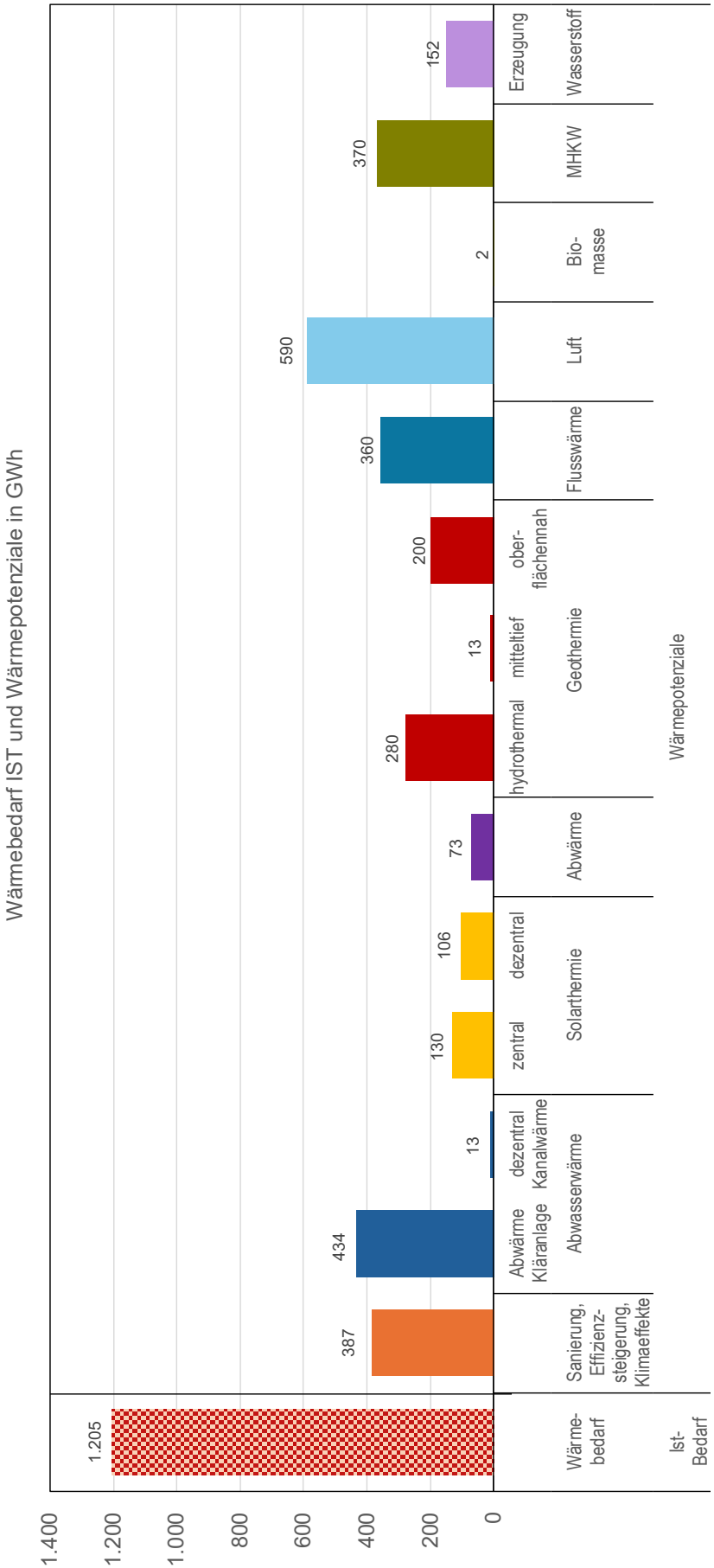



*Abbildung 47: Zusammenfassung der technischen Potenziale*

# 5 Kommunikation & Beteiligung

Eine zielgruppenspezifische Beteiligung aller relevanten Akteure ist ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung. Durch adäquate Kommunikation und Beteiligung werden sowohl die Akzeptanz erhöht als auch fachliche Perspektiven in den Prozess integriert.

Die kommunale Wärmeplanung für die Stadt Ludwigshafen wird im Rahmen eines umfassenden Beteiligungsprozesses erstellt, um die Erhebung und Berücksichtigung aller notwendigen Daten als auch die Abstimmung der Ergebnisse des Wärmeplans abzusichern.

*Abbildung 48: Ebenen der Akteurseinbindung*

Abbildung 48 illustriert die zielgruppenspezifische Einbindung und die verschiedenen Ebenen der Beteiligung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Ludwigshafens. Es werden vier zentrale Beteiligungsebenen dargestellt. Jede Ebene richtet sich an spezifische Zielgruppen und betont deren Rolle innerhalb des Prozesses.

**1. Information**

- Zielgruppen: Bürger*innen, Handwerksbetriebe, Gewerbe, Handel sowie Vereine, Verbände und Interessenvertretungen
- Ziel: Diese Ebene fokussiert auf die transparente Bereitstellung von Informationen, um die Akteure über den Planungsprozess, Zielsetzungen und Fortschritte zu informieren. Es handelt sich um eine eher passive Einbindung, bei der die Zielgruppen als Empfänger von Informationen agieren.
- Umsetzung in Ludwigshafen:
  - Online-Information zum Stand der Wärmeplanung: https://ludwigshafen-diskutiert.de/
  - Bereitstellung von FAQs zum Prozess der Wärmeplanung
  - 2 Online-Informationsveranstaltungen für Bürger*innen zu den Zwischenergebnissen und den Endergebnissen der kommunalen Wärmeplanung
  - Begleitende Öffentlichkeitsarbeit (Presse, social media, podcast)
  - Information der politischen Gremien und Ortsbeiräte

  - 30-tägige Offenlage der Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung inkl. Möglichkeit zur Abgabe von Stellungnahmen

**2. Befragung**

- Zielgruppen: Industrie-, Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen, Wohnungswirtschaft
- Ziel: Die Befragung zielt zum einem auf eine Datenerhebung für die Bestandsanalyse ab. Zum anderen kann das Feedback von bedeutenden lokalen Wärmeverbrauchern oder Produzenten wichtiges Feedback zu Bedarfen und zukünftigen Herausforderungen liefern und somit bei der Erstellung des Zielszenarios berücksichtigt werden.
- Umsetzung in Ludwigshafen:
  - Befragung der 17 größten Unternehmen zu Wärmebedarfen, Kältebedarfen, Wasserstoffbedarfen, Abwärmepotenzialen und geplanten Sanierungsmaßnahmen

**3. Konsultation**

- Zielgruppen: Stadtwerke, Wohnungswirtschaft sowie städtische Verwaltungseinheiten
- Ziel: Diese Ebene umfasst eine intensivere Beteiligung, bei der Akteure wie die Wohnungswirtschaft und öffentliche Verwaltungseinheiten spezifisch konsultiert werden, um deren Expertise und Perspektiven direkt in die Planungsentscheidungen einfließen zu lassen.
- Umsetzung in Ludwigshafen:
  - Workshops mit der Wohnungswirtschaft (GAG Ludwigshafen und BASF Wohnen + Bauen GmbH) zu im Zielszenario anzunehmenden Sanierungsraten
  - Workshop mit städtischen Bereichen und TWL zur Auswahl von Fokusquartieren
  - Workshop mit Akteuren wie Industrie- und Handelskammer IHK, Handwerkskammer, Energieagentur RPL, Haus & Grund sowie Schornsteinfegermeisterinnung zu Beratungsbedarf und Maßnahmen
  - Konsultation der TWL zu geplanten Wärmenetzgebieten
  - Konsultation der TWL zu Kostenannahmen

**4. Entscheidung**

- Zielgruppen: Stadtverwaltung und Stadtwerke.
- Ziel: Auf der höchsten Ebene der Beteiligung werden strategische Entscheidungen getroffen. Akteure wie die Stadtverwaltung und Stadtwerke sind entscheidend, um die Planung zu finalisieren und die Umsetzung sicherzustellen.
- Umsetzung in Ludwigshafen:
  - Kontinuierliche Festlegungen von Projektentscheidungen im Lenkungskreis
  - Gemeinsame Entwicklung des Zielszenarios mit Stadt und TWL
  - Beschluss des Wärmeplans im Stadtrat

# 6 Zielszenario

Das Zielszenario ist das Bindeglied zwischen der Potenzialanalyse und den abgeleiteten Maßnahmen. Gesetzlich verankertes Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist dabei die Klimaneutralität bis 2045. Neben dem im WPG definierten Zieljahr entsprechend den Vorgaben aus WPG und KWP-Leitfaden [1] sollen auch die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 und somit auch der Pfad zur Treibhausgasneutralität dargestellt werden.

Das Zielszenario schließt sowohl bedarfsseitige Entwicklungen als auch Versorgungsszenarien mit Änderungen der Beheizungsstruktur ein.

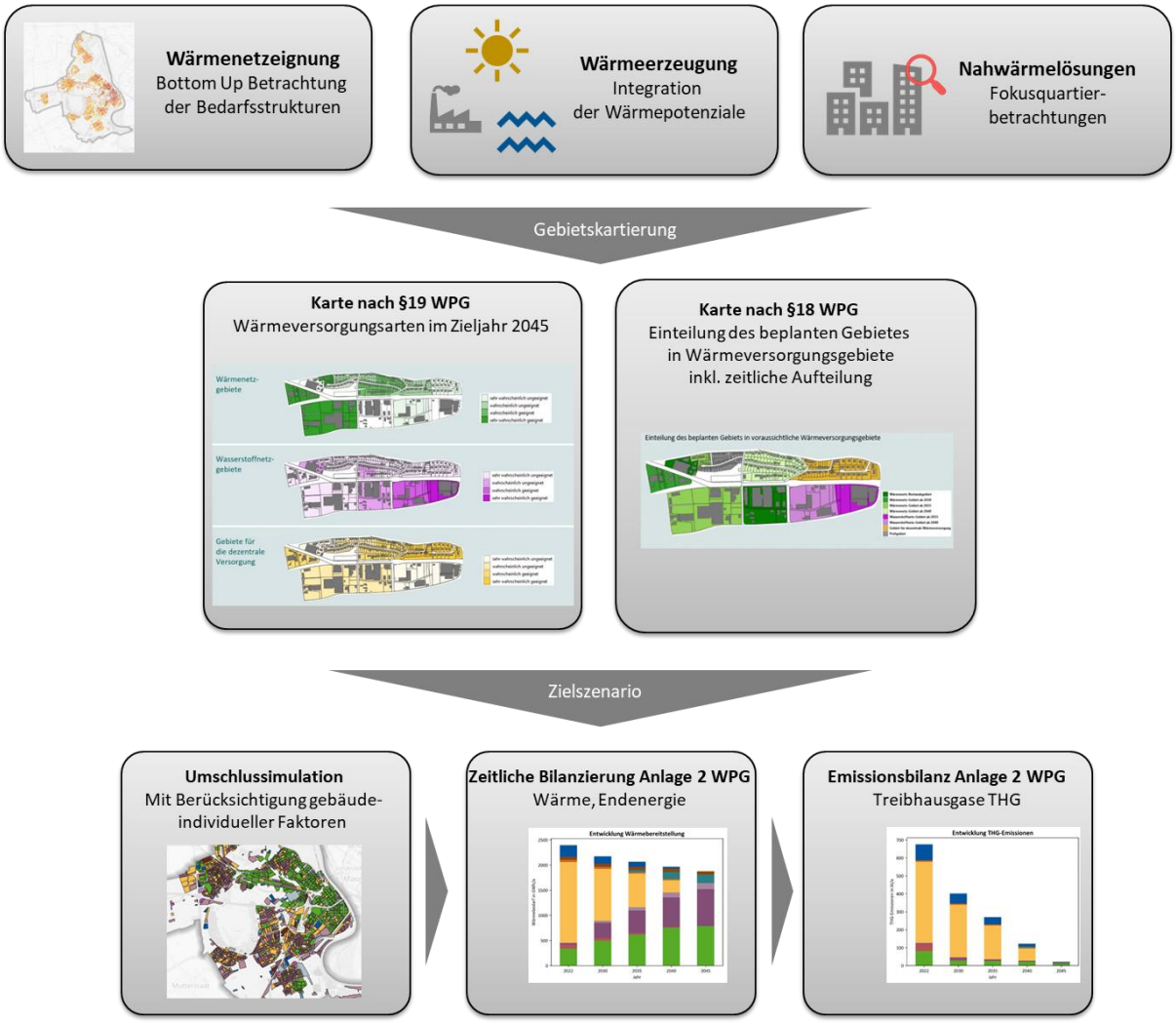



*Abbildung 49: Ablauf und Ergebnis der Zielszenarioentwicklung*

## 6.1 Methodik

Für die Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig, dass ein Szenario immer im Kontext der Prämissen zu verstehen ist und mögliche Entwicklungen der Zukunft in sich schlüssig und konsistent beschreibt. Szenarien stellen also hypothetische Folgen von Ereignissen und Randbedingungen auf, die sich im Zeitverlauf aber auch ändern können.

Das hier gezeigte Zielszenario baut auf den heute (Stand Mai 2025) absehbaren Randbedingungen hinsichtlich der beschriebenen technischen Potenziale in Ludwigshafen, der Energiemärkte und der regulatorischen wie ordnungsrechtlichen Randbedingungen auf. Es ist also kein Extremszenario im Sinne eines Best Case / Worst Case Szenarios, sondern ein Trendszenario, das aber klar auf das vorgegebene Ziel einer Treibhausneutralität fokussiert ist.

Methodisch beruht die Entwicklung der Szenarien auf der im Leitfaden [1] vorgegebenen Arbeitsweise:

- Festlegung der für Ludwigshafen relevanten Randbedingungen unter Einbeziehung der Prämissen aus der Akteursbeteiligung (u.a. bestehende Fernwärmestrategie, BEW-Transformationsplanung)
- Ableitung des zukünftigen Wärmebedarfes durch detaillierte gebäudescharfe Simulation, die aus dem Wärmeprognosemodell abgeleitet wurde
- Strukturierung des Versorgungsgebietes anhand von Eignungs- und Versorgungsgebieten für die verschiedenen in Betracht kommenden Technologien und Festlegung von lokalen Ausschlusskriterien bestimmter Optionen
- Ableitung und Simulation von Anschlussgraden und Umstellungen auf klimafreundliche Heizungsoptionen
- Erstellung der Endenergiebilanz für die Zieljahre 2030, 2035, 2040 und 2045 sowie kartografische Darstellung
- Ableitung der $CO_2$-Bilanz anhand der vorgegebenen $CO_2$-Faktoren für die verschiedenen Energieträger mit Berücksichtigung der Treibhausgase als $CO_2$-Äquivalente gem. Leitfaden Wärmeplanung

Im Ergebnis stellt das Szenario eine räumlich zumindest bis auf Baublock- und Straßenebene spezifizierte Zielplanung dar, in der bis 2045 jeder Wärmeverbraucher klimaneutral versorgt wird. Dies kann durch Anschluss an ein Fernwärmenetz, Nahwärmeversorgung in Fokusgebieten, dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen und Umweltenergie oder in Einzelfällen auch mit Feuerungsanlagen mit synthetischen oder biogenen Brennstoffen erfolgen.

Eine flächige Versorgung mit Wasserstoff bzw. eine damit einhergehende Definition von Wasserstoffausbaugebieten wird unter Berücksichtigung des aktuellen Informationsstandes zur Ausbauplanung von Wasserstoffkernnetzes in Deutschland nicht vorgeschlagen.

**Ableitung von Fernwärmeausbaugebieten**

Wärmenetze stellen einen wichtigen Baustein auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung dar. Insofern sind Analysen über die Möglichkeiten zur Steigerung des Anteils der netzgebundenen Wärmeversorgung Bestandteil einer jeden kommunalen Wärmeplanung.

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes ist neben einer entsprechend kostengünstigen Wärmeerzeugung auch ein möglichst kosteneffizienter Netzbetrieb erforderlich. Eine hohe Absatzliniendichte, also Wärmeabsatz je Netzlänge, führt zu niedrigen Netzverlusten und zu günstigeren Netzkosten bezogen auf die Wärmemenge. Dabei umfassen die Netzkosten sowohl die Investitionskosten zur Errichtung des Wärmenetzes als auch die laufenden Kosten für dessen Betrieb. Somit sollten Wärmenetze vorwiegend in Gebieten mit hohen Wärmeliniendichten betrieben werden und es sollte ein möglichst großer Anteil der Gebäude im Wärmenetzgebiet angeschlossen werden, also eine hohe Anschlussquote erreicht

werden. Neben den Kosten für die Verteilleitungen sind auch die Anschlusskosten für die Gebäude relevant. Aufgrund hoher Fixkosten für die Verlegung der Hausanschlussleitung sind große Wärmeverbraucher spezifisch (bezogen auf den Wärmeabsatz) günstiger an ein Wärmenetz anzuschließen als kleine. Somit ergeben sich folgende Kriterien, die für die Analysen zur Ermittlung der Möglichkeiten zum Ausbau der Wärmenetze herangezogen werden können:

- Hohe Wärmeliniendichte
- Große Verbraucher
- Hohe erwartbare Anschlussquote

In Folgenden fokussiert sich die Beschreibung auf die Methodik zum Ausbau des Fernwärmenetzes. Dabei wird grundsätzlich zwischen Maßnahmen zur Nachverdichtung einerseits und der Erweiterung des Fernwärmenetzes andererseits unterschieden. Unter Verdichtung wird der Anschluss zusätzlicher Kunden an bereits bestehende Verteilleitungen des Fernwärmenetzes verstanden. Dies erhöht die Anschlussquote und damit die Absatzdichte, d. h. der Absatz kann ohne zusätzlichen Verteilleitungsbau gesteigert werden. Unter Netzerweiterung wird die Erschließung von Straßen bzw. Straßenzügen mit neuen Fernwärmeverteilleitungen verstanden. Damit wird das Gebiet, in dem Fernwärmeversorgung stattfinden kann, vergrößert (Netzausbaugebiet).

Bezüglich des Kriteriums **Wärmeliniendichte** gibt der Leitfaden des BMWK und BMWSB [1] in Bestands-Quartieren einen Mindestwert von 1.700-2.000 kWh/m an. Aus der Praxiserfahrung der Gutachter wie auch des beteiligten Energieversorgers TWL hinsichtlich der Umsetzbarkeit mit begrenzten Baukapazitäten und Fachkräften ist dies jedoch ein sehr niedriger Wert. Im Folgenden wird deshalb als Richtgröße ein Mindestwert von 2.400 kWh/m bezogen auf das Jahr 2035 gewählt. Der Zuschnitt von Ausbaugebieten hängt in der Praxis allerdings auch von weiteren Faktoren wie Abständen zum Bestandsnetz und lokalen Hemmnisfaktoren bei der baulichen Umsetzung ab, die mit TWL abgestimmt wurden.

Bzgl. der **Verbrauchergröße** wird kein Mindestwert gewählt. Für eine tiefergehende Untersuchung (z.B. im Rahmen von Fokusquartierbetrachtungen) werden jedoch spezifische Erschließungskosten als Kriterium herangezogen. Diese ergeben sich aus der Summe der Kosten für die Verteilleitung zuzüglich der Kosten für den Anschluss der Gebäude. Diese Kosten abzgl. der möglichen Förderung für Wärmenetze (40 % nach der Bundesförderung effiziente Wärmenetze, BEW) werden in jährliche Kapitalkosten (Annuitäten) umgerechnet und auf die erschließbare Wärmemenge bezogen. Diese Methodik hat den Vorzug, dass die Kriterien Wärmeliniendichte und Verbrauchergröße in einen Kennwert kombiniert werden, der die Perspektive des Wärmenetzbetreibers reflektiert: Je niedriger die spezifischen Erschließungskosten, desto geringer sind die Kosten für den Netzbetreiber und somit schlussendlich auch für alle Endkunden im Wärmenetz.

Das dritte oben genannte Kriterium ist eine hohe **Anschlussquote**. Diese ist v.a. dort zu erwarten, wo Alternativen für die Endkunden schwierig oder nur sehr aufwendig umsetzbar sind. Dies gilt insbesondere nach dem Inkrafttreten des novellierten Gebäudeenergiegesetzes (GEG) mit seinen Anforderungen an Gebäudeheizungen (01.01.2024). GEG-konforme Alternativen zur Fernwärme wären z.B. Wärmepumpen mit der Nutzung von Luft- oder Erdwärmesonden als Wärmequellen. Diese sind aufgrund von Platzbeschränkungen und Geräusch-Emissionsgrenzwerten im eng bebauten Raum oft schwierig oder gar nicht umsetz-

bar. Außerdem ist v.a. bei Gebäuden mit einem hohen Baualter und eher niedrigem Sanierungsstand aufgrund der damit einhergehenden hohen Vorlauftemperatur der Betrieb einer Wärmepumpe i.d.R. ineffizienter und somit wirtschaftlich weniger attraktiv als es ein Wärmenetz sein kann (je nach Wärmepreis). Somit lässt sich zusammenfassend und vereinfachend sagen, dass Wärmenetze in eng bebauten Gebieten mit älterem, wenig sanierten Gebäudebestand in der Zukunft meist mit einer hohen Anschlussquote rechnen können, wobei Gebiete mit hohem Anteil an dezentralen Heizungen (Gasetagenheizungen) besonders herausfordernd sind.

Abschließend sei als zusätzliches Kriterium im Fall der Erweiterung eines bestehenden Wärmenetzes (im Gegensatz zu einem Wärmenetzneubau) die **Distanz zum bestehenden Netz** genannt: Je näher das jeweilige Gebiet am Bestandsnetz liegt, desto attraktiver ist es für eine Netzerweiterung, da lange Verbindungsleitungen ohne entsprechenden Absatz mit verhältnismäßig hohen Kosten verbunden sind. Lediglich im Fall von sehr großen Absatzgewinnen sind längere Leitungen zur Anbindung sinnvoll.

In Bezug auf den Fernwärme-Ausbau sieht das Wärmeplanungsgesetz in § 18 Abs. 4 vor, dass ein Betreiber eines bestehenden Wärmenetzes hierzu einen Vorschlag unterbreiten kann. Die Arbeitsstände der Wärmeplanung wurden mit den Technischen Werken Ludwigshafen iteriert und die finale Einteilung voraussichtlicher Wärmeversorgungsgebiete abgestimmt.

Neben der Ausbauplanung wurde auch eine Nachverdichtung im Bestandsnetz berücksichtigt, d.h. der Anschluss von bisher nicht Fernwärme-versorgten Gebäuden entlang des Bestandsnetzes.

## 6.2 Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage des Wärmeplanungsgesetzes wurde das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. Die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete wurden aus der zuvor bottom-up und anhand der Wärmeliniendichte ermittelten Eignung für Wärmenetze sowie unter Einbezug der möglichen vorhandenen und priorisiert zu erschließenden Wärmequellen zur Versorgung von Wärmenetzen definiert.

Abbildung 50 zeigt die Eignungsgebiete für Wärmenetze, welche basierend auf der oben beschriebenen Methodik, sprich anhand der Wärmeliniendichte im Stützjahr 2035 des ambitionierten Sanierungsszenarios, ermittelt wurden.

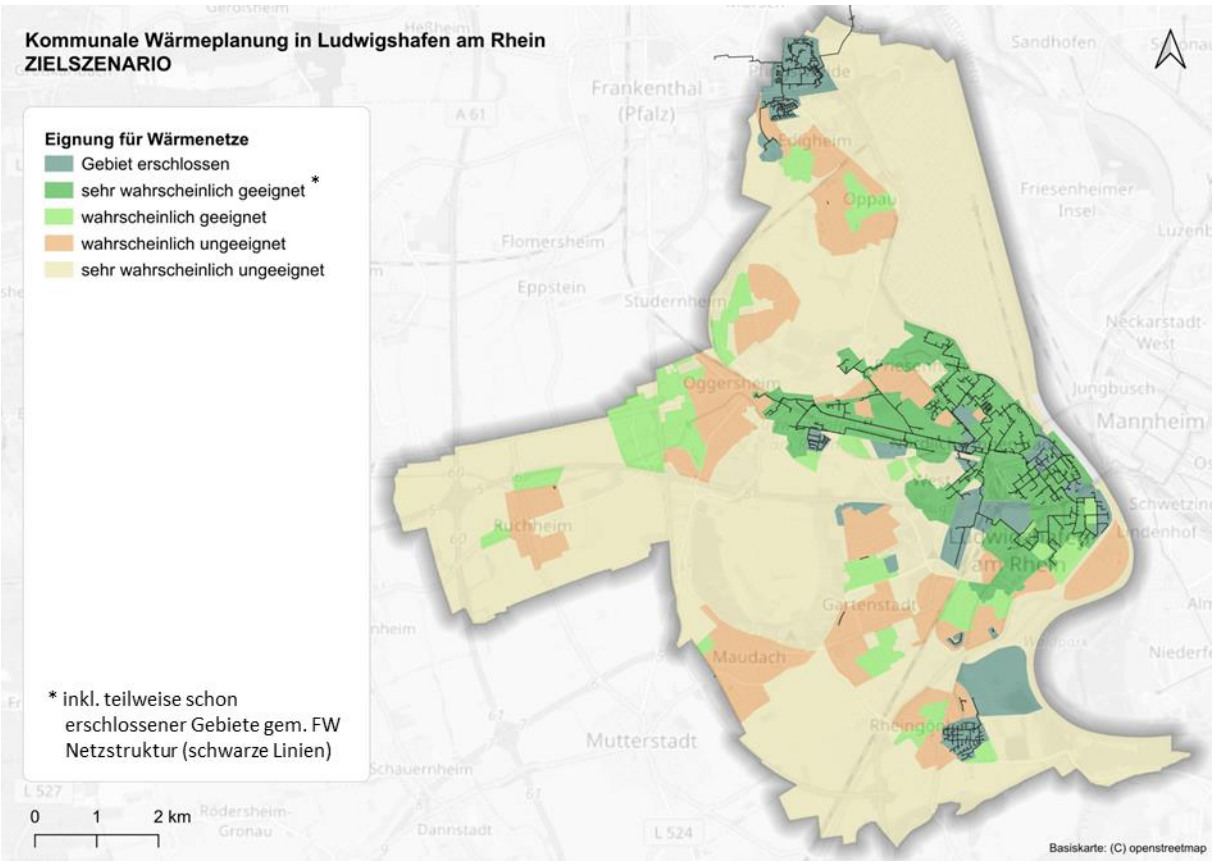



*Abbildung 50: Eignungsgebiete für Wärmenetze*

Auf Grundlage des Wärmeplanungsgesetzes wurde das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt:

Die Versorgungsgebiete sind in der folgenden Abbildung 51 dargestellt. Teile, in denen bereits ein Fernwärmenetz vorhanden ist, werden als Fernwärme-Verdichtungsgebiete oder Wärmenetzgebiet bezeichnet. Alle übrigen Gebiete eignen sich für eine dezentrale Versorgung.

- Das **Wärmenetzgebiet** umfasst die Gebiete mit wahrscheinlicher Erschließung durch Fernwärme oder bereits vorhandenen Wärmenetzen.
- **Prüfgebiete**: Einige Gebiete werden als Prüfgebiete für Wärmenetze ausgewiesen. Da die Eignung noch nicht abschließend bewertet werden kann, werden diese Gebiete zur näheren Prüfung der Fernwärmeausbaumöglichkeiten und Bewertung zu einem späteren Zeitpunkt empfohlen.
- **Dezentrale Versorgungsgebiete** sind alle übrigen Stadtteile und Quartiere. In diesen Gebieten kommen überwiegend dezentrale Lösungen zum Einsatz. Dies können alle GEG-konformen Versorgungslösungen, wie Wärmepumpen, Biomassekessel, Solarthermie- oder Hybridheizungen sein. Weiterhin ist zu beachten, dass auch sogenannte Gebäudenetze, sprich Wärmenetze mit bis 16 Gebäuden bzw. bis zu 100 Wohneinheiten, im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes als dezentrale Versorgungsoption gelten.
- **Wasserstoffnetzgebiete** werden nicht ausgewiesen (vgl. auch Abschnitt 4.4.7).

Große Teile der Kernstadt mit den Stadtteilen Nord, Mitte, Süd und West werden als Wärmenetzgebiete ausgewiesen. Der östliche Teil von Oggersheim, die dichtere Bebauung in der

Melm sowie westlich der Adolf-Diesterwegstraße gehören ebenso dazu wie Friesenheim und Teilbereiche von Mundenheim und Gartenstadt.

Die heute nicht bebauten Areale unterhalb der Hochstraßen sind ebenfalls als Fernwärmeversorgungsgebiete ausgewiesen, da hier vor allem im Bereich der Hochstraße Nord bzw. der zukünftigen Helmut-Kohl-Allee weitere Quartiere hinzukommen können, die aufgrund der Lage auch fernwärmeversorgt sein sollen.

Die Stadtteile Ruchheim, Maudach, Oppach sowie Rheingönheim die eine größere Entfernung zum Bestandsnetz bei gleichzeitig niedrigen Wärmeliniendichte aufweisen, sind dezentrale Versorgungsgebiete ohne Fernwärmeausbauperspektive. Ausgenommen sind hier der schon bestehende Fernwärmenetzbereich sowie der ebenfalls leitungsgebunden versorgte Industriepark Ludwigshafen Süd.

