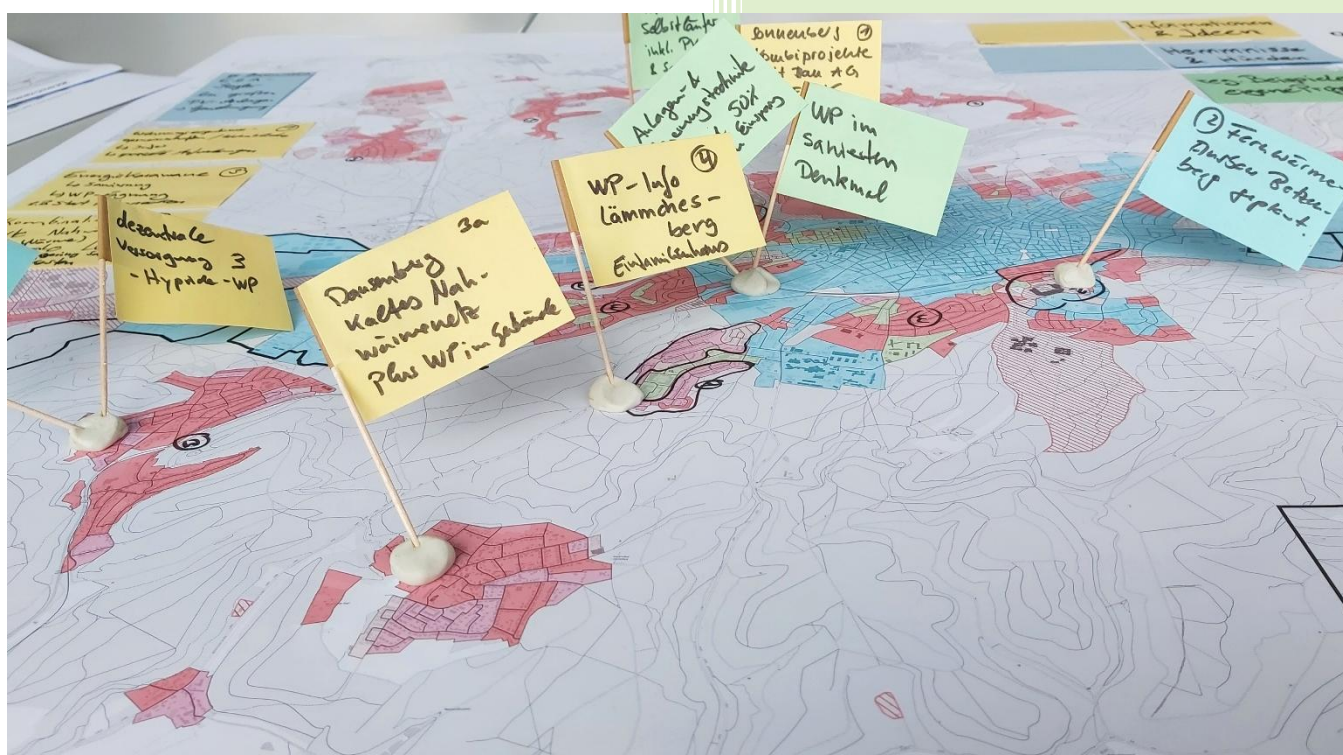


Kommunale Wärmeplanung Stadt Kaiserslautern

Zwischenbericht zur Bestands- und Potenzialanalyse



Impressum

Auftraggeber

Stadtverwaltung Kaiserslautern
Willy-Brandt-Platz 1
67657 Kaiserslautern



Auftragnehmer

B.A.U.M. Consult GmbH
Gotzingerstr. 48-50
81371 München
www.baumgroup.de
Leitung: Sandra Giglmaier
Fachexpert:innen: Anna Kroschel, Susan Wolf



in Zusammenarbeit mit

Fichtner GmbH & Co. KG
Sarweystraße 3
70191 Stuttgart
www.fichtner.de
Leitung: Dr. Daniel Zech
Fachexpert:innen: Joan Flores Jimenez

FICHTNER

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ (KRL) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI), Förderbaustein „Kommunale Wärmeplanung“

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Haftungsausschluss

Wir haben alle in dem hier vorliegenden Bericht bereitgestellten Informationen nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und geprüft. Es kann jedoch keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen übernommen werden.

Inhaltsverzeichnis

IMPRESSUM	1
INHALTSVERZEICHNIS	2
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	4
1 FACTSHEET / ZUSAMMENFASSUNG	5
2 EINLEITUNG	6
2.1 Herangehensweise	6
2.2 Prozessablauf	8
3 BESTANDSANALYSE	10
3.1 Datengrundlage und Datenschutz	10
3.2 Lage und Flächennutzung	11
3.3 Bevölkerungsstruktur	13
3.4 Gebäudebestand	14
3.5 Energieversorgung	16
3.5.1 Energieträger und Wärmeerzeuger	16
3.5.2 Erdgasinfrastruktur	18
3.5.3 Fernwärmenetz	19
3.5.4 Stromnetzinfrastuktur zu Heizzwecken	20
3.6 Erneuerbare Energieproduktion	20
3.6.1 Erneuerbare Wärmeproduktion	20
3.6.2 Erneuerbare Stromproduktion	21
3.7 Wärmenachfrage	22
3.7.1 Berechnung des Wärmebedarfs	23
3.7.2 Wärmekataster	25
3.7.3 Wärmeliniendichten	26
3.8 Energie- und Treibhausgasbilanz der Wärmeversorgung	28
4 POTENZIALANALYSE	30
4.1 Energieeinsparung durch Sanierung	30

4.2	Potenziale zum Ausbau und Einsatz erneuerbarer Energien	32
4.2.1	Solarenergie	32
4.2.2	Geothermie	34
4.2.3	Windenergie	36
4.2.4	Biomasse	37
4.2.5	Wasserstoff und grüne Gase	38
4.2.6	Umgebungsluft	40
4.2.7	Abwärme	40
4.2.8	Sektorkopplungstechnologien	43
4.3	Zusammenfassung der Wärmepotenziale für Produktion und Nachfrage	46
5	VERZEICHNISSE	47
5.1	Tabellenverzeichnis	47
5.2	Abbildungsverzeichnis	47
5.3	Literaturverzeichnis	49

Abkürzungsverzeichnis

CO ₂	Kohlendioxid
EE	Erneuerbare Energien
EW	Einwohnende
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GEOMER	Geoinformatik Geodaten Naturgefahren GIS GmbH
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
ha	Hektar
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
m ²	Quadratmeter
MaStR	Marktstammdatenregister
MWh	Megawattstunde
PV	Photovoltaik
QGIS	Open-Source Geographisches-Informationssystem (GIS)
SWK	Stadtwerke Kaiserslautern
THG	Treibhausgas
WKA	Windkraftanlage
ZAK	Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern
°C	Grad Celsius
%	Prozent

1 Factsheet / Zusammenfassung

Die Stadt Kaiserslautern verfolgt das Ziel, bis 2040 eine nahezu treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Grundlage dafür ist die Kommunale Wärmeplanung, die den aktuellen Wärmebedarf, die Rolle der zentralen Akteure sowie die Potenziale erneuerbarer Energien untersucht und strategische Handlungsmöglichkeiten aufzeigt.

Der gesamte Wärmebedarf der Stadt beträgt rund 970 GWh im Jahr 2024 und verursacht Gesamtemissionen von ca. 228.000 t CO₂-Äquivalente. Die größten Wärmeverbräuche im Gebäudebereich entstehen in der Kategorie der Ein- und Mehrfamilienhäuser.

Die gesamte Versorgung ist aktuell abhängig von fossilen Energieträgern:

- 65 % Erdgas,
- 20 % Fernwärme,
- 15 % Heizöl, Biomasse, Strom, Solar- und Geothermie

Wesentliche Ansatzpunkte zur THG-Reduktion sind der Anschluss von bisher mit Erdgas oder Heizöl versorgten Gebäuden an bestehende oder neue Wärmenetze sowie die Umstellung auf dezentrale Systeme wie Wärmepumpen oder die Prüfung geothermischer Lösungen. Parallel dazu ist eine schrittweise Transformation der Fernwärmeerzeugung hin zu erneuerbaren Energien erforderlich.

Rolle der Akteure

Zur Unterstützung der Kommunalen Wärmeplanung wurde das Fachgremium „Wärmetisch“ eingerichtet. In mehreren begleitenden Treffen validiert es Zwischenergebnisse, wirkt an der Analyse und Maßnahmenentwicklung mit und begutachtet den Abschlussbericht. Dadurch wird Konsensfähigkeit geschaffen und eine Verstetigung des Gremiums für die Umsetzungsphase angestrebt. Ergänzend wurden auch die umliegenden Stadtteile einbezogen. Die Stadtverwaltung und die Stadtwerke Kaiserslautern begleiten aktiv den gesamten Prozess.

Chancen in der Energieversorgung

Potenziale zur erneuerbaren Energieversorgung werden besonders, jedoch nicht ausschließlich, bei folgenden Wärmequellen gesehen:

- **Geothermie:** insbesondere mitteltief (bis 400 m) und hydrothermal; ca. 60 % der Stadtfläche gut geeignet
- **Fernwärmeausbau:** Kombination mit Geothermie, Abwärme und Power-to-Heat als zukunftsfähige Strategie
- **Dezentrale Lösungen:** Wärmepumpen, Photovoltaik-Kombinationen, Biomasse in Teilbereichen; Potenzial besonders bei Einfamilienhäusern und Neubauten

Das Zwischenfazit zeigt, dass Kaiserslautern über mehrere vielversprechende Optionen zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung verfügt. Eine abschließende Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen ist Aufgabe der kommenden Projektphasen und erfordert weiterführende Analysen sowie die enge Einbindung aller relevanten Akteure.

2 Einleitung

Seit Januar 2024 ist das Gesetz zur Kommunalen Wärmeplanung (WPG)¹ bundesweit in Kraft. Es verpflichtet alle Kommunen in Deutschland, bis spätestens Ende Juni 2028 eine Wärmeplanung zu erstellen, um eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen. Für die größeren Städte (>100.000 Einwohner), zu denen auch die Stadt Kaiserslautern gehört, liegt der Stichtag bereits am 30.06.2026. Ergänzt wird das Bundesgesetz durch das Landesgesetz zur Ausführung des Wärmeplanungsgesetzes² (AGWPG, April 2025).

Die Stadt Kaiserslautern nimmt sich dieser Aufgabe an und hat sich zum Ziel gesetzt, bereits bis zum Jahr 2040 die Energieversorgung nahezu treibhausgasneutral umzubauen. Eine wesentliche Grundlage auf dem Weg dorthin ist die Kommunale Wärmeplanung. Mit ihr wird erstmals eine fundierte und abgestimmte Strategie für die langfristige treibhausgasneutrale Wärmeversorgung der Stadt entsprechend der eigenen als auch der landesweiten Zielsetzung³ bis zum Jahr 2040 dargelegt.

Die Kommunale Wärmeplanung zeigt dafür den aktuellen Sachstand sowie verschiedenste Perspektiven der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen und unvermeidbarer Abwärme sowie der Wärmebedarfsminderung auf. Daraus entwickelt sich das klimaneutrale Zielszenario 2040. Die Wärmeplanung dient den Gebäudebesitzenden, Unternehmen und Institutionen sowie der Stadtverwaltung als strategische Planungsgrundlage und gibt Sicherheit für die individuellen Transformationsstrategien und Investitionsentscheidungen gem. Gebäudeenergiegesetz und anderen Vorgaben.

Ein zentraler Akteur der Wärmewende sind die Stadtwerke Kaiserslautern (SWK). Auch sie haben das Ziel, bis 2040 eine bilanzielle Treibhausgasneutralität zu erreichen. Dies soll durch eine systematische Reduzierung und Vermeidung von Emissionen erreicht werden. Dabei soll die Energieerzeugung zu 100 % auf erneuerbare Energiequellen umgestellt werden, die Ressourceneffizienz in betrieblichen Prozessen gesteigert und Emissionen in vor- und nachgelagerten Prozessen reduziert werden. Um beide Entwicklungsstrategien – Stadtverwaltung und Stadtwerke – gut aufeinander abzustimmen, begleiten die Stadtwerke den Erstellungsprozess der Kommunalen Wärmeplanung eng und bringen sich aktiv ein.

2.1 Herangehensweise

Der Prozess zur Erstellung einer Kommunalen Wärmeplanung gliedert sich in vier Abschnitte (siehe Abbildung 1). Zu Beginn werden in der **Bestandsanalyse** unterschiedliche Daten je Gebäude zur Wärmeversorgung (z.B. Wärmeverbrauch, Brennstoff) und der Gebäudestruktur (z.B. Gebäudetyp, Gebäudealter) gesammelt und ausgewertet (Kapitel 3).

¹ Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG)
<https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/WPG.pdf>

² Landesgesetz zur Ausführung des Wärmeplanungsgesetzes (AGWPG)
<https://www.landesrecht.rlp.de/bsrp/document/jlr-WPGAGRahmen>

³ Landesklimaschutzgesetz (LKSG)
<https://landesrecht.rlp.de/bsrp/document/jlr-KlimaSchGRP2025rahmen>

Die Daten stammen aus unterschiedlichen Datenquellen:

- Daten der Stadt Kaiserslautern
- Gasverbrauchsdaten der SWK
- Wärmestromverbrauchsdaten der SWK
- Daten zum Heizkessel (Alter, Brennstoff) der Schornsteinfeger

und werden um vorhandene statistische Datensätze des Bundes und Landes ergänzt. Ebenso wird die regionale Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen (Wind, Sonne, Wasser, Biomasse) aufgenommen.

Die Auswertung dieser Daten bildet die Grundlage für die **Potentialanalyse** (Kapitel 4). Auf ihrer Basis werden die Potentiale zur Senkung des Wärmebedarfs (Effizienzsteigerung in der Gebäudehülle und der technischen Anlagen) berechnet sowie die Möglichkeiten, Wärme aus erneuerbaren Energieträgern bereitzustellen, untersucht. Auch der Aufbau von Wärmenetzen, die sich aus Abwärme oder anderen treibhausgasneutralen Quellen speisen, wird betrachtet.

Auf Basis aller gesammelten Daten und der Analyseergebnisse wird im dritten Schritt ein **Zielszenario** erarbeitet, das den Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis 2040 aufzeigt. Das Szenario beinhaltet Zwischenschritte im 5-Jahresabstand.

Kernstück der Kommunalen Wärmeplanung bildet die sog. „**Wärmewendestrategie**“. Hier werden Handlungsmaximen und **Maßnahmen** definiert, die notwendig sind, um die Wärmeversorgung treibhausgasneutral umzustellen, den Wärmebedarf zu reduzieren und das Ziel 2040 zu erreichen.

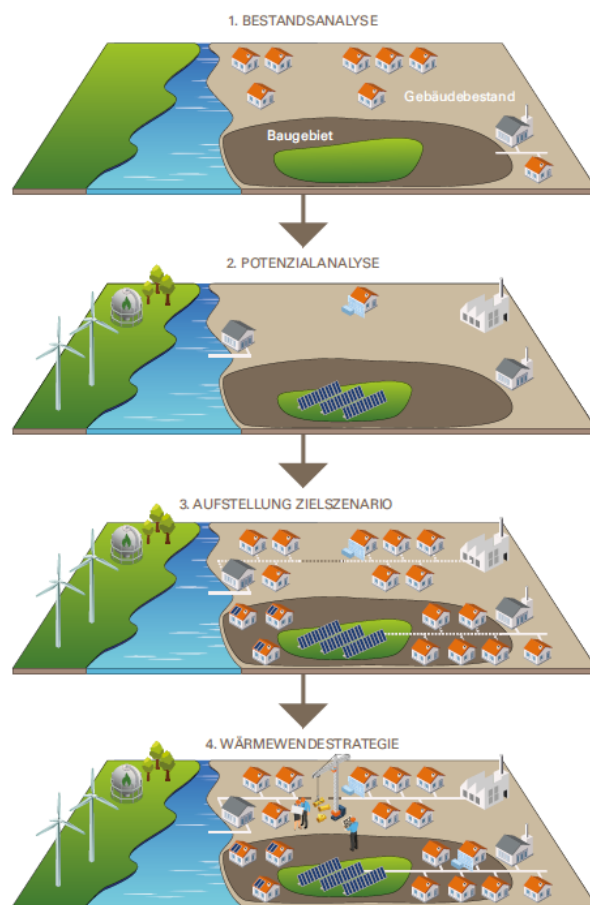


Abbildung 1: Übersicht über den Ablauf der Erstellung eines Kommunalen Wärmeplans (KEA-BW, Hochschule Karlsruhe, Karlsruher Institut für Technologie, ifeu Heidelberg, NVBW, 2020)

Final münden alle Ergebnisse der Datenanalyse und Datenauswertung sowie der Maßnahmenkatalog in einem abgestimmten **Abschlussbericht** – der Kommunalen Wärmeplanung der Stadt Kaiserslautern. Ergänzt wird der Abschlussbericht durch ein Planwerk in dem alle relevante Karten sowie das zugrundeliegende Datenwerk zusammengefasst sind. Abschließend erfolgte die Datenübergabe an die Stadtverwaltung. Mit dem sogenannten digitalen Zwilling liegt der Stadt eine valide Datengrundlage für zukünftige Planungen und zur Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung vor.

2.2 Prozessablauf

Für die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanungen und den damit verbundenen eineinhalbjährigen Prozess (Abbildung 2) hat die Stadt Kaiserslautern das Konsortium aus B.A.U.M. Consult GmbH und Fichtner GmbH & Co. KG im Herbst 2024 beauftragt.

Bei einem internen Auftakttreffen im November 2024 hat sich das Kernteam, welches den Erstellungsprozess engmaschig über regelmäßige Jour fixe Termine begleitet, gebildet. Das Kernteam besteht seitens der Stadtverwaltung aus Vertreter:innen des Referats Umweltschutz sowie des Referats Digitalisierung und Innovation, Vertretern der SWK sowie Vertreter:innen des Konsortiums aus B.A.U.M. Consult und Fichtner.

Zu Beginn des Prozesses wurden die Bürgerinnen und Bürger der Stadt über eine öffentliche Bekanntmachung über den anstehenden Prozess sowie die damit verbundene Datenerhebung informiert.

Die Kommunalpolitik, insbesondere der Unterausschuss, wurde über kurze Präsentationen und Sachstandsberichte über den Fortschritt der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung informiert. Die Ergebnispräsentation im Frühjahr 2026 dient der politischen und öffentlichen Meinungsbildung. Mit der Vorstellung des Abschlussberichtes sowie der Erörterung der definierten Fokusgebiete und erarbeiteten Maßnahmen, verfügt die Politik über eine differenzierte Entscheidungsgrundlage zur Festlegung verbindlicher Aktivitäten in den folgenden Jahren, um das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung in der Stadt Kaiserslautern zu erreichen.

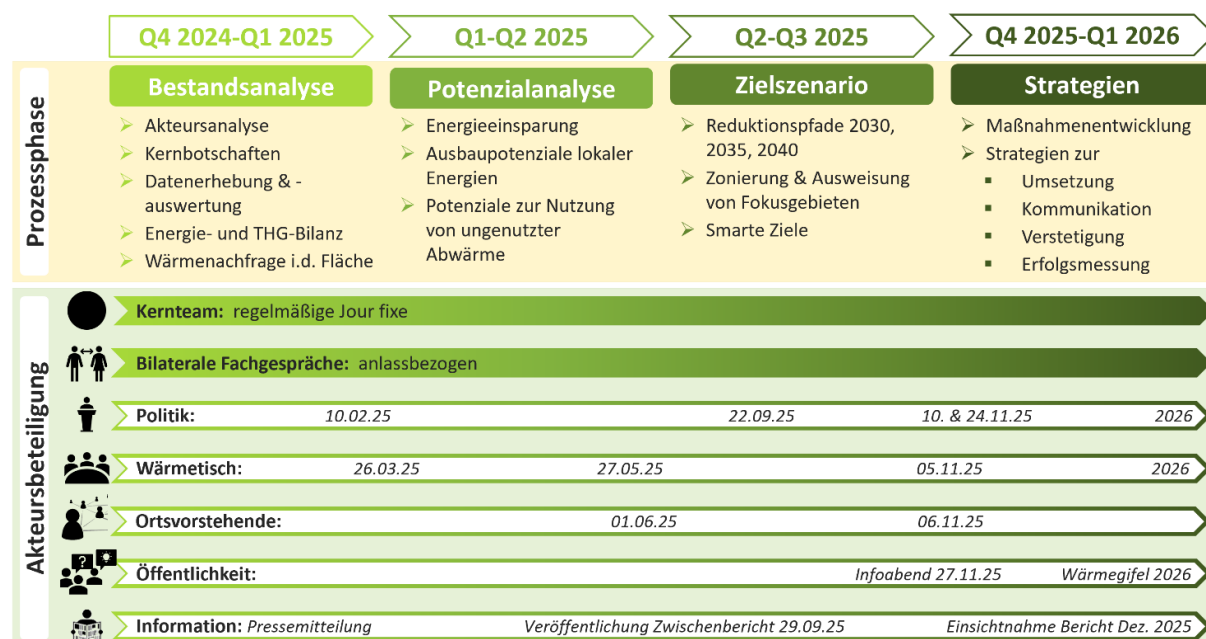


Abbildung 2: Prozessablauf zur Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung der Stadt Kaiserslautern (B.A.U.M. Consult, 2025)

Zur Einbindung lokaler Fachakteure, die einerseits wichtige, stadtsspezifische Informationen für die Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung beitragen und andererseits direkt an der Umsetzung beteiligt sein können, wurde das Fachgremium „der Wärmetisch“ etabliert. In vier, den Prozess begleitenden, Treffen werden (Zwischen)Ergebnisse fachlich-inhaltlich validiert, an der teilsräumlichen Analyse/Bewertung der Fokusgebiete und der Maßnahmenausarbeitung mitgewirkt sowie der Abschlussbericht begutachtet. Der Wärmetisch schafft somit Konsensfähigkeit für die Wärmewende der Stadt.

Ein gesonderter Blick wurde in die umliegenden Stadtteile (Einsiedlerhof, Morlautern, Erlenbach, Mölschbach, Dansenberg, Hohenecken, Siegelbach, Erfenbach) geworfen. In zwei Treffen mit den Ortsvorstehenden und den Klima-/Energiepaten wurden Anfang Juni 2025 Analyseergebnisse diskutiert und Besonderheiten der Stadtteile aufgenommen. Es folgt ein weiteres Treffen im November 2025, bei dem gemeinsam, stadtteilspezifische Maßnahmen entwickelt werden.

Die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse wurden in dem hier vorliegenden Zwischenbericht veröffentlicht. Der Zwischenbericht sowie weitere Informationen rund um die Wärmeplanung sind auf der städtischen Internetseite⁴ verfügbar. Nachdem auch die Zielszenarien definiert und Maßnahmen formuliert wurden, werden diese bei einem Informationsabend am 27.11.2025 der Öffentlichkeit präsentiert. Anschließend erfolgt die Beteiligung und Einholung der Stellungnahme der Träger öffentlicher Belange (TöB) sowie die Offenlage des Berichtsentwurfs zur Einsichtnahme durch die Bürgerschaft (voraussichtlich Dezember 2025). Die finale Version des Abschlussberichts wird beim Wärmegipfel im Frühsommer 2026 vorgestellt.

