

Kommunale Wärmeplanung Weilheim an der Teck

im Auftrag der Stadt Weilheim an der Teck



Abschlussbericht

Projektleitung: M.Sc. Tobias Nusser
 Bearbeitung: M.Sc. Andreas Theophil
 Stand: 07.11.2024

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
241107 Abschlussbericht KWP Weilheim
E22395.docx

Auftraggeber / Bauherr

Stadt Weilheim an der Teck
Marktplatz 6
73235 Weilheim an der Teck

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

M-Sc. Tobias Nusser

Bearbeitung

M.Sc. Andreas Theophil

„Finanziert aus Landesmitteln, die der Landtag Baden-Württemberg beschlossen hat.“

GEFÖRDERT DURCH



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhalt

1	Zusammenfassung	6
2	Kommunale Wärmeplanung	9
2.1	Das Planungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung	9
2.2	Vorgehensweise und Methodik	9
2.3	Organisatorischer Rahmen	11
3	Beteiligungs- und Kommunikationskonzept	13
4	Bestandsanalyse	15
4.1	Ziele und Vorgehensweise	15
4.2	Datengrundlagen	15
4.2.1	Daten der Kommunalverwaltung	16
4.2.2	Daten der Schornsteinfeger	16
4.2.3	Daten der Energieunternehmen	17
4.2.4	Großverbraucher	17
4.3	Ergebnisse der Bestandsanalyse	18
4.3.1	Definition der Cluster	18
4.3.2	Kommunalstruktur	19
4.3.3	Energieinfrastruktur	21
4.3.4	Wärmebedarf	22
4.3.5	Endenergie- und Treibhausgasbilanz	25
4.3.6	Großverbraucheranalyse	29
4.4	Analyse von Eignungsgebieten	30
4.4.1	Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz	30
4.4.2	Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz	31
5	Potenzialanalyse	33
5.1	Ziele und Vorgehensweise	33
5.2	Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs	33
5.2.1	Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden	33
5.2.2	Potenziale durch Steigerung von Prozesseffizienzen	34
5.2.3	Gesamtpotenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs	34
5.3	Potenziale für klimaneutrale Wärme	37
5.3.1	Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe	37
5.3.2	Abwasser - Kanal	38
5.3.3	Abwasser – Kläranlage	40
5.3.4	Flusswasser	41
5.3.5	Geothermie – Kollektoren zentral	42

5.3.6	Geothermie – Sonden dezentral	46
5.3.7	Geothermie – Sonden zentral	48
5.3.8	Grundwasser	49
5.3.9	Seewasser	51
5.3.10	Solarthermie - dezentral	52
5.3.11	Solarthermie - zentral	53
5.3.12	Tiefengeothermie	57
5.3.13	Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme	58
5.3.14	Potenzial für Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung	61
5.4	Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung	62
5.4.1	Photovoltaik – dezentral	63
5.4.2	Photovoltaik – zentral	64
5.4.3	Windkraft	67
5.4.4	Wasserkraft	68
5.5	Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse	70
6	Zielszenario	72
6.1	Ziele und Vorgehensweise	72
6.2	Maßgebliches Zielszenario 2040	75
6.3	Zielszenario 2030	78
6.4	Kostenschätzung für maßgebliches Zielszenario 2040	80
7	Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog	81
7.1	Ziele und Vorgehensweise	81
7.2	Maßnahmen auf Meta-Ebene	81
7.3	Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation	85
7.3.1	Prüfgebiete Wärme	85
7.3.2	Kommunale Fokusgebiete	87
7.3.3	Gebiete mit perspektivischem Gasbedarf	89
7.4	Clustersteckbriefe	91
7.5	Fünf Maßnahmen gemäß Klimaschutzgesetz	93
7.5.1	Stromnetzcheck – Analyse zur Erfüllung zukünftiger Stromnetz-Anforderungen	94
7.5.2	Roadmap Grünes Gas - Studie zur Bereitstellung von grünem Gas	96
7.5.3	Konzept zur Erschließung des Potenzials durch Sanierung und Effizienzsteigerung (S&E)	99
7.5.4	BEW-Machbarkeitsstudie Wärmenetz Weilheim West	102
7.5.5	BEW-Machbarkeitsstudie Wärmenetz Rosenloh	105
7.5.6	Dokumentation erweiterter Maßnahmenvorschläge	108

8	Abbildungsverzeichnis	110
9	Literaturverzeichnis	112
10	Anhang	113
10.1	Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen	113
10.2	Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung	114

1 Zusammenfassung

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) verpflichtet alle Kommunen zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung bis Mitte 2028. Die kommunale Wärmeplanung soll dabei als strategisches Planungsinstrument Erkenntnisse liefern, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung¹ bis spätestens 2040 erreicht werden kann. Die Stadt Weilheim an der Teck hat im Jahr 2023 die Erarbeitung der Wärmeplanung begonnen und analysiert darin die Möglichkeiten einer klimaneutralen Wärmeversorgung für das kommunalpolitisch gesetzte Zieljahr 2040.

Die kommunale Wärmeplanung weist grundlegend vier zentrale Arbeitsphasen auf: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenario 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 64 Cluster eingeteilt worden, um auf dieser Ebene jeweils passende Lösungsansätze zu ermitteln und die Ergebnisse datenschutzkonform weitzunutzen zu können. Insgesamt sind im Rahmen der Analyse rund 6.000 Gebäude mit knapp 1.300.000 m² Brutto-Grundfläche ausgewertet worden. Davon weisen 3.200 Gebäude (1.000.000 m² Brutto-Grundfläche) einen Wärmebedarf auf.

Der Endenergiebedarf für Wärme lag im Jahr 2021 bei ca. 127 GWh. Der größte Anteil des Wärmebedarfs wird heute durch fossile Energieträger Erdgas und Heizöl (rund 67 %) gedeckt. Ein hoher Anteil der Wärmeversorgung erfolgt bereits aus Holz (20 %). Wärmenetze sind in Weilheim derzeit nicht vorhanden. Rund 70 % des Endenergiebedarfs sind dabei auf die Nutzungskategorie Wohnen zurückzuführen. Der Anteil der dezentralen erneuerbaren Energien liegt bei ca. 24 %.

Insgesamt resultieren im Basisjahr THG-Emissionen in Höhe von 28.300 Tonnen CO₂-Äquivalente. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,7 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse beinhaltet die Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung durch Gebäudesanierungen und 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. 26 % des Gesamtwärmebedarfs eingespart werden kann.

¹ Siehe Erläuterung hierzu in Kapitel 2.2 „Exkurs: Definition klimaneutrale Wärme“

Dabei ist eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr angenommen sowie ein Sanierungsniveau, das dem heutigen gesetzlichen Mindeststandard entspricht. Durch Prozesseffizienzmaßnahmen in Industrie und Gewerbe resultiert in dem Szenario eine Wärmebedarfsreduktion um ca. 5 % bis 2040. Zusätzliche Wärmebedarfe werden voraussichtlich durch ein neues Gewerbequartier entstehen und sind entsprechend im Wärmebedarf für das Zieljahr berücksichtigt. Gegenüber dem Basisjahr 2021 resultiert damit für das Zielszenario insgesamt ein um rund 27 % reduzierter Wärmebedarf.

Die Analyse der lokal verfügbaren emissionsfreien Wärmequellen ergibt, dass die größten Potenziale im Bereich der Erdwärmesonden, der zentralen Erdkollektoren und der Abwärme aus Industrie (Neubaugebiet) liegen. Darüber hinaus sind für eine vollständige Bedarfsdeckung die Nutzung von im Wesentlichen räumlich unabhängigen Energieträgern wie Außenluftwärme, Biomasse und „grüne Gase“ erforderlich und einsetzbar.

Zielszenario 2040

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 „Zielszenario“ ausgearbeitet, das aufzeigen soll, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Der Endenergiebedarf für Wärme in Weilheim an der Teck beträgt im Zieljahr 2040 rund 92 GWh, dieser Bedarf ist durch emissionsfreie Wärmequellen zu decken. Ausgehend von rund 76 % fossiler Endenergie im Basisjahr zeigt dies die Dimension des fortzuführenden Transformationsprozesses.

Zentrale Technologie der Wärmeerzeugung sind im Zielszenario die Wärmepumpen in Heizzentralen und Gebäuden. Wärmepumpen stellen hierbei knapp drei Viertel der Wärme im Zielszenario. Wesentliche Umweltwärmequellen sind Außenluft, Geothermie und Abwasserwärme. Weiterhin sind auch mehrere Wärmenetze im Zielszenario enthalten, die ca. 30 % der Endenergie im Zieljahr bereitstellen.

