

Kommunale Wärmeplanung Ludwigsburg

im Auftrag der Stadt Ludwigsburg



Abschlussbericht

Projektleitung: Tobias Nusser, M. Sc.

Bearbeitung: Joel Noack, M. Sc.

Stand: 19.06.2023

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart
Tel. +49 711 99 007 - 5 . Fax +49 711 99 007 - 99
info@egs-plan.de . www.egs-plan.de

IBAN-Nr. DE48 2505 0000 0002 0740 60 . BIC: NOLADE 2HXXX
Ust.-IdNr. DE218431901 . Registergericht Stuttgart HRB 22434

Geschäftsführung:
Dipl.-Ing. Jörg Baumgärtner
Dipl.-Ing. (FH) Joachim Böwe
Dr.-Ing. Boris Mahler

Generalbevollmächtigter:
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
230619 KWP Ludwigsburg Bericht
E21350.docx

Auftraggeber / Bauherr	Stadt Ludwigsburg Referat Stadtentwicklung, Klima und Internationales Wilhelmstraße 5 71602 Ludwigsburg
Auftragnehmer	EGS-Plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH Gropiusplatz 10 70563 Stuttgart Tel. +49 711 99 007 - 5 Fax +49 711 99 007 - 99 www.egs-plan.de info@egs-plan.de
Projektleitung	Tobias Nusser, M.Sc.
Bearbeitung	Joel Noack, M.Sc.

Hinweis:

Soweit die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH als Handelnde für die kommunale Wärmeplanung und dessen Anlagen genannt wird – geschieht dies **ausschließlich** in ihrer **aktuellen Eigenschaft** als Konzessionsnehmerin der entsprechenden Wegerechte. Damit ist **keine Vorfestlegung** für aktuelle oder ggf. erforderliche Konzessionsvergabeverfahren verbunden.

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Kommunale Wärmeplanung	8
2.1	Das Planungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung	8
2.2	Vorgehensweise und Methodik	8
2.3	Organisatorischer Rahmen	10
3	Beteiligungs- und Kommunikationskonzept	11
4	Bestandsanalyse	13
4.1	Ziele und Vorgehensweise	13
4.2	Datengrundlagen	13
4.3	Daten der Kommunalverwaltung	14
4.4	Daten der Schornsteinfeger	14
4.5	Daten der Energieunternehmen	15
4.6	Großverbraucher	15
4.7	Ergebnisse der Bestandsanalyse	16
4.7.1	Definition der Cluster	16
4.8	Kommunalstruktur	17
4.8.1	Energieinfrastruktur	19
4.8.2	Wärmebedarf	20
4.8.3	Endenergie- und Treibhausgasbilanz	22
4.8.4	Großverbraucheranalyse	25
5	Potenzialanalyse	26
5.1	Ziele und Vorgehensweise	26
5.2	Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs	26
5.2.1	Potenziale energetischer Gebäudesanierung	26
5.2.2	Potenziale durch Verbesserung von Prozesseffizienzen	27
5.2.3	Gesamtpotenzial zur Senkung des Wärmebedarfs	27
5.3	Potenziale für klimaneutrale Wärme	29
5.3.1	Abwärme – Industrie und Gewerbe	29
5.3.2	Abwasser - Kanal	30
5.3.3	Abwasser – Kläranlage	31
5.3.4	Flusswasser	33
5.3.5	Geothermie – Kollektoren zentral	34
5.3.6	Geothermie – Sonden dezentral	37
5.3.7	Geothermie – Sonden zentral	38
5.3.8	Grundwasser	39

5.3.9	Seewasser	41
5.3.10	Solarthermie - dezentral	42
5.3.11	Solarthermie - zentral	43
5.3.12	Tiefengeothermie	46
5.3.13	Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme	48
5.4	Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung	51
5.4.1	Photovoltaik – dezentral	51
5.4.2	Photovoltaik – zentral	53
5.4.3	Windkraft	55
5.4.4	Wasserkraft	56
5.5	Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse	57
6	Zielfoto	60
6.1	Ziele und Vorgehensweise	60
6.2	Zielfoto 2035	61
6.3	Zielfoto 2030	64
7	Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog	66
7.1	Ziele und Vorgehensweise	66
7.2	Maßnahmen auf Meta-Ebene	66
7.3	Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation	70
7.3.1	Wärmenetzeignungsgebiete	70
7.3.2	Kommunale Fokusgebiete	71
7.3.3	Gebiete mit perspektivischem Gasbedarf	73
7.4	Clustersteckbriefe	74
7.5	Fünf Maßnahmen gemäß Klimaschutzgesetz	76
7.6	Konzept zur Erschließung des Potenzials durch Sanierung und Effizienzsteigerung	77
7.7	Roadmap Grünes Gas	80
7.8	BEW Studien	83
7.9	Ausbau und Nachverdichtung Wärmenetz	86
7.10	Konzept zur Flächensicherung	89
8	Abbildungsverzeichnis	92
9	Literaturverzeichnis	93
10	Anhang	94
10.1	Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen	94
10.2	Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung	95

1 Zusammenfassung

Das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg verpflichtet alle großen Kommunen zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung bis zum Ende des Jahres 2023. Die kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungsinstrument soll dabei Erkenntnisse liefern, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2040 erreicht werden kann. Die Stadt Ludwigsburg hat im Jahr 2021 die Erarbeitung der Wärmeplanung begonnen und analysiert darin die Möglichkeiten einer klimaneutralen Wärmeversorgung bereits für das kommunalpolitisch gesetzte Zieljahr 2035.

Die kommunale Wärmeplanung weist grundlegend vier zentrale Arbeitsphasen auf: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielfoto und Maßnahmenkatalog.

Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse hat das Ziel, den aktuellen Wärmebedarf und -verbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen (THG) für die gesamte Kommune zu bestimmen. Durch die Datenerhebungsermächtigung im Klimaschutzgesetz liegen hierfür reale Daten zum Energieverbrauch als auch Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen sowie der dezentralen Wärmeversorgungsstruktur der Wohn- und Nicht-Wohngebäude vor.

Im Rahmen der Bestandsanalyse ist die Kommune in 139 Cluster eingeteilt worden, um auf dieser Ebene jeweils passende Lösungsansätze zu ermitteln und die Ergebnisse datenschutzkonform weiternutzen zu können. Insgesamt sind im Rahmen der Analyse rund 18.500 Gebäude mit mehr als 15.770.000 m² Brutto-Grundfläche ausgewertet worden.

Der Endenergiebedarf für Wärme lag im Jahr 2020 bei ca. 900 GWh. Der größte Anteil des Wärmebedarfs wird heute durch fossile Energieträger Erdgas und Heizöl (rund 80 %) gedeckt, der Anteil der Fernwärme (davon 50 % erneuerbare Energien) an der gesamten Wärmebereitstellung beträgt rund 5 %. Rund 55 % des Endenergiebedarfs sind dabei auf die Nutzungskategorie Wohnen zurückzuführen. Der Anteil der dezentralen erneuerbaren Energien liegt bei ca. 4%. Dazu zählen beispielsweise Wärmepumpen, Pelletsheizungen, ...

Insgesamt resultieren im Basisjahr 2020 THG-Emissionen in Höhe von 222.660 Tonnen. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,3 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse beinhaltet die Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung durch Gebäudesanierungen im Bereich Raumwärme und Trinkwasserwärme sowie Effizienzmaßnahmen im Bereich der Prozesswärme sowie die Erhebung der lokal nutzbaren Potenziale klimaneutraler Energiequellen und Abwärme. Das Leitszenario zur Ermittlung der Einsparpotenziale zeigt auf, dass durch die Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden ca. 31% des Gesamtwärmebedarfs eingespart werden kann. Dabei ist eine Sanierungsrate von 2,5% pro Jahr angenommen sowie ein Sanierungsniveau, das dem heutigen gesetzlichen Mindeststandard (GEG) entspricht. Durch Prozesseffizienzmaßnahmen in Industrie und Gewerbe resultiert in dem Szenario eine Wärmebedarfsreduktion um ca. 7 % bis 2035.

Gegenüber dem Basisjahr 2020 resultiert für das Zielfoto insgesamt ein um rund 40 % reduzierter Wärmebedarf.

Die Analyse der lokal verfügbaren emissionsfreien Wärmequellen ergibt, dass die größten Potenziale im Bereich der Abwasserwärme, Flusswasserwärme, Erdwärme und Solarthermie liegen. Darüber hinaus sind für eine vollständige Bedarfsdeckung die Nutzung von im Wesentlichen räumlich unabhängigen Energieträgern wie Außenluftwärme, Biomasse und „Grüne Gase“ (gasförmige Energieträger, bei deren Verbrennung nicht mehr CO₂ freigesetzt wird, als zuvor der Atmosphäre entnommen wurde) erforderlich und einsetzbar.

Zielfoto 2035

Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Klimaschutzgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung vor. Gemäß Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass durch die Wärmeversorgung im Zieljahr keine Treibhausgas-Emissionen mehr verursacht werden dürfen. Auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse wird dieses „Zielfoto“ ausgearbeitet, das aufzeigen soll, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Der Endenergiebedarf für Wärme in Ludwigsburg beträgt im Zieljahr 2035 rund 530 GWh, dieser Bedarf ist durch treibhausgasfreie Wärmequellen zu decken. Ausgehend von rund 90% fossiler Endenergie im Basisjahr zeigt dies die Dimension des fortzuführenden Transformationsprozesses.

Im Zielfoto werden rund 78 % des Wärmebedarfs über Wärmenetze in 139 Clustern gedeckt. Dies beinhaltet sowohl bereits bestehende Wärmenetze, welche konsequent dekarbonisiert, ausgebaut und nachverdichtet werden sowie neue Netze, die treibhausgasfrei aufgebaut werden müssen. Die restlichen 22 % entfallen auf dezentrale Versorgungstechniken.

Zentrales Element der Wärmeerzeugung sind im Zielfoto die Wärmepumpen sowohl in zentralen Heizzentralen als auch als dezentrale Einheit in Gebäuden. Wärmepumpen stellen hierbei rund drei Viertel der Wärme im Zielfoto. Wesentliche regional verfügbare Umweltwärmequellen sind Außenluft, Geothermie, Flusswasserwärme und Abwasserwärme.

Im Rahmen des Zielfoto-Prozesses sind auf der Ebene von 139 Clustern räumlich zugeordnete Empfehlungen in den Cluster-Steckbriefen ausgearbeitet, die Aufschluss darüber geben, welche Energieversorgungssysteme (Wärmenetze, dezentrale Heizungsanlagen) und Energieträger für die Erreichung der Klimaneutralitätsziele eine Option darstellen.

Handlungsstrategie/Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Ergebnisse des Zielfotos sind Handlungsstrategien und ein Katalog mit fünf Maßnahmen erarbeitet worden, deren verpflichtende Umsetzung laut Klimaschutzgesetz in den nächsten fünf Jahren begonnen werden soll. Darüber hinaus sind grundlegende strukturelle und unterstützende Maßnahmen bei der Kommunalverwaltung für die Umsetzung dieses Transformationsprozesses ausformuliert.

Die fünf Maßnahmen sind in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung, den Stadtwerken sowie der Energieagentur entwickelt und ausführlich in Steckbriefen in Kapitel 7.5 beschrieben. Hierbei handelt es sich um folgende Maßnahmen.

- Konzept zur Sanierungs- und Effizienzsteigerung – *Wie die Sanierungsquote erreichen?*
- Roadmap Grünes Gas – *Woher kommt das grüne Gas und sind die Gasnetze dafür bereit?*
- Wärmenetzpläne – *Wärmenetzplanung für neue klimaneutrale Bestandsquartiere*
- Ausbau & Nachverdichtung Verbundwärmenetz – *Wo wird ausgebaut und nachverdichtet?*
- Konzept zur Flächensicherung – *Wie werden Flächen zur Energieversorgung gesichert?*

2 Kommunale Wärmeplanung

2.1 Das Planungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Planungswerkzeug, um das Handlungsfeld Wärme innerhalb der nachhaltigen Stadtentwicklung gestalten zu können. Die Kommunen entwickeln dabei eine Strategie zum langfristigen Umbau der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität, die die jeweilige Situation vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Sie enthält eine Analyse des Wärmebedarfs vor Ort und Maßnahmen, wie dieser mit erneuerbaren und emissionsfreien Energien perspektivisch gedeckt werden kann.

Mit Hilfe der kommunalen Wärmeplanung soll die Transparenz bezüglich der klimaneutralen Wärmeversorgung gegenüber der gesamten Stadtgesellschaft erhöht werden. Sowohl für Bürger*innen, als auch für Unternehmen und die Stadtverwaltung soll Planungssicherheit für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung geschaffen werden.

Durch die Wärmeplanung verfügen Kommunen über einen starken Hebel, um die Wärmewende sowohl schneller als auch effizienter voranzutreiben. Der ganzheitlich und konsequent auf die Klimaneutralität ausgerichtete Ansatz eröffnet der Verwaltung und kommunalen Entscheidungsebene einen strategischen Fahrplan, der ihre Arbeit in den Folgejahren Orientierung geben kann. Ein Wärmeplan ersetzt dabei niemals eine ortsgenaue Planung eines Wärmenetzes oder detailliertere Betrachtungen in einem Quartier.

„Umfang, Inhalt und mit der kommunalen Wärmeplanung verbundene Befugnisse werden im Klimaschutzgesetz für alle Kommunen geregelt - unabhängig von Einwohnerzahl und Status. Die großen Kreisstädte und Stadtkreise sind durch das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans verpflichtet (siehe § 27 Nr.3). Die übrigen Kommunen werden ab Oktober 2021 durch ein Förderprogramm bei dieser wichtigen Aufgabe finanziell unterstützt.“ (KEA-BW, KEA-BW Die Landesenergieagentur, 2023)

2.2 Vorgehensweise und Methodik

Die Kommunale Wärmeplanung besteht aus vier Arbeitsphasen: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielfoto und Maßnahmenkatalog.

Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden Daten zur Gebäude-, Siedlungs- und Energieinfrastruktur erhoben und analysiert. Das digitale Liegenschaftskataster liefert Informationen zur Nutzungsart und Kubatur der Gebäude, den Flurstücken und Straßen. Im Anschluss wird der aktuelle Wärmebedarf/-verbrauch erhoben und die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen ermittelt. Zusätzlich werden Informationen zur Energieinfrastruktur, wie z.B. Gas- und Wärmenetze, zur dezentralen Wärmeerzeugung in Gebäuden und zum Gebäudebestand allgemein analysiert.

Die Grundlagen für die Bestandsanalyse sind gebäudescharfe Schornstiefegerdaten, Verbrauchsdaten für leitungsgebundene Energieträger (Gas, Strom, Wärme) und das digitale Liegenschaftskataster. Ergänzend fließen lokale Informationen zu Bebauungsplänen, kommunalen Gebäuden und denkmalgeschützten Gebäuden mit ein. (siehe Kapitel 4.2)

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse dient der Berechnung der Potenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie der lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärme.

Zielfoto

Das Zielfoto steht für die Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2035 mit einem Zwischenziel für 2030. Dies erfolgt durch die Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und dezentral versorgte Gebiete. Weiterhin erfolgt hier auch die Ausweisung der Nutzung lokaler Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung.

Handlungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung führt Potenziale und Bedarf systematisch zusammen. Auf diese Weise lassen sich Einsatzmöglichkeiten der Energiequellen in einem klimaneutralen Wärmesystem definieren und lokal umsetzen. Aufbauend auf dem Zielfoto werden sowohl grundlegende als auch konkrete Maßnahmen und Strategien formuliert, die für die erfolgreiche Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Die Maßnahmen beziehen sich spezifisch auf unterschiedliche Eignungsgebiete und Quartiere sowie auf strukturelle und prozesshafte Aspekte auf Seiten der Kommunalverwaltung. Gemäß dem Klimaschutzgesetz sind fünf prioritäre Maßnahmen zur Umsetzung in den nächsten fünf Jahren möglichst detailliert zu beschreiben. Die Summe der beschriebenen Maßnahmen soll helfen, die erforderlichen Treibhausgasreduzierungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Der kommunale Wärmeplan soll in der anschließenden Umsetzungsphase Orientierung für alle an der Wärmewende beteiligten Akteur*innen geben. Seine Ergebnisse und Handlungsvorschläge dienen der Verwaltung und dem Gemeinderat als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung. Während des gesamten Prozesses gilt es, die Inhalte anderer Vorhaben der Kommune, etwa die der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen.

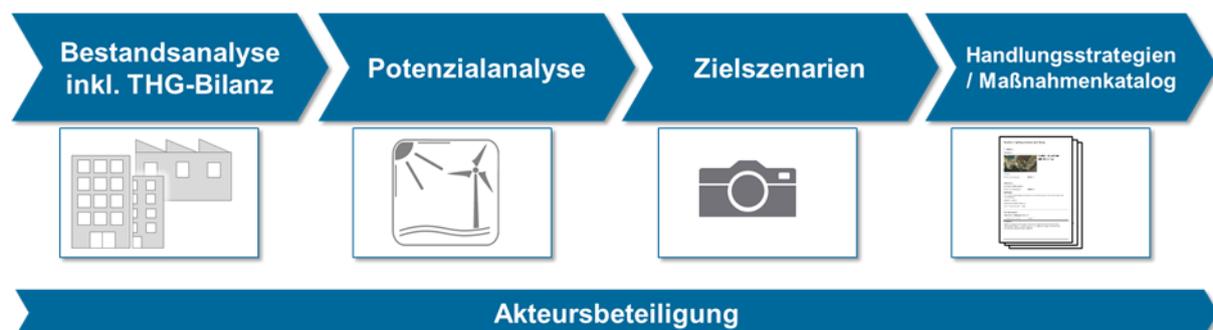


Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP

2.3 Organisatorischer Rahmen

Das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg verpflichtet Stadtkreise und große Kreisstädte in Baden-Württemberg, bis spätestens 31. Dezember 2023 eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen und alle sieben Jahre an künftige Entwicklungen anzupassen. Die kommunale Wärmeplanung ist für Kommunen der zentrale strategische Prozess, um Maßnahmen für das Erreichen der Klimaschutzziele im Wärmebereich zu identifizieren. Dabei folgt sie dem Leitspruch: Energiewende durch Wärmewende. Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Klimaschutzgesetz in Baden-Württemberg das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 vor. Gemäß Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass durch die Wärmeversorgung spätestens im Jahr 2040 keine Treibhausgas-Emissionen mehr verursacht werden dürfen. [Im Internet unter: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/klimaschutzgesetz-kommunale-waermeplanung#c3047-content-3>]

Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden an zentraler Stelle durch die Regierungspräsidien dokumentiert. Spätestens alle sieben Jahre muss die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg fortgeschrieben werden. Damit wird gewährleistet, dass die Ergebnisse geprüft und die Umsetzung weiter vorangetrieben werden. Die Kommunen erhalten auch zukünftig zur Durchführung der kommunalen Wärmeplanung Konnexitätszahlungen.

Ludwigsburg hat rund 93.000 Einwohner und ist damit die größte Mittelstadt sowie auf Platz zehn der größten Städte in Baden-Württemberg (31. Dezember 2021). Sie gehört zur Region Stuttgart und als Kreisstadt gleichzeitig auch die größte Stadt des Landkreises Ludwigsburg. Gemeinsam mit Kornwestheim bildet Ludwigsburg das Zentrum für die umliegenden Gemeinden.

2020 wurde das integrierte Klimaschutz- und Energiekonzept (iKEK) aus 2011 erneuert. 2022 wurde das iKEK evaluiert und durch das Klimaneutralitätskonzept 2035 ersetzt. 2016 wurde ein Klimaanpassungskonzept erstellt. Darin werden Maßnahmen zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels thematisiert.

Die kommunale Wärmeplanung ist in der Verwaltung beim Team „Klima und Energie“ angesiedelt. Hier wird an Themen wie Klimaschutz, Klimaanpassung und Quartierskonzepte sowie Energieversorgung gearbeitet. Grundlage für diese Arbeiten ist das Handlungsfeld "Klima und Energie", an dem alle Klimaschutz- und Energieaktivitäten der Stadt ausgerichtet sind. [Im Internet unter: <https://www.ludwigsburg.de/klima>]

3 Beteiligungs- und Kommunikationskonzept

Für den Erfolg und die Akzeptanz einer kommunalen Wärmeplanung bedarf es einer aktiven Beteiligung und Information der lokalen Akteure und der Öffentlichkeit. Zu Beginn sind daher im Rahmen einer Akteursanalyse die relevanten Akteure identifiziert und deren Erwartungen an die KWP erfasst worden. Darauf aufbauend wurde ein Kommunikationskonzept frühzeitig entwickelt, um eine Mitwirkung und zielgruppenspezifische Einbindung der lokalen Akteure zu erreichen.

Bei der Akteursanalyse sind zunächst alle relevanten Akteure in Gruppen eingeteilt und für diese ein Beteiligungs- und Kommunikationskonzept erstellt worden. Die identifizierten Akteursgruppen sind in Tabelle 1 aufgelistet. In der Liste ist zusätzlich aufgeführt, ob für die Akteursgruppe eine informative oder partizipative Beteiligung angesetzt wurde. In Abhängigkeit von den Gruppen und Kommunikationsformaten sind mit der Kommunalverwaltung entsprechende Beteiligungsformate festgelegt worden.

Tabelle 1: Akteursgruppen

Gruppe		
A1	Gemeinderat	informativ
A2	Verwaltung	partizipativ
A3	Energieunternehmen	partizipativ
A4	Handwerker, Schornsteinfeger	informativ
A5	Großverbraucher	partizipativ
A6	Immobilienbestandshalter	informativ
A7	Landwirtschaft	informativ
A8	Öffentlichkeit	informativ
A9	Ludwigsburger Energieagentur (LEA)	partizipativ

Partizipative Beteiligung

Der partizipative Beteiligungsprozess hat das Ziel, mit den an der späteren Umsetzung zuständigen Akteuren, akzeptierte Ergebnisse und Maßnahmen zu finden und ebenso deren spezifisches Wissen im Planungsprozess berücksichtigen zu können. Dazu zählen konkret die Stadtverwaltung, die Stadtwerke als auch die Energieagentur.

Das zentrale Format für die Kommunikation waren hierbei regelmäßig stattgefundene Besprechungstermine mit der Stadtverwaltung (Team Klima und Energie). Hier wurden je nach Projektphase wöchentlich bis monatlich die Zwischenstände vorgestellt und aktuelle Projektthemen diskutiert und anlassbezogen weitere Akteur*innen eingebunden wurden.

Ein weiterer Bestandteil des Beteiligungs- und Kommunikationskonzepts war der interkommunale Austausch mit der Nachbarkommune Kornwestheim. Da die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim in beiden Kommunen der zentrale Energieversorger sind, ist für

eine erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanungen eine Abstimmung und Information über die Zwischenstände ein essenzieller Bestandteil.

Diese Abstimmung fand ebenfalls nach den einzelnen Projektphasen statt. Der erste Austausch zu Ergebnissen der Bestandsanalyse fand am 07.12.21 statt. Der Austausch zu den Ergebnissen der Potenzialanalyse am 25.01.22. Zusätzlich fand projektübergreifend im Rahmen der Maßnahmenabstimmung der Austausch mit dem Planungsbüro IBS statt, das die kommunale Wärmeplanung für Kornwestheim durchführt.

Der Entwurf des Zielfotos wurde mit dem Projektteam der Stadtverwaltung sowie den Stadtwerken Ludwigsburg-Kornwestheim (SWLB) und der Energieagentur Kreis Ludwigsburg (LEA) abgestimmt und somit ein abgestimmtes Ergebnis erarbeitet. Die Maßnahmenvorschläge der vierten Projektphase wurden gemeinsam mit dem Projektteam der Stadtverwaltung sowie den SWLB entwickelt.

Informative Beteiligung

Die Öffentlichkeit wurde zu Beginn im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung in der Ludwigsburger Kreiszeitung über den Start und die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung informiert. Darüber hinaus sind Inhalte und Meilensteine der kommunalen Wärmeplanung auf der Webseite der Kommune veröffentlicht.

Nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung ist es geplant in einer Öffentlichkeitsveranstaltung die Ergebnisse der Öffentlichkeit vorzustellen. Nach einer Präsentation der Ergebnisse sollen an thematischen relevanten Bereichen des anstehenden Transformationsprozesses der Öffentlichkeit nähergebracht werden.

Neben der Information der Öffentlichkeit kommt der Information der relevanten kommunalpolitischen Gremien und Ausschüssen eine zentrale Rolle zu. Die erste Information fand am 12.05.2022 im Bauausschuss statt. Die Zwischenergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse wurden hier präsentiert. Am 06.10.2022 wurden die Ergebnisse des Zielfotos und der Ausblick auf die letzte Projektphase im Bauausschuss vorgestellt.

Ziel der Vorstellungen war es über die Relevanz der kommunalen Wärmeplanung und den aktuellen Stand zu informieren sowie das weitere Vorgehen zu erläutern. Dadurch konnten regelmäßig Fragen und Anmerkungen aus der Kommunalpolitik abgeholt und in die weitere Bearbeitung integriert werden. Besonders im Hinblick auf den Abschluss der kommunalen Wärmeplanung, der einen Beschluss im Bauausschuss und im Gemeinderat der die fünf zur Umsetzung bestimmten Maßnahmen gemäß Kapitel 7.5 beinhaltet, ist die frühzeitige und regelmäßige Information essenziell, um die Akzeptanz und Mitwirkung zu optimieren.

4 Bestandsanalyse

4.1 Ziele und Vorgehensweise

Die Bestandsanalyse basiert auf der Erhebung von Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypologien, der Versorgungsstrukturen von Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie der Ermittlung der Wärmeversorgungsstruktur in den Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. Darauf aufbauend werden der Wärmebedarf und -verbrauch sowie die daraus resultierenden THG-Emissionen im Bereich Wärme bestimmt.

In den folgenden Abschnitten werden die grundlegend erhobenen Daten und die Datenherkunft näher beschrieben. Exemplarisch wird jeweils aufgezeigt, wie Analysen für die weitere Nutzung der Daten in der KWP eingesetzt werden.

Ein wesentliches Ziel der Bestandsanalyse ist die Ermittlung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen, die auf den Wärmesektor zurückzuführen sind. Mit diesen Ergebnissen kann eine erste verursacherorientierte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltwirkungen in der Kommune vorgenommen werden. Für die anschließende Potenzialanalyse stellen diese Ergebnisse die wesentliche Grundlage dar, um Abschätzungen des zukünftigen Wärmebedarfs und der potenziellen Wärmedeckungsanteile ableiten zu können.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten erfolgt mit Hilfe des Open-Source-Geographischen-Informationssystems QGIS.

Neben den nachfolgend aufbereiteten Ergebnissen der Bestandsanalyse sind im Anhang 10 weitere Kennzahlen und Abgabebestandteile gemäß des Leistungsverzeichnisses der KEA-BW dokumentiert.

4.2 Datengrundlagen

Um eine hohe Qualität der kommunalen Wärmeplanung zu gewährleisten, werden mit dem Klimaschutzgesetz die Kommunen zur Datenerhebung relevanter Daten ermächtigt. Gemäß § 33 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg sind alle Kommunen „... zum Zweck der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans ermächtigt, gebäudescharfe Daten bei Energieunternehmen und Bezirksschornsteinfegermeistern zu beschaffen“ (KEA-BW, KEA-BW die Landesenergieagentur, 2023). Darüber hinaus können auch Daten von Gewerbe- und Industriebetrieben im Rahmen der KWP erhoben werden. Diese Daten dürfen lediglich zum Zweck der Erstellung einer kommunaler Wärmeplanung verwendet werden.

Eine weitere Datenquelle sind verwaltungsinterne Informationen, Karten und Fachplanungen, die von den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern bereitgestellt werden. Im Folgenden sind die Datengrundlagen bezüglich Herkunft und Inhalt erläutert.

4.3 Daten der Kommunalverwaltung

Allgemeine Daten der Kommunalverwaltung werden zu Beginn der Bearbeitung von den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern angefordert. Wesentliche Bausteine sind das digitale Liegenschaftskataster als auch weitere Fachplanungen. Das digitale Liegenschaftskataster beinhaltet beispielsweise Gebäudeinformationen wie die Gebäudegrundfläche, die Gebädefunktion und die Lagebezeichnung mit Adresse sowie weiteren Angaben zu Flurstücken und Flächennutzungen auf dem Kommunalgebiet.

Ergänzend werden bei der Kommunalverwaltung folgende Informationen abgefragt:

- Bebauungspläne
- Energiebericht kommunale Liegenschaften
- Erarbeitete Quartierskonzepte
- Geplante Neubaugebiete
- Kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte
- Liste denkmalgeschützter Gebäude
- Liste kommunaler Liegenschaften

4.4 Daten der Schornsteinfeger

Wichtige Daten im Bereich der Heizungsanlagen in Gebäuden werden grundsätzlich schon von den Bezirksschornsteinfegern erfasst, verarbeitet und dokumentiert. Aus diesem Grunde ermächtigt das Klimaschutzgesetz Kommunen zur Abfrage der Daten aus den einzelnen Kehrbezirken von den Schornsteinfegern. Der Landesinnungsverband der Schornsteinfeger hat zusammen mit Softwareanbietern für den automatisierten Export der benötigten Daten eine Ausgabefunktion implementiert und unterstützt damit maßgeblich die Erstellung der KWP. Dies ermöglicht den einfachen Datenexport für die Weiternutzung in den Analysetools der Dienstleister.

Folgende Angaben und Daten werden unter anderem für die kommunale Wärmeplanung von den Bezirksschornsteinfegern bereitgestellt:

- Adresse (Kommune, Straße und Hausnummer)
- Feuerstättenart
- Feuerstättennummer
- Brennstoff
- Nennwärmeleistung
- Baujahr
- Heizwert/ Brennwert
- Art der Heizung: Zentralheizung/ Einzelraumheizung

4.5 Daten der Energieunternehmen

Die Ermittlung des kommunalen Energiebedarfs im Bereich Wärme kann über Bedarfskennzahlen oder über die Erfassung von Verbrauchsdaten geschehen. Verbrauchsdaten haben den Vorteil, dass diese der Realität entsprechen und die konkreten Nutzungsanforderungen dadurch besser wiedergegeben werden als bei pauschalen Bedarfskennzahlen. Den Energieunternehmen liegen für leitungsgebundene Energieträger die gebäudescharfen Verbrauchsdaten im Bereich Strom (Heizstrom, Wärmepumpenstrom), Wärme (Wärmeabsatz über Wärmenetze) und Gas vor. Für eine qualitativ hochwertige und belastbare Bedarfsanalyse, ist im § 27 Nr. 3 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg die Kommune zur Erhebung der erforderlichen Daten bei den Energieunternehmen ermächtigt.

Neben den Verbrauchsdaten können Energieunternehmen als Betreiber von Energienetzen und Erzeugungsanlagen weitere relevante Informationen zur vorliegenden Infrastruktur in der Kommune liefern. Speziell für größere Wärmenetze ist die Information über die verbaute Technik in den Heizzentralen von großer Bedeutung, um konkrete Transformationspotenziale bewerten zu können.

Folgende Daten umfassen aktuell die Abfrage und Übermittlung:

- Energieanlagen und -infrastrukturen
 - Energienetze
 - Abwassernetz
 - Gasnetz
 - Wärmenetze
 - Installierte KWK-Leistung
 - Installierte elektrische Speicherkapazität
 - Installierte thermische Speicherkapazität
 - PV-Anlagen (Anzahl und Leistung)
 - Wärmezentralen inklusive Angaben zu Temperaturniveaus und Art der Wärmeerzeugung, Leistung der Erzeuger und Netzabnahme, Wärmemenge
- Verbrauchsdaten
 - Gasverbrauch
 - Wärmeverbrauch (an Wärmenetzen)
 - Wärmestromverbrauch aufgeschlüsselt in Direktstrom und WP-Strom

4.6 Großverbraucher

Im Zuge der ersten Berechnung der Wärmebedarfszahlen können Großverbraucher mit einem hohen Wärme- und Energieverbrauch identifiziert werden. Um Abwärme- und Energieeffizienzpotenziale zu erkennen, besteht für Gewerbe- und Industriebetriebe sowie die öffentliche Hand die Verpflichtung, unter anderem Angaben über Höhe und Art ihres Endenergiebedarfs, Wärmeenergiebedarfs und -verbrauchs zu machen. Hierzu werden die identifizierten Großverbraucher im Rahmen einer Befragung angeschrieben und bei Bedarf über qualifizierende Interviews detaillierter analysiert.

4.7 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse gelten für das gewählte Basisjahr 2020. Im Rahmen der Ergebnisvorstellung wird zunächst auf die Clusterbildung eingegangen, da Cluster eine geeignete Aggregationsebene bilden, um datenschutzkonform die Energiebedarfe und THG-Emissionen darstellen zu können. Im Anschluss werden die grundsätzliche Gemeindestruktur und die aktuellen relevanten Energieinfrastrukturen erläutert. Den Abschluss der Ergebnisdokumentation bildet die Wärme- und THG-Bilanz, die Grundlage für die weitere Bearbeitung im Rahmen der Potenzialanalyse und des Zielfotoprozesses ist.