⁴ https://www.kaiserslautern.de/sozial_leben_wohnen/umwelt/klimaschutz/kwp/index.html.de

3 Bestandsanalyse

Die Basis der Wärmeplanung für die Stadt Kaiserslautern ist die Analyse und Bewertung des Wärmebedarfs sowie der vorhandenen Energieinfrastruktur. Die Bestandsanalyse beginnt mit der Erhebung von Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypologien, der Versorgungsstrukturen von Gas- und Wärmenetzen und dem Verbrauch von Gas, Fernwärme und anderen Energieträgern. Darauf aufbauend werden der Wärmebedarf und -verbrauch sowie die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen (THG) im Bereich Wärme bestimmt.

Ein wesentliches Ziel der Bestandsanalyse ist die Ermittlung des Energiebedarfs, der auf den Wärmesektor zurückzuführen ist. Für die anschließende Potenzialanalyse stellen diese Ergebnisse die wesentliche Grundlage dar, um Abschätzungen des zukünftigen Wärmebedarfs und der potenziellen Wärmedeckungsanteile ableiten zu können.

3.1 Datengrundlage und Datenschutz

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung werden unter Einhaltung aller datenschutzrechtlichen Vorgaben eine Vielzahl von Daten ausgewertet. Dazu zählen unter anderem gebäudescharfe Informationen der Bestandsbebauung (z.B. Gebäudetyp, Nutzung, Fläche, Baujahr), der Energieversorgung (z.B. Gasverbrauch, Fernwärme und Leitungsdaten), und des Marktstammdatenregisters⁵ (MaStR z.B. Leistung und Anlagenstandorte von Energieerzeugern wie Wind- und Photovoltaik-Anlagen, Biogasanlagen, Anlagen mit Kraftwärmekopplung (KWK)).

Tabelle 1: Übersicht der Datengrundlage und Aggregation für Datenschutzmaßnahmen

Datensatz	Quelle	Inhalt	Aggregationsebene	Datenschutzmaßnahmen
Gebäudedaten Wärmenutzung	Fullhaus.de Wärmeatlas 3.0	Gebäudetyp, Baujahr, Fläche, Nutzung, Schätzung Wärmebedarf	Gebäude/ Baublocke	Aggregiert auf Baublockebene, keine Einzelidentifizierung
Energieverbrauch Energieinfrastruktur	Stadtwerke Kaiserslautern Marktstammdatenregister	Gas, Fernwärme und Stromverbrauch. Leitungen, Anlagen	Baublocke, Straße, Stadtteil	Marksegmentdaten, Aggregation auf Blöcke und Stadtteil
Wärmeerzeugungsarten	Stadtwerke Kaiserslautern, Zensus 2022, Schornsteinfeger	Heizungsart, Leistung	Straße, Stadtteil	Zusammengefasst auf Straß, Hektar und Stadtteil. Keine Einzeladressen

⁵ Marktstammdatenregister <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>

Öffentliche Datenquellen sind teilweise lückenhaft und können Fehler aufweisen. Aus diesem Grund wurden zwei Datensätze des kommerziellen Datenanbieters GEOMER⁶ herangezogen. Die Datensätze fullHAUSde und Wärmetlas 3.0 stellen gebäudescharfe Informationen zur Bestandsbebauung und Wärmebedarfe vollständig und in hoher Qualität zur Verfügung. Alle Daten werden in der Folge bereinigt und auf Plausibilität geprüft, um eine fehlerlose Weiterverwendung zu gewährleisten. Relevante Informationen aus den Schornsteinfegerdaten (z.B. adressscharfe Informationen über dezentrale, individuelle Wärmeerzeugungsanlagen nach Art der Wärmerzeuger einschließlich eingesetztem Energieträger) wurden von den Schornsteinfegern in Kaiserslautern zur Verfügung gestellt.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten erfolgt mit Hilfe von QGIS, einem Open-Source Geographischen-Informationssystem (GIS). Um den Datenschutz zu wahren, werden die Daten nicht auf Gebäudeebene, sondern auf Baublockebene zusammengefasst und dargestellt.

Gebäudescharfe Informationen:

- Gebäudealter (1860-1918, 1919-1948, ...)
- Gebäudenutzung (EFH; MFH, ...)
- Wärmeschätzung in kWh
- Verbrauchsdaten (Gas und Fernwärme)



Informationen auf Baublockebene:

- Gebäudealter (<1918, 1919-1958, ...)
- Gebäudenutzung (Gemischte Nutzung, Wohnbaufläche, ...)
- Wärmebedarf in kWh je Baublock

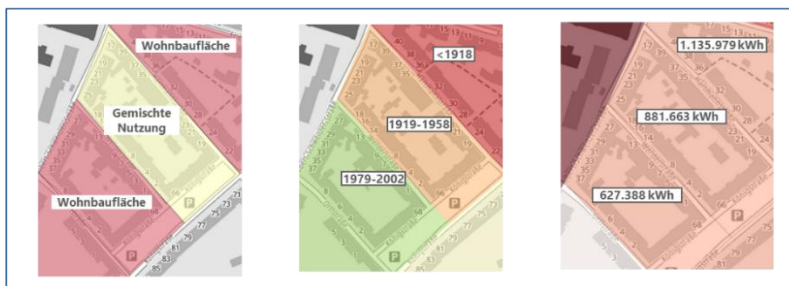


Abbildung 3: Datenaggregation zur Sicherstellung des Datenschutzes. Sämtliche Gebäudedaten werden ausschließlich auf Baublockebene zusammengefasst weiterverarbeitet und analysiert. (Fichtner, 2025)

3.2 Lage und Flächennutzung

Die kreisfreie Großstadt Kaiserslautern liegt im südwestlichen Teil von Rheinland-Pfalz am nordwestlichen Rand des Pfälzerwaldes, der als größtes zusammenhängendes Waldgebiet Deutschlands gilt. Die Stadt befindet sich etwa 70 km westlich von Mannheim und 80 km südwestlich von Mainz und ist als Oberzentrum ein bedeutsamer Standort in der Region Westpfalz. Eine gute verkehrliche Anbindung ist sowohl aufgrund der Autobahnen A6 (Mannheim–Saarbrücken) und A63 (Mainz–Kaiserslautern), als auch durch direkte ICE-Bahnverbindungen in Metropolen wie Berlin, Hamburg

⁶ geomer - geointelligence and beyond <https://www.geomer.de/index.html>

oder Paris gewährleistet. Der Öffentliche Personennahverkehr ist durch ein enges Stadtbusnetz abgedeckt.

Wirtschaftlich ist Kaiserslautern durch einen vielfältigen Branchenmix geprägt, mit Schwerpunkten in der Automobil- und Zulieferindustrie, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Forschung und Entwicklung. Zahlreiche Institute wie das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM) und das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) unterstützen die Innovationskraft des Standorts.

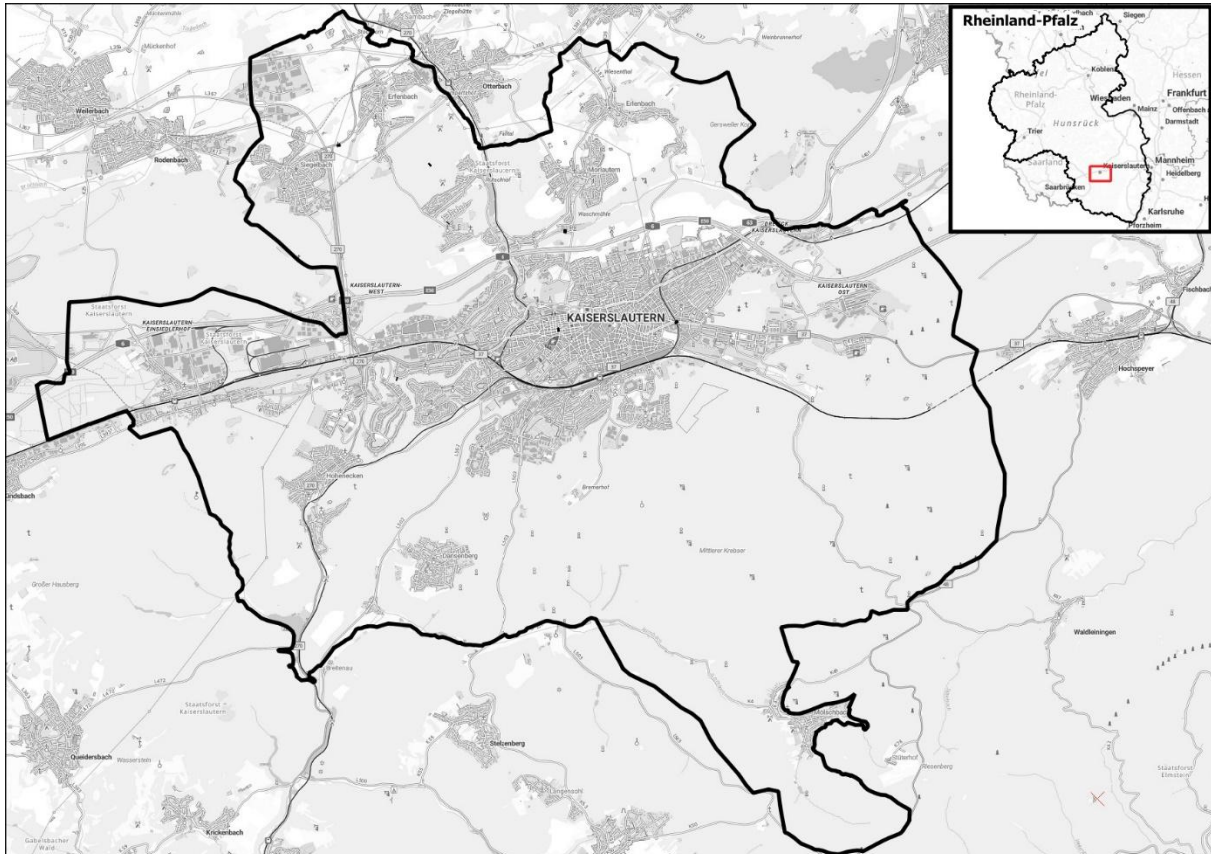


Abbildung 4: Lage der Stadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GeoBasis-DE, 2024)

Als Hochschulstandort verfügt Kaiserslautern über die Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) sowie die Hochschule Kaiserslautern, die sowohl Studierende als auch wissenschaftliche Einrichtungen anzieht.

Die bebauten Siedlungsflächen konzentrieren sich im Kernstadtbereich und den angrenzenden Stadtteilen, während größere Waldflächen, mit einem Flächenanteil von insgesamt 61 %, im Süden und Westen prägend für das Stadtgebiet sind Abbildung 5. Die Siedlungs- und Verkehrsflächen nehmen zusammen 29 % der Fläche. Mit 8 % Flächenanteil spielt die Landwirtschaft in Kaiserslautern eine untergeordnete Rolle.

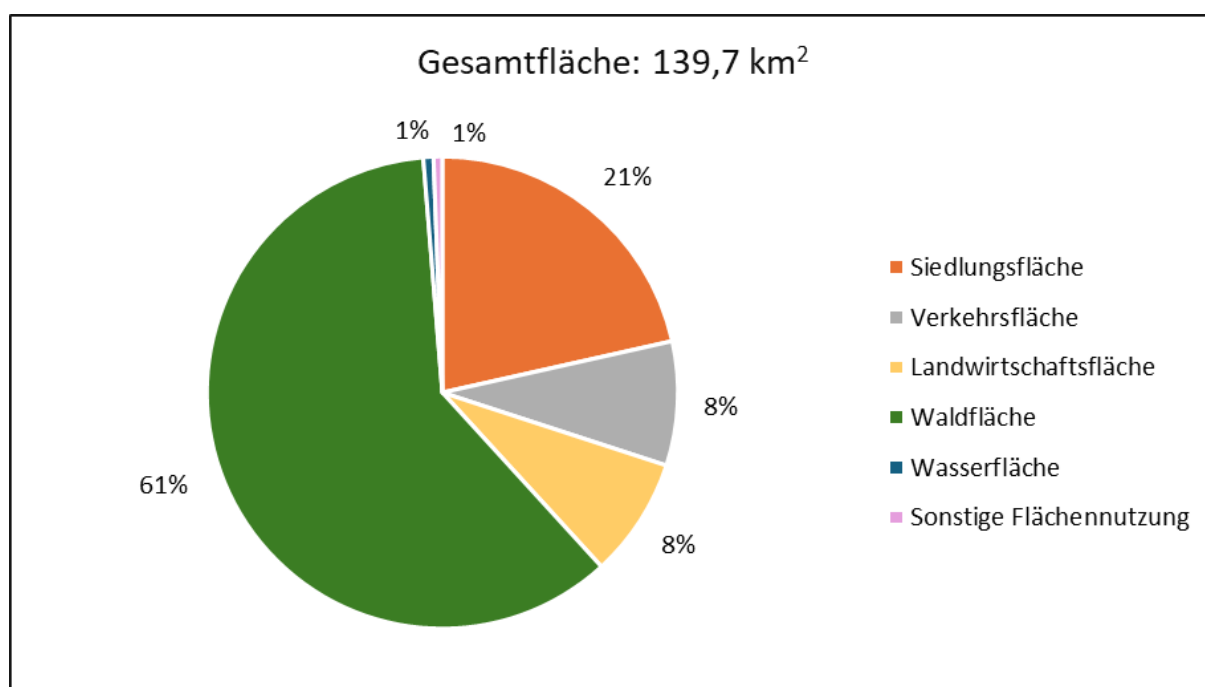


Abbildung 5: Flächennutzung der Stadt Kaiserslautern (B.A.U.M. Consult, 2025; Statistik RLP, 2025)

3.3 Bevölkerungsstruktur

Kaiserslautern ist eine Großstadt mit über 103.612 Einwohnern, davon 101.961 mit Hauptwohnsitz (Stand: 31. Dezember 2023). Die Bevölkerung von Kaiserslautern hat ein Durchschnittsalter von 43 Jahren und eine hohe Anzahl junger Erwachsener, bedingt durch Universität, Hochschule und Zuwanderung. Damit ist die Stadt etwas jünger als der Landesdurchschnitt. Gleichzeitig ist der Anteil der Altersklasse 65-79 Jahre relativ hoch und die Stadt zeigt Anzeichen der Alterung.

Tabelle 2: Bevölkerung 2023 nach Altersgruppen (Demografiebericht der Stadt Kaiserslautern, 2024)

Alter	wohnberechtigte Bevölkerung	prozentualer Anteil
0-17	15.420	15%
18-29	19.502	19%
30-44	20.966	20%
45-64	26.268	25%
65-79	14.763	14%
>=80	6.942	7%
Gesamt	103.861	100%

Die Bevölkerungszahl ist aufgrund internationaler Zuzüge trotz mehr Sterbefällen als Geburten im Jahr 2023 leicht positiv. Mit über 150 Nationalitäten ist Kaiserslautern international geprägt, mit einem überdurchschnittlichen Anteil nichtdeutscher Staatsangehörigkeit, besonders bei 19- bis 37-Jährigen. Die größten ausländischen Gruppen sind Syrer und Ukrainer (Demografiebericht der Stadt Kaiserslautern, 2024).

3.4 Gebäudebestand

In diesem Kapitel werden die der Kommunalen Wärmeplanung zugrunde gelegten Gebäudeinformationen erläutert. Für die Umsetzung einer Wärmeplanung sind geobasierte Informationen über die Bestandsbebauung unabdingbar, da jedem Gebäude ein spezifischer Wärmeverbrauch zugeordnet wird. Über die Nutzungsart des Gebäudes kann dann eine Unterscheidung in verschiedene Nutzungssektoren wie Nichtwohngebäude / Wohngebäude, und auch ob ein Gebäude beheizt wird oder nicht, durchgeführt werden.

Bei der Aufbereitung werden Geobasisinformationen zu Bestandsgebäuden zusammengesetzt, topologisch geprüft und mit Informationen aus weiteren Quellen ergänzt. Die Gebäudeinformationen beinhaltet Baualtersklassen, Gebäudetyp und die Zuweisung von Nutzungskategorien zu den verschiedenen Gebäuden.

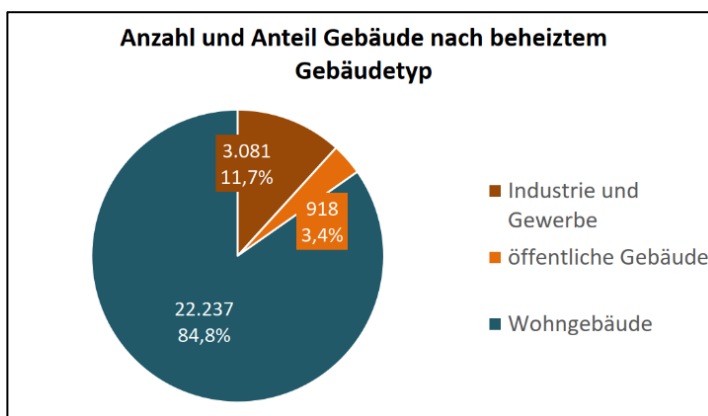


Abbildung 6: Anzahl und Anteil Gebäude nach beheiztem Gebäudetyp (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)

Im Stadtgebiet Kaiserslauterns haben ca. 26.200 Gebäude einen Wärmebedarf. Davon sind etwa 85 % Wohngebäude, 3 % öffentliche Gebäude und 12 % industriell oder gewerblich genutzte Gebäude (Abbildung 6). Die räumliche Verteilung der Nutzungskategorien ist in Abbildung 8 dargestellt. Es wird deutlich, dass insbesondere in der Kernstadt eine Mischnutzung der drei Kategorien vorliegt, wohingegen in den Randbereichen und umliegenden Stadtteilen eine klare Trennung ersichtlich ist.

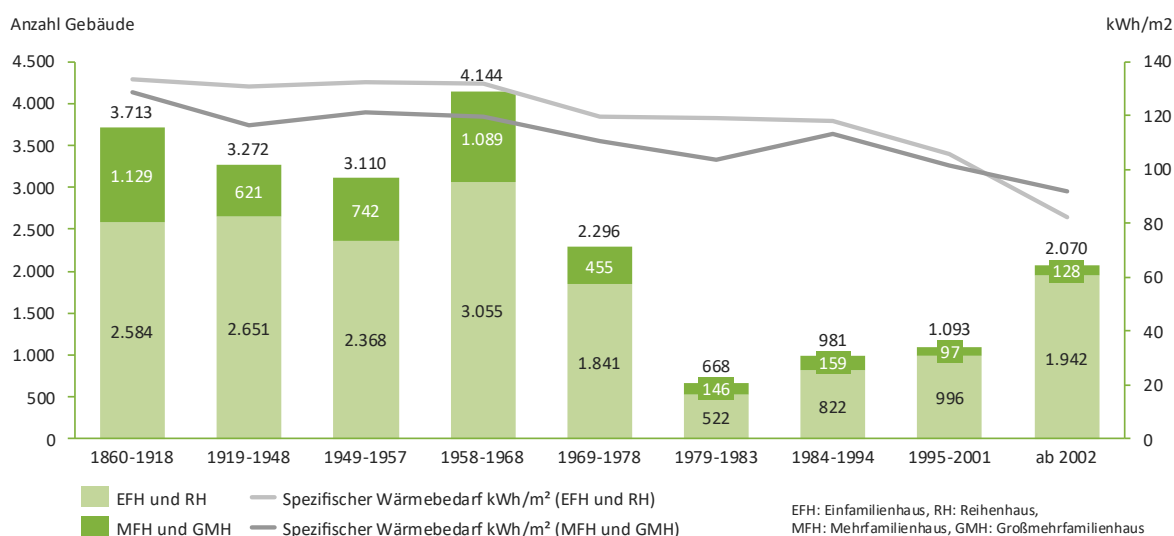


Abbildung 7: Anzahl Gebäude nach Baualtersklasse, Gebäudetyp und spezifischer Wärmebedarf (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)

Die Kategorie der Wohngebäude unterteilt sich in die Bautypen Einfamilienhaus (EFH), Reihenhaus (RH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Großmehrfamilienhaus/Wohnblock (GMH). Mehrheitlich kommen in Kaiserslautern Einfamilien- und Reihenhäusern vor (Abbildung 7). Im innerstädtischen Stadtbild dominieren Reihen- und Mehrfamilienhäuser. Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften und kleinere Mehrfamilienhäuser prägen die umliegenden Stadtteile.

Das Gebäudealter in der Kernstadt zeigt eine besonders hohe Dichte an älteren, zum Teil denkmalgeschützten Bauwerken auf, welche aus der Zeit zwischen 1860 und 1958 stammen (Abbildung 7). In dem gesamten Zeitabschnitt war die Bautätigkeit in der Stadt Kaiserslautern recht hoch und relativ konstant, mit einem Bauboom in den 50er und 60er Jahren. In den darauffolgenden zwei Jahrzehnten nahm der Neubauanteil leicht ab, während zwischen 1979 und 1983 das Bauvolumen stark zurückging. Ab 1984 ist wieder eine stetige Zunahme an Neubauten zu verzeichnen, wobei dieser Trend bis 2001 anhielt. Ab 2002 kam es zu einer stärkeren Bautätigkeit, die vor allem durch die zunehmende Nachfrage nach Wohnraum und einer positiven wirtschaftlichen Entwicklung bedingt war.

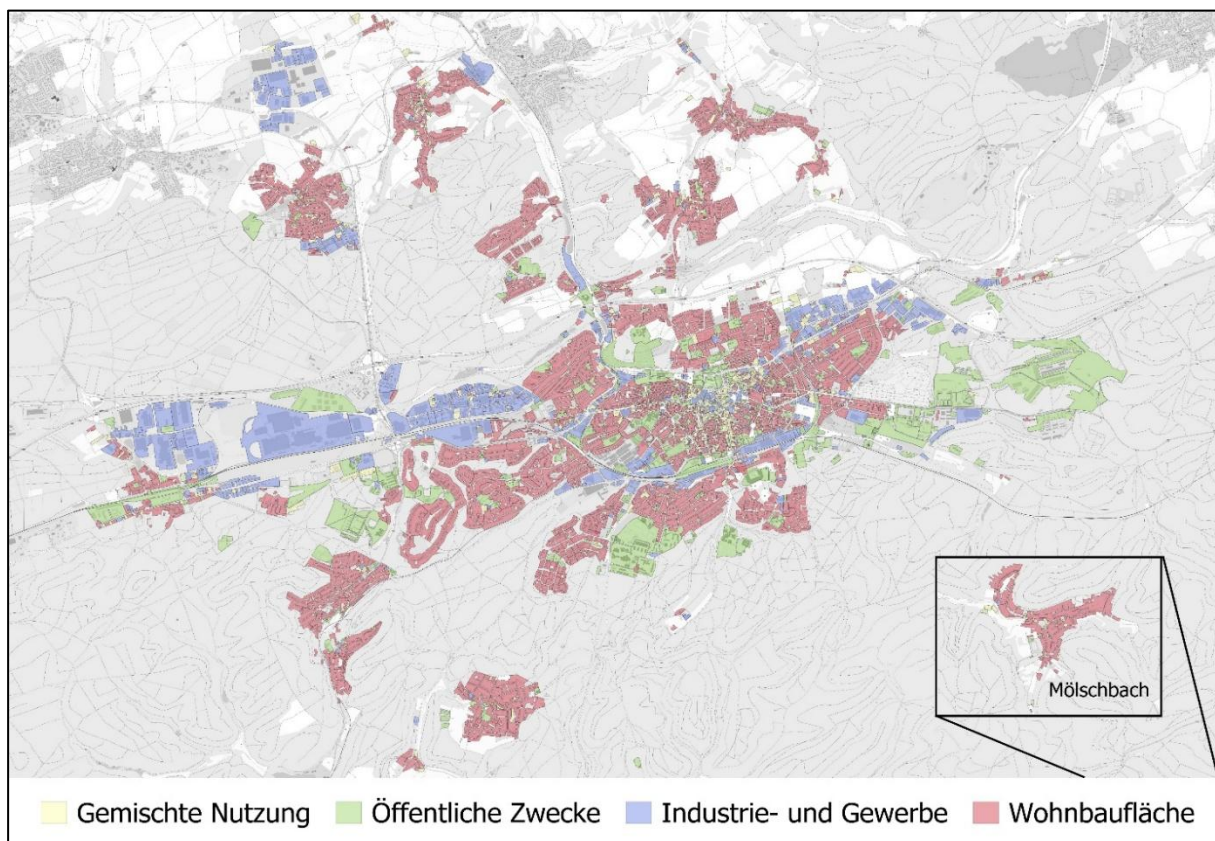


Abbildung 8: Siedlungsstruktur nach Typ (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)

Die räumliche Verteilung der Gebäudealter spiegelt das historische Wachstum der Stadt wider (Abbildung 9). In der Kernstadt, insbesondere in den historischen Stadtteilen, sind die Gebäude aufgrund der langen Geschichte der Stadt und der historischen Bebauung tendenziell älter. Mit zunehmendem Abstand zur Kernstadt zeigt sich eine deutliche Verjüngung der Gebäude. Hier wurden Neubauten und modernere Bauformen errichtet.