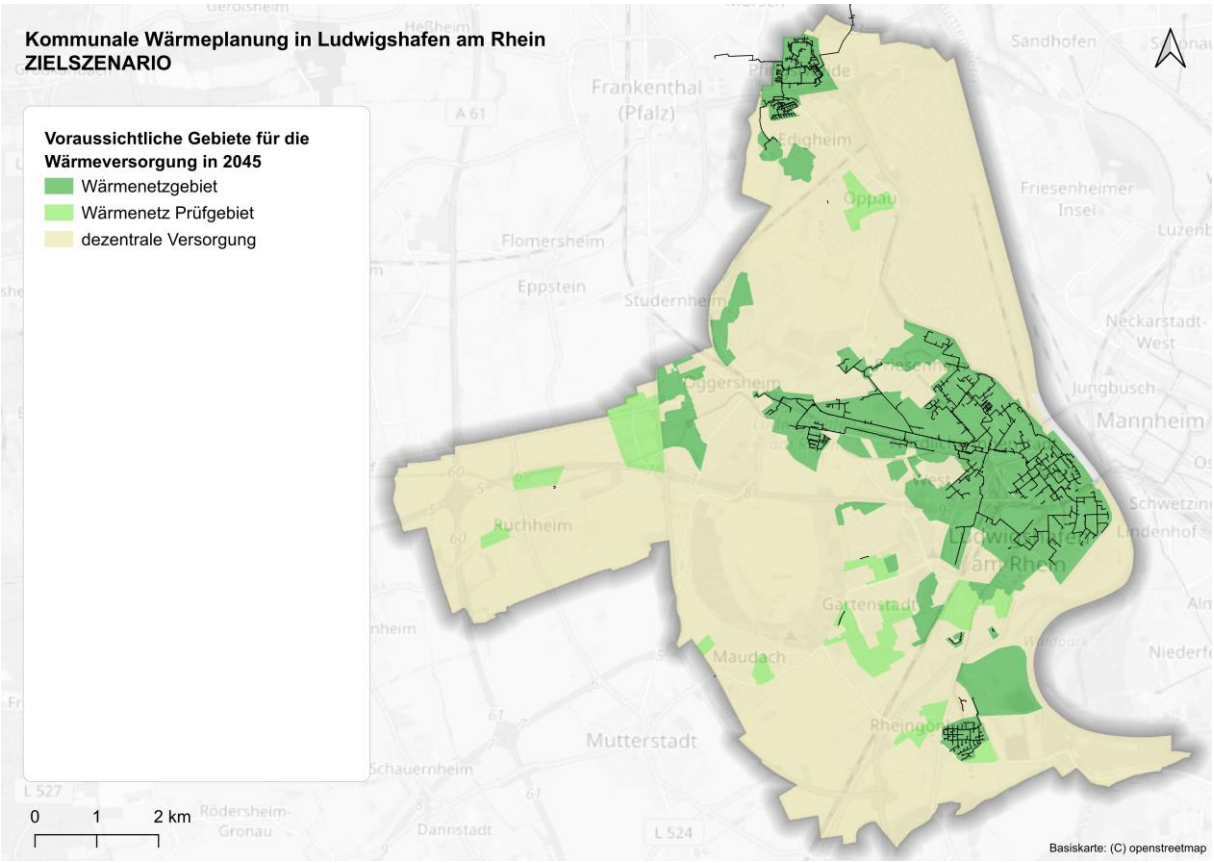



*Abbildung 51: Zuschnitt der Wärmeversorgungsgebiete*

### *6.2.1 Wärmenetzgebiete*

Die oben skizzierten und dargestellten Wärmenetzgebiete umfassen einen Wärmebedarf von rd. 500 GWh/a bzw. rd. 50% des Gesamtwärmebedarfes, bezogen auf das Zieljahr 2045. Auf die Prüfgebiete entfallen weitere rd. 100 GWh.

Wärmenetze nehmen somit auf dem Weg zu einer klimaneutralen Versorgung eine besondere Rolle ein, da diese die im Kapitel 4 beschriebenen hohen Quellenpotenziale zentraler Versorgungsoptionen (Abwärme Kläranlage, Geothermie, Abfallverbrennung) optimal ausnutzen können.

Für die Gebäudeeigentümer*innen geht mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz der Vorteil einher, dass die Dekarbonisierung der Wärme dann im Zuständigkeitsbereich des Fernwärmeversorgungs-unternehmens liegt und er von dieser Aufgabe – und damit von den diesbezüglichen Anforderungen im GEG - entlastet ist. Der Wärmeversorger TWL steht somit vor zwei großen Aufgaben, nämlich:

- dem Ausbau des Fernwärmenetzes zum Anschluss weiterer Gebäude und
- der Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung bis zum Zieljahr der Klimaneutralität (2045)

Insofern nehmen die TWL in Zusammenarbeit mit der TWL Netze als Netzbetreiber eine tragende Rolle bei der kommunalen Wärmewende ein und sind demzufolge auch an der kommunalen Wärmeplanung beteiligt. Der Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme werden durch die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) sowie die Förderung im Rahmen Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) unterstützt. Wesentliche Voraussetzung für den Erhalt der Fördermittel ist ein sogenannter Transformationsplan für das Fernwärmenetz, der von TWL parallel zur Wärmeplanung erstellt und bis Mitte 2025 abgeschlossen wird.

Dieser zeigt die Entwicklungen und Maßnahmen auf dem Weg zur Klimaneutralität auf der Kundenseite (Fernwärmeabsatz), im Fernwärmenetz (Erweiterung, Verstärkung) und auch bei der Fernwärmeerzeugung (Dekarbonisierung der Wärmequellen) auf. Durch die weitgehend parallele Erstellung des Transformationsplan für das Fernwärmenetz in Ludwigshafen mit der Verbundoption bis Frankenthal konnten die Zwischenergebnisse dieses Transformationsplans von TWL in die vorliegende kommunale Wärmeplanung eingebracht werden. Das Wärmeplanungsgesetz sieht in § 18 Absatz 4 genau dies vor.

#### 6.2.1.1 Erschließungszeiträume Wärmenetz

Resultierend aus den laufenden Arbeiten zur Erstellung des Transformationsplans sowie basierend auf der vorhandenen Fernwärmestrategie hat TWL zusammen mit den Gutachtern der Wärmeplanung auch die zeitliche Staffelung der Ausbaugebiete für die Fernwärme definiert.

Innerhalb der oben dargestellten Ausbaugebiete sollen in den nächsten Jahren bis etwa 2038 neue Fernwärmeleitungen verlegt werden, um weitere Gebäude an das Fernwärmenetz anzuschließen in Straßen, in denen bisher noch keine Fernwärme liegt (Netzerweiterung). Die nachfolgende Abbildung zeigt das Fernwärmeausbaugebiet mit einer Unterteilung in Erschließungsteilgebiete sowie das bestehende Fernwärmenetz. Die Zeiträume sind dabei als Richtgröße der aktuellen Ausbauplanung der TWL zu verstehen, wobei die Jahreszahlen nicht als Beginn des Ausbaus, sondern als Zeitraum der weitgehenden Erschließung durch Trassen im Straßenraum zu verstehen sind. Gebiete, die bereits vollständig leitungsgebunden versorgt sind wie z.B. Pfingstweide und das Gebiet Neubruch im Süden, sind als bereits erschlossen markiert.

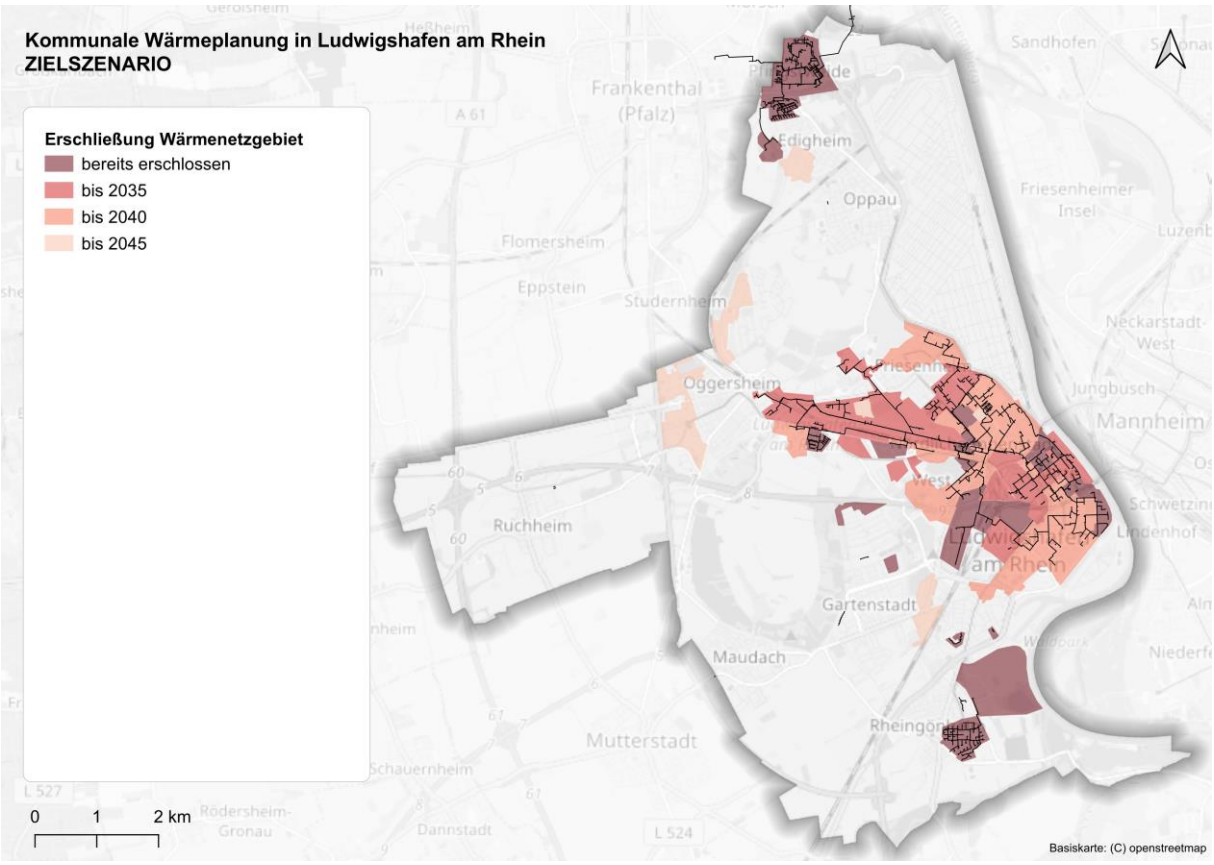



*Abbildung 52: Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete nach Erschließungszeitraum*

Es sei darauf hingewiesen, dass die Darstellung der Ausbauplanung den Charakter einer Planung hat und nicht verbindlich ist. Das gilt vor allem für die avisierten Erschließungszeiträume. Dies entspricht auch § 18 (2) des Wärmeplanungsgesetzes. Demnach entsteht aus der Einteilung in ein bestimmtes Wärmeversorgungsgebiet (hier Wärmenetzgebiet) keine Pflicht, eine bestimmte Wärmeversorgungsart tatsächlich zu nutzen oder bereitzustellen. Nichtsdestotrotz besteht die Zielsetzung der TWL und der Stadt als Eigentümerin der Technischen Werke darin, den aufgezeigten Fernwärmeausbau in dem Ausbaugebiet nach dieser Planung umzusetzen. Das Erreichen dieser Zielsetzung ist allerdings an eine Reihe von externen Bedingungen und Voraussetzungen geknüpft und unterliegt auch einigen Einschränkungen.

Eine sehr wesentliche Bedingung ist die Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit bei der Fernwärme in Bezug auf die Verlegung von neuen Leitungen und die Installation von Hausanschlüssen. Der vorgesehene Ausbau umfasst einen Zuwachs von rd. 40 km Netzlänge (ohne Hausanschlussleitungen und ohne Anbindungstrassen) bzw. rd. 3 km pro Jahr bei Umsetzung bis 2038.

Diese Ausbaugeschwindigkeit bei der Verlegung von neuen Leitungen ist ein ambitioniertes Ziel. Voraussetzung hierfür – wie auch für die Installation der Hausanschlüsse - ist, dass ausreichend Baukapazitäten am Markt verfügbar sind und zudem in der Bevölkerung eine Akzeptanz für die mit dem Fernwärmeausbau einhergehenden Bautätigkeiten in den Straßen und die damit verbundenen Unannehmlichkeiten vorhanden ist.

Durch eine gute Kommunikation können Stadt und TWL hierzu einen Beitrag leisten. Die Abstimmungen zum Ausbau - über verschiedene Medien hinweg und auch in Verbindung mit

den großen Verkehrsprojekten in Ludwigshafen - können und werden auch dazu führen, dass der Fernwärmeausbau auf der Zeitscheine in Einzelfällen von den Ergebnissen der hier dargestellten modellgestützten Simulation abweicht.

#### 6.2.1.2 Kosten und Förderung des Fernwärmenetzausbaus

Weiterhin ist das Erreichen einer ausreichend hohen initialen Anschlussquote wichtig für die Erschließung von neuen Straßen bzw. Gebieten. Nur wenn sich ausreichend Nutzer*innen an die Fernwärme anschließen, kann der Fernwärmeausbau wirtschaftlich und damit im geplanten Umfang realisiert werden.

Insbesondere bei Wohngebäuden mit mehreren Parteien und vor allem bei Gasetagenheizungen ist der Anschluss an die Fernwärme u. U. mit Umbaumaßnahmen innerhalb des Gebäudes verbunden (z. B. Umstellung auf eine zentrale Wärmeversorgung bei Gasetagenheizung), die zusätzlichen Kosten verursachen. Dies setzt zum einen die Bereitschaft zukünftiger Nutzer*innen (Hausbesitzer) voraus, in solche Maßnahmen zu investieren. Andererseits benötigen solche Maßnahmen auch eine ausreichende Förderkulisse sowie Unterstützung bei der Beratung.

Der Ausbau der Fernwärme und auch die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung erfordern sehr hohe Investitionen des Fernwärmeversorgers TWL.

Dabei ist auch der Förderrahmen wesentlich, in diesem Fall die bereits im Rahmen des Transformationsplans genutzte „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)“.

Diese Förderung ist aktuell gesichert, hat aber nicht den Status einer gesetzlich garantierten Förderkulisse, anders als die bisherige Netzförderung nach KWK-G. Voraussetzung ist also, dass die BEW Förderung in den folgenden Jahren ausreichend ausgestattet ist und auch fortgeführt wird. Trotz der möglichen Inanspruchnahme von Förderungen können die massiven Investitionen auch zu einer moderaten Erhöhung der Kosten für die Bereitstellung von Fernwärme führen. Insofern ist auch hier eine Akzeptanz der Fernwärmekunden für damit verbundene Preissteigerungen eine Voraussetzung. Dabei muss das Preisniveau der Fernwärme in einem Rahmen bleiben, in dem sich die Wärmekosten von vergleichbaren dezentralen Wärmeversorgungslösungen bewegen, die ebenfalls Kostensteigerungen erfahren werden.

#### 6.2.1.3 Erschließung neuer Wärmequellen

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für die Wärmewende ist die Einbindung weiterer Erzeugungsquellen, um die notwendigen Erzeugungsmengen bereitzustellen. Diese müssen bis spätestens 2045 ausschließlich auf erneuerbaren Energien oder auf unvermeidbarer Abwärme basieren, wobei nach WPG bereits 2030 30% und 2040 80% erreicht sein müssen. Durch den bereits heute hohen Anteil an Abwärme aus der Abfallverbrennung hält die TWL diese Vorgaben aber bereits heute ein.

Bis 2028 plant TWL darüber hinaus, eine erste Großwärmepumpe für die Nutzung der Abwärme der Kläranlage zu realisieren. Die für das Zielszenario und die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 getroffenen Annahmen zu neuen Wärmequellen basieren dabei einerseits auf den Potenzialanalysen in Kapitel 4 und lehnen sich zudem an die Zwischenergebnisse des Transformationsplans von TWL für das Fernwärmenetz an. Ein weiterer Baustein kann auch die Nutzung der Tiefengeothermie sein, die in der Potenzialanalyse mit großem Potenzial dargestellt wurde. Da die Planungen hier aber noch am Anfang stehen ein möglicher Beitrag

noch nicht genauer quantifizierbar ist, basieren die hier dargestellten Emissionsfaktoren so wie auch im Transformationsplan dargestellt auf einer Fernwärmeerzeugung auf Basis der beiden Haupterzeuger Abfallverbrennung (GML) und Großwärmepumpe Kläranlage BASF, ergänzt durch Spitzen- und Reserveerzeugung auf Basis von Strom und klimaneutralen Brennstoffen.

Die Entwicklung des Emissionsfaktors bis zum Zieljahr ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass ab 2030 der Wert auch für das Netzgebiet Pfingstweide angesetzt wird wegen der geplanten Verbindung der bisherigen Teilnetze. Die Werte sind nach der im Leitfaden Wärmeplanung und dem zugehörigen Technikkatalog [2] nach der Carnotmethode berechnet worden.

Der heute schon gute Wert von 56 g/kWh verbessert sich weiter und liegt im Zieljahr bei 18 g/kWh.

Im Zieljahr der Klimaneutralität liegen die THG-Emissionen nicht bei 0 g/kWh, weil die anzuwendenden THG-Faktoren für Strom, unvermeidbare Abwärme und auch für Brennstoffe wie Wasserstoff und Biogas für Spitzenwärme Werte oberhalb von 0 g/kWh aufweisen. Dies beruht auf der Definition als CO2-Äquivalente, die auch andere Treibhausgase als Kohlendioxid umfassen und auch die Transport- und Lieferketten beinhalten.

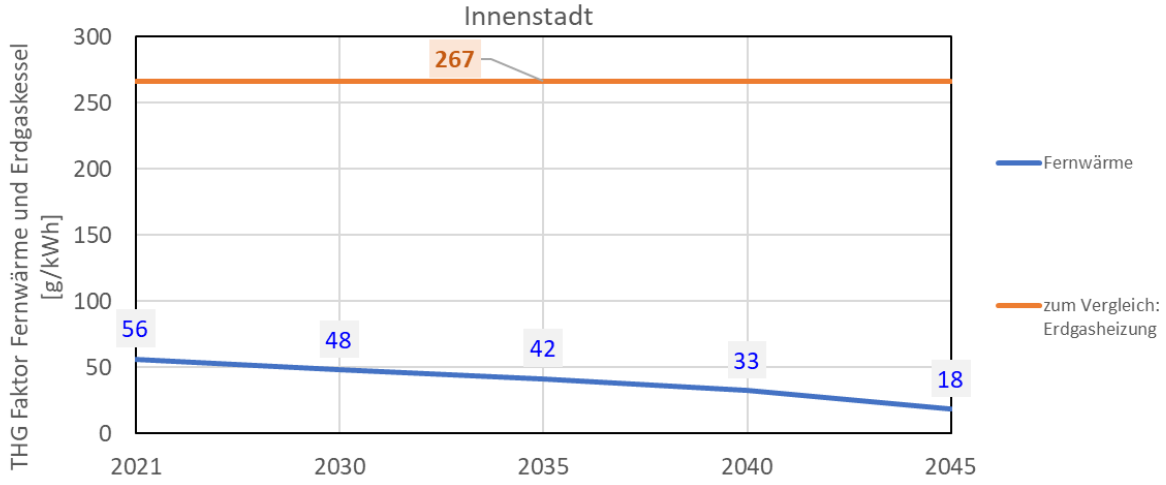



*Abbildung 53: Entwicklung des Emissionsfaktors der Fernwärme im Vergleich zu Erdgasheizungen*

### 6.2.2 Teilgebiete und Quartierslösungen

Im Rahmen der Potenzialanalyse und nach Abstimmung mit der Stadt Ludwigshafen und dem Energieversorger wurden für drei Fokusquartiere Wärmenetzlösungen detaillierter analysiert. Kriterien bei der Auswahl der Quartiere waren

- Gebiete mit hoher Wärmeliniendichte, die aber außerhalb aktueller Fernwärmeversorgungsgebiete liegen
- Gebiete, die auf andere adaptierbar sind und daher Pilotcharakter haben können
- Gebiete mit kommunalem Gebäudebestand
- Gebiete mit besonderen Akteursstrukturen, z.B. mit Gebäudebestand von Wohnbaugesellschaften oder speziellen Gewerbestrukturen sowie

- Gebiete, die aufgrund lokaler Gegebenheiten vor besonderen Herausforderungen bei der Transformation stehen (z.B. dichte und denkmalgeschützte Bebauung Stadtdörfer)

Identifiziert wurden folgende Fokusquartiere:

**Fokusquartier Oppau Mitte:**

- Stadtdorf-typische Struktur mit dichter und teils denkmalgeschützter Bebauung, größtenteils Ein- und Zweifamilienhäuser in Reihenbebauung. Vorgärten sind in der Regel nicht vorhanden, Gebäude grenzen unmittelbar an den Gehweg und Hinterhöfe oder -gärten sind nur vereinzelt vorhanden.
- Untersuchungsschwerpunkt: Wirtschaftlicher Vergleich einer Wärmenetzlösung mit zentraler Wärmeerzeugung und einer dezentralen Lösung mittels Luft-Wärmepumpen je Gebäude.

**Fokusquartier Maudach Schulviertel:**

- Ein- bis Zweifamilienhaussiedlung mit mittelgroßen Gebäuden, angrenzende Schule sowie angrenzende Wohnungsbau-Siedlung in Zeilenbebauung. In unmittelbarer Umgebung befinden sich landwirtschaftlich genutzte Freiflächen.
- Untersuchungsschwerpunkt: Wirtschaftlicher Vergleich einer Wärmenetzlösung mit zentraler Wärmeerzeugung und einer dezentralen Lösung mittels Luft-Wärmepumpen je Gebäude.

**Fokusquartier Ernst-Reuter-Siedlung:**

- Wohnquartier mit großen Mehrfamilienhäusern in Zeilenbebauung. Ein Großteil der untersuchten Gebäude befindet sich im Eigentum einer Wohnbaugesellschaft. Zudem angrenzendes Krankenhaus mit hohem Wärmbedarf.
- Untersuchungsschwerpunkt: Wirtschaftlichkeit einer Nahwärmelösung und Vergleich mit dezentraler Versorgungsvariante mittels Luft-Wärmepumpen je Gebäude.

Für die Fokusquartiere wurden folgende übergeordnete Kennzahlen ermittelt (siehe Tabelle 19).

*Tabelle 19: Kennzahlen der Fokusquartiere*

| Kennzahl | FQ Oppau Mitte | FQ Maudach Schulviertel | FQ Ernst-Reuter-Siedlung |
|---|---|---|---|
| Anzahl Adressen | 130 | 208 | 372 |
| Raumwärme + Warmwasser Bedarf aktuell | 3.014 MWh/a | 5.850 MWh/a | 18.353 MWh/a |
| Energieträger der aktuellen Wärmeversorgung | 84 % Erdgas<br>14 % Heizöl<br>Rest Flüssiggas und Nachtspeicherheizung | 85 % Erdgas<br>12 % Heizöl<br>Rest Flüssiggas und Pelletheizung | 96 % Erdgas<br>3 % Heizöl<br>Rest Flüssiggas |

#### 6.2.2.1 Fokusquartier Oppau Mitte

Das Fokusquartier Oppau Mitte umfasst das Areal in unmittelbarer Nähe zum Sportplatz an der Jahnstraße. Wie Abbildung 54 verdeutlicht, zeichnet sich das Gebiet durch eine dichte Bebauung mit wenigen oder nur sehr engen Hinterhöfen und -gärten aus. Für viele der Gebäude ist eine dezentrale Lösung in Form einer Luft-Wärmepumpe als technisch aufwändig einzuschätzen, sodass die Möglichkeit einer Nahwärmelösung untersucht wurde, wo an zentraler Stelle Wärme erzeugt und über ein Wärmenetz zu den Gebäuden transportiert wird. Diese benötigen dann lediglich eine Übergabestation in Form eines Wärmetauschers im eigenen Gebäude.

*Abbildung 54: Luftbild des dicht bebauten Fokusquartiers Oppau Mitte mit einer Stadtdorf-ähnlichen Struktur.*

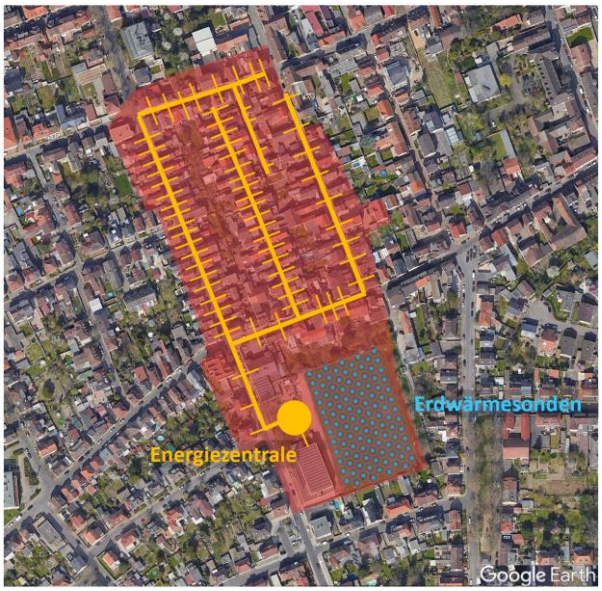



*Abbildung 55: Beispielhaftes Nahwärmekonzept mit Nutzung des Sportplatzes als Geothermiequelle (Sportplatz nach Einbringung der Erdsonden wieder nutzbar).*

Da Oppau Mitte, wie andere Stadtdorf-ähnliche Gebiete auch, eingekesselt ist von bebautem Gebiet und nicht unmittelbar an größere landwirtschaftliche Freiflächen angrenzt, muss auch für eine Nahwärmelösung eine geeignete Fläche für die zentrale Wärmeerzeugung gefunden werden. Ein vorhandener Sportplatz kann hier eine Lösung bieten und zum Beispiel als Geothermiequelle dienen, indem mehrere Erdsonden in den Boden eingebracht werden. Nach Einbringung der Erdsonden kann der Sportplatz wieder hergestellt und weiter genutzt werden. Die dem Erdboden entzogene Wärme wird in einem zweiten Schritt mittels Wärmepumpe, unter Zufuhr von elektrischer Energie, auf ein höheres und nutzbares Temperaturniveau gebracht, um in das Wärmenetz eingespeist werden zu können.

Für eine nachhaltige Nutzung von Erdsondenfeldern muss die Auskühlung des Erdbodens berücksichtigt werden, welche sich aufgrund des Wärmeentzugs zwangsläufig ergibt. Bis zu einem gewissen Grad kann sich der Erdboden im Jahresverlauf natürlich regenerieren, zum Beispiel durch solare Einstrahlung oder Regenwassereintrag. Bei großen Erdsondenfeldern, wie es auch hier der Fall wäre, muss jedoch meist eine Möglichkeit zur aktiven Regeneration vorgesehen werden, indem mittels technischer Vorkehrungen dem Erdboden in den Sommermonaten aktiv Wärme zugeführt wird, um ein kontinuierliches Auskühlen des Erdbodens über die Jahre hinweg zu verhindern.

Im Allgemeinen ist das Geothermiepotenzial und ein mögliches Versorgungskonzept auf Basis eines Erdsondenfeldes stark abhängig von der Beschaffenheit des Erdbodens, der Anordnung der Erdsonden, deren Abstand und Tiefe sowie der angesetzten Regenerationsrate. Häufig werden Probebohrungen durchgeführt, um das Potenzial näher zu untersuchen. Diese Untersuchungen sind im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht leistbar, sodass es sich bei dem nachfolgenden Konzept um eine Voruntersuchung auf Basis gängiger Annahmen handelt.

Als erste Annahme für ein Nahwärmekonzept für das Gebiet Oppau Mitte und den vorhandenen Sportplatz wurde eine Erdsondentiefe von 100 m und ein Abstand der Bohrungen von 8 m angesetzt. Wird der Sportplatz voll belegt, kann nach erster Abschätzung das in Abbildung 55 rot eingefärbte Gebiet versorgt werden, sofern von einer Möglichkeit zur aktiven Regeneration des Erdbodens im Sommer ausgegangen wird. Auf der Freifläche neben dem Sportplatz, direkt an der Jahnstraße, muss eine Energiezentrale zur Unterbringung der notwendigen Anlagentechnik (Wärmepumpe, Netzpumpen, Anlagen zur aktiven Regeneration des Erdbodens, etc.) eingerichtet werden.

Das zuvor skizzierte Nahwärmekonzept wurde wirtschaftlich mit einer dezentralen Lösung in Form einer Luft-Wasser-Wärmepumpe je Gebäude verglichen. Dazu wurde eine statisch-annuitätische Kostenrechnung mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durchgeführt, welche die wesentlichen Bestandteile der Investitions- und Betriebskosten abbildet und in einem spezifischen Wärmepreis zusammenfasst. Die Investitionskosten wurden dabei in Anlehnung an die Kostenansätze aus dem dena-Technikkatalog berechnet. An dieser Stelle besteht einer der größten Unsicherheitsfaktoren dieser Voruntersuchung, da eine belastbare Kostenschätzung für das Nahwärmkonzept im Regelfall erst nach Durchführung einer detaillierten Machbarkeitsstudie erreicht werden kann, welche im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht leistbar ist.