Im Rahmen des Zielszenario-Prozesses sind auf der Ebene von 64 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 Zielszenario 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 entwickelt und ausführlich in Steckbriefen in Kapitel 7.5 beschrieben. Hierbei handelt es sich um folgende Maßnahmen.

1. Stromnetzcheck – *Ist das Stromnetz bereit für den Ausbau der Wärmepumpen?*
2. Roadmap Grünes Gas – *Woher kommt das grüne Gas und sind die Gasnetze dafür bereit?*
3. Erschließung Potenzial Sanierung und Effizienzsteigerung – Reduktion des Bedarfs
 - a. Städtisches Förderprogramm „individueller Sanierungsfahrplan“
 - b. Ausweitung des kommunalen Sanierungsmanagements
4. BEW-Studie Wärmenetz Weilheim West – *Machbarkeitsstudie zur Wärmenetzplanung für Wärmenutzung aus Abwasser*
5. BEW-Studie Wärmenetz Rosenloh – *Machbarkeitsstudie zur Wärmenetzplanung für Wärmenutzung aus Abwärme*

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.

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 im Kern aus vier Arbeitsphasen: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenario 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 Schornsteinfegerdaten, Verbrauchsdaten für leitungsgebundene Energieträger (Gas, Strom, Wärme), 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.

Zielszenario

Das Zielszenario 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 2040 mit einem Zwischenziel für 2030. Dies erfolgt durch die Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und dezentral versorgten Gebieten.

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 Zielszenario 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 Treibhausgasminderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Der kommunale Wärmeplan soll in der anschließenden Umsetzungsphase Orientierung 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.

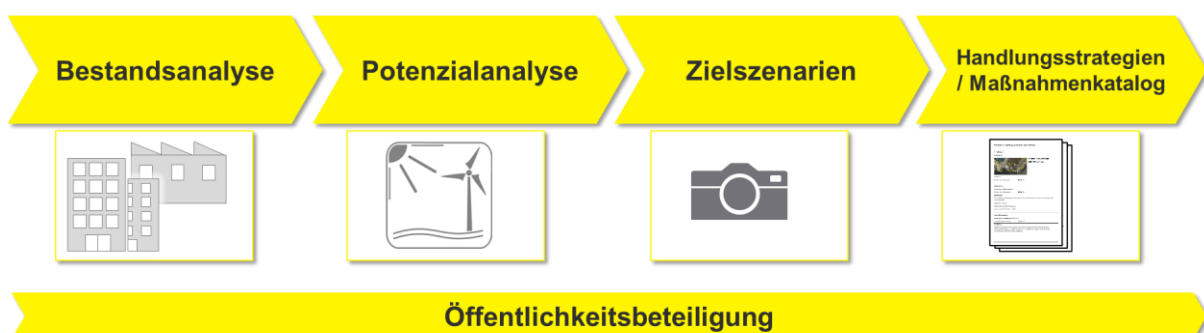


Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP

Exkurs: Definition klimaneutrale Wärmeversorgung

Gemäß der Gesetzesbegründung zum Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg vom Mai 2020 ist ein Zielszenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu entwickeln. „... Dabei ist als klimaneutral eine Wärmeversorgung zu verstehen, die den möglichst reduzierten Energiebedarf ohne Verursachung von Treibhausgasemissionen deckt. Auf Ebene der Kommune bestehen dabei überörtliche Abhängigkeiten von klimaneutralem Strom und eventuell auch in angemessenem Umfang sonstigen klimaneutralen Energieträgern („grünes Gas“), die nicht unbedingt im Gemeindegebiet hergestellt werden können. Die Orientierung an den Klimaschutzzielen und -vorgaben von Bund und Land gewährleistet, dass diese klimaneutralen Versorgungsmöglichkeiten nur in angemessenem Umfang in die örtliche Planung eingestellt werden.“

Die in Tabelle 14 aufgeführten Emissionsfaktoren zeigen auf, dass auch im Zieljahr erneuerbare Wärme emissionsbehaftet sein kann. Die aus dem Technikkatalog angelegten Emissionsfaktoren verdeutlichen dabei die in der Gesetzesbegründung erwähnten überörtlichen Abhängigkeiten und den Sachverhalt, dass gemäß diesen Emissionsszenarien auch bei „Wärme aus erneuerbaren Energien“ Treibhausgasemissionen resultieren.

Dies greift auch das seit Januar 2024 in Kraft getretene „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ (WPG) auf. Dort ist zur Erfüllung einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Zielszenario gemäß § 19 Abs. 1 WPG „... eine Wärmeversorgung ausschließlich auf Grundlage von Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus unvermeidbarer Abwärme innerhalb des beplanten Gebiets ...“ auszuarbeiten. Der Gesetzgeber definiert dabei keine Emissionsvorgaben, sondern lediglich für die Erfüllung als geeignet eingestufte Energieträger.

Die Darstellung des Zielszenarios bezieht sich im Fachgutachten aus diesem Grund im Wesentlichen auf die darin eingesetzten Energieträger und Versorgungssysteme.

2.3 Organisatorischer Rahmen

Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet Kommunen in Deutschland bis spätestens Juni 2028 eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen und alle fünf Jahre bezüglich künftiger Entwicklungen zu überprüfen. 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/27-kommunale-waermeplanung>]

Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden an zentraler Stelle durch die Regierungspräsidien dokumentiert. Spätestens alle fünf Jahre muss die kommunale Wärmeplanung laut Wärmeplanungsgesetz des Bundes fortgeschrieben werden. Damit wird gewährleistet, dass die Ergebnisse geprüft und die Umsetzung weiter vorangetrieben werden.

Weilheim an der Teck hat rund 10.000 Einwohner und ist damit eine Kleinstadt im Landkreis Esslingen. Sie gehört zur Region Stuttgart und geografisch gesehen am Fuße der Schwäbischen Alb. Die Stadt Weilheim an der Teck besteht aus den Ortsteilen Weilheim und der 1972 eingemeindeten Ortschaft Hepsisau.

Die kommunale Wärmeplanung ist in der Verwaltung beim Stadtbauamt angesiedelt. Im Stadtbauamt werden alle Aufgaben aus Hoch- und Tiefbau, Bauverwaltung, Betrieb der Gebäude und Kläranlage bearbeitet.

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 wesentlichen 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 (Stadtbauamt)	partizipativ
A3	Energieunternehmen	partizipativ
A4	Handwerker, Schornsteinfeger	informativ
A5	Großverbraucher	partizipativ
A6	Immobilienbestandshalter	informativ
A7	Landwirtschaft	informativ
A8	Öffentlichkeit	informativ

Partizipative Beteiligung

Der partizipative Beteiligungsprozess hat das Ziel, mit den an der späteren Umsetzung zuständigen Akteuren akzeptierte Ergebnisse und Maßnahmen zu finden. Dazu zählen konkret die Stadtverwaltung, die Energieunternehmen und Netzbetreiber (z.B. Netze BW).

Das zentrale Format für die Kommunikation waren hierbei regelmäßig stattgefundene Besprechungstermine mit der Stadtverwaltung (Stadtbauamt). Hier wurden je nach Projektphase wöchentlich bis monatlich die Zwischenstände vorgestellt und aktuelle Projektthemen diskutiert.

Zum Kommunikations- und Partizipationskonzept gehörte, je Projektphase die jeweils relevanten Akteure in die regelmäßigen JF-Termine einzubeziehen. Da die Stadt Weilheim keine eigenen Stadtwerke für Energiedienstleistungen betreibt, tritt die Netze-BW als lokales Energieunternehmen auf. In dieser Form wurde das Unternehmen frühzeitig und fortlaufend zu Terminen hinzugezogen und über Arbeitsstände informiert.

Informative Beteiligung

Die Öffentlichkeit wurde zu Beginn im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung über den Start und die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung informiert. Darüber hinaus wurde der Zwischenstand der Kommunalen Wärmeplanung vor Festlegung der Maßnahmen am 22.04.2024 im Rahmen einer Informationsveranstaltung der Öffentlichkeit präsentiert. An Thematisches gab es die Möglichkeiten für Rückmeldungen zur KWP sowie für Diskussionen des anstehenden Transformationsprozesses und Kontaktaufnahme zu lokalen Akteuren (Energieberater, Stadtverwaltung). Auf der Webseite der Kommune wurde fortlaufend zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung informiert und Kontaktdaten für Fragen und Rückmeldungen benannt.