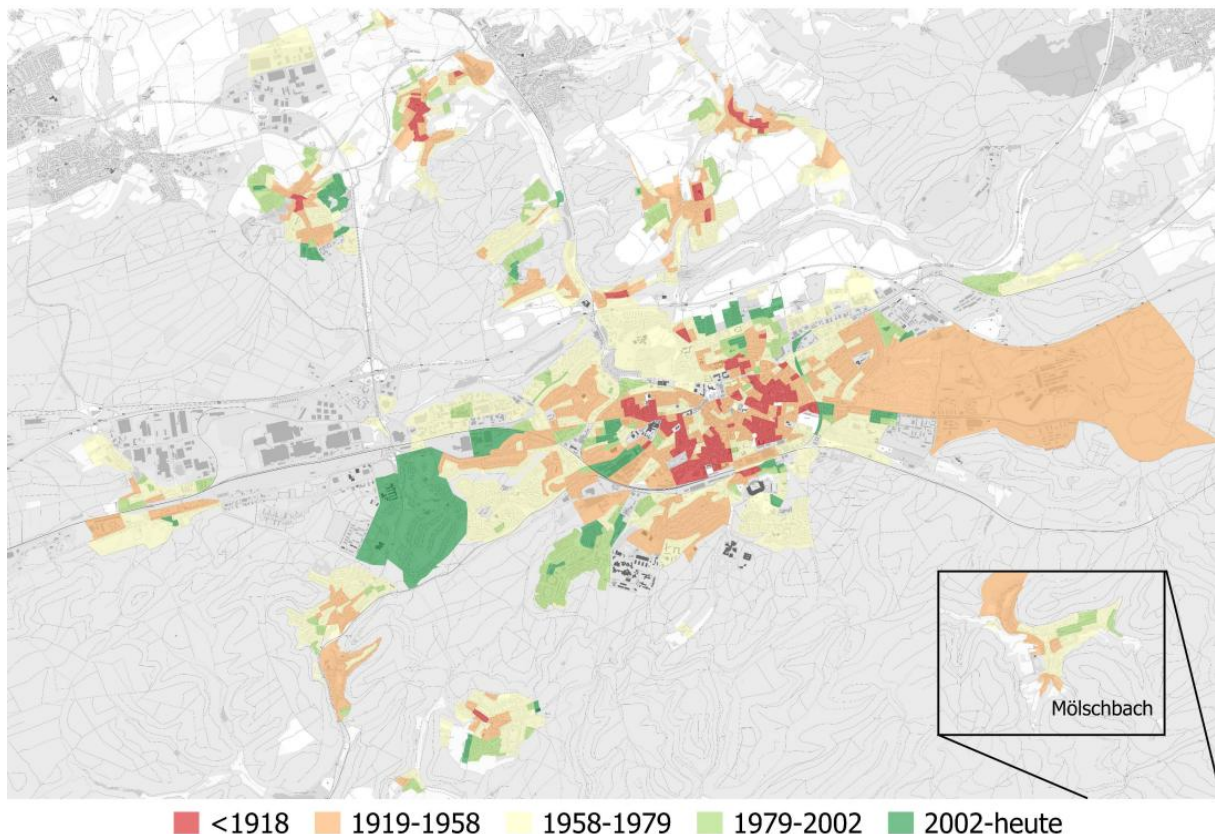


Abbildung 9: räumliche Verteilung der Baualtersklassen (Wohngebäude innerhalb Wohnbauflächen) (Fichtner, 2025) (GEOMER, 2025)

Auch in den umliegenden Stadtteilen lässt sich ein ähnliches Muster beobachten: Die ältesten Gebäude befinden sich in den historischen Ortskernen, während das Wachstum in die Peripherie hinein zunehmend von Neubauten geprägt ist. Diese unterschiedlichen Altersstrukturen müssen in der Kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt werden, da sie maßgeblich den Wärmebedarf, die Sanierungsstrategien und die Gestaltung von Wärmeversorgungsnetzen beeinflussen.

3.5 Energieversorgung

Die SWK sind mit den Hauptaufgaben der Strom-, Gas-, Wasser-, und Wärmeversorgung der Kernversorger in Kaiserslautern. Die Stadtwerke betreiben mit dem Fernwärme- und Gasnetz die wichtigsten Wärmeinfrastrukturen in der Stadt. Diese werden nachfolgend kurz beschrieben.

3.5.1 Energieträger und Wärmeerzeuger

Die Wärmeversorgung von Kaiserslautern basiert heute im Wesentlichen auf fossilen Energieträgern. Es dominiert sehr deutlich der Anteil aus Erdgas (78 %), nennenswerte Anteile haben daneben Heizöl und die Fernwärme. Alle weiteren Energieträger spielen heute eine untergeordnete Rolle.

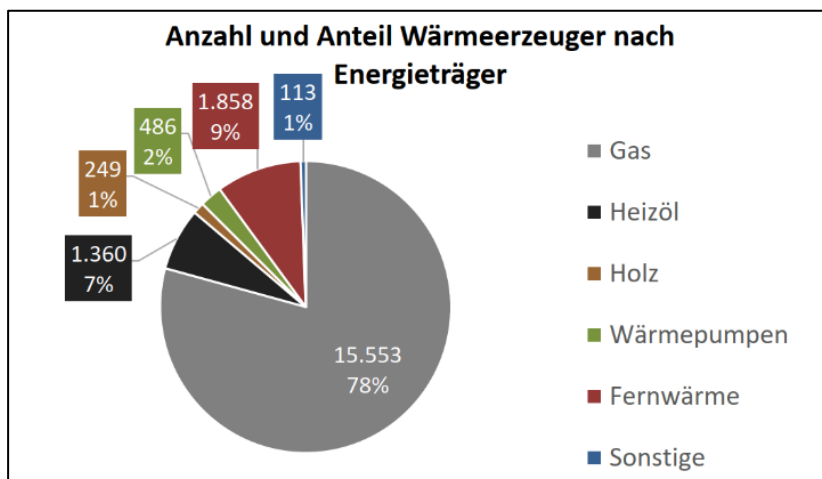


Abbildung 10: Anzahl und Anteil Wärmeerzeuger nach Energieträger (Fichtner, 2025; Statistisches Bundesamt, 2024), (SWK, 2025b)

Dieses grundsätzliche Bild zeigt sich auch in den Stadtteilen. Es dominieren Erdgas und Heizöl sowie im innerstädtischen Bereich die Fernwärme (vgl. Abbildung 11).

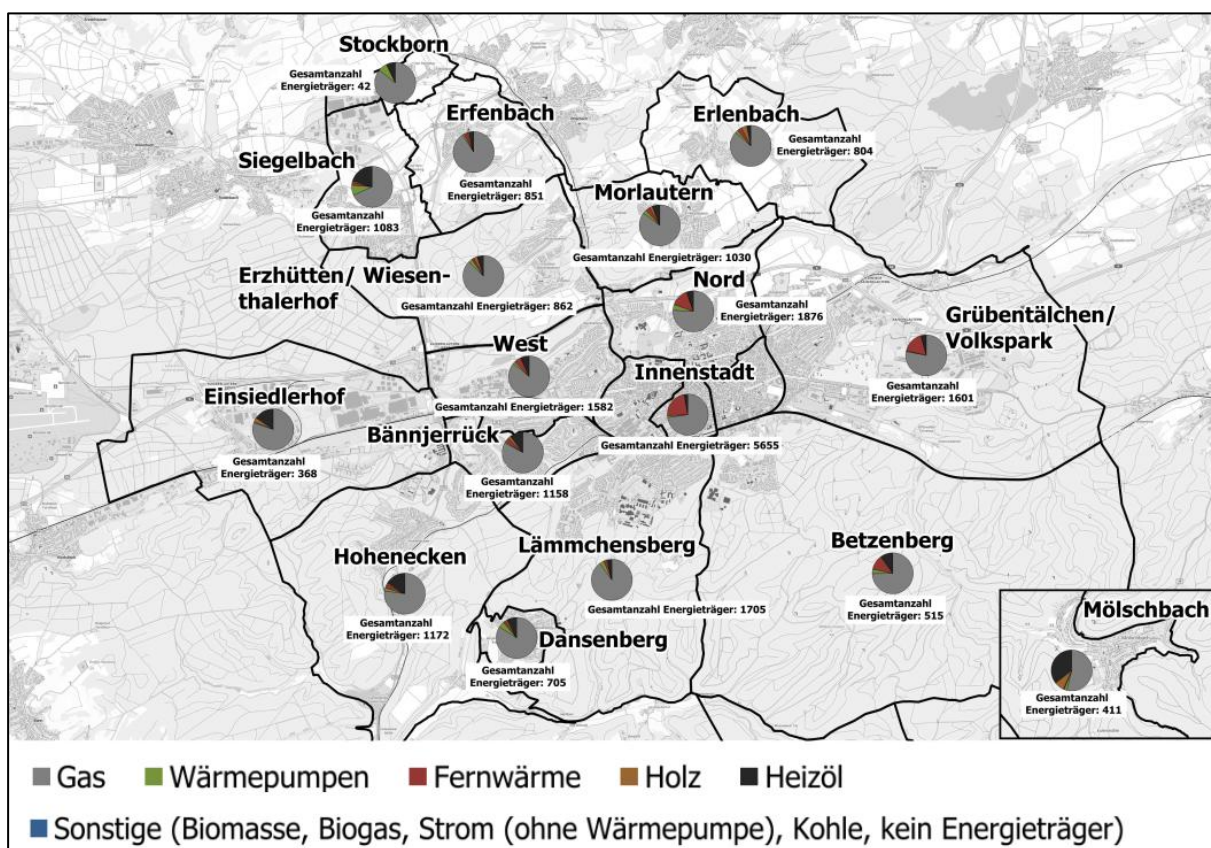


Abbildung 11: Wärmeerzeuger nach Energieträgern pro Stadtteil (Anzahl) (Fichtner, 2025; Statistisches Bundesamt, 2024) (SWK, 2025b)

Die nachfolgende Abbildung 12 veranschaulicht das Alter der Heizungsanlagen innerhalb von Kaiserslautern. Die Darstellung basiert auf der Analyse von Kaminkehrer-Daten, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ausgewertet wurden. Auf der Karte wird das Alter der Heizungen in vier Kategorien unterteilt, was durch eine unterschiedliche Farbgebung verdeutlicht wird. Die Karte zeigt, dass

ein Großteil der Heizungen in Kaiserslautern ein Alter zwischen 20 und 30 Jahren aufweist. Heizungen, die jünger als 10 Jahre sind, finden sich hauptsächlich in einigen ausgewählten Bereichen mit Neubaugebieten, welche durch hellblaue Linien gekennzeichnet sind.

Die Karte gibt einen umfassenden Überblick über den aktuellen Zustand der Heizungsanlagen im Untersuchungsgebiet und kann als Grundlage für weitere Planungen und die Entscheidungsfindung in Bezug auf Erneuerung und Modernisierung der Heizsysteme dienen.

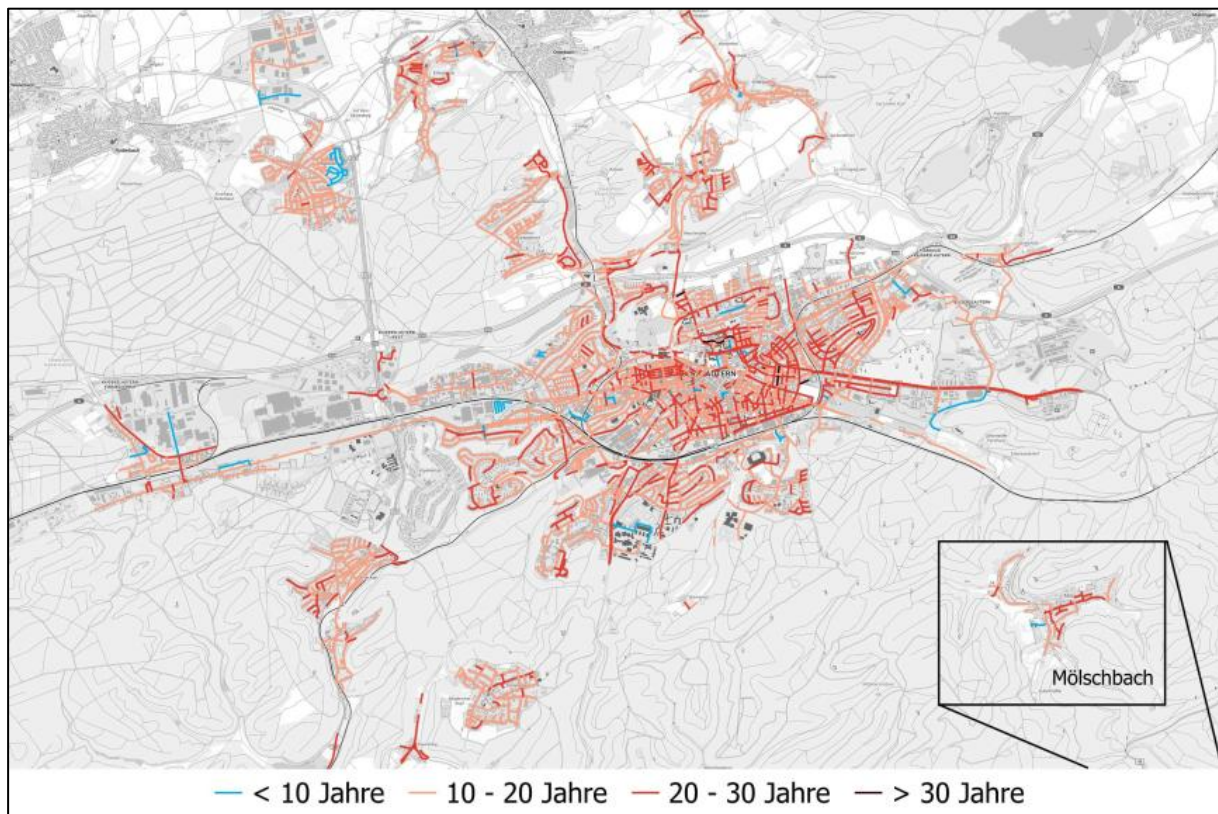


Abbildung 12: Anlagenalter Heizungen (mittleres Baujahr der Heizungen pro Straße) (Fichtner, 2025)

3.5.2 Erdgasinfrastruktur

Die SWK ist für den Betrieb eines ca. 690 Kilometer umfassenden Gasverteilnetzes zuständig, das nicht nur die zentralen Stadtteile von Kaiserslautern, sondern auch die Stadt Otterberg und 19 Gemeinden im Großraum um Kaiserslautern versorgt. Alle für die Gasversorgung notwendigen Anlagen sind im Besitz der Stadtwerke und decken verschiedene Druckstufen, einschließlich Hoch-, Mittel- und Niederdruck, ab. Die Creos Deutschland GmbH fungiert als vorgelagerter Netzbetreiber für die SWK. (SWK, 2025)

Über diese Kopplungspunkte wird das Erdgas in einem weitverzweigten System an etwa 17.300 Kunden verteilt.

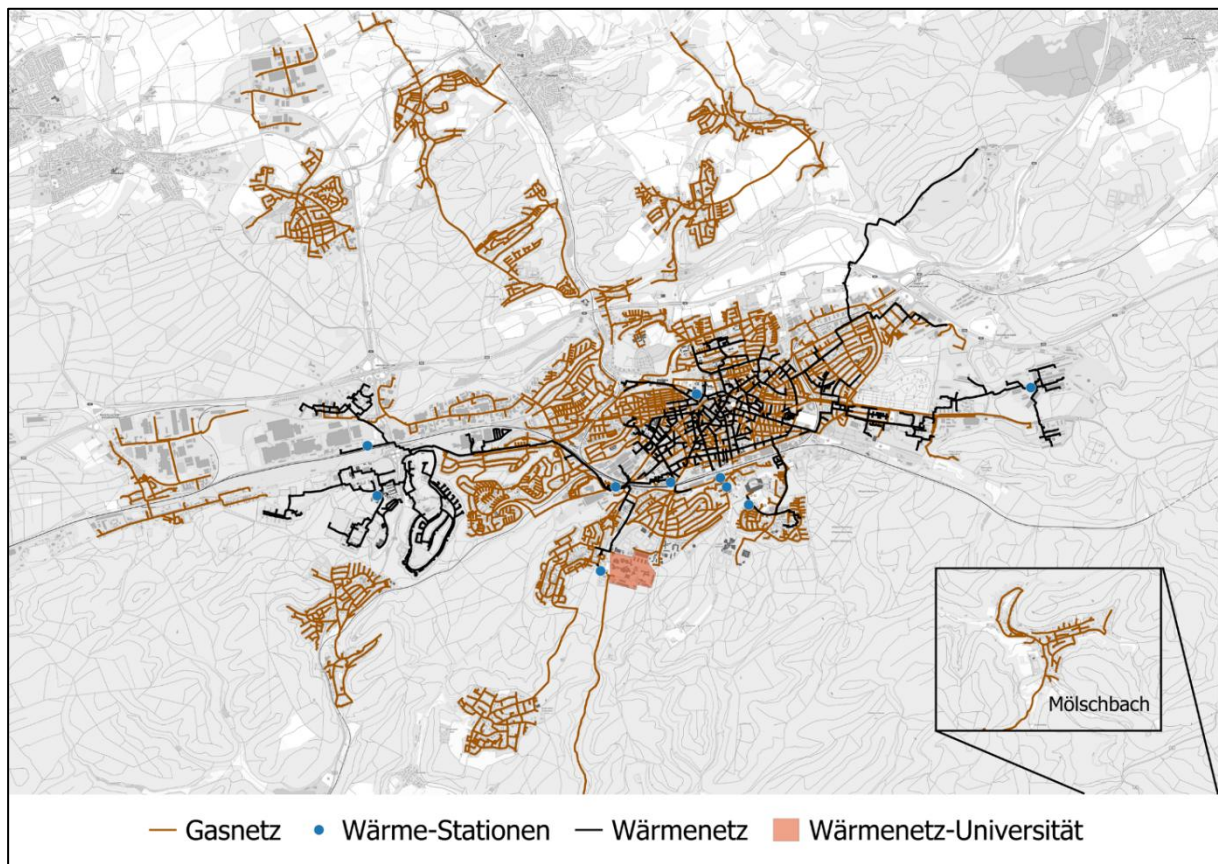


Abbildung 13: Wärmeversorgung Kaiserslautern (Fichtner, 2025) (SWK, 2025b)

3.5.3 Fernwärmenetz

Die Stadtwerke betreiben ein etwa 210 Kilometer langes Heißwassernetz inkl. Hausanschlussleitungen mit rund 9.100 Gebäudeanschlüssen in Kaiserslautern. Die Fernwärme des städtischen Fernwärmenetzes wird derzeit vollständig über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Anlagen der SWK erzeugt. Abbildung 14 zeigt den Brennstoffmix aus KWK im Jahr 2023.

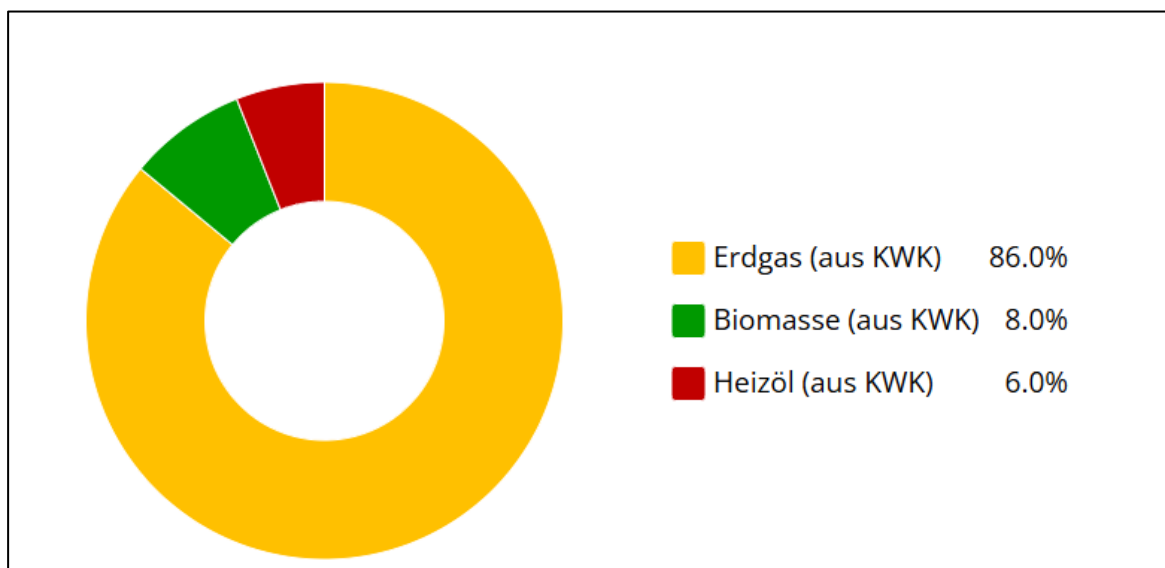


Abbildung 14: Kennzeichnung der Wärmelieferung für das Fernwärmenetz 2023 (SWK, 2025a)

3.5.4 Stromnetzinfrastruktur zu Heizzwecken

Bisher spielte die Stromnetzinfrastruktur zu Heizzwecken eine untergeordnete Rolle (vgl. Kapitel 3.5.13.5.1). Strom zu Heizzwecken wird für den Betrieb von Wärmepumpen sowie in einigen wenigen Fällen in Nachtspeicher- und Stromdirektheizungen eingesetzt. Dies wird sich in den kommenden Jahren ändern, denn vor allem zur Versorgung von Einfamiliengebäuden sowie generell im Neubau ist ein deutlicher Anstieg des Einsatzes von Wärmepumpen zu erwarten. Im Rahmen der Szenarioanalyse wird dieser Aspekt im weiteren Projektverlauf Berücksichtigung finden.