Zur Ermittlung der Betriebskosten wurde zunächst die Wärmeerzeugung stundenscharf modelliert, um die jährliche Energiebilanz (Stromeinsatz, etc.) zu ermitteln. Im Rahmen der Modellierung wurde die Einsatzcharakteristik der einzelnen Erzeuger sowie eines Wärmespeichers zum Ausgleich von Tagesspitzen abgebildet. Abbildung 56 zeigt das Ergebnis der Modellierung des Nahwärmekonzeptes in Form eines Ausschnitts vom Winterlastgang. Zu erkennen ist, dass ein Großteil des Wärmebedarfes durch die Erdsonden-Wärmepumpe (blaue Fläche) gedeckt wird. Ein zusätzlicher Wärmespeicher erhöht die Auslastung der Wärmepumpe, indem diese in der Nacht den Speicher belädt (dunkelgrüne Fläche), um tagsüber Bedarfsspitzen zu glätten (hellgrüne Fläche). Die verbleibende Residuallast wird über einen Elektro-Kessel gedeckt (rote Fläche).

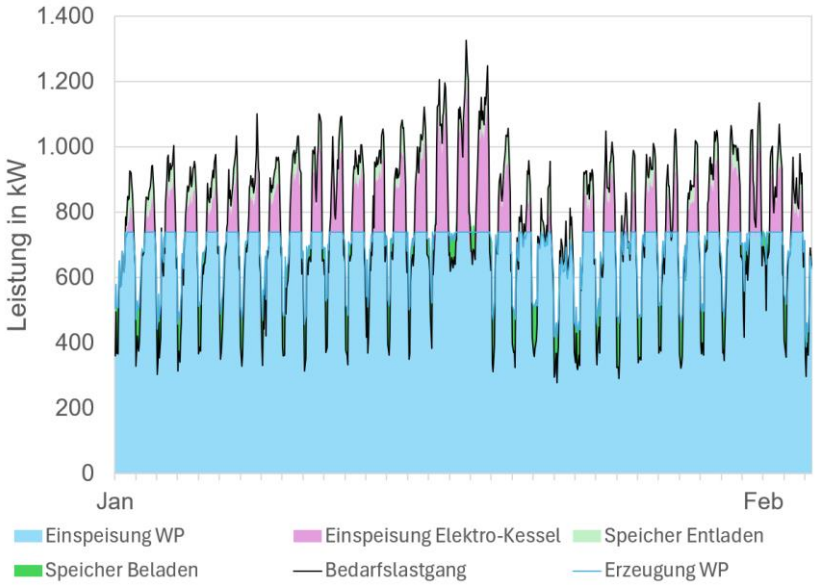



*Abbildung 56: Lastgänge des Wärmebedarfes und der Wärmeerzeugung für einen Wintermonat als Ergebnis der Nahwärme-Modellierung.*

Die aus der Modellierung resultierende jährliche Energiebilanz wurde zur Ermittlung der Betriebskosten herangezogen (z.B. Strombedarf für die Wärmepumpe). Bei den Stromkosten wurde die heutige Gesetzeslage bezüglich Steuern, Umlagen und Netzentgelten angesetzt. Darüber hinaus wurden in der Kostenrechnung Fördermöglichkeiten sowohl für das Nahwärmekonzept als auch für die dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen berücksichtigt. Für letztere kommt die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Frage, auf Basis derer eine Investitionskostenförderung von 30 % in der Kostenrechnung angesetzt wurde. Für das Nahwärmekonzept kommt die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in Frage, im Rahmen dessen 40 % der Investitionskosten gefördert werden sowie eine Betriebskostenförderung für strombetriebene Wärmepumpen möglich ist.

Zur Einordnung der durchgeführten Kostenrechnung ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine Voruntersuchung handelt, die weder wirtschaftlich noch technisch alle Details abbilden kann. Das Ziel ist, eine grundsätzliche Einordnung von Versorgungsoptionen für die Fokusgebiete zu ermöglichen und Hebel zu identifizieren, die besonderen Einfluss auf die Kosten haben. Unter anderem wurden keine zukünftigen Preisszenarien berücksichtigt und im Falle des Nahwärmekonzeptes von einer Anschlussquote von 100 % ausgegangen, was in Realität nicht immer erreicht werden kann.

Für das Fokusgebiet Oppau Mitte zeigte sich im Ergebnis, dass unter o.g. Randbedingungen das Nahwärmekonzept wirtschaftlich konkurrenzfähig zur dezentralen Lösung sein kann. Der größte Hebel und Einflussfaktor zugunsten des Nahwärmekonzeptes ist dabei die BEW Förderung, welche die durchschnittlichen Wärmekosten um rund 30 % senkt. Ohne BEW Förderung ist die vergleichsweise teure Geothermie-Lösung den Ergebnissen der Voruntersuchung nach nicht wirtschaftlich konkurrenzfähig.

Zusammenfassend wird für Oppau Mitte eine Machbarkeitsstudie zur weiteren Untersuchung des Nahwärmekonzeptes empfohlen, da dieses eine Lösungsoption für die dicht bebauten Stadtdorf-ähnlichen Gebiete darstellen kann, wo auch dezentrale Lösungen mit erhöhtem technischem Aufwand verbunden sein können.

#### 6.2.2.2 Fokusquartier Maudach Schulviertel

Das Fokusquartier Maudach Schulviertel ist in Abbildung 57 als Luftbild gezeigt und umfasst eine Siedlung mit überwiegend freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern, einer angrenzenden Schule sowie einer angrenzenden Wohnungsbau-Siedlung mit Mehrfamilienhäusern. Zudem befinden sich unmittelbarer Umgebung landwirtschaftlich genutzte Freiflächen. Für dieses Gebiet wurden ebenfalls ein Nahwärmekonzept als zentrale Wärmeversorgungsoption und eine dezentrale Lösung mittels Luft-Wärmepumpen wirtschaftlich miteinander verglichen.

Für die Nahwärmelösung wurde ein Geothermieansatz gewählt, der jedoch nicht wie in Oppau Mitte auf Erdsonden, also tiefen Erdbohrungen beruht, sondern auf oberflächennahen Erdkollektoren. Hierbei werden Kunststoffrohre rund 1-2 m tief unter der Erdoberfläche in Schleifen verlegt, um die Erdwärme in Kombination mit einer Wärmepumpe nutzbar zu machen. Die Erdkollektoren-Lösung ist spezifisch günstiger als die Erdsonden-Lösung, weist jedoch auch einen größeren Flächenbedarf auf. Da im Falle des Maudacher Fokusquartiers jedoch Freiflächen in unmittelbarer Nähe vorhanden sind, wurde in diesem Fall die spezifisch günstigere Erdkollektor-Lösung für das Konzept ausgewählt. Um das in Abbildung 58 rot eingezeichnete Gebiet zu versorgen, wird nach erster Abschätzung die blau eingezeichnete Fläche an Erdkollektoren benötigt. Auch in diesem Fall ist hinzuzufügen, dass die Fläche nach Einbringung der Erdkollektoren wieder hergestellt und für die Landwirtschaft weiterhin nutzbar ist. Es handelt sich dabei um eine beispielhafte Betrachtung einer möglichen Fläche als „Agrothermie“, ohne weitere Prüfung, ob diese oder andere benachbarte Flächen wirklich vom Besitzer zur Verfügung gestellt würden.

*Abbildung 57: Luftbild des Fokusquartiers Maudach Schulviertel mit einer Ein- bis Zweifamilienhaussiedlung, einer angrenzenden Schule sowie angrenzenden Gebäuden einer Wohnungsbaugesellschaft.*

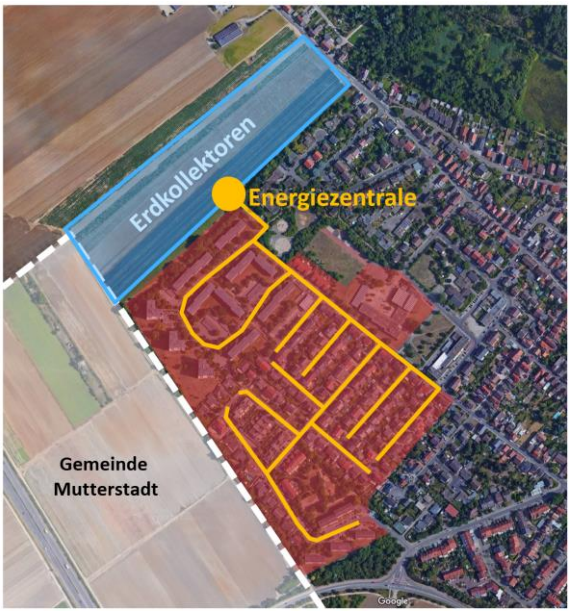



*Abbildung 58: Beispielhaftes Nahwärmekonzept mit einer zentralen Wärmeerzeugung mittels Erdkollektor-Wärmepumpe und einem Wärmenetz.*

Die Wärmekosten für eine solche Nahwärmelösung sowie für die dezentrale Lösung wurden analog zu o.g. Methodik (siehe Abschnitt 6.2.2.1) ermittelt. Im Falle der dezentralen Lösung wurden zwischen den Wärmekosten für Ein- bis Zweifamilienhäuser und Mehrfamilien-

häusern unterschieden. Aufgrund des höheren Wärmebedarfes von Mehrfamilienhäusern kommen dort jeweils größere Wärmepumpen zum Einsatz. Diese sind meist etwas effizienter als kleinere Anlagen und weisen geringere spezfische Investitionskosten (i.S.v. €/kW) auf. Insgesamt ergeben sich somit geringere spezifische Wärmekosten für ein Mehrfamilienhaus und damit auch für die einzelnen Wohneinheiten.

Den Wärmekosten der dezentrale Versogungsvariante stehen dann die Wärmekosten der zentralen Versorgungsvariante, also des Nahwärmekonzepts, gegenüber. Im Ergebnis zeigte sich, dass aus Sicht der Ein- bis Zweifamilienhausbesitzer*innen die Nahwärmelösung, unter Berücksichtigung der BEW Förderung, wirtschaftlich interessant sein kann, während aus Sicht der Wohnungsbaugesellschaft eine Versorgung über dezentrale Luft-Wärmepumpen wirtschaftlich interessanter ist. Dies liegt an den unterschiedlich hohen Wärmekosten einer dezentralen Wärmepumpe für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie für Mehrfamilienhäuser. Da die dezentrale Variante im Falle der Mehrfamilienhäuser einen wirtschaftlichen Vorteil zeigt, ist davon auszugehen, dass eine Wohnungsbaugesellschaft als Eigentümer der Gebäude kein Interesse an der Nahwärmelösung zeigt und sich nicht an das Wärmenetz anschließen würde. Dies hat zur Folge, dass die Wärmekosten der Nahwärmelösung steigen, da sich die Investitionskosten auf einen geringeren Wärmeabsatz verteilen. Zwar würden auch die Investitionskosten für das Nahwärmenetz bei Nicht-Anschluss der Wohnungsbau-Siedlung sinken, jedoch nicht im gleichen Maße wie die Absatzmenge sinkt. Im Ergebnis steigen die Wärmekosten der Nahwärmelösung bei Nicht-Anschluss der Wohnungsbau-Siedlung und damit wäre die zentrale Lösung auch für die Ein- und Zweifamilienhausbesitzer nicht mehr interessant. Insgesamt wird die Nahwärmelösung daher für das Maudacher Schulviertel als nicht konkurrenzfähig eingeschätzt.

#### 6.2.2.3 Fokusquartier Ernst-Reuter-Siedlung

Das Fokusquartier Ernst-Reuter-Siedlung umfasst das in der folgenden Abbildung umrandet dargestelle Gebiet im Stadtteil Gartenstadt. Das Gebiet umfasst neben einigen wenigen Einfamilienhäusern vor allem Mehrfamilienhäuser einer Wohnbaugesellschaft. Ebenfalls liegt das St. Marienkrankenhaus, die Ernst-Reuter-Grundschule und eine Kindertagesstätte im untersuchten Gebiet, wodurch eine verhältnismäßig hohe Wärmebedarfsdichte im Gebiet vorliegt. Eine hohe Wärmebedarfsdichte ist vorteilhaft für eine Nahwärmelösung, sodass diese wirtschaftlich konkurrenzfähig sein kann zu einer dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpenlösung.

*Abbildung 59: Eingrenzung des Fokusquartiers Ernst-Reuter-Siedlung*

Der wirtschaftliche Vergleich der dezentralen und der zentralen Versorgungsvariante wurde analog zur bereits erläuterten Methodik untersucht. Für das Nahwärmekonzept wurde in diesem Fall von einer Groß-Luft-Wärmpumpe im MW Bereich in Kombination mit einem Elektro-Kessel zur Spitzenlastabdeckung ausgegangen. Diese Lösung ist spezifisch günstiger als eine Geothermie-Lösung, weshalb sie als erster Ansatz gewählt wurde. Zudem würde eine Geothermie-Lösung im vorliegenden Fall eine weitaus größere Fläche erfordern als in den zwei anderen untersuchten Gebieten, da der Wärmebedarf der Ernst-Reuter-Siedlung rund 3 mal so hoch ist wie im Fokusquartier Maudach bzw. rund 6 mal so hoch wie im Fokusquartier Oppau. Gleichzeitig muss bei der Groß-Luft-Wärmepumpenlösung beachtet werden, dass gerade im Winter, aufgrund der niedrigeren Außentemperaturen, die Effizienz der Wärmepumpe absinkt und zeitweise Energie zum Abtauen der Luft-Wärmetauscher aufgebracht werden muss. In sehr kalten Perioden muss der Elektro-Kessel einspringen.

Die Nahwärmelösung mit der Groß-Luft-Wärmepumpe in Kombination mit dem Elektro-Kessel wurde mit der dezentralen Luft-Wärmepumpenlösung verglichen. Das Ergebnis dieser Voruntersuchung zeigt, dass unter den gesetzten Randbedingungen und Investitionskostenansätzen beide Lösungen ähnlich hohe Wärmepreise zeigen. Demnach wird eine Nahwärmelösung für die Ernst-Reuter-Siedlung als interessant eingeschätzt und eine Machbarkeitsstudie zur weitergehenden Untersuchung und Nachschärfung des Konzeptes empfohlen (siehe auch priorisierte Maßnahmen im Maßnahmenkatalog, Abschnitt 7.3).

### *6.2.3 Dezentrale Versorgungsgebiete*

Alle Gebiete, die außerhalb der in Abbildung 51 dargestellten Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete liegen, sind dezentrale Versorgungsgebiete.

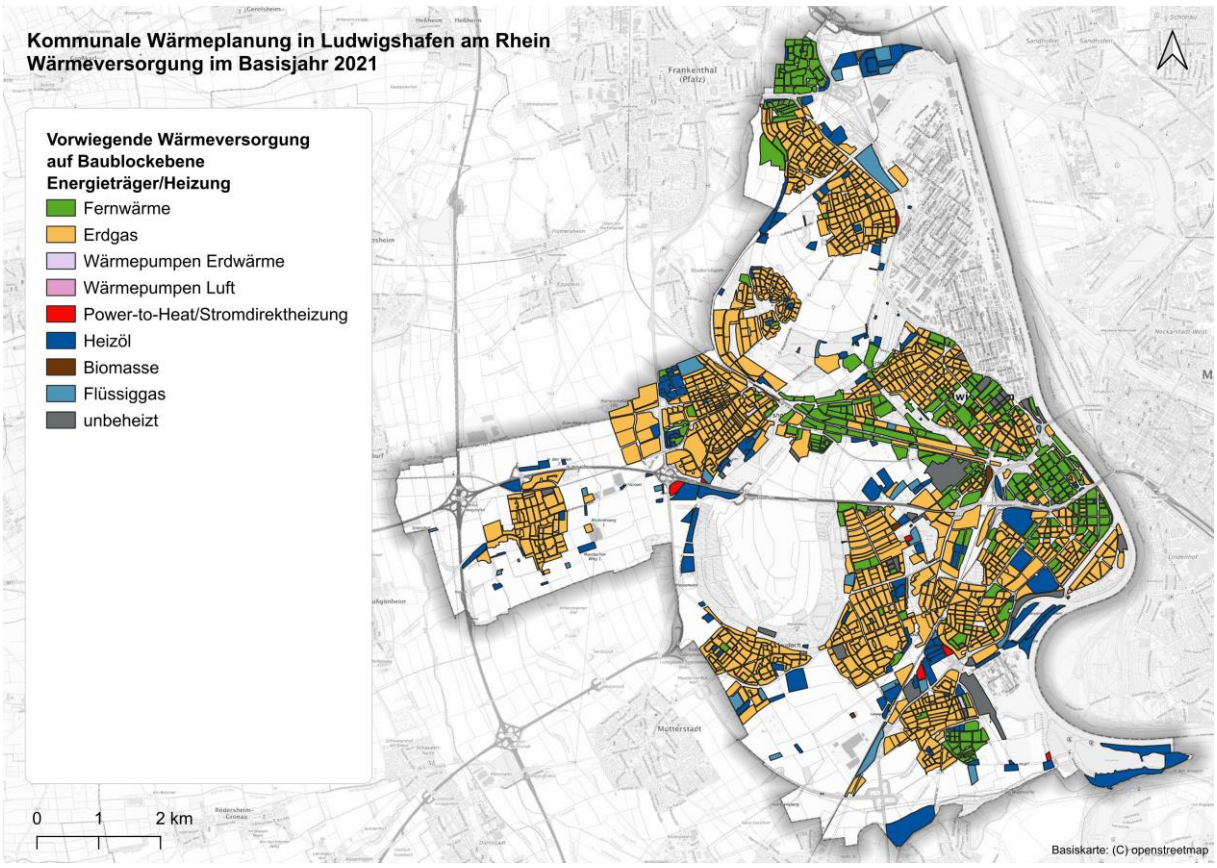
In dezentralen Versorgungsgebieten stehen Hauseigentümern verschiedene Technologien für zukünftigen Heizungsanlagen zur Verfügung. Generell kann jede Heizungsanlage, die mit

einem Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie betrieben wird, zur zukünftigen Versorgung eingesetzt werden. Die 65 Prozent gelten aktuell (Gebäudeenergiegesetz, Stand Mai 2025) für Neubauten und werden ab Mitte 2026 beim Einbau von neuen Heizungen auch in Bestandsgebäuden verbindlich. Intakte bestehende Heizungssysteme mit einem EE-Anteil unter 65 Prozent können auch nach Mitte 2026 weiter betrieben werden.

Für das Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung wird angenommen, dass die dezentralen Versorgungsgebiete überwiegend durch Umstellung auf Wärmepumpen geprägt sind. Dabei spielen neben Luftwärmepumpen auch Erdwärmepumpen eine Rolle, vor allem in Bereichen mit größeren Flurstücken wie in Oggersheim. Weitere Bausteine sind – wenn auch punktuell – der Austausch von Öl- oder Erdgasheizungen durch Biomassekessel sowie die Nutzung klimaneutraler Gase und von grünem Strom in den Fällen, wo durch besondere Anforderungen wie z.B. Prozesswärme eine Wärmepumpenumstellung nicht möglich erscheint.

Neben Zentralheizungen in Gebäuden können in dezentralen Versorgunggebieten aber auch kleinere Verbund- oder Gemeinschaftslösungen mehrere Gebäude in Frage kommen, sogenannte Gebäudenetze.

Der Ausbau der Wärmepumpen als wichtigster Baustein neben den Wärmenetzen ist in Abbildung 60 dargestellt, in der der Zuwachs dezentraler klimaneutraler Optionen gegenüber dem Ausgangspunkt heute auf Baublockebene zu erkennen ist. Vor allem in den Stadtteilen außerhalb der Wärmenetzgebiete ist ein erheblicher Ausbau erforderlich, während in den inneren Bereichen kaum noch dezentrale Lösungen hinzukommen. Ebenfalls erkennbar ist, dass Baublöcke mit überwiegender Eignung für Erdwärmepumpen, also geothermischer Wärmequelle, vorwiegend in den Randbereichen existieren, wo es größere Grundstücke gibt.



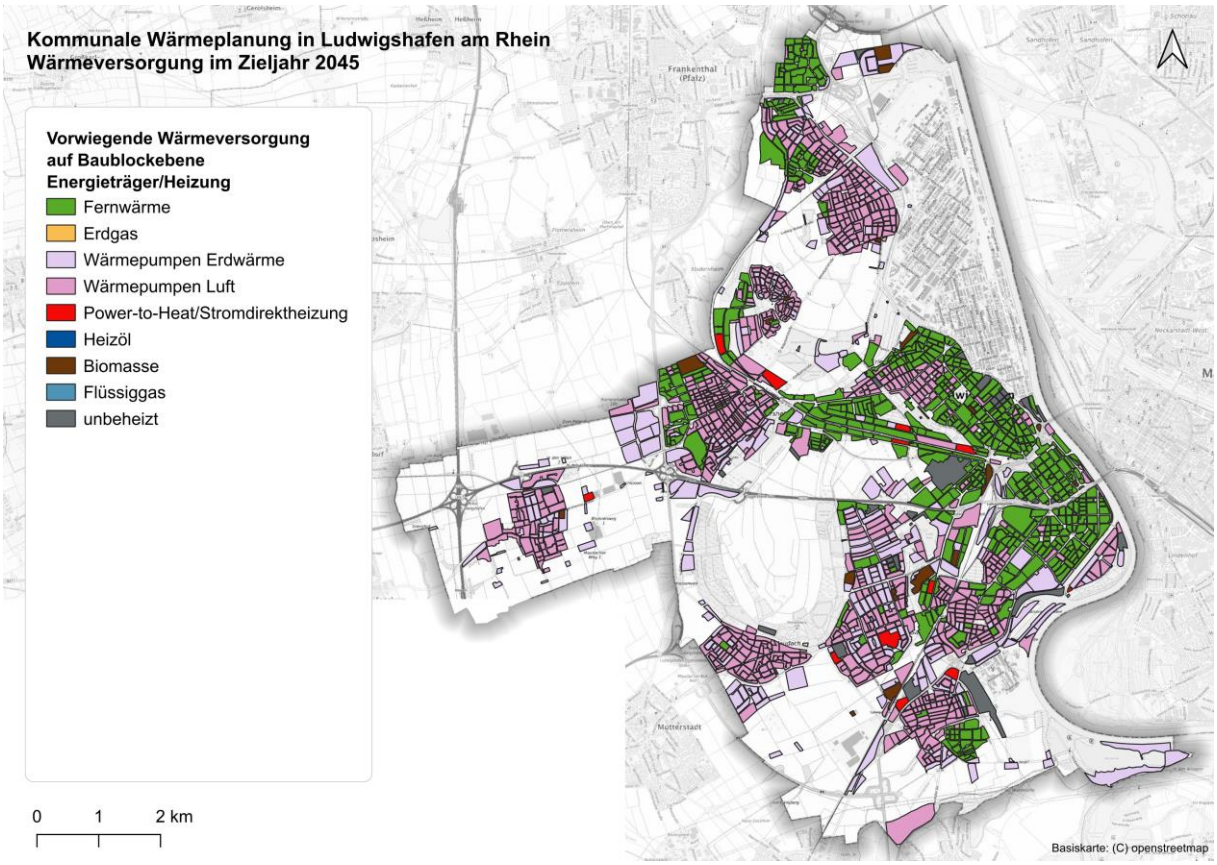



*Abbildung 60: Gegenüberstellung des vorwiegenden Energieträgers auf Baublockebene, gemessen am Anteil an der Wärmebereitstellung, oben: Ist-Zustand, unten: Zielszenario 2045*

Die Dimension der Transformation des Wärmesystems zeigt sich auch an der Anzahl der Gebäude, die von Erdgas oder Öl auf Wärmepumpen oder einen Fernwärmeanschluss wechseln, wie in Abbildung 61 gezeigt. Es wurde angenommen, dass jedes Jahr in etwa gleich viele Gebäude ihr Heizungssystem wechseln, wobei zu beachten ist, dass die erste Periode in der Abbildung einen längeren Zeitraum umfasst.

Bis 2045 müssen rund 86 % aller Adressen (rd. 26.500 Adressen) eine neue Versorgungslösung bekommen, wobei dies in den allermeisten Fällen mit einer Erneuerung einer Heizung am Ende der Lebensdauer einhergeht und somit der Austausch im Erneuerungszyklus stattfinden kann. Im Mittel müssen bis zur Zielerreichung jedes Jahr 1.100 Adressen auf eine neue Versorgungsart umgestellt werden.

Auf den Ausbau der Fernwärme entfallen rd. 3.300 Neuanschlüsse bzw. im Mittel 140 pro Jahr, im Bereich der dezentralen Heizungen überwiegen Luftwärmepumpen (14.500 neue Anlagen) sowie Erdwärmepumpen (8.800). Hinzu kommen neue Heizungen und Fernwärmeanschlüsse bei Neubauobjekten, die aber hier i.d.R. bauseitig gut geplant werden können und einfacher umzusetzen sind.

Die Umstellungen verteilen sich aufgrund dieser Prämissen sukzessiven entlang der Erneuerungszyklen sowie der zugrunde liegenden Daten zur Struktur des Heizungsalters recht gleichmäßig auf den Zeitraum bis 2045.

Die Angaben basieren auf den Adresspunkten der Wärmedatenbank. In Einzelfällen kann es auch Adressen bzw. Liegenschaften mit mehr als einer Wärmepumpe (z.B. für Gebäudeteile) oder Gemeinschaftslösungen (z.B. bei Reihenhäusern) geben.

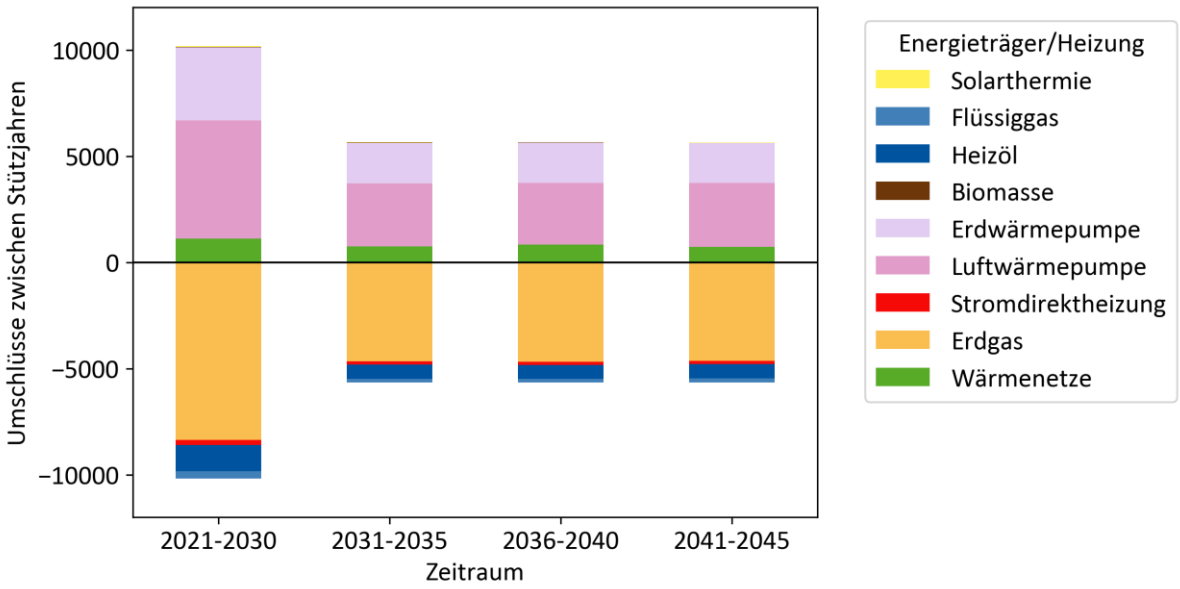



*Abbildung 61: Anzahl der Heizungssystemwechsel zwischen den Stützjahren*

## 6.3 Transformation der Wärmeversorgung

Die prognostizierte Transformation der Wärmeversorgung führt zwangsläufig zu großen Änderungen der Energie- und Klimagasbilanzen. So zeigt sich zum einen eine signifikante Verringerung des Wärmebedarfs und (noch stärker) des Endenergiebedarfs bis 2045. Zum anderen wird, wie beschrieben, eine Vielzahl an Umstellungen auf andere Heizenergiesysteme oder Energieträger realisiert.

### *6.3.1 Entwicklung der Wärmebedarfe*

Die Transformation des Wärmesystems ist in der folgenden Abbildung 62 anhand der Wärmebedarfsdeckung in Zeitverlauf dargestellt. Es sind die Beiträge der Zieltechnologien und der Wechsel weg von heute noch fossilen Heizsysteme zu erkennen, wie auch die Wärmebedarfsreduktion von 1.205 GWh/a im Basisjahr auf 988 GWh/a (vgl. Abschnitt 4.3.1). Diese Reduktion von 18 % ergibt sich aus den Einsparungen durch Sanierung der Gebäudehüllen, Klimaeffekte sowie Effizienz- und Suffizienzsteigerungen. Hinzukommt ein Zuwachsbedarf für Neubauten von rd. 53 GWh, so dass sich der zu deckende Nutzwärmebedarf auf 1.041 GWh/a errechnet.