Neben der Information der Öffentlichkeit kommt der Information des Gemeinderats und der relevanten kommunalpolitischen Gremien und Ausschüssen eine zentrale Rolle zu. Die erste Information fand am 14.11.2023 im Gemeinderat statt. Die Zwischenergebnisse der Bestandsanalyse- und Sanierungspotenziale wurden hier informiert. Am 16.04.2024 wurden die Ergebnisse des Zielszenarios und der Ausblick auf die letzte Projektphase im Gemeinderat 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.

Die finale Präsentation im Gemeinderat findet am 14.05.2024 statt wo auch der Beschluss der Maßnahmen und des Wärmeplans vorgesehen ist.

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 kommunalen 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.

4.2.1 Daten der Kommunalverwaltung

Allgemeine Daten der Kommunalverwaltung werden zu Beginn der Bearbeitung von den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern angefordert. Wesentlicher Baustein ist 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

4.2.2 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

4.2.3 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

4.2.4 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.

4.3 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse gelten für das gewählte Basisjahr 2021. 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 Zielszenarioprozesses ist.

4.3.1 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 64 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 Zielszenarios auf Ebene der Cluster ausgewiesen und dokumentiert.

4.3.2 Kommunalstruktur

Die Stadt Weilheim an der Teck setzt sich aus zwei Stadtteilen zusammen, die hauptsächlich durch Wohnnutzung geprägt sind. Das gesamte Gemarkungsgebiet der Kommune umfasst eine Fläche von 4.334 ha. Darunter befinden sich 570 ha Wald sowie 511 ha Ackerland und 1.061 ha Grünland. Damit ist der Großteil der nicht bebauten Flächen einer eher extensiven Nutzung zuzuordnen, was auch durch großflächig vorhandene Schutzgebiete zu begründen ist.

Gebäudeinfrastruktur

Im Zuge der Bestandsanalyse werden in der Kommune insgesamt 3.154 Gebäude erfasst und analysiert. Die Kategorisierungen und Verteilungen der Gebäudetypen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die dominierende Gruppe der Gebäude mit einem Anteil von rund 44 % an der Gebäudezahl und rund 42 % an der Fläche nehmen die Wohngebäude ein. Die Kategorie Sonstige umfasst mit 45 % der Gebäudeanzahl alle Gebäude, die nach ihrer Nutzung keinen Wärmebedarf aufweisen (Garagen, Gartenhäuser, Scheunen, etc.).

Bei einer Gesamtwohnfläche ² von 625.000 m² in der Kommune resultiert eine einwohnerbezogene Wohnflächeninanspruchnahme von 60,5 m²/EW.

Tabelle 2: Gebäudestatistik

	Gebäudeanzahl	Rel. Anteil in %	Fläche im m ² (BGF)	Rel. Anteil in %
Öffentliche Gebäude	63	1,0%	71.439	5,5%
GHD	217	3,6%	103.761	8,0%
Verarbeitendes Gewerbe/Industrie	120	2,0%	169.675	13,1%
Mischnutzung	175	2,9%	150.875	11,7%
Wohnnutzung	2.657	43,9%	549.195	42,4%
Sondernutzung	110	1,8%	90.165	7,0%
Sonstige	2.709	44,8%	159.200	12,3%
Gesamt	6.051		1.294.310	

In Abbildung 2 ist die Verteilung der Baualtersklassen der Wohngebäude im Bestand in Weilheim dargestellt. 89 % der Wohngebäude sind vor dem Jahr 2000 errichtet worden. Mit einem Anteil von 17 % nimmt die Baualtersklasse 1970-1979 den größten Anteil ein.

² Berechnet aus der BGF der Wohnnutzung in Gebäuden

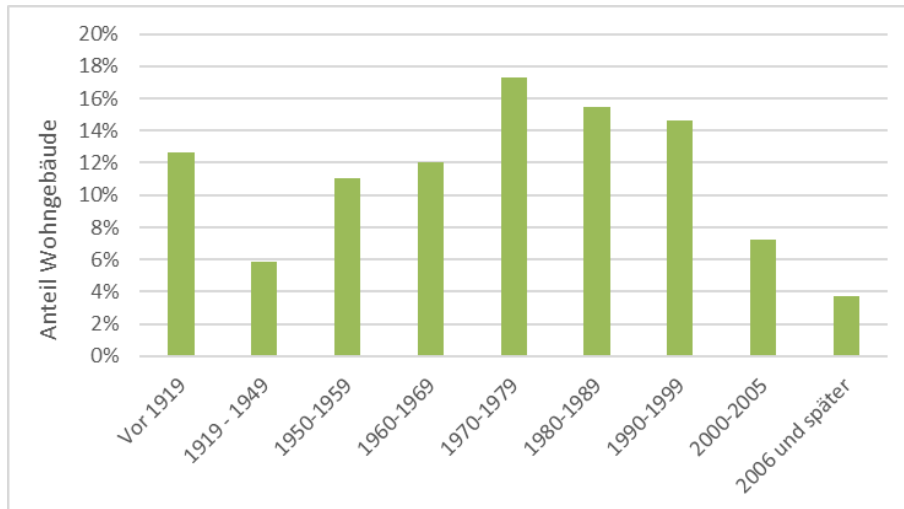


Abbildung 2 Baualtersklassen Wohngebäude im Bestand (prozentuale Verteilung)³

Clusterstruktur

In Tabelle 3 und Abbildung 3 sind die Hauptnutzungsarten der Cluster dargestellt. Die Hauptnutzungsarten werden auf Basis der einzelnen Gebäudenutzungen innerhalb der Cluster bestimmt. Sofern eine dominierende Nutzungsart 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 %	Cluster- fläche in ha	Rel. Anteil in %
Öffentliche Gebäude	2	3,1%	19,43	7%
GHD	3	4,7%	36,7	10%
Verarbeitendes Gewerbe/Industrie	4	6,3%	40,9	12%
Mischnutzung	8	12,5%	59,1	17%
Wohnnutzung	47	73,4%	186,9	54%
Gesamt	64		343,2	

³ Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014: *Zensus 2011, Gebäude und Wohnung, Ergebnisse des Zensus am 9. Mai 2011*