3.6 Erneuerbare Energieproduktion

Die aktuelle Energieproduktion aus erneuerbaren Energien in Kaiserslautern zeigt die Herausforderungen und Chancen der Energiewende. Der Ausbau des Einsatzes erneuerbarer Energien ist noch nicht weit fortgeschritten, was ein zentraler Aspekt für die nachhaltige Entwicklung der Stadt darstellt. Zwar existieren einige Flächen mit Solaranlagen und Windrädern in der Nähe der Stadt, doch sind diese Projekte bislang nur vereinzelte Ansätze. Auch die erneuerbare Wärmeerzeugung steht noch relativ am Anfang der insgesamt notwendigen Entwicklung. In den nachfolgenden beiden Abschnitten wird ein kurzer Überblick über den Stand der erneuerbaren Energieproduktion gegeben.

3.6.1 Erneuerbare Wärmeerzeugung

In Kaiserslautern ist die erneuerbare Wärmeerzeugung von 3.255 MWh im Jahr 2010 auf 7.655 MWh im Jahr 2020 kontinuierlich gestiegen. Die größte Rolle spielt Biomasse (63 %), gefolgt von Solarthermie (23 %) und Wärmepumpen (14 %). Diese Entwicklung unterstreicht das Engagement der Stadt für den Ausbau erneuerbarer Wärme, unterstützt durch bundesweite Förderprogramme (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025).

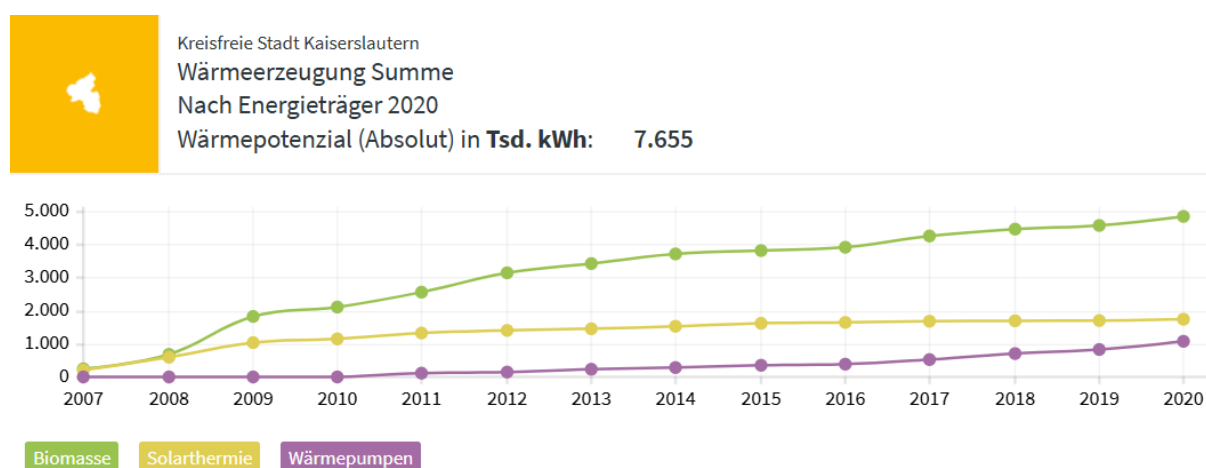


Abbildung 15: Entwicklung der erneuerbaren Wärmeerzeugung in Kaiserslautern von 2007 bis 2020. (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025)

Trotz dieser positiven Entwicklung ist für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Kaiserslautern noch einiges zu tun. Für die Erfassung der Ausgangssituation wird im nachfolgenden Kapitel 3.7 eine Analyse der Wärmenachfrage durchgeführt. Im weiteren Projektverlauf werden Zielszenarien

zur Deckung des Wärmebedarfs entwickelt sowie Maßnahmen zur Umsetzung der Wärmewende definiert.

3.6.2 Erneuerbare Stromproduktion

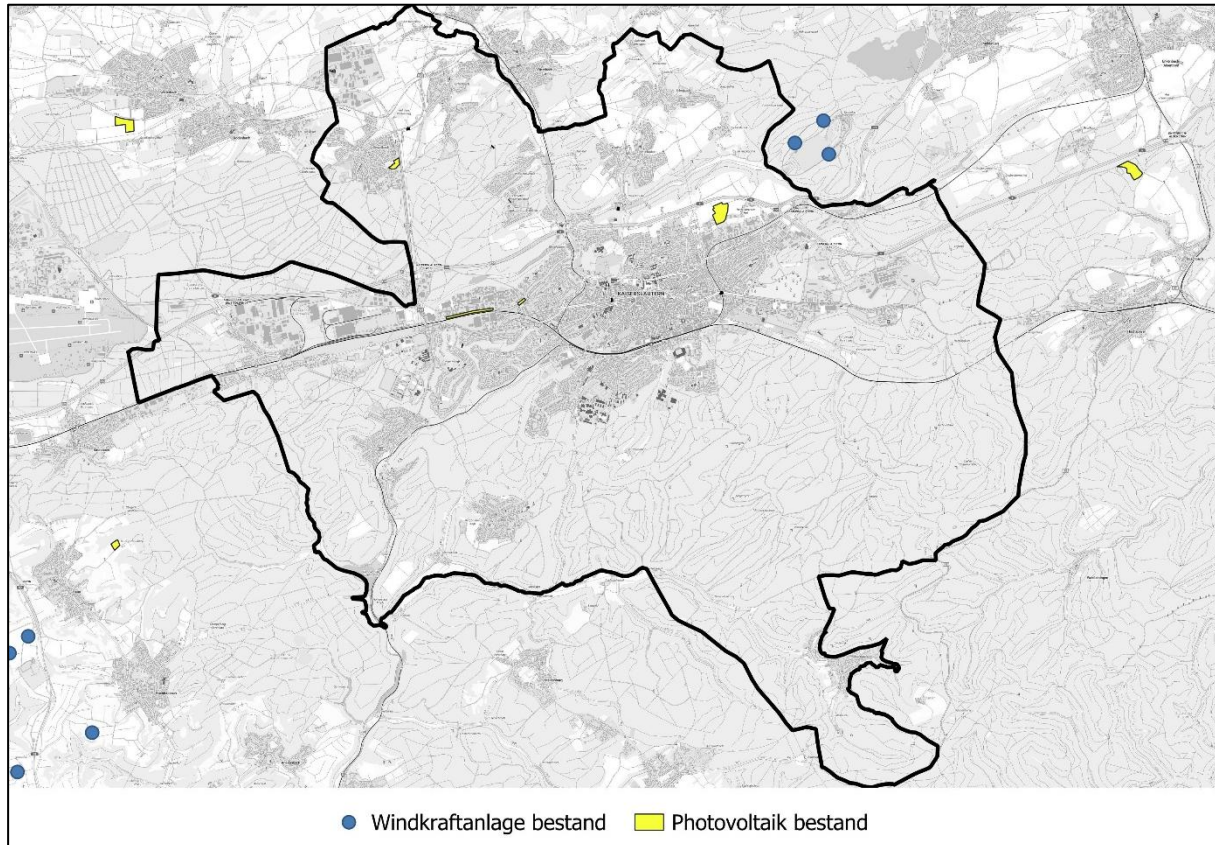


Abbildung 16: Bestand erneuerbare Energieproduktion in Kaiserslautern und Umland (Fichtner, 2025; MaStR, 2025)

In Rheinland-Pfalz ist die Produktion von erneuerbarem Strom bereits weiter vorangeschritten, insbesondere durch den Ausbau der Windkraft. Diese Windkraftanlagen tragen zur lokalen Energieversorgung bei und sind somit auch ein wichtiger Aspekt der Kommunalen Wärmeplanung. Die Entwicklung im Umland Kaiserslauterns unterstützt die Stadt dabei, ihre Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren, und eröffnet Potenziale für eine nachhaltigere Wärmeversorgung.

Obwohl der Ausbau der Windenergie in der Region vorangetrieben wird, zeigt der Energieatlas Rheinland-Pfalz, dass derzeit ausschließlich Strom aus Photovoltaikanlagen in das Netz der Stadt Kaiserslautern eingespeist wird; Windenergie, Wasserkraft, Biomasse oder Geothermie tragen aktuell entsprechend der Angaben aus dem Energieatlas nicht zur erneuerbaren Stromeinspeisung bei. Seit 2010 stieg die Einspeisung von Solarstrom von 6.131 Tsd. kWh auf einen Höchstwert von 45.619 Tsd. kWh und liegt 2023 bei 33.311 Tsd. kWh. Diese Entwicklung verdeutlicht die Rolle der Solarenergie als zentrale Säule der erneuerbaren Stromversorgung der Stadt (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025).



Kreisfreie Stadt Kaiserslautern

Stromeinspeisung Summe

Nach Energieträger 2023

Menge (Absolut) in Tsd. kWh: 33.311

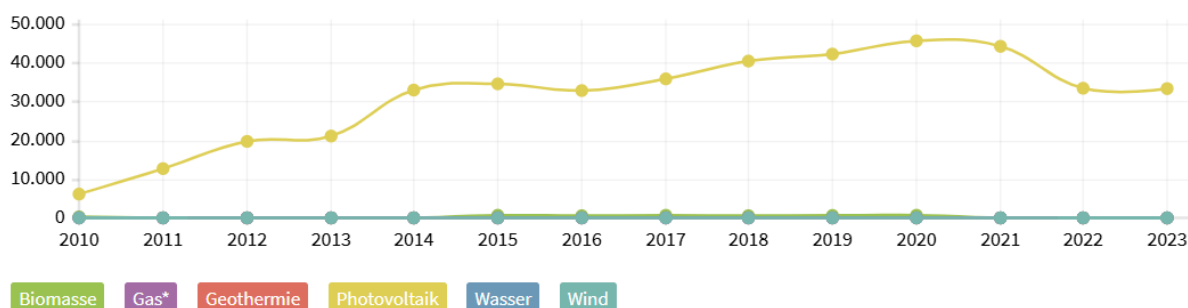


Abbildung 17: Stromeinspeisung in Kaiserslautern von 2010 bis 2023 (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025).

3.7 Wärmenachfrage

Im Wärmesektor werden die Begriffe „Bedarf“ und „Verbrauch“ häufig synonym verwendet, obwohl sie unterschiedlich definiert sind. Um Missverständnisse zu vermeiden, wird im folgenden Exkurs eine klare Abgrenzung vorgenommen.

EXKURS: Abgrenzung der Begriffe „Wärmebedarf“ und „Wärmeverbrauch“

Energiebedarf: Ein berechneter Wert, der auf Grundlage von Gebäudedaten sowie standardisierten Randbedingungen (z. B. Außentemperaturen, Raumtemperaturen, Nutzerverhalten) ermittelt wird. Dieser Ansatz wird beispielsweise im Energiebedarfsausweis verwendet, um die benötigte Wärmemenge unter idealisierten Bedingungen zu berechnen und Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Energieverbrauch: Ein gemessener Wert, der die tatsächlich im Gebäude benötigte Wärmemenge widerspiegelt. Unterschiede zum Bedarf können durch abweichendes Nutzerverhalten, wie andere Raumtemperaturen oder Anwesenheitszeiten, entstehen. Dies wird im Energieverbrauchsausweis berücksichtigt.

Bei der Kommunalen Wärmeplanung ist es oft nicht möglich, einheitlich auf Verbrauchs- oder Bedarfsdaten zurückzugreifen. Während für einige Energieträger reale Verbrauchsdaten vorliegen, müssen für andere aufgrund fehlender systematischer Erfassung Bedarfswerte berechnet werden. Daher wird folgende Nomenklatur verwendet:

Endenergieverbrauch/Wärmeverbrauch: Die gemessene oder, falls nicht verfügbar, berechnete Energiemenge eines Brennstoffs oder Energieträgers in kWh, die direkt vor dem Eintritt in den Wärmeerzeuger bereitgestellt wird. Hierbei wird auch Umweltwärme (z. B. bei Wärmepumpen) einbezogen. Dies entspricht dem „Energieverbrauch“ der Heizungsanlage.

Endenergiebedarf/Wärmebedarf: Die Wärmemenge, die nach der Wärmeerzeugung im Gebäude zur Verfügung steht. Verluste, beispielsweise durch Leitungen, sind hier noch nicht abgezogen.

3.7.1 Berechnung des Wärmebedarfs

Durch gebäudescharfe Betrachtung des Wärmebedarfs ergibt sich der spezifische Gesamtwärmebedarf des Untersuchungsgebiets.

Der Wärmebedarf pro Gebäude ergibt sich aus der beheizten Fläche und dem Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf pro m². Dieser Wärmebedarf wird mit verfügbaren Gas-, Fernwärme-, und Stromverbrauchsdaten aus den letzten 3 Jahren (2021-2023) abgeglichen, um die Werte zu plausibilisieren.

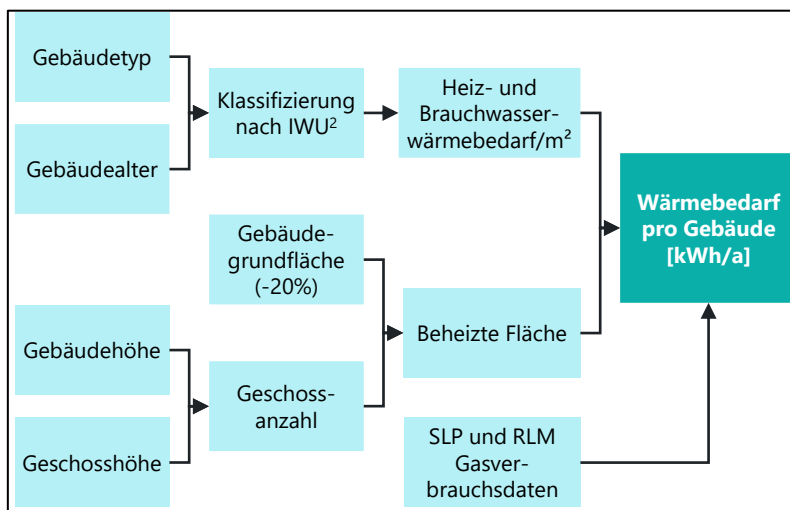


Abbildung 18: Schema Berechnung Wärmebedarf je Gebäude. Basierend auf Methodologie der Wärmebedarfsermittlung des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU)

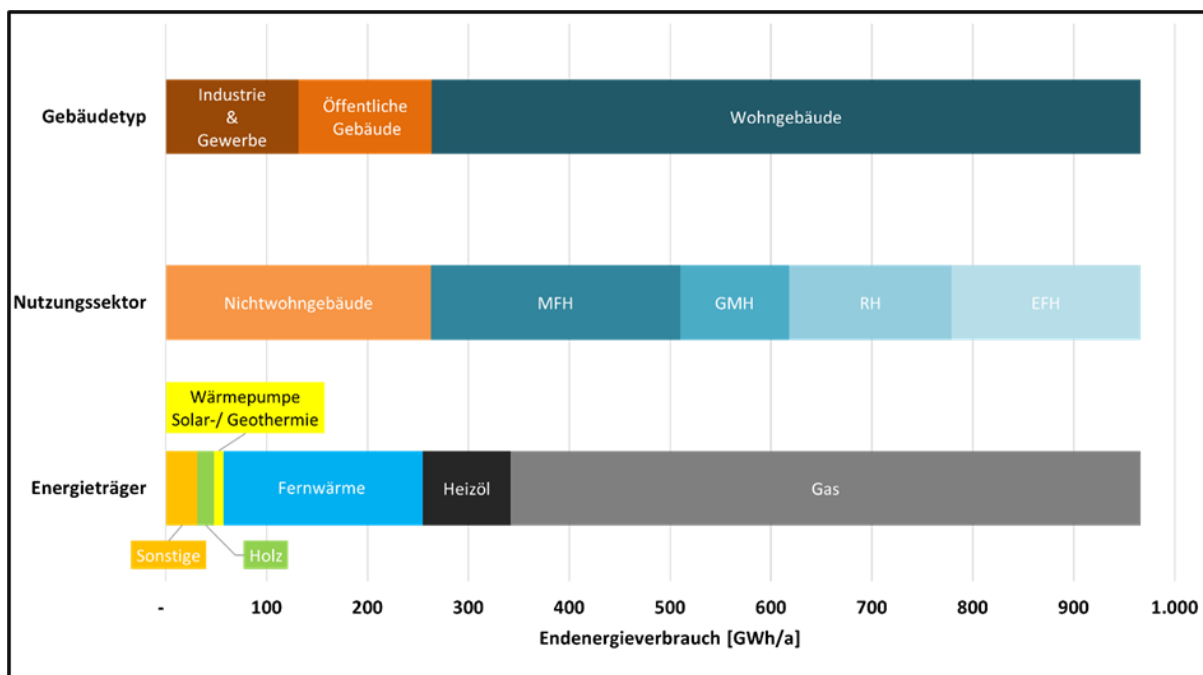


Abbildung 19: Endenergieverbrauch Kaiserslautern im Jahr 2024 (Fichtner, 2025) (GEOMER, 2025; Statistisches Bundesamt, 2024), (SWK, 2025b)

Der Wärmebedarf im Jahr 2024 des gesamten Untersuchungsgebietes (Stadt Kaiserslautern) liegt bei 967 GWh, welcher zu mehr als 80 % netzgebunden versorgt wird, überwiegend mit Erdgas (65 %) und mit Fernwärme (20 %). Der restliche Anteil von 15 % wird dezentral über Heizöl, Biomasse, Strom und Solar- und Geothermie versorgt.

Tabelle 3: Absolute und relative Werte des Endenergieverbrauch nach Gebäudetyp/Nutzungssektor

Gebäudetyp/ Nutzungssektor	Nichtwohngebäude			Wohngebäude			Gesamt
	Industrie & Gewerbe	Öffentliche Gebäude	MFH	GMH	RH	EFH	
GWh/a	132	132	247	108	161	187	967
%	14	14	25	11	17	19	100

Tabelle 4: Absolute und relative Werte des Endenergieverbrauchs nach Energieträger

Energieträger	Sonstige	Holz	Wärmepumpe, Solar- / Geothermie	Fernwärme	Heizöl	Gas
GWh/a	32	16	9	198	87	624
%	3	2	1	20	9	65

Der Wärmebedarf eines Gebäudes hängt eng mit dem Baujahr beziehungsweise der Baualtersklasse zusammen. Ältere Bauten sind in der Regel weniger energieeffizient errichtet als neuere, was sich in einem höheren Energieverbrauch widerspiegelt. Besonders Gebäude aus der Zeit vor den 1970er-Jahren weisen oft einen deutlich erhöhten Wärmebedarf auf, da sie unzureichend gedämmt sind und vielfach noch über veraltete Fenster und Heizungsanlagen verfügen. Ab 1978 wurden durch die erste Wärmeschutzverordnung Mindestanforderungen an die Wärmedämmung eingeführt, was den Energieverbrauch senkte.

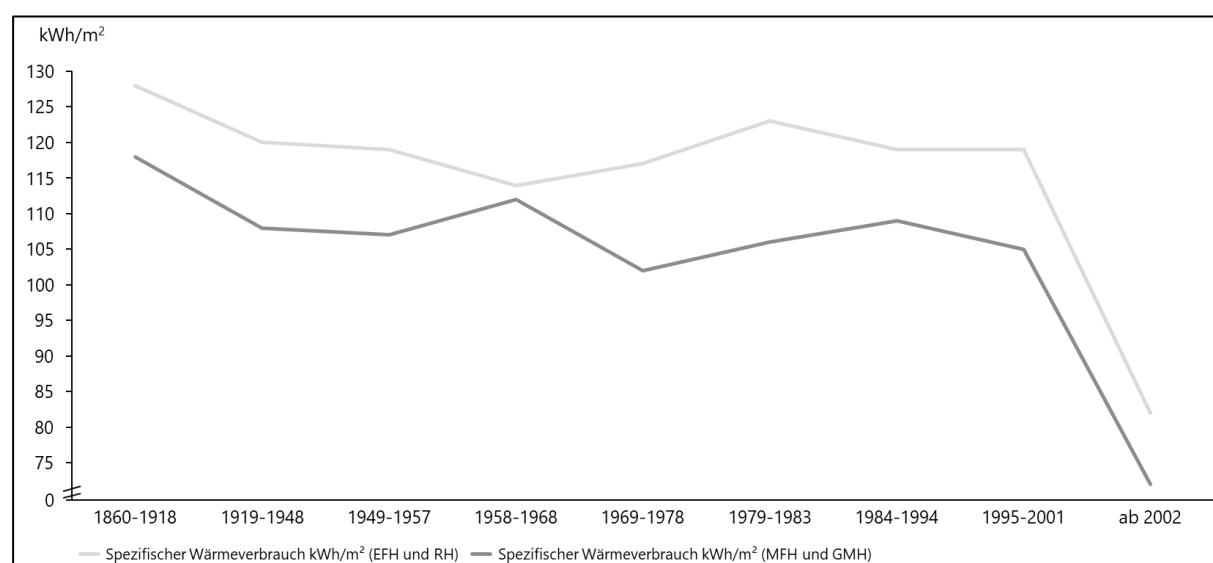


Abbildung 20: Durchschnittlicher spezifischer Wärmeverbrauch (in kWh/m²) je Baualtersklasse und Gebäudetyp (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)

Neubauten, besonders seit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 und des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) 2020, sind deutlich effizienter. Sie weisen eine bessere Wärmedämmung und oft dreifach verglaste Fenster auf, wodurch ihr Wärmebedarf deutlich geringer ist, wie in Abbildung erkennbar ist. Die durchschnittlichen spezifischen Wärmeverbräuche werden je Baualterklasse und Wohngebäudetyp - Einfamilienhaus (EFH) und Reihenhaus (RH) als auch Mehrfamilienhaus (MFH) und großes Mehrfamilienhaus (GMH) - angegeben. Abbildung 7 und Abbildung 9 geben genauere Einblicke in die Altersstruktur der Stadt Kaiserslautern.

3.7.2 Wärmekataster

Auf Basis der oben beschriebenen Informationen und Eingangsdaten wurde ein datenschutzkonformes gebäudescharfes Wärmekataster für das Untersuchungsgebiet erstellt. Die gebäudescharfen, modellierten Wärmebedarfe werden zur Erstellung des Wärmekatasters auf einen Hektar aggregiert. Somit lassen sich flächenbezogene Hotspots identifizieren, in denen hohe Wärmedichten herrschen.