In der Abbildung gut zu erkennen ist der Zuwachs des absoluten Beitrages der Wärmenetze trotz Rückgang der Einzelverbräuche durch Sanierung sowie der sukzessive Rückgang von Erdgas und Heizöl, bei dem sich die Versorgungsanteile aufteilen auf Wärmenetze, Luft- und Erdwärmepumpen. Über den gesamten Zeitverlauf sind auch direkte Stromanteile an der Bedarfsdeckung erkennbar. Während Direktstromanwendungen zur Raumwärmeerzeugung schwinden, wird angenommen, dass die industrielle und gewerbliche Prozesswärme, wenn kein Anschluss an ein Wärmenetz besteht oder dieser wegen der Temperaturanforderungen nicht genutzt werden kann, zukünftig über Direktstrom erzeugt wird. Dies ist eine Annahme, um auch in diesem Bereich die Umschlüsse ausweisen zu können. Neben Direktstrom (z.B.:

für Dampferzeugung) können aber je nach Anwendungsfall und Ausbauplanung auch Wasserstoff oder klimaneutrale Brennstoffe (Biomethan, HVO100) für Prozesse eingesetzt werden.

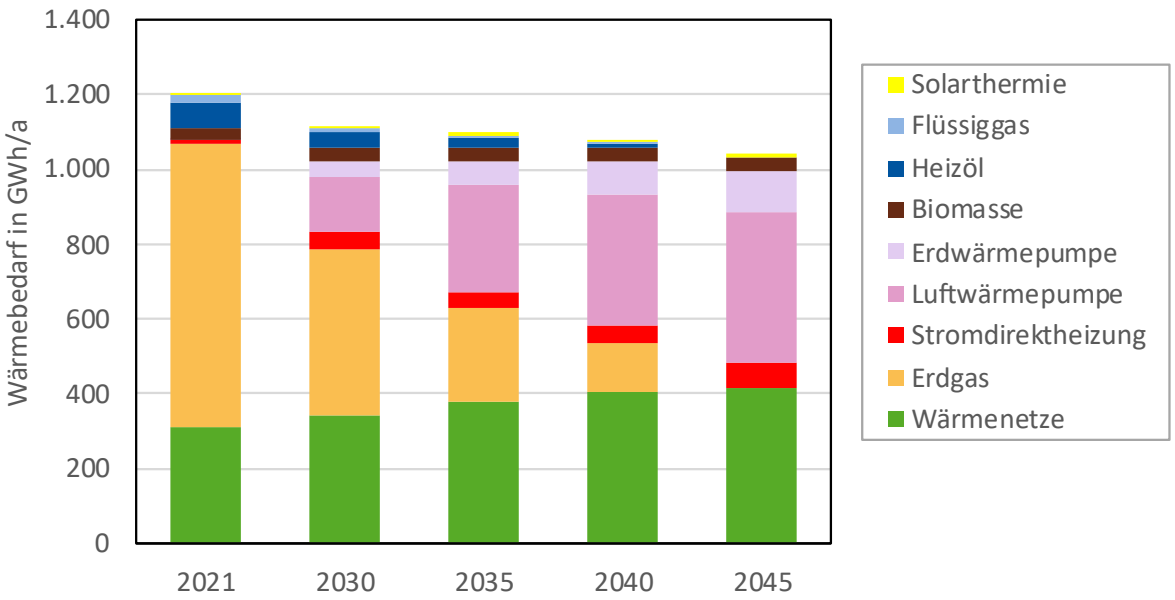



*Abbildung 62: Änderung des Versorgungsmixes und Deckung des Wärmebedarfes nach Technologien*

Abbildung 63 bis Abbildung 67 visualisieren die Transformation der Wärmebereitstellung von 2021 ausgehend über die Stützjahre 2030, 3035, 2040 bis hin zum Zieljahr der Wärmeplanung 2045.

Während Ludwigshafen Mitte zu mehr als 2/3 durch Wärmenetze versorgt wird, im Hemshof zu 62% und in Pfingstweide zu mehr al 90%, beläuft sich der Anteil in den anderen Stadtteilen auf weniger als die Hälfte.

Bis zum Zieljahr verschieben und erhöhen sich die Fernwärmeanteile bis auf 91% (Pfingstweide), 70-80% (Mitte, Nord/Hemshof, Süd, West).

Über alle Stadtteile hinweg wurde auf Basis der Eignungskriterien prognostiziert, dass dezentrale Erdwärmepumpen etwa 25 % der Wärmebereitstellung aller dezentralen Wärmepumpen ausmachen werden. Dieser Anteil variiert je nach Stadtbezirk und nimmt mit einem Anteil von 29 % an der Wärmebereitstellung durch Erdwärmepumpen in Hochfeld den höchsten Wert an. Besonders hohe Anteile von Luftwärmepumpen ergeben sich für Maudach und Oppau.

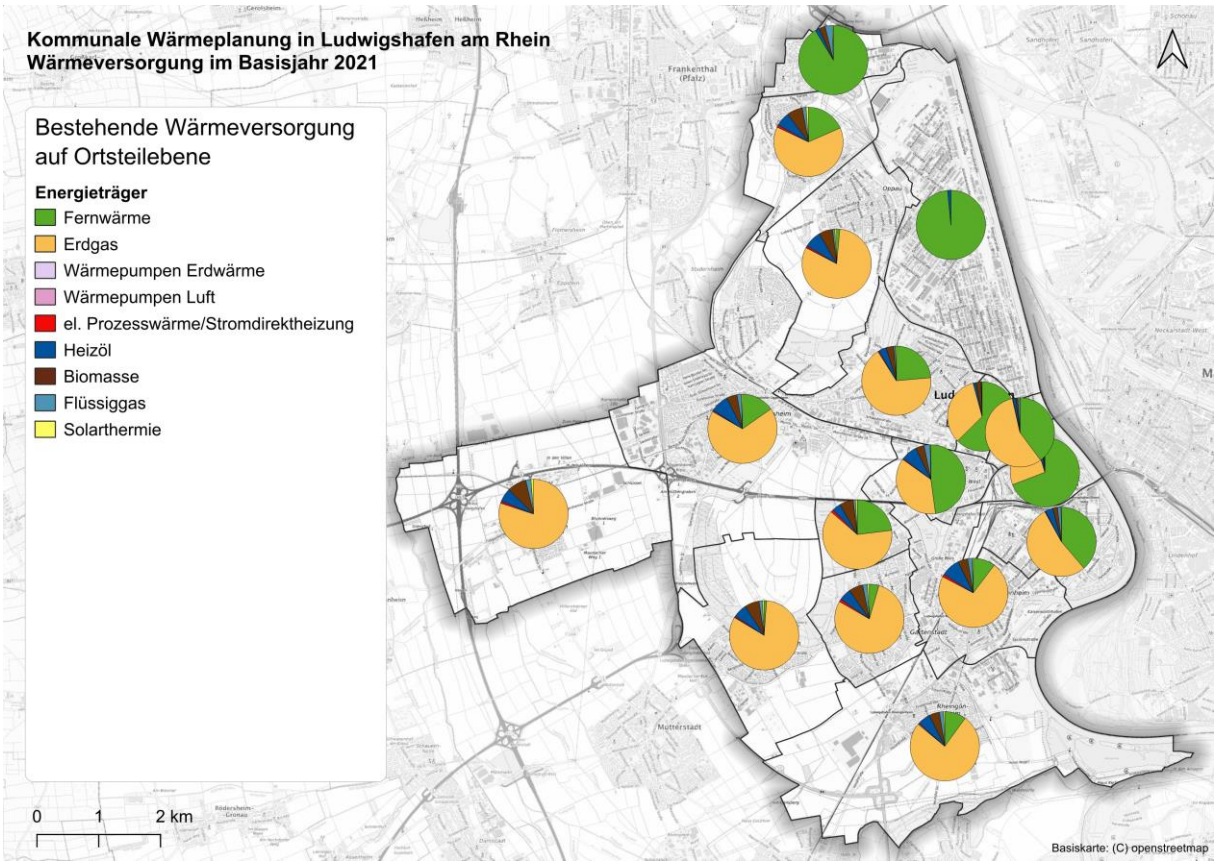



*Abbildung 63: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2021 nach Energieträgern auf Stadtteilebene*

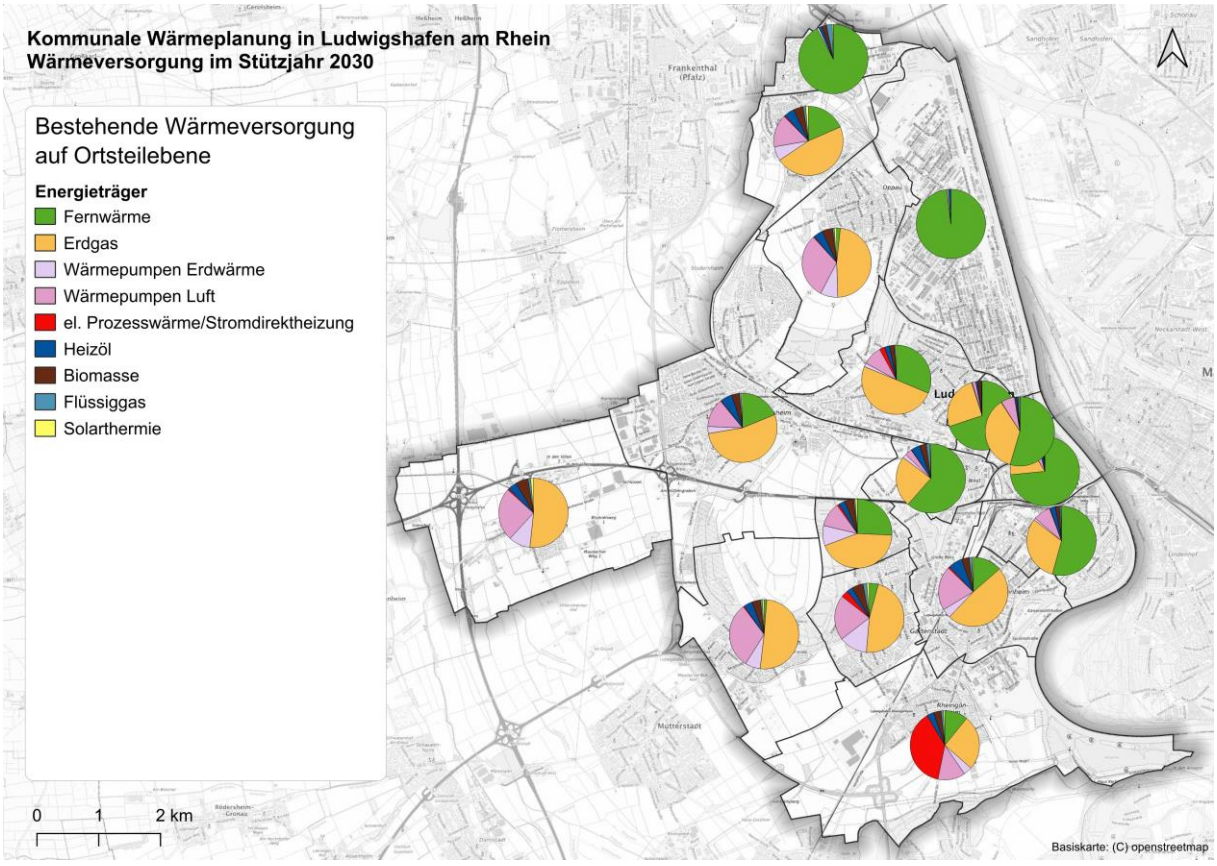



*Abbildung 64: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2030 nach Energieträgern auf Stadtteilebene*

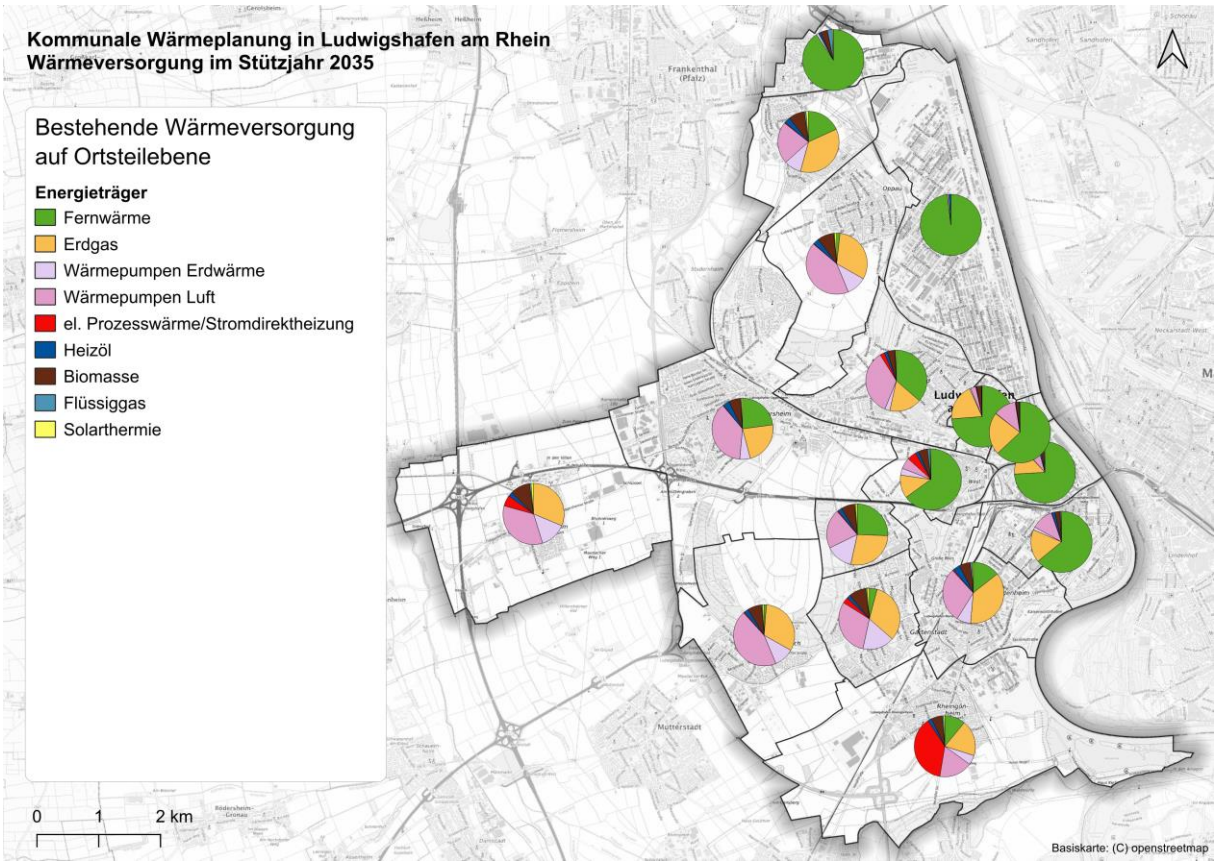



*Abbildung 65: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2035 nach Energieträgern auf Stadtteilebene*

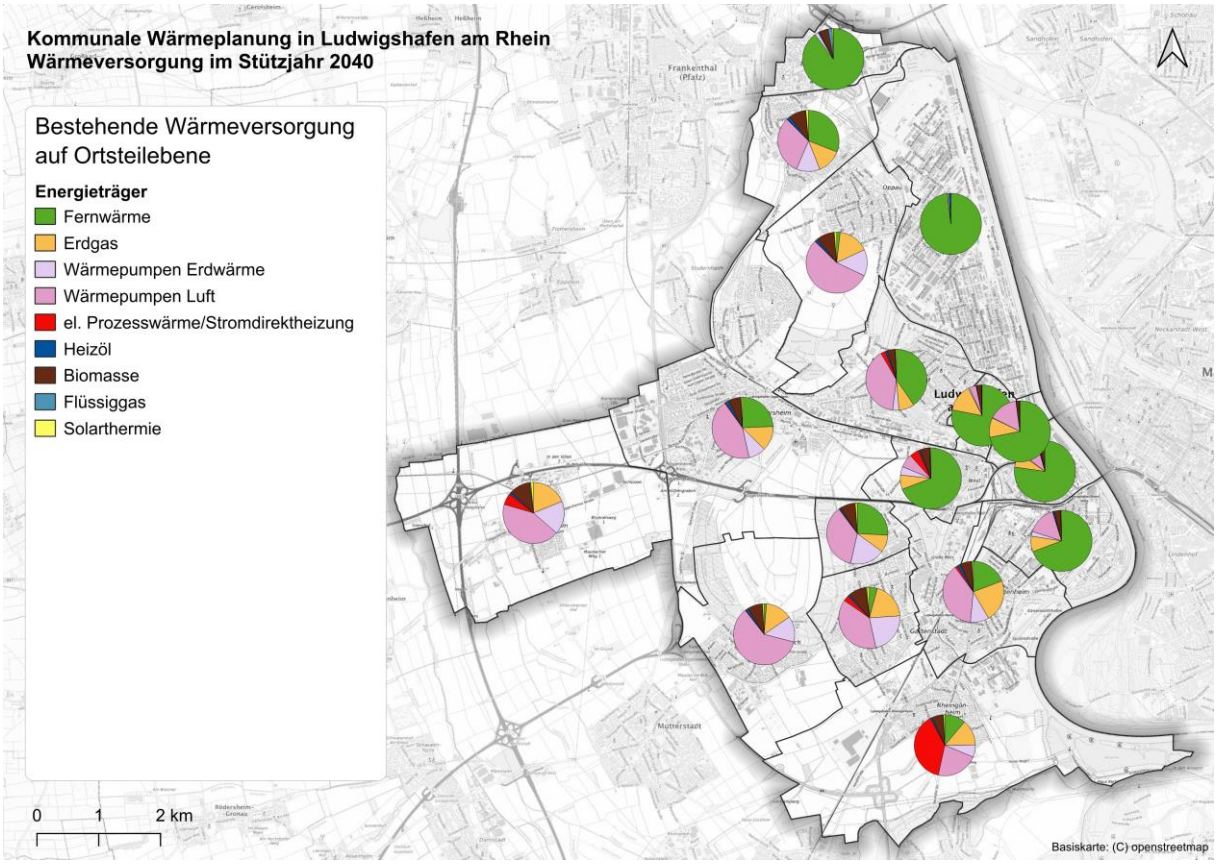



*Abbildung 66: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2040 nach Energieträgern auf Stadtteilebene*

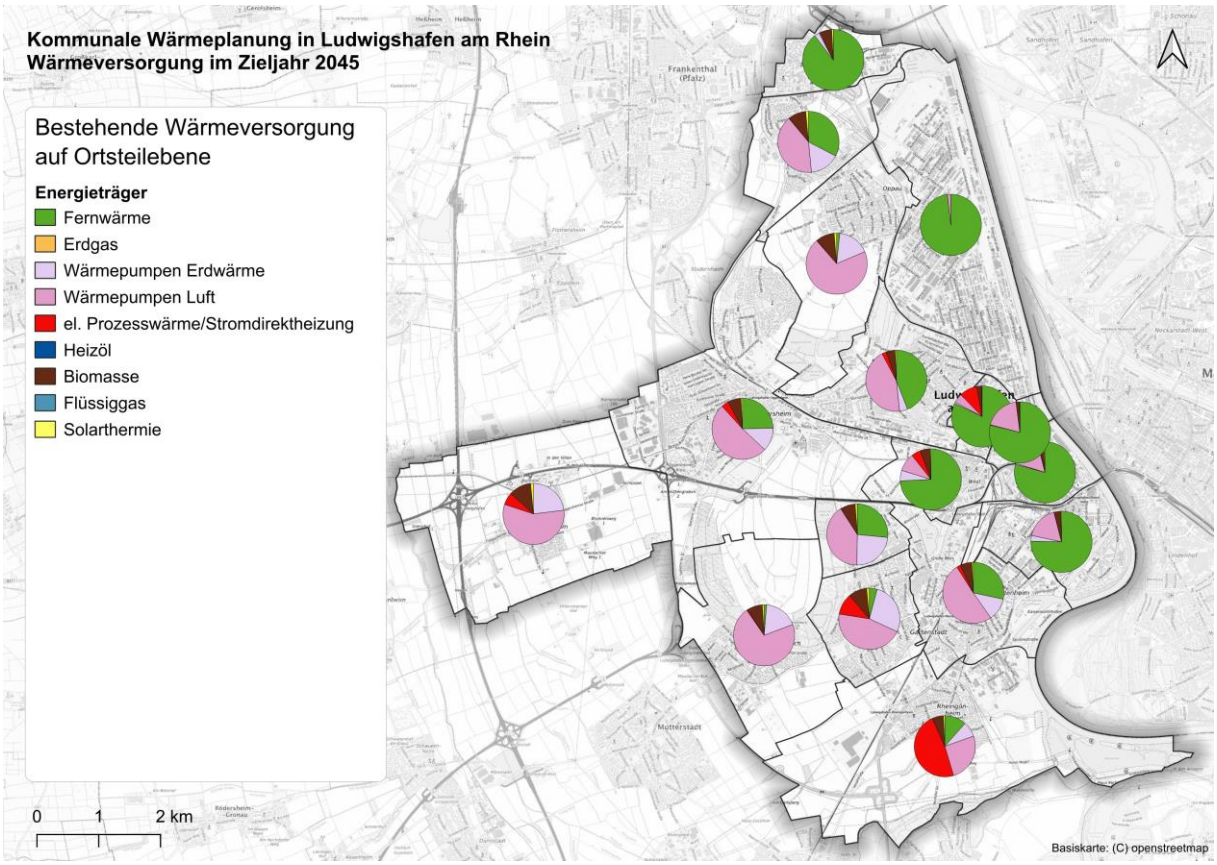



*Abbildung 67: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2045 nach Energieträgern auf Stadtteilebene*

### 6.3.2 Entwicklung dezentral eingesetzter Energieträger

Im dezentralen Bereich ergibt sich eine massive Verschiebung von Erdgas zu elektrischen Wärmepumpen mit kleineren Anteilen zusätzlicher Biomasse in der Form von Pellets. Der Strombedarf für Wärmepumpen steigt bis 2030 auf 61 GWh/a und bis 2045 auf 155 GWh.

Der Erdgaseinsatz hingegen reduziert sich bis 2030 um gut 40% und bis 2040 um 82%, wobei Erdgas auch 2030 noch dominierender Energieträger bleibt und erst 2035 von der Fernwärme abgelöst wird. Ähnliche Reduktionsraten ergeben sich auch für Heizöl. Diese Werte sind als rechnerische Werte zu verstehen, die sich aus der sukzessiven Umsetzung des GEG ergeben. Es ist damit kein unmittelbarer Ausstieg aus der Gasversorgung bzw. Stilllegungen von Gasnetzbereichen verbunden. Die konkreteren Perspektiven des Erdgasnetzes auch im Hinblick auf punktuelle Wasserstoffeinspeisung werden noch in einem nachfolgenden Gasnetztransformationsplan bewertet,

Der Ausbau der Wärmepumpen wird neben der Mengenerhöhung auch zu einer deutlichen Erhöhung der elektrischen Anschlussleistungen führen, vor allem in den Stadtteilen Friesenheim, Hochfeld, Oppau und Mundenheim. Die aus dem Wärmepumpenausbau resultierenden zusätzlichen Netzlasten an kalten Wintertagen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Die Werte wurden anhand eines leistungsbezogenen COP an kalten Tagen von 2,1 für Luftwärmepumpen bzw. 2,6 für Erdwärmepumpen hergeleitet, wobei hier angemerkt werden muss, dass es sich nicht um Jahresdurchschnittswerte handelt, sondern um Betriebsparameter für einen Auslegungstag mit sehr kalten Temperaturen und hoher Heizlast.

Insgesamt ergibt sich ein in etwa linear ansteigender Strommehrbedarf für dezentrale Wärmepumpen von 154 GWh/a bis 2045. Die zusätzlichen Stromnetzbelastungen durch Wärmepumpen sind an kalten Wintertagen bestimmend gegenüber den ebenfalls ansteigenden Rückspeiseleistungen durch PV Anlagen. PV-Einspeiseleistungen fallen saisonal konträr an und mindern den Leistungsbedarf nur sehr wenig. In der folgenden Abbildung sind die summierten Anschlussleistungen durch Wärmepumpen nach den Stadtteilen dargestellt.

Gut zu erkennen ist, dass sich die Zuwachsleistungen stärker auf die äußeren Bezirke konzentrieren,, hinzu kommen dann noch Wärmepumpen für Quartierslösungen wie etwa in den Fokusgebieten.

Eine weiterer Leistungszuwachs ergibt sich durch Ladestationen für Elektromobilität, deren Bewertung allerdings außerhalb der Aufgabenstellung dieser Wärmestudie liegen. Die Auswirkungen der Wärme- und auch Mobilitätswende auf die Stromnetze werden von TWL in den z.Z. durchgeführten Zielnetzplanungen berücksichtigt.

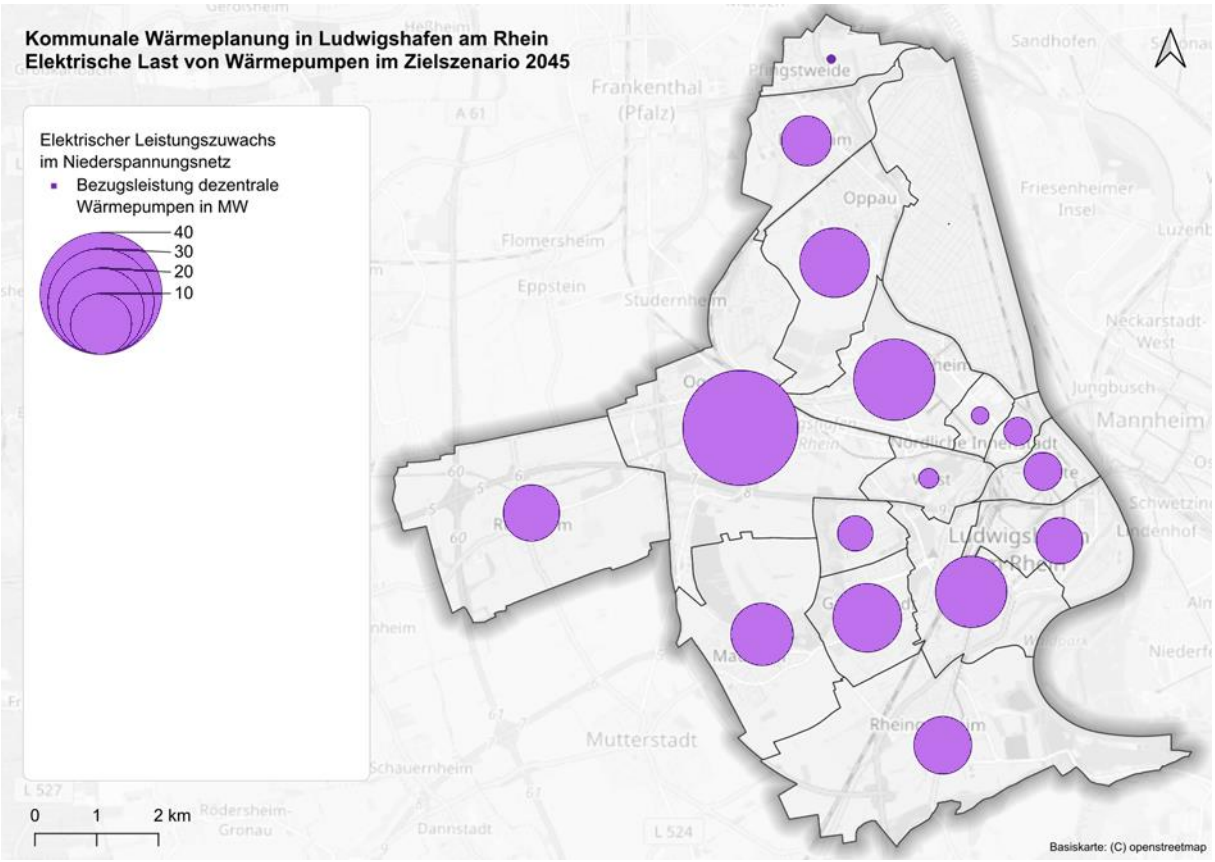



*Abbildung 68: Leistungszuwachs bis 2045 durch dezentrale Wärmepumpen im Zielszenario*

### 6.3.3 Entwicklung der Energiebilanz und Emissionen

Die Endenergiebilanz in Abbildung 69 zeigt den rückläufigen Energiebedarf sowie den Wechsel von Erdgas und Erdöl zu Wärmenetzen und Strom mit einer Reduktion des Endenergieeinsatzes auf etwa 48 % des Ausgangswertes. Der Endenergiebedarf sinkt von 1.313 GWh/a im Basisjahr (vgl. Abbildung 18 im Kapitel 3.6) auf 678 GWh/a. Hierein spielt zum einen der Rückgang des Wärmebedarfes eine Rolle, zum anderen aber auch der Umstieg auf effizientere Wärmeerzeuger, insbesondere Wärmepumpen. Dabei ist zu beachten, dass hinsichtlich

der Bilanzierung des Endenergieeinsatzes in Wärmepumpen nur der Stromeinsatz zum Antrieb der Wärmepumpen einbezogen ist. Die ohnehin klimaneutrale Umweltwärme aus Erdreich und Umgebungsluft ist hier in Anlehnung an die Bilanzierung im GEG nicht dargestellt, auch nicht der Solarenergieeinsatz thermischer Anlagen. Enthalten sind aber Biobrennstoffe sowie Stromdirektheizungen, die hier für gewerbliche Prozessanwendungen als Substitut für Prozessgas angesetzt wurden.