4.7.1 Definition der Cluster

Gemäß der in Kapitel 4.2 beschriebenen Datenerhebungsermächtigung werden im Rahmen der KWP zum Teil personenbezogene bzw. schützenswerte Daten auf Einzelgebäude-Ebene erhoben und verarbeitet. Für eine datenschutzkonforme Weiternutzung und Veröffentlichung werden diese Einzeldaten in Clustern aggregiert.

Insgesamt wird die Kommune in 139 Cluster eingeteilt. Kriterien für die Abgrenzung der Cluster sind die Siedlungsstruktur, Gebäudenutzungstypen, Baualter sowie Energieträger und -infrastrukturen zur Wärmeversorgung. Ziel ist es neben der Einhaltung des Datenschutzes möglichst sinnvolle homogene Versorgungsbereiche für eine potenzielle zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung abzugrenzen. Räumliche trennende bzw. verbindende Elemente wie Straßen sind bei der Wahl der Clustergrenzen ebenfalls mitberücksichtigt. Die finale Auswahl der einzelnen Cluster ist im engen Austausch mit der Kommunalverwaltung geschehen.

Im Rahmen der KWP werden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse als auch des Zielfotos auf Ebene der Cluster ausgewiesen und dokumentiert.

4.8 Kommunalstruktur

Die Stadt Ludwigsburg setzt sich aus zwölf Stadtteilen zusammen, die hauptsächlich durch Wohnnutzung geprägt sind. Das gesamte Gemarkungsgebiet der Kommune umfasst eine Fläche von 4.334 ha. Darunter befinden sich 234 ha Wald sowie 1.913 ha Ackerland. Damit ist der Großteil der nicht bebauten Flächen der landwirtschaftlichen Nutzung zuzuordnen.

Gebäudeinfrastruktur

Im Zuge der Bestandsanalyse werden in der Kommune insgesamt rund 18.500 Gebäude erfasst und analysiert. Die Kategorisierungen und Verteilungen der Gebäudetypen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Den größten Anteil der Gebäude mit einem Anteil von rund 80 % an der Gebäudezahl und rund 50 % an der Fläche nehmen die Wohngebäude ein.

Bei einer Gesamtwohnfläche¹ von 4.633.929 m² in der Kommune resultiert eine einwohnerbezogene Wohnflächeninanspruchnahme von 49,8 m²/EW.

Tabelle 2: Gebäudestatistik

	Gebäudeanzahl	Rel. Anteil in %	Fläche im m ² (BGF)	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäderbetriebe	8	0,04%	130.123	1,1%
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	601	3,25%	1.823.250	15,0%
Hotel	30	0,16%	81.341	0,7%
Industrie	244	1,32%	1.135.576	9,3%
Mischnutzung	1107	5,98%	1.391.879	11,4%
Öffentliche Verwaltung	162	0,87%	870.745	7,2%
Sondernutzung	287	1,55%	1.304.918	10,7%
Wohnnutzung	14671	79,22%	5.244.995	43,1%
Sonstige	1410	7,61%	179.395	1,5%
Gesamt	18.520		12.162.222	

¹ Berechnet aus der BGF der Wohnnutzung in Gebäuden

Clusterstruktur

In Tabelle 3 und Abbildung 2 sind die Hauptnutzungsarten der Cluster dargestellt. Die Hauptnutzungsarten werden auf Basis der einzelnen Gebäudenutzungen innerhalb der Cluster bestimmt. Sofern eine dominierende Nutzungsart (> 50% der Gebäude) vorliegt, entspricht diese der Hauptnutzungsart des Clusters. Falls keine eindeutige Nutzung für das Cluster identifiziert werden kann, wird dieses als „Mischnutzung“ definiert. Analog zur Nutzungsverteilung auf Gebäudeebene ist die Wohnnutzung auch auf Clusterebene vorherrschend.

Analog zur Gebäudestatistik nehmen die Cluster der Kategorie Wohnnutzung sowohl absolut als auch bezogen auf die Clusterfläche den größten Anteil ein.

Tabelle 3: Clusterstatistik

	Clusteranzahl	Rel. Anteil in %	Clusterfläche in ha	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäderbetriebe	0	0%	0,0	0%
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	7	5%	77,7	6%
Hotel	0	0%	0,0	0%
Industrie	3	2%	84,7	6%
Mischnutzung	17	12%	123,1	9%
Mischnutzung GHD & Industrie	6	4%	87,9	6%
Öffentliche Verwaltung	8	6%	42,6	3%
Sondernutzung	6	4%	58,7	4%
Wohnnutzung	92	66%	928,2	66%
Gesamt	139		1.402,9	

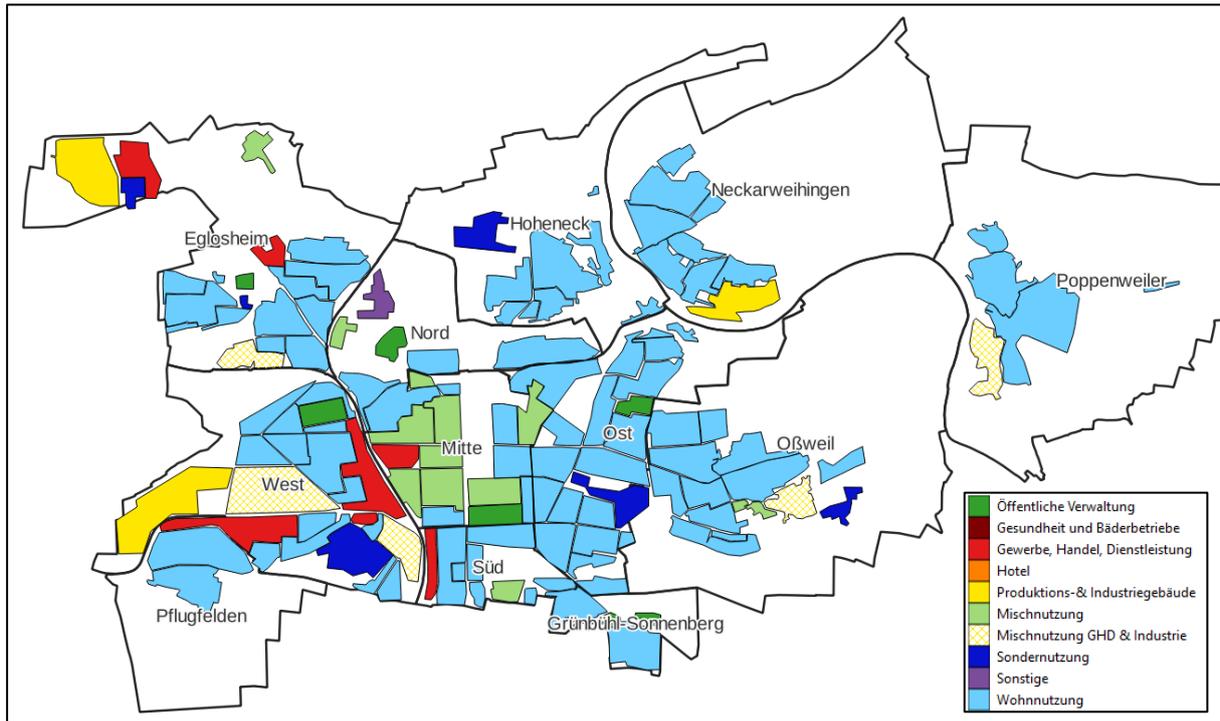


Abbildung 2: Hauptnutzungsarten der Cluster

4.8.1 Energieinfrastruktur

Die Dokumentation der Energieinfrastruktur im Abschlussbericht beschränkt sich neben den im Anhang aufgeführten Kennzahlen auf die Beschreibung der Gas- und Wärmenetze. Diese sind in Abbildung 3 dargestellt.

Gasnetzinfrastruktur

Die Wärmeversorgung erfolgt zu einem nennenswerten Anteil über das Gasnetz. Dieses liegt flächendeckend in der Kommune vor. Der Gasnetzbetreiber sind die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim. Bei einer gesamten Leitungslänge von über 220 km resultiert aktuell ein Anschlussgrad von rund 52 %.

Wärmenetzinfrastruktur

Des Weiteren spielt die Wärmeversorgung über Wärmenetze eine wichtige Rolle. In Ludwigsburg und Kornwestheim betreiben die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim 14 Wärmenetze mit über 74 Kilometer Wärmeleitungen 48 km² davon in Ludwigsburg. Hierzu sind 22 Fernwärme-Heizzentralen mit 168 Megawatt in Betrieb (Ludwigsburg-Kornwestheim, 2023). Einen wesentlichen Teil trägt hierbei das Verbundnetz Ludwigsburg bei, das bereits

² Ohne Privatleitungen

heute einen hohen Anteil von 70 %³ erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung aufweist.

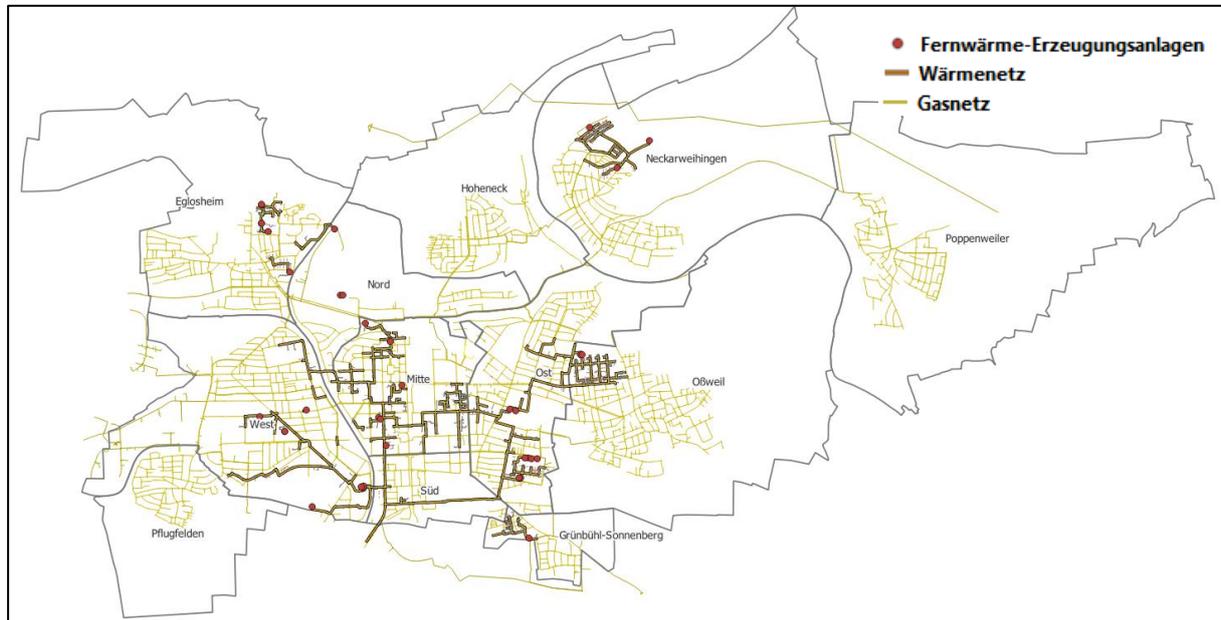


Abbildung 3: Übersichtskarte der Gas- und Wärmenetze (Stand 18.10.2021)

4.8.2 Wärmebedarf

Der Wärmebedarf des Basisjahres für das gesamte kommunale Gebiet wird auf Basis von Verbrauchsdaten und flächenbezogenen Bedarfskennzahlen hochgerechnet. Die Verbrauchsdaten stammen aus der Datenerhebung der Energieversorgungsunternehmen. Die zusätzlichen berechneten Bedarfe werden in Abhängigkeit von den Gebäudenutzungen und den ermittelten Gebäudegrundflächen kalkuliert. Dieses Verfahren schafft durch die priorisierte Verwendung der realen Verbrauchsdaten eine hohe Güte der kommunalen Wärmebedarfswerte. Bei der Betrachtung dieser Bewertungsgröße spielt die Art der Energiebereitstellung (Energieträger, Versorgungssystem) keine Rolle, dies wird im Folgekapitel behandelt.

Insgesamt resultiert in Ludwigsburg eine Wärmebedarf⁴ von 904 GWh/a. In Abbildung 4 und Abbildung 5 sind die räumlichen Verteilungen der Wärmebedarfe auf dem Kommunalgebiet ersichtlich. Neben dem absoluten Bedarf sind dort auch Wärmedichteangaben enthalten, die

³ <https://www.swlb.de/de/Privat/Gas-Waerme/Fernwaerme/Versorgungsgebiete1/Versorgungsgebiete/?ConsentReferrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

⁴ Wärme = Erzeugernutzenergieabgabe

erste Schlüsse auf potenzielle Wärmenetzzeignungsgebiete zulassen. Eine hohe Wärmedichte impliziert hierbei eine bessere Eignung.

Der durchschnittliche Wärmebedarf pro Einwohner beträgt im Basisjahr rund 10 MWh/(EW·a).

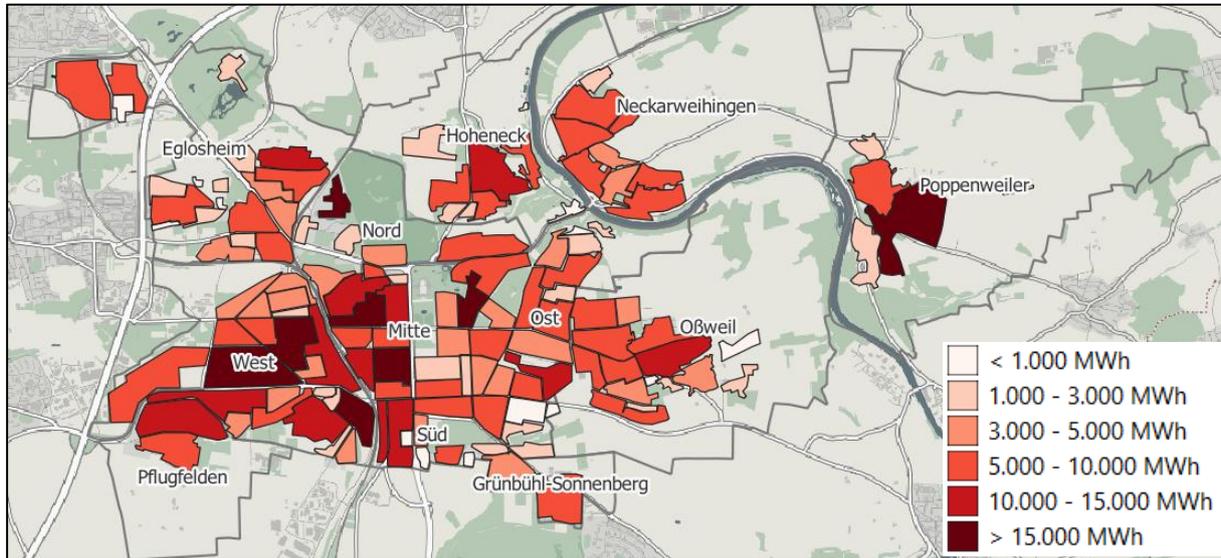


Abbildung 4: Wärmebedarf je Cluster

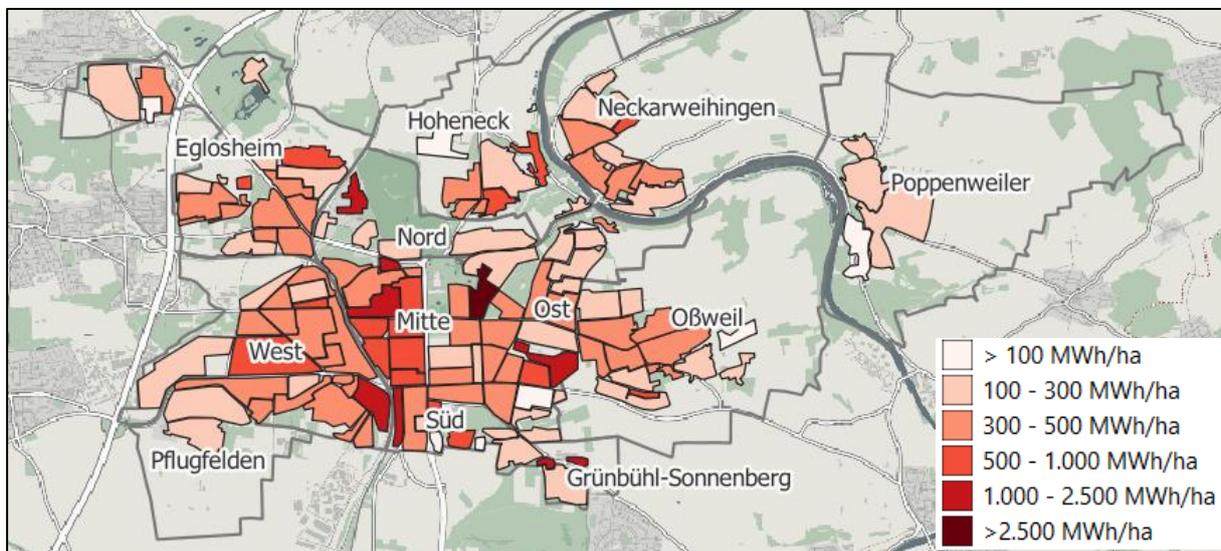


Abbildung 5: Wärmedichte je Cluster

4.8.3 Endenergie- und Treibhausgasbilanz

Für die Bewertung der Ausgangssituation auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sind die im Bereich Wärme eingesetzten Endenergieträger entscheidend. Denn das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bedeutet, dass fossile und damit nennenswert emissionsbehaftete Energieträger durch perspektivisch emissionsfreie Energieträger zu ersetzen sind.

Für diese große Transformationsaufgabe ist es wichtig zu verstehen, wie im Basisjahr die Energieträgerzusammenstellung aussieht, sowohl nach Einsatz in den Nutzungssektoren als auch nach Energieträgern.

Endenergiebilanz

In Abbildung 6 sind die Endenergiebedarfe im Bereich Wärme nach Verbrauchssektoren dargestellt. Bei einem Gesamtbedarf von rund 900 GWh/a nimmt die Wohnnutzung den deutlich höchsten Anteil mit knapp über 50 % ein. Die Kategorie öffentliche Verwaltung ist mit einem Anteil von lediglich rund 4 % als untergeordnet einzustufen. Aufgrund der direkten Einflussmöglichkeit der Kommunalverwaltung und der Vorbildfunktion dennoch von besonderer Relevanz. Die detaillierte Auflistung des Energieeinsatzes nach Nutzungssektoren ist in Tabelle 4 enthalten.

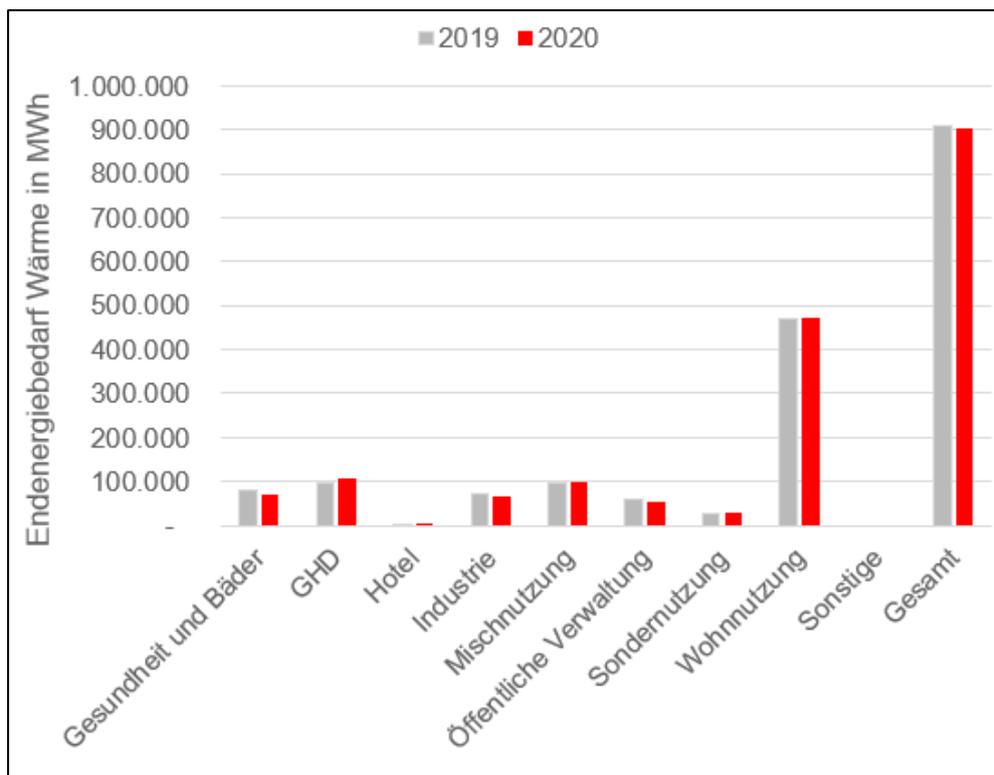


Abbildung 6: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren

Die Analyse des Endenergieeinsatzes nach Energieträgern verdeutlicht die große Dominanz fossiler Energieträger im Bereich der Wärmeversorgung. Durch einen Anteil von rund 75 % durch Erdgas und 18 % durch Heizöl ist die aktuelle Versorgung durch fossile Strukturen geprägt. In Tabelle 5 sind die jeweiligen Anteile der Energieträger an der Gesamtversorgung im Bereich Wärme detailliert aufgelistet.

Tabelle 4: Endenergie- und THG-Bilanz nach Nutzungssektoren

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäder	69.312	8%	17.236	8%
GHD	108.018	12%	27.384	13%
Hotel	3.350	0%	817	0%
Industrie	66.076	7%	16.903	8%
Mischnutzung	102.113	11%	22.939	11%
Öffentliche Verwaltung	36.779	4%	8.956	4%
Sondernutzung	27.974	3%	7.376	3%
Wohnnutzung	490.960	54%	127.290	53%
Gesamt	904.583		222.660	

Tabelle 5: Endenergie- und THG-Bilanz nach Energieträgern

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Kohle	405	0,0%	162	0,1%
Biomasse	50.430	5,6%	1.009	0,5%
Heizöl	163.440	18,1%	50.666	23,4%
Erdgas	677.478	74,9%	162.595	75,2%
Biogas	52	0,0%	7	0,0%
Wärmestrom direkt	4.678	0,5%	1.871	0,9%
Solarthermie	8.100	0,9%	0	0
Gesamt	904.583		222.660	

Treibhausgasbilanz

Die Berechnung der Treibhausgasbilanz basiert auf den zuvor ermittelten Endenergiebedarfen. Die Energiebedarfe je Energieträger werden hierzu mit den jeweiligen Emissionsfaktoren multipliziert, um die resultierenden Treibhausgasemissionen bestimmen zu können. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Bilanzen werden die Emissionsfaktoren angelehnt an den Technikkatalog der KEA-BW genutzt, die sowohl CO₂-Äquivalente als auch Vorketten beinhalten. Die konkreten Emissionsfaktoren sind im Anhang 10.2 aufgeführt. Die mit diesem Verfahren ermittelte Menge repräsentiert die Treibhausgas-Emissionen, die im Basisjahr im Bereich der Wärmeversorgung anfallen.

Das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bedingt, dass diese Emissionen auf ein Niveau von Null gesenkt werden.

Insgesamt resultieren im Basisjahr THG-Emissionen in Höhe von 222.660 Tonnen. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,3 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

In Abbildung 7 ist eine Heatmap-Darstellung gewählt, um die räumliche Verteilung der Emissionen im Kommunalgebiet zu visualisieren. Die Karte zeigt auf, dass sich speziell im Innenstadtbereich aufgrund der höheren Wärmedichte und der Verortung von größeren Verbrauchern Emissionsschwerpunkte herausbilden.

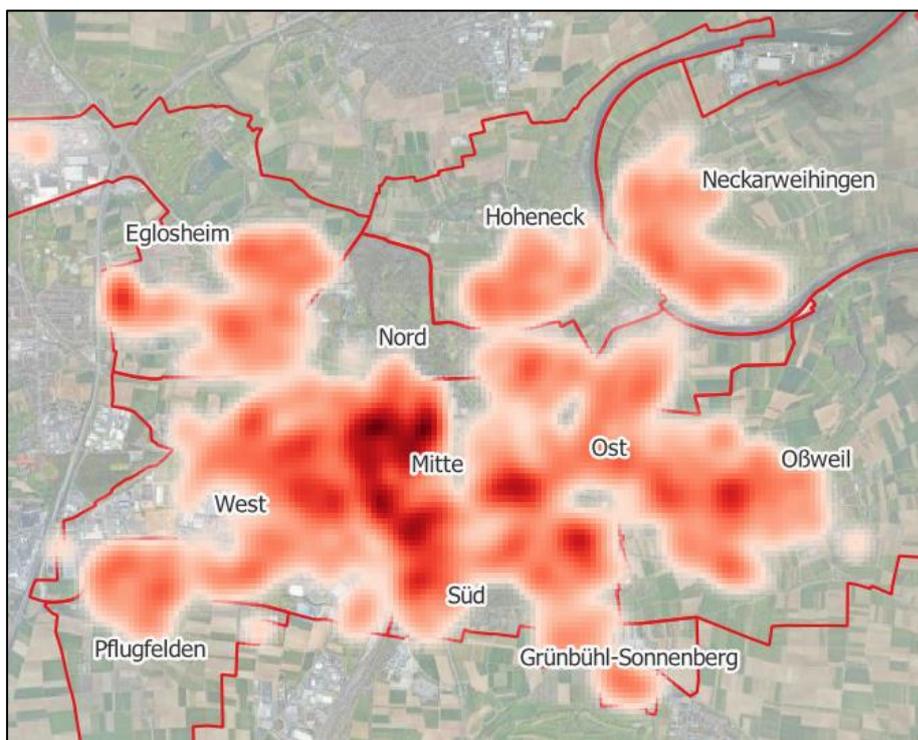


Abbildung 7: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune

4.8.4 Großverbraucheranalyse

Ziel der Großverbraucheranalyse ist es, eine Quantifizierung des Potenzials hinsichtlich Effizienzsteigerung und Abwärmepotenzial vorzunehmen.

Im Rahmen der Bestandsanalyse sind daher die größten Verbraucher in der Kommune analysiert worden. Dabei handelt es sich um Verbraucher, deren Wärmebedarf zwischen 6,4% und 0,3% des gesamten Wärmebedarfs entspricht. Mithilfe von Fragebögen konnten die größten Verbraucher kontaktiert werden, um Wissen über die Hintergründe zu den Prozessen zu generieren und Abwärmepotenziale zu ermitteln. Insofern aus den Fragebögen hervorgeht, dass Prozesse vorliegen, die die Nutzung von Abwärme begünstigen, wird im Rahmen von Interviews das Potenzial verifiziert und die Möglichkeiten einer Auskopplung der Abwärme kommuniziert.

Ergebnis der Großverbraucherbefragung

Die Analyse der 25 größten Verbraucher im Bereich Wärme zeigt auf, dass diese für rund 17 % des gesamten kommunalen Wärmebedarfs verantwortlich sind und damit als relevant eingestuft werden. Die Befragung der Großverbraucher hat jedoch nicht zur Identifikation relevanter Abwärmemengen beigetragen, die im Zuge der KWP weiter genutzt werden könnten. Die analysierte räumliche Verteilung zeigt auch keinen expliziten Schwerpunktbereich. Die Großverbraucher sind über das gesamte kommunale Gebiet verteilt.

5 Potenzialanalyse

5.1 Ziele und Vorgehensweise

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden die Potenziale hinsichtlich der Senkung des Wärmebedarfs betrachtet sowie die Potenziale zur Bereitstellung emissionsfreier Wärme und erneuerbaren Stroms. Es wird analysiert, wie sich der Wärmebedarf in der Kommune in Zukunft entwickeln kann und mit welchen Wärmequellen sich der zukünftige Wärmebedarf potenziell decken lässt. Die nachfolgenden Kapitel orientieren sich daher an den beschriebenen Inhalten und sind wie folgt geordnet:

- Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs
- Potenziale für klimaneutrale Wärme
- Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

5.2 Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs

Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs werden zum einen durch **energetische Gebäudesanierungen** realisiert und zum anderen durch höhere **Energieeffizienz** bei Prozessen in der Industrie und im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistung.

5.2.1 Potenziale energetischer Gebäudesanierung

Für die Ermittlung des Einsparpotenzials durch **Sanierungen an der Gebäudehülle** werden nur die Gebäudenutzungen analysiert, bei denen eine Verbesserung der Gebäudehülle, einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmebedarf haben. Dazu gehören die Wohnnutzung, Mischnutzung, Öffentliche Verwaltung und Hotelnutzung. Es werden drei unterschiedliche Szenarien betrachtet. Die Randbedingungen der Szenarien sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Bei den Sanierungsszenarien wird jeweils von einer idealtypischen Vorgehensweise ausgegangen, bei der zuerst die Gebäude mit dem höchsten flächenspezifischen Wärmebedarf auf das Zielniveau saniert werden. Nach dieser Logik werden alle Gebäude mit einem spezifischen Wärmebedarf $> 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ saniert. Wohngebäude werden auf einen Zielwert von $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Im Rahmen der weiteren Erstellung der KWP ist das Szenario 1 als Leitszenario für die Berechnungen in der Potenzialanalyse und für die Zielfoto-Erstellung verwendet worden.

Tabelle 6: Sanierungsszenarien im Rahmen der KWP

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Sanierungsrate	2,5%/a	1%/a	2%/a
Reihenfolge	Gebäude mit höchstem spezifischen Wärmebedarf	Gebäude mit höchstem spezifischen Wärmebedarf	Cluster mit höchster spezifischen Wärmedichte
Zielzustand nach	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 70

5.2.2 Potenziale durch Verbesserung von Prozesseffizienzen

Bei der Senkung des Energiebedarfs durch Steigerung der Prozesseffizienz wird mit einem Szenario basierend auf dem Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA gerechnet (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020). Hierbei werden für die Industrie- und Gewerbenutzung Reduktionspfade zur Beschreibung der Effizienzpotenziale angenommen. Diese sind in nachfolgenden Diagrammen abgebildet.

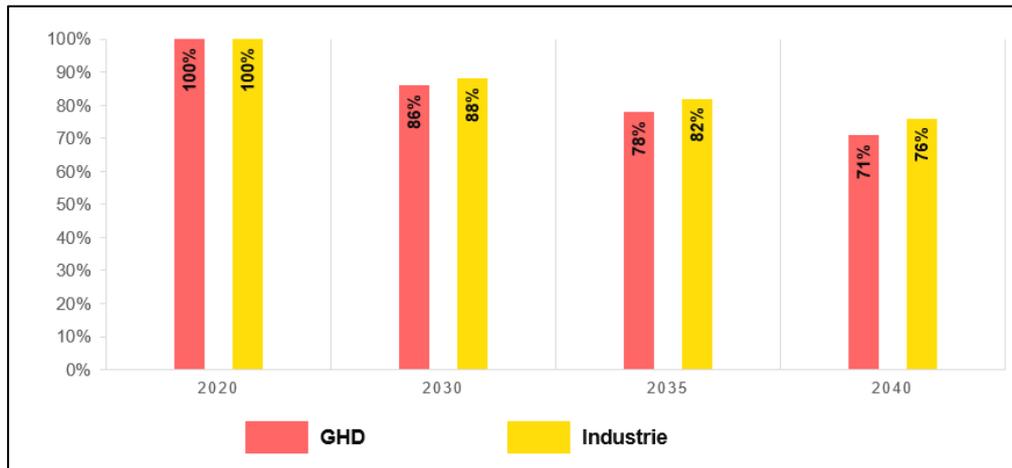


Abbildung 8: Szenario - Entwicklung Prozesseffizienz GHD und Industrie

5.2.3 Gesamtpotenzial zur Senkung des Wärmebedarfs

In Summe resultiert für das Zieljahr ein Einsparpotenzial durch Gebäudesanierungen und Erhöhung von Prozesseffizienzen in Höhe von 371 GWh/a. Dies entspricht einer relativen Einsparung in Höhe von 41 %. Für das Zielfoto ergibt sich daher ein potenziell zu deckender Wärmebedarf von 533 GWh/a im Jahr 2035. Abbildung 9 zeigt für das Leitszenario die zeitliche Entwicklung des Energiebedarfs im Bereich Wärme auf. Ergänzend sind in Tabelle 7 die Ergebnisse für die jeweiligen Zeitschritte nach Nutzungssektoren aufgeschlüsselt.