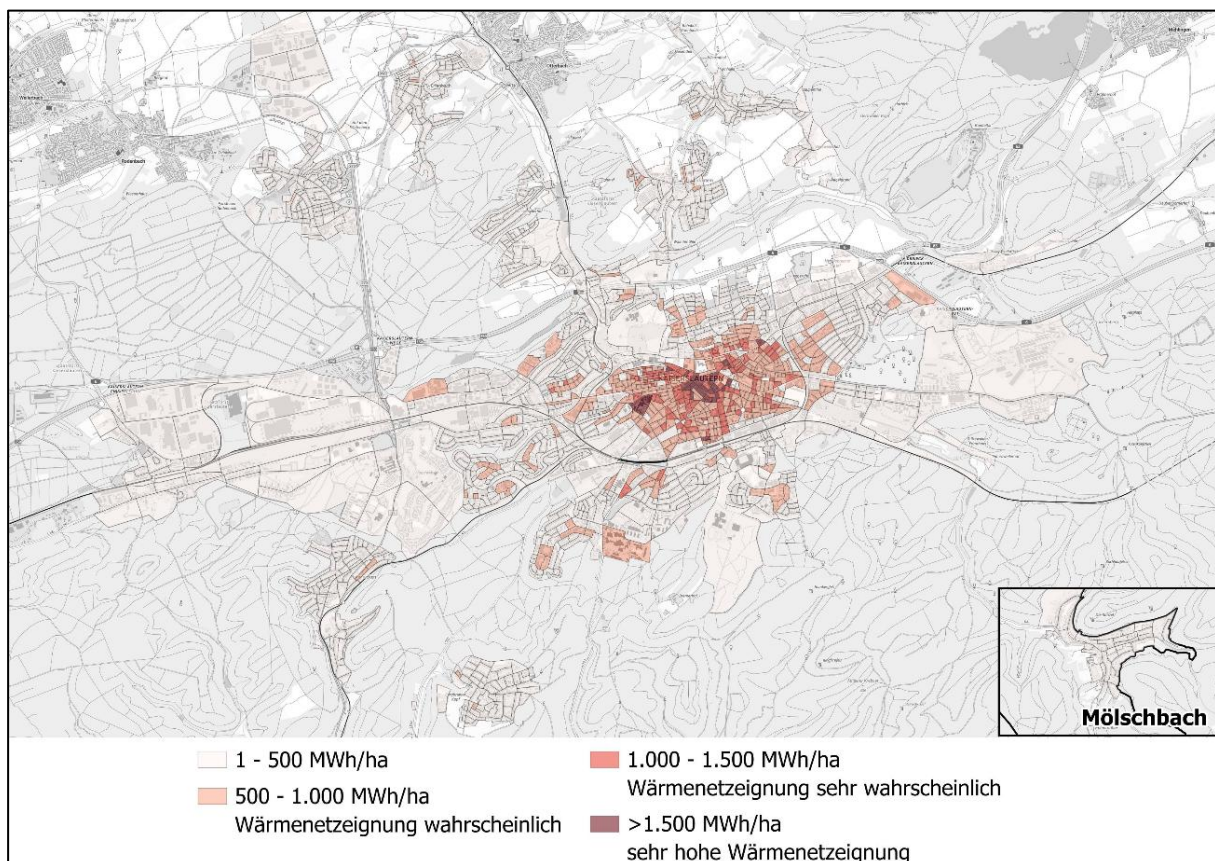


Abbildung 21: Wärmekataster: Darstellung der Flächenwärmedichte der Stadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)

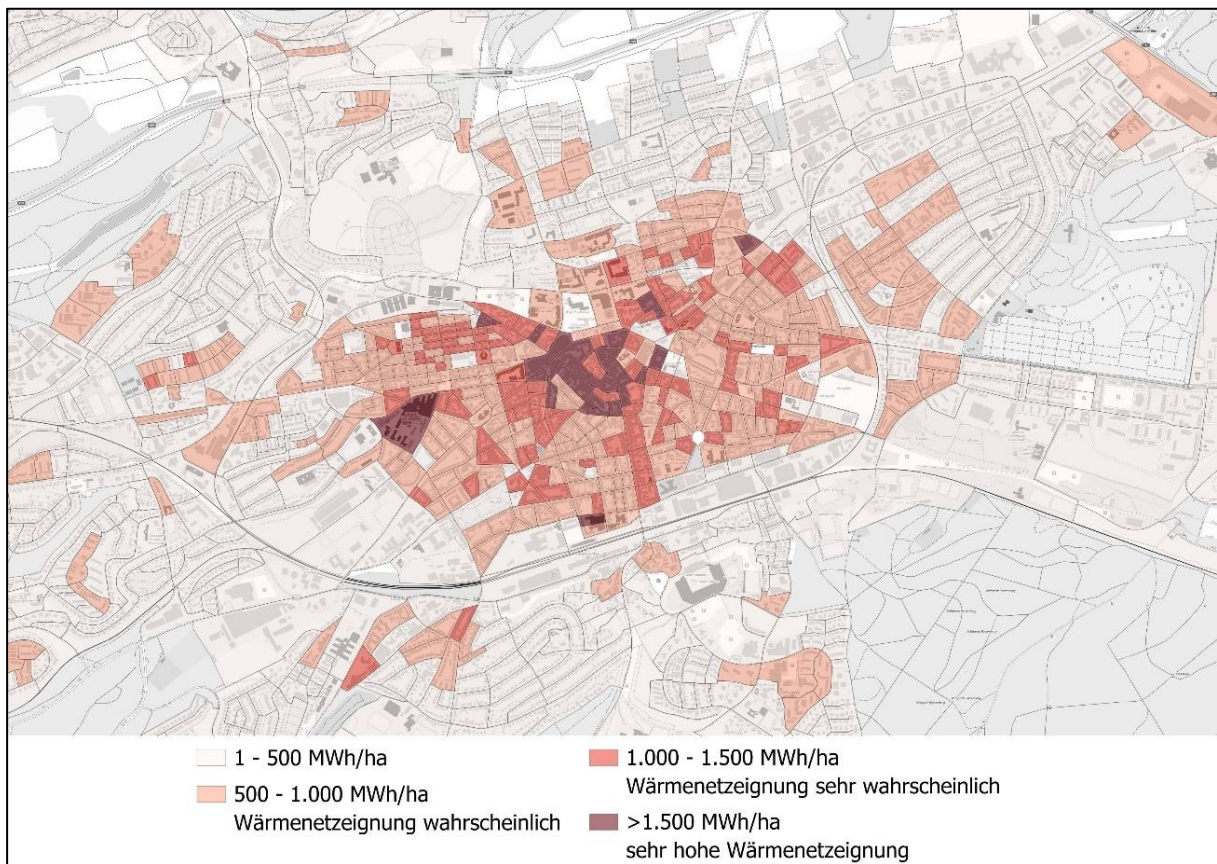


Abbildung 22: Wärmekataster Kernstadt Kaiserslautern: Darstellung der Flächenwärmedichte (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)

3.7.3 Wärmeliniendichten

Zur Erstellung von Liniendichten wurden die Wärmebedarfe der Gebäude auf Straßenzüge aggregiert und auf einen Straßenmeter bezogen. Je größer die Liniendichte, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine leitungsgebundene Wärmeversorgung wirtschaftlich tragfähig ist.

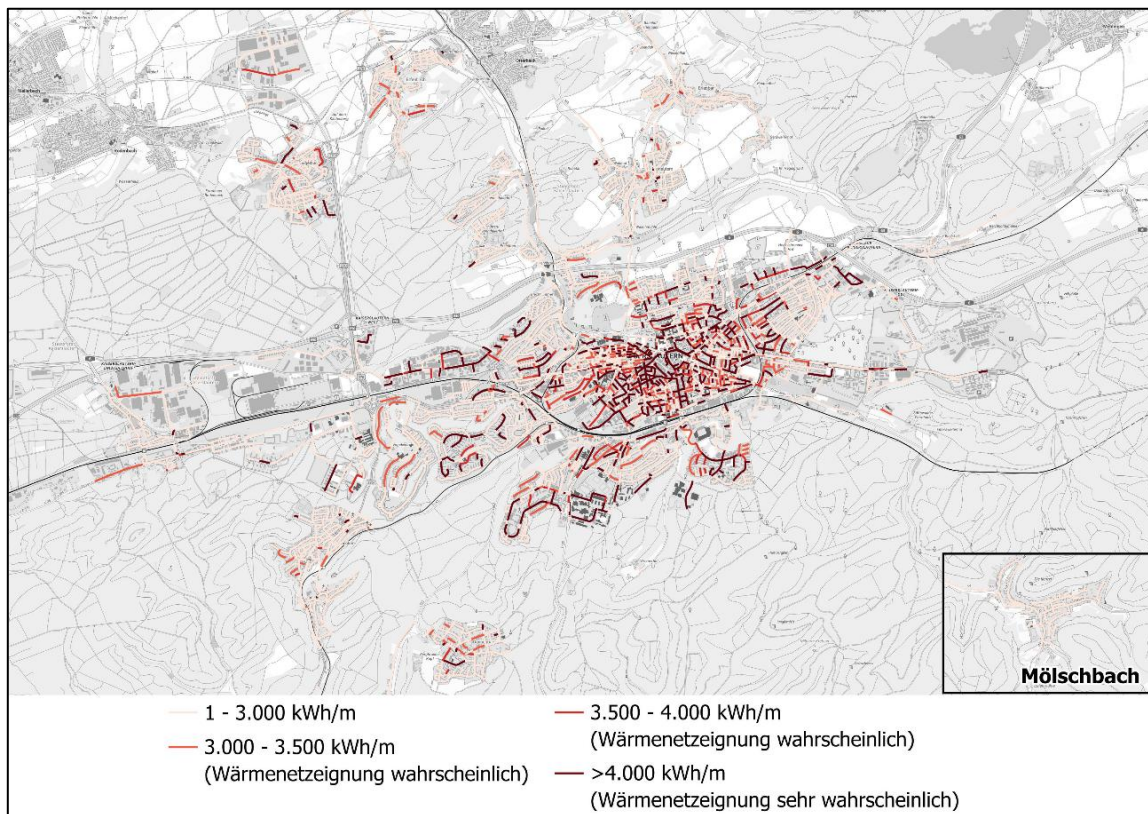


Abbildung 23: Darstellung der Wärmelinienichten pro Straßenzugmeter der Stadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)

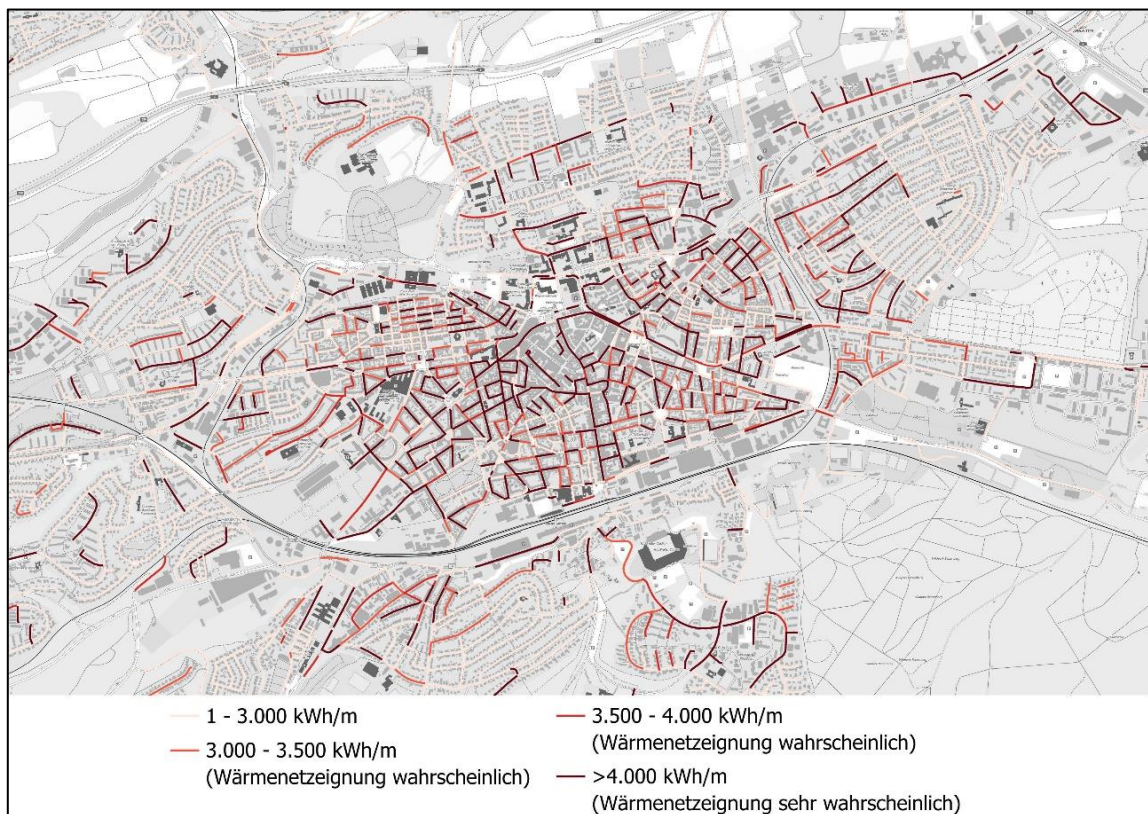


Abbildung 24: Darstellung der Wärmelinienichten pro Straßenzugmeter, der Kernstadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)

3.8 Energie- und Treibhausgasbilanz der Wärmeversorgung

Die THG-Bilanzierung ist ein wichtiges Instrument für die Kommunen, um Treibhausgasquellen und -treiber zu identifizieren, Maßnahmen und Strategien zur Reduzierung von Emissionen zu monitoren und ggfs. anzupassen. Für die Stadt Kaiserslautern wurde im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung eine Bilanzierung des Wärmesektors vorgenommen und damit ein detailliertes Bild der THG-Emissionen aus diesem Bereich erstellt.

Die Bilanzierung basiert auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse zur Ermittlung der Energiemengen im Bereich Wärme (vgl. Kapitel 2.8 Wärmenachfrage). Tabelle 5 zeigt die THG-Emissionen für die Ist-Situation.

Die Wärmeversorgung der Stadt Kaiserslautern basiert heute im Wesentlichen auf fossilen Energieträgern, entsprechend hoch ist der Anteil in den aktuellen Emissionen. Es dominiert sehr deutlich der Anteil aus Erdgas (66 %), nennenswerte Anteile haben daneben Heizöl und vor allem die Fernwärme.

Die sehr deutliche Reduzierung des Einsatzes von Erdgas im Wärmesektor bis zum Zieljahr hat daher den größten Effekt auf die gesamten THG-Emissionen.

Tabelle 5: THG-Emissionen aus der Wärmeerzeugung (Tonnen CO₂-Äquivalente, inkl. Vorketten)

Energieträger	Wärmebedarf (GWh/a)	Anteil	THG-Emissionen (t-CO ₂)	Anteil
Gas	624	65%	148.808	66%
Heizöl	87	9%	27.012	12%
Wärmepumpen	9	1%	940	0%
Fernwärme (Gas, Abwärme ZAK)	198	20%	43.144	19%
Holz	16	2%	3.525	2%
Sonstige	32	3%	3.675	2%
Summe	966		228.103	

Auch bei der Fernwärmeerzeugung entstehen durch den Einsatz von Erdgas in den Heizkraftwerken THG-Emissionen. Entsprechend sind diese Erzeugungsanlagen auf andere erneuerbare Energieträger umzustellen. Unter die Kategorie „Sonstige“ fallen THG-Emissionen aus allen anderen Anlagen, die nicht den genannten Energieträgern zugeordnet werden können (vgl. Abbildung 25).

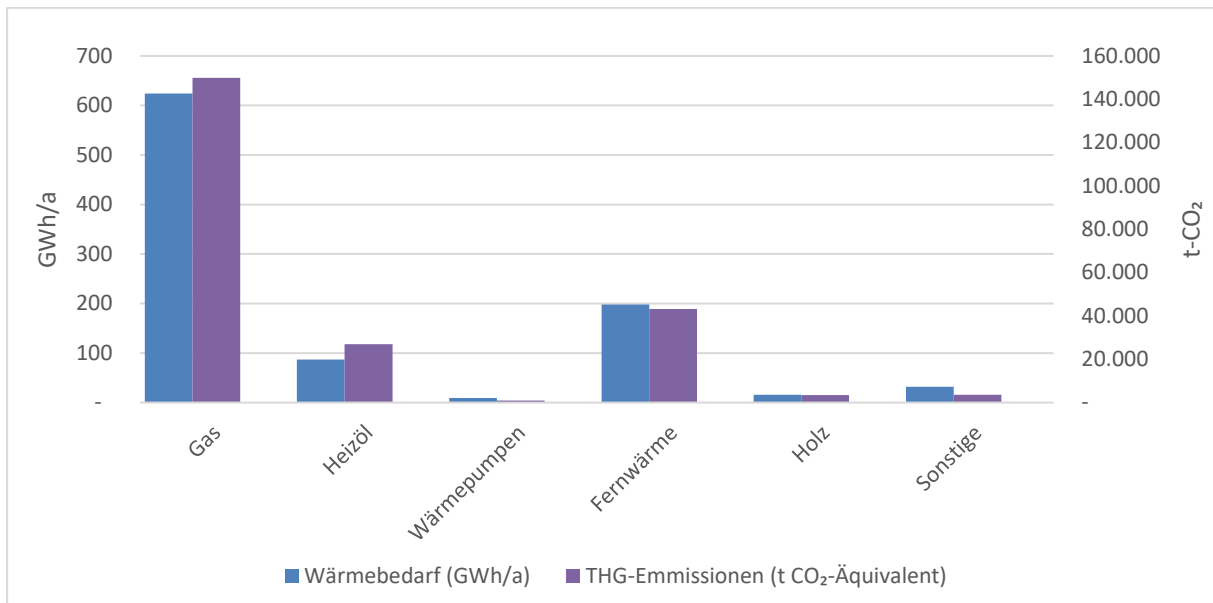


Abbildung 25: Wärmebedarf und THG-Emissionen für Kaiserslautern (BMWK, 2024)

Im Zentrum der Bemühungen zur Senkung der THG-Emissionen in Kaiserslautern muss daher insbesondere die Reduzierung der Wärmeerzeugung aus Erdgas stehen. Dies gelingt in erster Linie dadurch, dass Erdgas-, aber auch Heizöl-versorgte Gebäude an bestehende bzw. zukünftige Wärmenetze angeschlossen sowie auf die Versorgung mit Wärmepumpen aus Umgebungsluft oder andere dezentrale Versorgungslösungen (wie z. B. Geothermie) umgestellt werden. Daneben muss sukzessive die Erzeugung der Fernwärme auf regenerative Quellen transformiert werden. Auf die weitere Ausgestaltung dieser Maßnahmen fokussieren daher auch die nächsten Arbeitsschritte.

4 Potenzialanalyse

Im Folgenden wird auf die Potenziale hinsichtlich der Senkung des Wärmebedarfs durch Sanierung sowie unterschiedliche Potenziale für erneuerbare Energien und Abwärme im Stadtgebiet Kaiserslautern eingegangen. Insbesondere in urbanen Räumen, wie auch in Kaiserslautern, sind Potenziale für erneuerbare Energien rar und es ist entscheidend, dass Energie eingespart wird. Denn je weniger Energie verbraucht wird, desto einfacher lässt sich der gesamte Anteil durch erneuerbare Energien decken.

4.1 Energieeinsparung durch Sanierung

Energetische Sanierungen bieten erhebliche Potenziale zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen im Gebäudebereich. Die energetische Sanierung der Gebäudehülle auf einem möglichst hohen energetischen Standard ist ein wesentlicher Schritt, um Wärmeverluste zu minimieren. Durch den Austausch von Fenster und Türen gegen moderne, energieeffiziente Modelle kann der Wärmeverlust weiter verringert werden.

Das Potenzial der durch Sanierung erreichbaren Steigerung der Energieeffizienz ist nur erreichbar, wenn die Sanierungstiefe ausgereizt wird. Klimafreundliche Wärmeerzeuger können oft auch in schlecht gedämmten Gebäuden eingebaut und betrieben werden. Trotzdem ist es wichtig, vor der Installation einer neuen Heizung den Zustand der Gebäudehülle zu überprüfen. Die Vorteile von klimafreundlichen Niedertemperatur-Heizsystemen wie Wärmepumpen kommen besonders dann zum Tragen, wenn das Gebäude einen niedrigen Wärmebedarf hat und die Heizung mit niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben werden kann ($\leq 55^\circ\text{C}$). Bei höheren Vorlauftemperaturen steigt der Stromverbrauch der Wärmepumpe deutlich an. Auch neue Wärmenetze sind auf niedrige Vorlauftemperaturen ausgelegt, daher erfordert der Anschluss an ein solches Netz ebenfalls eine Sanierung der Gebäudehülle.

Die Sanierungsrate spiegelt den relativen Anteil der sanierten Gebäude pro Jahr wider, zeigt aber nicht auf was im Einzelnen und in welchem Umfang konkret umgesetzt wurde. Die Sanierungstiefe hingegen weist auf, welcher energetische Standard, also welche Energieeinsparung bezogen auf die Fläche (je m^2), pro Sanierung erreicht wurde. Die maximal zu erzielende Energieeinsparung bei Gebäudesanierung ist relativ und maßgeblich abhängig von Gebäudetyp und Baualtersklasse (Ist-Zustand).

Sanierungsszenarien

Für die Ableitung des künftigen Wärmebedarfs wurden zwei Gebäudesanierungsszenarien untersucht. Die Nachfrageszenarien beinhalten ein konventionelles und ein zukunftsweisendes Szenario. Die Sanierungsszenarien werden nach beispielhaften baulichen Maßnahmen zur energetischen Modernisierung des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) definiert (IWU, 2015).

Im konventionellen Szenario wird eine Sanierungsrate von 1 % pro Jahr, im zukunftsweisenden Szenario von 2 % pro Jahr angenommen. Die Sanierungstiefe wird im Gebäude- und Sanierungsmodell abhängig von Gebäudetyp und Baualtersklasse berechnet. Je nach Ausgangssituation/Ist-Zustand des

Gebäudes und Sanierungsszenario kann ein zukünftiger, spezifischer Wärmeverbrauch erreicht werden.

Die konventionelle Sanierung entspricht der praktischen Umsetzung, wenn die Mindeststandards der Energieeinsparverordnung 2014 eingehalten werden.

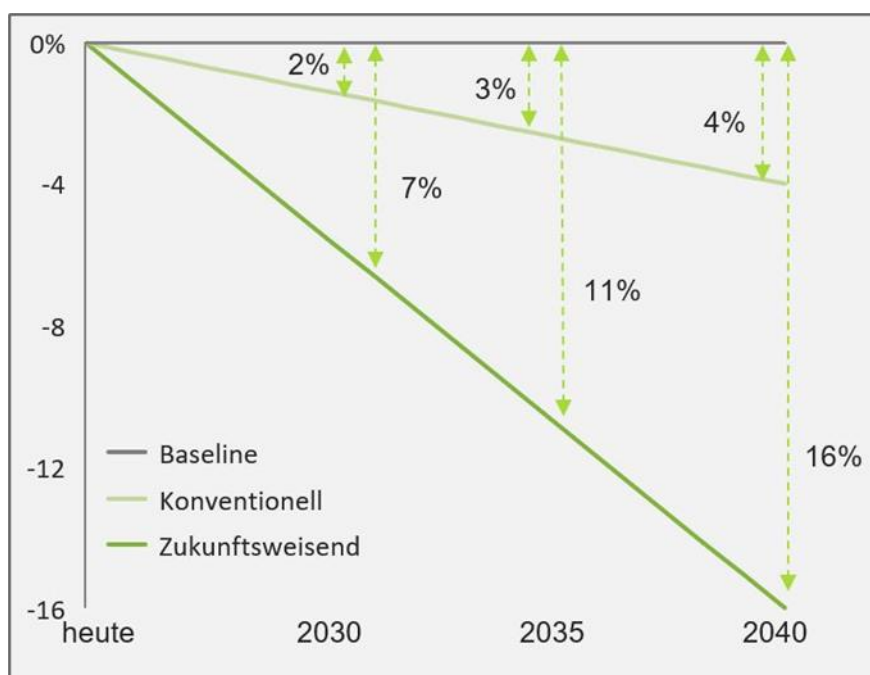


Abbildung 26: Entwicklung des Wärmebedarfs ggü. Ist-Zustand (Fichtner, 2025)

Die zukunftsweisende Sanierung orientiert sich an dem heute technisch bzw. baupraktisch realisierbaren Techniken, entspricht damit den für Passivhäusern üblichen Dämmstandards.