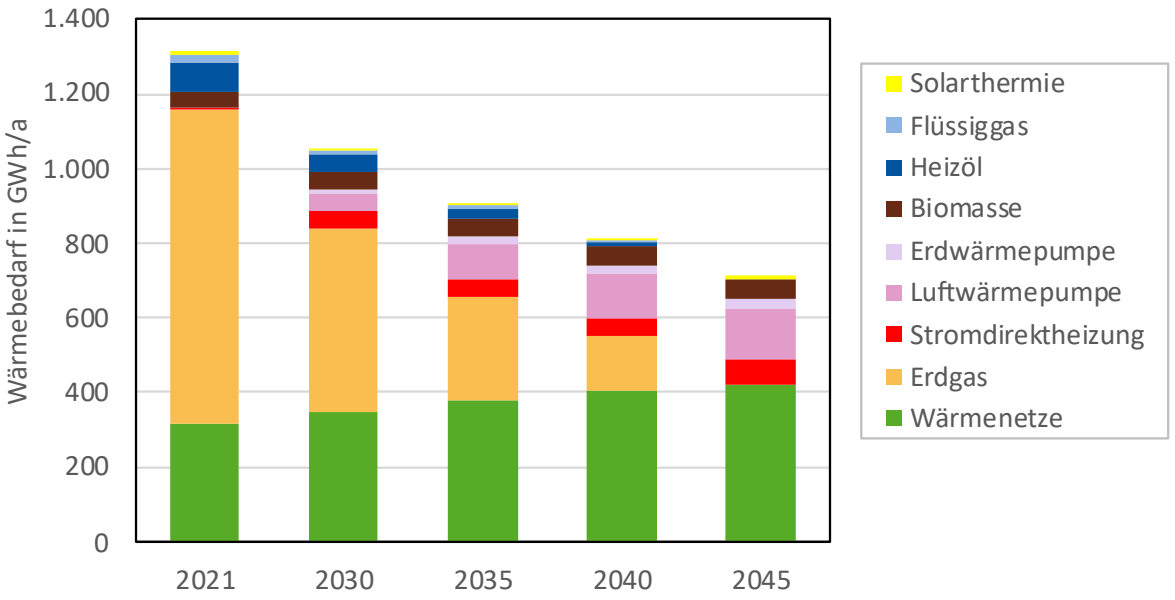



*Abbildung 69: Transformation der Endenergiebedarfsdeckung bis 2045*

Die Entwicklung der Treibhausgasbilanz als wichtigster Kennwert der kommunalen Wärmeplanung wird in der folgenden Abbildung nach Energieträger bzw. Heizungstechnologie aufgeschlüsselt. Bis zum Jahr 2030 zeigt sich eine Reduktion um 38 %, bis 2035 um 62 % und bis zum Zieljahr 2045 um 95 % im Vergleich zum Basisjahr.

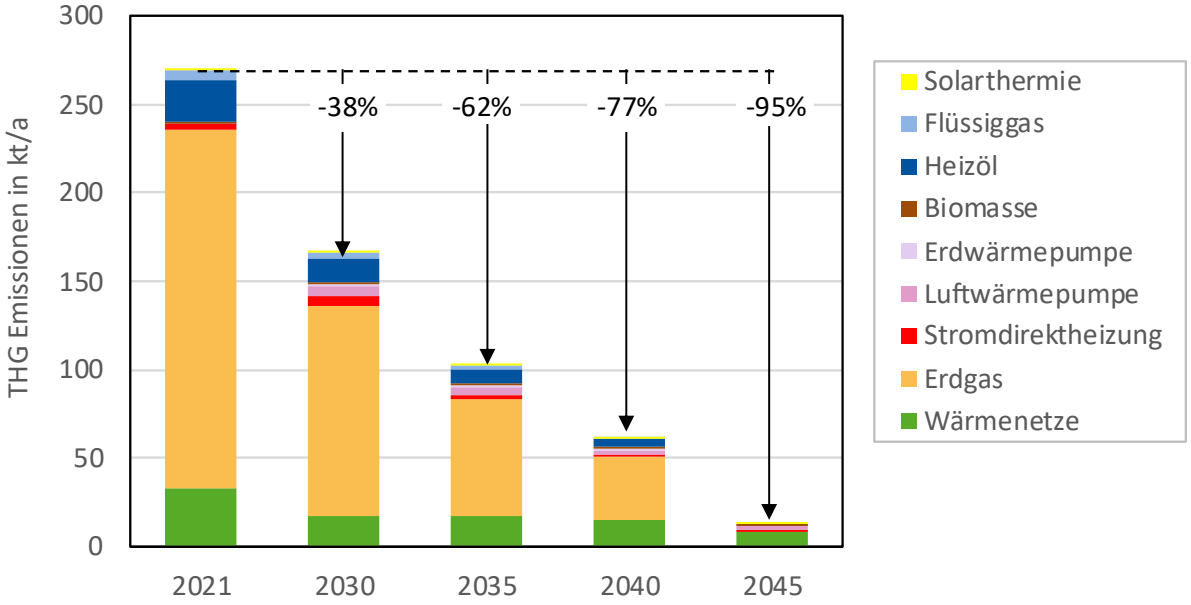



*Abbildung 70: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045*

## 6.4 Investitionsrahmen und Endkundenpreise für die Wärmetransformation

Die Umsetzung der Wärmetransformation ist mit erheblichen Investitionen verbunden, sowohl im Bereich des Infrastrukturausbaus, der Gebäudesanierung als auch der dezentralen und zentralen Technologiewechsel. Demgegenüber stehen vermiedene Ersatzkosten fossiler (Kessel-)Anlagen, vermiedene bzw. reduzierte Brennstoffeinsätze, vermiedene Umweltkosten sowie Förderprogramme und regionale Wirtschaftsförderung zur Abminderung der Umstellungskosten.

### *6.4.1 Investitionsrahmen*

Eine detaillierte und abschließende Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Handlungsfelder ist aufgrund der Vielfältigkeit und Heterogenität der Gebäudesituationen und auch wegen des Regierungswechsels und der unklaren zukünftigen Fördersituation nicht möglich. Gleichwohl ist aber eine Abschätzung des Investitionsvolumens möglich. Dazu sind im Technikkatalog [2] zur kommunalen Wärmeplanung Eckwerte gegeben, die im Folgenden genutzt und ergänzt wurden.

Die im Katalog angegebenen Kosten sind als Richtwert für ganz Deutschland konzipiert und auf das Jahr 2023 bezogen, diese wurden mit Erfahrungswerten aus lokalen Bauprojekten abgeglichen und auf das Jahr 2025 hochindiziert. Meist ergibt sich dadurch eine Erhöhung im Bereich von 10 % bis 20 %. Der Kostenrahmen sollte so auch Zusatzkosten abdecken, die vor allem im Gebäudebestand bei Einbau neuer Heizungsanlagen oder Sanierungen auftreten können.

Abbildung 71 zeigt eine Übersicht der im Folgenden angenommenen Investitionskosten über die thermische Leistung der Anlagen.

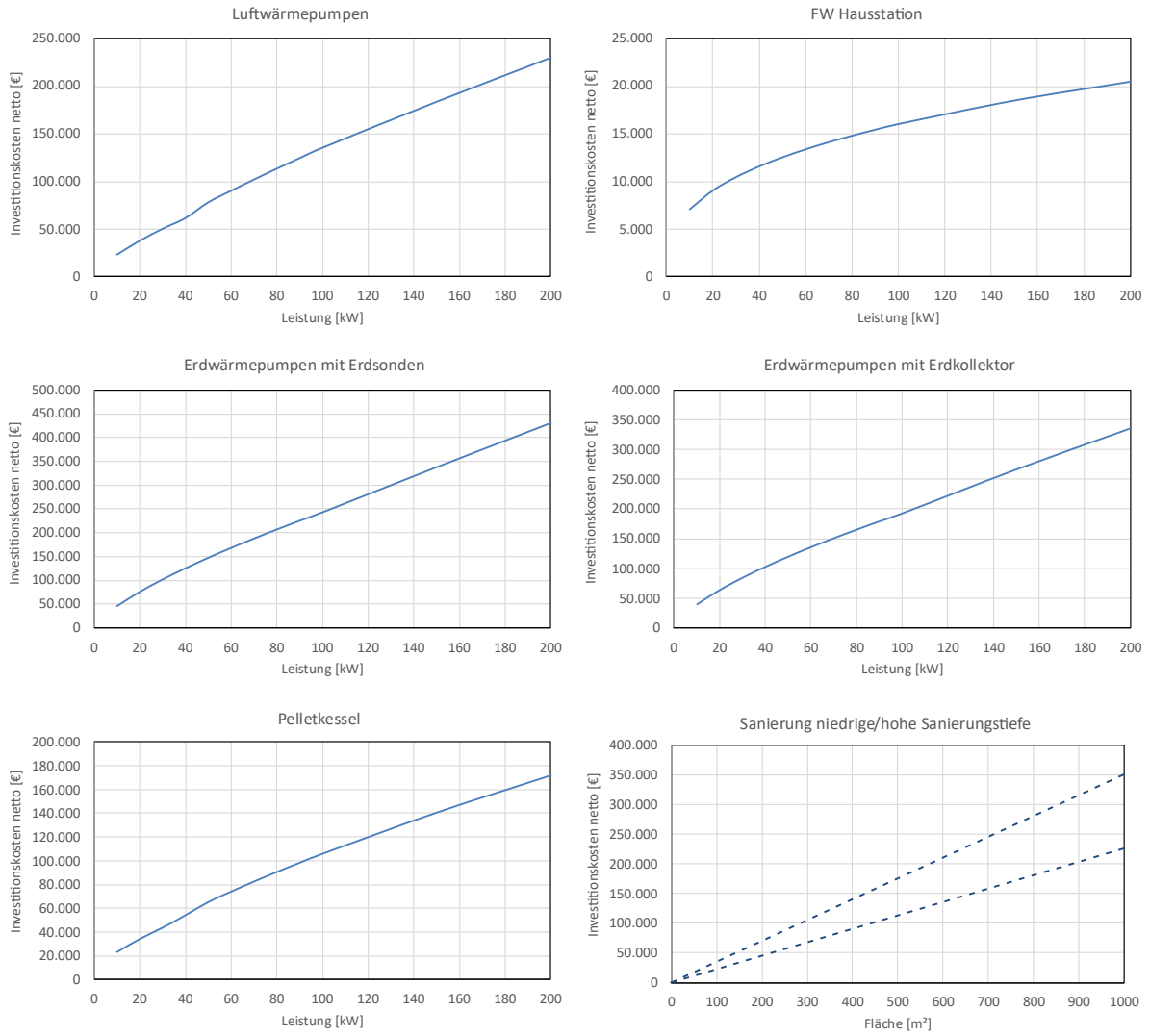



*Abbildung 71: Übersicht der angenommenen spezifischen Investitionskosten (netto, vor Förderzuschüssen)*

Neben den in der obigen Abbildung gezeigten spezifische Kostenkennzahlen wurde für den Wärmenetzausbau ein Kostenkennwert von 2.200 € pro Trassenmeter im Stadtbereich angesetzt. Der spezifische Invest für Hausanschlussleitungen liegt je nach Anschlussleistung typischerweise zwischen 1.200 €/m und 1.800 €/m. Angesetzt wurden 1.500 €/m, wobei die jeweiligen lokalen Verlegekosten auch abweichen können. Die Baukosten neuer Wärmeerzeuger für Wärmenetze wurden anhand von Eckdaten aus dem Transformationsplan abgebildet. Dieser Posten beinhaltet für das Wärmenetz eine Großwärmepumpe sowie zusätzlich Spitzenlasterzeugung. Für kleinere Netze sind ein Ersatz der bisherigen Erzeuger durch Erd- oder Luftwärmepumpensysteme einkalkuliert. Wärmespeicher, Pumpen, Anbindung an die Wärmenetze, MSR-Technik, erforderliche Baukonstruktionen und Planungskosten wurden überschlägig berücksichtigt.

Die Kosten für die energetische Sanierung der Gebäudehülle wurden literaturbasiert in Abhängigkeit der Sanierungstiefe mit 100 € bis 600 € pro Quadratmeter Energiebezugsfläche angesetzt [25]. Ergänzt wurden noch 43 Mio. € für PV-Dachanlagen, die zwar nicht direkt der Wärmeversorgung dienen, aber in Verbindung mit Wärmepumpen eine sinnvolle Ergänzung sind.

Damit ergibt sich ein rechnerisches Investitionsvolumen von rd. 2,1 Mrd. EUR bis 2045. Dieses umfasst die wesentlichen zusätzlichen Bausteine der Wärmewende, nämlich die energetischen Mehrkosten der Gebäudesanierung, die Umstellung von Gas- und Ölheizungen auf Wärmepumpen sowie den Aus- und Umbau der Wärmenetze, aber keine Ersatzinvestitionen im laufenden Betrieb. Es ist zu beachten, dass ausschließlich der Invest dargestellt wird. Zukünftige Energiekosten für den Betrieb der Anlagen, $CO_2$-Kosten sowie Energiekosteneinsparungen durch Sanierung wurden nicht einberechnet.

Nicht enthalten sind die heute noch schwer abschätzbaren (positiven wie negativen) Kosten im Strom- und Gasnetzbereich sowie mögliche Wasserstoffnetzaktivitäten.

Eine gesamthafte Aussage zu den wirtschaftlichen Auswirkungen der Wärmewende ist vor dem Hintergrund der zahlreichen Einflussfaktoren und auch der z.Z. sehr volatilen Energiepreise nicht möglich. Eine überschlägige Aufteilung auf den Zeitrahmen bis 2045, die 177.000 Einwohner*innen (Stand Ende 2021) in Ludwigshafen führt bei Berücksichtigung von (im Mittel) 30 % Investitionszuschüssen auf einen Investitionsanteil von rd. 32 EUR pro Einwohner*in und Monat. Diese Kenngröße dient aber nur der Einordnung großer Summen und ist nicht als Kostenbelastung jedes einzelnen zu verstehen, da es auch Einsparungen in den Betriebskosten gibt, z. B. bei sanierten Gebäuden. Zu beachten ist auch, dass natürlich nicht alle Investitionen direkt oder indirekt durch die Einwohnerschaft Ludwigshafens getätigt oder getragen werden müssen, da sie sich nicht nur auf Wohngebäude, sondern auch auf den in Ludwigshafen ebenfalls signifikant vorhandenen gewerblichen und öffentlichen Sektor beziehen, der rund 25% der beheizten Flächen ausmacht.

Den Aufwendungen gegenüber stehen Einsparungen im konventionellen Heizungsbau von rd. 212 Mio. € durch Wegfall der Ersatzinvestitionen in Gas- und Heizölkessel. Zudem fällt ein Großteil der Maßnahmenfelder unter die Fördermechanismen der Bundesförderprogramme BEW und BEG und kann mit 30 - 70 % Investitionszuschuss gefördert werden.

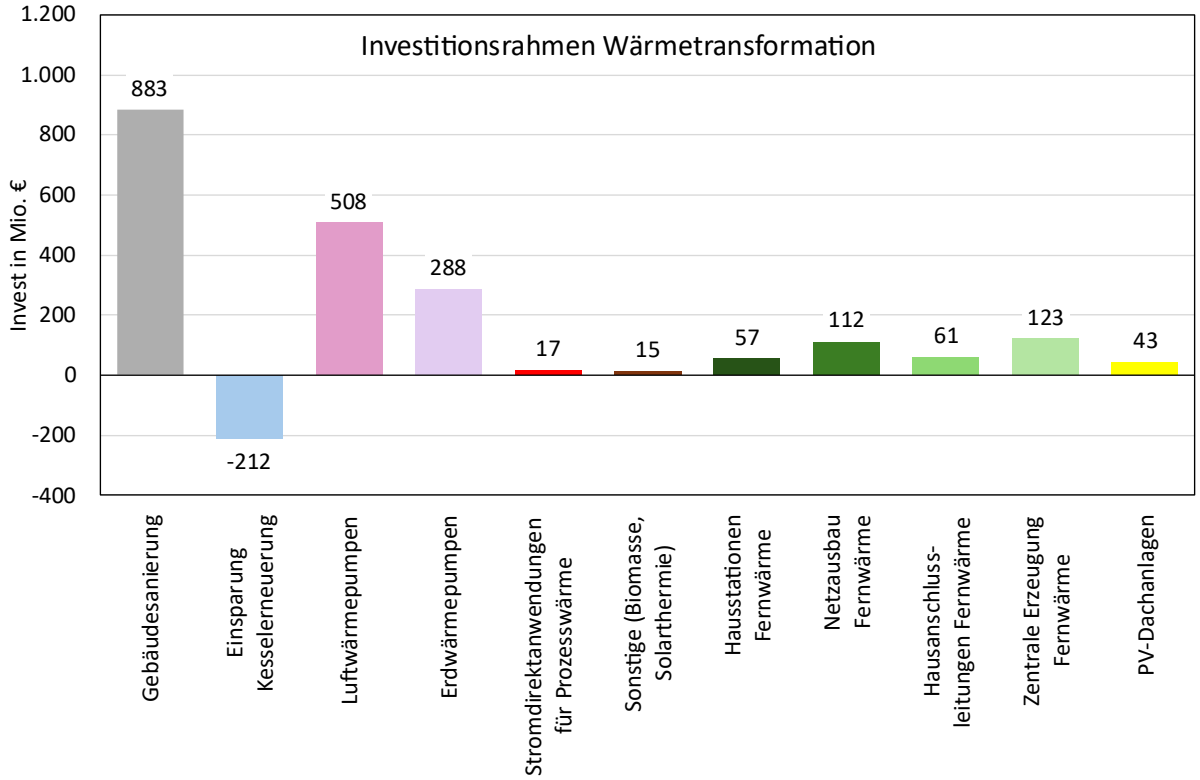



*Abbildung 72: Abschätzung des Investitionskostenrahmens der Wärmewende in Ludwigshafen*

Die Aufteilung in der Abbildung 72 zeigt aber auch, dass das Investitionsvolumen für die Sanierung der Gebäude mit 47 % Anteil der größte Posten ist. Zweitgrößter Posten ist die dezentrale Heizungsumstellung auf Wärmepumpen, Biomasse, Solarthermie und Stromdirektheizungen inkl. vermiedenem Reinvest in dezentrale Anlagen mit 616 Mio. € bzw. 32 %.

Der Anteil des Fernwärmeaus- und -umbaus erfordert rd. 353 Mio. € bzw. 19 %. Der PV-Ausbau auf Dachflächen schlägt mit rd. 43 Mio. € deutlich weniger zu Buche und dient neben der Teilversorgung von Wärmepumpen auch weiteren Stromanwendungen sowie der Elektromobilität. Neben dem hier skizzierten Wärmenetz- und Erzeugungsausbau der TWL sind für die Energiewende weitere Infrastrukturmaßnahmen nötig, wie z.B. der Ausbau des Stromnetzes für Wärmeanwendungen, PV Einspeisung und Elektromobilität, die Vorbereitung auf punktuelle Wasserstoffanbindung sowie Ersatz und Erweiterungsinvestitionen in allen Sparten.

### *6.4.2 Endkundenpreise*

Einen wesentlichen Einfluss auf die Umsetzung und den Erfolg der Wärmewende haben die Endkundenpreise, die sich für verschiedene klimafreundliche Heizungsoptionen ergeben und die aller Voraussicht nach für alle fossilen wie nicht-fossilen Optionen eine eher steigende Tendenz haben werden. Eine eindeutige Prognose ist dabei aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren und der unterschiedlichen Betroffenheit der verschiedenen Akteur*innen allerdings kaum möglich:

- Die Energiepreise für Brennstoffe zum Heizen und zur Stromerzeugung hängen heute wie in Zukunft von Weltmarktpreisen, internationalen Transportwegen und Wettbewerbsintensitäten ab. Dies gilt für Erdgas und Heizöl genauso wie für zukünftige Wasserstoffimporte als auch Pellets und Scheitholz.
- Die regulierten Netzentgelte für Erdgas und Strom können sich je nach Entwicklung der Absatzmengen und Netzinvestitionen bzw. im Fall der Erdgasnetze auch (teilweise) Stilllegungen deutlich anders entwickeln als die allgemeine Preissteigerungsrate. Zusätzlich kann es weitere Anpassungen am regulatorischen Rahmen geben, die sich wiederum auf die Netzentgelte auswirken. Z.Z. wird vor allem im politischen Raum eine Absenkung der Stromnetzentgelte diskutiert, die allerdings zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht quantifizierbar ist.
- Der Strompreis wiederum hängt sowohl von Brennstoffpreisen und Netzentgelten als auch den $CO_2$ Kosten ab, wobei dieser Anteil durch die zunehmend erneuerbare Erzeugung weniger relevant wird.
- Der $CO_2$ Preis wiederum ist ein eher politisch beeinflusster Preis, der sich durch gezielte Verknappung von Zertifikaten im Europäischen Emissionshandel ergibt, hier hat es in den vergangenen 10 Jahren große Schwankungen gegeben. Zudem wird der nationale Emissionszuschlag ab 2027 mit dem schon länger bestehenden europäischen Emissionshandel synchronisiert.
- Neben diesen eher markt- oder regulierungsseitig geprägten Komponenten enthalten alle Endkundenpreise mehr oder weniger hohe Anteile von Steuern, Umlagen und Abgaben, die sich ebenfalls verändern können. Auch hier wird aktuell eine Stromsteuersenkung diskutiert, die allerdings noch nicht konkret greifbar ist.
- Die neben den Energiepreisen vor allem bei kleineren Anlagen hohen Anteile der Installationskosten werden durch Förderprogramme (für bestimmte Technologiekombinationen

bis 70%) gemindert, die ebenfalls mit Unsicherheiten versehen und für die Zukunft nicht garantiert sind.

- Der Ausbau der Fernwärme erfordert Investitionen in Netze und Erzeugungsanlagen und auch hier sind Zuschüsse durch Förderprogramme notwendig, um die Kosten in einem akzeptablen Rahmen zu halten.
- Darüber hinaus werden die spezifischen Heizkosten auch durch den energetischen Gebäudestandard, den Klimawandel und Sanierungsaktivitäten bestimmt.

Im Bereich der Fernwärme, die technologisch aufgrund des Verbunds von Erzeugung, Netzen und Gebäudestationen als natürliches Monopol betrachtet werden kann, ist ein transparentes und kostengerechtes Preissystem eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz des Fernwärmeausbaus.

In Deutschland werden die Fernwärmepreise durch die jeweiligen Unternehmen festgelegt, hier durch die TWL AG. Grundlage dafür sind die Vorgaben aus der AVBFernwärmeV, die den allgemeinen Rahmen für Preissysteme und deren Orientierung mit Markt- und Kostenelement setzt. Eine explizite Preisregulierung gibt es nicht, allerdings werden die Fernwärmepreise immer wieder durch die Landeskartellämter auf Angemessenheit geprüft. Ein Problem ist, dass gerade durch die Vorgaben der AVBFernwärmeV Preisanpassungen für Kund*innen manchmal nicht oder nur schwer verständlich nachvollziehbar sind, obwohl die Preisgleitklauseln den Grundsätzen der Verordnung entsprechen (vgl. auch [19]).

Neben der Preistransparenz an sich ist es auch wichtig, dass die Preise wettbewerbsfähig sind, die Versorgungssicherheit gewährleistet ist und sie mit der Nutzung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, wie hier bereits skizziert.

Die aktuellen Wärmepreise (Mischpreis aus Arbeits- und Grundpreis) der Fernwärme in Ludwigshafen liegen aktuell (Stand 2. Quartal 2025) trotz des bereits hohen Anteils klimafreundlicher Wärme im unteren Mittelfeld vergleichbarer Fernwärmeversorger im Südwesten[6] und auch im Bereich der Vollkosten alternativer Heizungsarten. Wichtig ist, dass auch bei dem weiteren Ausbau und Umbau der Erzeugung die zukünftigen Fernwärmepreise bezahlbar bleiben.

Für die künftige Entwicklung der Fernwärmepreise ist wichtig festzuhalten, dass sich das Verhältnis zwischen Grundpreis und Arbeitspreis verschieben wird. Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien sind im Vergleich zu fossilen Anlagen eher investitionsintensiv (abgebildet im Grundpreis) wohingegen die Betriebskosten (abgebildet im Arbeitspreis) eher einen geringeren Anteil an den Gesamtkosten haben. Dies wurde bei der Umstellung der aktuellen Fernwärmepreisformel in Ludwigshafen bereits berücksichtigt, sodass evtl. Preissteigerungen in der Zukunft fairer, moderater und transparenter dargestellt werden können.

Dabei hilft auch eine möglichst schnelle Verdichtung im Bestandsnetz sowie ein möglichst zügiger Anschluss neuer Gebäude bei Erschließungen in neuen Straßen nach dem Motto „Je mehr mitmachen, desto weniger kostet es für Alle“. Die mögliche Verlängerung der Fernwärme in die ausgewiesenen Prüfgebiete ist auch vor dem Hintergrund der Wärmepreise zu bewerten.

[6] Ein quartalsweise aktualisierter Vergleich ist von Fernwärmepreisen in dem Preisportal www.waermepreise.info verfügbar

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Planungshorizont dieser Wärmeplanung die spezifischen Wärmebedarfe durch Sanierung und wärmere Winter sinken werden, die spezifischen Wärmekosten pro Wärmeeinheit aber für alle Versorgungsarten tendenziell ansteigen werden, so dass in Summe der Effekte durchaus leicht steigende Wärmekosten pro qm Wohnfläche zu erwarten sind (mindestens in Höhe der allgemeinen Preissteigerungsraten). Die heute vergleichsweise günstigen Gasheizungen sind dabei besonders durch die Einflussfaktoren „steigende $CO_2$ Abgaben“, „verpflichtende Biogasanteile ab 2029“ und „steigende Gasnetzentgelte“ betroffen.

# 7 Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Das Wärmeplanungsgesetz und der darauf basierende Leitfaden sehen vor, dass aufbauend auf der Bestands- und Potenzialanalyse und dem entwickelten Zielszenario Handlungsstrategien und Maßnahmen zu entwickeln sind.

Das für die Maßnahmenentwicklung notwendige Zielbild einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Ludwigshafen wurde im vorhergehenden Kapitel dargestellt. Es basiert auf einer Reduzierung des Wärmebedarfes, einem signifikanten Fernwärmeausbau mit gleichzeitiger Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung und als drittem Handlungsfeld auf der Dekarbonisierung der dezentralen Heizungsanlagen.

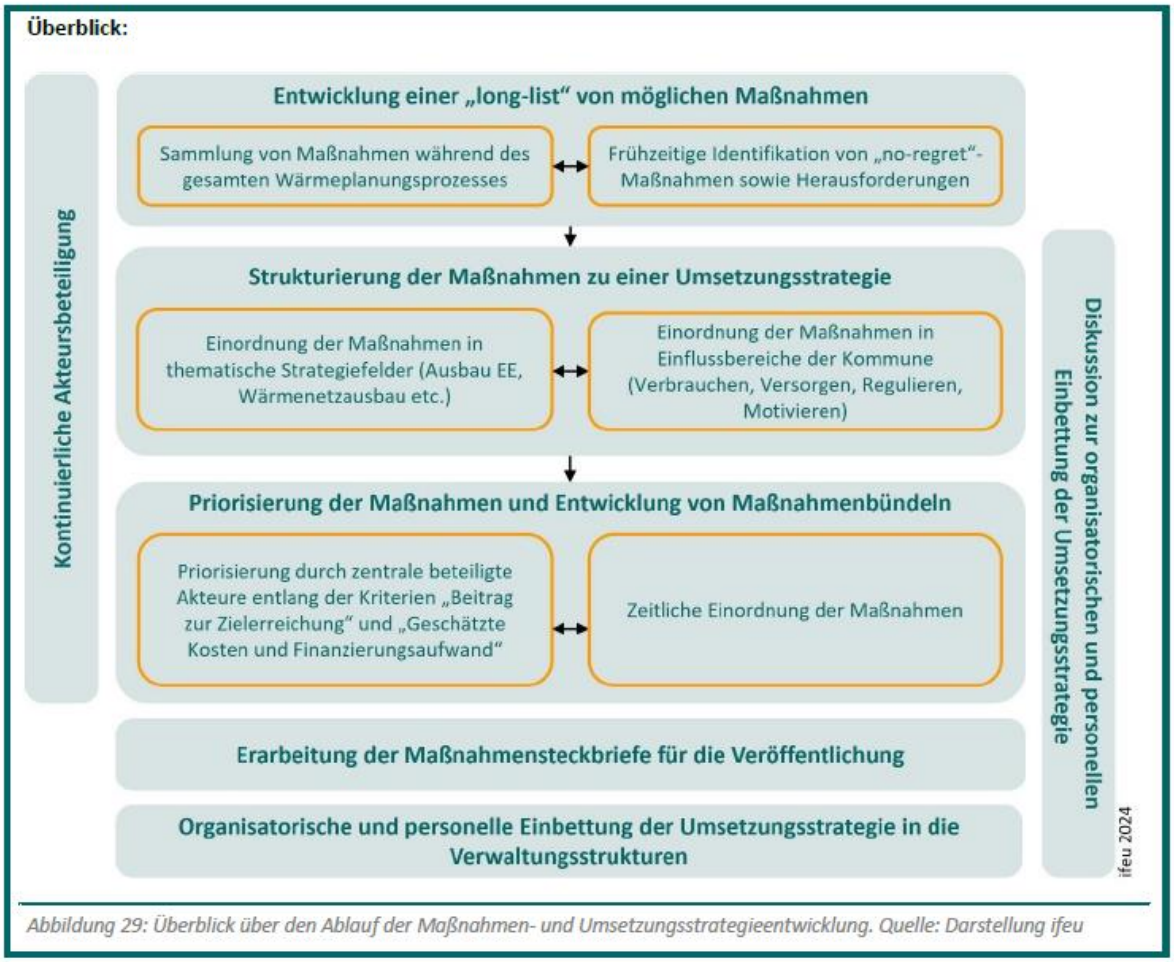



*Abbildung 73: Überblick über den Ablauf der Maßnahmen- und Umsetzungsstrategieentwicklung, aus Leitfaden Wärmeplanung (S. 99), Quelle ifeu*

## 7.1 Handlungsfelder

Die Transformation der Wärmeversorgung erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken vieler verschiedener Akteure. Dabei spielt Sensibilisierung ebenso eine wichtige Rolle wie die Motivation von Gebäudeeigentümer zur Sanierung und die Akzeptanz zum Umbau von Gebäuden und Umstellung auf (noch) neue Technologien wie Wärmepumpen. Aber auch die Rolle der Verwaltung sowie der Stadtwerke bei der Planung von Infrastrukturmaßnahmen im öffentlichen Raum und die mit der Umsetzung verbundenen Bautätigkeiten müssen ins Bewusstsein gerückt werden.