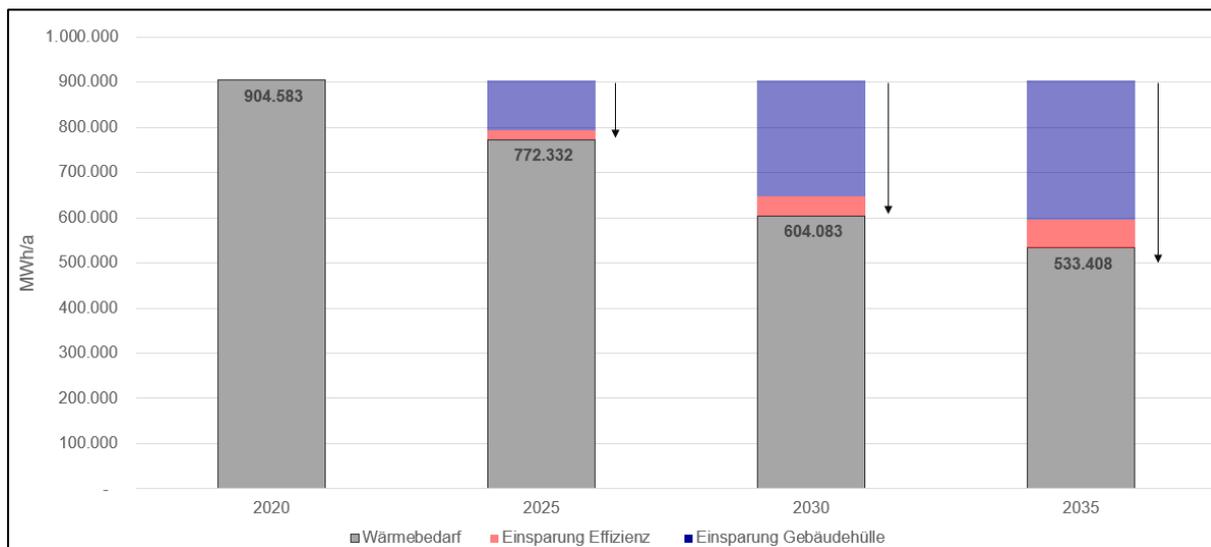


Abbildung 9: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1

Tabelle 7: Energiebedarfsentwicklung nach Sektoren in GWh – Szenario 1

Sektor	2020	2030	2035
Gesundheit und Bäder	69.312	64.862	64.862
GHD	108.018	80.729	73.142
Hotel	3.350	2.095	1.926
Industrie	66.076	48.924	47.609
Mischnutzung	102.113	62.933	58.963
Öffentliche Verwaltung	36.779	18.698	17.628
Sondernutzung	27.974	27.494	27.188
Wohnnutzung	490.960	298.348	242.091
Gesamt	904.583	604.083	533.408

5.3 Potenziale für klimaneutrale Wärme

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse wird im Rahmen der Potenzialanalyse aufgezeigt, welche Nutzungspotenziale erneuerbarer Energieträger und klimaneutraler Wärmequellen aus heutiger Sicht bis zum Zieljahr erschlossen werden können.

Bedingt durch die besseren Treibhausgas-Emissionswerte sinken bei der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien die spezifischen, treibhausrelevanten Emissionen. Regional betrachtet resultiert eine erhöhte Wertschöpfung in Form von positiven Beschäftigungseffekten durch die Nutzung lokal verfügbarer Ressourcen wie zum Beispiel Sonne, Wasser, Wind, Biomasse und Erdwärme. Zudem reduziert die Nutzung regenerativer Energieträger die Importabhängigkeit und sichert die fossilen Ressourcen für die immer wichtiger werdende stoffliche Verwertung in der Industrie. Zudem führt dies auch zu einer höheren Preisstabilität der Wärmeversorgung durch die gesteigerte Unabhängigkeit von überregionalen und globalen Energiemärkten.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die Einzelpotenziale zur Nutzung klimaneutraler Wärme für die Kommune analysiert und im Kontext der kommunalen Wärmeplanung bewertet. Die Karten je Potenzial zeigen die prozentuale Deckung des Wärmebedarfs durch das entsprechende Potenzial.

Die Ausarbeitung enthält folgende, lokal zuordenbare Potenziale:

- Abwärme – Industrie und Gewerbe
- Abwasser – Kanal
- Abwasser – Kläranlage
- Biomasse
- Flusswasser
- Geothermie – Kollektoren
- Geothermie – Sonden dezentral
- Geothermie – Sonden zentral
- Grundwasser
- Seewasser
- Solarthermie – dezentral
- Solarthermie – zentral
- Tiefengeothermie

Ergänzend werden auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Nutzungspotenziale von Wärmequellen und Energieträgern betrachtet, die in der Regel ortsunabhängig für eine klimaneutrale Wärmeversorgung Verwendung finden können. Darunter fallen im Wesentlichen die Außenluft, Biomasse sowie „Grüne Gase“. Diese sind in Kapitel 5.3.13 beschrieben.

5.3.1 Abwärme – Industrie und Gewerbe

Abwärme aus Prozessen von Industrie- und Gewerbebetrieben, die in Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen als Nebenprodukt anfällt und aktuell ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird, gilt als klimaneutrale Wärmeversorgungsoption. Ziel der Abwärmenutzung ist es, die verfügbare Abwärme sinnvoll für Wärmeversorgungen außerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen zu aktivieren.

Abhängig vom Temperaturniveau, der Wärmemenge und dem Wärmeträgermedium wird bei der kommunalen Wärmeplanung analysiert, wie die Abwärme in der Nähe des Unternehmens oder über ein Wärmenetz für externe Nutzungen verwendet werden kann.

In Abgrenzung zur allgemein gültigen Definition der Abwärmenutzung liegt die betriebs- und prozessinterne Abwärmenutzung in der Regel nicht im Bewertungsrahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Datengrundlage

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden die größten Wärmeverbraucher auf dem Kommunalgebiet näher betrachtet. Im Klimaschutzgesetz ist dazu eine rechtliche Grundlage zur Datenerhebung mit aufgenommen. Die Befragung dieser Großverbraucher gemäß Kapitel 4.8.4 liefert unter anderem Informationen zum Abwärmeaufkommen dieser Unternehmen und der Bereitschaft, sich an kommunalen Wärmeversorgungskonzepten zu beteiligen.

Ergebnis

Als Ergebnis der Großverbraucheranalyse liegen Angaben zu Abwärmemengen, Temperaturniveaus und zeitlicher Verfügbarkeit vor. Diese Informationen werden mit den Wärmebedarfsprognosen für das Zieljahr im eigenen Cluster und den umliegenden Clustern abgeglichen. Der Abgleich erfolgt dabei auf monatlicher Basis, um zeitliche Abhängigkeiten bei der Verfügbarkeit der Abwärme und beim Wärmebedarf adäquat berücksichtigen zu können.

Mit der vorliegenden Analyse zur „Abwärme – Industrie und Gewerbe“ resultiert kein Potenzial für die Verwendung in der kommunalen Wärmeplanung.

5.3.2 Abwasser - Kanal

Die kommunale Wasser- und Abwasserinfrastruktur ist in Siedlungsgebieten flächendeckend vorhanden. In den Abwasserkanälen wird Abwasser und meist auch Regenwasser gesammelt und zu den kommunalen Kläranlagen geleitet. Das Abwasser befindet sich dabei auf einem Temperaturniveau, das für eine energetische Nutzung durch eine Wärmepumpe gut geeignet ist (in der Regel > 10 °C).

Mit Wärmetauschern wird dem Abwasser Wärme entzogen und als Wärmequelle für elektrische Wärmepumpen nutzbar. Für das Entzugssystem können verschiedene Bauformen zum Einsatz kommen:

- Doppelrohr-Wärmetauscher als im Abwasserrohr integrierte Lösungen (Neubau/Ersatz)
- Kanalwärmetauscher für den Einbau in bestehende Kanäle
- Rohrbündelwärmetauscher im Bypass; die sich in einem separaten Bauwerk befinden

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung sind für ausgewählte Kanalabschnitte die Wärmenutzungspotenziale abgeschätzt worden. Unter anderem finden folgende Datengrundlagen in der Ermittlung Verwendung.

Datengrundlage

Informationen zu den Kanaldimensionen und -querschnitten stammen in der Regel vom kommunalen Amt für Entwässerung wie auch von den Stadtwerken. Die Durchflussmenge und Temperatur des Abwassers hängen davon ab, ob der Kanal als Schmutz-, Misch- oder

Regenwassersystem betrieben wird. Für die Abwasserwärmenutzung mit einer Wärmepumpe ist ein kontinuierliches Abwasseraufkommen erforderlich. Belastbare Aussagen zum Abwasseraufkommen liegen zum Teil durch temporäre Messungen im Kanal vor. Zusätzlich konnte auf eine bestehende Studie des Ingenieurbüros Klinger und Partner zurückgegriffen werden.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 15 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kanälen rund 81.000 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. In der nachfolgenden Abbildung 10 ist die räumliche Verteilung der Potenziale dargestellt.

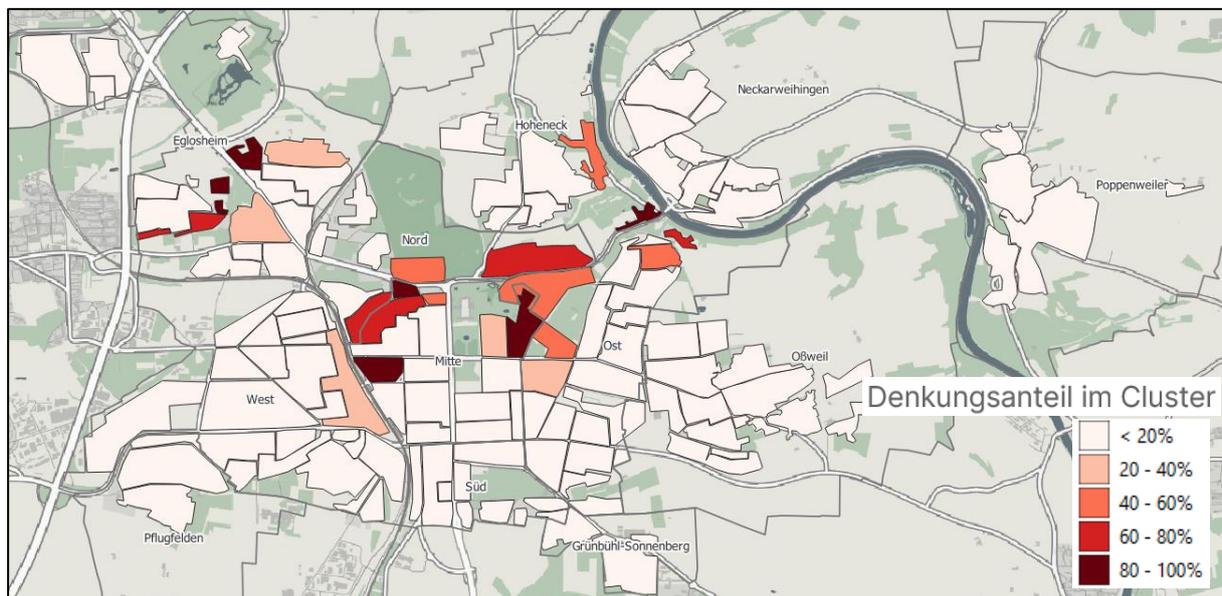


Abbildung 10: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Clusterebene 2035

5.3.3 Abwasser – Kläranlage

In Abgrenzung zur Abwasserwärmenutzung in den Kanälen steht das Potenzial „Abwasser – Kläranlage“ für ein zentral erschließbares, urbanes Umweltwärmepotenzial. Im Gegensatz zu der Abwasserwärmenutzung im Zulauf der Kläranlagen wird hierbei eine thermische Nutzung des geklärten Abwassers im Auslauf der Kläranlage betrachtet. Der wesentliche Vorteil dieses Konzeptes besteht darin, dass die Abwasserwärmenutzung die biologischen Prozesse in der Kläranlage nicht mehr negativ beeinflussen kann. Vielmehr kann durch das abgekühlte Abwasser ein weiterer positiver Effekt speziell in den Sommermonaten für die Gewässer entstehen, in denen das geklärte Wasser eingeleitet wird.

Dem Abwasser an Kläranlagen wird über Wärmetauscher Wärme entzogen. Diese zentral erschlossene Abwasserwärme kann im Anschluss direkt über Großwärmepumpen oder

indirekt über ein kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen für externe Wärmeanwendungen nutzbar gemacht werden. Im Vergleich zur Abwasserwärmenutzung in den Kanälen resultieren am Auslauf der Kläranlage höhere Potenziale durch die größeren Durchflussmengen und die höhere mögliche Temperaturspreizung. Dadurch können auch Cluster, die nicht in direkter Nähe sind für eine Abwasserwärmenutzung in Frage kommen. In der Regel sind Cluster in einer Entfernung von bis zu mehreren hundert Metern hierfür geeignet.

Datengrundlage

Die erforderlichen Daten zu Durchflussmengen und Temperaturen am Auslauf der Kläranlagen stammen von den Anlagenbetreibern (z.B. Abwasserwirtschaftsbetriebe der Kommune) und stellen damit eine hohe Datengüte für die Berechnung des Wärmepotenzials dar.

Da mit der Temperaturschwankung im Abwasser auch das Potenzial schwankt wurde folgende Potenzialverteilung über den Jahresverlauf zugrunde gelegt.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Verfügbarkeit Abwasserwärme in %	4,8	6,1	7,2	8,8	9,8	9,8	10,2	10,2	9,8	9,2	7,8	6,3	100,0

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 4 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kläranlagen rund 22.000 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. Das Potenzial kann auch in weiteren angrenzenden Clustern genutzt werden, insofern eine zentrale Versorgungsstruktur (Wärmenetz) dort vorliegt.

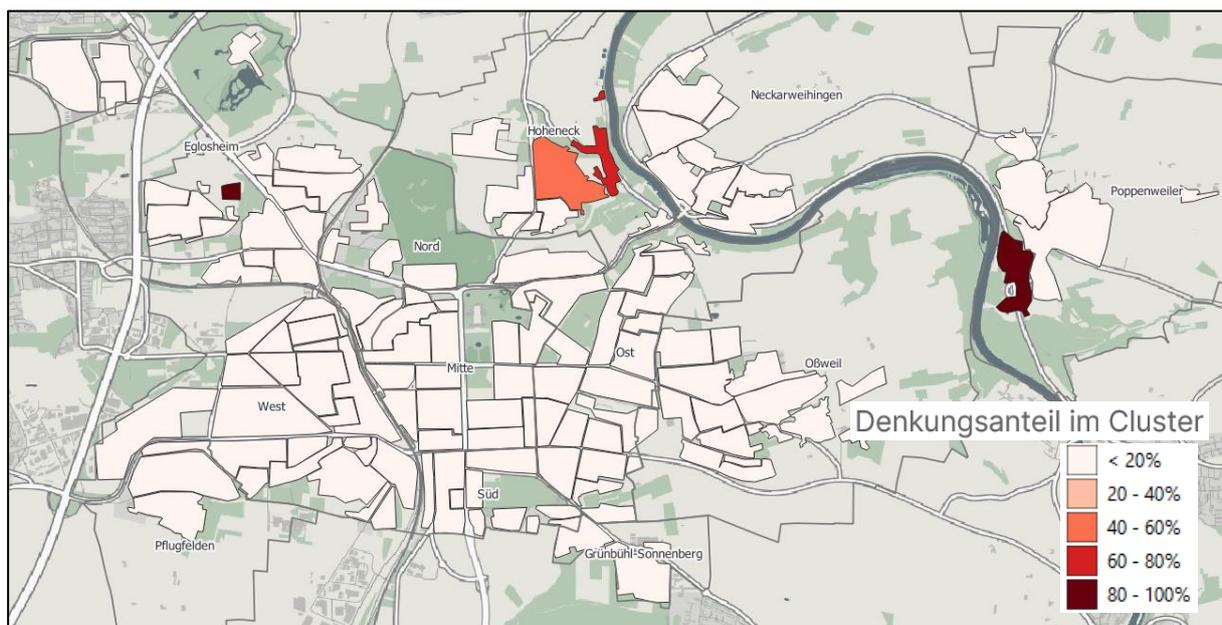


Abbildung 11: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Clusterebene 2035

5.3.4 Flusswasser

Die Potenzialanalyse zur Wärmenutzung aus Flusswasser beinhaltet die Betrachtung fließender Oberflächengewässer. Da im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Potenziale mit kommunaler Relevanz im Fokus liegen beschränkt sich die Betrachtung auf größere Fließgewässer wie Flüsse. Kleinere Bäche und Bachläufe sind nicht Teil der Analyse.

Aufbauend auf der Bestandsanalyse (Lage von potenziell zu versorgenden Clustern) und einer manuellen Sichtung und Bewertung von Flurstücken in Gewässernähe werden potenziell geeignete Standorte für eine Flusswasserwärmenutzung identifiziert.

Die Analyse des Flusswasserpotenzials basiert auf der Annahme, dass dem Fließgewässer Wasser entnommen und diesem über einen externen Wärmetauscher Wärme entzogen wird. Für die Wärmeversorgung wird die entzogene Wärme über Großwärmepumpen in Kombination mit Wärmenetzen oder indirekt über ein kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben. Das abgekühlte Wasser wird im Anschluss dem Fluss wieder zugeführt. Die potenziell nutzbare Wärmemenge aus dem Flusswasser hängt vom Temperatur-Jahresverlauf des Gewässers, der Wassermenge und der möglichen Temperatur-Spreizung ab.

Datengrundlage

Die Datengrundlage für die Berechnung des Flusswasserpotenzials ist die Durchflussmenge sowie die Wassertemperatur im Jahresverlauf. Diese können zum Teil dem Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW, <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/?highlightglobalid=gewaesserquetedaten>) entnommen werden.

Da mit der Temperaturschwankung im Abwasser auch das Potenzial schwankt wurde folgende Potenzialverteilung über den Jahresverlauf zugrunde gelegt.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Verfügbarkeit Flusswasserwärme in %	4,8	6,1	7,2	8,8	9,8	9,8	10,2	10,2	9,8	9,2	7,8	6,3	100,0

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 8 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Flusswasserwärme rund 41.000 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. Die räumliche Verteilung des Potenzials entlang des Neckars in Abbildung 12 zeigt konkret mögliche Versorgungsgebiete in Poppenweiler, Neckarweihingen, im Schlösslesfeld oder in Hoheneck.

Das Potenzial kann auch in weiteren angrenzenden Clustern genutzt werden, insofern eine zentrale Versorgungsstruktur (Wärmenetz) dort vorliegt.

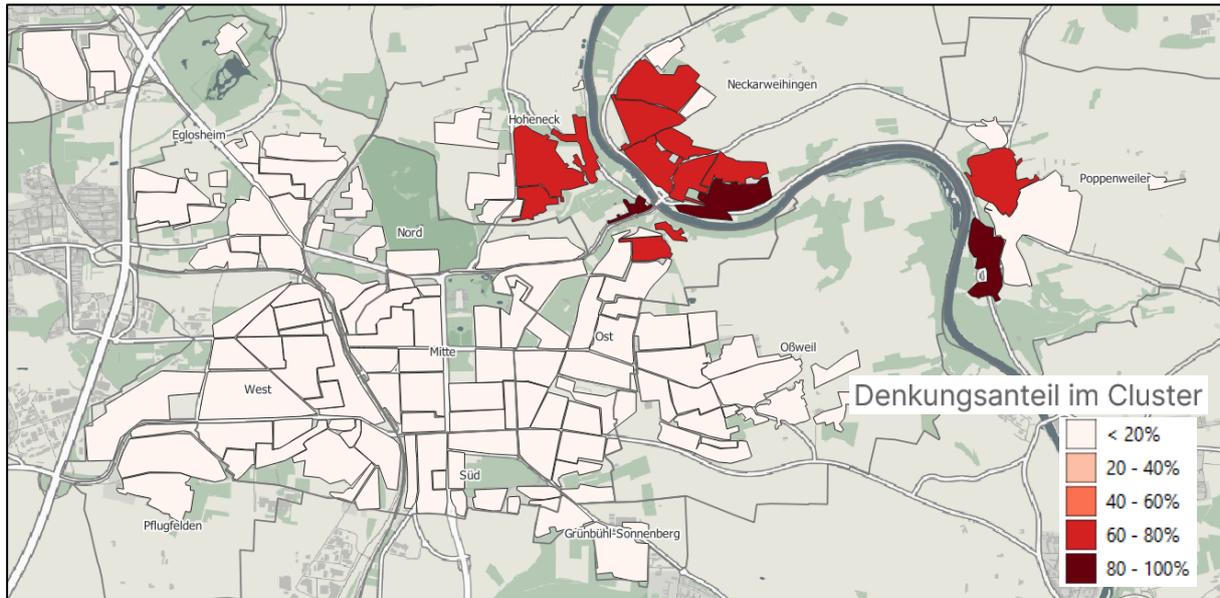


Abbildung 12: Potenzialkarte „Flusswasser“ auf Clusterebene 2035

5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral

Geothermie ist die unterhalb der festen Erdoberfläche gespeicherte Energie in Form von Wärme und kann als klimafreundliche, alternative Energiequelle auf dem Kommunalgebiet genutzt werden. Verschiedene Technologien werden zum Heizen, Kühlen oder zur Stromerzeugung mittels Erdwärme eingesetzt. Oberflächennahe Wärmereservoirs dienen zum Beispiel den Wärmepumpensystemen als Wärmequelle. Tiefengeothermie bietet ein Potenzial zur Nutzung höherer Temperaturniveaus im Erdinneren für die Stromerzeugung.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Geothermie – Kollektoren zentral“ wird die Erdwärme-Erschließung über Flächenkollektoren auf Freiflächen im Außenraum betrachtet. Im Gegensatz zu Erdwärmesonden befinden sich die Flächenkollektoren im Erdreich lediglich in einer Tiefe zwischen 1 bis 3 Metern. Dem Erdreich wird mit den Flächenkollektoren als Wärmetauscher Wärme entzogen und über Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben.

Datengrundlage

Zu Beginn werden die potenziellen Freiflächen ermittelt, welche grundsätzlich eine Eignung für Erdwärmekollektoren vorweisen. Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aus dem digitalen Liegenschaftskataster getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland. Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete, Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete) und Wasserschutzgebietszonen I und II. Die Grundlagen hierfür stammen aus den

Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass sich die Freiflächen in räumlicher Nähe zu Clustern mit Wärmebedarf befinden und eine zusammenhängende Mindestgröße (2 ha) nicht unterschreiten.

In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ sprechen. Diese Information ist in den genannten Planunterlagen nicht enthalten, führt aber aktuell zu einem Ausschlusskriterium bei diesem Anwendungsfall.

Eine detaillierte Auflistung der Flächennutzungskategorien und deren Einordnung als Ausschluss- und Eignungsflächen kann in Anhang 10.1 eingesehen werden.

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung für die Nutzung als Energieinfrastruktur dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 13 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

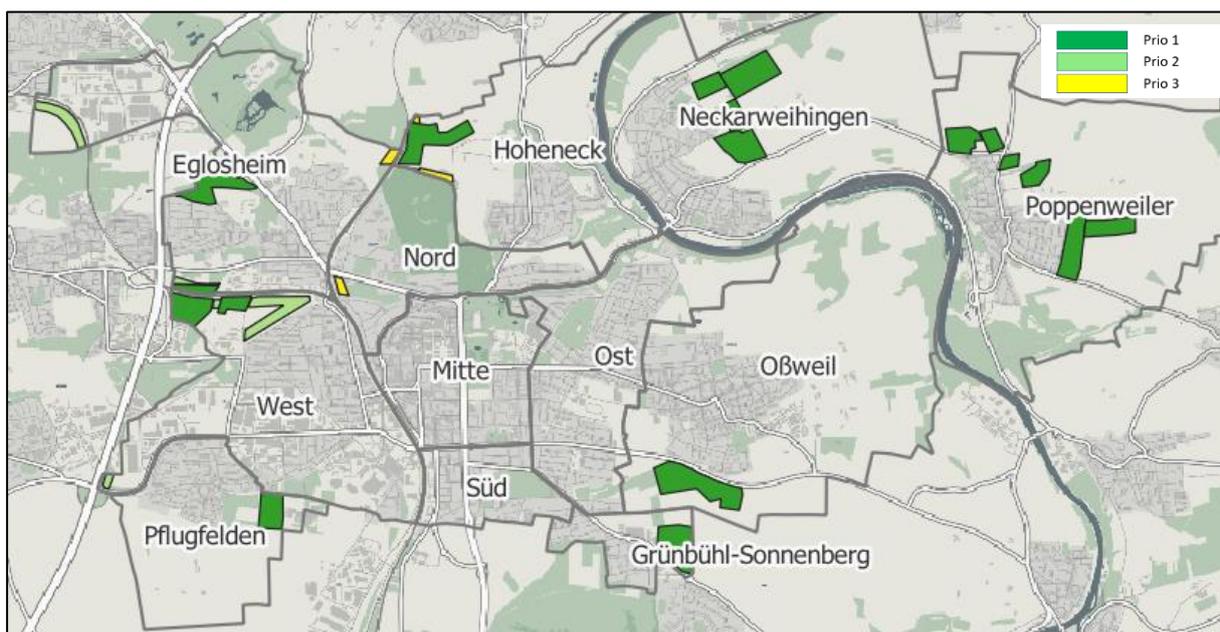


Abbildung 13: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ 2035

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich im Wesentlichen an der nachfolgenden Auflistung. Die Flächenangaben zu diesen Potenzialflächen und die Einordnung zur gesamten Kommunalfläche sind in Tabelle 8 enthalten.

1. Gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, Ackernutzung
2. Konversionsflächen, Randstreifen, Ackernutzung
3. Randstreifen, Ackernutzung

Tabelle 8: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Geothermie – Kollektoren zentral“

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
1	153 ha	3,5 %
2	19 ha	0,4 %
3	5 ha	0,1 %
Summe	177 ha	4,0 %

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 18 % resultiert. Die Ermittlung des Deckungspotenzials basiert auf einer angenommenen Entzugsarbeit von 45 kWh/(m²·a) für die Versorgung der angrenzenden Cluster über Wärmepumpen. Hierbei werden die absolute Höhe und die jahreszeitliche Verteilung des zukünftigen Wärmebedarfs der Cluster mitberücksichtigt. Theoretisch ergeben sich damit aus dem Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ insgesamt rund 202.100 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune. Das Potenzial kann auch in weiteren angrenzenden Clustern genutzt werden, insofern eine zentrale Versorgungsstruktur (Wärmenetz) dort vorliegt.

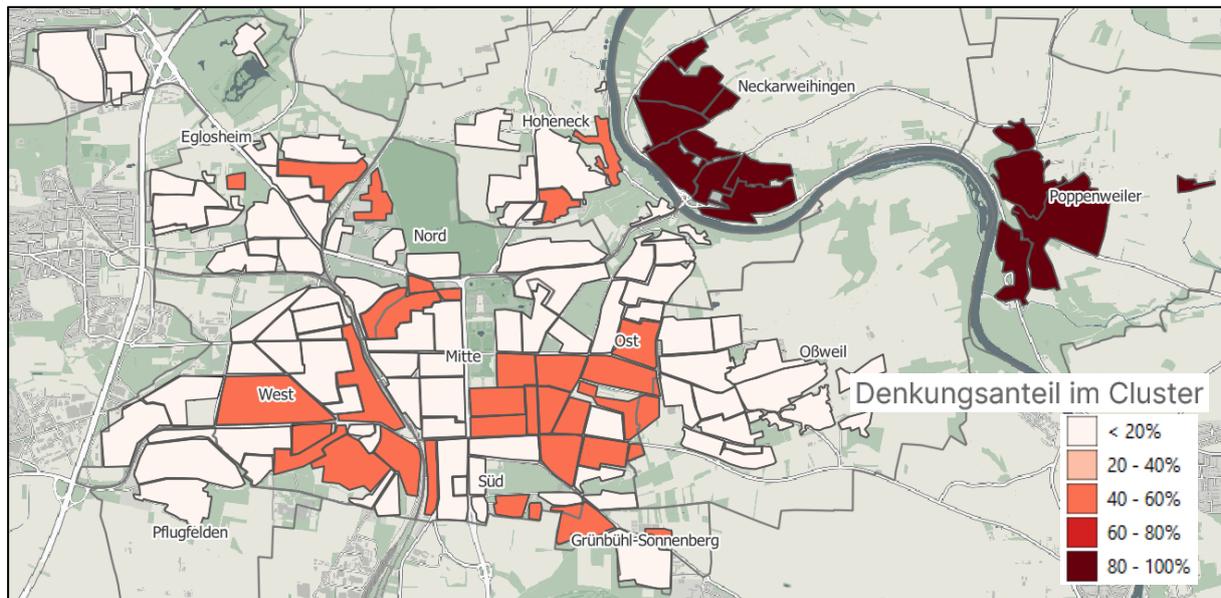


Abbildung 14: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Clusterebene

5.3.6 Geothermie – Sonden dezentral

Die Potenzialkategorie „Geothermie – Sonden dezentral“ betrachtet die Nutzung der oberflächennahen Geothermie über Erdwärmesonden. Der Zusatz „dezentral“ beschränkt die Potenzialanalyse auf Flurstücke von Gebäuden mit Wärmebedarf für die eigene Erdwärmennutzung. Die Potenzialkategorie „Geothermie – Sonden zentral“ analysiert die Nutzungsmöglichkeiten auf Freiflächen im Außenraum auch für Wärmenetze.

Grundsätzlich gilt auch bei Erdwärmesonden, dass die erschließbare Umweltwärme mittels Wärmepumpen in den Gebäuden nutzbar gemacht wird.

Für die Ermittlung der maximal möglichen Erdwärmesonden auf einem Flurstück werden die Flächen um Gebäude mit Hilfe des Geoinformationssystems räumlich analysiert. Unter Berücksichtigung von Abständen zu Nachbargrundstücken, Gebäuden und Mindestabständen einzelner Sonden untereinander von 10 m werden je Flurstück die maximal verortbare Sondenanzahl ermittelt. Diese bildet die Grundlage für die Berechnung des potenziellen Wärmedeckungsanteils je Gebäude. Die flurstücks- bzw. gebäudescharfen Daten sind im weiteren Verfahren auf Clusterebene aggregiert und dargestellt.

Datengrundlage

Für die Kommune werden zunächst grundlegende geologische Informationen des Untergrunds gesammelt und ausgewertet. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg stellt dazu umfassende Daten über das „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)“ zur Verfügung. Für die Potenzialabschätzung relevante Parameter sind hieraus unter anderem

Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete, Bohrtiefenbegrenzungen und die geothermische Effizienz des Untergrunds.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Geothermie – Sonden dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 12 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus dem Potenzial „Geothermie – Sonden dezentral“ rund 65.280 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angesetzt werden.

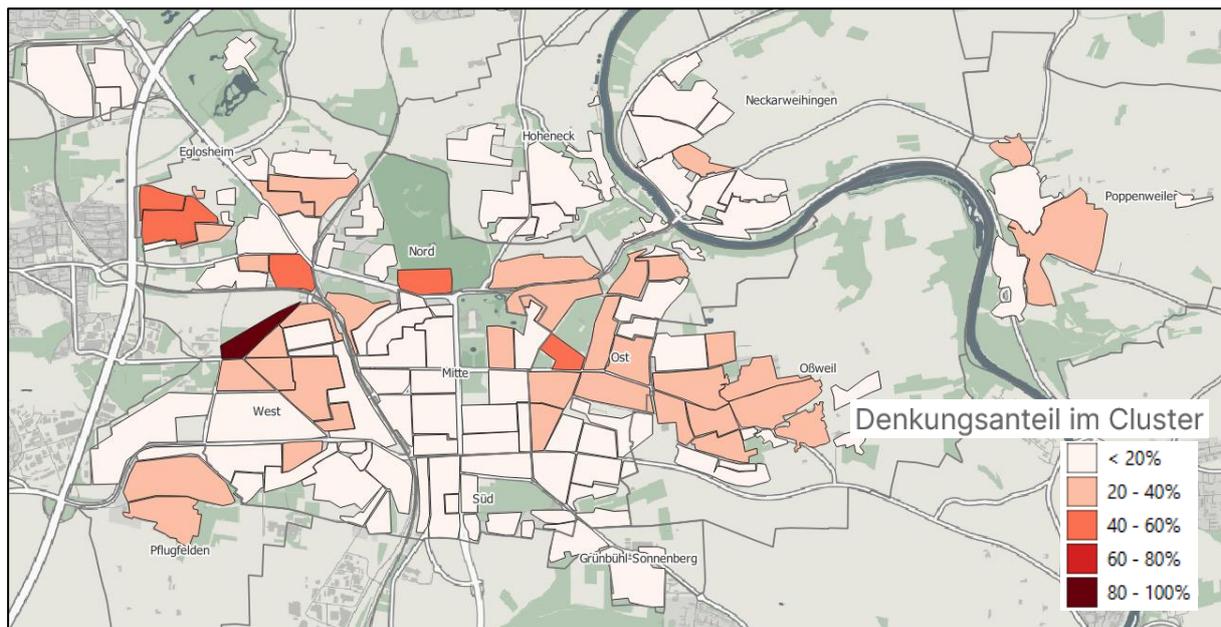


Abbildung 15: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Clusterebene

5.3.7 Geothermie – Sonden zentral

Analog zur Erschließung der oberflächennahen Geothermie für Erdwärmekollektoren erfolgt die Potenzialermittlung für die Kategorie „Geothermie – Sonden zentral“. Die Identifikation geeigneter Freiflächen erfolgt auf gleichem Wege wie Kapitel „5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral“.