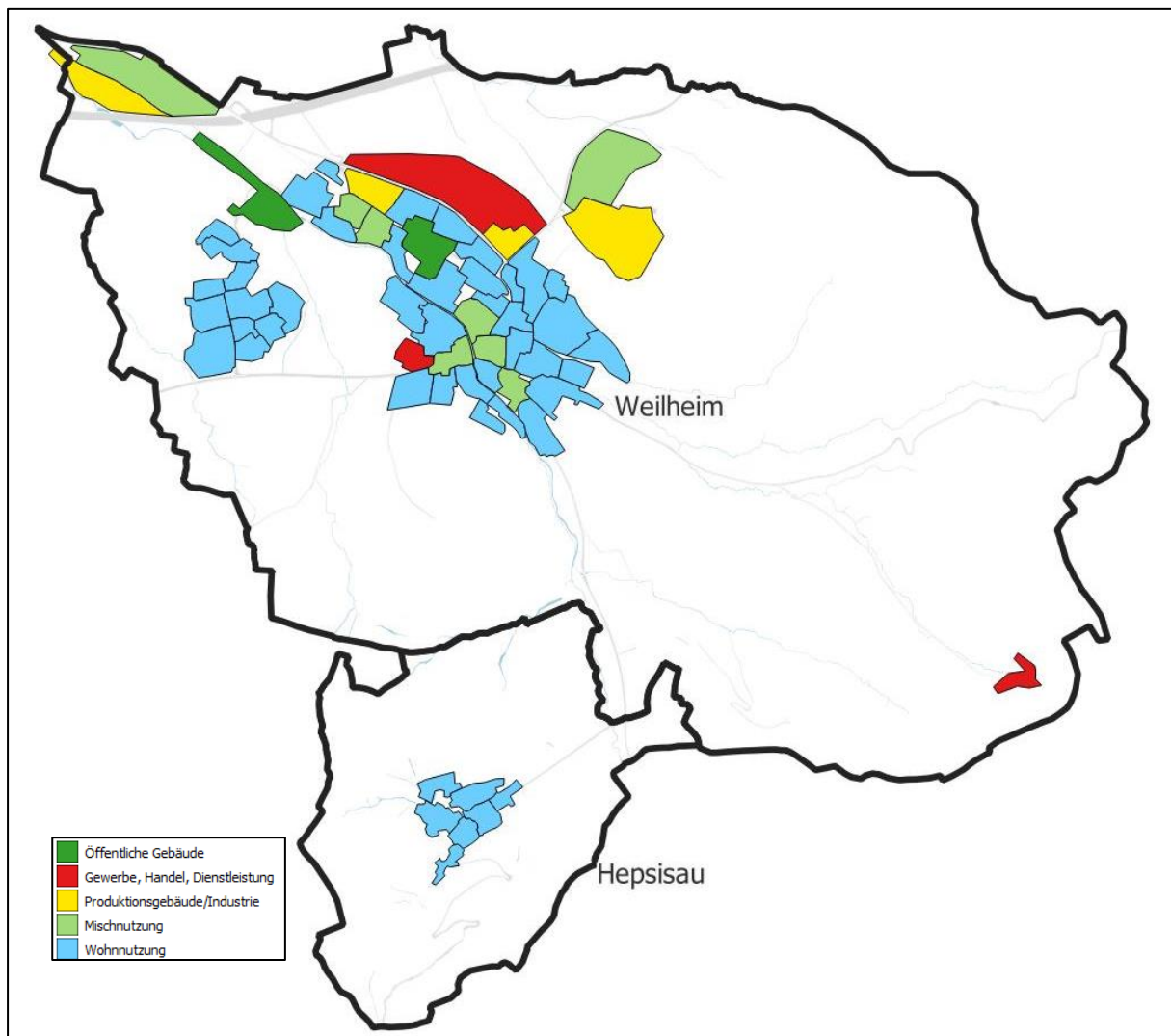


Abbildung 3: Hauptnutzungsarten der Cluster

4.3.3 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 4 dargestellt.

Gasnetzinfrastruktur

Die Wärmeversorgung erfolgt zu einem nennenswerten Anteil über das Gasnetz. Dieses existiert in Großteilen von Weilheim, aber nicht flächendeckend, und in Hepsisau bisher gar nicht. Der Gasnetzbetreiber sind die Netze BW. Bei einer gesamten Leitungslänge von ca. 38 km resultiert aktuell ein Anschlussgrad von rund 17 %, bezogen auf die Anzahl der Gebäude mit Wärmebedarf.



Abbildung 4: Übersichtskarte des Gasnetzes

Wärmenetziinfrastruktur

Eine Wärmenetziinfrastruktur ist in Weilheim derzeit nicht vorhanden.

4.3.4 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 Energieunternehmen. 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 Weilheim an der Teck ein Wärmebedarf⁴ von 118.522 MWh/a. In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind die räumlichen Verteilungen der Wärmebedarfe auf dem Kommunalgebiet ersichtlich. Neben dem absoluten Bedarf sind dort auch Wärmedichte- und Wärmeliniedichteangaben enthalten, die erste Schlüsse auf potenzielle Wärmenetzeignungsgebiete zulassen. Eine hohe Wärmedichte bzw. Wärmeliniedichte impliziert hierbei eine bessere Eignung.

Der Wärmebedarf pro Einwohner beträgt im Basisjahr rund 11,5 MWh/(EW·a).