Die Entwicklung des Wärmebedarfs ist je nach Szenario sehr unterschiedlich. In einem zukunftsweisenden Szenario sinkt der Wärmebedarf ggü. dem Ist-Zustand (2024) um 16 % bis 2040, während er in einem konventionellen Szenario nur 4 % abnimmt.

Tabelle 6: Modellierung des zukünftigen Wärmebedarfs und Reduktion bis zum Jahr 2040 ggü. Ist-Zustand

Sanierungsszenario	Anzahl sanierte Wohngebäude	Bedarf Zieljahr	Reduktion von Ist-Zustand
Konventionell	~ 3.300	926 GWh	4 %
Zukunftsweisend	~ 6.700	808 GWh	16 %

Anhand des Gebäudemodells für Baualtersklassen und Gebäudetypen können die Energieeinsparungen räumlich abgebildet werden. Absolute Einsparungen im zukunftsweisenden Szenario (in GWh) sind je Baublock in Abbildung 27 dargestellt.

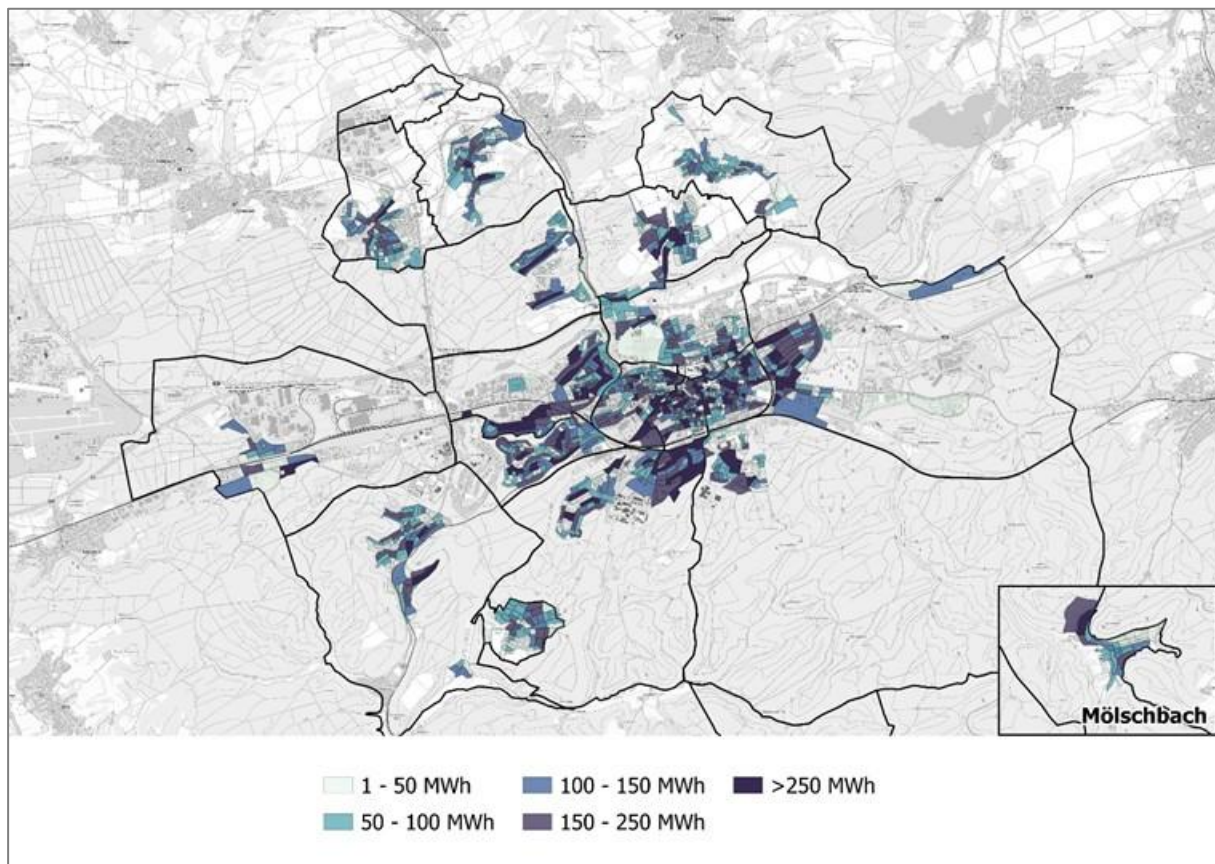


Abbildung 27: Absolute Einsparungen in GWh auf Baublockebene (zukunftsweisendes Szenario) (Fichtner, 2025)

Es wird deutlich, dass die Sanierungspotenziale im Innenstadtbereich aufgrund der Bebauungsdichte und des höheren durchschnittlichen Baualters, am höchsten sind.

Sanierungshemmnisse sind nach wie vor hohe Investitionskosten, geringe Mieterakzeptanz, Kostensteigerungen und die beschränkte Möglichkeit zur energetischen Sanierung von Jahrhunderthäusern, Erhaltungsgebieten und Denkmalschutzobjekten.

4.2 Potenziale zum Ausbau und Einsatz erneuerbarer Energien

Im Folgenden werden die Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung in Kaiserslautern dargestellt. Aufgrund der dichten Besiedlung und der geringen nutzbaren Freiflächen in Kaiserslautern, ist die Nutzung meist deutlich eingeschränkt.

4.2.1 Solarenergie

Aus Sonnenenergie lässt sich mit Photovoltaik Strom und mit Solarthermie Wärme erzeugen. Für beide Technologien kommen Dachflächen (ca. 480 ha) und vorhandene Freiflächen (ca. 155 ha) am Rande der Stadt in Betracht (Fraunhofer ISE, 2017). Die Sonneneinstrahlung ist stark jahreszeitenabhängig, sodass bei einer solarthermischen Nutzung neben der potenziellen Erzeugung zusätzliche thermische Speicher zur gesicherten Wärmeversorgung notwendig sind. Ob Photovoltaik oder Solarthermie die bessere Option ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab und die Entscheidung ist im Einzelfall zu prüfen. Gerade im Kontext des verstärkten Einsatzes von elektrischen Wärmepumpen

kann der zusätzliche Aufbau von Photovoltaikanlagen eine interessante Kombinationsmöglichkeit sein. Dann kann der eigen-erzeugte Solartstrom zu Heizzwecken genutzt werden.

Das Gesamtpotenzial zur Nutzung der Dachflächen für Photovoltaik und Solarthermie wurde im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung überschlägig anhand von Daten der Energieagentur Rheinland-Pfalz und des Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE abgeschätzt. Das gesamte theoretisch vorhandene Potenzial im Stadtgebiet liegt bei geeigneten Dächern (ca. 480 ha) bei einer elektrischen Gesamtleistung von etwa 1.200 MWp. Neben den zahlreichen zur Verfügung stehenden Dachflächen bieten sich auch Gebäudefassaden zur Installation von Photovoltaik bzw. Solarthermie an. Fassaden stellen die größten Flächen eines Gebäudes dar. Das Gesamtpotenzial bei Fassaden konnte im Rahmen der ISE-Studie nicht erfasst werden.

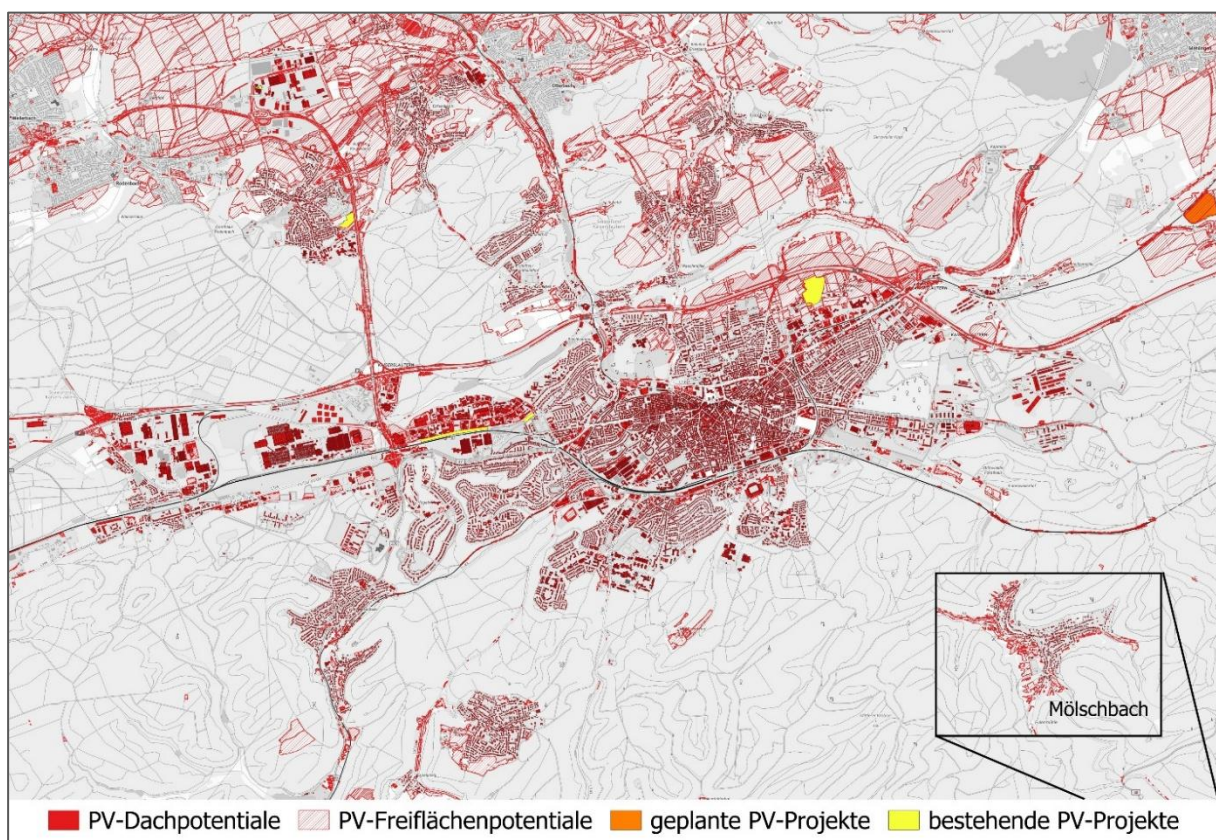


Abbildung 28: Photovoltaik Potenziale für Dach- und Freiflächen. Bestehende und geplante PV-Freiflächenprojekte (Fichtner, 2025; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025))

4.2.2 Geothermie

Bei der Nutzung von Erdwärme kann zwischen tiefer, mitteltiefer und oberflächennaher Geothermie unterschieden werden.

Tiefe Geothermie bezeichnet die Nutzung von Wärme durch Bohrungen in mehrere Kilometer Tiefe. Dabei werden verschiedene Ansätze zur Nutzung von tiefer Geothermie unterschieden:

- Zunahme der Temperatur im Erdreich mit steigender Tiefe
- Verfügbarkeit von wasserführenden Schichten in großer Tiefe
- Durchlässigkeit von Gesteinsschichten für eingepresstes Wasser, das erwärmt werden soll.

Von oberflächennaher Geothermie wird bis zu einer Bohrtiefe von ca. 400 m gesprochen. Bis zu dieser Tiefe kann von Temperaturen bis ca. 15 °C ausgegangen werden. Diese Erdwärme kann nur durch Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Solche Anlagen sind in Deutschland bisher nur bei Einzelobjekten installiert und nicht für die Versorgung von Wärmenetzen. Nachteilig ist der hohe notwendige Platzbedarf für die Bohrungen, den es typischerweise nicht in dicht besiedelten Gebieten gibt, wo die notwendige Abnehmerdichte herrscht. Aktuell laufen Untersuchungen zur Nutzung von Geothermie seitens der SWK.

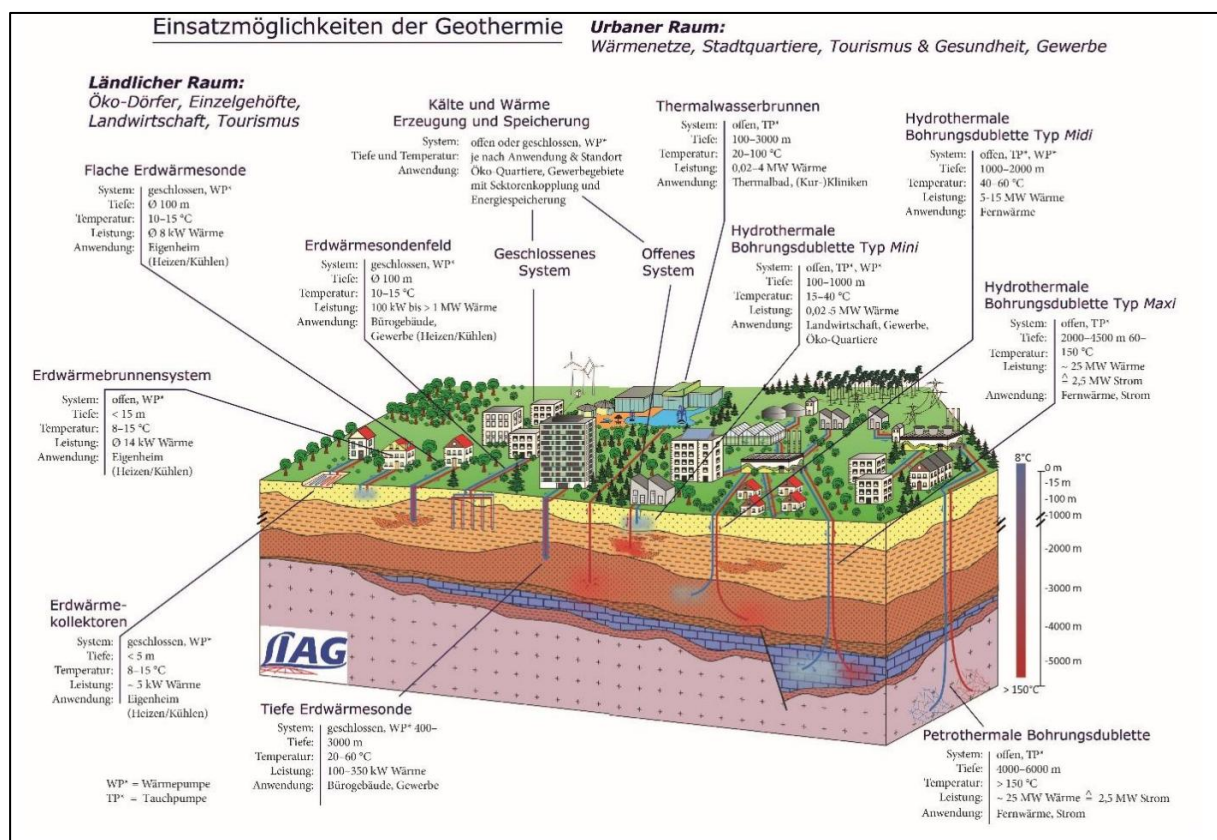


Abbildung 29: Einsatzmöglichkeiten der Geothermie (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, 2022).

Hydrothermale Geothermie nutzt heiße Thermalwässer, die durch natürliche Poren-, Kluft- und Bruchsysteme im Untergrund fließen. Ähnlich wie bei der Wasserversorgung werden sie durch Tiefbrunnen erschlossen. Solche hydrothermalen Systeme sind technisch ausgereift und kommen bereits an vielen Orten erfolgreich kommerziell zum Einsatz.

Petrothermale Systeme hingegen sind an hydraulisch leitfähige Kluftstrukturen im kristallinen Untergrund gekoppelt. Diese Systeme nutzen die Wärme aus großen Tiefen (beispielsweise 200 °C in 5 km Tiefe) und führen Wasser als Wärmeübertragungsmedium von der Oberfläche ein. Die hierfür erforderlichen Technologien befinden sich noch in der Forschung und Entwicklung, finden jedoch bereits vereinzelt kommerzielle Anwendung, wie beispielsweise im Oberrheingraben.

Kaiserslautern liegt laut Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik in einem Gebiet mit vermutetem hydrothermischen und petrothermischen Geothermiepotezial (IAG, 2025). Das Temperaturniveau liegt bei etwa 20 °C in 400 m Tiefe, und steigt auf 50-60 °C in 1 km und bis zu 100 °C in 2 km Tiefe.

Die mitteltiefe Geothermie ist in Rheinland-Pfalz an vielen Standorten möglich, so auch in Kaiserslautern. Insbesondere städtische Bereiche mit einer im Vergleich höheren Wärmebedarfsdichte erscheinen für mitteltiefe Erdwärmesonden durch den möglichen höheren Wärmeentzug bei gleichzeitig geringem Platzbedarf besonders geeignet. Die mitteltiefe Geothermie erfordert grundsätzlich eine wasserrechtliche Erlaubnis. Die Bewertung erfolgt hierbei immer als Prüfung des Einzelfalls und in Anlehnung an den „Leitfaden zur Geothermie in Rheinland-Pfalz“⁷.

Das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz verfügt bisher über keine Hinweise auf Wasserführung ab 400 m Tiefe (Erfahrungswerte nach Referenzbohrung Maßweiler), so dass künstliche Erdwärmetauschersysteme zum Einsatz kommen müssen, da Wasser als Transportmittel wegfällt. Oberflächennahe Systeme bis zu einer Tiefe von 400 m werden aufgrund der Verfügbarkeit von Wasser im Buntsandstein empfohlen. Ein Temperaturniveau von 20 bis 22 °C wird an der Basis des Buntsandsteins angenommen.

In Kaiserslautern besteht auf weiten Flächen eine vielversprechende Möglichkeit für den Einsatz von Erdwärmesonden. Von der gesamten Stadtfläche von etwa 8.315 ha sind rund 60 % relativ gut geeignet, was durch grüne Bereiche in Abbildung 30 dargestellt wird. Zudem gibt es etwa 8 % der Fläche, die unter zusätzlichen rechtlichen Auflagen genutzt werden können, die auf den Karten als gelbe Bereiche ausgewiesen sind.

Für Erdwärmekollektoren zeigt das Stadtgebiet insgesamt eine grundsätzliche Eignung. Dennoch ist nur ein vergleichsweise kleiner Teil im Westen der Stadt aufgrund der spezifischen Bodenbeschaffenheit als gut oder sehr gut geeignet eingestuft.

Die Abbildung 30 zeigt eine Standorteinschätzung für oberflächennahe Erdwärmetauschanlagen aus wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Gesichtspunkten.

⁷ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/erdwaerme/erdwaerme_allgemein/leitfaden_geothermie.pdf

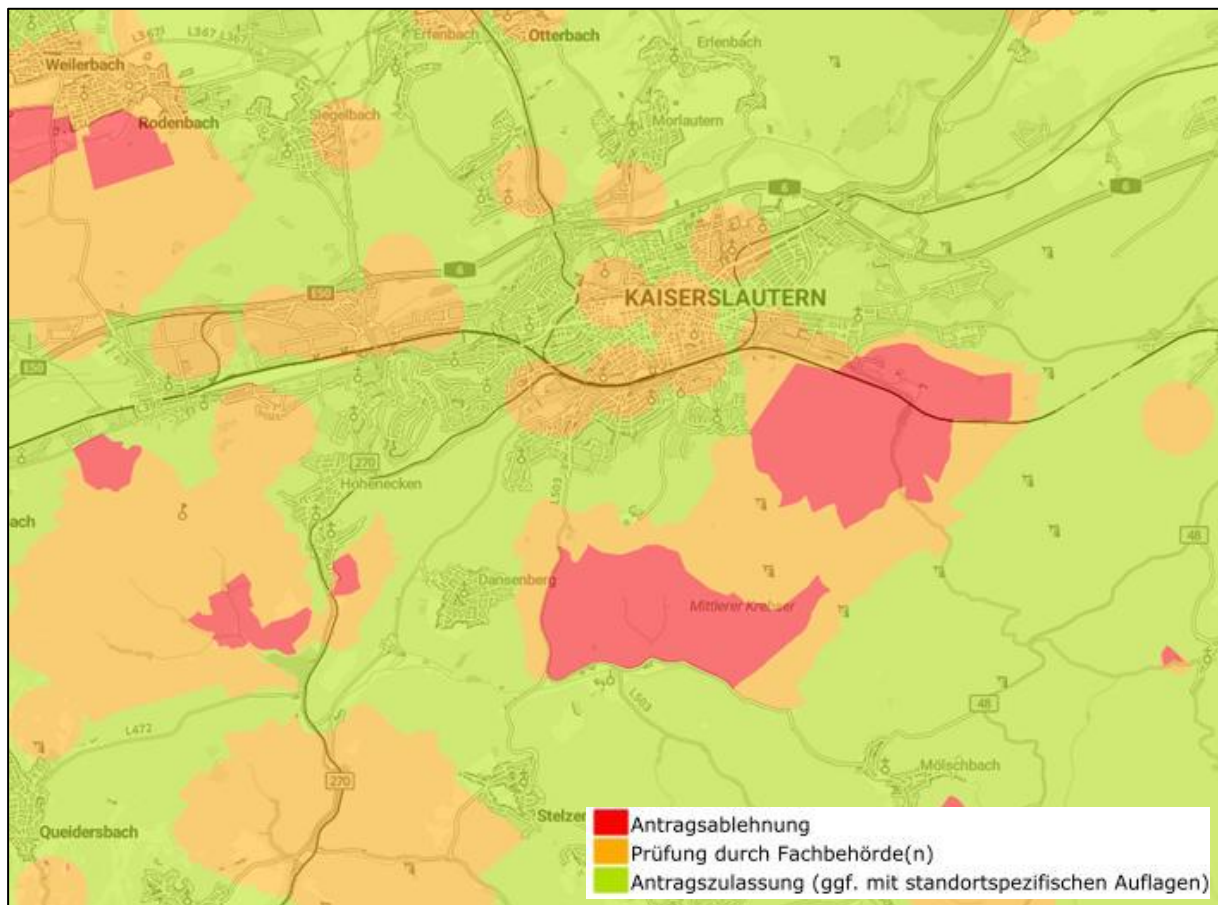


Abbildung 30: Flächeneignung zur oberflächennahen Geothermienutzung mittels Erdwärmesonden. (Fichtner, 2025), (Landesamt für Geologie und Bergbau, 2022)

4.2.3 Windenergie

Windkraft stellt die wirtschaftlichste und effektivste Form erneuerbarer Energie dar und zeichnet sich durch eine hohe Energieausbeute pro Flächeneinheit aus. Überschüssiger Strom, der normalerweise abgeregelt würde, kann stattdessen effizient über Power-to-Heat-Systeme in Wärme umgewandelt werden, was eine nachhaltige Nutzung der erzeugten Energie fördert. Im Nordosten des Untersuchungsgebiets, insbesondere rund um das Autobahnkreuz A63, existieren restriktionsfreie Flächen von etwa 93 ha, die sich für die Entwicklung von Windkraftanlagen eignen. Weitere Gebiete nahe Otterberg und Mehlbach bieten zusätzliche Möglichkeiten für den Windkraftausbau.

Im Stadtrandgebiet sind bereits drei 3-Megawatt-Anlagen in Betrieb, doch das weitere Ausbaupotenzial ist stark beschränkt, was die zukünftige Entwicklung von Windenergieprojekten in dieser Region herausfordernd macht.