Technisch unterscheidet sich die Ermittlung des Wärmepotenzials darin, dass für die resultierenden Freiflächen im Folgeschritt die mögliche Anzahl von vertikalen Erdwärmesonden vorgenommen wird. Die Maximalanzahl ergibt sich aus der Geometrie der Freifläche und den Sondenabständen in Abhängigkeit von der Bohrtiefenbegrenzung. Für die resultierende Sondenanzahl wird dann das mögliche Entzugspotenzial ermittelt und mit dem perspektivischen Wärmebedarf angrenzender Cluster im Zieljahr abgeglichen. Aus dieser Berechnung resultiert der potenzielle Wärmedeckungsanteil auf Clusterebene.

Datengrundlage

Die Datengrundlage und Methodik zur Ermittlung potenzieller Freiflächen entspricht der Beschreibung aus Kapitel „5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral“.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Geothermie – Sonden zentral“ ergibt für das Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 62 % resultiert. Theoretisch ergeben sich damit aus diesem Potenzial insgesamt rund 328.600 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune. Das Potenzial kann auch in weiteren angrenzenden Clustern genutzt werden, insofern eine zentrale Versorgungsstruktur (Wärmenetz) dort vorliegt.

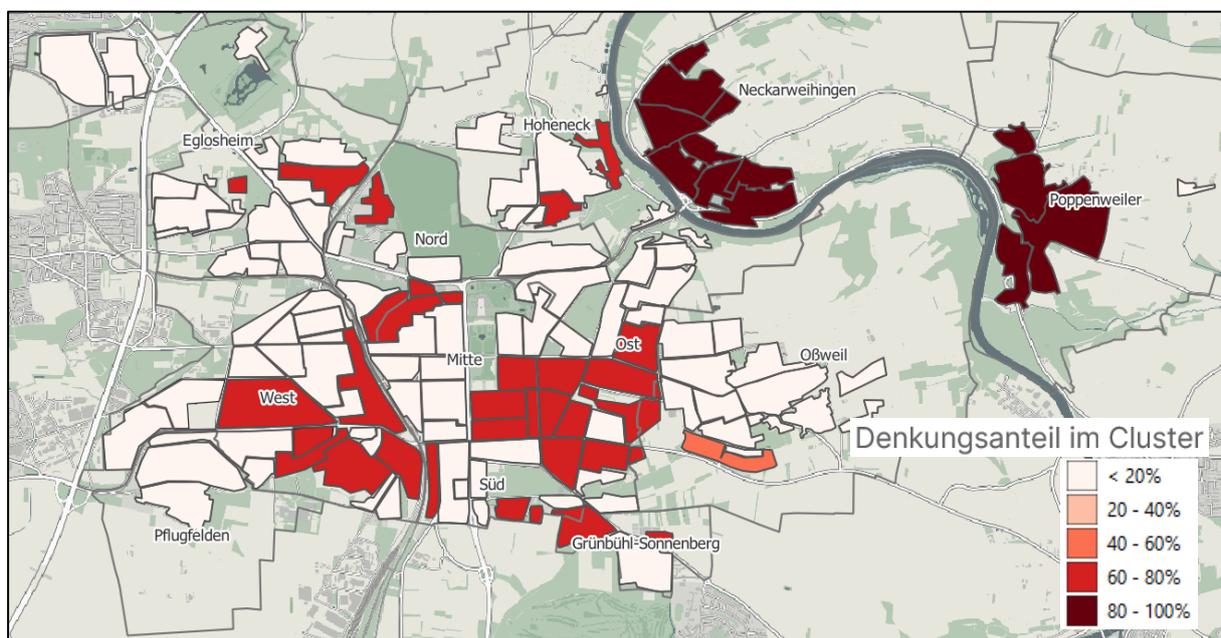


Abbildung 16: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Clusterebene

5.3.8 Grundwasser

Die Grundwassernutzung in Kombination mit Wärmepumpen stellt bei entsprechender Ergiebigkeit in der Regel eine effiziente und wirtschaftliche Möglichkeit für eine klimaneutrale Wärmeversorgung dar (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020). Grundwasser wird hierbei über Brunnenanlagen gefördert und als Umweltwärmequelle für Wärmepumpen genutzt. Dies kann zentral über Großwärmepumpen in Wärmenetzen oder über dezentrale Wärmepumpen in Gebäuden erfolgen. Das abgekühlte Grundwasser wird im Anschluss über Injektionsbrunnen dem Untergrund wieder zugeführt.

In Abhängigkeit von der Ergiebigkeit, der Tiefe und Temperatur der Grundwasserleiter variieren die Nutzungspotenziale für thermische Anwendungen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass sich einzelne Brunnenanlagen nicht gegenseitig negativ beeinflussen dürfen.

Zur relativ komplexen Beurteilung dieser Frage sind detaillierte Angaben zu Entnahme- und Injektionsbrunnenstandorten, Grundwasser-Nutzungsmengen und Fließrichtungen im Rahmen von hydrogeologischen Simulationen erforderlich. Diese lassen sich in der Regel gegebenenfalls erst durch entsprechende Erkundungsmaßnahmen mit Pumpversuchen bestimmen. Ergänzend können die unteren Wasserbehörden Erfahrungswerte aus z.B. bestehenden Brunnenanlagen zur Bewertung der Grundwassersituation in der Kommune und einzelnen Stadtteilen bereitstellen.

Aufgrund dieser Komplexität kann im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Potenzialerhebung nicht vorgenommen werden. Im Einzelfall sind projektspezifisch die oben genannten Eignungskriterien zu prüfen. Speziell die Fragestellung, ob durch eine geplante Grundwassernutzung bestehende Anlagen beeinträchtigt werden, ist hierbei zu prüfen.

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung werden daher lediglich die Gebiete dargestellt, die grundsätzlich für eine Grundwassernutzung nicht ausgeschlossen sind. Ausgeschlossen werden zum Beispiel sensible Grundwassernutzungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten.

Datengrundlage

Informationen zur Lage grundwasserführenden Schichten sowie deren Mächtigkeiten, bekannten Altlasten und bestehenden Brunnenanlagen sind für eine projektspezifische Einzelfallbeurteilung erforderlich. Übergeordnet sind Schutzgebietseinordnungen (u.a. Wasserschutz, Heilquellen) hilfreich für die Identifikation von Ausschlussgebieten. Neben dem „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)“ werden diese Daten über die zuständigen Wasserbehörden der Kommune und des Landkreises zur Verfügung gestellt.

Ergebnis

In der nachfolgenden Karte sind alle grundsätzlich geeigneten Gebiete für eine weitere Grundwassernutzung aufgeführt. Aufgrund der oben beschriebenen Komplexität und fehlenden Projektiefe der kommunalen Wärmeplanung wird kein Deckungspotenzial ausgewiesen. Grundsätzlich ist im gesamten kommunalen Gebiet eine Nutzung des Grundwassers möglich bis auf Flächen in Poppenweiler. Die Ausschlussflächen sind auf nachfolgender Karte in orange gekennzeichnet.

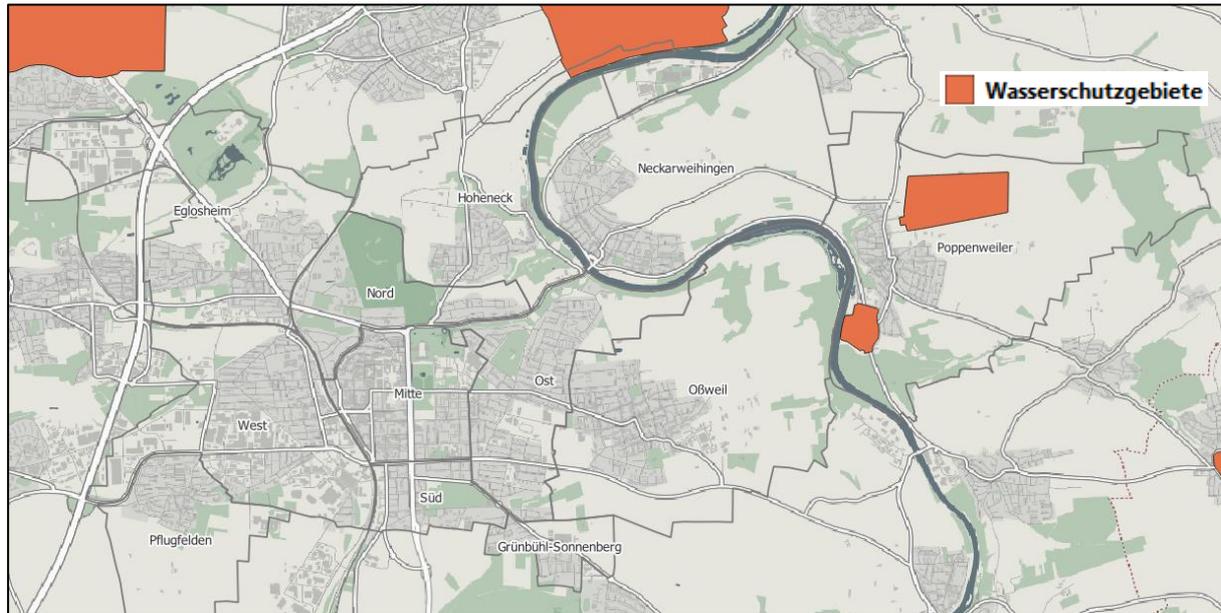


Abbildung 17: Ausschlussflächen „Grundwasser“ auf Clusterebene

5.3.9 Seewasser

Das Wärmenutzungspotenzial von Oberflächengewässern wird separat für Fließgewässer und Seen ermittelt. Die Wärmenutzung aus Seewasser kann bei größeren Gewässern einen relevanten Beitrag für eine klimaneutrale Wärmenutzung einzelner Quartiere liefern.

Bei der Wärmenutzung aus Seewasser wird über eine zentrale Vorrichtung im oder am See Wasser entnommen und über Wärmetauscher für die Wärmeversorgung nutzbar gemacht. Das abgekühlte Seewasser wird im Anschluss wieder in das Gewässer eingeleitet. Die erschlossene Seewasserwärme kann mittels Großwärmepumpen für Wärmenetze aufbereitet werden oder für die Regeneration von kalten Wärmenetzen eingesetzt werden. Auf Grund des relativ hohen Erschließungsaufwands und des bei technischer Machbarkeit hohen Potenzials wird die Seewassernutzung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung stets in Kombination mit den aufgeführten zentralen Wärmeinfrastrukturen betrachtet.

Datengrundlage

Für die Bewertung des Seewasserpotenzials sind die Belange des Natur- und Umweltschutzes sowie der weiteren Nutzungen des Gewässers relevant. Die zuständigen Genehmigungsbehörden können erste Einschätzungen zur Seewassernutzung abgeben. Bei positiver Einschätzung werden in der Regel weitere hydrologische Untersuchungen erforderlich, um die technische und genehmigungsrechtlichen Fragestellungen beantworten zu können. Zum Teil existieren für bestimmte Gewässer frei abrufbare Richtlinien, in denen die Seewassernutzung geregelt ist (z.B. Bodensee-Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)).

Ergebnis

Auf dem Kommunalgebiet liegt kein Potenzial für die Nutzung von Seewasserwärme vor.

5.3.10 Solarthermie - dezentral

Mittels Solarkollektoren (Solarthermie) wird solare Strahlungsenergie in nutzbare Wärme für die Brauchwassererwärmung, Heizung und Prozesswärme gewandelt. Bei der Konzeptionierung von Gebäuden mit Solarthermieanlagen ist darauf zu achten, dass die Anlagen möglichst nach Süden ausgerichtet sind. Die Neigung der Solarkollektoren liegt je nach Art der Anwendung idealerweise zwischen 30 und 60 Grad. Je steiler der Anstellwinkel, desto höher ist der Ertrag in der Übergangszeit und in den Wintermonaten. Beachtet werden muss grundsätzlich die Dachflächenkonkurrenz zu Photovoltaik.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Solarthermie - dezentral“ werden die für die Solarenergie in Frage kommenden Dachflächen untersucht und quantitativ erfasst. Für die quantitative Ermittlung der geeigneten Dachflächen und des Wärmepotenzials wird auf das GIS-Angebot des Energieatlas Baden-Württemberg zurückgegriffen.

Die Daten des Energieatlas beinhalten gebäudescharfe Einordnungen der Dachflächen für die Solarenergienutzung. Die Eignungsklassen sind in die Kategorien sehr gut, gut und bedingt geeignet unterteilt. Die Eignung berücksichtigt die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solare Einstrahlung. In Abhängigkeit von der Eignungsklasse wird den Dachflächen ein flächenspezifischer Wärmeertrag zwischen 300 und 420 kWh/(m²-a) zugewiesen. Dieser wird mit der potenziell nutzbaren Dachfläche aus dem digitalen Liegenschaftskataster multipliziert, um das Solarthermiepotenzial zu berechnen.

Die Berechnung des resultierenden Wärmedeckungspotenzials je Gebäude im Zieljahr berücksichtigt die zeitliche Verfügbarkeit des Solarthermiepotenzials und die Verteilung des Wärmebedarfs auf Monatsebene.

Datengrundlage

Das Solarthermiepotenzial auf Dachflächen wird auf Basis der Angaben des Solarkatasters des Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt. Der Energieatlas und die hinterlegten GIS-Dateien sind im Internet abrufbar unter <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen>.

Da über das Jahr auch das Potenzial schwankt wurde folgende Potenzialverteilung über den Jahresverlauf zugrunde gelegt.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Solarertrag in %	2,2	4,4	10,0	11,1	11,2	12,1	13,1	12,1	9,3	7,8	3,3	3,3	100,0

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Solarthermie - dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 27 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus rund 144.810 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. Grundsätzlich besteht die Flächenkonkurrenz zu PV-Anlagen.

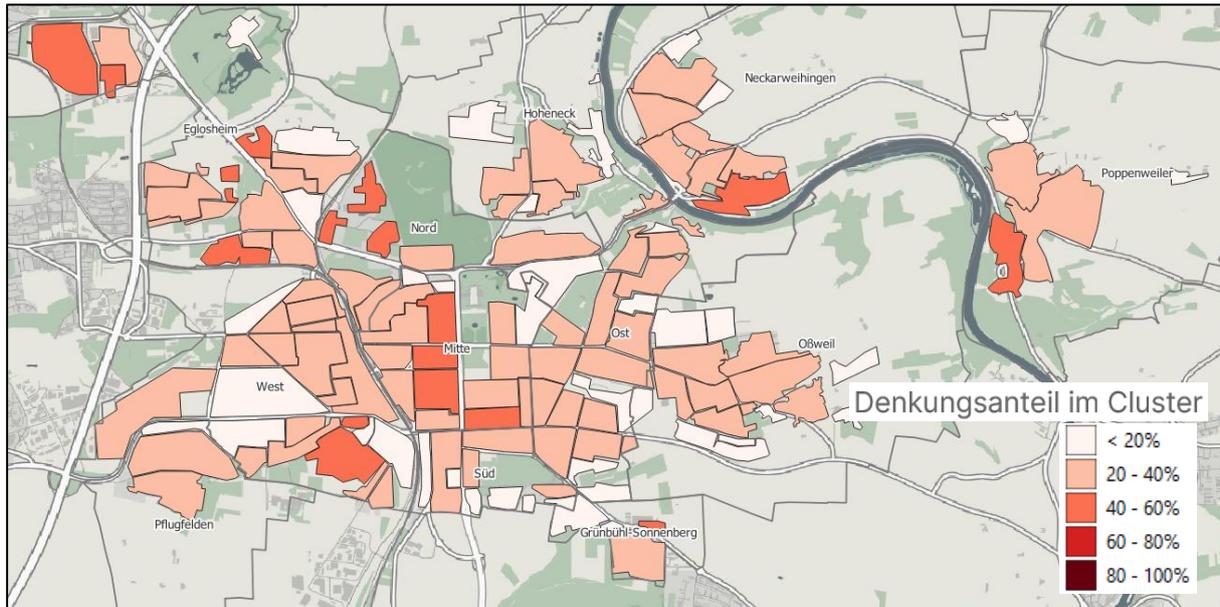


Abbildung 18: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Clusterebene 2035

5.3.11 Solarthermie - zentral

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird zusätzlich zur Solarenergie auf Dachflächen das Potenzial von Freiflächenanlagen untersucht. Zentrale Solarthermieranlagen können relevante Wärmemengen für Wärmenetze bereitstellen. Neben der Einspeisung in klassische Wärmenetze können Solarthermieranlagen im Kontext der Regeneration von kalten Wärmenetzen oder zum Beispiel von Erdwärmesonden eine besonders hohe Effizienz vorweisen. Die in den Sommermonaten hauptsächlich anfallenden Wärmeerträge können für erhöhte Wärmedeckungsanteile in Großspeichern bzw. saisonalen Wärmespeichern nutzbar gemacht werden. Die gespeicherte Wärme kann entweder direkt genutzt oder über Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau des Wärmeverteilnetzes gebracht werden.

Für die Berechnung des Wärmedeckungspotenzials werden die Wärmebedarfe der Cluster mit dem Bereitstellungspotenzial bilanziell abgeglichen, die sich in räumlicher Nähe (<200m) zu den geeigneten Freiflächen befinden. Auf Basis von Monatsbilanzen kann so der jeweiligen zeitlichen Charakteristika von Erzeugung und Bedarf Rechnung getragen werden.

Datengrundlage

Die Vorgehensweise zur Ermittlung potenziell geeigneter Flächen für die Kategorie „Solarthermie - zentral“ wird nachfolgend beschrieben. Zu Beginn werden die potenziellen Freiflächen ermittelt, welche grundsätzlich eine Eignung für Solarthermieranlagen vorweisen. Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aus dem digitalen Liegenschaftskataster getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland (hier nur schwach ertragfähige landwirtschaftliche Flächen). Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von

der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete und Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete). Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass sich die Freiflächen in räumlicher Nähe zu Clustern mit Wärmebedarf befinden und eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Solarthermie - zentral“ sprechen. Zum Beispiel werden bei einer Analyse von Luftfotos Grünlandflächen identifiziert, auf denen sich erhaltenswerte Streuobstwiesen befinden. Diese Information ist in den genannten Planunterlagen nicht enthalten, führt aber aktuell zu einem Ausschlusskriterium bei diesem Anwendungsfall.

Eine detaillierte Auflistung der Flächennutzungskategorien und deren Einordnung als Ausschluss- und Eignungsflächen kann in Anhang 10.1 eingesehen werden.

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung für die Nutzung als Energieinfrastruktur dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 19 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

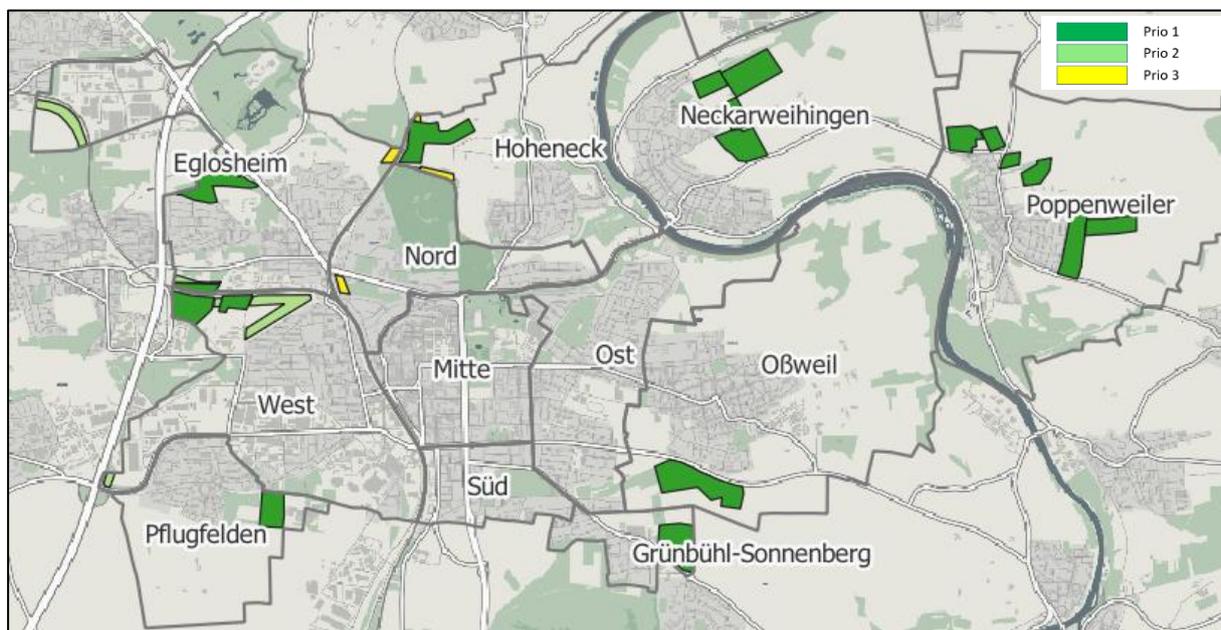


Abbildung 19: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich im Wesentlichen an der nachfolgenden Auflistung. Die Flächenangaben zu diesen Potenzialflächen und die Einordnung zur gesamten Kommunalfläche sind in Tabelle 9 enthalten.

1. Gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, Ackernutzung, festgehaltene Flächen für Regionalplan
2. Konversionsflächen Randstreifen, Ackernutzung, Kommunal geprüft und aktuell nicht denkbar
3. Randstreifen, Ackernutzung, Kommunal geprüft und aktuell nicht denkbar in Restriktionsgebieten

Tabelle 9: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Solarthermie - zentral“

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
1	153 ha	3,5 %
2	19 ha	0,4 %
2	5 ha	0,1 %
Summe	177 ha	4,0 %

Da über das Jahr auch das Potenzial schwankt wurde folgende Potenzialverteilung über den Jahresverlauf zugrunde gelegt.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
Solarertrag in %	2,2	4,4	10,0	11,1	11,2	12,1	13,1	12,1	9,3	7,8	3,3	3,3	100,0

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 31 % resultiert. Insgesamt resultieren aus dem Einzelpotenzial „Solarthermie - zentral“ theoretisch rund 163.200 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune. Auch hier besteht die Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik-Nutzung. Das Potenzial kann auch in weiteren angrenzenden Clustern genutzt werden, insofern eine zentrale Versorgungsstruktur (Wärmenetz) dort vorliegt.

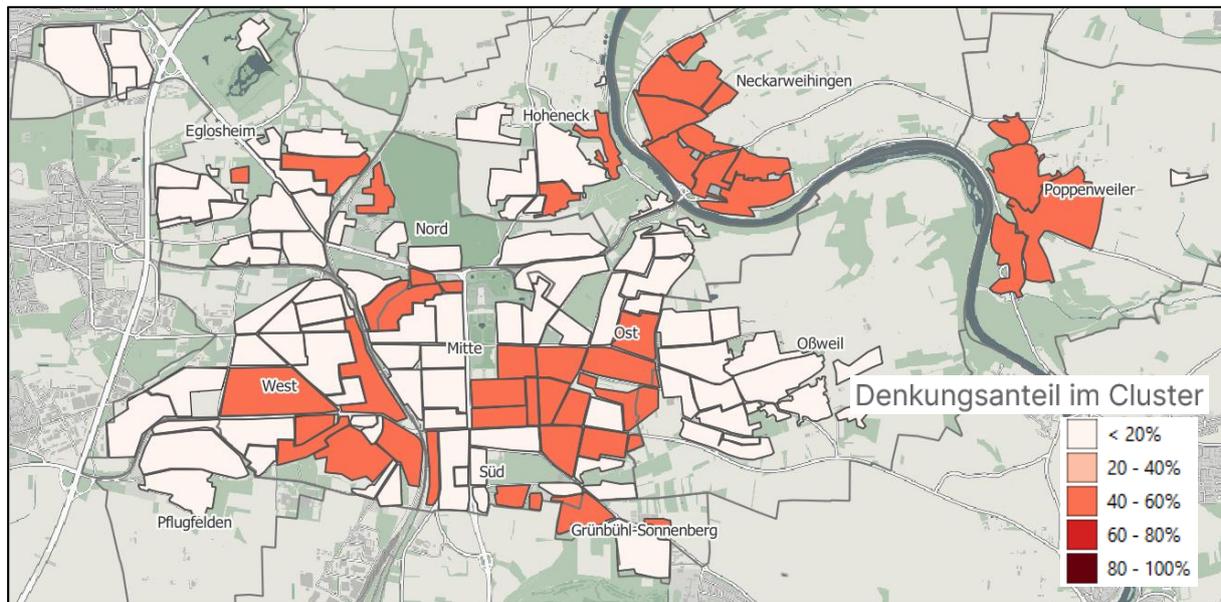


Abbildung 20: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Clusterebene 2035

5.3.12 Tiefengeothermie

Tiefengeothermie stellt die Nutzung von Erdwärme in Tiefen von mehr als 400 Metern dar. Wärmereservoirs in mehreren tausend Metern Tiefe werden dabei erschlossen. Aufgrund des relativ hohen Temperaturniveaus gegenüber der oberflächennahen Geothermie kann die Wärme sowohl für größere Wärmenetze als auch für die Erzeugung von Strom eingesetzt werden.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg kann ein Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie ohne detaillierte Informationen zur thermodynamischen Leistungsfähigkeit des Untergrunds nur grob eingeordnet werden.

Grundsätzlich gilt die Einordnung des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) für Baden-Württemberg. „Für die Nutzung der tiefen Geothermie bieten sich in Baden-Württemberg vor allem der Oberrheingraben und das Molassebecken an. In diesen Gebieten liegen sogenannte positive Temperaturanomalien vor, d. h. in der Tiefe werden deutlich höhere Temperaturen angetroffen als im restlichen Baden-Württemberg. Daneben haben topografische Höhenunterschiede, wie zwischen Schwarzwald und Oberrheingraben, signifikante Auswirkungen auf die Temperaturverteilung im Untergrund. Dort führen aus größerer Tiefe aufsteigende Thermalwässer (z. B. Baden-Baden) zu erhöhten Temperaturen in ihrem weiteren Umfeld. Auch südöstlich von Stuttgart (Bereich Bad Urach–Bad Boll) sind die Untergrundtemperaturen erhöht. Die äußerst vielfältige Geologie von Baden-Württemberg führt zu einer unterschiedlichen räumlichen Verteilung der Wärmeleitfähigkeit und damit der Temperatur im Untergrund des Landes.“ (Landesamt für Geologie, 2023)

Datengrundlage

Die Bewertung des Tiefengeothermie-Potenzials beschränkt sich daher im Rahmen der vorliegenden Analyse auf Informationen des LGRB-Kartenviewers der großflächige Untergrundtemperaturverteilungen in Tiefen von 500 bis 2.500 m beinhaltet (Im Internet unter: https://maps.lgrb-bw.de/?app=lgrbwissen&view=Geothermie_Uebersicht_BW_500_m).

Liegen im räumlichen Kontext der Kommune Temperaturanomalien im Untergrund vor, so wird ein Potenzial als vorhanden eingestuft und eine weitere qualifizierende Erkundung und Bewertung des Nutzungspotenzials empfohlen.

Ergebnis

Der LGRB-Kartenviewer weist für das Kommunalgebiet keine besonderen Temperaturanomalien im Untergrund aus. Die Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen die konkreten Untergrundtemperaturen im Vergleich zur überregionalen Verteilung.

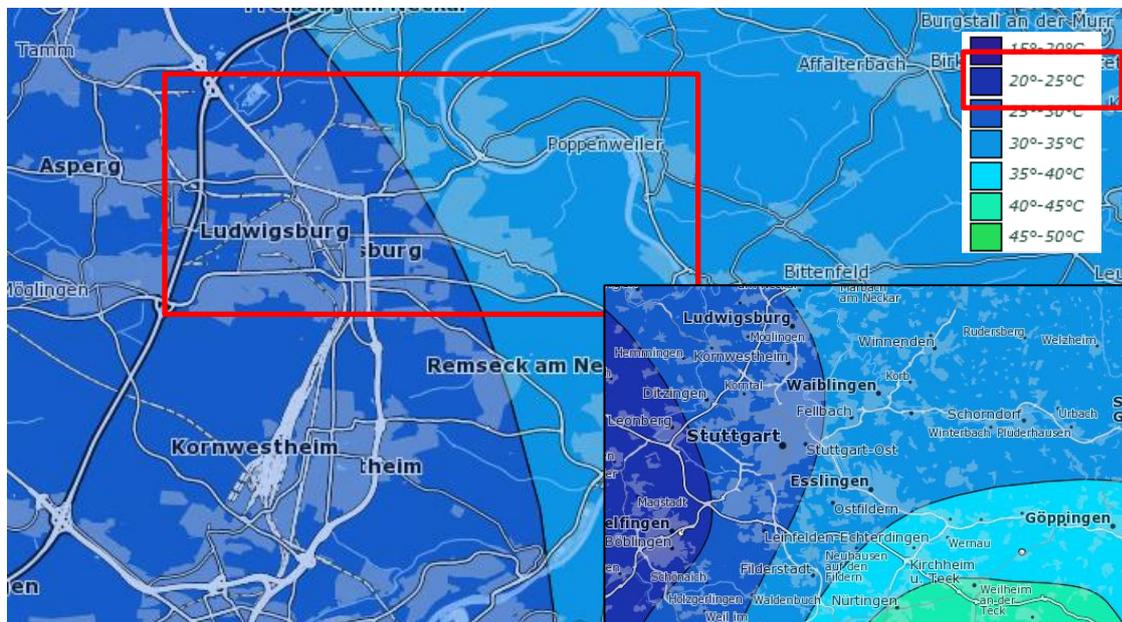


Abbildung 21: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 500 m

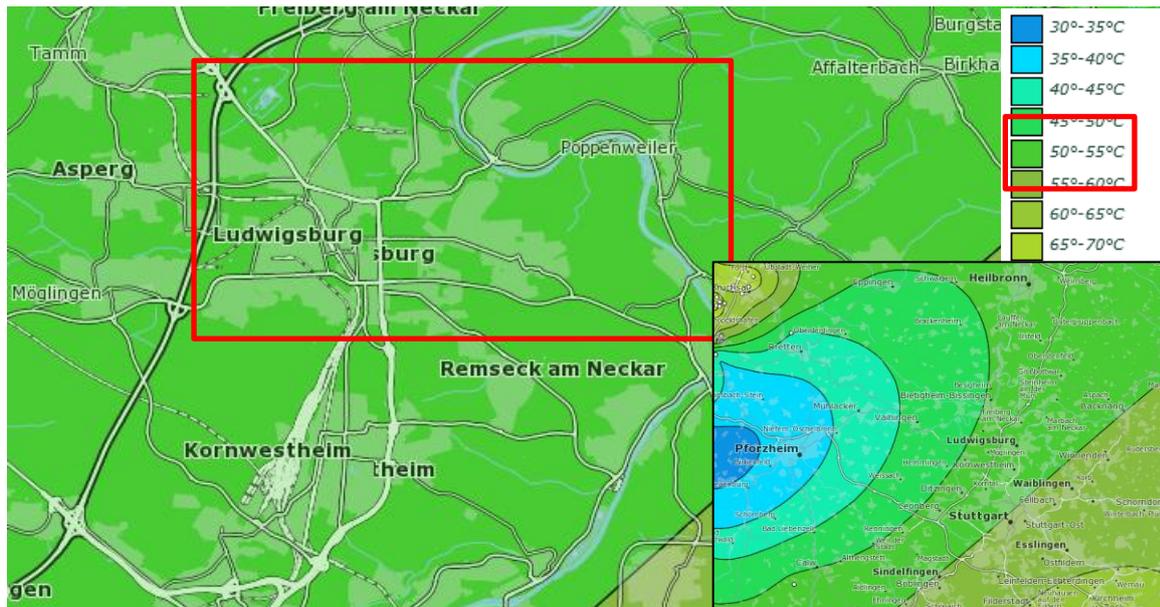


Abbildung 22: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 1.000 m

5.3.13 Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme

Ergänzend werden auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Nutzungspotenziale von Wärmequellen und Energieträgern betrachtet, die in der Regel ortsunabhängig für eine klimaneutrale Wärmeversorgung Verwendung finden können. Darunter fallen im Wesentlichen die Außenluft, Biomasse sowie „Grüne Gase“. Der Umgang mit diesen Optionen wird in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

5.3.13.1 Außenluft

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Außenluft erfordern den geringsten technischen Aufwand und sind fast an jedem Standort einsetzbar. Die Außenluft-Wärmepumpen können dabei in Luft/Luft- und Luft/Wasser-Systeme unterteilt werden. Bei diesen Systemen wird der Außenluft Wärme entzogen. In einem thermodynamischen Kreisprozess wird die Wärme von einem niedrigen (Außenluft) auf ein höheres (Heizwärme) Temperaturniveau gehoben. Der Anteil der Luft/Wasser-Wärmepumpen im Bestand liegt in Deutschland nach Auswertungen des Bundesverbands Wärmepumpe bei über 50 Prozent. (Fisch, et al., 2018)

Luft/Wasser-Wärmepumpen können Heizwärme bei Außenlufttemperaturen von bis zu -20 Grad Celsius bereitstellen. Je niedriger die Wärmequellentemperatur, desto niedriger die Effizienz (d. h., die Arbeitszahl sinkt und der Strombedarf steigt). Speziell bei größeren Wärmebedarfen kommen bivalente Systeme zum Einsatz.