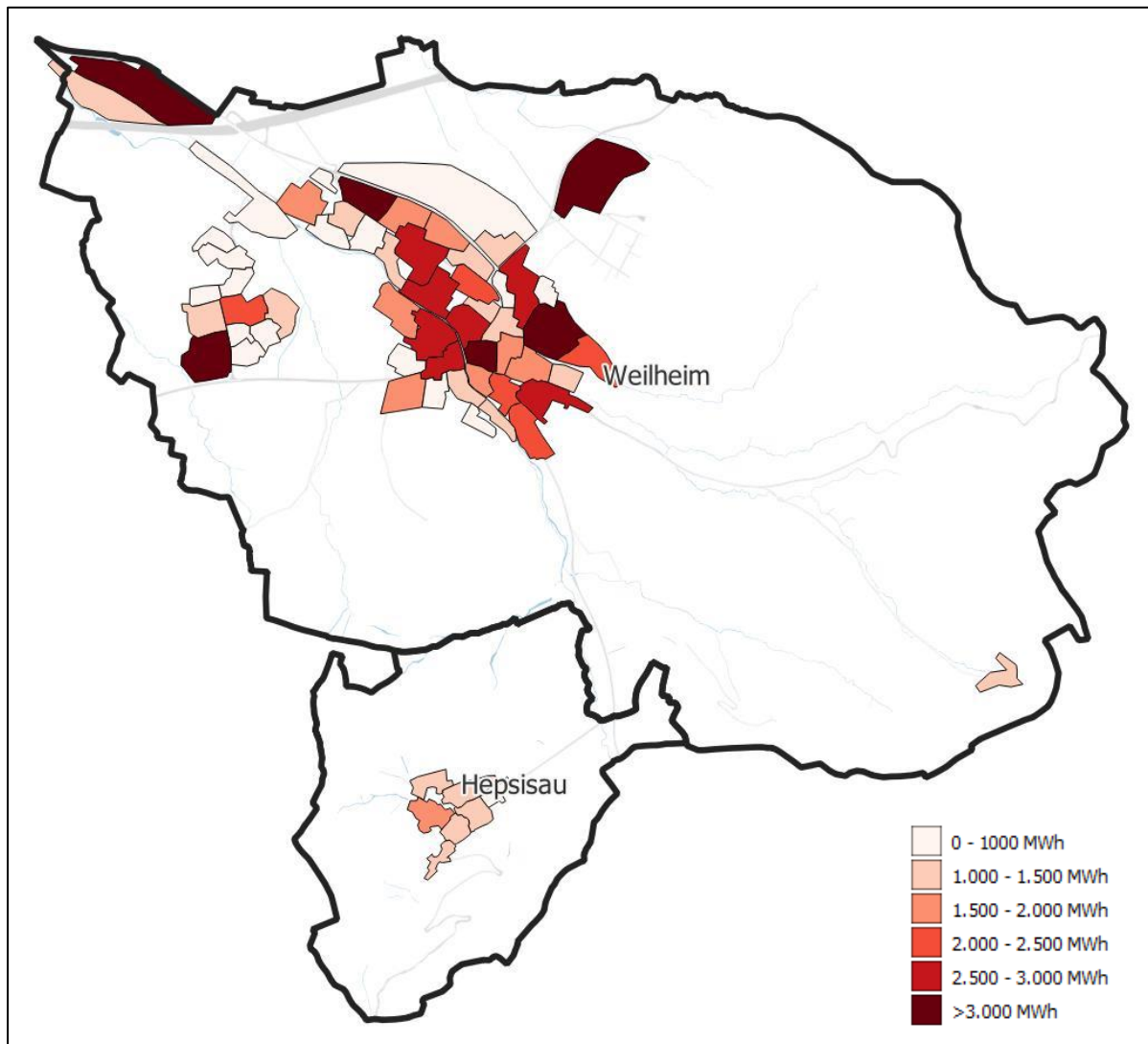


Abbildung 5: Wärmebedarf je Cluster

⁴ Wärme = Erzeugernutzenergieabgabe

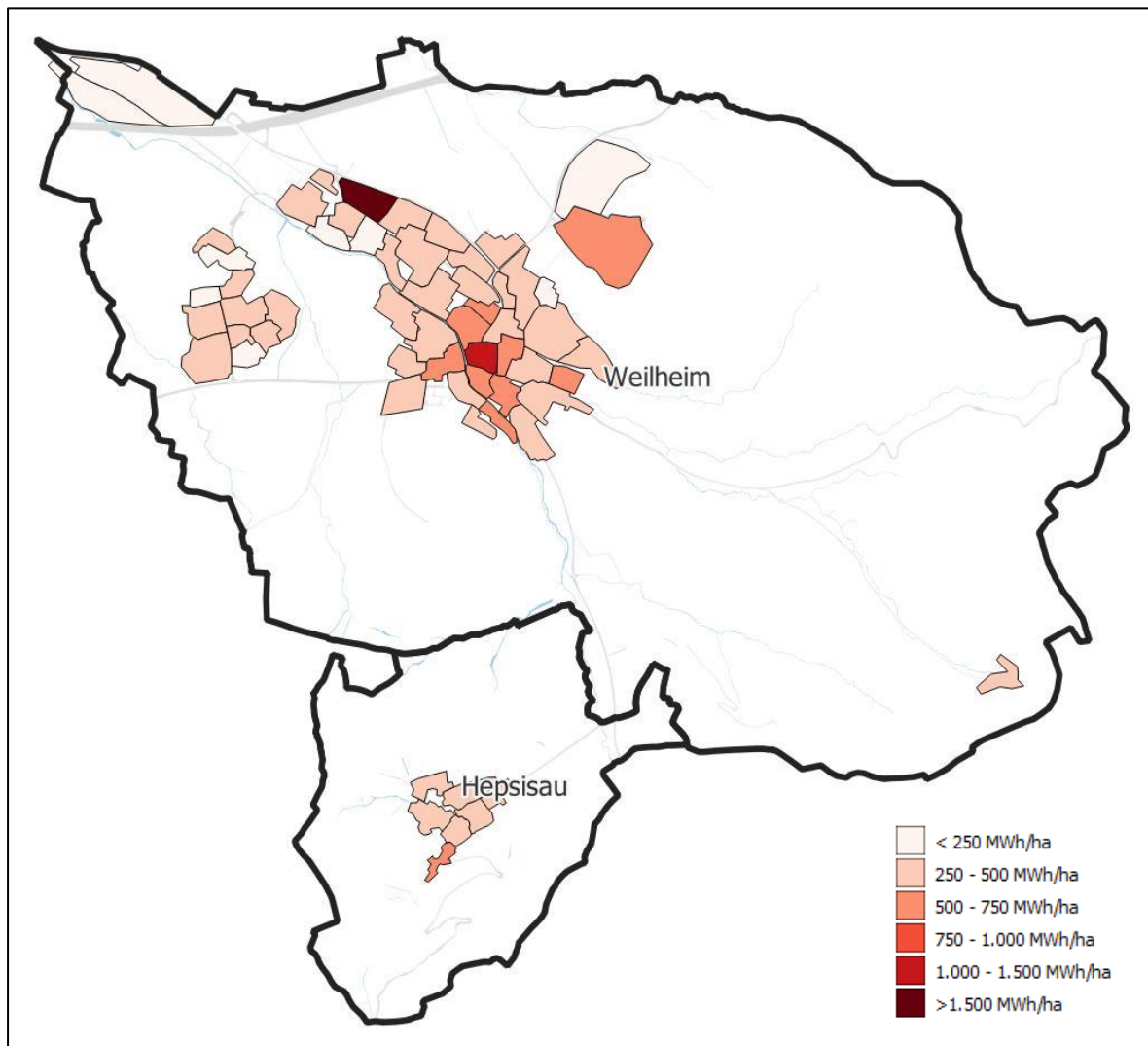


Abbildung 6: Wärmedichte je Cluster

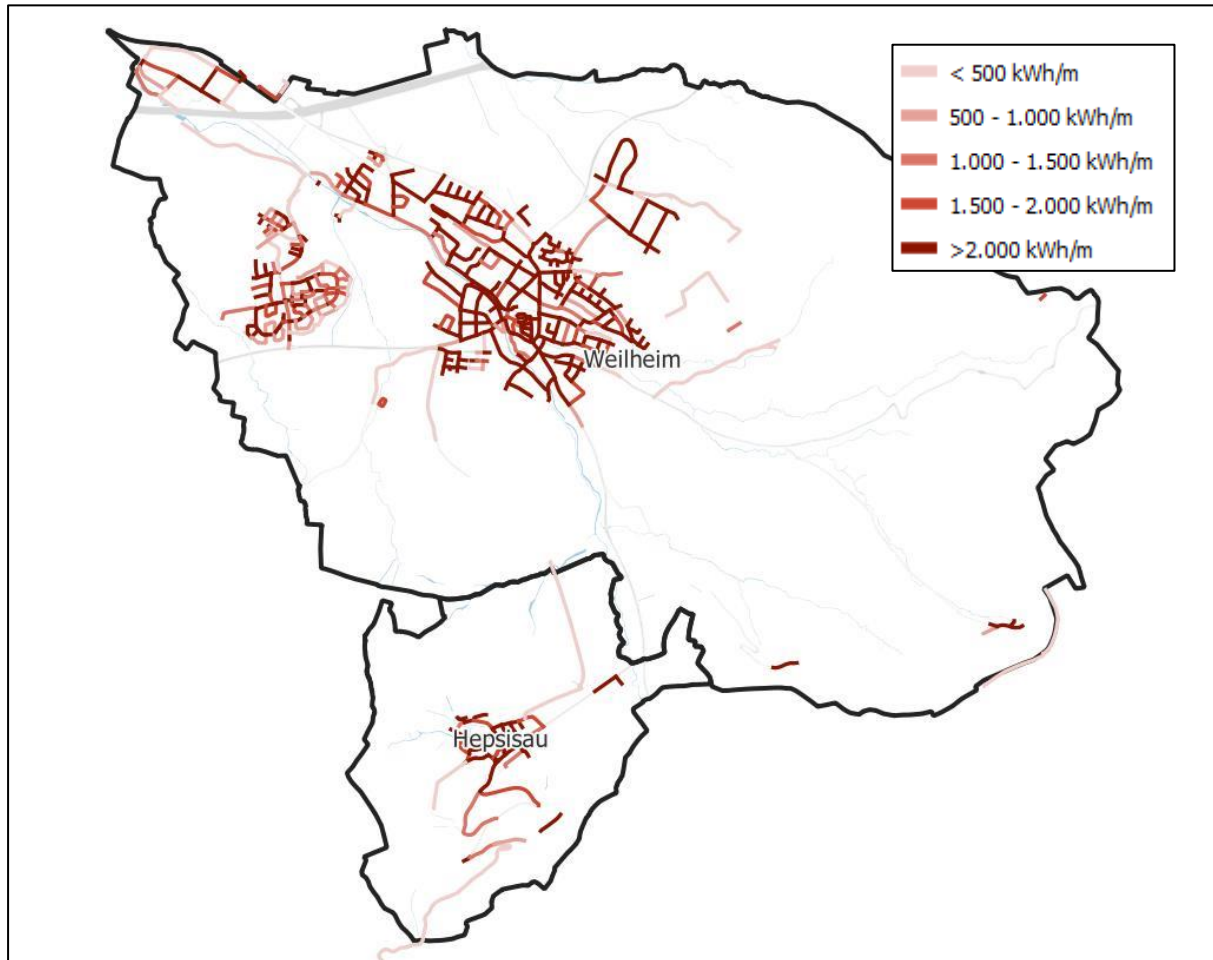


Abbildung 7: Wärmeliniendichte im Basisjahr

4.3.5 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 8 sind die Endenergiebedarfe im Bereich Wärme nach Verbrauchssektoren dargestellt. Bei einem Gesamtbedarf von rund 127 GWh/a nimmt die Wohnnutzung den deutlich höchsten Anteil mit knapp 60 % ein. Die Kategorie öffentliche Gebäude ist mit einem Anteil von lediglich rund 5 % 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.

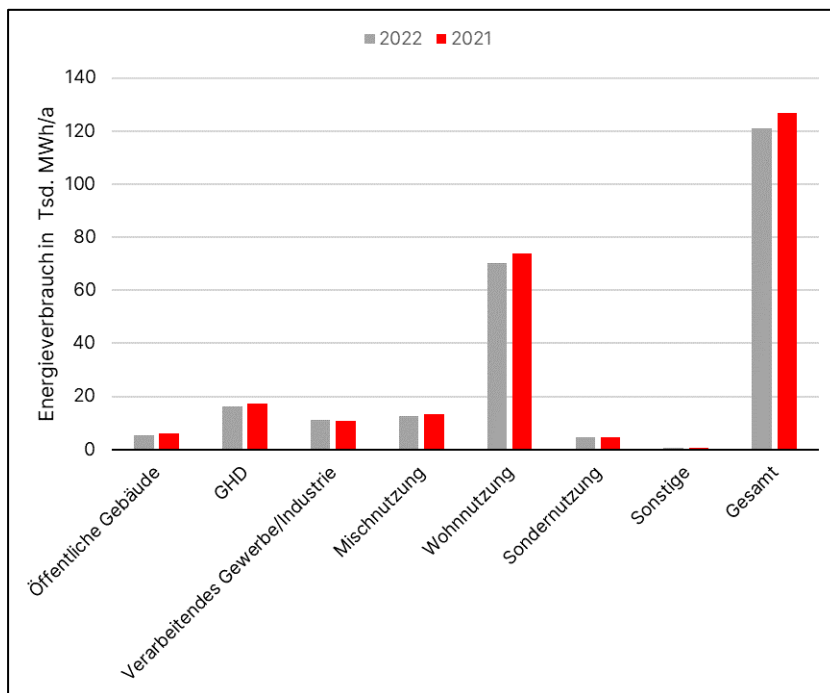


Abbildung 8: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren

Die Analyse des Endenergieeinsatzes nach Energieträgern verdeutlicht die große Dominanz fossiler Energieträger im Bereich der Wärmeversorgung. Durch einen Anteil von rund 35 % durch Erdgas und 32 % 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 %
Öffentliche Gebäude	5.973	5%	1.050	4%
GHD	17.390	14%	1.718	6%
Verarbeitendes Gewerbe/Industrie	10.891	9%	4.989	18%
Mischnutzung	13.397	11%	3.797	13%
Wohnnutzung	73.870	58%	15.849	56%
Sondernutzung	4.731	4%	865	3%
Sonstige	636	1%	6	0%
Gesamt	126.887		28.272	