Vor diesem Hintergrund lassen sich die für eine erfolgreiche Wärmewende notwendigen Maßnahmen in folgende Handlungsfelder einteilen:

- **Strukturelle Maßnahmen**: Schaffung von organisatorischen Rahmenbedingungen und Einführung von begleitenden Maßnahmen. Hierzu gehören städtische Planungsinstrumente wie Bauleitplanung und städtebauliche Verträge aber auch Infrastrukturausbau durch Netzbetreiber.
- **Technische Maßnahmen**: Realisierung von bereits geplanten Bausteinen z.B. Effizienzmaßnahmen im eigenen Liegenschaftsbestand, kommunale Leuchtturmprojekte mit Multiplikatorwirkung (z.B. im Bereich Sanierung Schulen/Kitas). Auf Seiten der TWL gehören in diesen Bereich die konkreten Umsetzungsbausteine zum Ausbau der Fernwärme und der Ablösung der Wärmeversorgung aus Erdgas in Nahwärmenetzen durch beispielsweise Umweltwärme.
- **Motivation und Information**: Maßnahmen, durch die Informationen bereitgestellt werden, ein Austausch von Akteuren stattfindet oder Gebäudeeigentümer motiviert werden. Neben diesen eher „weichen“ Themen gehören aber auch der Ausbau der Informationsportale zum Fernwärmeausbau oder Contractingangebote dazu.

Die Maßnahmen werden weiterhin noch auf den verschiedenen geografischen Dimensionen gesamtstädtisch, fernwärmebezogen, quartiersbezogen sowie rein dezentral zugeordnet.

## 7.2 Wärmewendestrategie und Maßnahmenkatalog

Auf Basis der dargestellten drei Ebenen und Handlungsbereiche wurde die auf den folgenden Seiten dargestellte Maßnahmenliste als „long-list“ erstellt und iterativ abgestimmt. Die farblich grau hinterlegten Maßnahmen werden als prioritäre Maßnahmen vorgeschlagen. Unter dem Akteur „Stadt“ sind alle Bereiche einschließlich WBL subsumiert. Analog sind mit Gebäuden der Stadt auch immer die Liegenschaften des WBL gemeint.

*Tabelle 20: Strukturelle Maßnahmen*

| STRUKTURELLE MASSNAHMEN | | | | Handlungsebene | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nr.** | **Hauptak-teur** | **Maßnahme** | **Handlungs-feld** | Gesamtstädtisch | Fernwärmegebiet | Quartiere | Gebäude |
| 1 | Stadt, TWL | **Verstetigung: Koordinationsstelle Wärmewende**<br>Einrichtung einer übergreifenden Einheit zur Koordination innerhalb der Stabsstelle Klimaschutz; Verankerung der Aufgaben aus den Bereichen Strategische Steuerung, Organisation, Umsetzung bzw. Projektmanagement, Monitoring und Controlling; Fortschreibung des Wärmeplans; jährliche Berichterstattung | Strategische Steuerung, Organisieren, Monitoring und Controlling | x | | | |
| 2 | Stadt | **Nutzung der formellen und informellen Planungsinstrumente zur Umsetzung der Wärmeplanung**<br>Ausschöpfen der für eine verbindlichen Umsetzung der Wärmeplanung zur Verfügung stehende Instrumentarien. Dazu gehören Verträge, Satzungen, städtebauliche Verträge sowie Wettbewerbe und die Konzeptvergabe | Strategische Steuerung, Umsetzen | x | | | |
| 3 | Stadt, TWL | **Interdisziplinäre Infrastrukturplanung**<br>Schaffen einer Interdisziplinären Infrastrukturplanungsstelle zur und Nutzung von Synergien bei notwendigen Baumaßnahmen und zur Verstetigung der Fernwärmeausbauplanung in Abstimmungsprozessen.<br>Dazu gehört u.a. auch der Abgleich und Abstimmung von KWP-Zielen und -Maßnahmen mit sonstigen Planungen und Maßnahmen aus anderen Bereichen, insbesondere jenen, die sich aus den neuen Planungen Klimaanpassung und dem Starkregen- und Hochwasserkonzept ergeben. Hier gilt es den Planungs- und Baubedarf abzustimmen und gleichzeitig Gestaltungsmöglichkeiten zu nutzen, z.B. Schaffen neuer Baumquartiere im Untergrund um der Forderung nach Temperatursenkung, Entsiegelung und Versickerung nachzukommen. | Organisieren, Monitoring und Controlling | x | x | | |

| STRUKTURELLE MASSNAHMEN | | | | Handlungsebene | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nr.** | **Hauptak-teur** | **Maßnahme** | **Handlungs-feld** | Gesamtstädtisch | Fernwärmegebiet | Quartiere | Gebäude |
| | | Ziel ist außerdem die gemeinsame Erarbeitung von Lösungen zu Zielkonflikten, um zeitliche und finanzielle Restriktionen berücksichtigen zu können.<br>○ Zielnetzplanungen Strom und Erdgas<br>○ Hoch- & Tiefbau (insb. Straßenbau, Kanalbau)<br>○ Bauleit- und Regionalplanung<br>○ Weitere o.g. Konzepte | | | | | |
| 4 | Stadt | **Integrierte Stadtentwicklung intensivieren - Wärmeplanung als integralen Planungsbaustein im Neubau und Bestand beachten**<br>Die Wärmeversorgung sollte in die planerischen Prozesse integriert werden. Dazu gehört die Beachtung von Erfordernissen für Nahwärmenetze in Planverfahren, bei Kanalsanierungen o.ä. in Abstimmung mit anderen Prozessen zu planen und durchzuführen, ebenso die nötige Flächensicherung für bspw. Wärmepumpen, Wärmespeicher oder Solarfelder. | Organisieren | x | x | x | |
| 5 | Stadt, TWL | **Prüfung von freiwerdenden Flächen auf energetische Nutzbarkeit**<br>z.B. bei Umnutzung von Brachflächen, Umbau Sportstätten, ... | Strategische Steuerung, Umsetzen | x | | | |
| 6 | Stadt | **Flächenmanagement**<br>Flächen für den Ausbau von erneuerbaren Energien verfügbar machen | Strategische Steuerung, Organisieren | x | | | |
| 7 | Stadt | **Selbstverpflichtung Klimaneutralität**<br>z.B. bei Umbau, Sanierung eigener Liegenschaften fossilfreie Lösungen umsetzen | Umsetzen | | | | x |

*Tabelle 21: Technische Maßnahmen*

| TECHNISCHE MASSNAHMEN | | | | Handlungsebene | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nr.** | **Hauptak-teur** | **Maßnahmenbeschreibung** | **Handlungs-feld** | Gesamtstädtisch | Fernwärmegebiet | Quartiere | Gebäude |
| 8 | Stadt | **Prüfung des Anschlusses der der städtischen Gebäude an die Fernwärme oder auf Erneuerbare**<br>Setzen von strategischen Anknüpfungspunkten für die Entwicklung des FW-Netzes, sowohl im Bestand als auch bei der Erweiterung des FW-Netzes, Vorbildrolle der Stadt stärken für eine erfolgreiche Wärmewende<br>Sukzessive Umstellung auf treibhausgasneutrale Wärmeversorgung in allen städtischen Gebäuden. Planung der geeigneten Versorgungslösung der anderen städtischen und stadtnahen Gebäude bis 2030 und vollständige Umstellung dieser auf erneuerbare Wärme oder Fernwärme bis 2035. | Umsetzen | | x | | |
| 9 | Stadt | **Erarbeitung einer PV-Strategie** und Realisierung von PV-Anlagen auf Gebäuden der Stadt und des WBL | Umsetzen | | | | x |
| 10 | Stadt | **Vervollständigung der Digitalisierung der Anlagentechnik in städtischen Liegenschaften**<br>z.B. Wärmeverbrauchszähler, digitale Thermostate, intelligente Steuerung; Ausweitung des regelmäßigen Monitorings | Monitoring und Controlling, Umsetzen | | | | x |
| 11 | TWL | **Umsetzung des Verbundprojektes Wärmewende Vorderpfalz mit Ausbau der Abwärmenutzung für die zukünftige Fernwärmeerzeugung**<br>Beginn der nächsten Umsetzungsphasen im Verbund mit BASF und Frankenthal. Konkretisierung des Netzausbaus in den Wärmeversorgungsgebieten | Organisieren, Umsetzen | | x | | |
| 12 | Stadt und TWL | **Verbundlösungen Geothermie**<br>Prüfen der umfangreichen Nutzung der Geothermie im Norden Ludwigshafen im Verbund mit BASF, TWL und Vulcan Energy | Organisieren, Umsetzen | x | x | x | |

| TECHNISCHE MASSNAHMEN | | | | Handlungsebene | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nr.** | **Hauptak-teur** | **Maßnahmenbeschreibung** | **Handlungs-feld** | Gesamtstädtisch | Fernwärmegebiet | Quartiere | Gebäude |
| 13 | TWL | **Abwärmenutzung BASF-Mitte**<br>Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit einer weiteren Auskopplung und Aufbereitung der Abwärmepotenziale der BASF, um diese zur Fernwärmeversorgung nutzen zu können. | Organisieren, Umsetzen | | x | | |
| 14 | TWL | **Stromnetzanalyse**<br>Nutzung der Ergebnisse aus der Wärmeplanung zur Überprüfung der Aufnahmefähigkeit sowie zur Ermittlung des notwenigen Stromnetzausbaus; Abschätzung zukünftiger Netzentgelten zur Verbesserung der Datengrundlage für eine wirtschaftliche Vergleiche zukünftiger Versorgungsvarianten mit Strom | Umsetzen | x | | | |
| 15 | TWL, Stadt, Weitere Akteure (GAG, MVV Enamic) | **Positionierung von TWL als potenzieller Wärmenetzbetreiber auch über die Wärmenetzgebiete hinaus**<br>**Fokusgebiet Gartenstadt sowie ggf. weiterer Gebiete**: Durchführung einer BEW-Machbarkeitsstudie zur Versorgung des Gebietes über ein Nahwärmenetz<br>**Prüfgebiete:** Prüfung des Netzanschlusses der bisher noch zurückgestellten Quartiere | Organisieren, Umsetzen | | | x | |
| 16 | TWL | **Überbrückungslösungen zum zeitweisen Ersatz von Heizungen bis zum Umschluss an eine neue Wärmeversorgung**<br>Entwicklung eines Ansatzes für eine "Wärmeversicherung: Überbrückungslösung z.B. bei Havarie der dezentralen Heizung | Organisieren, Umsetzen | x | | | x |
| 17 | TWL | **Ausbau der Contracting-Angebote für dezentrale, klimafreundliche Lösungen** | Organisieren, Umsetzen | x | | | x |
| 18 | Stadt, TWL | **Klimaneutrale Versorgung von Neubaugebieten** z.B. durch kalte Nahwärme oder dezentrale Wärmepumpenlösungen | Umsetzen | x | | x | x |

*Tabelle 22: Motivation und Information*

| KOMMUNIKATIONS- & INFORMATIONSMASSNAHMEN | | | | Handlungsebene | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Hauptak-teur | Maßnahmenbeschreibung | Handlungsfeld | Gesamtstädtisch | Fernwärmege- | Quartiere | Gebäude |
| 19 | Stadt | **Weiterentwicklung von Umsetzungsstrategien für Teilräume / Aktivieren von potenziellen Nahwärmegebieten**<br>Unterstützung der Akteure im Entwicklungsprozess, als Moderator und Impulsgeber sowie auch als Ankerkunde, ggf. Initiierung von Machbarkeitsstudien nach BEW, Begleitung der Akteure bei der Entscheidungsfindung und bis zur BEW-Förderung | Kommunikation | | x | x | |
| 20 | Stadt | **Informationsoffensive und Beratungsangebote zu dezentralen Versorgungslösungen mit Schwerpunkt auf Wärmepumpenlösungen** | Kommunikation | | | | x |
| 21 | Stadt | **Sanierungskampagne für Bürger*innen in ausgesuchten Stadtteilen**<br>Kampagne mit Agentur, Kostenlose Sanierungsberatungen für Ein- und Zweifamilienhäuser mit dem Ziel, die Sanierungsrate zu steigern. Dadurch Absenkung des Wärmebedarfes durch Wärmedämmung sowie sparsame Nutzung der Heizwärme. Damit werden nachhaltig und krisensicher der Wärmverbrauch gesenkt, die Heizkosten der Bewohner*innen stabilisiert und zugleich die Wohnqualität verbessert. | Kommunikation | x | | | |
| 22 | Stadt | **Informationsreihen für Bürger zum Thema Heizen mit Strom inkl. PV** | Kommunikation | | | | x |
| 23 | Stadt | **Informationsangebote, Vorstellung KWP bei Schornsteinfegerinnung und HWK** sowie anderen interessierten Multiplikatoren<br>Ziel: Diese wichtigen Multiplikatoren müssen die Ziele der Stadt hinsichtlich Wärmewende kennen und ihre Kunden*innen also hier die Bürger*innen Ludwigshafens richtig beraten zu können. Schaffung von Akzeptanz | Kommunikation | x | | | |
| 24 | Stadt, TWL | **Informations- und Beratungsangebote für Gasetagenheizungen**<br>z.B. bei Austausch von Gasetagenheizungen durch Fernwärme mit Umbaumaßnahmen im | Kommunikation | | | | x |

| KOMMUNIKATIONS- & INFORMATIONSMASSNAHMEN | | | | Handlungsebene | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Hauptak-teur | Maßnahmenbeschreibung | Handlungsfeld | Gesamtstädtisch | Fernwärmege- | Quartiere | Gebäude |
| | | Gebäude, Gemeinschaftslösungen, Denkmalschutz, Nachtspeicherheizungen. Idealerweise in Verbindung mit gezielter Förderung der Umstellung bei Hemmnissen | | | | | |
| 25 | Stadt, TWL | **Adressierung von Fachkräftemangel in der Öffentlichkeitsarbeit bspw. durch eine Ausbildungskampagne** | Kommunikation | x | | | |
| 26 | Stadt | **Bewerbung der verhaltensbasierten Wärmeverbrauchssenkung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit** | Kommunikation | | | | x |
| 27 | TWL | **Erweiterung des Fernwärmeauskunftsportals**<br>Kartografische Darstellung der kurz wie auch mittelfristigen Ausbauplanung, Erläuterung und Ankündigung von Baumaßnahmen. Gezielte Adressierung zum Umgang mit Sonderfällen wie Nachtspeicherheizungen oder Gasetagenheizungen | Information | | x | | |

## 7.3 Prioritäre Maßnahmen

Es wurden sechs prioritäre Maßnahmen herausgearbeitet, welche im Folgenden anhand von Steckbriefartig detailliert vorgestellt werden.

**MASSNAHME Nr. 1 -**
Verstetigung: Koordinationsstelle Wärmewende innerhalb der Stabsstelle Klimaschutz

| Einführung | Akteure | Handlungsfeld | Handlungsebene |
|---|---|---|---|
| 2025 | Hauptakteur: Stadt<br>Weitere Akteure:<br>TWL, Wohnungswirtschaft | Strategische Steuerung, Organisieren, Monitoring und Controlling | gesamtstädtisch |

**Beschreibung**

Mit dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) und dem AGWPG des Landes RLP ist die Wärmeplanung zur Pflichtaufgabe geworden. Die Weiterführung der kommunalen Wärmeplanung wird somit auch zukünftig eine Aufgabe der Stadtverwaltung sein. Um die damit verbundenen Tätigkeiten – wie die Umsetzung von Maßnahmen, das Controlling der Umsetzung, den weiteren Austausch mit Akteuren, die Öffentlichkeitsarbeit sowie die – lt. WPG spätestens alle fünf Jahre notwendige - Aktualisierung des Wärmeplans effektiv auszuführen, bedarf es einer festetablierten Anlaufstelle, die Wissen und Verstetigung der KWP vereint. Die Stabsstelle Klimaschutz, welche diese Rolle kurzzeitig zusätzlich zu ihren vorhandenen Klimaschutzaufgaben übernommen hat, muss hierfür personell verstärkt werden.

**Ziel der Maßnahme** ist die Schaffung und personelle Ausstattung einer Koordinationsstelle Wärmeplanung bei der Stabsstelle Klimaschutz.

Die **Aufgaben** der Koordinationsstelle Wärmeplanung sind u.a.:

- Projektsteuerung und Koordinierung der Umsetzung und Fortschreibung des Wärmeplans als zentrale Anlaufstelle in der Verwaltung,
- Integration der KWP-bezogenen Indikatorberechnung und Fortschrittsberichterstellung in städtische Prozesse,
- Controlling der Fortschritte sowie Erarbeitung oder Beauftragung von Ergänzungen und Fortschreibungen bzw. Neuaufstellungen der Kommunalen Wärmeplanung,
- Koordinierung und Leitung von Umsetzungsmaßnahmen-bezogenen Abstimmungsrunden,
- Öffentlichkeitsarbeit und Berichtserstattung zum Fortschritt der Wärmetransformation,
- Fördermittelmanagement, Wissensmanagement und Wissenstransfer zur KWP

| Dauer | Kosten | THG-Einsparungen | Synergien |
|---|---|---|---|
| ff. bis 2045 | Personalkosten | nicht quantifizierbar | Controlling der Maßnahmen 2-23, Wechselwirkungen mit |

## MASSNAHME Nr. 11
Fernwärmeausbau und Verbundprojekt Wärmewende Vorderpfalz

| Einführung | Akteure | Handlungsfeld | Handlungsebene |
|---|---|---|---|
| Weiterführung aktueller Untersuchungen | Hauptakteur: TWL, zusätzlich BASF und Stadtwerke Frankenthal | Organisieren, Umsetzen | Fernwärme-Eignungsgebiete |

### Beschreibung

TWL kooperiert für die Fernwärme im Gebiet Pfingstweide schon lange mit dem benachbarten Unternehmen BASF. Es gibt aktuell mehrere Ansatzpunkte, um weitere BASF-Abwärmequellen zu erschließen. Besonders erfolgversprechend erscheinen Großwärmepumpen auf dem Gelände der BASF-Kläranlage als nicht-fossile Quelle für den zuwachsenden Wärmebedarf in Ludwigshafen und auch das benachbarte Frankenthal.

**Ziel der Maßnahme** ist die Fortführung der Planungen der Abwärmeeinbindung sowie des Ausbaus des Fernwärmenetzes in Verbindung mit dem Netzverbund Innenstadt – Netz Pfingstweide - Frankenthal

Zu den folgenden **Umsetzungsschritten** gehören unter anderen:

- Umsetzungsbeschlüsse,
- Fortführung der Anlagen- und Netzplanung,
- Sicherstellung der Fördermittel,
- Sukzessive Umsetzung mit Bau der Anlagen und Verbundnetze,
- Betrieb und weiterer Ausbau.

| Dauer | Kosten | THG-Einsparungen | Synergien |
|---|---|---|---|
| BEW-Förderung Modul 1: bis zu 1 (+1) Jahr(e)<br>BEW-Förderung Modul 2: bis zu 4 (+2) Jahr(e) | Noch nicht quantifizierbar | Rd. 68.000 t tCO2e/a, bezogen auf den gesamten Fernwärmeausbau | Maßnahme 3, 8, und 12 und 13 |

## MASSNAHME Nr. 13
Prüfung Weitere Abwärmenutzung BASF-Mitte

| Einführung | Akteure | Handlungsfeld | Handlungsebene |
|---|---|---|---|
| 2025/2026 | Hauptakteur: TWL<br>Weitere Akteure: BASF | Organisieren, Umsetzen | Fernwärme-Eignungsgebiete |

**Beschreibung**

TWL kooperiert schon lange mit dem benachbarten Unternehmen BASF. Es gibt aktuell mehrere Ansatzpunkte, um weitere BASF-Abwärmequellen zu erschließen. Auf Grundlage der erfolgsversprechenden Vorbetrachtungen soll die technische sowie wirtschaftliche Machbarkeit einer Nutzbarmachung von Abwärmepotenzialen der BASF als Fernwärme geprüft werden. Dafür könnten Großwärmepumpen auf dem Gelände des Umspannwerkes in Oppau als nicht-fossile Wärmequelle errichtet werden, um einen Anteil an der Deckung des wachsenden Wärmebedarf in Ludwigshafen zu leisten. Die erneuerbare Wärme würde über eine Direktleitung in das Fernwärmenetz Innenstadt eingespeist werden.
Ziel der Maßnahme ist die Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Auskopplung und Aufbereitung der Abwärmepotenziale der BASF, um diese zur Fernwärmeversorgung nutzen zu können.

Zu den folgenden Umsetzungsschritten gehören unter anderen:

- Interessenabfrage bei den Anliegern – sofern noch nicht erfolgt
- Beauftragung der Machbarkeitsstudie durch die TWL und ggf. vorab Sicherstellung von Fördermitteln nach BEW
- Erstellung der Machbarkeitsstudie mit:
  - Abwärmepotenziale auswerten,
  - Technoökonomische Machbarkeit prüfen

| Dauer | Kosten | THG-Einsparungen | Synergien |
|---|---|---|---|
| BEW-Förderung Modul 1: bis zu 1 (+1) Jahr(e)<br>BEW-Förderung Modul 2: bis zu 4 (+2) Jahr(e) | Ca. 80-100 T€ | Noch nicht quantifizierbar | Maßnahme 1, 3, 11 und 12 |

## MASSNAHME Nr. 15
Prüfung Machbarkeitsstudie Nahwärmenetze

| Einführung | Akteure | Handlungsfeld | Handlungsebene |
|---|---|---|---|
| 2025/2026 | Hauptakteur: TWL<br>Weitere Akteure:<br>Stadt, Wohnbaugesellschaften | Organisieren, Umsetzen | Fokusquartiere |

**Beschreibung**

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde die Wohnsiedlung Oppau Mitte, Maudach Schulviertel sowie die Ernst-Reuter-Siedlung hinsichtlich der Eignung für ein Nahwärmkonzept untersucht (vgl. Abschnitt 6.2.2). Diese Quartiere zeichnen sich durch mittlere Wärmeliniendichten > 2.000 kWh/m aus. Weiterhin befinden sich zum Teil städtische Objekte oder Mehrfamilienhäuser im Eigentum der städtischen Wohnbaugesellschaft GAG in diesen Quartieren. Der vorgenommene Variantenvergleich zeigt, dass, je nach anzulegenden Kosten und Fördermitteln, ein Nahwärmekonzept ökonomisch im Bereich der Machbarkeit und konkurrenzfähig gegenüber einer dezentralen Versorgung sein kann.
Neben diesen Quartieren können auch weitere hier als Prüfgebiete klassifizierte Areale in Frage kommen.

**Ziel der Maßnahme** ist die Prüfung einer (oder mehrere) Machbarkeitsstudie für ein neu zu errichtendes Wärmenetz im Bereich der Fokusquartiere mit Schwerpunkt auf dem größten Gebiet „Gartenstadt“.

Zu den folgenden **Umsetzungsschritten** gehören:

- Interessenabfrage bei den Anliegern – sofern noch nicht erfolgt
- Beauftragung der Machbarkeitsstudie durch die TWL und ggf. vorab Sicherstellung von Fördermitteln nach BEW
- Erstellung der Machbarkeitsstudie mit:
  - IST-Analyse des Untersuchungsgebietes,
  - Potentialermittlung erneuerbarer Energien und Abwärme,
  - SOLL-Analyse des Wärmenetzes (inkl. Primärenergieeinsparung und $CO_2$-Einsparung),
  - Kostenrahmen,
  - Pfad zur Treibhausgasneutralität mit den Wegmarken 2030, 2035, 2040, 2045,
  - Ggf. Maßnahmen zur Bürgereinbindung und Stärkung der Akzeptanz.

Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze werden im Rahmen des Moduls 1 nach BEW gefördert.

| Dauer | Kosten | THG-Einsparungen | Synergien |
|---|---|---|---|
| BEW-Förderung Modul 1:<br>bis zu 1 (+1) Jahr(e)<br>BEW-Förderung Modul 2:<br>bis zu 4 (+2) Jahr(e) | ca. 60 t€ für die Machbarkeitsstudie (LP 1 HOAI).<br>weitere Leistungsphasen sind noch nicht bewertbar. | Je nach Gebietsgröße bis zu 4.000 t tCO2e (Gartenstadt) bezogen auf das Jahr 2045 (Referenz: Erdgasversorgung) | Maßnahme 1, 5, und 19 |

## MASSNAHME Nr. 24
Informations- und Beratungsangebote für Gasetagenheizungen

| Einführung | Akteure | Handlungsfeld | Handlungsebene |
|---|---|---|---|
| 2025/2026 | Stadt, TWL, Wohnbaugesellschaften, Handwerk, Energieberater und Schornsteinfeger | Organisieren, Umsetzen | Stadtgebiet |

**Beschreibung**

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden immer wieder die Schwierigkeiten bei der Ablösung von Gasetagenheizzungen adressiert, auch vereinzelte Nachtspeicherheizungen stellen hier Sonderfälle dar, die auch gesondert im Gebäudeenergiegesetz geregelt sind.
Insbesondere bei Wohngebäuden mit mehreren Parteien ist sowohl der Anschluss an die Fernwärme als auch der Umbau auf Wärmepumpen u. U. mit Umbaumaßnahmen innerhalb des Gebäudes verbunden (z. B. Umstellung auf eine zentrale Wärmeversorgung bei Gasetagenheizung), die zusätzliche Kosten verursachen. Dies setzt zum einen die Bereitschaft der Hausbesitzer*innen voraus, in solche Maßnahmen zu investieren. Andererseits benötigen solche Maßnahmen auch eine ausreichende Förderkulisse als Anreiz für die Hausbesitzer*innen.

**Ziel der Maßnahme** ist die Intensivierung der Beratung und möglichst auch gezielte Unterstützung von Sonderfällen wie Gasetagenheizungen

Zu den folgenden **Umsetzungsschritten** gehören:

- Beratungsangebote und Umsetzungshilfen für Gebäude mit Gasetagenheizungen,
- Ggf. Übergangslösung bei Heizungsausfall, bis Nachfolgelösung (Fernwärme-, Nahwärme- oder Wärmepumpenlösung) zu realisieren ist,
- Wünschenswert wäre hier auch die eine signifikante Unterstützung durch die Stadt und/oder TWL mit möglichen Zuschüssen für Sonderfälle wie Gasetagenheizungen.

| Dauer | Kosten | THG-Einsparungen | Synergien |
|---|---|---|---|
| Bis 2045 | Personalkosten, bei gezielter Förderung von Umschlüssen >500.000 €/a | nicht quantifizierbar bzw. bereits in Maßnahme 11 enthalten | Maßnahme 1,3,11, 15 und 23 |

## MASSNAHME Nr. 27
Fernwärmeauskunftsportal

| Einführung | Akteure | Handlungsfeld | Handlungsebene |
|---|---|---|---|
| 2025/2026 | Hauptakteur: TWL | Informieren, Umsetzen | Fernwärme |

### Beschreibung

Im Rahmen des Fernwärmevertriebs informiert TWL bereits umfassend über die Möglichkeiten und auch Preise von Fernwärmeanschlüssen. Aufgrund des hohen hohes Kundeninteresses mit dem Wunsch nach mehr Informationen zum Ablauf der großen Netzausbaumaßnahmen sowie zur geplanten Erschließung von Straßen und Gebieten ist es sinnvoll, zeitnah und noch umfassender zu den geplanten Fermwärmebaumaßnahmen zu informieren.

**Ziel der Maßnahme** ist die Erweiterung des Auskunftsportals, idealerweise auch verknüpft mit städtischen Beratungsangeboten.