Im Rahmen der Potenzialermittlung und Zielfotoerstellung der kommunalen Wärmeplanung wird grundsätzlich von einer technischen Machbarkeit zur Nutzung von Außenluft als Wärmequelle ausgegangen. Lediglich Cluster mit einer hohen baulichen Dichte, z.B. in einem hochverdichteten Innenstadtbereich, oder mit hohen Prozesstemperaturenanwendungen werden

so kategorisiert, dass hier kein Potenzial zur Nutzung von Außenluft-Wärmepumpen berücksichtigt wird.

Der wesentliche Grund hierfür ist, dass für die Aufstellung der Geräte Flächen auf Gebäuden oder im Außenraum erforderlich werden und bei der Anordnung von Ansaug- und Ausblasöffnungen im Umfeld von Gebäuden die Geräuscentwicklungen zu berücksichtigen sind.

5.3.13.2 Biomasse

Die Möglichkeiten zur Nutzung von pflanzlicher Biomasse zeigen eine große Bandbreite auf. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung liegen die pflanzlichen Biomassepotenziale im Fokus. Für die Land- und Forstwirtschaft werden nachfolgend die ermittelnden Potenziale auf den Acker-, Grünland- und Waldflächen dargestellt.

Biomasse aus der Landwirtschaft

Auf dem Gemarkungsgebiet der Kommune existieren laut Flurstücks-Definition, 1.913 ha Ackerland. Diese Fläche entspricht rund 44 % des gesamten Gemarkungsgebiets. Für die Ermittlung des Energiepotenzials landwirtschaftlicher Biomasse wird davon ausgegangen, dass die angebaute Biomasse in einer Biogasanlage zu Biogas verarbeitet wird. In der Berechnung wird unter Berücksichtigung eines Flächen- und Biogasertrags in Abhängigkeit der Pflanzensorte der potenzielle Energieertrag ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, dass nur ein Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen für den Anbau von Energiepflanzen mobilisiert werden kann. Bei einem Mobilisierungsfaktor von 50% resultiert für die analysierten Flächen dabei ein theoretisches Energieerzeugungspotenzial in Höhe von 15.319 MWh/a.

Biomasse aus der Forstwirtschaft

Auf dem Kommunalgebiet existieren Waldflächen von rund 255 ha. Im Rahmen der Wärmeplanung wird lediglich Waldrestholz für die Ermittlung des Energiepotenzials berücksichtigt. Unter der Annahme, dass der Flächenertrag an Waldrestholz 1,5 t/ha beträgt und ein Mobilisierungsfaktor von 80 % angenommen, resultiert ein Energiepotenzial des Holzes in Höhe von 1.052 MWh/a.

Gesamtergebnis

In Abbildung 23 sind die Flächen sowie deren räumliche Verteilung zur Mobilisierung des Biomassepotenzials aufgezeigt. Das gesamte Wärmenutzungspotenzial aus dieser Analyse beträgt rund 16.370 MWh/a. Bezogen auf den Biomassebedarf im Basisjahr von 46.590 MWh entspricht dies einem Anteil von 35 %.

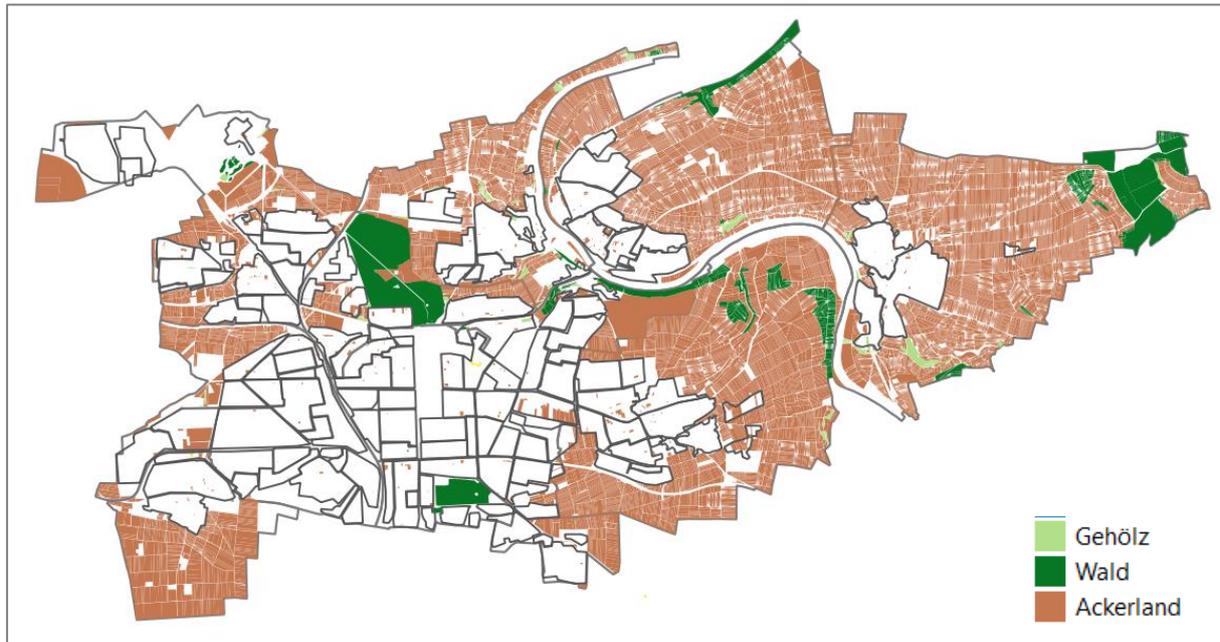


Abbildung 23: Karte der Biomasse Potenzialflächen 2035

5.3.13.3 Grüne Gase

Der Energieträger „Grüne Gase“ steht vereinfacht für klimaneutrale, gasförmige Energieträger, die in der Regel in Verbrennungsprozessen in Heizungsanlagen und bei Prozessanlagen zur Wärmebereitstellung zum Einsatz kommen können. Darunter fallen die Kategorien Biogas, Biomethan, grüner Wasserstoff oder auch generell synthetisch erzeugte Gase, welche auf Basis von erneuerbaren Energien hergestellt wurden.

„Grüne Gase“ können sowohl lokal auf dem Kommunalgebiet erzeugt oder perspektivisch über die vorgelagerte Gasinfrastruktur bezogen werden. Durch die Annahme, dass zukünftig „Grüne Gase überregional zur Verfügung stehen kann dieser Energieträger grundsätzlich auch als nicht-lokale Ressource eingestuft werden.

Damit können „Grüne Gase per Definition ortsunabhängig für eine klimaneutrale Wärmeversorgung Verwendung finden. Für eine positive Berücksichtigung im Rahmen der Potenzialbetrachtung und Nutzungsbewertung für den Zielfotoprozess gilt lediglich die Einschränkung, dass eine bestehende Gasinfrastruktur im jeweiligen Cluster bereits vorliegen muss.

Gemäß dem technischen Annex der Kommunalrichtlinie⁵ (Nationale Klimaschutzinitiative vom 18. Oktober 2022) sind „Grüne Gase effizient und ressourcenschonend nur dort in der Wärmeversorgung einzuplanen und einzusetzen, wo vertretbare Alternativen fehlen. Gemäß

⁵Im Internet unter: <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie> (02.03.2023)

dieser Logik finden im Zielfoto die grünen Gase unter folgenden Randbedingungen Berücksichtigung:

- Keine Verfügbarkeit ausreichender lokaler Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärmepotenziale im Cluster
- Anforderungen von Clustern mit Hochtemperaturwärmeanwendungen oder Gasverbrennungsprozessen in der Industrie
- Spitzenlastbereitstellung bei größeren Verbrauchern und Heizzentralen erforderlich
- Gasnetzinfrastruktur liegt vor

Sind die obig aufgeführten Kriterien erfüllt wird im weiteren Zielfotoprozess abgewägt, ob eine Nutzung von grünen Gasen auf Ebene der Cluster als Nutzungsoption in Frage kommt.

5.4 Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

Für die Ziele einer klimaneutralen Wärmeversorgung nimmt der Stromsektor in Zukunft eine zunehmend wichtigere Rolle ein. Zahlreiche Studien belegen den erforderlichen Ausbau von Wärmepumpen für eine flächendeckende, klimaneutrale Wärmeversorgung in zentralen und dezentralen Systemen. Wärme aus Wärmepumpen hat einen besonders hohen Klimaschutzbeitrag, wenn der dafür eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Ebenso erfordert der Ersatz gasförmiger Brennstoffe durch „... Wasserstoff und daraus gewonnene gasförmige und flüssige synthetische Energieträger ...“ (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020) signifikante Mengen erneuerbaren Stroms. Die Aufgabe im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung besteht darin, die erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale zu bewerten, um auf dieser Basis die zukünftigen Ausbaupfade ableiten zu können.

Potenziale zur Nutzung von Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft sind daher Betrachtungsgegenstand der kommunalen Wärmeplanung. Diese sind in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben.

5.4.1 Photovoltaik – dezentral

Die Photovoltaik-Nutzung auf einzelnen Gebäuden bietet eine sehr effiziente und einfache Möglichkeit zur Kopplung der Sektoren Wärme und Strom. Photovoltaik (PV) steht für die Erzeugung von Solarstrom durch Photovoltaik-Module. Klassischerweise werden hierzu PV-Module auf Dächern montiert. Der erzeugte Strom kann direkt im Gebäude genutzt oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Bei einer Direktnutzung des Stroms kann damit auch eine Wärmepumpe mitversorgt und damit aus erneuerbarem Strom klimaneutrale Wärme erzeugt werden. Aufgrund der tageszeitlichen und saisonalen Erzeugungscharakteristik der PV kann speziell in den Zeiten mit hohem Wärmebedarf im Winter in der Regel nur ein kleiner Teil des Wärmepumpenstroms über die eigene PV-Erzeugung bereitgestellt werden.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Photovoltaik – dezentral“ werden die für die Photovoltaik-Module in Frage kommenden Dachflächen untersucht und quantitativ erfasst. Für die quantitative Ermittlung der geeigneten Dachflächen und des Strompotenzials wird auf das GIS-Angebot des Energieatlas Baden-Württemberg zurückgegriffen.

Die Daten des Energieatlas beinhalten gebäudescharfe Einordnungen der Dachflächen für die Solarenergienutzung. Die Eignungsklassen sind in die Kategorien sehr gut, gut und bedingt geeignet unterteilt. Die Eignung berücksichtigt die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solare Einstrahlung. In Abhängigkeit von der Eignungsklasse wird den Dachflächen ein leistungsspezifischer Stromertrag zwischen 750 und 1.000 kWh/kW_p zugewiesen.

Die maximal installierbare Leistung an Photovoltaik-Modulen wird anhand der potenziell nutzbaren Dachfläche aus dem digitalen Liegenschaftskataster und einem spezifischen Flächenbedarf (5 m²/kW_p) der Photovoltaik-Module bestimmt.

Das PV-Potenzial resultiert aus der Multiplikation der maximal installierbaren Leistung an Photovoltaik-Modulen und dem leistungsspezifischen Stromertrag.

Datengrundlage

Das PV-Potenzial auf Dachflächen wird auf Basis der Angaben des Solarkatasters des Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt. Der Energieatlas und die hinterlegten GIS-Dateien sind im Internet abrufbar unter <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen>.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Photovoltaik – dezentral“ zeigt auf, dass in Summe eine Leistung 318 MW_p an Photovoltaik-Modulen auf den Dachflächen installiert, werden können. Unter Berücksichtigung der Eignungsklasse der Dachflächen resultiert ein jährlicher Stromertrag von rund 290.000 MWh/a.

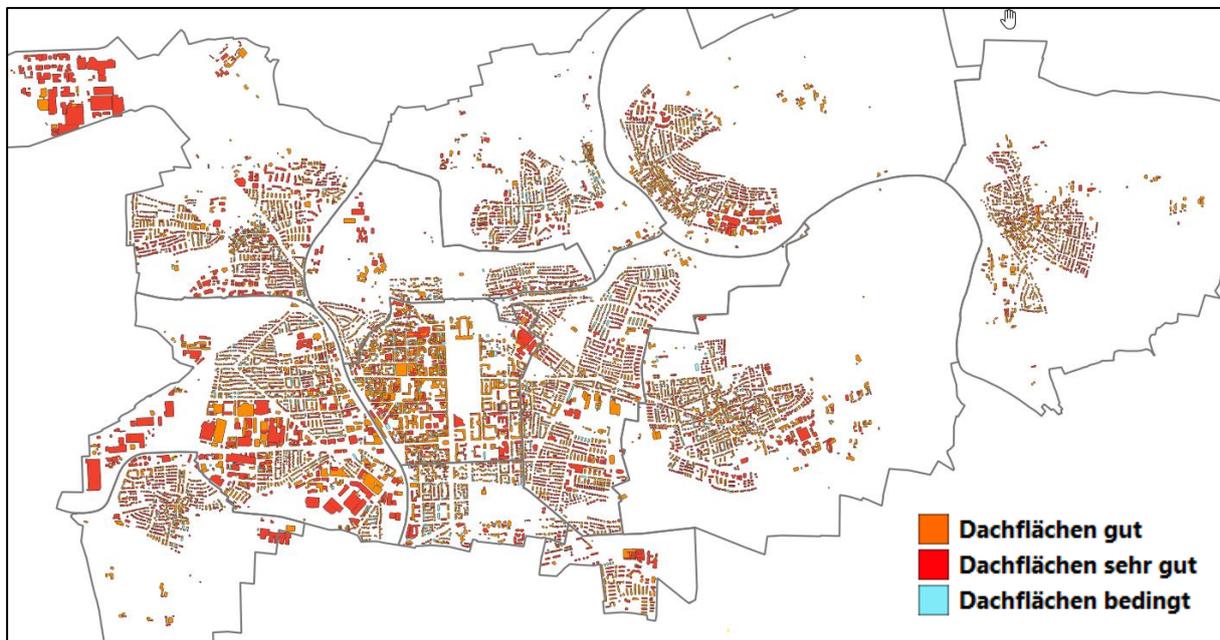


Abbildung 24: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene (Einstufung nach Energieatlas BW)

5.4.2 Photovoltaik – zentral

Neben der Photovoltaik-Nutzung auf Dachflächen, wird auch das Ertragspotenzial für PV auf Freiflächen untersucht. PV-Anlagen auf Freiflächen erreichen hohe Erzeugungsleistungen, deren Erträge üblicherweise direkt ins Stromnetz eingespeist werden. In räumlicher Nähe zu Heizzentralen für Wärmenetze kann eine PV-Freifläche auch zur direkten Versorgung einer zentralen Wärmepumpe genutzt werden.

Neben einer klassischen, ertragsoptimierten Aufständigung sind auch abweichende Variationen möglich, um kombinierte Flächennutzungen zu begünstigen. So kann auf Nutzungskonflikte speziell auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche eingegangen werden. Je nach Kultur (z.B. Beeren, Obst, Gemüse) können verschiedene Synergien erzeugt werden. Neben der überdachenden Bauweise sind auch vertikal aufgestellte, bifazile PV-Wände eine Möglichkeit, Flächennutzungen zu vereinen.

Datengrundlage

Die Vorgehensweise zur Ermittlung potenziell geeigneter Flächen für die Kategorie „Photovoltaik – zentral“ entspricht weitestgehend derer, für „Solarthermie - zentral“. Zu Beginn werden die potenziellen Freiflächen ermittelt, welche grundsätzlich eine Eignung für Solaranlagen vorweisen. Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aus dem digitalen Liegenschaftskataster getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland (hier nur schwach ertragfähige landwirtschaftliche Flächen). Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete und Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete). Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass die Freiflächen eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Photovoltaik – zentral“ sprechen. Zum Beispiel werden bei einer Analyse von Luftfotos Grünlandflächen identifiziert, auf denen sich erhaltenswerte Streuobstwiesen befinden. Diese Information ist in den genannten Planunterlagen nicht enthalten, führt aber aktuell zu einem Ausschlusskriterium bei diesem Anwendungsfall.

Eine detaillierte Auflistung der Flächennutzungskategorien und deren Einordnung als Ausschluss- und Eignungsflächen kann in Anhang 10.1 eingesehen werden.

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung für die Nutzung als Energieinfrastruktur dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 25 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial Photovoltaik – zentral zeigt auf, dass ein Stromerzeugungspotenzial in Höhe von 238.000 MWh/a resultiert. Bezogen auf den Strombedarf im Basisjahr entspricht diese Menge rund 60 %.

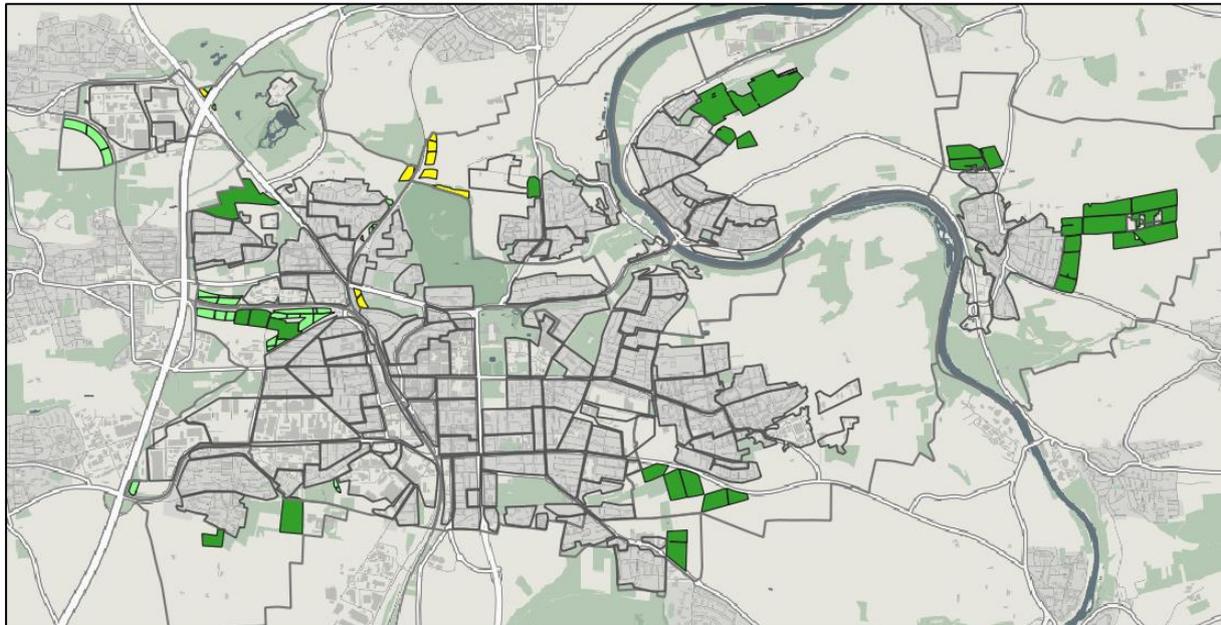


Abbildung 25: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich im Wesentlichen an der nachfolgenden Auflistung. Die Flächenangaben zu diesen Potenzialflächen und die Einordnung zur gesamten Kommunalfläche sind in Tabelle 10 enthalten.

1. Gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, Ackernutzung, festgehaltene Flächen für Regionalplan
2. Konversionsflächen und Seitenrandstreifen ohne kommunale Ausweisung
3. Konversionsflächen und Seitenrandstreifen ohne kommunale Ausweisung in Restriktionsfläche

Tabelle 10: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Photovoltaik – zentral“

Priorisierung	Summe	Anteil an Fläche der Kommune
1	138 ha	3,2 %
2	23 ha	0,5 %
2	9 ha	0,2 %
Summe	170 ha	3,9 %

5.4.3 Windkraft

Die Bedeutung von Windkraft bei der Stromerzeugung hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Heute stellt die Windkraft mit rund 58 GW installierter Leistung (Ende 2022), zusammen mit der Photovoltaik, den größten Teil der installierten Kraftwerkskapazität erneuerbarer Energien in Deutschland. Windenergie liefert bereits heute etwa 22 Prozent des erzeugten Stroms.⁶

Im Gegensatz zu den Photovoltaikanlagen erzeugen Windkraftanlagen auch während der Heizperiode nennenswerte Strommengen. Speziell im Hinblick auf die sektorenübergreifende Energiewende ist der flächendeckende Ausbau der Windkraft von besonderer Bedeutung.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg kann das Nutzungspotenzial der Windkraft, ohne auf weitere detaillierte Informationen zu den örtlichen Gegebenheiten einzugehen, grob evaluiert werden.

Datengrundlage

Maßgebend zur Einordnung potenziell geeigneter Freiflächen dienen die Daten- und Kartendienste der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Hier werden zum einen die Bestandwindenergieanlagen mit mehr als 50 Meter Gesamthöhe in Baden-Württemberg dargestellt. Zum anderen werden Informationen aus dem Windatlas Baden-Württemberg in Form von Windpotenzialflächen in Bezug auf die Windhöffigkeit geeigneter Flächen wiedergegeben. Der Windatlas wurde im Mai 2019 durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft veröffentlicht und dient als umfassende Datengrundlage, um die Planungen von Windkraftanlagen mit einer verbesserten Informationsgrundlage zu unterstützen. Die LUBW unterscheidet weiter zwischen geeigneten Flächen, mit und ohne Flächenrestriktionen. Die identifizierten Flächen werden im Rahmen der Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesen. Eine genaue Ermittlung des lokalen Windpotenzials und des daraus abgeleiteten Stromerzeugungspotenzials kann nur im Rahmen einer konkreten Projektprüfung bzw. -planung erfolgen.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass keine Freiflächen auf Ludwigsburger Gemarkung für die Windkraft als geeignet eingestuft sind. In Abbildung 26 sind diese Flächen dargestellt.

⁶ Im Internet unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html> (02.03.2023)



Abbildung 26: „Windkraft“- Potenzial aus Energieatlas BW

5.4.4 Wasserkraft

Wasserkraft gehört mit einem Anteil von 9 % an der Bruttostromerzeugung im Jahr 2021 zusammen mit der Windenergie und der Photovoltaik zu den bedeutendsten erneuerbaren Energiequellen in Baden-Württemberg.⁷

Die Erzeugung von Strom mittels Wasserkraft ist in Deutschland breit etabliert. An Fließgewässern oder aus höhergelegene Wasserreservoirs wird die Strömungsenergie von fließendem Wasser genutzt, um Turbinen anzutreiben und Strom zu generieren. Die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft ist sehr effizient und kann in der Regel ganzjährig erfolgen.

Datengrundlage

Die Bestimmung des technischen Potenzials basiert auf den Daten des Energieatlas Baden-Württemberg. Der Kartendienst beinhaltet das mögliche Aus- und Neubaupotenzial an bereits genutzten Wasserkraftstandorten mit einer Leistung zwischen 8 kW und 1 MW sowie das Wasserkraftpotenzial an bislang noch nicht für die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft genutzten Querverbauungen (Regelungs- und Sohlenbauwerke).⁸

⁷ Im Internet unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/hintergrundinformationen> (02.03.2023)

⁸ Im Internet unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial> (02.03.2023)

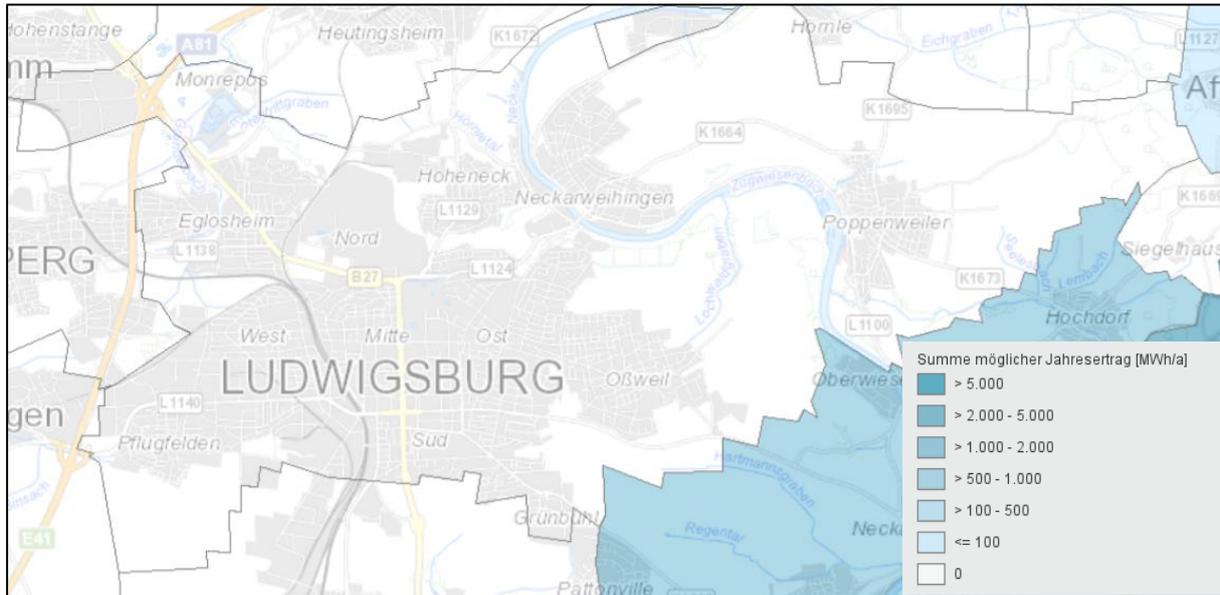


Abbildung 27: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW

Ergebnis

Auf dem Kommunalgebiet ist der Zubau von Laufwasserkraftanlagen und Pumpspeicherkraftwerken nur noch beschränkt bzw. nicht möglich. Vor allem der Neckar wird bereits in Aldingen, Poppenweiler und Marbach für die Stromerzeugung aus Wasserkraft genutzt. Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass kein zusätzliches Stromerzeugungspotenzial resultiert.

5.5 Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse

In den vorangegangenen Kapiteln sind die Einzelpotenziale für die Bereitstellung klimaneutraler Wärme und erneuerbarer Stromerzeugung erläutert. Für das gesamte Kommunalgebiet liegt damit eine mengenmäßige und räumliche Aussage zur Verfügbarkeit der Einzelpotenziale vor.

Hauptergebnisse

Durch Sanierung und Effizienzsteigerung reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gemäß dem Leitzszenario um 40 % auf 533 GWh.

Die Wärmedeckungspotenziale liegen besonders im Bereich der Geothermie und dezentralen Solarthermie, wobei hier die Flächenkonkurrenz zur Dachflächennutzung für Photovoltaik besteht. Weitere große Potenziale sind im Bereich des Abwassers und des Flusswassers zu erwarten.

Die Übersicht in Abbildung 28 stellt die Potenziale im Bereich Wärme nochmals übersichtlich im Vergleich gegenüber. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse ergänzend zusammengefasst.

Tabelle 11: Übersicht ortsabhängiger Wärmepotenziale im Zieljahr

	Wärmepotenzial in GWh/a	Potenzieller Deckungsanteil in %
Abwärme – Industrie und Gewerbe	0	0
Abwasser – Kanal	81	15
Abwasser – Kläranlage	22	4
Biomasse	47	9
Flusswasser	41	8
Geothermie – Kollektoren	202	38
Geothermie – Sonden dezentral	65	12
Geothermie – Sonden zentral	329	62
Grundwasser		Einzelfallprüfung
Seewasser	0	0
Solarthermie – dezentral	145	27
Solarthermie – zentral	163	31
Tiefengeothermie		Keine Aussage

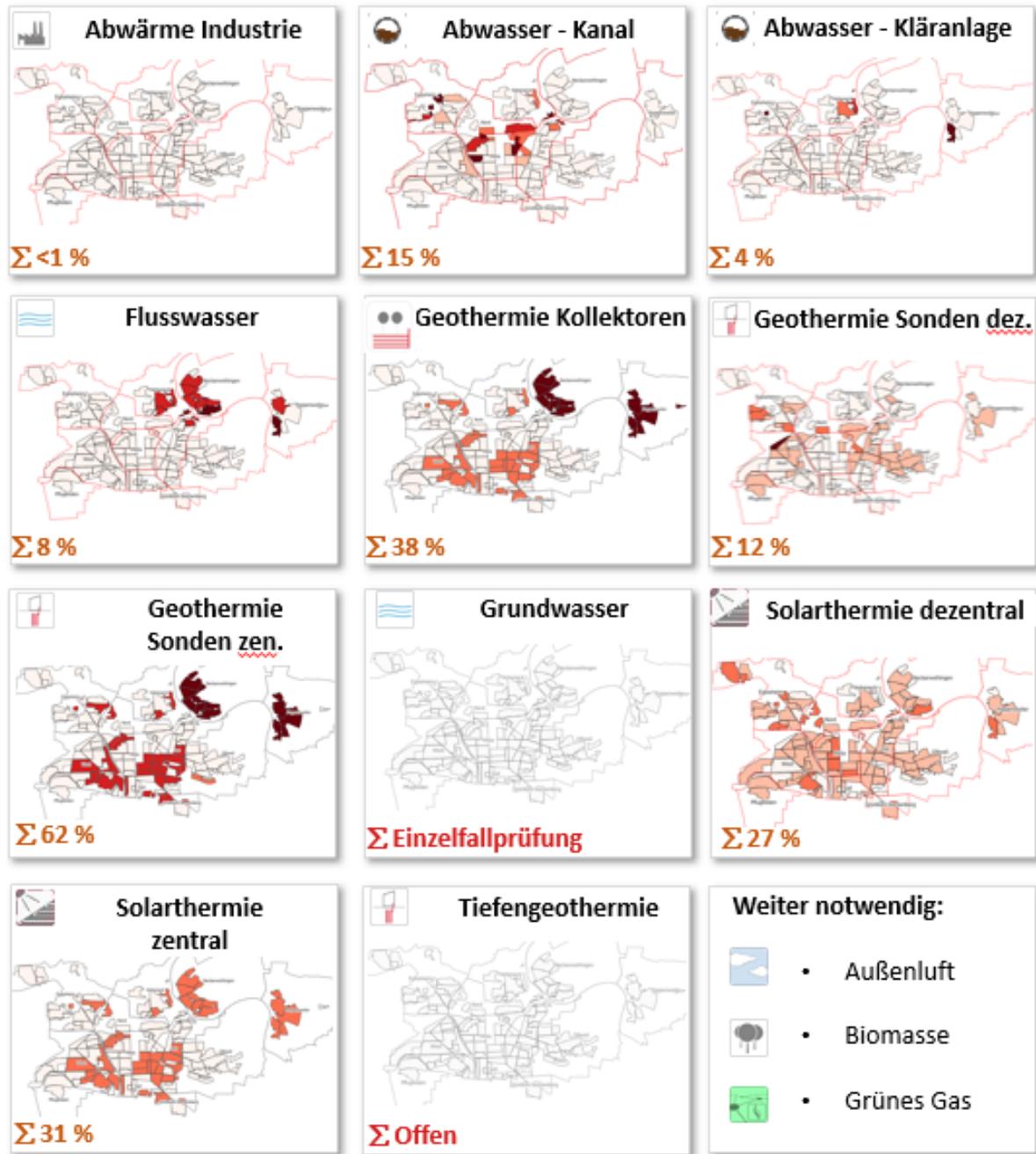


Abbildung 28: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme

6 Zielfoto

6.1 Ziele und Vorgehensweise

Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Klimaschutzgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 vor. Gemäß Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass durch die Wärmeversorgung, spätestens im Jahr 2040 keine Treibhausgas-Emissionen mehr verursacht werden dürfen. In dem Schritt der Zielfotoerstellung wird nun auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse ausgearbeitet, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Die Stadt Ludwigsburg strebt eine klimaneutrale Energieversorgung bereits im Jahr 2035 an, weshalb der Zielhorizont der kommunalen Wärmeplanung in der Kommune auf 2035 angepasst wird.