Tabelle 5: Endenergie- und THG-Bilanz nach Energieträgern

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Gas fossil	44.078	35%	10.269	36%
grünes Gas	300	0%	15	0%
Heizöl	40.366	32%	12.552	44%
Biomasse	24.767	20%	545	2%
Strom	7.332	6%	2.827	10%
Sonstige	6.637	5%	2.064	7%
Sonstige Umweltwärme	3.407	3%	-	0%
Gesamt	126.887		28.272	

Die Systeme zur Wärmeversorgung der Gebäude sind in Weilheim aktuell vollständig dezentral. Es existieren momentan keine Wärmenetze.

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 nahe Null gesenkt werden.

Insgesamt resultieren im Basisjahr THG-Emissionen in Höhe von 28.276 Tonnen CO₂-Äquivalente. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2.700 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

In Abbildung 9 ist eine Heatmap-Darstellung gewählt, um die räumliche Verteilung der Emissionen im Kommunalgebiet zu visualisieren. Die Karte zeigt auf, dass sich speziell im Innenstadtbereich und in Gewerbegebieten aufgrund der höheren Wärmedichte und der Verortung von größeren Verbrauchern Emissionsschwerpunkte herausbilden.

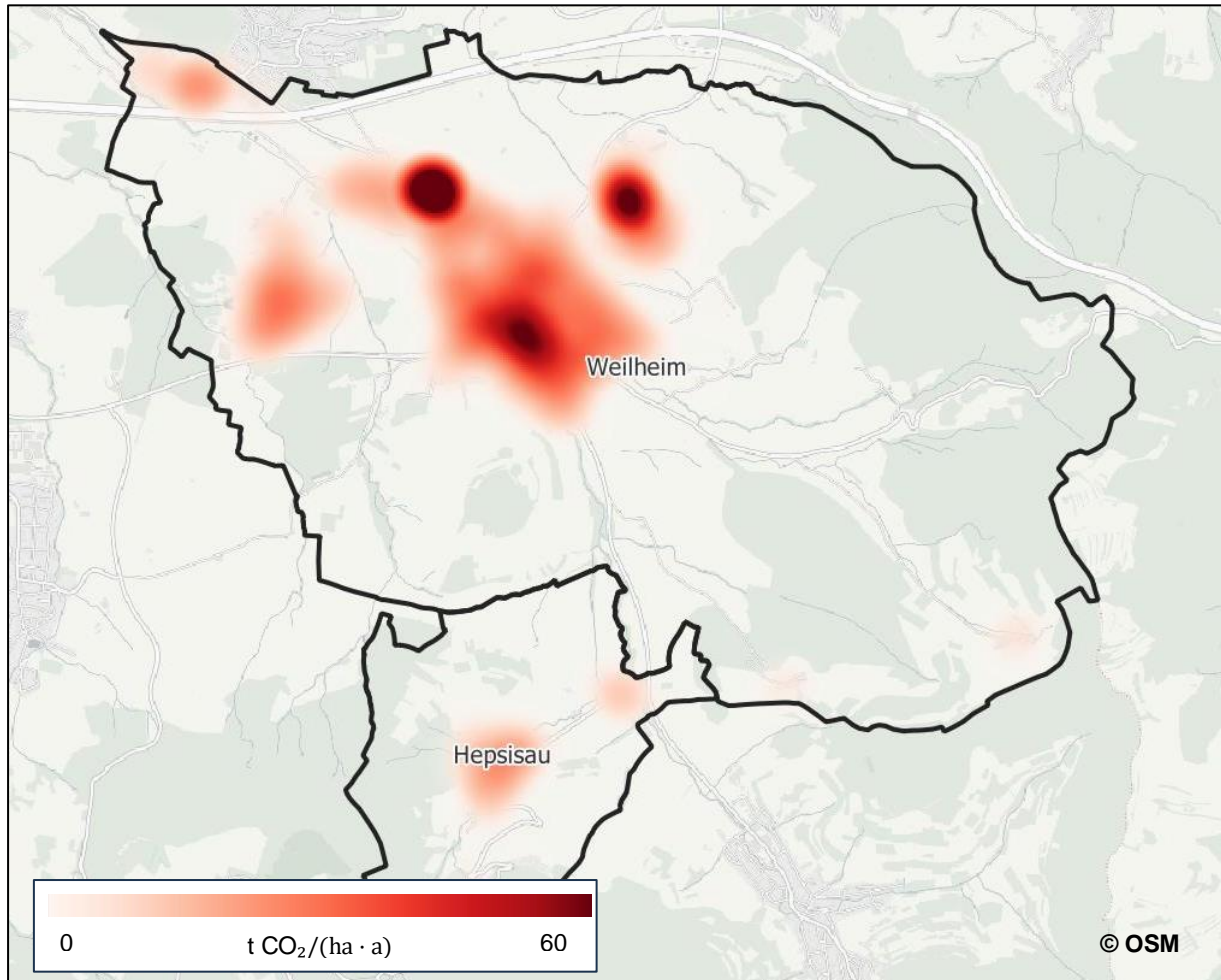


Abbildung 9: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune

4.3.6 Großverbraucheranalyse

Das Ziel der Großverbraucheranalyse ist die Quantifizierung des Potenzials zur Effizienzsteigerung und Abwärmennutzung.

Im Rahmen der Bestandsanalyse sind daher die größten Verbraucher von Wärme und Gas in der Kommune analysiert worden. 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 10 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 vier größten Verbraucher hat jedoch nur im geringen Maße zur Identifikation relevanter Abwärmemengen beigetragen, die im Zuge der KWP weiter

genutzt werden könnten. Die analysierte räumliche Verteilung zeigt, dass die Großverbraucher auf drei Gewerbegebiete in der Kommune verteilt sind.

4.4 Analyse von Eignungsgebieten

Die Eignungsprüfung nach §14 WPG wird im Rahmen der Bestandsanalyse vorgenommen. Dabei werden die Cluster auf Grundlage der bekannten Informationen zur Wärmebedarfs- und Verbrauchsstruktur sowie der Wärme- und Gasinfrastruktur vertiefend analysiert und bewertet.

Die Eignung von Gebieten/Clustern zur Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz wird grundsätzlich in die nachfolgenden vier Stufen kategorisiert.

- sehr wahrscheinlich geeignet
- wahrscheinlich geeignet
- wahrscheinlich ungeeignet
- sehr wahrscheinlich ungeeignet

4.4.1 Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz

Für die Einstufung der Eignung eines Wärmenetzgebietes werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

1. Wärmenetz Status Quo – Bewertung existierender Wärmenetze
2. Wärmebedarfsdichte – Wärmebedarf im Cluster
3. Siedlungsstruktur – Bebauungsdichte, Anteil Einfamilienhausähnlicher Bebauung
4. Ankerkunden – Öffentliche Liegenschaften, Großverbraucher
5. Erneuerbare Energie / Abwärme – Verfügbarkeit erneuerbarer Wärme
6. Hochtemperaturbedarf

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Wärmenetzeignung vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Clusters.

Das Ergebnis der Eignungsprüfung ist in Abbildung 10 dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine höhere Eignung in Gebieten im Stadtkern und verdichteten Bereichen, sowie Ansiedlungen von Gewerbe und Industrie. Insgesamt werden 21 Cluster als wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich ungeeignet eingestuft. Für 42 Cluster wird eine Eignung ermittelt, davon für 12 Cluster eine Einordnung in „sehr wahrscheinlich geeignet“.