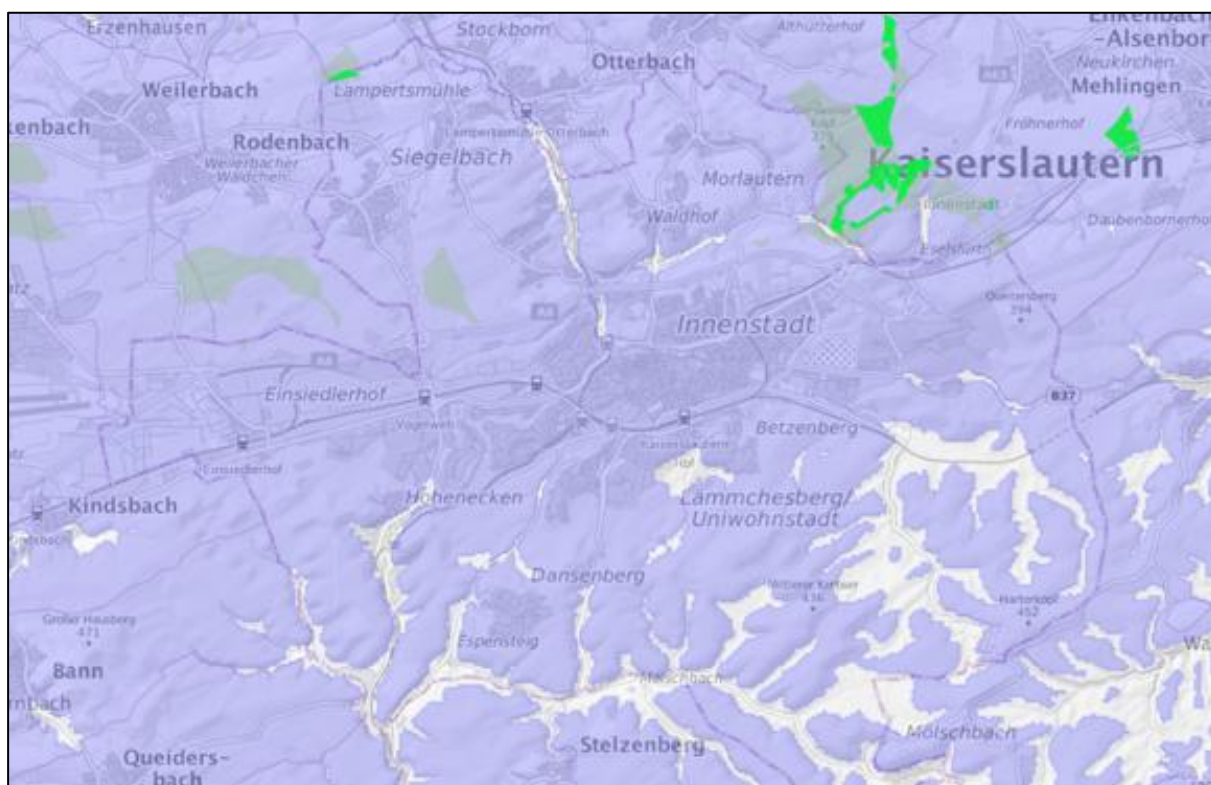


Abbildung 31: Restriktionsfreie Flächen (in Grün) im Untersuchungsgebiet (voraussichtlich frei von Ausschlüssen, ggfs. einzel-fallbezogenen Restriktionen) (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025)

4.2.4 Biomasse

Der Begriff Biomasse bezieht sich im Allgemeinen auf organische Materialien, die aus pflanzlicher oder tierischer Herkunft stammen. Hierzu gehören beispielsweise Holz, Stroh, Gras, Mais, Raps, Holzabfälle, Gülle und Reststoffe aus der Lebensmittelproduktion. Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes von organischen Materialien, weisen diese nach deren Trocknung grundsätzlich gute Brenneigenschaften auf. Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung wird typischerweise von holzartiger Biomasse ausgegangen.

Holz wird typischerweise in zwei verschiedenen Formen eingesetzt: Hackschnitzel und Pellets. Daneben spielt Scheitholz eine nachgelagerte Rolle, häufig in ländlich geprägten Regionen. Holzhackschnitzel sind ein Brennstoff aus kleinen Holzstücken, die aus Waldrestholz oder Holzresten hergestellt werden. Diese fallen bei der Waldbewirtschaftung und bei der Holzverarbeitung, in der Landwirtschaft und in der Landschaftspflege sowie in der Restholz- bzw. Gebrauchtholzaufbereitung in erheblichen Mengen an, und haben keine sinnvolle Verwendung in einer stofflich-technischen Nutzung.

Die Befeuerung mit Pellets bietet im Vergleich zu Scheitholz oder Hackgut diverse Vorteile. Zum einen haben Pellets den geringsten Wasser- und Aschegehalt, wodurch eine möglichst effiziente Verbrennung gegeben ist. Zum anderen haben Pellets die geringsten Feinanteile. Hierdurch wird die Staubbildung minimiert und eine gleichmäßige Verbrennung der Pellets gewährleistet. Zwar gelten

für die Pellet-Lagerung höhere Anforderungen als bei Hackgut oder Scheitholz, jedoch sind diese bei gleicher Brennstoffmasse platzsparender.

Allerdings existieren auch Bedenken hinsichtlich der Nachhaltigkeit von Biomasse und Hackschnitzeln. Die gezielte Erzeugung von Biomasse für spezielle Energiezwecke kann zu Konkurrenz um Flächen für Nahrungsmittelanbau und zum Verlust von Wäldern und anderen wichtigen Ökosystemen führen. Daher ist es wichtig, sicherzustellen, dass die Biomasse aus nachhaltigen Quellen stammt und dass die Produktion und Verbrennung der Biomasse in einer umweltfreundlichen und effizienten Weise erfolgt.

Der große Vorteil bei der Nutzung von Biomasse ist, dass sie als standortunabhängig bzgl. der Wärmequelle gesehen werden kann. Falls genehmigungsrechtlich einem Bau nichts entgegensteht, kann Biomasse an jeden Ort transportiert werden.

Die Errichtung von zentralen Heizwerken in der Nähe von Wohngebäuden unterliegt den Vorschriften der Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV)⁸. Diese Verordnung verlangt die Einhaltung von Grenzwerten für Emissionen wie Feinstaub und Stickoxide, was den Einsatz von Filtertechniken und kontinuierlicher Überwachung bedeutet. Auch Lärmschutzmaßnahmen sind notwendig, um die Geräuschbelastung durch den Betrieb zu minimieren. Mögliche Standorte für zentrale Heizwerke sind daher vorrausichtlich nicht in den dicht besiedelten Wohngebieten zu finden, sondern an Standorten die ausreichend Abstand von Wohngebäuden haben.

Die Stadt Kaiserslautern verfügt über eine Waldfläche von etwa 8.500 ha auf ihrer Gemarkung, die Potenzial für die Energiegewinnung aus Biomasse bietet. Laut dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und dem Masterplan 100% Klimaschutz wird das Energiepotenzial aus forstwirtschaftlicher Biomasse auf rund 58 GWh/a geschätzt. Darüber hinaus kann aus landwirtschaftlicher Biomasse zusätzlich etwa 7 GWh/a gewonnen werden (Fraunhofer ISE, 2017).

4.2.5 Wasserstoff und grüne Gase

Blockheizkraftwerke (BHKW) und Kessel können perspektivisch bilanziell mit Biomethan oder Wasserstoff (nach Umrüstung) betrieben werden.

Laut dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und dem Masterplan 100% Klimaschutz, wird das Biogaspotential in Kaiserslautern auf rund 35 GWh/a geschätzt. Allerdings sind perspektivische Mengen und Preise derzeit nicht absehbar. Das Biomethan steht dabei zusätzlich in Konkurrenz mit anderen Anwendungen, z.B. im Verkehr. Bei einer Beschaffung im Markt ist zu berücksichtigen, dass aufgrund des GEG und der dortigen Anforderungen für private Haushalte eine Marktsituation entstehen kann, die zu sehr hohen Biomethanpreisen führt. Zusätzlich wird die Nachfrage im gewerblichen und industriellen Sektor steigen (Fraunhofer ISE, 2017).

⁸ https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/

In Deutschland werden derzeit verschieden Projekte zur Schaffung einer wasserstoffgeeigneten Infrastruktur durchgeführt. Diese Projekte umfassen die Umrüstung von Transportpipelines in ganz Deutschland, um Wasserstoff langfristig in den meisten Regionen Deutschlands verfügbar zu machen. Abbildung 32 zeigt den derzeitigen Planungsstand des H₂-Kernnetzes. In der Nähe von Kaiserslautern ist derzeit ein Wasserstoff-Kernnetz-Abschnitt in der Südwestpfalz geplant, welches 2030 in Betrieb genommen werden soll.

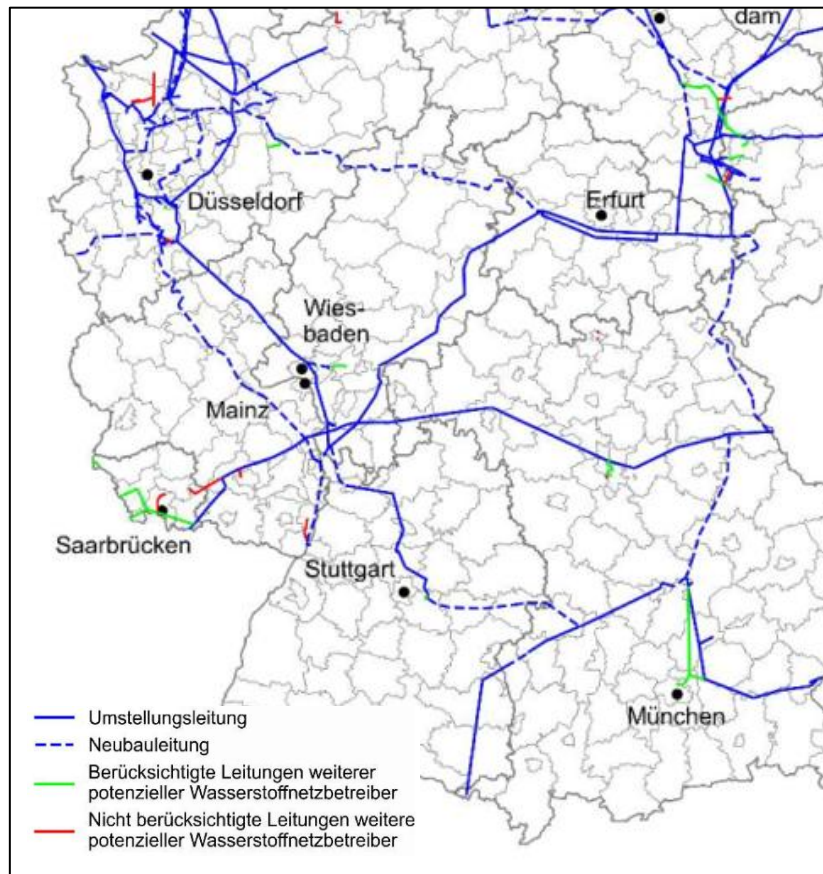


Abbildung 32: Aktueller Planungsstand des deutschen Wasserstoffkernnetzes (e2connect, 2024)

Unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Wasserstoff bestehen im Rahmen der vorliegenden Anlagenstruktur des Fernwärmenetzes verschiedene Nutzungsalternativen. Der Wasserstoff kann in BHKW oder Brennstoffzellen eingesetzt werden, in denen gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt werden kann. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Wasserstoff in neuen Gaskesseln einzusetzen oder bestehende umzurüsten, um Spitzenlast und Redundanzen bereitzustellen.

Grüner Wasserstoff und andere grüne Gase bieten auch einen möglichen Ansatz für eine dezentrale Wärmeversorgung, durch die das vorhandene Gasverteilnetz in Kaiserslautern weiter genutzt werden kann.

Die Verfügbarkeit von Wasserstoff ist derzeit hinsichtlich der Zeitachse nicht absehbar, zumal auf der Abnehmerseite eine Reihe von ebenfalls zu dekarbonisierenden Prozessen in Konkurrenz zur Strom- und Wärmeversorgung stehen. Die dezentrale Nutzung ist in Anbetracht der perspektivisch hohen Kosten und der geringen Verfügbarkeit von Wasserstoff als kritisch zu sehen.

4.2.6 Umgebungsluft

Umgebungsluft kann im dezentralen und zentralen Bereich durch Luft-Wasser-Wärmepumpen genutzt werden. Derzeit sind in Deutschland nur kleine dezentrale Anlagen für Einzelobjekte und keine Großanlagen auf Basis von Luft-Wasser-Wärmepumpen (siehe Kapitel 4.2.8.1) installiert.

4.2.7 Abwärme

4.2.7.1 Flusswasserwärme

In Kaiserslautern spielt die Nutzung der Flusswasserwärme keine wesentliche Rolle, da es keinen Fluss mit einem hohen Volumenstrom gibt. Die saisonalen Temperaturunterschiede und der damit einhergehende schlechte Wirkungsgrad ist im Allgemeinen eine Herausforderung, d.h. wenn der Wärmebedarf im Winter besonders hoch ist, sind die Flusstemperaturen minimal. Tendenziell vorteilhaft ist die Abkühlung der Gewässer durch den Einsatz von Flusswasserwärmepumpen. Da die Temperatur in Gewässern zunimmt, kann eine moderate Abkühlung der Fließgewässer bezogen auf die Gewässerökologie in vielen Fällen als grundsätzlich positiv beurteilt werden.

4.2.7.2 Abwasserkanäle und Kläranlagen

Abwasserkanäle und Kläranlagen bieten ein Potenzial für die Kommunale Wärmeplanung, da sie kontinuierlich verfügbare Wärmequellen darstellen, die lokal und nachhaltig genutzt werden können. Abwasser, das aus Haushalten und Industrie stammt, hat eine relativ konstante Temperatur, die je nach Jahreszeit zwischen 10 und 20 °C liegt. Diese Wärme kann mit Hilfe von Wärmerückgewinnungssystemen Heizenergie oder Warmwasser für Gebäude und Fernwärmenetze bereitstellen.

Abbildung 33 zeigt die Lage von Abwasserkanälen in Kaiserslautern, die größer als DN 500 sind. Ab einem Durchmesser größer DN 500 und ab einem Jahresmittelwert des täglichen Trockenwetterabflusses von mindestens 15 l/s kann von einer ausreichenden Kapazität an Abwasser ausgegangen werden, die es lohnt näher zu untersuchen. Die nutzbaren Kanalhaltungen konzentrieren sich im Bereich der Innenstadt und entlang der Lauterstraße. Herausforderungen sind unter anderem eine Temperaturabsenkung im Abwasserkanal und eine starke Standortabhängigkeit. Der bauliche Zustand und die Veränderung der Hydraulik sind zu berücksichtigen.

Die technische Nutzung von Wärme aus Abwasserkanälen erfolgt über im Kanal installierte Wärmetauscher. Diese entziehen dem Abwasser thermische Energie, die anschließend von Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird. Die erzeugte Wärme kann entweder direkt vor Ort genutzt oder in ein bestehendes Fernwärmenetz eingespeist werden. In Frage kommen Kanäle mit hohem Abwasserfluss und stabilen Temperaturen, um eine gleichmäßige Wärmeausbeute auch an trockenen Sommertagen sicherzustellen. Zusätzlich sollten die Systeme so dimensioniert werden, dass sie den Einfluss auf die Abwasserströmung und die Klärprozesse minimieren.

Kläranlagen bieten ein weiteres bedeutendes Potenzial. Während des Klärprozesses wird das Abwasser in verschiedenen Stufen behandelt, bei denen ebenfalls thermische Energie entsteht. Besonders interessant ist das gereinigte Abwasser, das in der Regel eine Temperatur von 8 bis 12 °C aufweist,

sowie die Wärme, die bei der Faulung von Klärschlamm entsteht. Mithilfe von Wärmetauschern und Wärmepumpen kann auch hier die Wärmeenergie effizient genutzt werden.

In Kaiserslautern kommt hierfür die Kläranlage Kaiserslautern in Frage. Die Quantifizierung der Abwärmepotenziale konnte im Rahmen von Befragungen nicht erfolgen und muss in weiteren, detaillierteren Untersuchungen vorgenommen werden.

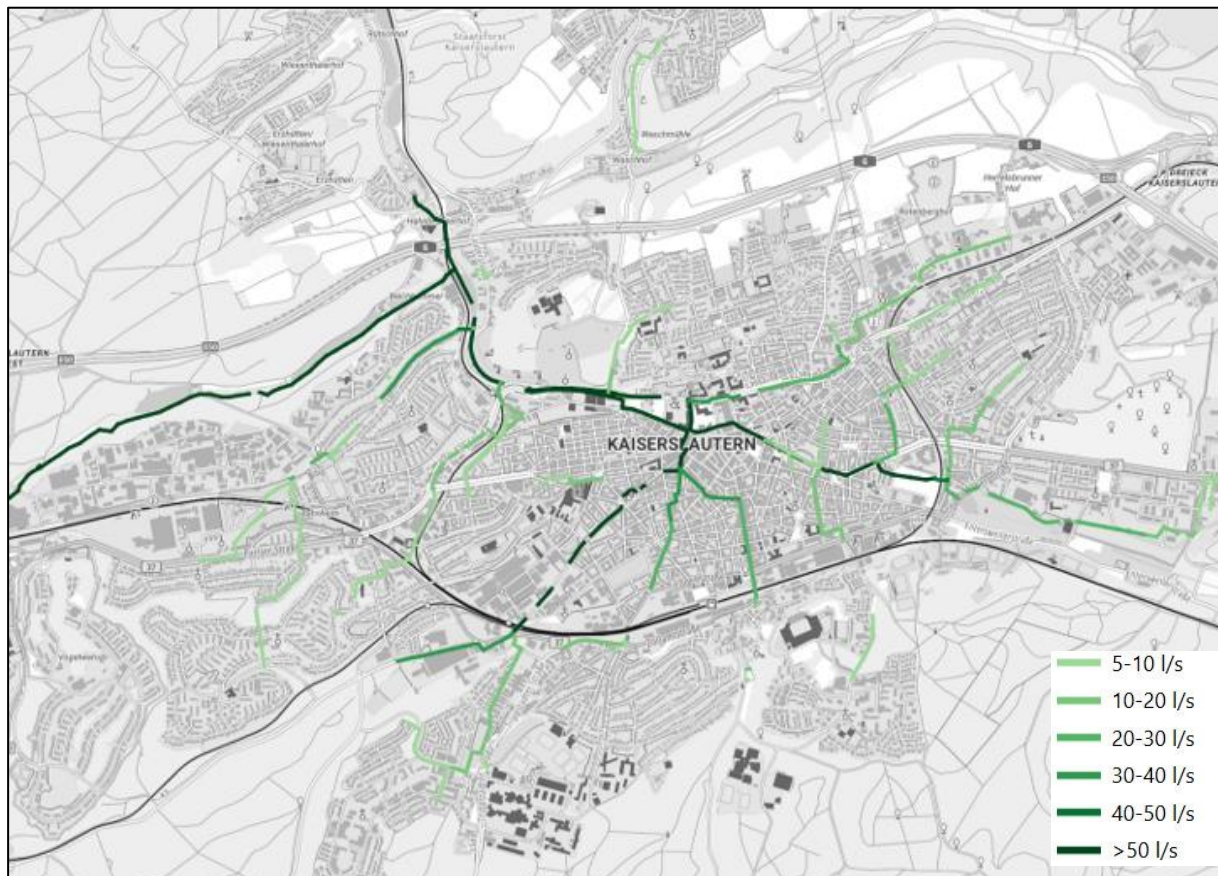


Abbildung 33: Abwasserkanäle (ab einer Durchflussgröße von 5 l/s) in Kaiserslautern (Fichtner, 2025)

4.2.7.3 Industrielle Abwärme

Unvermeidbare Abwärme z.B. aus der Industrie kann in ein Wärmenetz eingebunden werden. Dabei wird zwischen Hochtemperatur- und Niedertemperaturabwärme unterschieden.

Von Hochtemperaturabwärme spricht man, wenn die Abwärmetemperatur (weit) oberhalb der Rücklauftemperatur liegt. Gasförmige Abwärme z.B. Rauchgase aus Verbrennungs- oder Verhüttungsprozessen können typischerweise nur eingebunden werden, wenn das Temperaturniveau entsprechend groß ist, da nur dann Wärmetauscherflächen klein genug bleiben. Flüssige Abwärmeträger können bereits bei kleineren Temperaturdifferenzen ab ca. 20 °C genutzt werden.

Niedertemperaturabwärme bezeichnet Abwärme, deren Temperaturniveau unterhalb der Rücklauftemperatur liegt. Somit ist kein direkter Wärmeübergang von dem Abwärmestrom auf die Fernwärme möglich. Mögliche zuverlässige Abwärmequellen mit niedrigen Temperaturniveaus sind Abwasserströme aus der Kläranlage (Kapitel 4.2.7.2) und Abwärme aus Rechenzentren.

Folgende Fragen müssen bei der Anbindung von unvermeidbarer Abwärme berücksichtigt werden:

- Fällt die Wärme kontinuierlich oder diskontinuierlich an? Bei der technischen Umsetzung wird womöglich zusätzlich ein Wärmespeicher benötigt.
- Passt der zeitliche/saisonale Anfall der Wärme zum Wärmebedarf? Bsp. steht Abwärme aus Klimaanlagen v.a. im Sommer an, wenn der Wärmebedarf gering ist.
- Wie wird die Abwärmenutzung durch andere Anlagen abgesichert, um Fernwärme zuverlässig bereitzustellen?
- Wie kann die langfristige Verfügbarkeit der Abwärmelieferung abgesichert werden?
- Welche Möglichkeiten gibt es zur Diversifizierung der Abwärmenutzung durch eine größere Anzahl von Quellen mit kleinem Anteil an der Fernwärmeversorgung?

Rechenzentren v.a. im Großraum Frankfurt und in Berlin stehen heutzutage im Fokus von Untersuchungen zur Einbindung von Abwärme. Bei Industriebetrieben muss abgewogen werden, ob eine langfristige Lieferung von Wärme an diesem Standort gewährleistet werden kann. Die Errichtung von Anlagen zur Besicherung ist immer unvermeidbar.

Es ist zu beachten, dass die Effizienzsteigerung des Abwärme-produzierenden Prozesses immer Vorrang hat vor der Abwärmenutzung. In den aktuellen Förderprogrammen wird bei Abwärmenutzung der Nachweis der unvermeidbaren Abwärme gefordert. Dies bedeutet, dass der Prozess bereits auf dem aktuellen Stand der Technik ist.