Auf Clusterebene wird zunächst bewertet, welche Potenziale in welchem Umfang zur Verfügung stehen, welches Versorgungssystem (zentral/dezentral) aktuell vorhanden und potenziell möglich ist. Welches Versorgungssystem geeignet ist, ist abhängig von unterschiedlichen Kriterien. Grundsätzlich werden je Cluster die zur Verfügung stehende Versorgungssysteme und Energiequellen mithilfe einer multikriteriellen Matrix bewertet. Die Priorisierung erfolgt in Abhängigkeit von den nachfolgenden Kriterien:

- Einzelpotenziale der Energieträger zur Bedarfsdeckung
- Erschließungsaufwand
- THG-Einsparpotenzial
- Wärmedichte
- Kühlbedarf im Cluster
- Flächenbedarf der Infrastruktur
- Hohe Temperatur in Gebäuden

Ausschlusskriterium für das zentrale Versorgungssystem über ein Wärmenetz ist eine Wärmedichte < 300 MWh/ha. Diese Größe wird ebenfalls im Leitfaden „Wärmenetze in Kommunen“ genannt.⁹

Nach der automatisierten Bepunktung und Ausgabe von Versorgungssystemen im Zielfoto erfolgt eine manuelle Prüfung jedes Clusters und ggf. eine Anpassung.

Bei der Definition der Versorgungssysteme ist dabei zu berücksichtigen, dass speziell bei der Empfehlung zu dezentralen Wärmepumpen auch alternative Wärmequellen denkbar und umsetzbar sind. Für die Erreichung der Klimaneutralität sind diese in der Regel als gleichwertig anzusetzen. So sind bei einer Empfehlung für dezentrale Erdwärme-Wärmepumpen auch grundsätzlich Wärmepumpen mit z.B. Umweltwärmequelle Außenluft, Grundwasser oder Eisspeicher-Systemen für die Zielerreichung geeignet.

⁹

[https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:lfu_klima_00152,AARTxNODENR:351357,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG.AKATxNAME:StMUG.ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:lfu_klima_00152,AARTxNODENR:351357,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG.AKATxNAME:StMUG.ALLE:x)=X)

6.2 Zielfoto 2035

Das Zielfoto im Jahr 2035 zeigt die Energieträger und Versorgungssysteme, die im Jahr 2035 eine klimaneutrale Wärmeversorgung ermöglichen. In nachfolgendem Diagramm ist die Entwicklung der Energieträger zur Wärmebedarfsdeckung zu sehen.

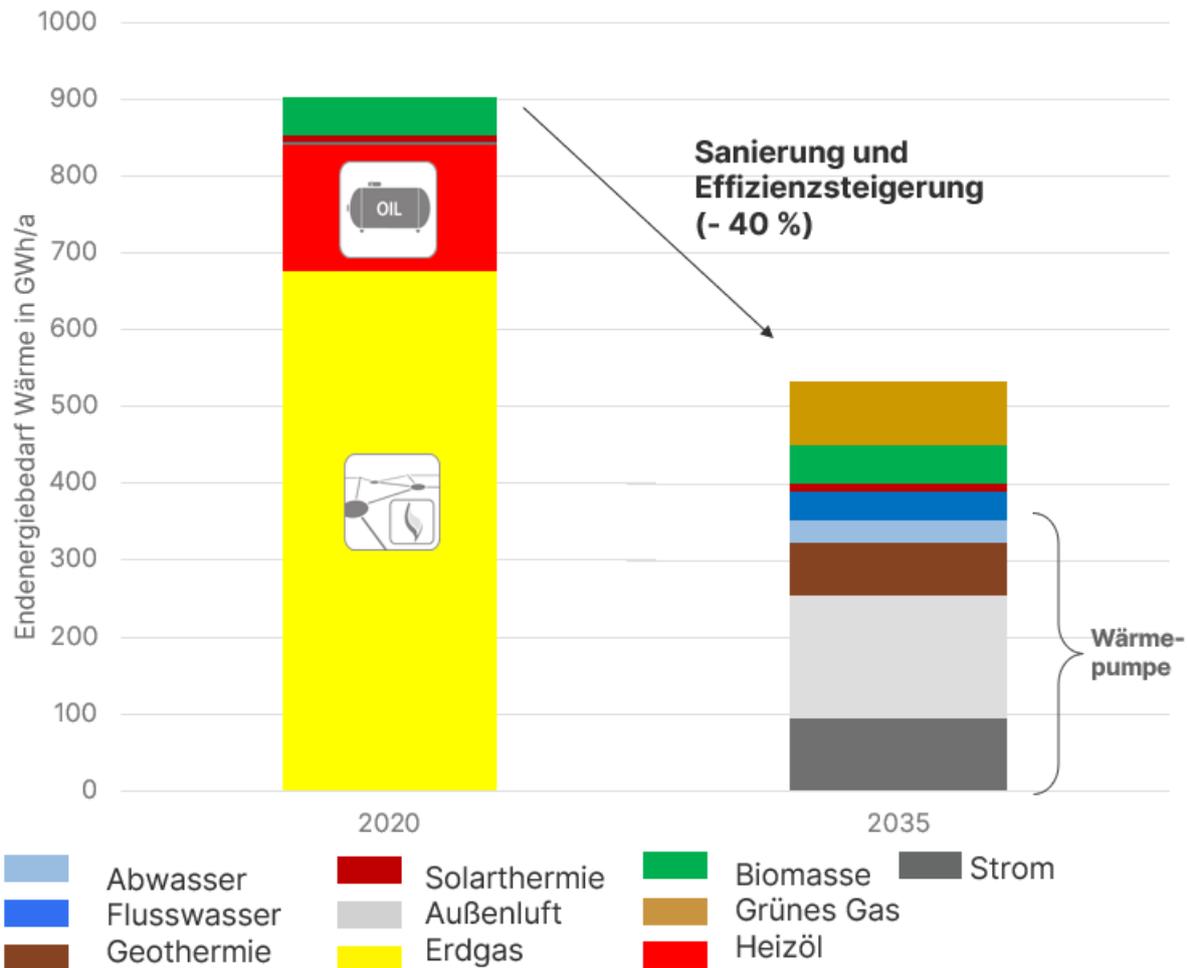


Abbildung 29: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr

Abbildung 29 verdeutlicht, dass sich der Wärmebedarf von knapp 900 GWh um ca. 41% durch Gebäudesanierung und Effizienzsteigerung reduziert. Die resultierenden 533 GWh werden zu 75% durch Wärmepumpen erzeugt. Dabei ist die wesentliche Umwelt-Wärmequelle die Außenluft. Diese ist grundsätzlich überall möglich und nicht an lokale Rahmenbedingungen gebunden, solange die Schallemissionsgrenzen nicht überschritten werden und Aufstellorte für die Kühler vorhanden sind. Weitere wesentliche Umweltwärmequellen sind Geothermie, Abwasser und Flusswasser. Für die Geothermie sind sowohl dezentral Sonden geplant als auch zentral als Wärmequelle für Wärmenetze. Hierfür müssen entsprechend Freiflächen mobilisiert werden. Potenzielle Flächen wurden im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelt und abgestimmt.

Flusswasser nimmt im gezeigten Zielfoto ca. 7% ein. Der Anteil ist abhängig von der Genehmigung, der Wasserschutzbehörde wieviel Wasser zur thermischen Nutzung entnommen werden darf. Es wurde mit einem Mindestansatz gerechnet, dementsprechend kann sich dieser Anteil auch noch deutlich erhöhen.

Biomasse und Grünes Gas bilden knapp 24% der Versorgung des Zielfotos ab. Diese bilden die Spitzenlastabdeckung in Wärmenetzen. Der Anteil des grünen Gases könnte grundsätzlich auch anteilig durch Biomasse ersetzt werden.

In Abbildung 30 sind die Stadtteile sowie die zum Einsatz kommenden Energieträger aufgeführt.

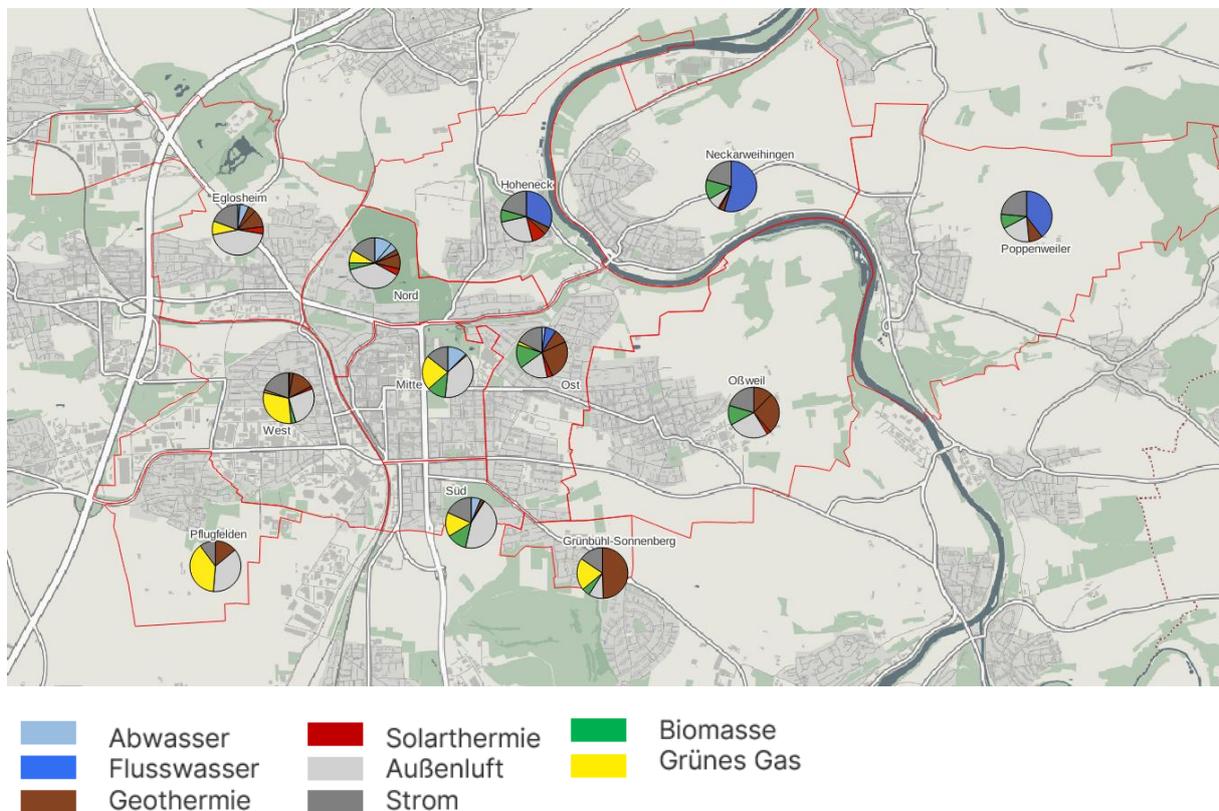


Abbildung 30: Zielfoto 2035 Energieversorgung der Stadtteile

Entsprechend zu den Energieträgern werden auch die Versorgungssysteme ausgewiesen, die geeignet sind. Diese werden in nachfolgender Abbildung dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen dezentralen Versorgungssystemen, die die Wärme direkt im/am abnehmenden Gebäude erzeugen und zentralen Versorgungssystemen wie Wärmenetze. Bei den Wärmenetzen wird eine Differenzierung zwischen Wärmenetzen (verteilte Wärme direkt nutzbar) und kalten Wärmenetzen (dezentrale Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung) differenziert. Kalte Wärmenetze spielen in Ludwigsburg keine Rolle im Zielfoto.

Die grundsätzlichen Cluster mit zentraler Versorgung im Jahr 2035 laut Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung sind mit den SWLB sowie der Stadtverwaltung abgestimmt. Im Anschluss an die KWP werden im Zuge der Wärmenetz-Zielplanung der Stadtwerke alle Cluster in drei Kategorien aufgeteilt. Die Aufteilung soll sich anhand des zeitlich geplanten Ausbaupfades der Stadtwerke orientieren. Hierbei werden dann als Ergebnis die kurzfristig und mittelfristig geplanten Wärmenetz-Ausbaugebiete vorliegen, die eine bessere Planbarkeit bzw. Entscheidungsfindung bezüglich der perspektivischen Versorgungsmöglichkeiten in den betroffenen Clustern ermöglicht.

Im Zielfoto werden 78 Cluster über zentrale Wärmenetze versorgt. 60 Cluster werden dezentral versorgt, die Wärmeezeugung erfolgt hier in den Gebäuden. Die Wärmemenge, die über Wärmenetze im Jahr 2035 bereitgestellt werden soll, liegt bei ca. 400 GWh. Das entspricht einem Ausbau von knapp 400% gegenüber dem Status-Quo. Zugrunde liegt hier eine Anschlussquote von nahezu 100 % in den entsprechenden Clustern.

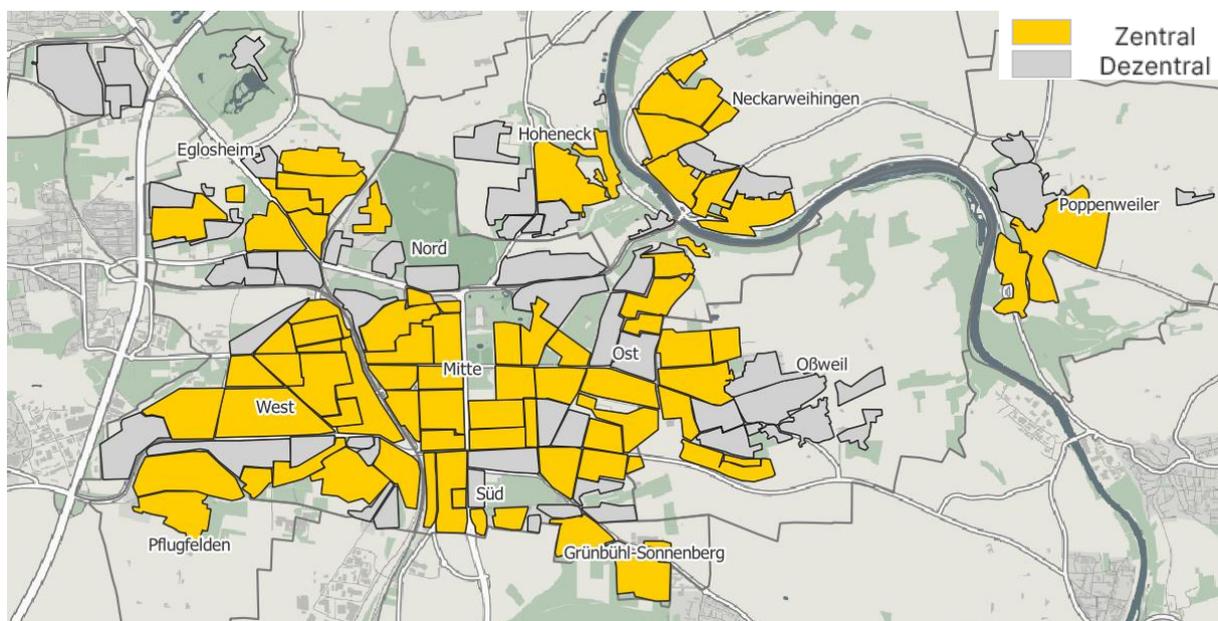


Abbildung 31: Zielfoto 2035 Versorgungssysteme der Cluster

Die Verteilung der Energieträger je Versorgungssystem ist in nachfolgender Abbildung festgehalten.

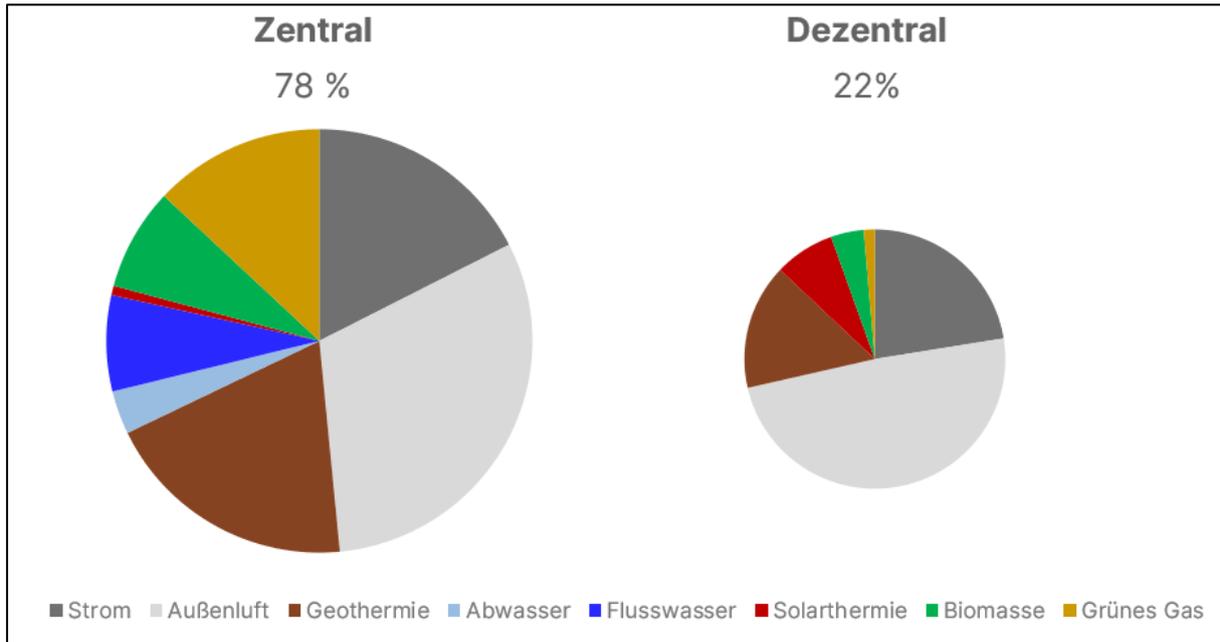


Abbildung 32: Verteilung Energieträger nach Versorgungssystem 2035

Die Verteilung der Energieträger nach Versorgungssystem zeigt den größten Anteil der Versorgung über Luft-Wärmepumpen. Sowohl zentral als auch dezentral folgt dann die Geothermie als Wärmequelle für Wärmepumpen.

6.3 Zielfoto 2030

Im Jahr 2030 sehen wir im Vergleich zu 2035, dass die Sanierung und Effizienzsteigerung der Gebäude noch nicht so stark fortgeschritten ist und die Umstellung der Energieträger noch nicht in allen Gebieten erfolgt ist.

Die Priorisierung der Cluster, in denen zuerst eine Umstellung erfolgen soll, basiert auf den Baualtern der Wärmeerzeuger in den Gebäuden sowie der zukünftigen Versorgungsstruktur.

Cluster, in denen eine zentrale Versorgung geplant ist und das durchschnittliche Alter der Erzeuger > 15 Jahre ist, werden bis 2030 priorisiert angegangen.

In nachfolgender Abbildung wird die Energieträgerverteilung 2030 dargestellt.

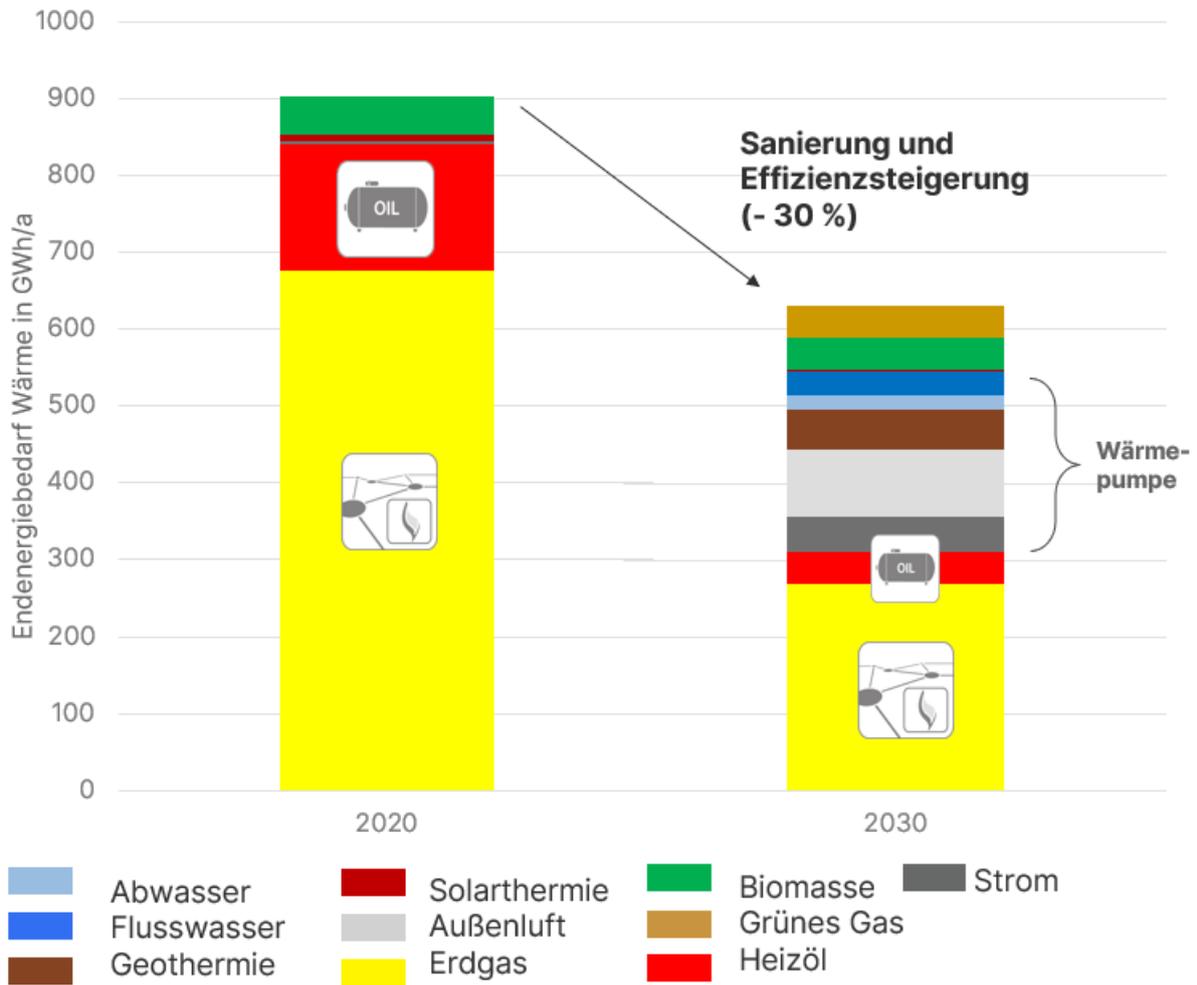


Abbildung 33: Zielfoto 2030

Der Wärmebedarf ist ca. 30% geringer als im Jahr 2020. Knapp die Hälfte dessen wird bereits über erneuerbare Energien bereitgestellt, wovon der Großteil durch Wärmepumpen gedeckt wird.

7 Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog

7.1 Ziele und Vorgehensweise

Aufbauend auf dem Zielfoto-Entwurf werden eine übergeordnete Handlungsstrategie und konkrete Maßnahmen ausgearbeitet, die für die kommunale Verwaltung als Leitfaden für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in den nächsten Jahren dienen. Als zentrales Ergebnis werden konkret die fünf verpflichtenden Maßnahmen entwickelt, deren Umsetzung laut Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg in den nächsten fünf Jahren begonnen werden soll. Diese sind in Kapitel 7.5 ausformuliert.

Ergänzend werden in den nachfolgenden Kapiteln noch übergeordnete begleitende Maßnahmen beschrieben, die für einen erfolgreichen Transformationsprozess nach der erstmaligen Erstellung der kommunalen Wärmeplanung strukturell anzugehen sind. Diese sind in der sogenannten „Meta-Ebene“ angeordnet. Darüber hinaus werden im Zuge der kommunalen Wärmeplanung auch Wärmenetzzeignungsgebiete und kommunale Fokusgebiete definiert, die aufgrund der Bestandssituation priorisiert zu betrachten sind.

Die Mindestanforderungen nach § 27 Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg beinhalten fünf Maßnahmen im Maßnahmenkatalog. Die Ausweitung des Maßnahmenkatalogs auf alle Cluster innerhalb der kommunalen Gemarkung wird als sinnvoll erachtet. Dies ist sinnvoll, um eine vollumfängliche Bewertungsgrundlage für die Fortschreibung der kommunalen Wärmewende-Strategie zu schaffen und Abhängigkeiten und Potenziale über die fünf Maßnahmenggebiete hinaus auch zukünftig dokumentiert und im Blick zu haben. In Kapitel 10 sind die Inhalte und Beispiele dieser Clustersteckbriefe beschrieben.

7.2 Maßnahmen auf Meta-Ebene

Um das Thema kommunale Wärmeplanung in der Kommune ausreichend berücksichtigen und etablieren zu können bedarf es entsprechender Personalressourcen und Haushaltsmittel. Zudem sollten klimaschutzrelevante Themen in der Kommune weiter zur Diskussion gebracht und notwendige Projekte mit externen und internen Partnern angeschoben werden.

Nachfolgend sind die Maßnahmenbereiche aufgeführt, die sich ergänzend zu den fünf verpflichteten Maßnahmen bei EGS-plan auf der Meta-Ebene ansiedeln. Darunter verstehen wir im Wesentlichen rahmenbildende, prozessuale Maßnahmen zur Verstetigung des Transformationsprozesses bei der Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in der Kommunalverwaltung. Diese Prozesse sind auf einen längeren Zeitraum bis zur Vollendung der Wärmewende ausgerichtet. Zum Teil liegt dabei der Erfolg der späteren Umsetzung explizit nicht im direkten Wirk- und Entscheidungsbereich der Kommune.

Diese sind unter anderem folgende Ansätze:

a) Schaffung von verwaltungsinternen Strukturen für die Fortschreibung und Umsetzung der KWP

- Ziel: Etablierung der KWP als fortlaufende Aufgabe der Kommunalverwaltung
- Maßnahmen:
 - Schaffung, Qualifizierung und Etablierung von Personalkapazitäten in der Verwaltung (Klärung von Aufgaben, Zuständigkeiten und Befugnissen)
 - Organisation und Koordination der Fortschreibung der KWP
 - Schaffung eines digitalen Zwillings für den vereinfachten übergreifenden Informationsfluss
 - Aktualisierung von Daten
 - Berichtswesen – Monitoring und Reporting
 - Evaluation von Maßnahmen und Strategien
 - Einrichtung eines regelmäßigen verwaltungsinternen „Wärmewende-Meetings“ mit den beteiligten Fachabteilungen (Fachabteilungsübergreifende Planungsabstimmungen im Kontext der KWP)
 - Koordination eines jährlichen KWP-Workshops unter Beteiligung von Fachexperten aus dem Bereich Energie und Stadtplanung (u.a. die Bereiche Stadtplanung und -entwicklung, Umwelt- und Klimaschutz, Energie (inkl. Stadtwerke und Eigenbetriebe), Wohnungsbau, Gebäude- und Energiemanagement, Kämmerei sowie weitere Abteilungen und Bereiche der Kommune)

b) Wärmeplanung als Teil der kommunalen Planungsaufgaben der Verwaltung

- Ziel: Einzug der lokalen Wärmewendestrategie in die Fachplanungen der Kommune
- Maßnahmen:
 - Prüfung laufender und neuer städtischer Projekte im Kontext der Energieversorgung auf die Kompatibilität mit den Zielsetzungen der KWP
 - Formulierung von Textbausteinen als Vorlage für Bauleitplanung und Bebauungspläne mit Ausrichtung auf die Rahmensetzung für Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung
 - Ausweisung von Wärmenetz-Vorrang/Ausbau-Gebieten
 - Prüfung von kommunalrechtlichen Ansätzen wie Verbrennungsverbote und Anschluss- und Benutzungspflichten in Wärmenetz-Gebieten
 - Prüfung von Sanierungsstopps von nicht benötigten Gasnetzen
 - „Fernwärmesatzung“, § 11 GemO BW
 - Satzungsrechtliches Verbrennungsverbot geregelt über z.B. B-Plan
 - Aufnahme der Anforderungen der KWP als verbindliche Elemente in städtebaulichen Kaufverträgen und Konzeptvergabeverfahren
 - Prüfung der Konzessionsverträge auf Zielkonflikte der KWP sowie Berücksichtigung von Klimaaspekten und KWP-Ergebnissen im Auswahlverfahren und bei der Neuausschreibung

- Standortplanung: Ansiedlung von Gewerbe mit Abwärme-Potenzialen in Fernwärmegebieten und Verbrauchern mit Gasbedarf in Gasversorgungsgebieten
- Transfer der kommunalen Wärmeplanungsergebnisse in die Regionalplanung (Flächensicherung, Potenzialerschließung und Ausweisung von Vorranggebieten)

c) Kommunikationskonzept zur kommunalen Wärmeplanung

- Ziel: Fortlaufende Information und Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger sowie weiteren kommunalen Stakeholdern zur Akzeptanzsteigerung bei der Umsetzung der KWP
- Maßnahmen:
 - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie für die relevanten Akteursgruppen
 - Durchführung von Infokampagnen und -veranstaltungen zu Ergebnissen sowie anstehenden Prozessen und Maßnahmen
 - Aufbau Wissenspool und Infozentren

d) Beschleunigung der Gebäudesanierung

- Ziel: Schaffung von Anreizen für Gebäudesanierungsmaßnahmen im privaten Bereich
- Maßnahmen:
 - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Gebäudesanierung bzgl. Förderprogrammen und gesetzlichen Vorgaben
 - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
 - Qualifizierungskonzept für lokales Handwerk und Energieberater
 - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen
 - Wahrnehmung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand durch forcierte Sanierung der eigenen Liegenschaften
 - Identifikation von Schwerpunktgebieten, Initiierung kollektiver Sanierungsmaßnahmen bei ähnlichen Gebäudetypologien → Aufgabe für kommunalen Sanierungsmanager
 - Kontrolle der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben nach z.B. GEG, PV-Pflicht-BW durch die zuständige Behörde

e) Beschleunigung der Nutzung erneuerbarer Energien

- Ziel: Schaffung von Anreizen für die Nutzung erneuerbarer Energien an Gebäuden und auf Freiflächen
- Maßnahmen:
 - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Nutzung von erneuerbaren Energien im Bereich Strom und Wärme
 - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
 - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen für den Ausbau regenerativer Wärmeerzeugungsanlagen
 - Organisation von Marktplätzen für Freiflächen für Energieinfrastrukturen; z.B. Freiflächen-PV, Agri-PV für das Vernetzen von Flächenbesitzern und Flächensuchenden

f) Beschleunigung der Energieeinsparung durch Effizienzmaßnahmen in der Anlagentechnik

- Ziel: Schaffung von Anreizen für Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Nicht-Wohnungsbereich und im Bereich Prozesswärme
- Maßnahmen:
 - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Hebung von Effizienzpotenzialen
 - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
 - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen für Effizienzmaßnahmen in relevanten Industrien in der Kommune mit konkreten fachlichen Schwerpunkten
 - Organisation und Vernetzung von Akteuren innerhalb eines kommunalen Abwärme-Katasters

g) Suffizienzstrategien für die Wärmewende im Wohnbereich

- Ziel: Entwicklung von Strategien zur Suffizienzsteigerung im Bereich Wohnen = Wärmeeinsparung durch z.B. Optimiertes Nutzerverhalten oder Erhöhung der Wohnflächendichte pro Kopf
- Maßnahmen:
 - Ausarbeitung von Konzepten für die Umsetzung von mehr Suffizienz im Wohnbestand
 - Organisation, Förderung und Kommunikation von Konzepten mit Nutzerinformationssystemen (Ziel: Sensibilisierung und zeitnahe Information der Bewohner über Wärmeverbrauch)
 - Organisation, Förderung und Kommunikation von Konzepten zur Reduzierung der pro Kopf zur Verfügung stehenden – und damit auch zu beheizenden – Wohnfläche durch Wohnungsbelegungs- und -vermittlungsstrategien oder veränderte Flächennutzungskonzepte

7.3 Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden vielfältige Datengrundlagen und Ergebnisdarstellungen analysiert. Ein für den Transformationsprozess wichtiges Element ist die Ausweisung räumlich abgegrenzter Bereiche, die mittelfristig im Zuge des Transformationsprozesses priorisiert zu berücksichtigen sind. Die räumliche Abgrenzung ist dabei als nicht endgültig anzusehen, sondern muss vielmehr im Rahmen der im Maßnahmenkatalog vorgeschlagenen BEW-Studien mittels einer konkreten Wärmenetztrassenplanung konkretisiert werden. Die Betrachtung dieser Gebiete erfolgt über zwei Wertungsmethoden, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Mit der Analyse werden diese Wärmenetzzeichnungsgebiete und kommunalen Fokusgebiete identifiziert und für den weiteren Prozess sichtbar gemacht. Zusätzlich sind in dem vorliegenden Kapitel abschließend die Cluster aufgeführt, die auch perspektivisch mit grünen Gasen über die vorhandene Infrastruktur im Zielfoto versorgt werden.