Zu den folgenden **Umsetzungsschritten** gehören:

- Erweiterung des Informationsangebotes (https://www.twl.de/privatkunden/meine-energie/fernwaerme ) zum Ausbau des Fernwärmenetze und der damit verbundenen Anschlussmöglichkeiten
- Verlinkung von der Wärmeplanungs-Webseite der Stadt und umgekehrt
- Kartendarstellung zum Bestandsnetz und den mittelfristigen Planungen auf Straßenabschnittsebene, möglichst mit Zoom- und skalierbare Kartendarstellung mit Darstellung und Verortung konkreter, in den Folgejahren anstehender Ausbaumaßnahmen
- Angebote und Assistenten zum Erhalt weiterer Informationen zum FW-Ausbau
- Kontinuierliche Informationen zum Ausbau und den damit einhergehenden Anschlussmöglichkeiten, aber auch Einschränkungen während der Bauphase
- Darstellung aktueller Baumaßnahmen, ggf. auch mit Bautragebuch o.ä. und Hinweis auf Dauer und Status sowie den Anschlussmöglichkeiten
- Option Fernwärme-Newsletter für Interessierte
- Option FW-Rechner

| Dauer | Kosten | THG-Einsparungen | Synergien |
|---|---|---|---|
| ff. bis min 2035 | Personalkosten | nicht quantifizierbar bzw. bereits in Maßnahme 11 enthalten | Wechselwirkungen mit Maßnahmen 3,11, und 14 |

# 8 Verstetigung und Controlling

Um die zuvor definierte Umsetzungsstrategie zu realisieren, bedarf es einer Verstetigung der mit der kommunalen Wärmeplanung zusammenhängenden Prozesse sowie eines effizienten Controllings. Dabei ist es essenziell, Maßnahmen und Indikatoren dauerhaft zu verankern, systematisch zu überwachen und bei Bedarf flexibel anzupassen. Ein effektives Monitoring spielt dabei eine zentrale Rolle, um Fortschritte zu bewerten, Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und gezielte Verbesserungen vorzunehmen.

Durch die Schaffung transparenter Strukturen, klar definierter Verantwortlichkeiten und regelmäßiger Erfolgskontrollen kann sichergestellt werden, dass die Wärmewende nachhaltig umgesetzt wird. Eine Verstetigungsstrategie und ein begleitendes Controllingkonzept bieten den erforderlichen Rahmen das Zielszenario 2045 zu erreichen. Gleichzeitig ermöglichen sie kontinuierliche Anpassungen, um den dynamischen Herausforderungen der Transformation des Wärmesektors gerecht zu werden und die Wirksamkeit der Maßnahmen dauerhaft sicherzustellen.

## 8.1 Verstetigungsstrategie

Zur Gewährleistung der Verstetigung von Prozessen und zur Fortschreibung der Wärmeplanung ist die Einrichtung einer Koordinationsstelle Wärmewende innerhalb der Stabsstelle Klimaschutz unabdingbar, siehe Maßnahme 1. Die Aufgaben dieser werden in Kapitel 7.3 beschrieben. Zu den Hauptaufgaben gehören die Steuerung und Koordinierung der zu verstetigenden Prozesse:

- Jährliche Initialisierung des **Controllings** von Indikatoren und Maßnahmen,
- Kontinuierliche **Information** der Politik und Öffentlichkeit,
- Fortlaufendes Screening zu **Finanzierung**sinstrumenten und Akquise von Fördermitteln,
- Koordination mit **anderen Planungsprozessen,**
- Forcierung der **integrierten Wärmeplanung** durch Fortführung der verwaltungsinternen und -übergreifenden Zusammenarbeit,
- Punktuelle Initialisierung des **Austausches mit weiteren Akteuren** wie z.B. Wohnungswirtschaft, Industrieunternehmen, Handwerkskammer, etc.

Das Controllingkonzept wird im folgenden Unterkapitel 8.2 ausgeführt.

Eine fortlaufende Informationsbereitstellung trägt dazu bei, die geplanten Maßnahmen besser zu vermitteln und sowohl Akzeptanz als auch Unterstützung dafür zu stärken. Mögliche Elemente einer kontinuierlichen Information sind:

- Veröffentlichung eines Kurzberichtes zum Umsetzungsstand der Wärmeplanung,
- Bereitstellung eines Digitalen Zwillings der Energieversorgungs- und –bedarfsstruktur auf der Homepage der TWL und/oder der Stadt,
- Bereitstellung von aktuellen Informationen über den geplanten Wärmenetzausbau,
- Schaffung von Informationsangeboten zum Heizungstausch und Fördermöglichkeiten.

Die Umsetzung der Wärmewende erfordert erhebliche Investitionen in Infrastruktur, Technologie und Personal. Eigenanteile sind in der kommunalen Haushaltsplanung frühzeitig zu budgetieren. Es empfiehlt sich weitere Möglichkeiten zur Finanzierung fortlaufend zu prüfen. Förderprogramme können dazu beitragen dazu bei, den Übergang zu einer nachhaltigeren

Energieversorgung zu beschleunigen und gleichzeitig eine gerechte Lastenverteilung sicherzustellen. Beispiele für aktuelle Angebote zur Finanzierung (Stand Mai 2025) sind:

- BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW),
- BAFA: Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG), auch für Privateigentümer
- BAFA: Bundesförderung für Energieberatung Wohngebäude,
- KfW: Klimaschutzoffensive für Unternehmen,
- Bund: Energieberatung der Verbraucherzentralen,
- Land: Fördermittel-Kompass der Energieagentur Rheinland-Pfalz,
- Land: Förderdarlehen der Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB),
- Kommunal-Richtlinie aus der NKI: Machbarkeitsstudien.

Die Wärmeplanung sollte in Einklang mit anderen kommunalen Planungen, wie der Stadtentwicklung und der Bauleitplanung, stehen. Ein integrierter Ansatz ermöglicht Synergien und eine effizientere Nutzung von Ressourcen. Dieser Ansatz gilt auch für die Umsetzung des Wärmeplans: So ist eine Koordination des Wärmenetzausbaus mit anderen Tiefbaumaßnahmen oder Infrastrukturprojekten zu empfehlen. Dies erfordert neben der Fortführung des Austausches zwischen einzelnen Fachgruppen der Stadtverwaltung auch die Abstimmung der Maßnahmen mit den Technischen Werken Ludwigshafen.

Durch die punktuelle Einbindung weiterer Akteure, beispielsweise aus der Wohnungswirtschaft, Industrie oder dem Handwerk, wird der Umsetzungsprozess aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und wertvolle Beiträge zur Optimierung können eingesammelt werden. Zudem agieren sie als Multiplikatoren für Informationen sowie erfolgreiche Umsetzungsbeispiele.

## 8.2 Controllingkonzept

Gegenstand des Controllings sind zum einen Indikatoren, welche Aufschluss über die Entwicklung der Versorgungsstruktur und der Energie- und THG-Bilanzen, bieten. Zum anderen soll der Fortschritt der Maßnahmenumsetzung im Blick behalten, neue Maßnahmen angereizt und die Effektivität von Maßnahmen bewertet werden.

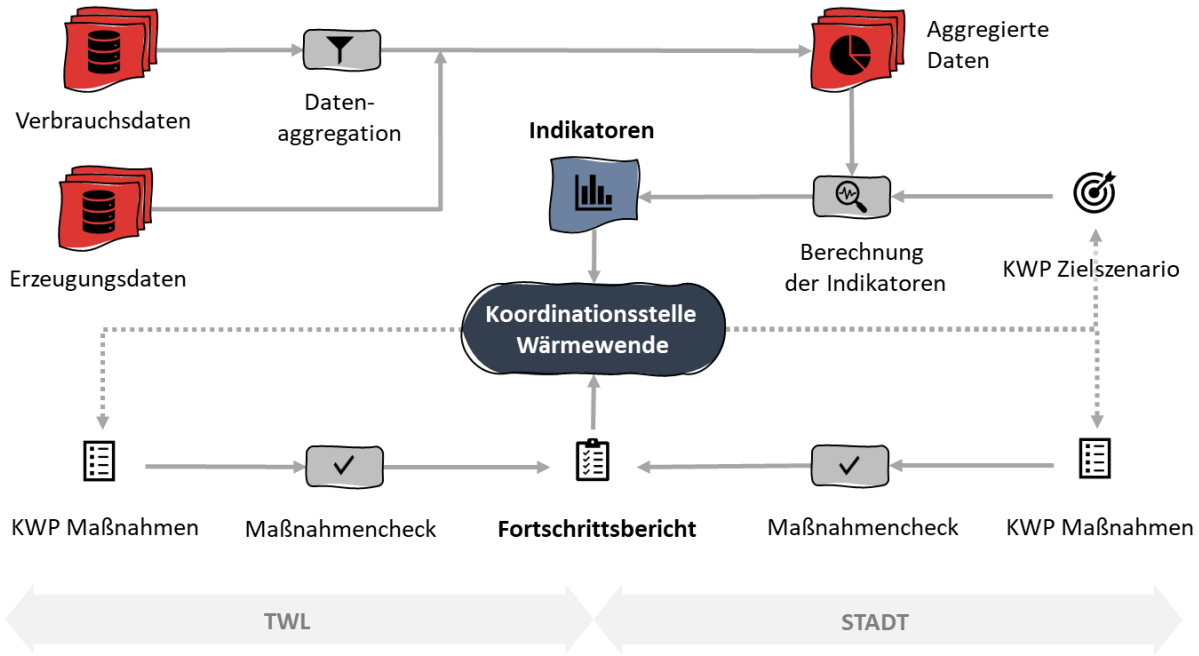



*Abbildung 74: Skizze des Controllingprozesses*

Abbildung 74 zeigt eine schematische Skizze des Controllingprozesses. Es wird empfohlen den Prozess jährlich zu durchlaufen, Indikatoren zu ermitteln und den Maßnahmenfortschritt zu protokollieren. Berichtet wird an die Koordinationsstelle Wärmewende, deren Aufgaben in Kapitel 8.1 beschrieben wurden und die die strategische Kompetenz haben, auf weitere Maßnahmen und die Umsetzungsstrategie hin zum Zielszenario einzuwirken.

### *8.2.1 Indikatoren*

Verschiedene Indikatoren dienen zur quantitativen Bemessung des Fortschritts der Wärmewende. Die drei Hauptindikatoren sind:

- Wärmebedarf,
- Endenergieverbrauch nach Energieträger,
- Treibhausgasemissionen.

Es wird empfohlen weitere aussagekräftige Indikatoren zu erheben. Tabelle 23 zeigt Indikatoren, welche spätestens im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung alle fünf Jahre ermittelt werden sollten. Weiterhin sind die Forderungen lt. Wärmeplanungsgesetz zu beachten. In der Tabelle fett gedruckte Indikatoren werden weiterhin für ein jährliches Controlling empfohlen.

*Tabelle 23: Empfohlene Controlling-Indikatoren*

| Kategorie | Indikator | Empfohlene Ebenen |
|---|---|---|
| Energieverbrauch | Fernwärmeverbrauch | Kommune, (Baublock, Straße, Sektor) |
| | Gasverbrauch | Kommune, (Baublock, Straße, Sektor) |
| | Heizstromverbrauch | Kommune, (Baublock, Straße, Sektor) |
| Wärmeerzeugung | **Emissionsfaktor Wärmenetze** | **Wärmenetz** |
| Versorgungsstruktur | **# installierter Fernwärmeanschlüsse** | **Wärmenetz** |
| | # dezentraler Wärmeerzeuger nach GEG (Wärmepumpe, Pelletkessel, …) | Kommune |
| | # dezentraler, fossiler Feuerstätten (insb. Ölheizungen, Gaskessel) | Baublock, Straße |
| Strom | **Installierte PV-Leistung** | **Kommune** |
| Sanierung | Sanierungsrate | Kommune |
| aus obigen Daten abgeleitet | Wärmebedarf | Kommune |
| | Wärmeliniendichte | Straße |
| | Endenergieverbrauch | Sektor, Kommune |
| | Treibhausgasemissionen | Sektor, Kommune |

Weiterhin können spezifische Indikatoren, wie einwohnerbezogene oder flächenbezogene Werte zum Vergleich mit anderen Kommunen herangezogen werden.

### *8.2.2 Fortschrittsbericht*

Das Fortschrittscontrolling der Maßnahmen besteht aus qualitativen und quantitativen Angaben. Die folgende Auflistung zeigt mögliche Elemente eines Fortschrittberichts.

**Aktueller Umsetzungsstand:**

- Ist die Maßnahme bereits gestartet?
- Welche Meilensteine wurden erreicht?
- Gibt es Verzögerungen oder Änderungen?

**Erreichte Ergebnisse (Beispiele):**

- Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsrechnungen,
- Reduktion von $CO_2$-Emissionen (in Tonnen),
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien,
- Anzahl angeschlossener Haushalte oder Betriebe.

**Beteiligte Akteure:** Kommunale Einrichtungen, Energieversorger, etc.?

**Budget:** Gesamtkosten der Maßnahmen sowie Aufschlüsselung von deren Finanzierung

**Ausgaben:** Bisherige Investitionen und zukünftiger Finanzierungsbedarf

**Herausforderungen:** Technische, finanzielle oder organisatorische Hindernisse.

**Nächste Schritte:** Geplante Maßnahmenteile bis zum nächsten Berichtszeitraum.

**Notwendige Folgemaßnahmen:** Welche Folgemaßnahmen ergeben sich aus den erzielten Ergebnissen?

**Wechselwirkungen zu anderen Maßnahmen:** Nehmen die erzielten Ergebnisse Einfluss auf andere Maßnahmen?

Im Sinne der Verstetigung sollten sich aus jeder abgeschlossenen Maßnahme Folgemaßnahmen und aus jedem Maßnahmenstand Folgeschritte für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ergeben. Diese müssen präzise formuliert und zeitlich klar definiert sein, um eine effektive Steuerung und Nachverfolgung zu ermöglichen. Ziele sollten spezifisch, messbar, attraktiv, realistisch und terminiert (smart) sein, um sowohl Fortschritte als auch Herausforderungen nachvollziehbar darzustellen.

# 9 Fazit und Ausblick

Mit der kommunalen Wärmeplanung und flankierenden laufenden Projekten wie die Transformationsplanung der Wärmenetze hat sich die Stadt Ludwigshafen am Rhein auf den Weg gemacht, die anstehende Transformation des Wärmesektors zu forcieren. In Ludwigshafen deckt Fernwärme aktuell rd. 23 % des Gesamtbedarfes von 1.205 GWh/a klimafreundlich mit einem hohen Anteil an Abwärme aus der Abfallverbrennung ab. Der vorwiegend verwendete Energieträger im Wärmemarkt ist zurzeit jedoch Erdgas mit rd. 63 % Anteil an der Wärmeerzeugung. Der Gebäudebestand ist durch 75% Wohngebäude und dort durch überwiegend Mehrfamilienhäuser älterer Baualtersklassen geprägt. Der Energie und Wärmebedarf des weltgrößten Chemiestandorts der BASF wurde bei der Bilanzierung der Bestandssituation aufgrund der ungleich größeren Dimension nicht in die Darstellungen einbezogen, sehr wohl aber als Potenzial z.B. bei Abwärme berücksichtigt.

Die Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes WPG erfordert somit weitere Transformationsschritte und ein gemeinsames Handeln aller Beteiligten:

- **Wärmenetze**: Die zentrale Versorgung über Wärmenetze ist ein wichtiges Handlungsfeld der Wärmewende mit einem Zielanteil von 40 % bis 46 % (mit Prüfgebieten) am Wärmebedarf. Die Situation in Ludwigshafen ist durch sehr große nutzbare Potenziale im Bereich der Abwärmenutzung (Müllverbrennung, Abwärme Kläranlage und Industrie) sowie Geothermie geprägt. Durch die Installation neuer zentraler Wärmeerzeuger, einen signifikanten Netzausbau, aber auch den Erhalt und die Modernisierung des Bestandes sind allerdings auch erhebliche Investitionen erforderlich. In Ludwigshafen sind aber auch noch vielfach Anschlüsse von Gebäuden an schon vorhandene Leitungen, sprich Fernwärme-Verdichtung, möglich sowie der Ausbau der Fernwärme in neue Quartiere im Rahmen der städtebaulichen Umgestaltung der Hochstraßen. Diese Verdichtung sollte mit hoher Priorität erfolgen.
  Insgesamt ist der Fernwärmeausbau im Zielszenario mit rd. 3.500 neuen Anschlüssen im Bestand und für Neubaugebiete schon ambitioniert. Das Zielszenario wurde anhand typischer, für die Fernwärmeeignung anzunehmender, Wärmeliniendichten abgeleitet und mit den Ausbauplanungen der TWL synchronisiert. Für den konkreten Ausbaufall wird immer eine Überprüfung der Wirtschaftlichkeit empfohlen, dies betrifft vor allem die heute noch nicht genauer zu klassifizierenden Prüfgebiete am Rande des Fernwärmenetzes. Insgesamt sind die Ergebnisse der Wärmeplanung als strategische Planung, welche rechtlich nicht verbindlich ist, zu verstehen. So entsteht aus der Einteilung in ein bestimmtes Wärmeversorgungsgebiet keine Pflicht, eine bestimmte Versorgungsart zu nutzen oder bereitzustellen.

- **Dezentraler Bereich**: In dezentralen Versorgungsgebieten stehen Hauseigentümer*innen verschiedene Technologien für zukünftige Heizungsanlagen zur Verfügung, zudem gibt es auch ein als umsetzbar angenommenes Einsparpotenzial durch Sanierung von rd. 18% bis 2045. Generell kann jede Heizungsanlage, die mit einem Anteil von mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie betrieben wird, zur zukünftigen Versorgung eingesetzt werden. Schwerpunkt der dezentralen Umsetzung werden aber Wärmepumpen bilden, die im Zielszenario den größten Teil des Wärmebedarfes abdecken. Die 65 Prozent gelten aktuell (Stand Mai 2025) für Neubauten und werden ab Mitte 2026 beim Einbau von

neuen Heizungen auch in Bestandsgebäuden verbindlich. Intakte bestehende Heizungssysteme mit einem EE-Anteil unter 65 Prozent, wie etwa bestehende Erdgas- und Ölheizungen, können auch nach Mitte 2026 weiter betrieben werden. Hilfestellung erfolgt dabei durch verschiedene Beratungsangebote der Stadt, Energieberater, Verbraucherzentrale, Energieversorger sowie Sanitär-/Heizungshandwerk.

Das Erreichen der durch die kommunale Wärmeplanung erarbeiteten Zielsetzung für die nächsten Jahre ist an eine Reihe von im Bericht beschriebenen Gelingbedingungen geknüpft. Eine Verstetigung der Koordinationsstelle Wärmeplanung bei der Stabsstelle Klimaschutz ist unabdingbar, um die Umsetzung des Maßnahmenkatalogs dieser Wärmeplanung sowie deren Fortschreibung zu gewährleisten. Alle Akteure und die Bürgerschaft werden zusammenarbeiten müssen, um in den kommenden 20 Jahren mit einem deutlichen Zuwachs an Geschwindigkeit die Wärmewende weiter umzusetzen und abzuschließen.

# 10 Quellenverzeichnis


[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundeministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hrsg.), „Leitfaden Wärmeplanung," https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/leitfaden-waermeplanung-kompakt.html, 2024.

[2] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundeministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hrsg.), „Technikkatalog Wärmeplanung - Stand Juni 2024," 2024.

[3] Bundesverband Solarwirtschaft, „Anteile der Gebäude mit Pelletfeuerung, Wärmepumpe oder Solarthermieanlage," [Online]. Available: https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2021/04/bsw_grafik_anteil_reg_heizsysteme_d_2020.pdf.

[4] Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, „Natura 200 - Bewirtschaftungspläne und Steckbriefe," 2025. [Online]. Available: https://natura2000-bwp-sb.naturschutz.rlp.de/.

[5] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, „Landschaftsinformationssystem der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz," 2025. [Online]. Available: https://naturschutz.rlp.de/.

[6] BMWi, „Sanierungsbedarf im Bestand," BMWi, Berlin, 2014.

[7] S. Greif, *Räumlich hoch aufgelöste Analyse des technischen Potenzials von Wärmepumpen zur dezentralen Wärmeversorgung der Wohngebäude in Deutschland,* München: TU München, 2023.

[8] Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH (Hrsg.), „Solarkataster Rheinland-Pfalz," März 2024. [Online]. Available: https://www.energieatlas.rlp.de/earp/daten/solarkataster.

[9] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister - Tabelle der Stromerzeugungseinheiten," [Online]. Available: https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR.

[10] B. L. f. Umwelt, „Erdwärme - die Energiequelle aus der Tiefe," LfU, München, 2016.

[11] Fraunhofer IEG, „Schrägbohrtechnik bringt Geothermie unter den Bestandsbau," 25 Juli 2024. [Online]. Available: https://www.ieg.fraunhofer.de/de/presse/pressemitteilungen/2024/geostar2.html.

[12] Verband kommunaler Unternehmen e.V., „Abwasserwärme effizient nutzen - Rechtliche und technische Rahmenbedingungen," 2024.

[13] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden," Stuttgart, 2020.

[14] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz (Hrsg.), „Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2022," Mainz, 2023.

[15] M. e. a. Günther, „Gutachterliche Stellungnahme zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung," Umweltinstitut München e.V., München/Hamburg, 2024.

[16] FNBGas, „Gemeinsamer Antrag für das Wasserstoff-Kernnetz," Berlin, 2024.

[17] Zentrale Stelle Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz - Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, „Geoportal Rheinland Pfalz," https://www.geoportal.rlp.de/.

[18] Solites – Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, „Solarthermieanlagen auf Freiflächen - FAQ," [Online]. Available: https://www.solare-waermenetze.de/solare-waermenetze/solarthermie-freiflaechen/.

[19] Umweltbundesamt, „Preise und Preistransparenz als Akzeptanzfaktor in der Fernwärme," UBA, Berlin, 2024.

# 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arbeitsschritte der Kommunalen Wärmeplanung .....12
Abbildung 2: Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) .....16
Abbildung 3: Energiebezugsflächen nach Sektoren. Nutzfläche nach Sektoren und Wohngebäudetyp .....20
Abbildung 4: Wohn- und Nutzraumdichte nach Baublöcken .....22
Abbildung 5: Vorwiegende Gebäudetypen nach Baublöcken.....23
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Gebäude nach Baualtersklasse .....24
Abbildung 7: Vorwiegende Baualtersklassen nach Baublöcken.....25
Abbildung 8: Ausdehnung der Erdgasversorgung in baublockbezogener Darstellung mit Angabe, ob in dem jeweiligen Baublock ein Erdgasnetz vorhanden ist bzw. maximal 50m entfernt liegt. .....27
Abbildung 9: Wärmenetze der Technischen Werke Ludwigshafen AG .....28
Abbildung 10: Wärmebedarf nach Sektoren .....30
Abbildung 11: Wärmebedarf nach Verwendungszweck .....30
Abbildung 12: Wärmebedarf nach Energieträgern .....31
Abbildung 13: Wärmebedarf nach Energieträgern und Stadtteilen .....32
Abbildung 14: Wärmedichte auf Baublockebene .....33
Abbildung 15: Wärmeliniendichte .....34
Abbildung 16: Vorwiegender Energieträger, Darstellung auf Baublockebene .....35
Abbildung 17: Wärmebereitstellung nach Energieträger, Bilanzierung auf Stadtteilebene ....36
Abbildung 18: Endenergiebilanz nach Energieträgern .....37
Abbildung 19: Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung nach Energieträgern, Sonstige: Flüssiggas und kleinere Anteile weiterer Brennstoffe .....38
Abbildung 20: Ebenen der Potenzialermittlung .....40
Abbildung 21: Schutzgebiete und Teile von Schutzgebieten im Stadtgebiet Ludwigshafen. Quelle: Stadt Ludwigshafen .....42
Abbildung 22: Lineare Fortschreibung der Gradtagszahlen .....43
Abbildung 23: Sanierungstiefen typischer Wohngebäude nach Baualtersklasse .....44
Abbildung 24: Prognostizierte Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2045 im Basisszenario ..46
Abbildung 25: Kumulierter Wärmebedarf nach Sanierung (farbig) und Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung und Klimaeffekte (grau) über alle Wohngebäude nach Baualtersklasse, Basisszenario.....47
Abbildung 26: Durchschnittliche, flächenspezifische Reduktion des Wärmebedarfs im Basisszenario mit einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr, Darstellung auf Baublockebene.....48
Abbildung 27: Absolute Reduktion des Wärmebedarfs im Basisszenario mit einer Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr, Darstellung auf Baublockebene.....49
Abbildung 28: Potenziale für oberflächennahe Geothermie nach Stadtteilen.....52
Abbildung 29: Theoretisches Potenzial bei einer Sondentiefe von 100 m für oberflächennahe Geothermie, Darstellung auf Baublockebene.....53

Abbildung 30: Potenziale für Dachflächen-Solarthermie, Aufteilung nach Stadtteilen .....56
Abbildung 31: Theoretisches Dachflächen-Solarthermie Potenzial, Darstellung auf Baublockebene .....57
Abbildung 32: Technische Potenziale für Dach-Photovoltaik, Aufteilung nach Stadtteilen ....59
Abbildung 33: Dachflächen-Photovoltaikpotenzial, Darstellung auf Baublockebene .....60
Abbildung 34: Überblick Geothermienutzung, .....62
Abbildung 35: Erlaubnisfelder zur Geothermienutzung in Ludwigshafen .....63
Abbildung 36: Untergrundtemperatur in 3.500 m in Deutschland (oben) und um Ludwigshafen (unten). .....65
Abbildung 37: BASF-Kläranlage in Ludwigshafen.....68
Abbildung 38: Temperaturen (oben) und durchflussmengen (unten) des Kläranlagenablaufs der Zentralkläranlage BASF.....69
Abbildung 39: Abwasserkanäle ab Größe DN 700.....71
Abbildung 40: Abwärmemengen gem. Plattform für Abwärme.....73
Abbildung 41: Bioabfallaufkommen und Verwertung in Rheinland-Pfalz.....76
Abbildung 42: Waldflächen.....77
Abbildung 43: Stand Wasserstoffkernnetz mit geplanten Ein- und ausspeisegebieten. .....79
Abbildung 44: Potenzialflächen und privilegierte Bereiche für Freiflächen-Solarthermie.....83
Abbildung 45: Potenzialflächen und privilegierte Bereiche für Freiflächen-Photovoltaik.....87
Abbildung 46: Übersicht geplante Vorrangflächen Windenergie. .....88
Abbildung 47: Zusammenfassung der technischen Potenziale.....90
Abbildung 48: Ebenen der Akteurseinbindung.....91
Abbildung 49: Ablauf und Ergebnis der Zielszenarioentwicklung .....93
Abbildung 50: Eignungsgebiete für Wärmenetze .....97
Abbildung 51: Zuschnitt der Wärmeversorgungsgebiete.....98
Abbildung 52: Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete nach Erschließungszeitraum .....100
Abbildung 53: Entwicklung des Emissionsfaktors der Fernwärme im Vergleich zu Erdgasheizungen.....102
Abbildung 54: Luftbild des dicht bebauten Fokusquartiers Oppau Mitte mit einer Stadtdorf-ähnlichen Struktur.....104
Abbildung 55: Beispielhaftes Nahwärmekonzept mit Nutzung des Sportplatzes als Geothermiequelle (Sportplatz nach Einbringung der Erdsonden wieder nutzbar). .....104
Abbildung 56: Lastgänge des Wärmebedarfes und der Wärmeerzeugung für einen Wintermonat als Ergebnis der Nahwärme-Modellierung. .....106
Abbildung 57: Luftbild des Fokusquartiers Maudach Schulviertel mit einer Ein- bis Zweifamilienhaussiedlung, einer angrenzenden Schule sowie angrenzenden Gebäuden einer Wohnungsbaugesellschaft.....107
Abbildung 58: Beispielhaftes Nahwärmekonzept mit einer zentralen Wärmeerzeugung mittels Erdkollektor-Wärmepumpe und einem Wärmenetz.....107
Abbildung 59: Eingrenzung des Fokusquartiers Ernst-Reuter-Siedlung.....109
Abbildung 60: Gegenüberstellung des vorwiegenden Energieträgers auf Baublockebene, gemessen am Anteil an der Wärmebereitstellung, oben: Ist-Zustand, unten: Zielszenario 2045 .....111

Abbildung 61: Anzahl der Heizungssystemwechsel zwischen den Stützjahren.....112
Abbildung 62: Änderung des Versorgungsmixes und Deckung des Wärmebedarfes nach Technologien .....113
Abbildung 63: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2021 nach Energieträgern auf Stadtteilebene.....114
Abbildung 64: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2030 nach Energieträgern auf Stadtteilebene.....114
Abbildung 65: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2035 nach Energieträgern auf Stadtteilebene.....115
Abbildung 66: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2040 nach Energieträgern auf Stadtteilebene.....115
Abbildung 67: Verteilung der Wärmebereitstellung im Jahr 2045 nach Energieträgern auf Stadtteilebene.....116
Abbildung 68: Leistungszuwachs bis 2045 durch dezentrale Wärmepumpen im Zielszenario .....117
Abbildung 69: Transformation der Endenergiebedarfsdeckung bis 2045 .....118
Abbildung 70: Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis 2045.....118
Abbildung 71: Übersicht der angenommenen spezifischen Investitionskosten (netto, vor Förderzuschüssen).....120
Abbildung 72: Abschätzung des Investitionskostenrahmens der Wärmewende in Ludwigshafen .....121
Abbildung 73: Überblick über den Ablauf der Maßnahmen- und Umsetzungsstrategieentwicklung, aus Leitfaden Wärmeplanung.....125
Abbildung 74: Skizze des Controllingprozesses .....141
Abbildung 75: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger Erdgas auf Baublockebene .....154
Abbildung 76: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger nicht leitungsgebundene fossile Energieträger auf Baublockebene.....155
Abbildung 77: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger mit Brennstoff Holz auf Baublockebene.156
Abbildung 78: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger Strom inkl. Wärmepumpen auf Baublockebene.....157
Abbildung 79: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger Hausübergabestationen in Wärmenetzen auf Baublockebene.....158
Abbildung 80: Anteil Energieträger Erdgas am Endenergieverbrauch nach Baublöcken ....159
Abbildung 81: Anteil nicht leitungsgebundener, fossiler Energieträger am Endenergieverbrauch nach Baublöcken .....160
Abbildung 82: Anteil Energieträger Holz am Endenergieverbrauch nach Baublöcken .....161
Abbildung 83: Anteil Energieträger Strom am Endenergieverbrauch nach Baublöcken .....162
Abbildung 84: Anteil Energieträger an Wärmelieferung aus Wärmenetzen am Endenergieverbrauch nach Baublöcken .....163