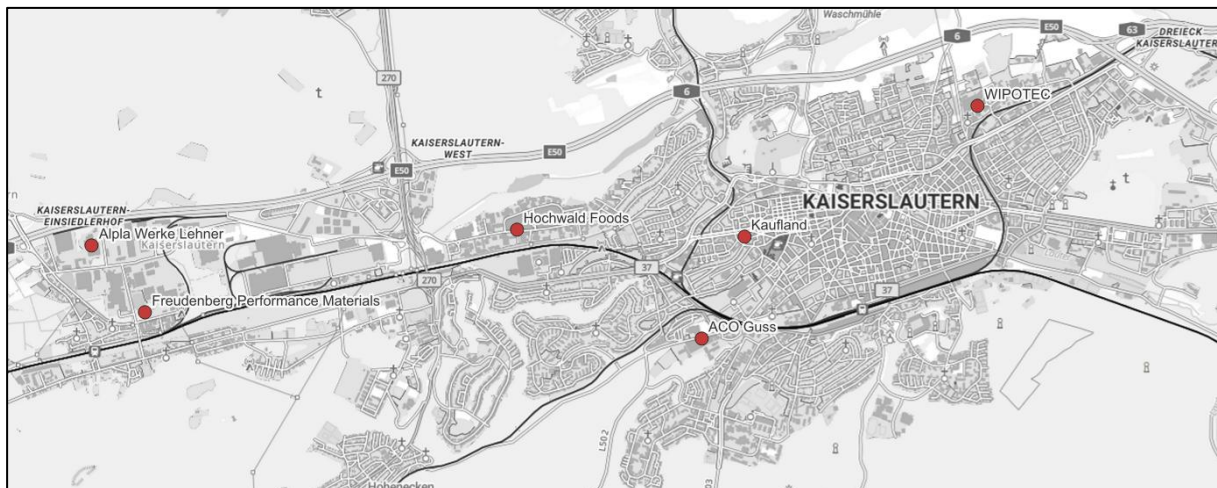


Abbildung 34: Mögliche industrielle Abwärmequellen in Kaiserslautern (BfEE, 2025; Fichtner, 2025)

Abbildung 34 zeigt identifizierte industrielle Abwärmequellen in Kaiserslautern, welche im Folgenden gelistet und kurz beschrieben werden. Im Rahmen von Unternehmensbefragungen und Daten der Plattform der Abwärme der Bundestelle für Energie Effizienz wurden die Abwärmepotenziale bewertet.

Tabelle 7: Industrielle Abwärmepotenziale Kaiserslautern (BfEE, 2025)

Unternehmen	Bewertung Abwärmepotenziale
Alpla Werke Lehner GmbH & Co. KG	Interne Prozesswärmenutzung über Kompressorabwärme (ca. 30°C) Ca. 2.300 MWh/a
Freudenberg Performance Materials GmbH & Co. KG	Interne Prozesswärmenutzung über Abgas/Rauch-Abwärme (ca. 165-200°C) Abluft-Abwärmequelle bisher ungenutzt (Druckluftkompressoren) (ca. 25°C) Ca. 3.300 MWh/a
Hochwald Foods GmbH	Interne Prozesswärmenutzung über Kälteanlage (ca. 55°C) Ca. 3.500 MWh/a
Kaufland Vertrieb 244 GmbH & Co. KG	Interne Prozesswärmenutzung über Kälteanlage (ca. 25°C) Ca. 1.500 MWh/a

4.2.8 Sektorkopplungstechnologien

Sektorkopplung bedeutet die Verbindung verschiedener Bereiche wie Strom, Wärme und Mobilität. Sektorkopplungstechnologien im Sinne der Wärmeplanung sind vorwiegend Wärmepumpen und Stromdirektheizungen (Elektroheizungen). Im Zusammenhang mit einer zunehmenden Elektrifizierung der Wärmeversorgung durch den Einsatz von Wärmepumpen (und den Ausbau der Photovoltaik) sind die Netzkapazitäten im Stromverteilnetz zunehmend im Fokus. Auch für Kaiserslautern ist daher zu prüfen, inwieweit die Verteilnetze ohne gezielten Zubau diesen neuen Anforderungen gerecht werden.

4.2.8.1 Wärmepumpen

Wärmepumpen transportieren Wärme von einem kälteren Ort zu einem wärmeren Ort, ähnlich wie ein Kühlschrank, nur umgekehrt. Sie nutzen die vorhandene Wärme aus der Umgebung - wie die Luft, das Erdreich oder Grundwasser - und machen sie nutzbar zum Heizen von Gebäuden. Dabei gibt es verschiedene Faktoren, die beeinflussen, wie effizient eine Wärmepumpe arbeitet:

- **Temperaturunterschied:** Je kleiner der Unterschied zwischen der Temperatur der Wärmequelle (z.B. Außenluft) und der gewünschten Raumtemperatur, desto effizienter ist die Wärmepumpe.
- **Kompressor:** Das ist das Herzstück der Wärmepumpe. Er saugt das gasförmige Kältemittel an, erhöht dessen Druck und damit auch seine Temperatur, wodurch die im Kältemittel gespeicherte Wärme auf ein nutzbares, hohes Niveau gebracht wird. Moderne Kompressoren sind effizienter und können Energie sparen.
- **Wärmeübertrager:** Hier wird die Wärme von einem Medium auf ein anderes übertragen, zum Beispiel von der Luft auf das wassergeführte Heizsystem im Haus. Gut gestaltete Wärmeübertrager verbessern die Effizienz der Wärmepumpe.

Die Leistung von Wärmepumpen wird anhand von zwei Kennzahlen bewertet: der Leistungszahl (COP) und der Jahresarbeitszahl (JAZ):

- COP (Coefficient of Performance): Diese Zahl gibt an, wie effizient die Wärmepumpe bei einer bestimmten Außentemperatur und einer eingestellten Raumtemperatur Wärme liefert. Ein höherer COP-Wert bedeutet eine höhere Effizienz.
- Jahresarbeitszahl: Diese Zahl gibt an, wie effizient die Wärmepumpe über das ganze Jahr arbeitet, also unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Temperaturen in den verschiedenen Jahreszeiten. Ein höherer JAZ-Wert steht ebenfalls für eine höhere Effizienz.

Der Unterschied zwischen großen und kleinen Wärmepumpen liegt hauptsächlich in der Kapazität und der Nutzungsart. Große Wärmepumpen sind für größere Gebäude, Wärmenetze oder industrielle Zwecke konzipiert. Sie sind komplexer und benötigen mehr Wartung. Kleine Wärmepumpen sind dagegen für einzelne Wohnhäuser oder kleinere Anwendungen gedacht und sind einfacher in der Handhabung und Installation.

Zusammengefasst hängt die Effizienz einer Wärmepumpe von der richtigen Auswahl und Einstellung der o.g. Faktoren ab. Die grundsätzliche Funktionsweise ist in Abbildung 35 dargestellt. Grundsätzlich sind Gebäude, die nach der 3. Wärmeschutzverordnung 1995 erbaut wurden, für die Versorgung mit einer Wärmepumpe geeignet. Durch den Einsatz von Hybrid-Wärmepumpen oder die Kaskadenschaltung können Wärmepumpen aber auch in älteren Gebäuden eingesetzt werden.

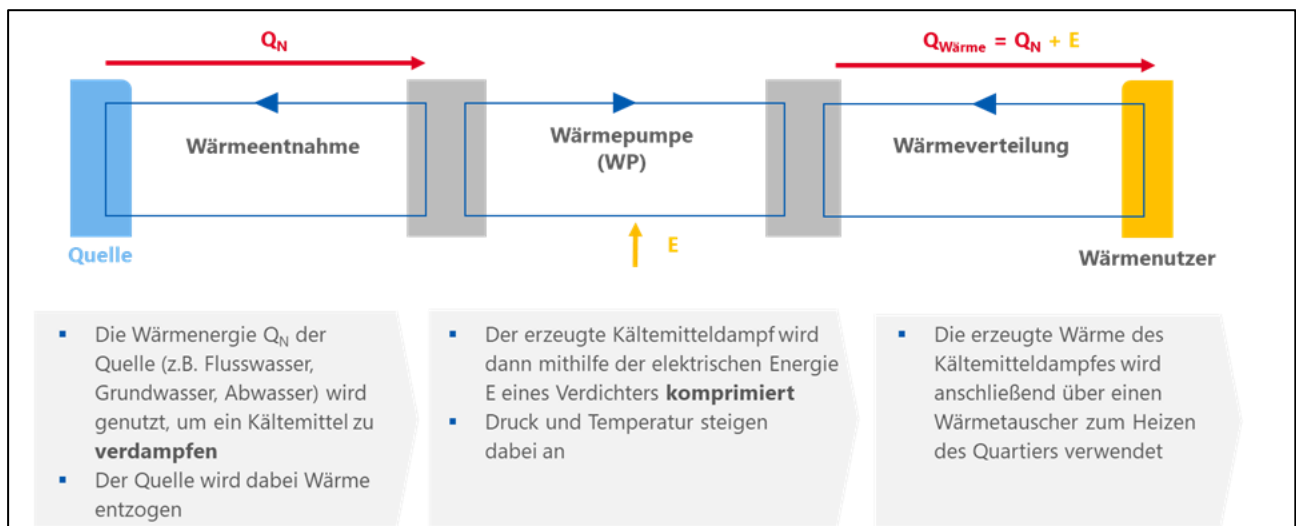


Abbildung 35: Grundsätzliches Prinzip einer Wärmepumpe (Fichtner, 2025)

4.2.8.2 Stromdirektheizungen

In Wohngebäuden können Stromdirektheizungen in Form von elektrischen Raumheizern, Durchlaufheizern oder speziellen Elektroheizkörpern eingesetzt werden. Sie sind besonders in Gebieten ohne Zugang zu einem Gas- oder Wärmenetznetz oder dort sinnvoll, wo der Einbau einer Zentralheizung nicht möglich oder zu kostspielig ist.

In Perioden des Übergangs von fossilen zu erneuerbaren Energien können Stromdirektheizungen als flexible Option dienen, um ältere Heizsysteme zeitweise zu ergänzen. In Kombination mit anderen Systemen wie Wärmepumpen oder Biomasseheizungen können Elektroheizungen zudem zur Lastspitzenabdeckung in sehr kalten Perioden oder zur Nutzung von Überschussstrom verwendet werden.

Da Strom, verglichen mit Fernwärme oder Gas, ein teurer Energieträger ist, lohnt sich der dezentrale Einbau typischerweise nur in sehr energieeffizienten Gebäuden oder zur Bereitstellung von Warmwasser.

Falls Stromdirektheizungen zur Versorgung eines Wärmenetzes dienen, ist zu beachten, dass eine direkte Verbindung zwischen Wärmeerzeuger und Stromerzeuger notwendig ist und Stromzertifikate nicht ausreichend sind, um den Strom als klimaneutral gelten zu lassen.

Daher wird nur ein geringes bzw. kein nennenswertes Potenzial für diese Technologie in der zukünftigen Wärmeversorgung Kaiserslauterns gesehen.

4.2.8.3 Power-to-Heat

Power-to-Heat bezeichnet die Erzeugung von Wärme durch den Einsatz elektrischer Energie, meistens aus überschüssiger erneuerbarer Stromproduktion. Die Wärmeproduktion kann entweder mittels Elektrokesseln oder mithilfe von Wärmepumpen erfolgen. Üblicherweise sind Power-to-Heat-Anlagen als Hybridsysteme gestaltet und verfügen zusätzlich über einen konventionellen Wärmeerzeuger, der mit chemischen Brennstoffen wie Holz oder Erdgas betrieben wird. Bei Stromüberschüssen kann die Wärmegewinnung elektrisch erfolgen, während in der Grundlast das konventionelle Heizsystem genutzt wird. Um die Flexibilität zu steigern, werden Power-to-Heat-Anlagen oft mit Wärmespeichern kombiniert. In der Regel erfolgt die Einspeisung in lokale oder regionale Fernwärmenetze, doch Power-to-Heat-Anlagen können auch einzelne Gebäude oder große Industrieanlagen direkt mit Wärme versorgen. Die Wärme kann direkt über Widerstands-Heißwasserkessel oder Elektroden-Heißwasserkessel erzeugt werden. Diese Verfahren kommen beispielsweise in Fernwärmenetzen zur Versorgung von Heizsystemen und zur Warmwasserbereitung sowie in Fernwärmespeichern zum Einsatz. Auch für die Stadt Kaiserslautern wird der Einsatz von Power-to-Heat-Anlagen zukünftig eine Rolle spielen. Der Einsatz dieser Technologie ist grundsätzlich bei der Planung von neuer Wärmeinfrastruktur, wie beispielsweise neue Wärmenetze, zu prüfen und falls geeignet zu berücksichtigen.

4.3 Zusammenfassung der Wärmepotenziale für Produktion und Nachfrage

Zum jetzigen Stand der Untersuchungen kann nicht zu allen Potenzialen eine abschließende Quantifizierung vorgenommen werden. Eine Übersicht der zentralen Potenziale, erste Quantifizierungen sowie Chancen und Herausforderungen zeigt nachfolgende Tabelle.

Tabelle 8: Zusammenfassung Potenziale

Technologie	Flächenverfügbarkeit	Techn. Potential	Chancen	Herausforderungen
Photovoltaik Solarthermie	480 ha Dachflächen 155 ha Freiflächen	1.200 + 93 MW _{pel} (20% realistisch)	Etabliert, hohe Potenziale in Kombination mit Speicher	Variabilität, keine Grundlast
Windenergie	ca.93 ha	zu prüfen	Potenzial zur Sektorenkopplung Strom/Wärme	Fluktuierende Erzeugung, ggfs. notwendige Speicherung
Geothermie tief	ca. 8.000 ha genehmigungsfähig	laufende Untersuchungen durch SWK	Wasserführung bis 400 m Tiefe, konst. Temperaturen	Hohe initiale Investitionskosten, standortabhängig
Geothermie oberflächennah	-	-	Konstante Temperaturen, großer Volumenstrom	Standortabhängig, Hydraulik, baulicher Zustand der zu versorgenden Gebäude
Industrielle Abwärme	-	ca. 30 GWh _{th}	Hohe Temperaturen, Effizienzgewinne	Standortabhängig, Planbarkeit
Biomasse	8.500 ha (Forst)	58 + 7 GWh _{th}	Speicherfähigkeit, hohe Temperaturen	Flächenverfügbarkeit, Nachhaltigkeit
Biogas und Wasserstoff	-	-	Speicherfähigkeit, hohe Temperaturen	Verfügbarkeit/Preis, Nutzungskonkurrenz

5 Verzeichnisse

5.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Datengrundlage und Aggregation für Datenschutzmaßnahmen	10
Tabelle 2: Bevölkerung 2023 nach Altersgruppen (Demografiebericht der Stadt Kaiserslautern, 2024)	13
Tabelle 3: Absolute und relative Werte des Endenergieverbrauch nach Gebäudetyp/Nutzungssektor	24
Tabelle 4: Absolute und relative Werte des Endenergieverbrauchs nach Energieträger	24
Tabelle 5: THG-Emissionen aus der Wärmeerzeugung (Tonnen CO ₂ -Äquivalente, inkl. Vorketten) ...	28
Tabelle 6: Modellierung des zukünftigen Wärmebedarfs und Reduktion bis zum Jahr 2040 ggü. Ist-Zustand	31
Tabelle 7: Industrielle Abwärmepotenziale Kaiserslautern (BfEE, 2025)	43
Tabelle 8: Zusammenfassung Potenziale	46

5.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über den Ablauf der Erstellung eines Kommunalen Wärmeplans (KEA-BW, Hochschule Karlsruhe, Karsruher Institut für Technologie, ifeu Heidelberg, NVBW, 2020)	7
Abbildung 2: Prozessablauf zur Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung der Stadt Kaiserslautern (B.A.U.M. Consult, 2025)	8
Abbildung 3: Datenaggregation zur Sicherstellung des Datenschutzes. Sämtliche Gebäudedaten werden ausschließlich auf Baublockebene zusammengefasst weiterverarbeitet und analysiert. (Fichtner, 2025)	11
Abbildung 4: Lage der Stadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GeoBasis-DE, 2024)	12
Abbildung 5: Flächennutzung der Stadt Kaiserslautern (B.A.U.M. Consult, 2025; Statistik RLP, 2025)	13
Abbildung 6: Anzahl und Anteil Gebäude nach beheiztem Gebäudetyp (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)	14
Abbildung 7: Anzahl Gebäude nach Baualtersklasse, Gebäudetyp und spezifischer Wärmebedarf (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)	14
Abbildung 8: Siedlungsstruktur nach Typ (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)	15
Abbildung 9: räumliche Verteilung der Baualtersklassen (Wohngebäude innerhalb Wohnbauflächen) (Fichtner, 2025) (GEOMER, 2025)	16

Abbildung 10: Anzahl und Anteil Wärmeerzeuger nach Energieträger (Fichtner, 2025; Statistisches Bundesamt, 2024), (SWK, 2025b)	17
Abbildung 11: Wärmeerzeuger nach Energieträgern pro Stadtteil (Anzahl) (Fichtner, 2025; Statistisches Bundesamt, 2024) (SWK, 2025b)	17
Abbildung 12: Anlagenalter Heizungen (mittleres Baujahr der Heizungen pro Straße) (Fichtner, 2025)	18
Abbildung 13: Wärmeversorgung Kaiserslautern (Fichtner, 2025) (SWK, 2025b)	19
Abbildung 14: Kennzeichnung der Wärmelieferung für das Fernwärmenetz 2023 (SWK, 2025a)	19
Abbildung 15: Entwicklung der erneuerbaren Wärmeerzeugung in Kaiserslautern von 2007 bis 2020. (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025)	20
Abbildung 16: Bestand erneuerbare Energieproduktion in Kaiserslautern und Umland (Fichtner, 2025; MaStR, 2025)	21
Abbildung 17: Stromeinspeisung in Kaiserslautern von 2010 bis 2023 (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025).	22
Abbildung 18: Schema Berechnung Wärmebedarf je Gebäude. Basierend auf Methodologie der Wärmebedarfsermittlung des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU)	23
Abbildung 19: Endenergieverbrauch Kaiserslautern im Jahr 2024 (Fichtner, 2025) (GEOMER, 2025; Statistisches Bundesamt, 2024), (SWK, 2025b)	23
Abbildung 20: Durchschnittlicher spezifischer Wärmeverbrauch (in kWh/m ²) je Baualtersklasse und Gebäudetyp (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025)	24
Abbildung 21: Wärmekataster: Darstellung der Flächenwärmedichte der Stadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)	25
Abbildung 22: Wärmekataster Kernstadt Kaiserslautern: Darstellung der Flächenwärmedichte (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)	26
Abbildung 23: Darstellung der Wärmeliniendichten pro Straßenzugmeter der Stadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)	27
Abbildung 24: Darstellung der Wärmeliniendichten pro Straßenzugmeter, der Kernstadt Kaiserslautern (Fichtner, 2025; GEOMER, 2025; SWK, 2025b)	27
Abbildung 25: Wärmebedarf und THG-Emissionen für Kaiserslautern (BMWK, 2024)	29
Abbildung 26: Entwicklung des Wärmebedarfs ggü. Ist-Zustand (Fichtner, 2025)	31
Abbildung 27: Absolute Einsparungen in GWh auf Baublockebene (zukunftsweisendes Szenario) (Fichtner, 2025)	32
Abbildung 28: Photovoltaik Potenziale für Dach- und Freiflächen. Bestehende und geplante PV-Freiflächenprojekte (Fichtner, 2025; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025))	33

Abbildung 29: Einsatzmöglichkeiten der Geothermie (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, 2022).	34
Abbildung 30: Flächeneignung zur oberflächennahen Geothermienutzung mittels Erdwärmesonden. (Fichtner, 2025), (Landesamt für Geologie und Bergbau, 2022)	36
Abbildung 31: Restriktionsfreie Flächen (in Grün) im Untersuchungsgebiet (voraussichtlich frei von Ausschlüssen, ggfs. einzelfallbezogenen Restriktionen) (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz, 2025)	37
Abbildung 32: Aktueller Planungsstand des deutschen Wasserstoffkernnetzes (e2connect, 2024)	39
Abbildung 33: Abwasserkanäle in Kaiserslautern (Fichtner, 2025)	41
Abbildung 34: Mögliche industrielle Abwärmequellen in Kaiserslautern (BfEE, 2025; Fichtner, 2025)	42
Abbildung 35: Grundsätzliches Prinzip einer Wärmepumpe (Fichtner, 2025)	44

5.3 Literaturverzeichnis

B.A.U.M. Consult. (2025). *Eigene Berechnung bzw. eigene Darstellung*. München, Berlin.

BfEE. (06. 08 2025). *Plattform für Abwärme*. Von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html abgerufen

BMWK. (2024). EXCEL "Technikkatalog_Wärmeplanung_Version_1.1_August24".

(2024). *Demografiebericht der Stadt Kaiserslautern*.
[https://www.kaiserslautern.de/mb/themen/pbw/demographie/demographiebericht/kaiserslautern_demografiebericht2024-w.pdf#:~:text=Obwohl%20es%20demnach%20weniger%20Kinder%20als%20im,Hochschulstandort%20erkl%C3%A4ren%20l%C3%A4sst%20\(siehe%20auch%20Abschnitt%20](https://www.kaiserslautern.de/mb/themen/pbw/demographie/demographiebericht/kaiserslautern_demografiebericht2024-w.pdf#:~:text=Obwohl%20es%20demnach%20weniger%20Kinder%20als%20im,Hochschulstandort%20erkl%C3%A4ren%20l%C3%A4sst%20(siehe%20auch%20Abschnitt%20)

e2connect. (2024). *Wasserstoff-Kernnetz: Und wo bleibt die Bodensee-Region?* Von <https://e2connect.org/und-wo-bleibt-die-bodensee-region/> abgerufen

Fichtner. (2025). *Eigene Darstellung*.

Frauenhofer ISE. (2017). *Masterplan 100 % Klimaschutz: Energiewende Kaiserslautern*.
https://www.kaiserslautern.de/mb/themen/umwelt/klima/20171116_masterplan_gesamtdokument.pdf.

GeoBasis-DE. (2024). *BKG*. Von <https://www.bkg.bund.de/> abgerufen

GEOMER. (2025). *fullHAUSde und Wärmeatlas 3.0*.

IAG. (05. 08 2025). Von <https://www.geotis.de/homepage/references?ref=gt> abgerufen

IWU. (2015). *Deutsche Wohngebäudetypologie*.
https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcope/2015_IWU_LogoEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf. Von

https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcope/2015_IWU_LogeE tAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf abgerufen

KEA-BW, Hochschule Karlsruhe, Karsruher Institut für Technologie, ifeu Heidelberg, NVBW. (01. 04 2020). Kommunale Handlungsmöglichkeiten für nachhaltigere Mobilität - Positionspapier -. https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Positionspapier_Kommunale_Handlungsm%C3%B6glichkeiten_f%C3%BCr_nachhaltigere_Mobilit%C3%A4t_04_2020.pdf.

Landesamt für Geologie und Bergbau. (2022). *Wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Standorteinschätzung für Erdwärmesonden*. Von <https://www.lgb-rlp.de/karten-und-produkte/online-karten/online-karten-geothermie/online-karte-standorteinschaetzung-erdwaermesonde> abgerufen

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik. (2022). *Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie*.

MaStR. (2025). *Marktstammdatenregister*. Von Bundesnetzagentur: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR> abgerufen

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz. (22. August 2025). *Energieatlas Rheinland-Pfalz*. Von Energieatlas Rheinland-Pfalz: <https://www.energieatlas.rlp.de> abgerufen

Statistik RLP. (2025). *Statistisches Landesamt Rheinland Pfalz*. Von <https://www.statistik.rlp.de/> abgerufen

Statistisches Bundesamt. (2024). *Ergebnisse des Zensus 2022 - Gebäude- und Wohnungszählung*. Von www.zensus2022.de abgerufen

SWK. (04. 08 2025). *Stadtwerke Kaiserslautern*. Von Netzdaten und Netzinformation Erdgas: <https://www.swk-kl.de/netze/erdgasnetz/netzdaten> abgerufen

SWK. (05. 08 2025a). *Stadtwerke Kaiserslautern*. Von <https://www.swk-kl.de/produkte-services/energie/fernwaerme> abgerufen

SWK. (2025b). *Stadtwerke Kaiserslautern*. Von Datenlieferung im Rahmen der KWP. abgerufen