7.3.1 Wärmenetzzeichnungsgebiete

Zentrale Wärmeversorgungsinfrastrukturen können eine wichtige Rolle in einem klimaneutralen Versorgungssystem einnehmen. Wichtige Systemdienstleistungen können auf der Ebenen von Wärmenetzen und zentralen Wärmeerzeugungen für ein zukunftsfähiges Energiesystem besser zur Verfügung gestellt werden. Unter anderem sind diese laut (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020):

- Flexibilität und Vielfalt bei der Nutzung zentral erschließbarer erneuerbarer Energien
- Bedarfsgerechter, stromnetzgeführter Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Groß-Wärmepumpen in Heizzentralen
- Erhöhung der Effizienz im Energiesystem durch die Möglichkeit zentrale Abwärmequellen zu nutzen
- Flexibilitätsgewinne durch Einbindung großer thermischer Speicher

Wärmenetze können dabei unterschieden werden in Wärmenetze mit einem Temperaturniveau, die nutzbare Wärme liefern und kalten Wärmenetzen, die als Wärmequelle für dezentrale Wärmepumpen in Gebäuden dienen.

Für die Ausweisung der Wärmenetzzeichnungsgebiete werden unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt:

- Wärmedichte bzw. Wärmelinien-dichte im Cluster
- Verfügbarkeit von Energieträgern und Umweltwärmequellen für eine zentrale Wärmebereitstellung
- Vorhandensein bestehender Wärmenetze

In Abbildung 34 sind die Wärmenetzzeichnungsgebiete dargestellt, die im Zielfoto enthalten sind. Auf Basis dieser Ausarbeitung können, wie in Kapitel 7.2 beschrieben, Wärmenetzausbaugebiete und -vorranggebiete definiert werden.

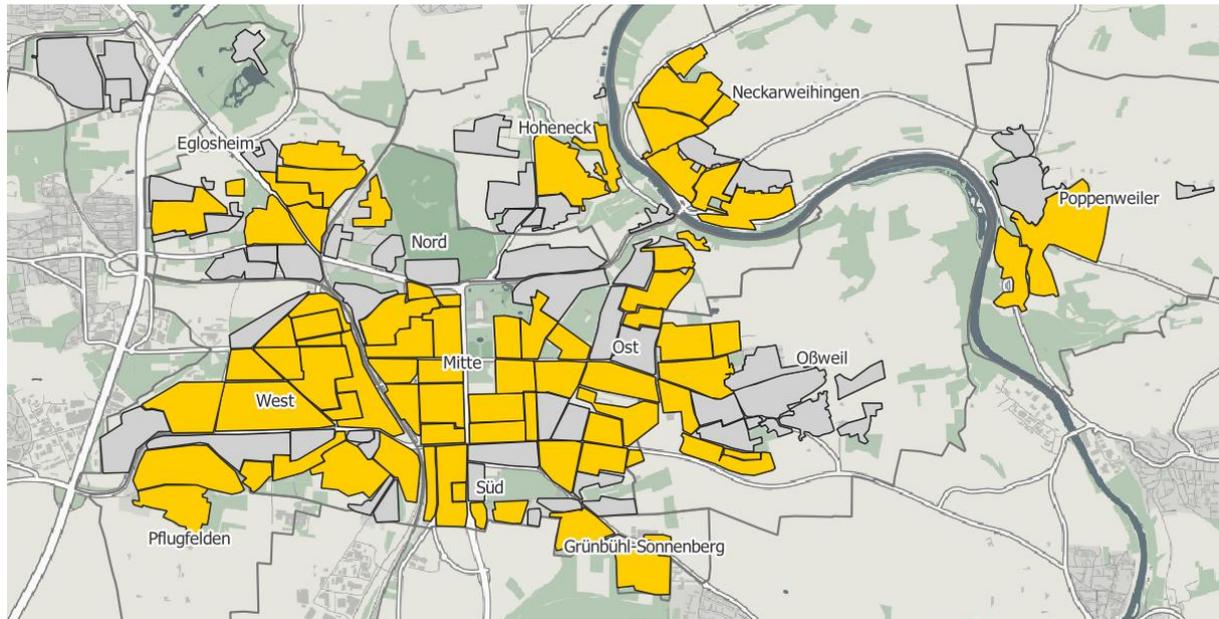


Abbildung 34: Clusterkarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielfoto

7.3.2 Kommunale Fokusgebiete

In Ergänzung zu den Wärmenetzgebieten werden kommunale Fokusgebiete definiert, die aufgrund der aktuellen Situation einem besonderen Handlungsdruck im Zuge des anstehenden Transformationsprozesses im Bereich Wärme unterliegen.

Um diese Fokusgebiete zu identifizieren, werden für den Transformationsprozess relevante Aspekte näher betrachtet. Im Rahmen einer manuellen Analyse werden alle Cluster im Kommunalgebiet hinsichtlich der nachfolgenden Kriterien aufbereitet und bewertet.

- **Alter der Heizungen im Cluster**
Bei Heizungen steht in der Regel nach 20 Jahren eine Erneuerung an. Bei einem hohen Anteil älterer Heizungsanlagen im Cluster besteht daher ein erhöhter Handlungsdruck bezüglich einer Entscheidung für ein neues Heizungssystem.
- **Anteil Ölheizungen im Cluster**
Fossile Energieträger sind für eine klimaneutrale Wärmeversorgung nicht geeignet. Speziell Ölheizungen sind daher konsequent und prioritär umzustellen auf klimaneutrale Wärmesysteme. Ein hoher Anteil von Ölheizungen wird daher als Kriterium erachtet, um einen definitiven Bedarf zur Umstellung der Wärmeerzeugungsanlage zu bestimmen zu können.
- **Absolute und flächenspezifische Emissionen im Basisjahr**
Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung ist die Minimierung von Treibhausgasemissionen. Ausgehend von den Ergebnissen der Bestandsanalyse werden die Cluster mit relativ hohen Emissionen sowie Einsparpotenzialen identifiziert und als priorisierende Bereiche für die Transformation der Wärmeversorgung ausgewiesen.

In Abbildung 35 sind die oben aufgeführten Kriterien in räumlicher Darstellung auf die Cluster in der Kommune angewendet. Durch Überlagerung der Informationen aus den einzelnen Karten können die kommunalen Fokusgebiete mit besonderer Relevanz und Handlungsbedarf im Kontext des anstehenden Transformationsprozesses identifiziert werden. Die resultierenden kommunalen Fokusgebiete sind in Abbildung 36 dargestellt.

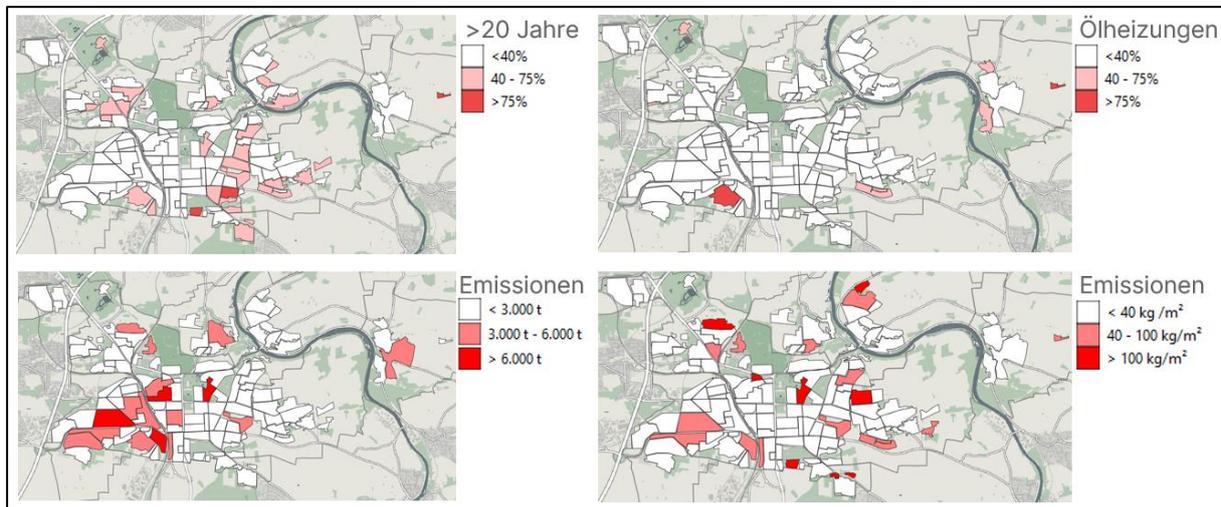


Abbildung 35: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete

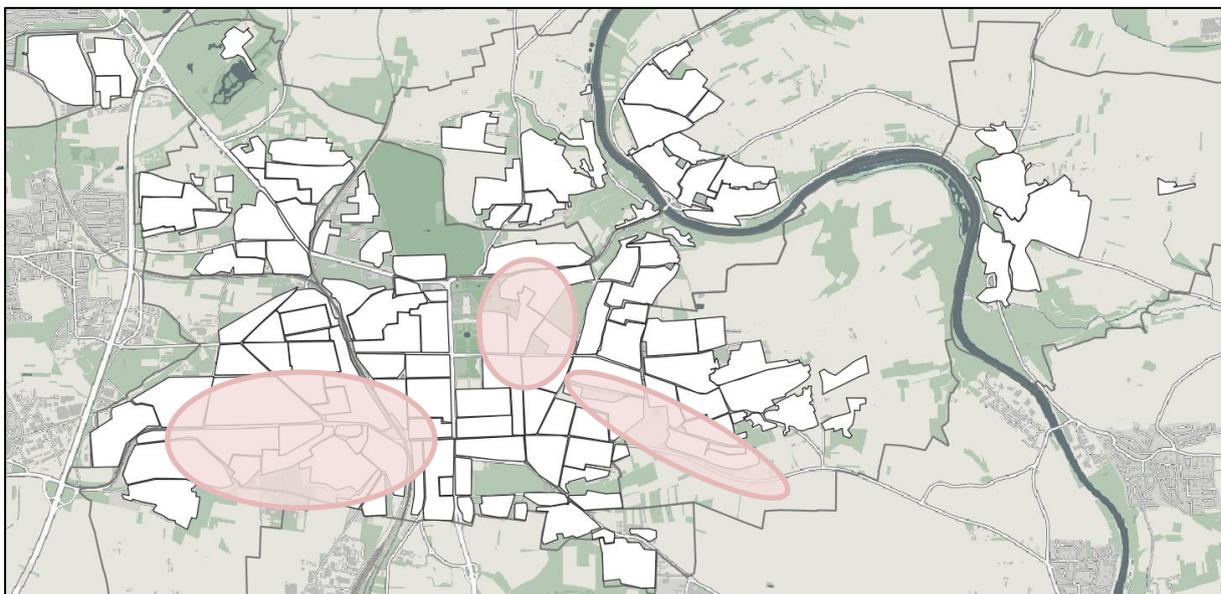


Abbildung 36: Kommunale Fokusgebiete

Für die in Abbildung 36 herausgearbeiteten Fokusgebiete sind geeignete Verfahren und Maßnahmen zu entwickeln, die aufzeigen sollen, wie eine Unterstützung beim anstehenden Transformationsprozess erfolgen kann. Neben der Berücksichtigung der Fokusgebiete bei den verpflichtenden Maßnahmen in Kapitel 7.5 ergibt sich auch die Möglichkeit hierfür Folgeprojekte wie Stadtanierungskonzepte im Rahmen des KfW-Programms 432 oder auch

Machbarkeitsstudien im Rahmen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) abzuleiten.

7.3.3 Gebiete mit perspektivischem Gasbedarf

Bei der kommunalen Wärmeplanung stellt sich regelmäßig die Frage, in welcher Form die Gasnetzinfrastruktur im Zieljahr genutzt werden soll. Von Aussagen zur Stilllegung oder dem Rückbau von Gasnetzen wird hierbei abgesehen, da die mittelfristige Entwicklung der vorgelagerten Energieinfrastruktur in Deutschland aktuell einer starken, nicht klar prognostizierbaren Dynamik unterliegt. Dennoch zeigen die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung, dass große Teile der Gasverteilnetze zukünftig durch andere Formen der dezentralen Wärmeversorgung abgelöst werden können.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung liegt der Schwerpunkt daher auf der Ausweisung der Cluster, die im Zielfoto mit grünen Gasen anteilig die Wärme bereitstellen. Die Methodik zur Bestimmung dieser Cluster ist in Kapitel 5.3.13.3 beschrieben. Die resultierenden Cluster sind in Abbildung 37 dargestellt.

Bei den Clustern mit Gasbedarf ist zu berücksichtigen, dass hier sowohl Cluster mit dezentralen Heizungsanlagen auf Gebäudeebene als auch Cluster mit Wärmenetzen enthalten sind. Bei den Clustern mit Wärmenetzen findet die Nutzung der grünen Gase nicht im Versorgungsgebiet, sondern am Ort der Wärmebereitstellung an den potenziellen Heizzentralen-Standorten statt und dient hier vor allem der Spitzenlastabdeckung.

Insgesamt werden im Zielfoto noch 80.000 MWh/a an Wärme durch grüne Gase bereitgestellt. Dies entspricht einem Anteil am gesamten Endenergiebedarf Wärme von rund 15 %.

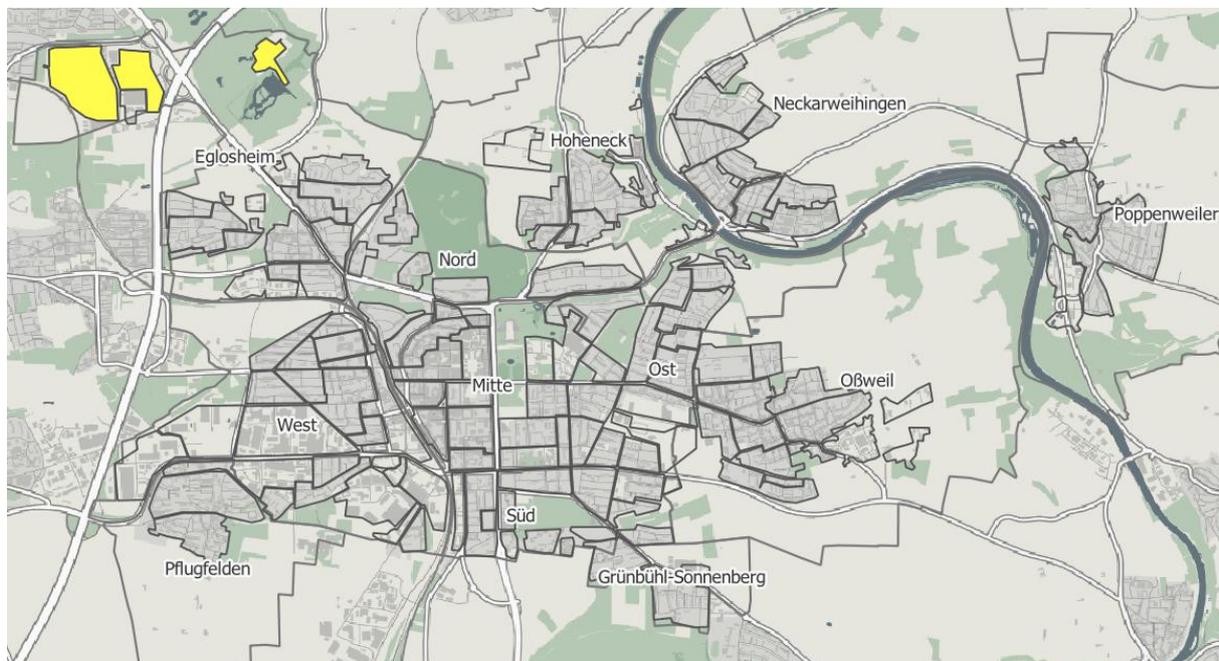


Abbildung 37: Dezentrale Cluster mit Gasbedarf im Zielfoto

7.4 Clustersteckbriefe

Für die abschließende Dokumentation der kommunalen Wärmeplanung wird für jedes Cluster ein Steckbrief erstellt. Die Clustersteckbriefe sind der Anlage zum Abschlussbericht zusammengeführt und beinhalten die grundlegenden Informationen aus der kommunalen Wärmeplanung auf Clusterebene.

Die Struktur und Inhalt der Clustersteckbriefe orientieren sich dabei an den Arbeitsphasen der KWP. Im oberen Teil sind Informationen aus der Bestandsanalyse aufgelistet, die wesentlichen Kennzahlen, Nutzungsinformationen und einen Kartenausschnitt enthalten. Ergänzt um die Energie- und Treibhausgasbilanz sind alle wesentlichen Daten zur Beschreibung der Ausgangssituation prägnant enthalten.

Der Abschnitt "Potenziale" zeigt die angenommene Entwicklung des Wärmebedarfs im Cluster auf und informiert über die ermittelten Potenziale zur Bedarfsdeckung im Zieljahr, die vor Ort am Cluster vorliegen.

Die abschließende Rubrik „Zielfoto“ bildet die Ergebnisse zum empfohlenen Versorgungssystem und Energieträgereinsatz ab. Hierbei sind zwei Versorgungsoptionen aufgeführt. Die Versorgungsoption 1 ist die Grundlage für das Zielfoto. Die Summe der Versorgungsoptionen der Kategorie 1 aller Cluster ergibt das Zielfoto, wie es in Abbildung 29 dargestellt ist. Ergänzend ist eine Versorgungsoption 2 aufgeführt, die ebenfalls zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Cluster geeignet wäre. Es wird keine Option 2 aufgezeigt, wenn das Versorgungssystem keine Alternative bietet. Dies soll den Charakter der Zielfoto-Empfehlung unterstreichen und die weiteren optionalen Lösungsansätze benennen.

Bei der Nennung der Versorgungsoptionen ist dabei zu berücksichtigen, dass für die Erreichung der Klimaneutralität im Bereich Wärme speziell bei der Empfehlung von dezentralen Wärmepumpen auch alternative Wärmequellen als nahezu gleichwertig einzustufen sind. So können bei einer Empfehlung für dezentrale Erdwärme-Wärmepumpen auch grundsätzlich Wärmepumpen mit z.B. Umweltwärmequelle Außenluft, Grundwasser oder Eisspeicher-Systemen zum Einsatz kommen.

Die Clustersteckbriefe dienen nach der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung als wichtige Dokumentation, um für Anfragen aus Verwaltungsbereichen und der Öffentlichkeit zielgerichtet Informationen bereitstellen zu können. So lassen sich andere kommunale Themen mit den Inhalten und Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung effizient und einfach abgleichen und ggf. kommunale Fragestellungen darauf basierend anpassen.

Auf nachfolgender Abbildung wird exemplarisch ein Clustersteckbrief dargestellt.

Clustersteckbrief 132 Musterstadt



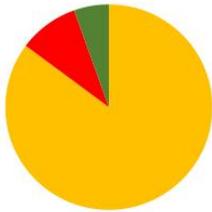
Bestand

Cluster	132
Stadtteil	Mitte
Hauptnutzung	Mischnutzung
Cluster-Fläche	6,6 ha
Gebäude/Denkmal	124/13
Bebauungsdichte	18,8 GGF/Fläche
überbaute Fläche (GF):	27.983 m ²
Wärmedichte 2040:	1.004 MWh/(ha*a)
Gasnetz:	ja
Wärmenetz:	ja, 4% Eignung: ja



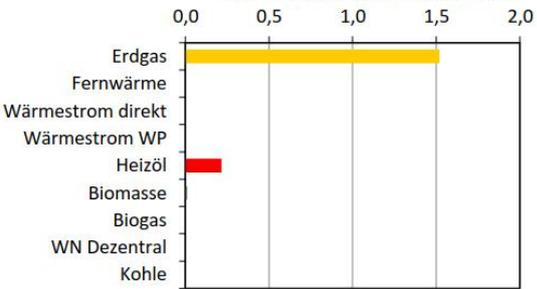
Energie- und THG-Bilanz 2020

Wärmebedarf in MWh



Summe: **6.612 MWh** **0,8% von Kommune**

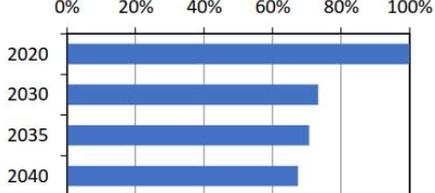
THG-Emissionen in tausend t



Summe: **1.744 t** **0,8% von Kommune**

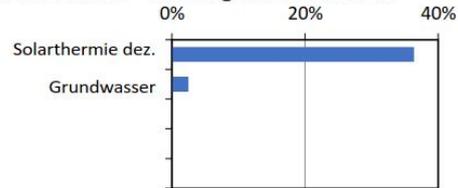
Potenziale (zur Bedarfsdeckung 2040)

Entwicklung Wärmebedarf in MWh



Anteil sanierter Gebäude in 2040: **27%**

Lokale Potenziale* in Bezug auf Bedarf 2040



* Biomasse, Luft, grüne Gase nicht aufgeführt, da ortsunabhängig

Zielfoto 2040

Ausgehend von Ist-Situation und Potenzialanalyse ergeben sich folgende Maßnahmenempfehlungen:

	Versorgungsoption 1 für Zielfoto	Versorgungsoption 2
Versorgungssystem	Wärmenetz	Dezentral
Energiequelle	Wärmenetz * (100 %) Solarthermie, Biomasse, Grundwasser	Grünes Gas (61 %), Solarthermie dezentral (36 %), Geothermie Sonden dezentral (Wärmepumpe) (3 %)
THG-Einsparung*	1.539 t 12%	1.359 t 22%
Akteure	Wärmenetzbetreiber	Gebäudeeigentümer
Investitionskosten	2.000 T€	1.000 T€
Nächste Schritte		

* ggü. 2020, mit Emissionsfaktoren in 2040

Hinweis: Grundwassereignung

Abbildung 38: Beispiel Clustersteckbrief

7.5 Fünf Maßnahmen gemäß Klimaschutzgesetz

Im § 27 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg ist die Verpflichtung zur Benennung von fünf Maßnahmen festgeschrieben: „Es sind mindestens fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll.“

Die Maßnahmen sind aus der Analyse des Zielfotos und in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung sowie den lokalen Akteuren entwickelt worden.

Es wurden auf Basis des Status Quo sowie des Zielfotos Vorschläge für Maßnahmen gemacht, die für die Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung notwendig sind.

Die Maßnahmen wurden in unterschiedliche Bearbeitungstiefen unterteilt,

- **Strategische Vertiefungen auf Kommunalebene**
- **Machbarkeitsstudien in Vorbereitung zur Umsetzungsförderung**
- **Umsetzungsorientierte Maßnahmen**

Diese Maßnahmen wurden dann mithilfe von folgenden Kriterien qualitativ bewertet:

- Kosten für Durchführung
- THG-Einsparung (CO₂-Äq.)
- Synergien mit anderen Planungen der Kommunalverwaltung
- Beitrag für 100% klimaneutrale Versorgung
- Akteursbereitschaft zur Mitwirkung
- Reifegrad bis zur Umsetzung
- Mehrwert über Wärmesektor hinaus
- Projekterfolg steuerbar durch Kommunalverwaltung

Im Anschluss wurden die Maßnahmen mit dem Projektteam der Stadtverwaltung sowie den SWLB durchgesprochen und sich gemeinsam für fünf Maßnahmen entschieden.

In den nachfolgenden Abschnitten sind die finalen fünf Maßnahmen in Steckbriefen beschrieben. Die Steckbriefe weisen dabei eine einheitliche Struktur auf und beinhalten folgende Elemente:

- Beschreibung Ist-Situation
- Einordnung in Zielfoto der KWP
- Konkrete Auflistung der Leistungsbausteine
- THG-Einsparpotenzial
- Angaben zu den Akteuren
- Grober Zeitplan
- Kostenübersicht

7.6 Konzept zur Erschließung des Potenzials durch Sanierung und Effizienzsteigerung

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Im Bezugsjahr der Datenerfassung beträgt der Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung rund 900 GWh. Der Großteil von über 50 % entfällt dabei auf die Wohnnutzung. Der restliche Verbrauch verteilt sich nahezu gleichmäßig auf die Sektoren GHD, Mischnutzung, Gesundheit und Bäder sowie Industrie. Die Liegenschaften in kommunaler Hand verursachen rund 4 % des Endenergieverbrauchs.

Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Das Potenzial Sanierung und Effizienzsteigerung (S&E) ist mit rund 370 GWh quantifiziert. Dies entspricht einer Senkung des jährlichen Wärmebedarfs um etwa 40 %, die bis zum Jahr 2035 erreicht sein soll. Rund 300 GWh werden im Zielfoto durch die Verbesserung der Gebäudehülle erreicht. Dies entspricht einer Sanierungsquote von 2,5 %/a auf das Niveau eines Effizienzhauses 70. Weitere 70 GWh sind durch die Verbesserung der Prozesseffizienz im Bereich GHD und Industrie angesetzt.

Inhalte:

1. **Ausarbeitung eines Gesamtkonzept S&E** für den Gebäudebestand, z.B. mit:
 - Fragestellungen
 - Wie und wo könnten 40% Einsparung bis 2035 realisiert werden?
 - Wie können die Gebäudeeigentümer:innen erreicht und überzeugt werden? Welche Kommunikationskanäle sind dafür zielführend?
 - Welche Maßnahmen, Ressourcen und Kooperationen sind nötig?
 - Wie können Dynamiken bei den Akteur:innen entfaltet und sich verstärkende Prozesse ausgelöst werden?
 - Auszuwertende und zu erarbeitende Grundlagen
 - Genauere, räumliche Feststellung der Effizienzpotenziale anhand der präzisen Datengrundlage der KWP (z.B. auf Baublockebene)
 - Ausarbeiten einer Priorisierung von Clustern und Quartieren für die Erschließung der kurz- und mittelfristigen Effizienzpotenziale
 - Einschätzung der benötigten Kapazitäten im Handwerk, bei Energieberatung und zur Finanzierung (mit Fördermöglichkeiten)
 - Identifikation der Handlungsfelder der verschiedenen Akteur:innen, sowie Darstellung möglicher Synergien durch Koordinations- und Kooperationssysteme zwischen Akteur:innen
 - Umsetzung
 - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Gebäudesanierung bzgl. Förderprogrammen und gesetzlichen Vorgaben
 - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
 - Qualifizierungskonzept für lokales Handwerk und Energieberater
 - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen

- Wahrnehmung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand durch forcierte Sanierung der eigenen Liegenschaften
 - Identifikation von Schwerpunkt-/Fokusgebieten, Initiierung kollektiver Sanierungsmaßnahmen bei ähnlichen Gebäudetypologien → Ableitung von Quartierskonzepten, Aufgabe für kommunalen Sanierungsmanager
 - Kontrolle der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben nach z.B. GEG, PV-Pflicht-BW durch die zuständige Behörde
2. Weiterführen bzw. ausweiten des kommunalen **Sanierungsmanagements**, entsprechend den Zielsetzungen des Gesamtkonzepts S&E (s.u.)
3. **Kommunikation des Gesamtkonzepts S&E** und Koordination mit beteiligten Akteur:innen:
- Aktive & passive Informationsangebote für Gebäudeeigentümer:innen (gesamte städtische Reichweite nutzen), insbesondere auch anhand von *Sanierungsanlässen* (z.B. Heizungstausch), entsprechend [IFEU-Studie](#)
 - Aufbau neuer Informations- und Beteiligungsangebote (z.B. in Zusammenarbeit mit der Energieagentur LEA)
 - Ausbilden von Multiplikator:innen und Bürgerschaftsgruppen /-experten, die das Thema anders zu den Menschen bringen und diese motivieren
 - Digitale Formate aufbauen (u.a.), → Inhalte jederzeit, überall, kostenlos, verfügbar (z.B. Info-Videos, Webinar-Aufzeichnungen, FAQs, u.ä.)
 - Diskurs gestalten, z.B. mit Kampagne über Ressourceneffizienz: „Wasserstoff für unsere Industrie sichern! Jedes Gebäude in LB wird Niedertemperatur-ready!“
 - Strategischen Austausch mit Handwerk und Energieberatung etablieren z.B. im Rahmen eines Qualitätsnetzwerk Bau:
 - Aus- und Weiterbildung von Fachkräften
 - Sanierungsstandard
 - Energieeffizienz-Anforderungen zur Versorgung mit Erneuerbaren Energien (vom Einzelhaus bis Gesamtsystem)

Geplante THG-Einsparung

Durch die Sanierung der Gebäudehülle und Effizienzsteigerung in Industrie und Gewerbe ist Stand Heute eine Einsparung von ca. 93.000 t möglich. Die Maßnahme selbst ist nicht mit einer THG-Einsparung verbunden, ist aber als Voraussetzung für eine breite Umsetzung von Sanierungs- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen zu verstehen.

Akteure

Zentrale Akteur:in für die Entwicklung des Konzepts ist die Kommunalverwaltung. Ggf. ist eine fachliche Zuarbeit durch eine Kommunikationsagentur erforderlich. Ziel ist ein maßgeschneidertes Konzept für die entsprechenden Zielgruppen zu erarbeiten. Wichtige Multiplikatoren für die spätere Umsetzung sind Gebäudeeigentümer:innen (Privatpersonen, WEGs, gewerbliche, kommunal,...) sowie Handwerk & Energieberatung. Diese sind im Rahmen der Entwicklung und Umsetzung mit einzubinden.

Zeitplanung

Die Entwicklung des Kommunikationskonzepts erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 6 Monaten. Die Durchführung der Position 2,3 und 4 sind stetige Aufgaben und dauerhaft zu verfolgen.



Kosten

Für die Entwicklung und Durchführung des Konzepts werden Honorarkosten in Höhe von rund 50 – 100 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

7.7 Roadmap Grünes Gas

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Im fast gesamten kommunalen Siedlungsgebiet ist ein Gasnetz Bestandteil der Versorgungsstruktur. Aktuell werden jährlich 780 GWh Gas an Kunden geliefert und in Wärmenetzen zur Wärmeenergieerzeugung benötigt. Insgesamt beträgt damit der Anteil von fossilem Erdgas am Energieeinsatz im Wärmesektor rund 81%. Perspektivisch sollen für das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2035 keine fossilen Energieträger mehr genutzt werden. Mit Blick auf diese Zielsetzung bedeutet dies, dass zukünftig die Gasinfrastruktur durch den verstärkten Ausbau von Wärmepumpen und Wärmenetzen mit einem deutlich geringeren Gasdurchsatz betrieben werden und der darin transportierte Energieträger „grünes Gas“ sein wird.

Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung spielt grünes Gas mit einem Anteil von rund 15 % eine untergeordnete Rolle, kann aber überall, wo ein Gasnetz liegt, perspektivisch genutzt werden. Besonders im Wärmeverbundnetz der Stadtwerke kann grünes Gas als Spitzenlast eine wichtige Rolle einnehmen. Perspektivisch sind für Hochtemperaturanwendungen in der Industrie und Gewerbe Energieträger notwendig die konstant hohe Temperaturen bereitstellen können. Hier stehen die Energieträger Biomasse als auch grünes Gas zur Option. Letztgenannte kann über die bestehende Gas-Infrastruktur genutzt werden.

Im Rahmen der Studie „Roadmap Grünes Gas“ soll eine Strategie entwickelt werden, ob und wie grünes Gas in Ludwigsburg perspektivisch bereitgestellt werden kann, wo eine Instandhaltung des Gasnetzes notwendig ist und in welchen Bereichen ein Rückbau des Gasnetzes möglich ist. Aufbauend auf einer vertiefenden Bedarfsanalyse und Marktabfrage werden Betriebe mit zukünftig zwingendem Gasbedarf identifiziert und die erforderlichen Gasbereitstellungsmengen kalkuliert. Die Analyse zielt auf Prozessanwendungen in Gewerbebetrieben als auch Bedarfe im Bereich der Schwerlast-Mobilität. Im nächsten Schritt werden die Möglichkeiten zur Gasbereitstellung bewertet neben der Bewertung des Bezugs von grünem Gas aus vorgelagerten Übertragungsnetzen werden auch lokale Bereitstellungspotenziale aus Biogas- oder Elektrolyseanlagen betrachtet. Im Kontext der dezentralen, lokalen Gaseherstellung spielt die Abwärmenutzung eine wichtige Rolle. Im Zuge der Studie soll daher auch mit betrachtet werden, wie anfallende Abwärme aus neu zu errichtenden Anlagen für die externe Nutzung in z.B. Wärmenetzen strategisch sinnvoll nutzbar gemacht werden kann. Zusätzlich zur technischen Machbarkeit sollen auch wirtschaftliche und zeitliche Aspekte der Bereitstellung als auch die Akzeptanz bei der Öffentlichkeit analysiert werden.