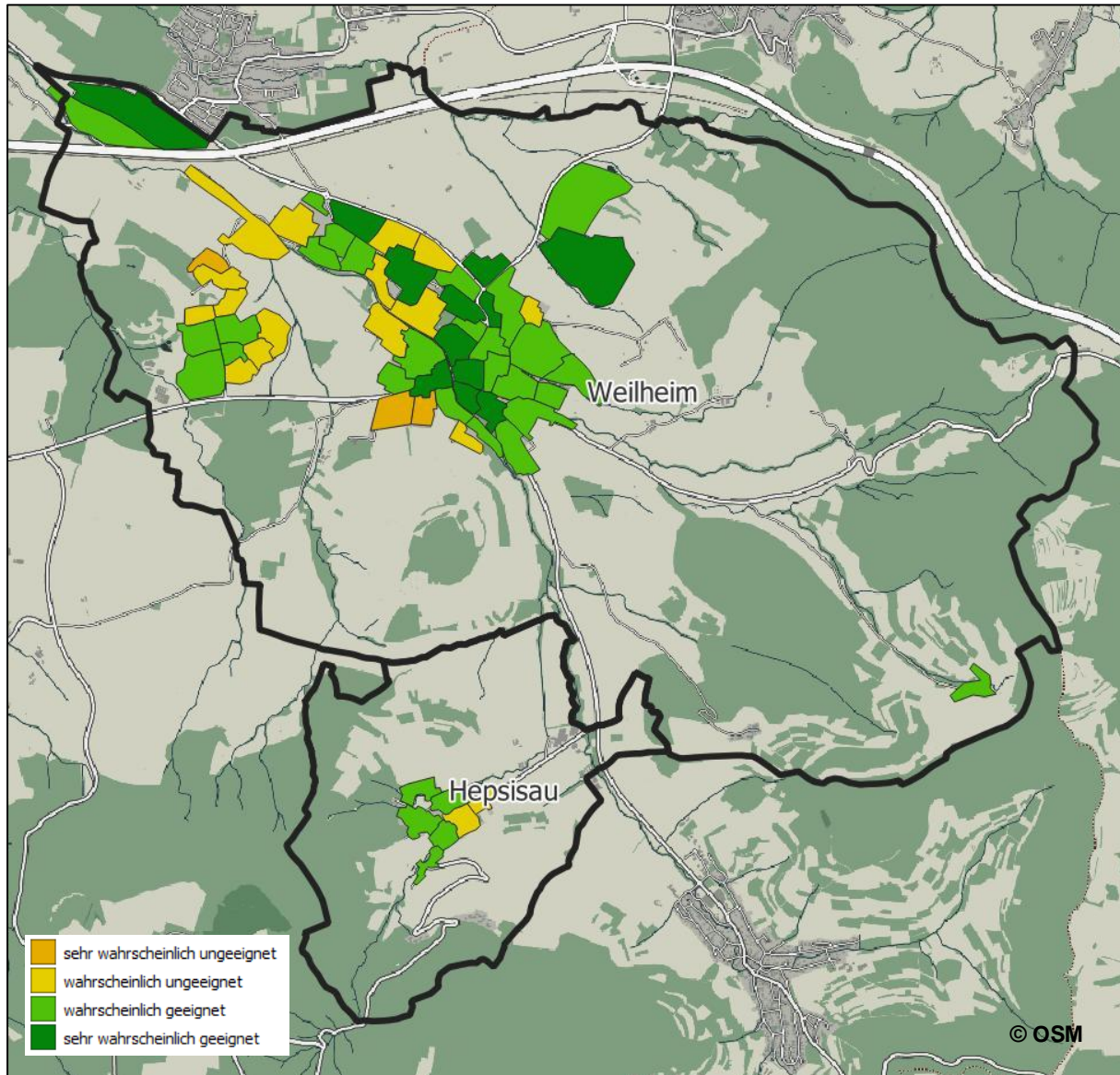


Abbildung 10: Ergebnisse der Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz

4.4.2 Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz

Für die Einstufung der Eignung eines Gebietes zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

1. Gasnetz Status Quo
2. Gasbedarf
3. Geplantes H₂-Netz

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch ein Wasserstoffnetz vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich

daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Clusters.

Das Ergebnis der Eignungsprüfung ist in Abbildung 11 dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine höhere Eignung entlang der bestehenden Gasnetzinfrastruktur. Insgesamt werden 18 Cluster als wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich ungeeignet eingestuft. Für 45 Cluster wird eine wahrscheinliche Eignung ermittelt.

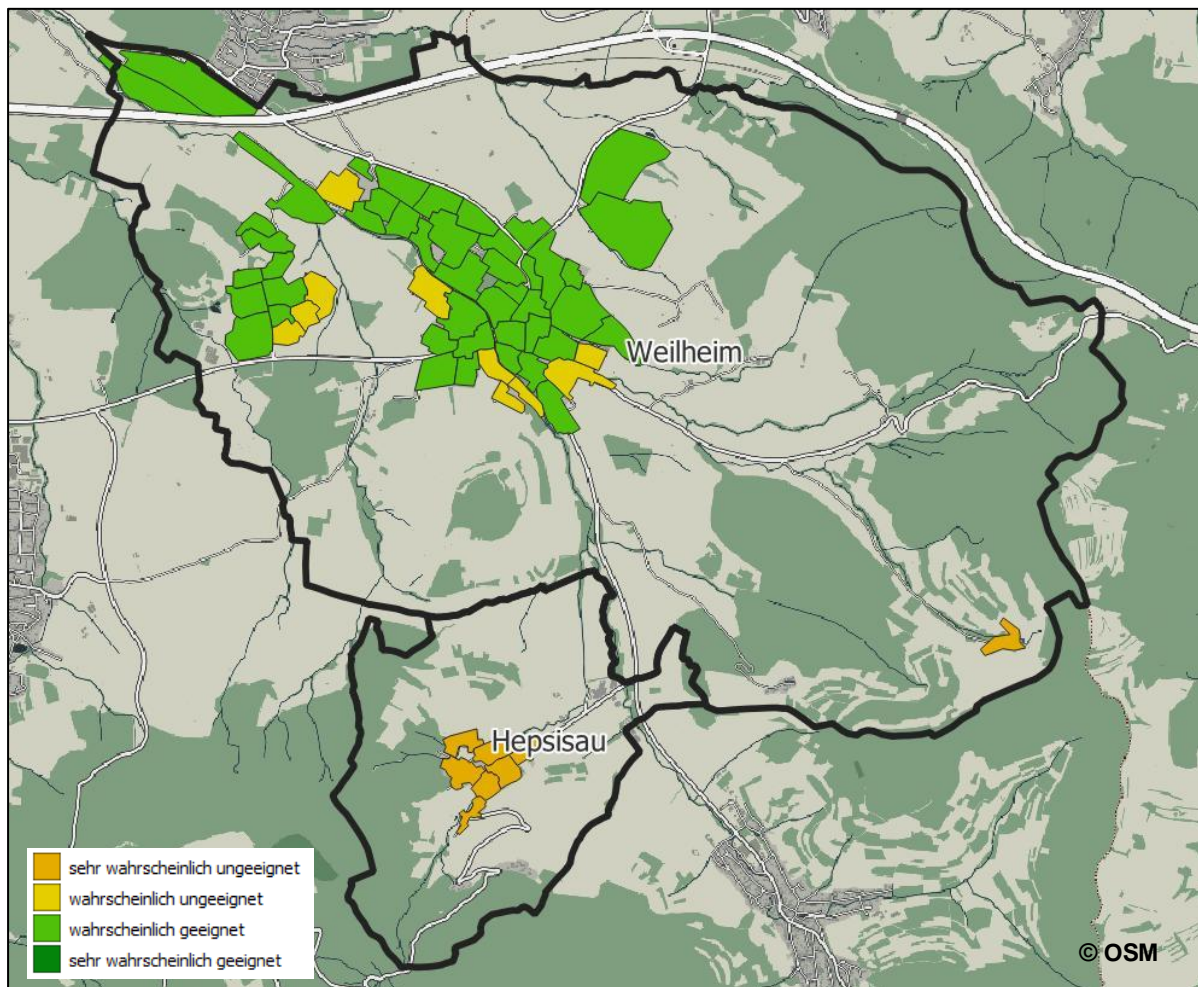


Abbildung 11: Ergebnisse der Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz

5 Potenzialanalyse

5.1 Ziele und Vorgehensweise

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden die Potenziale zur Energieeinsparung 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 Reduktion des Wärmebedarfs
- Potenziale für klimaneutrale Wärme
- Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

5.2 Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs

Die Potenziale zur Energieeinsparung resultieren einerseits aufgrund von **Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden** durch energetische Sanierungen und andererseits durch **Steigerung der Energieeffizienz bei industriellen und gewerblichen Prozessen**.