# 12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datenquellen für die Bestandsanalyse ..... 18
Tabelle 2: Kategorisierung von Potenzialen ..... 39
Tabelle 3: Eingangsparameter der Szenarien zur Wärmebedarfsreduktion ..... 45
Tabelle 4: Ergebnisse der Szenarien zur Wärmebedarfsreduktion, jeweils Einsparbeitrag Zieljahr 2045 gegenüber Basisjahr ..... 45
Tabelle 5: Definition der Potenziale oberflächennaher Geothermie ..... 51
Tabelle 6: Definition der Potenziale von Dachflächen-Solarthermie ..... 55
Tabelle 7: Definition der Potenziale von Dachflächen-Photovoltaik ..... 58
Tabelle 8: Definition der Potenziale von tiefer und mitteltiefer Geothermie ..... 61
Tabelle 9: Definition der Potenziale von Flusswasser ..... 66
Tabelle 10: Kenndaten Rhein, Messstelle Speyer ..... 67
Tabelle 11: Definition der Potenziale von Klärwasser ..... 68
Tabelle 12: Definition der Potenziale von Abwasser ..... 70
Tabelle 13: Definition der Potenziale von Biomasse ..... 74
Tabelle 14: Definition der Potenziale von Freiflächen-Solarthermie ..... 81
Tabelle 15: theoretische Flächenpotenziale für Freiflächen-Solarthermieanlagen ..... 82
Tabelle 16: Definition der Potenziale von Freiflächen-Photovoltaik ..... 85
Tabelle 17: Flächenpotenziale für Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen ..... 86
Tabelle 18: Zusammenfassung der ermittelten Potenziale ..... 89
Tabelle 19: Kennzahlen der Fokusquartiere ..... 103
Tabelle 20: Strukturelle Maßnahmen ..... 127
Tabelle 21: Technische Maßnahmen ..... 129
Tabelle 22: Motivation und Information ..... 131
Tabelle 23: Empfohlene Controlling-Indikatoren ..... 142
Tabelle 24: Nutzungsgrade dezentraler Wärmeerzeuger ..... 152
Tabelle 25: Treibhausgasemissionsfaktoren der Energieträger ..... 152
Tabelle 26: Wärmebedarfsentwicklung ..... 153

# Anhänge

## A. Ergänzende Materialien

*Tabelle 24: Nutzungsgrade dezentraler Wärmeerzeuger*

| Wärmeerzeuger (dezentral) | Nutzungsgrad |
|---|---|
| Hausanschlussstation für Fernwärme | 0,99 |
| Hausanschlussstation für Fernwärme | 0,99 |
| Erdgas-Kessel | 0,90 |
| Stromdirektheizung | 0,99 |
| Luftwärmepumpe | 2,4 |
| Erdwärmepumpe | 3,6 |
| Ölkessel | 0,87 |
| Holzhackschnitzelheizung | 0,83 |
| Pelletheizung | 0,85 |
| Kamin | 0,75 |

*Tabelle 25: Treibhausgasemissionsfaktoren der Energieträger*

| Energieträger | Emissionsfaktoren [g/kWh] | | |
|---|---|---|---|
| | 2021 | 2030 | 2045 |
| Fernwärme, Netz Innenstadt (Berechnung nach Carnot) | 56 | 48 | 18 |
| Fernwärme, Netz Pfingstweide (Berechnung nach Carnot) | 300 | 48 | 18 |
| Fernwärme, Netz Neubruch (Berechnung nach Carnot) | 232 | 107 | 46 |
| Nahwärme (Berechnung nach Carnot) | 164 | 125 | 96 |
| Erdgas | 240 | 240 | 240 |
| Biomethan | 140 | 140 | 140 |
| Flüssiggas | 240 | 240 | 240 |
| Strom | 472 | 110 | 15 |
| Heizöl | 310 | 310 | 310 |
| Holz | 20 | 20 | 20 |
| Solarthermie | 5 | 5 | 5 |

Die hier verwendeten Emissionsfaktoren geben die Menge ans Treibhausgasen an, die bei Nutzung einer kWh Endenergie freigesetzt wird, sowohl bei der direkten Nutzung /Verbrennung) vor Ort wie auch in der vorgelagerten Transportkette.

*Tabelle 26: Wärmebedarfsentwicklung*

| **Wärmebedarfsentwicklung [GWh/a]** | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|---|---|---|---|---|
| Wärme eingestelltes Jahr [GWh/a] | 1.080 | 1.033 | 989 | 950 | 910 |
| Zubau [GWh/a] | 0 | 5 | 32 | 53 | 53 |
| Einsparung durch Sanierung [GWh/a] | 39 | 72 | 102 | 127 | 154 |
| Einsparung durch Klimaveränderung [GWh/a | 8 | 22 | 36 | 50 | 63 |
| Prozesswärme | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 |

*Abbildung 75: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger Erdgas auf Baublockebene*

*Abbildung 76: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger nicht leitungsgebundene fossile Energieträger auf Baublockebene*

*Abbildung 77: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger mit Brennstoff Holz auf Baublockebene*

*Abbildung 78: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger Strom inkl. Wärmepumpen auf Baublockebene*

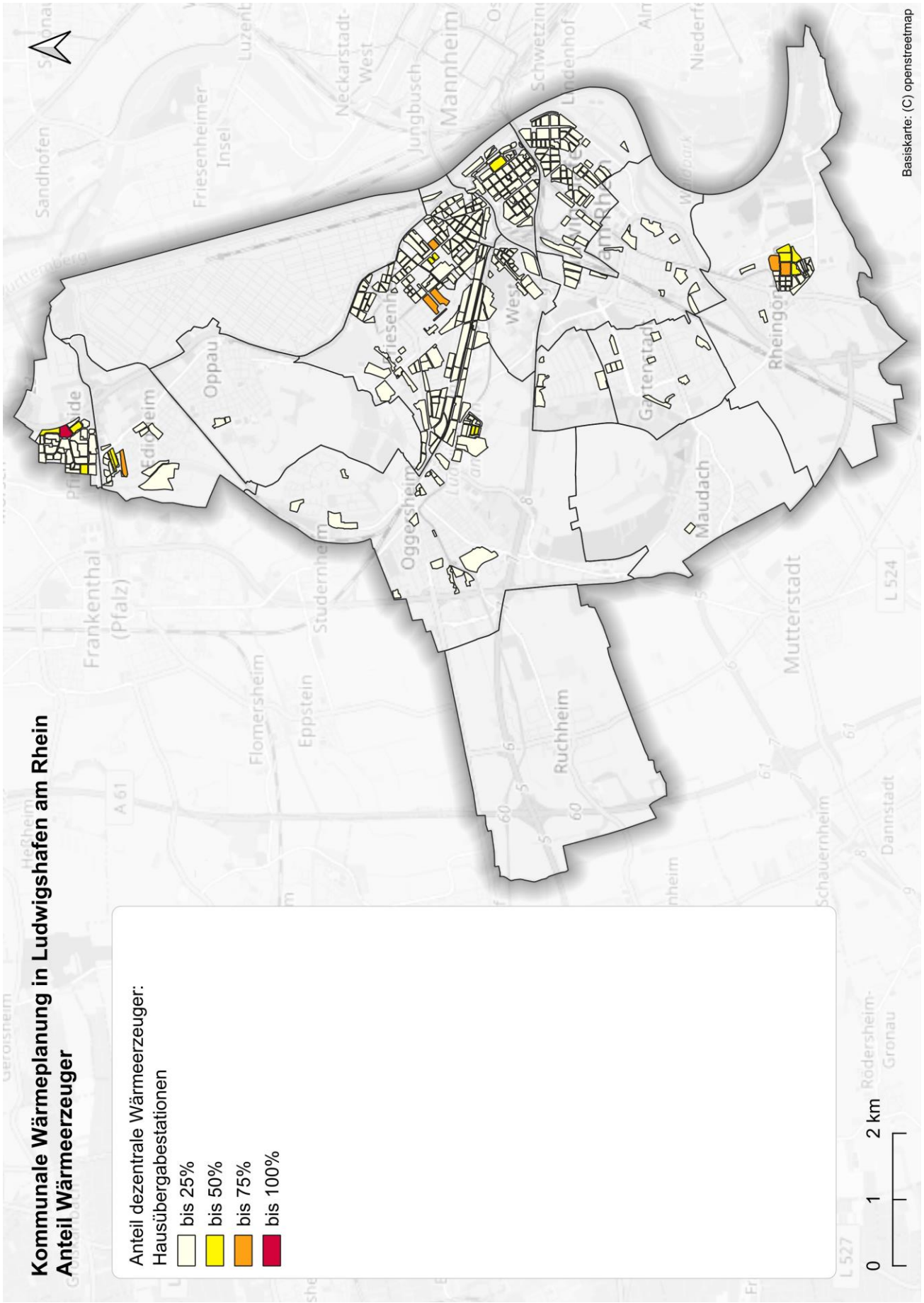



*Abbildung 79: Anteil dezentraler Wärmeerzeuger Hausübergabestationen in Wärmenetzen auf Baublockebene*

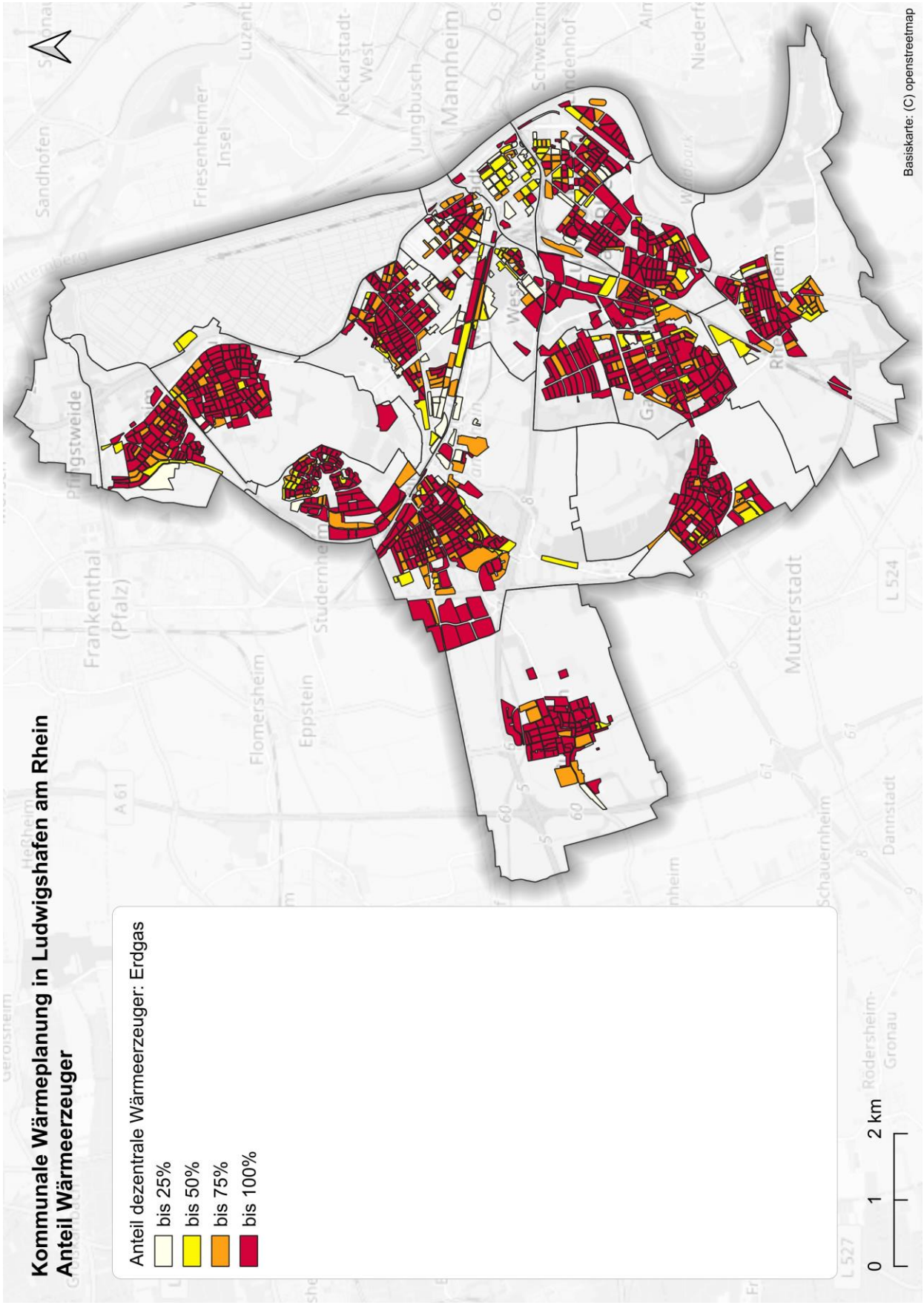



*Abbildung 80: Anteil Energieträger Erdgas am Endenergieverbrauch nach Baublöcken*

*Abbildung 81: Anteil nicht leitungsgebundener, fossiler Energieträger am Endenergieverbrauch nach Baublöcken*

*Abbildung 82: Anteil Energieträger Holz am Endenergieverbrauch nach Baublöcken*

*Abbildung 83: Anteil Energieträger Strom am Endenergieverbrauch nach Baublöcken*

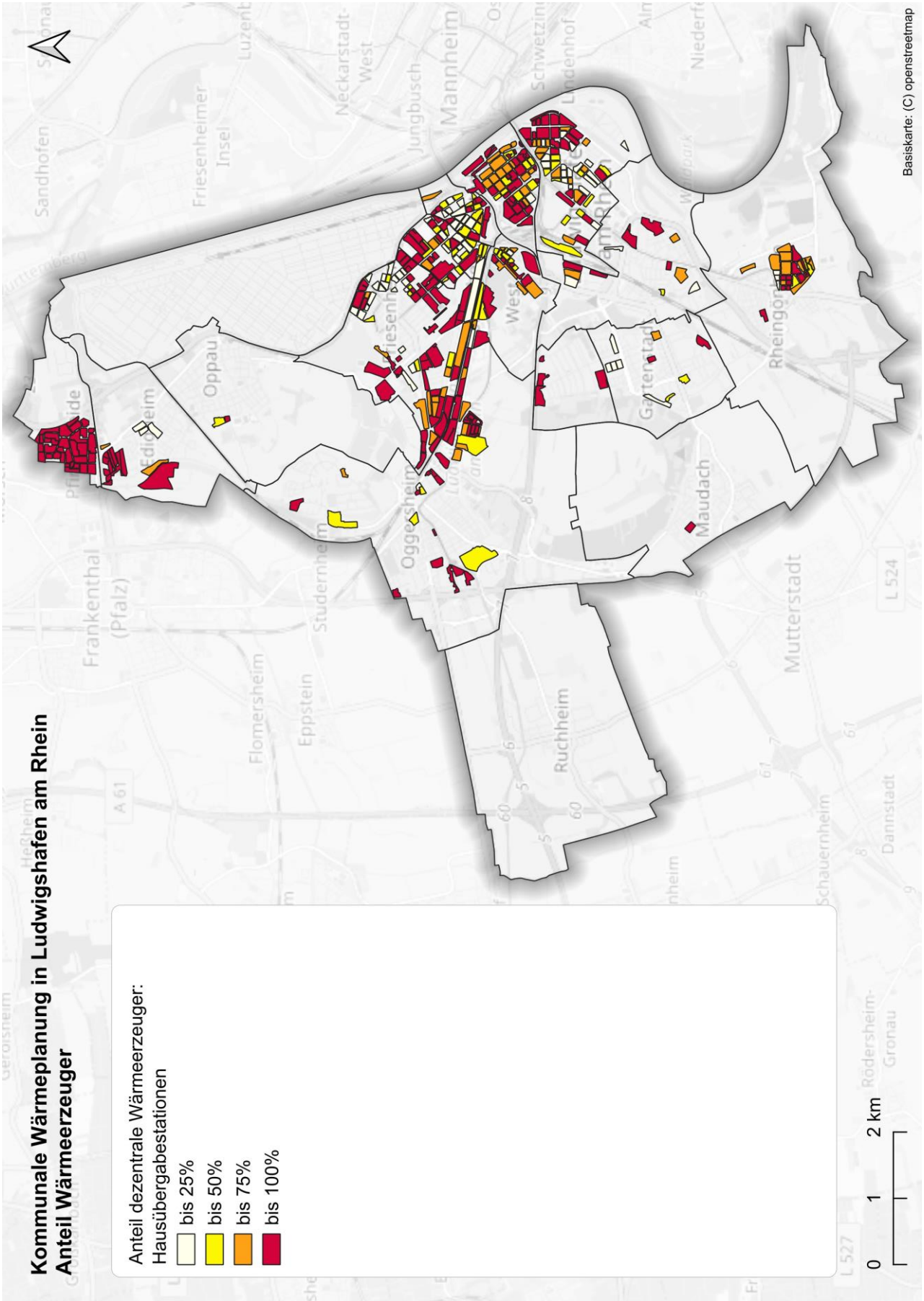



*Abbildung 84: Anteil Energieträger an Wärmelieferung aus Wärmenetzen am Endenergieverbrauch nach Baublöcken*

# B. Glossar

### Baublock

Ein Baublock bezeichnet eine räumliche Einheit, die aus einem oder mehreren Flurstücken, Gebäuden oder Liegenschaften besteht und von Straßen, Schienen, Gewässern oder anderen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen ist. Für die Zwecke der Wärmeplanung wird ein Baublock als statistische Einheit zusammengehöriger, meist ähnlicher Objekte betrachtet.

### Biomasse

Biomasse umfasst organische Stoffe pflanzlichen, tierischen oder mikrobiellen Ursprungs, die zur Energiegewinnung genutzt werden können. Dazu zählen Holz, landwirtschaftliche Reststoffe, Gülle, Bioabfälle und gezielt angebaute Energiepflanzen. Die energetische Nutzung von Biomasse erfolgt durch Verbrennung, Vergasung, Fermentation (Biogasgewinnung) oder Verflüssigung. Biomasse ist eine erneuerbare Energiequelle, deren Klimaneutralität von der nachhaltigen Bewirtschaftung abhängt.

### Biomethan

Biomethan ist aus Biogas aufbereitetes Methan. Nach der Aufbereitung kann Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist werden und an anderen Stellen des Netzes entnommen werden. Bei Verwendung in EEG-Anlagen sind entsprechende Herkunftsnachweise zu führen. Biomethan zählt zu den synthetischen Gasen, die die Anforderungen des GEG an Klimaneutralität erfüllen.

### Contracting

Contracting ist ein Finanzierungs- und Betreibermodell, um Erzeugungsanlagen (meist Wärme oder Kälte) zu betreiben. Ein Contractor finanziert, betreibt dabei eine Anlage, trägt das wirtschaftliche Risiko und liefert Energiedienstleistungen an einen Contractingnehmer im Rahmen längerfristiger Verträge über mehrere Jahre.

### Dezentrales Wärmeversorgunggebiet

Ein dezentrales Wärmeversorgungsgebiet ist ein Teilgebiet, das überwiegend nicht über ein Wärme- oder ein Gasnetz versorgt werden soll.

### Endenergie

Endenergie ist die Energiemenge, die vom Verbraucher direkt bezogen wird, z. B. Strom, Heizöl, Erdgas oder Fernwärme. Sie ist die Energie, die dem Endverbraucher nach Umwandlungs-, Übertragungs- und Verteilungsverlusten zur Verfügung steht und von diesem genutzt wird. In der Wärmeplanung dient die Ermittlung des Endenergiebedarfs als Grundlage für die Auslegung von Versorgungskonzepten.

### Fernwärme

Fernwärme ist ein System zur Verteilung von Wärme über ein Netz von Rohrleitungen, das viele Haushalte und Gebäude versorgt. Die Wärme wird zentral in einem oder mehreren Anlagen erzeugt und zu den Verbrauchern über eine Vorlauf- und eine Rücklaufleitung transportiert. Nahwärmenetze sind technisch ähnlich aufgebaut, versorgen meist aber nur kleinere Gebiete, meist nur innerhalb eines Stadtbezirks. Eine genaue Abgrenzung gibt es hier nicht.

**Fokusgebiet**

Der Begriff Fokusgebiet leitet sich aus einer Förderrichtlinie für Kommunen ab und bezeichnet ein Quartier, für das besondere Voraussetzungen vorliegen und für das Planung und Umsetzung energetischer Maßnahmen auf Quartiersebene genauer beschrieben werden.

**Gebäudesanierung**

Hierunter wird die energetische Sanierung der Gebäudehülle verstanden. Im Vordergrund der thermischen Sanierung steht die Verringerung der Wärmeverluste über das Dach, die Außenwände, Fenster, Türen und den Boden, meist durch Austausch von Bauteilen oder nachträgliche Isolierung sowie Verminderung der Lüftungsverluste. Die thermische Gebäudesanierung hilft dabei, einerseits den Energiebedarf insgesamt und andererseits das notwendige Temperaturniveau abzusenken.

**Geothermie**

Geothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme als Energiequelle zur Beheizung von Gebäuden. Die Erdwärme kann in Form von Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder durch die Nutzung von tiefem oder oberflächennahen Thermalwasser genutzt werden.

**Industrielle Abwärme**

Industrielle Abwärme ist überschüssige Wärme, die bei industriellen oder gewerblichen Prozessen oder in Kraftwerken entsteht und meist ungenutzt bleibt. In der kommunalen Wärmeplanung kann Abwärme zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden, um den Energiebedarf zu senken.

**Kommunale Wärmeplanung**

Kommunale Wärmeplanung umfasst die Analyse, Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur nachhaltigen Wärmeversorgung in Städten und Gemeinden. Ziel ist es, den Energieverbrauch zu reduzieren und erneuerbare Energien zu fördern.

**Nahwärme**

Nahwärme ist eine Variante der Fernwärme, bei der die Wärmeversorgung auf ein kleineres Gebiet, wie ein Quartier oder eine Siedlung, begrenzt ist. Nahwärmenetze werden oft lokal erzeugt, z.B. mit Blockheizkraftwerken oder Biomasseanlagen.

**Nutzenergie**

Nutzenergie bezeichnet die Energie, die nach weiteren Umwandlungsprozessen tatsächlich für den gewünschten Endzweck verfügbar ist, z. B. Wärme zur Raumheizung, Warmwasserbereitung oder mechanische Energie. Sie berücksichtigt Verluste, die z. B. in Heizsystemen, elektrischen Geräten oder bei der Umwandlung von Strom in Licht auftreten. In der Wärmeplanung ist die Nutzenergie eine zentrale Größe, da sie die Effizienz der gesamten Versorgungskette widerspiegelt.

**Nutzungsgrad**

Der Nutzungsgrad entspricht dem Quotienten aus der nutzbaren Energie und der aufgewendeten Energie in einer Zeiteinheit, hier ein Jahr (gemittelter Wert über einen Zeitraum). Bei Heizungsanlagen sind hier auch Bereitschaftsverluste und Hilfsenergieeinsätze sowie wechselnde Betriebspunkte berücksichtigt.

**Prüfgebiet**

Ein Prüfgebiet ist ein Teilgebiet, das nicht in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet nach den drei oben beschriebenen Kategorien eingeteilt werden soll, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll.

**Sanierungsrate**

Die Sanierungsrate gibt an, wie viel Prozent des Gebäudebestands pro Jahr energetisch saniert werden. Sie ist ein wich-tiger Indikator in der kommunalen Wärmeplanung, um den Fortschritt bei der Modernisierung des Gebäudeparks zu messen. Eine höhere Sanierungsrate bedeutet, dass der Gebäudebestand schneller energieeffizienter wird und somit die $CO_2$-Emissionen zügiger gesenkt werden können. In Deutschland liegt die Sanierungsrate aktuell bei etwa 1 % pro Jahr.

**Umweltwärme**

Umweltwärme bezeichnet leicht zu erschließende Energiequellen, wie Oberflächengewässer (hydrothermische Umweltwärme), Umgebungsluft (aerothermische Umweltwärme) und oberflächennahe Geothermie. Gemein ist diesen Energiequellen, dass ihre Energie aus der Sonne stammt bzw. darüber wieder regeneriert wird und sie keine hohen Temperaturniveaus zur Verfügung stellen können. Umweltwärmequellen sind meist flächendeckend in irgendeiner der Formen vorhanden, benötigen immer aber Wärmepumpen zur Anhebung der Temperatur.

**Wärmebedarf**

Der Wärmebedarf ist die errechnete oder gemessene Energiemenge, die benötigt wird, um ein Gebäude zu beheizen. Die Wärmeplanung analysiert den Wärmebedarf in einem Gebiet und der Gesamtstadt als Grundlage für die Zielplanung

**Wärmeliniendichte**

ist der Quotient aus der Wärmemenge in Kilowattstunden, die innerhalb eines Leitungs- oder Straßenabschnitts an die dort angeschlossenen oder anschließbaren Verbraucher innerhalb eines Jahres abgesetzt wird, und der Länge dieses Leitungsabschnitts in Metern. Dabei entspricht ein Leitungsabschnitt meist einem Straßenabschnitt bzw. einer Baublockseite. Üblich sind Werte von weniger als 1000 kWh/(m*a) bis etwa 10.000 kWh/(m*a).

**Wärmenetzgebiet**

Ein Wärmenetzgebiet ist ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll. Dabei können mit dem Begriff Wärmenetz sowohl Fern- als auch Nahwärmenetze gemeint sein. Es kann weiterhin zwischen Verdichtungsgebiet und Ausbaugebiet unterschieden werden.

**Wärmepumpe**

Eine Wärmepumpe ist ein Heizsystem, das Umgebungswärme aus der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich nutzt und mit einem thermodynamischen Prozess unter Einsatz von Strom in Heizenergie umwandelt, ähnlich einem „umgedrehten“ Kühlschrank. Bei Anlagen >500 kW kann man von Großwärmepumpen sprechen.

**Wärmespeicher**

Wärmespeicher speichern überschüssige Wärme und stellen sie bei Bedarf zur Verfügung, wobei man kurz- mittel und Langfristspeicher unterscheiden kann. Sie sind ein wichtiger Baustein zur Flexibilisierung und Effizienzsteigerung von Wärmenetzen.

**Wasserstoff**

Wasserstoff ($H_2$) ist ein universeller Energieträger, der sowohl stofflich in der chemischen Industrie als auch energetisch genutzt werden kann. Die Speicherung und der Transport über lange Strecken sind möglich, aber aufwendiger als bei Methan, da Wasserstoff leichter Barrieren durchdringt. Wasserstoff kann sowohl in speziellen Netzen als auch in umzurüstenden Erdgasnetzteilen transportiert werden oder bis zu einem bestimmten Prozentsatz beigemischt werden. Klimaneutral her-gestellt wird Wasserstoff aus Wasser mittels Elektrolyse durch erneuerbaren Strom.

**Wasserstoffnetzgebiet**

Ein Wasserstoffnetzgebiet ist ein Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.

# C. Abkürzungen

| | |
|---|---|
| ALKIS | Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem |
| BauGB | Baugesetzbuch |
| BAK | Baualtersklassen |
| BEG | Bundesprogramm für effiziente Gebäude |
| BEW | Bundesprogramm für effiziente Wärmenetze |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| CoP | Coefficient of Performance, Leistungszahl |
| EBZ | Energiebezugsfläche |
| eea | European Energy Award |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| EE | Erneuerbare Energien |
| EFH | Einfamilienhaus |
| FFH-Gebiet | Fauna-Flora-Habitat-Gebiet |
| FW | Fernwärme |
| GEG | Gebäudeenergiegesetz |
| GHD | Gewerbe, Handel, Dienstleistung |
| GML | Gemeinschafts-Müllheizkraftwerk Ludwigshafen GmbH |
| GMFH | Großes Mehrfamilienhaus |
| GWh | Gigawattstunde |
| JAZ | Jahresarbeitszahl |
| ha | Hektar (100 x 100 m) |
| kWh | Kilowattstunde |
| KWK | Kraft-Wärme-Kopplung |
| KWP | Kommunale Wärmeplanung |
| EA RLP | Energieagentur Rheinland-Pfalz |
| MFH | Mehrfamilienhaus |
| MHKW | Müllheizkraftwerk |
| MWh | Megawattstunde |
| NWG | Nichtwohngebäude |
| PV | Photovoltaik |
| PW | Prozesswärme |
| RW | Raumwärme |
| THG | Treibhausgas |
| TWW | Trinkwarmwasser |
| WPG | Wärmeplanungsgesetz |