Inhalte der Machbarkeitsstudie

1. Analyse zukünftiger Gasbedarf
 - a. Analyse von Verbrauchern mit Hochtemperaturanwendungen und Gasbedarf zur Wärmeerzeugung und stofflichen Nutzung
 - b. Kalkulation der Gasbedarfsmengen
 - c. Prüfung der hierfür erforderlichen Gasnetzinfrastruktur (Status Quo und Zukünftig)
 - d. Bewertung von Ausbau-, Umnutzungs- und Rückbaumöglichkeiten des Gasnetzes
2. Entwicklung von Bereitstellungsoptionen für grünes Gas
 - a. Analyse der Gasbereitstellung über vorgelagerte Gasinfrastrukturen
 - i. Biogas
 - ii. Wasserstoff
 - iii. sonstige grüne Gase
 - b. Analyse der Gasbereitstellung über lokale Erzeugungen
 - i. Biogas
 - ii. Elektrolyse zur Wasserstoffherstellung
 - iii. Bewertung von Standorten und Flächenbedarfen
 - iv. Analyse der Abwärmepotenziale aus der Gaseherstellung
 - v. Ermittlung der lokal erforderlichen Infrastruktur
 - vi. Bewertung der Genehmigungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit
3. Variantenbewertung und -empfehlung
4. Maßnahmen zur Bürgereinbindung und Stärkung der Akzeptanz
5. Zeitplan für die Umsetzung der Zielvarianten
6. Dokumentation und Berichterstellung

Geplante THG-Einsparung

Die THG-Einsparungen hängen stark von den zu identifizierenden Gasverbrauchern ab. Da diese im Bereich Wärme als auch im Bereich Mobilität zu erwarten sind, können im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung noch keine konkreten Einsparpotenziale angegeben werden.

Akteure

Der Auftraggeber der Machbarkeitsstudie könnten die Stadtwerke Ludwigsburg als lokaler Gasnetzbetreiber und Gasversorger sein. Die Erstellung der Machbarkeitsstudie kann an einen externen Dienstleister vergeben werden. Die Erarbeitung der Studie erfolgt in enger Abstimmung mit der Stadt Ludwigsburg.

Zeitplanung

Die Machbarkeitsstudie erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 12 Monaten. Im Vorfeld ist eine Projektskizze zu erarbeiten und ein Förderantrag zu stellen. Im Anschluss kann mit der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie begonnen werden.



Kosten

Für die Durchführung der Machbarkeitsstudie werden Honorarkosten in Höhe von rund 100 T€ (netto) geschätzt. Fördermittel stehen in der Regel aus Förderprogrammen des Bundes und des Landes zur Verfügung. Förderquoten in Höhe von 40 bis 50 % werden erwartet.

7.8 BEW Studien

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Die SWLB als Betreiber der Wärmenetze in Ludwigsburg liefern ca. 100 GWh Wärme und versorgen dabei große Teile der Innenstadt. Das entspricht ca. 12% des Gesamtwärmebedarfs der Kommune. Im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse konnten sowohl Freiflächen zur Energiegewinnung (Geothermie, Solarthermie) als auch Oberflächengewässer und Abwasser in direkter Lage zu bebautem Gebiet identifiziert werden.

Es gibt große Bereiche die eine entsprechend hohe Wärmedichte aufweisen, so dass eine zentrale Versorgung über ein Wärmenetz als wirtschaftlich attraktiv eingeschätzt wird.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet. Die Stadt Ludwigsburg hat das Ziel einer klimaneutralen Energieversorgung bis 2035.

Im Rahmen von Machbarkeitsstudien nach der „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW) können hier lokalspezifisch Rahmenbedingungen untersucht und die Umsetzung angetrieben werden. So wird die Grundlage für die Umsetzung von Wärmenetzen auf Basis erneuerbarer Energieträger geschaffen.

Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielfoto für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2035 wird 78% der Wärme über ein zentrales Versorgungssystem geliefert. Wärmenetze finden in unterschiedlichen Bereichen der Stadt Anwendung. Dabei stehen auch unterschiedliche Wärmequellen zur Verfügung. Laut Zielfoto sollen Wärmenetze in Eglosheim, im Zentrum von Ludwigsburg, das sich über die Stadtteile West, Süd, Ost und Oßweil, Grünbühl, Hoheneck, Neckarweihingen und Poppenweiler aus- und aufgebaut werden.

Um die detaillierten Wärmenetze, die Erzeugungspotenziale sowie den Standort einer Energiezentrale zu ermitteln und eine Erschließungsstrategie auszuarbeiten ist eine vertiefende Machbarkeitsstudie notwendig. Diese soll für jedes perspektivische Netz und Gebiet ausgearbeitet werden.

Die Machbarkeitsstudie soll im Rahmen des Förderprogramms „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ durchgeführt werden. Zunächst werden durch die Analyse des bestehenden Gebiets und einer Potenzialermittlung belastbare Aussagen zur Gestaltung eines Wärmenetzes geliefert. Hierbei wird auch ein Kostenrahmen erstellt. Des Weiteren gilt es die zentralen Akteure zu identifizieren und einen Umsetzungsplan mit Fokus auf die Treibhausgasneutralität zu entwickeln. Mit einer breit aufgestellten Kommunikationskampagne können Bürger frühzeitig partizipativ beteiligt werden.

Nach positivem Abschluss der Machbarkeitsstudie sollen die Ergebnisse als Grundlage in den weiteren Prozess zur koordinierten Erschließung dieses Potenzials einfließen.

BEW-Studien werden erstellt für:

- Eglosheim
- Verbundnetz Ludwigsburg
- Neckarweihingen
- Poppenweiler
- Sonnenberg

Inhalte der Machbarkeitsstudie

1. Analyse und Erstellung der Ausbaustrategie
 - a. Ausbaustrategie festlegen (Bereiche, Ankerkunden)
 - i. Synergien mit Tiefbau- und Netzarbeiten (Gas, Fernwärme)
 - b. Analyse der Netztemperaturen (inkl. Potenziale zur Temperaturabsenkung)
 - c. Prüfung kritischer Wärmenetzelemente für Ausbau
2. Analyse von potenziellen Standorten für Wärmeerzeugung
 - a. Potenziale zur Erzeugung Geothermie
 - b. Potenziale zur Erzeugung Solarthermie
 - c. Potenziale zur Erzeugung Abwasser
 - d. Potenziale zur Erzeugung Flusswasser
 - e. Potenziale zur Erzeugung Grundwasser
 - f. Potenziale zur dezentralen Wärmenetzeinspeisung (u.a. Abwärme)
 - g. Flächenpotenziale
 - h. Potenziale zur Speicherung
3. Variantenentwicklung
 - a. Dimensionierung Erzeuger und Wärmespeicher
 - b. Betriebsstrategie
 - c. Sektorenkopplung und Strommarktdienlichkeit
 - d. Kostenaufstellung/ Wirtschaftlichkeitsberechnung
 - e. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit
 - f. Planung der ausgewählten Anlagen bis HOAI Leistungsphase 4
4. Terminplan für die Umsetzung der Zielvarianten
5. Dokumentation und Berichterstellung

Geplante THG-Einsparung

Werden die im Zielfoto anvisierte Ausbau- und Nachverdichtungsziele erreicht, ist mit einer THG-Einsparung von 61% zu rechnen

Akteure

Die Erarbeitung der Studie durch den Wärmenetzbetreiber erfolgt in enger Abstimmung mit der Stadt Ludwigsburg. Für die Erstellung der Machbarkeitsstudie ist ein externer Dienstleister mit entsprechender Expertise notwendig.

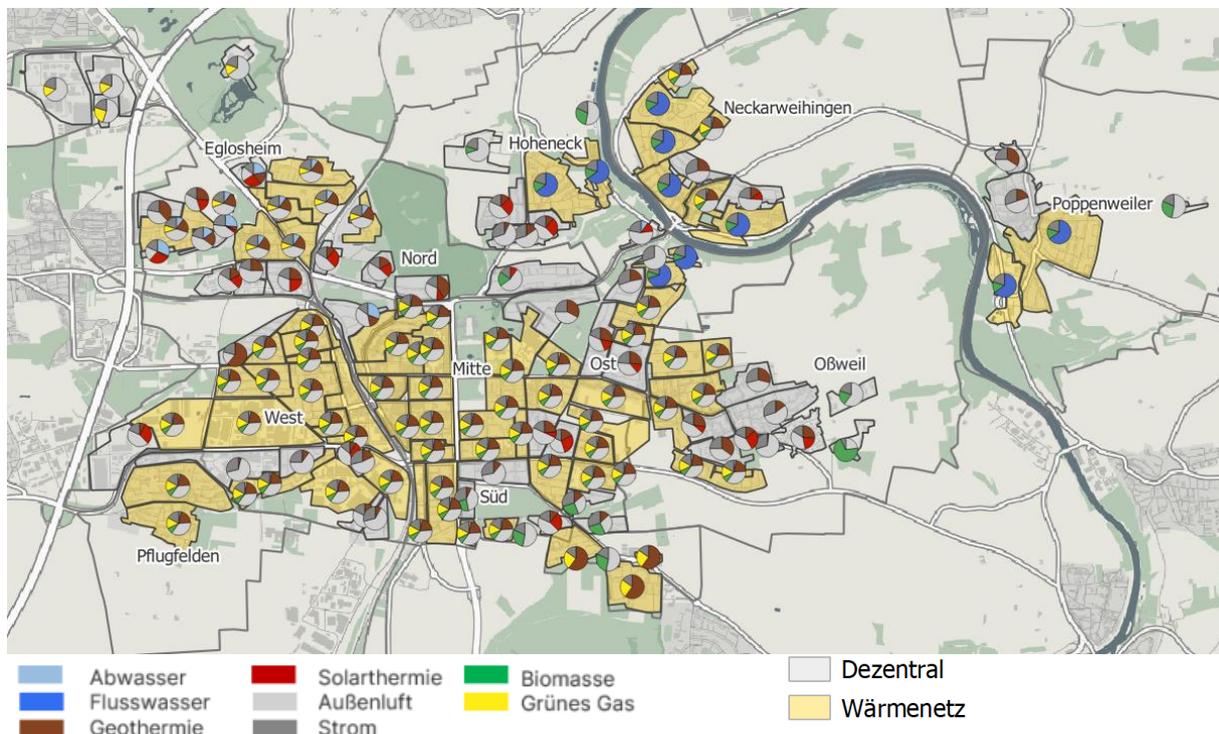
Zeitplanung

Die BEW-Studien erfordern jeweils eine Bearbeitungsdauer von rund 12 Monaten. Im Vorfeld ist eine Projektskizze zu erarbeiten und ein Förderantrag zu stellen. Im Anschluss kann mit der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie begonnen werden. Im Nachgang zur Machbarkeitsstudie sind die weiteren Schritte zur Umsetzung von Maßnahmen vorzubereiten.



Kosten

Für die Durchführung der Machbarkeitsstudie werden Honorarkosten in Höhe von rund 150 - 200 T€ (netto) je BEW-Studie geschätzt. Das Förderprogramm „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ bezuschusst eine Machbarkeitsstudie mit einer Förderquote in Höhe von bis zu 50 %. Die verbleibenden Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.



7.9 Ausbau und Nachverdichtung Wärmenetz

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Die Stadtwerke Ludwigsburg (SWLB) als Betreiber des Verbundwärmenetzes und weiterer Wärmenetze in Ludwigsburg liefern aktuell ca. 100 GWh Wärme und versorgen dabei große Teile der Innenstadt. Das entspricht ca. 12% des Gesamtwärmebedarfs der Kommune. Mit einem Anteil von 6,7 GWh/a (2022)¹⁰ trägt die zentrale Solarthermie-Anlage am Römerhügel nennenswert zur Dekarbonisierung des Verbundwärmenetzes bei.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet, also auch für den Bereich, der aktuell und zukünftig über das Verbundwärmenetz versorgt werden soll. Die Zielsetzung auf Kommunalebene, ist die Klimaneutralität bis 2035.

Gebäude, die in unmittelbarer räumlicher Nähe zu bestehenden Wärmeleitungen liegen, können perspektivisch relativ einfach durch den Anschluss an das Verbundwärmenetz eine klimaneutrale Wärmeversorgung erhalten. Auf Gebäudeseite ist der technische Aufwand hierfür vergleichsweise gering und daher kommt dem Ausbau und der Nachverdichtung des Verbundwärmenetzes eine wichtige Rolle zu.

Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Das Zielfoto beinhaltet im innerstädtischen Bereich eine durch Zubau und Nachverdichtung des bestehenden Verbundwärmenetzes deutlich erhöhte Versorgung über das Wärmenetz. Die anvisierte zentrale Wärmeversorgung bedeutet etwa eine Vervierfachung des aktuellen Wärmeabsatzes und gleichzeitig die Umstellung auf klimaneutrale Energieträger zur Wärmebereitstellung (= keine fossilen Energieträger).

Um eine möglichst hohe Anschlussquote in diesen Clustern zu erreichen ist der Ausbau und die Nachverdichtung des Verbundwärmenetzes koordiniert und konsequent vorzunehmen. Die SWLB weisen hierzu auf Basis Ihrer Wärmenetz-Zielplanung Gebiete aus, in denen Gebäude kurzfristig und mittelfristig an das bestehende Wärmenetz angeschlossen werden können. Diese Information liefert kurzfristige Planungssicherheit für interessierte Gebäudeeigentümer.

Aufbauend auf dieser Wärmenetz-Zielplanung nehmen die SWLB den Ausbau und die Nachverdichtung des Wärmenetzes für die Gebiete mit höchster Priorität in den nächsten fünf Jahren vor. Grundsätzlich ist der Ausbau und die Nachverdichtung allerdings eine konstante Aufgabe bis mindestens 2035.

Inhalte der Maßnahme

1. Wärmenetzplanung - Analyse Bestands-Wärmenetz und Bewertung der Ausbaustrategie

¹⁰ Quelle: <https://www.swlb.de/de/SWLB-Navigation/Presse/Pressemeldungen-2022-Relaunch/Rekordjahr-fuer-Sueddeutschlands-groesste-Solarthermie-Anlage-2023-01-13.html>

- a. Ausbaustrategie festlegen (Bereiche, Ankerkunden)
 - i. Synergien mit Tiefbau- und Netzarbeiten (Gas, Fernwärme)
- b. Priorisierung von Bereichen im Rahmen der Wärmenetzplanung
2. Umsetzung der Wärmenetz-Zielplanung
 - a. Kommunikationsstrategie (Kundengewinnung für Nachverdichtung und Ausbau)
 - b. Ausbau Verbundwärmenetz
 - c. Nachverdichtung Verbundwärmenetz
3. Terminplan für die Umsetzung der Maßnahmen
4. Dokumentation und Berichterstellung der Strategie

Die Wärmenetzplanung und die daran anknüpfende Ausbaustrategie ist unbedingt mit dem Sanierungsfahrplan für städtische Gebäude sowie dem Klimaneutralitätsfahrplan der Liegenschaften der Wohnungsbau Ludwigsburg abzugleichen und - wo möglich - zusammenzuführen.

Geplante THG-Einsparung

Die THG-Einsparung durch Ausbau und Nachverdichtung des Verbundnetzes ist abhängig vom Umfang. Werden die im Zielfoto anvisierte Ausbau- und Nachverdichtungsziele erreicht, ist mit einer THG-Einsparung von bis zu 45 % gegenüber der Versorgung im Basisjahr zu rechnen.

Akteure

Für die Durchführung der Maßnahmen sind die SWLB als Betreiber des Verbundwärmenetzes zuständig. Die Erarbeitung der Wärmenetz-Zielplanung und der Umsetzungsmaßnahmen erfolgt in enger Abstimmung mit Stadt Ludwigsburg. Spezieller Klärungsbedarf im Rahmen der Wärmenetz-Zielplanung mit der Stadtplanung wird im Bereich des Wärmenetzausbaus im Innenstadtbereich erwartet.

Zeitplanung

Die Wärmenetz-Zielplanung der SWLB sollte zeitnahe begonnen werden und kann basierend auf den bereits vorliegenden Studienergebnisse (Kommunale Wärmeplanung, WN 4.0 Studie) erarbeitet werden. Im Anschluss können die Ergebnisse kommuniziert sowie die Planung und Umsetzung des Wärmenetzausbaus in den priorisierten Gebieten vorgenommen werden.



Kosten

Wird die Durchführung der Wärmenetz-Zielplanung durch die SWLB erstellt, entstehen hier interne Kosten von 50.000 € - 100.000 €. Die Kosten für den Wärmenetzausbau können erst nach Vorliegen der Wärmenetz-Zielplanung und der Priorisierung von Gebieten konkreter ermittelt werden.

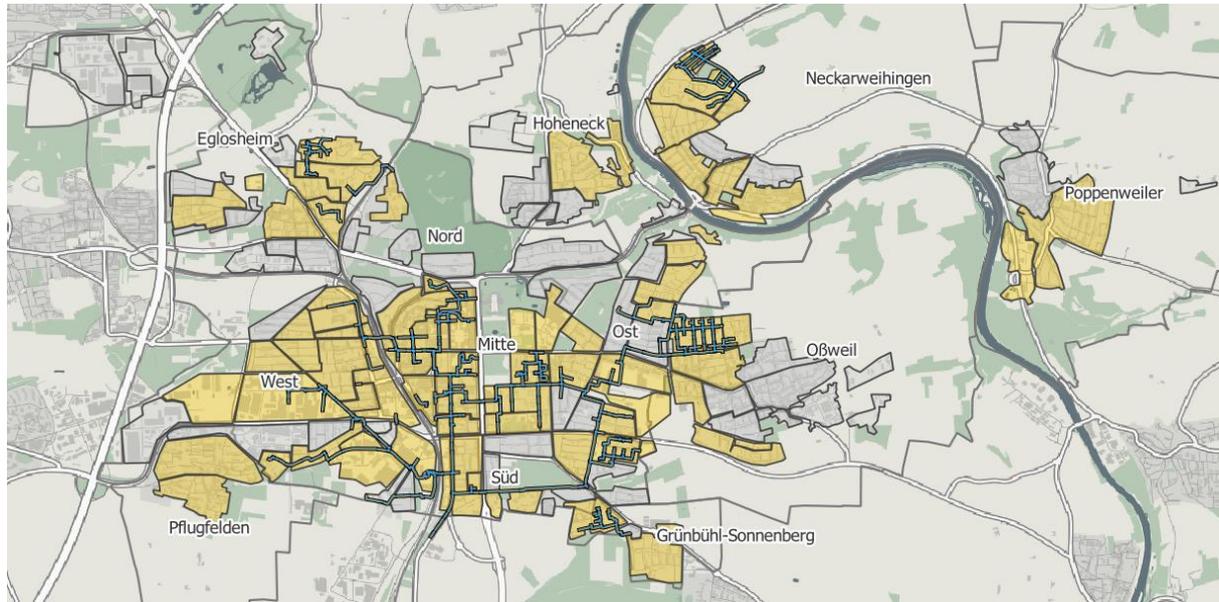


Abbildung 39: Übersicht Verbundwärmenetz und Cluster mit Wärmenetzen im Zielfoto

7.10 Konzept zur Flächensicherung

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Die Nutzung von Flächen außerhalb der Siedlungsbereiche beschränkt sich für Energieinfrastrukturen aktuell im Wesentlichen auf Energieleitungen und Photovoltaik-(PV)-Freiflächenanlagen. Im Zuge der Energiewende nimmt die Flächensicherung für Wind- und PV-Anlagen als auch für Wärmeinfrastrukturen eine zunehmend bedeutende Rolle ein.

In Ludwigsburg im Bereich „Römerhügel“ befindet sich mit einer Kollektorfläche von rund 14.800 Quadratmetern bereits eine der größten Solarthermie-Freiflächenanlagen Deutschlands. Der Fußabdruck der Anlage entspricht einer Flächeninanspruchnahme von 0,05 % der Stadt Ludwigsburg.

Für die Erreichung der Energiewendeziele und dem damit verbundenen Ausbau der erneuerbaren Energien sind die Planungs- und Genehmigungsverfahren auf Bundes- und Landesebene neu ausgerichtet worden. Neben expliziten Flächenzielen bekommt die Flächensicherung für erneuerbare Energien im Zuge der Schutzgüterabwägung einen übergeordneten Stellenwert. So werden in verschiedensten Gesetzen (EEG, GEG)¹ die erneuerbaren Energien als vorrangige Belange in die jeweiligen Schutzgüterabwägungen eingebracht.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet. Für Ludwigsburg ist die Klimaneutralität und damit auch die klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2035 festgelegt.

Für das Erreichen dieser Ziele und speziell für die Umsetzung des Transformationsprozesses im Bereich Wärme gilt es die Nutzungsmöglichkeiten für Freiflächen unter baurechtlichen und raumplanerischen Aspekten neu zu bewerten.

Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielfoto wird für die klimaneutrale Wärmeversorgung ein Großteil der Wärme über ein zentrales Versorgungssystem geliefert. Wärmenetze finden in unterschiedlichen Bereichen der Stadt Anwendung. Dabei stehen auch unterschiedliche Wärmequellen zur Verfügung. Mit Hilfe von Wärmepumpen, Solarthermieanlagen und Heizzentralen für Biomasse und Grüne Gase werden diese Wärmequellen nutzbar gemacht. Wärmenetze sind im Zielfoto zu finden in Eglosheim, im Zentrum von Ludwigsburg, das sich über die Stadtteile West, Süd, Ost und Oßweil ausdehnt, Pflugfelden, Grünbühl, Hoheneck, Neckarweihingen und Poppenweiler.

Für die Bereitstellung klimaneutraler Wärme sind Umweltwärmequellen zu erschließen und Flächen für Heizzentralen bereitzustellen.

Im Zuge der Planung und Umsetzungsvorbereitung sind neben dem Aufzeigen der technischen Machbarkeit auch die baurechtlichen Voraussetzungen zu schaffen, um auf potenziell geeigneten Flächen-Energieinfrastrukturen bauen zu können. Hierfür sind ggf. bisherige Planungsgrundlagen wie Bebauungspläne, Flächennutzungspläne oder Regionalpläne anzupassen. Zudem sind die Voraussetzungen zu schaffen, dass Betreibern von erneuerbaren Energieanlagen der Zugriff auf die Flächen ermöglicht wird.

Die Vorbereitung und Umsetzung des Prozesses zur Sicherung der erforderlichen Flächen auf dem Kommunalgebiet ist Gegenstand dieser Maßnahme.

Inhalte der Maßnahme

1. Grundlagenprüfung

- a. Analyse der identifizierten Energieinfrastruktur-Flächen aus bestehenden Planungen
 - i. Kommunaler Wärmeplanung
 - ii. Wärmenetze 4.0 oder BEW-Studien
 - iii. Regionalplan
 - iv. Kommunales Energie- und Klimaschutzkonzept
- b. Prüfung rechtlicher Grundlagen
 - i. Analyse bestehender rechtlicher Rahmenwerke bzgl. Einschränkungen und Nutzungsmöglichkeiten
 - 1. Bebauungsplan
 - 2. Flächennutzungsplan
 - 3. Regionalplan
 - 4. Sonstige informelle Planungen und räumliche Rahmenbedingungen
 - ii. Analyse des Handlungsspielraums der Kommune, um Planungsrecht zu schaffen oder zu ändern
- c. Bewertung von potenziellen Flächen für Energieinfrastrukturen, differenziert nach:
 - i. Erzeugung (u.a. Heizzentralen, Erdwärmesonden-Felder)
 - ii. Verteilung (u.a. Wärmenetze)
 - iii. Speicherung (u.a. Langzeitwärmespeicher)

2. Fachplanerische Umsetzung der Grundlagenprüfung

- a. Definition relevanter Flächen auf dem Gemarkungsgebiet (Lage, Größe) mit zeitlicher Perspektive und unter Berücksichtigung der weiteren beabsichtigten Stadtentwicklungsplanung
- b. Anpassung bestehender kommunaler Planungen für die Nutzung der Flächen für Energieinfrastrukturen
 - i. Bebauungsplan
 - ii. Flächennutzungsplan

3. Aktive Flächensicherung

- a. Unterstützung bei der Sicherung von Flächen, die sich nicht im Eigentum der Kommune befinden
- b. Bereitstellung kommunaler Flächen
- c. Entwicklung und Umsetzung von Modellen zur Flächenbereitstellung an Energieunternehmen

Geplante THG-Einsparung

Durch die Flächensicherung selbst werden direkt keine THG-Emissionen eingespart

Akteure

Zentrale Akteur:in für die Grundlagenprüfung und Durchführung der Maßnahme ist die Kommunalverwaltung. Eine fachliche Beratung zu den baurechtlichen und raumplanerischen Fragestellungen durch Juristen ist ggfs- erforderlich. Ebenfalls einzubinden sind Energieplaner zur Beschreibung und Bewertung der Energieinfrastrukturen.

Zeitplanung

Für Schritt 1 „Grundlagenprüfung“ ist eine Dauer von einem Jahr eingeplant.

Für Schritt 2 wird eine Laufzeit von 2 Jahren angenommen.

Schritt 3 „Aktive Flächensicherung“ ist im Anschluss eine stetige Aufgabe und wird als zu institutionalisierenden Prozess auf dem Weg zur klimaneutralen Energieversorgung der Kommune verstanden.

Kosten

Für die Entwicklung und Durchführung der Maßnahme werden Honorarkosten für die Rechtsberatung und Energieplaner in Höhe von rund 100 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP	9
Abbildung 2: Hauptnutzungsarten der Cluster	19
Abbildung 3: Übersichtskarte der Gas- und Wärmenetze (Stand 18.10.2021)	20
Abbildung 4: Wärmebedarf je Cluster	21
Abbildung 5: Wärmedichte je Cluster.....	21
Abbildung 6: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren.....	22
Abbildung 7: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune	24
Abbildung 8: Szenario - Entwicklung Prozesseffizienz GHD und Industrie.....	27
Abbildung 9: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1	28
Abbildung 10: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Clusterebene 2035	31
Abbildung 11: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Clusterebene 2035.....	32
Abbildung 12: Potenzialkarte „Flusswasser“ auf Clusterebene 2035	34
Abbildung 13: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ 2035 ..	35
Abbildung 14: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Clusterebene	37
Abbildung 15: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Clusterebene.....	38
Abbildung 16: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Clusterebene.....	39
Abbildung 17: Ausschlussflächen „Grundwasser“ auf Clusterebene	41
Abbildung 18: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Clusterebene 2035	43
Abbildung 19: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“	44
Abbildung 20: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Clusterebene 2035	46
Abbildung 21: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 500 m.....	47
Abbildung 22: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 1.000 m.....	48
Abbildung 23: Karte der Biomasse Potenzialflächen 2035.....	50
Abbildung 24: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene (Einstufung nach Energieatlas BW)	52
Abbildung 25: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“	54
Abbildung 26: „Windkraft“- Potenzial aus Energieatlas BW	56
Abbildung 27: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW	57
Abbildung 28: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme	59
Abbildung 29: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr	61
Abbildung 30: Zielfoto 2035 Energieversorgung der Stadtteile	62
Abbildung 31: Zielfoto 2035 Versorgungssysteme der Cluster.....	63
Abbildung 32: Verteilung Energieträger nach Versorgungssystem 2035	64
Abbildung 33: Zielfoto 2030	65
Abbildung 34: Clusterkarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielfoto	71
Abbildung 35: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete	72
Abbildung 36: Kommunale Fokusgebiete	72
Abbildung 37: Cluster mit Gasbedarf im Zielfoto	73
Abbildung 38: Beispiel Clustersteckbrief.....	75
Abbildung 39: Übersicht Verbundwärmenetz und Cluster mit Wärmenetzen im Zielfoto	88

9 Literaturverzeichnis

- Fisch, N., Mahler, Boris, Nusser, T., Schulze, Ê., Gabriel, J., Fafflok, C., & Hegger, J. (2018). *Effizienzhaus Plus Planungsempfehlungen*. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.
- KEA-BW. (17. Februar 2023). *KEA-BW die Landesenergieagentur*. Von <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/klimaschutzgesetz-datenuebermittlung-zur-erstellung-kommunaler-waermeplaene> abgerufen
- KEA-BW. (03. März 2023). *KEA-BW Die Landesenergieagentur*. Von <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/klimaschutzgesetz-kommunale-waermeplanung> abgerufen
- Landesamt für Geologie, R. u. (13. Februar 2023). *LGRBwissen*. Von LGRBwissen: <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/tiefe-geothermie/tiefe-geothermie-baden-wuerttemberg> abgerufen
- Ludwigsburg-Kornwestheim, S. (18. Februar 2023). *Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim*. Von <https://www.swlb.de/de/Privat/Gas-Waerme/Fernwaerme/Versorgungsgebiete1/Versorgungsgebiete/> abgerufen
- Peters, M., Steidle, T., & Böhnisch, H. (2020). *Leitfaden Kommunale Wärmeplanung*. Stuttgart: KEA Klimaschutz und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH.

10 Anhang

10.1 Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen

Kriterium	Datenquelle	Geothermie				Solarthermie/ PV			
		Potenziell geeignete Fläche	Ausschluss (LuBW)	Einschränkung (LuBW)	Einschränkung (EGS)	Ausschluss (LuBW)	Einschränkung (LuBW)	Einschränkung (EGS)	
Ackerland in benachteiligten Gebieten	ALKIS/LfU	X				X			
Seitenrandstreifen an Autobahnen und Bahnstrecken	LfU	X				X			
Konversionsflächen (wie z.B. stillgelegte Abfalldeponien, Tagebau, Grube und Steinbrüche)	LfU	X				X			
Flurstücke nach ALKIS-Nutzung Grünland, Unland, vegetationslose Flächen, Parkplätze, Halden, Brachland	ALKIS	X				X			
Flächen im räumlichen Zusammenhang mit größeren Gewerbegebieten im Außenbereich						X			
Siedlungsflächen	ALKIS		X				X		
Straßen (Autobahnen, Straßen und Wege)	ALKIS		X				X		
Schienenstrecken	ALKIS		X				X		
Flughäfen und Flugplätze	ALKIS		X				X		
Gewässer (Fließgewässer und stehende Gewässer)	AI KIS		X				X		
Wald- und Forstflächen	ALKIS		X				X		
Nationalpark	UIS / LfU		X				X		
Naturschutzgebiet (NSG)	UIS / LfU		X				X		
Waldschutzgebiet (Bann- und Schonwälder)	LfU		X				X		
Biosphärengebiet -Kernzone	UIS / LfU		X				X		
Nationale Naturmonumente							X		
Naturdenkmal (END und FND)	LfU		X				X		
Geschützte Landschaftsbestandteil									
Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone I (bestehend und im Verfahren)	UIS		X				X		
Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone II (bestehend und im Verfahren) und Überschwemmungsgebiete	UIS		X				X		
Überschwemmungsgebiete	LfU		X				X		
Gewässerrandstreifen							X		
Gewässer-Entwicklungskorridore							X		
Böden mit hoher Bedeutung							X		
Landwirtschaftliche Böden überdurchschnittlicher Bonität							X		
Pflegezonen von Biosphärenreservaten								X	
Wasserschutzgebietszonen	LfU		X						
Boden- und Geolehrpfade einschließlich deren Stationen sowie Geotope									
Alpenland Zone C							X		
Geschützte Biotope, Biotope Landesweit	LfU		X				X		
Moorböden								X	
Biotopverbund Offenland inkl. Generalwild	LfU			X				X	
Biotopverbund Gewässerlandschaften	LfU				X			X	
Biotopverbund Wiedervernetzung	LfU				X			X	
Biotopverbund Offenland (2012)	LfU			X				X	
Standorte oder Lebensräume mit besonderer Bedeutung (Flora Fauna und Vogelschutzgebiete)								X	
Vorranggebiete für andere Nutzungen								X	
Alpenzone A und B								X	
FFH-Mähwiesen	LfU			X				X	
FFH-Gebiet	LfU			X				X	
Bodendenkmäler								X	
Landschaftsschutzgebiet (LSG)	LfU			X				X	
Naturpark	LfU				X				X
Grünzug	Regionalplan		X					X	
Grünzäsur	Regionalplan		X					X	

10.2 Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung

Tabelle 12: Zeitliche Entwicklung der Emissionsfaktoren nach Energieträgern in kg/kWh

	2020	2030	2035	2040
Abwärme	0,000	0,000	0,000	0,000
Strom	0,400	0,274	0,220	0,000
Tiefengeothermie	0,000	0,000	0,000	0,000
Solarthermie	0,000	0,000	0,000	0,000
Biomasse	0,030	0,030	0,030	0,030
Grünes Gas	0,14	0,139	0,125	0,108
FW-Bestand	0,180	0,160	0,100	0,030
Heizöl	0,310	0,310	0,310	0,310
Erdgas	0,240	0,218	0,207	0,195