5.2.1 Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

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. Die Auswirkungen auf den Wärmebedarf aller Gebäude der analysierten Gebäudenutzungen zeigt Abbildung 12. Im Rahmen der weiteren Erstellung der KWP ist das Szenario 1 als Leitszenario für die Berechnungen in der Potenzialanalyse und für die Zielszenario-Erstellung verwendet worden.

Tabelle 6: Sanierungsszenarien im Rahmen der KWP

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Sanierungsrate	2%/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

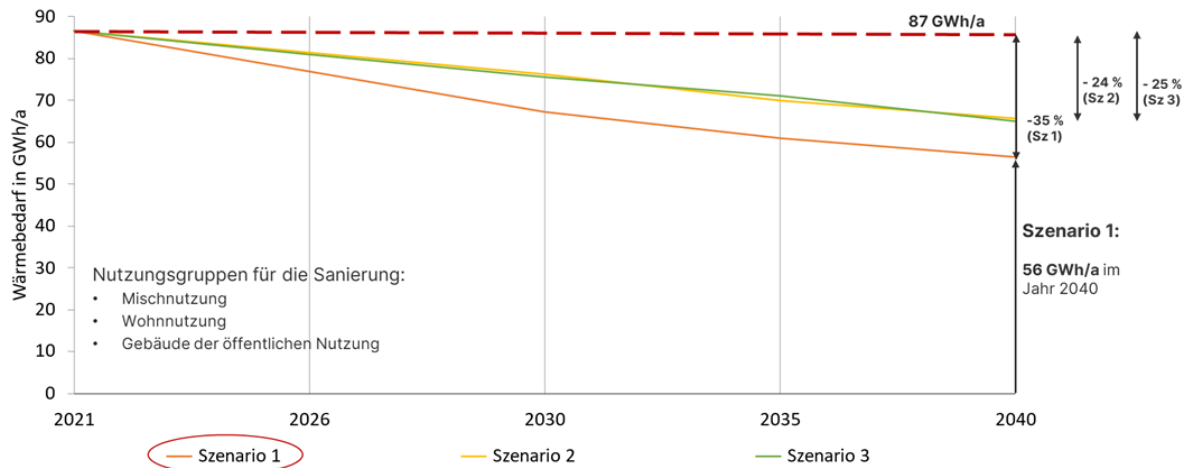


Abbildung 12: Auswirkung der Sanierungsszenarien auf den Wärmebedarf

5.2.2 Potenziale durch Steigerung 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 im nachfolgenden Diagramm abgebildet.

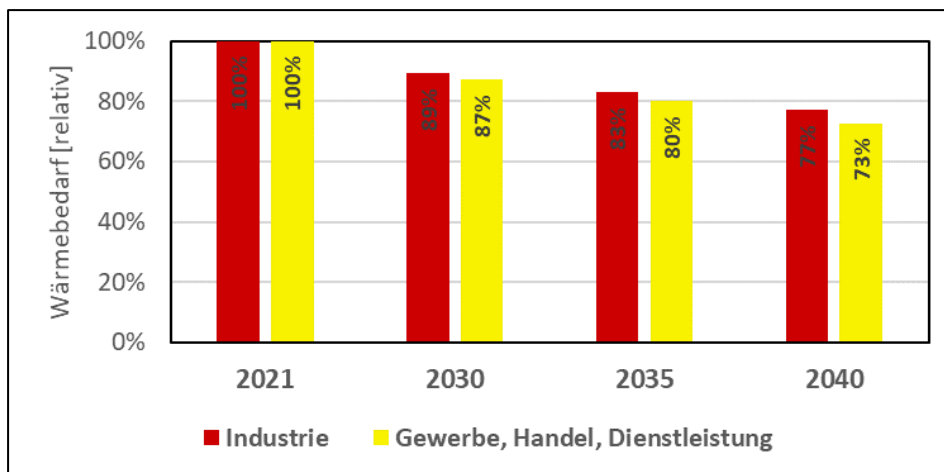


Abbildung 13: Szenario - Entwicklung Prozesseffizienz GHD und Industrie

5.2.3 Gesamtpotenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs

In Summe resultiert für das Zieljahr ein Einsparpotenzial durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden und Erhöhung von Prozesseffizienzen in Höhe von 36,8 GWh/a. Dies entspricht einer relativen Einsparung in Höhe von 31 %. Der aktuelle Wärmebedarf sinkt dadurch von

118 GWh/a auf unter 82 GWh/a. Zuzüglich der berücksichtigten Neubauvorhaben (Gewerbegebiet Rosenloh, Neubauvorhaben in Hepsisau und Weilheim) mit einem Wärmebedarf von insgesamt knapp 5 GWh/a ergibt sich für das Zielszenario ein potenziell zu deckender Wärmebedarf von 86 GWh/a. Abbildung 14 zeigt für das Leitszenario die zeitliche Entwicklung der Energieeinsparung ohne zusätzlichem Bedarf durch Neubau im Bereich Wärme auf. Ergänzend sind in Tabelle 7 die Ergebnisse für die jeweiligen Zeitschritte nach Nutzungssektoren aufgeschlüsselt.

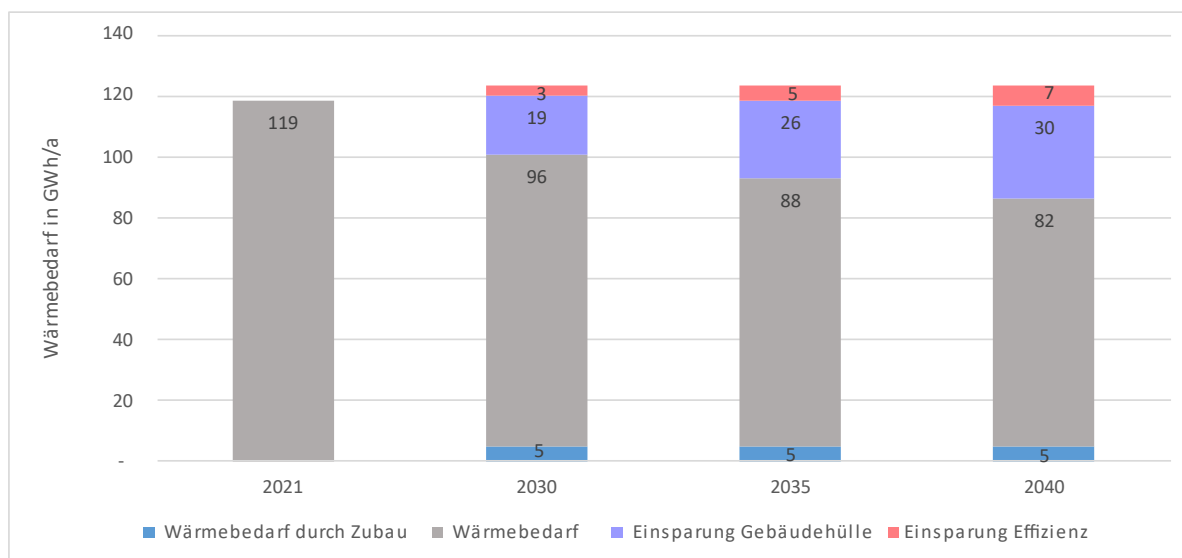


Abbildung 14: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1

Tabelle 7: Energiebedarfsentwicklung nach Sektoren – Szenario 1

Sektor	2021	2030	2035	2040
Öffentliche Gebäude	5.403	4.666	4.630	4.595
GHD	7.002	6.059	5.570	5.080
Verarbeitendes Gewerbe/Industrie	19.797	17.659	16.471	15.284
Mischnutzung	14.675	8.948	8.782	8.712
Wohnnutzung	68.222	55.226	49.247	44.638
Sondernutzung	3.391	3.391	3.391	3.391
Sonstige	32	32	32	32
Zubau	0	4.798	4.798	4.798
Gesamt	118.522	100.780	92.922	86.529

Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Gemäß § 18 Abs. 5 WPG sind Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial aufzuzeigen. Diese können durch Sanierungsmaßnahmen und Prozesseffizienzsteigerung einen relevanten Beitrag zur Erreichung der Wärmewendeziele beitragen. In Abbildung 15 sind die absoluten Wärmeeinsparpotenziale im Zieljahr gegenüber dem Basisjahr für die einzelnen Cluster dargestellt. Diese Analyse wird unter anderem zur Identifikation kommunaler Fokusgebiete gemäß Kapitel 7.3.2 weiterverwendet.

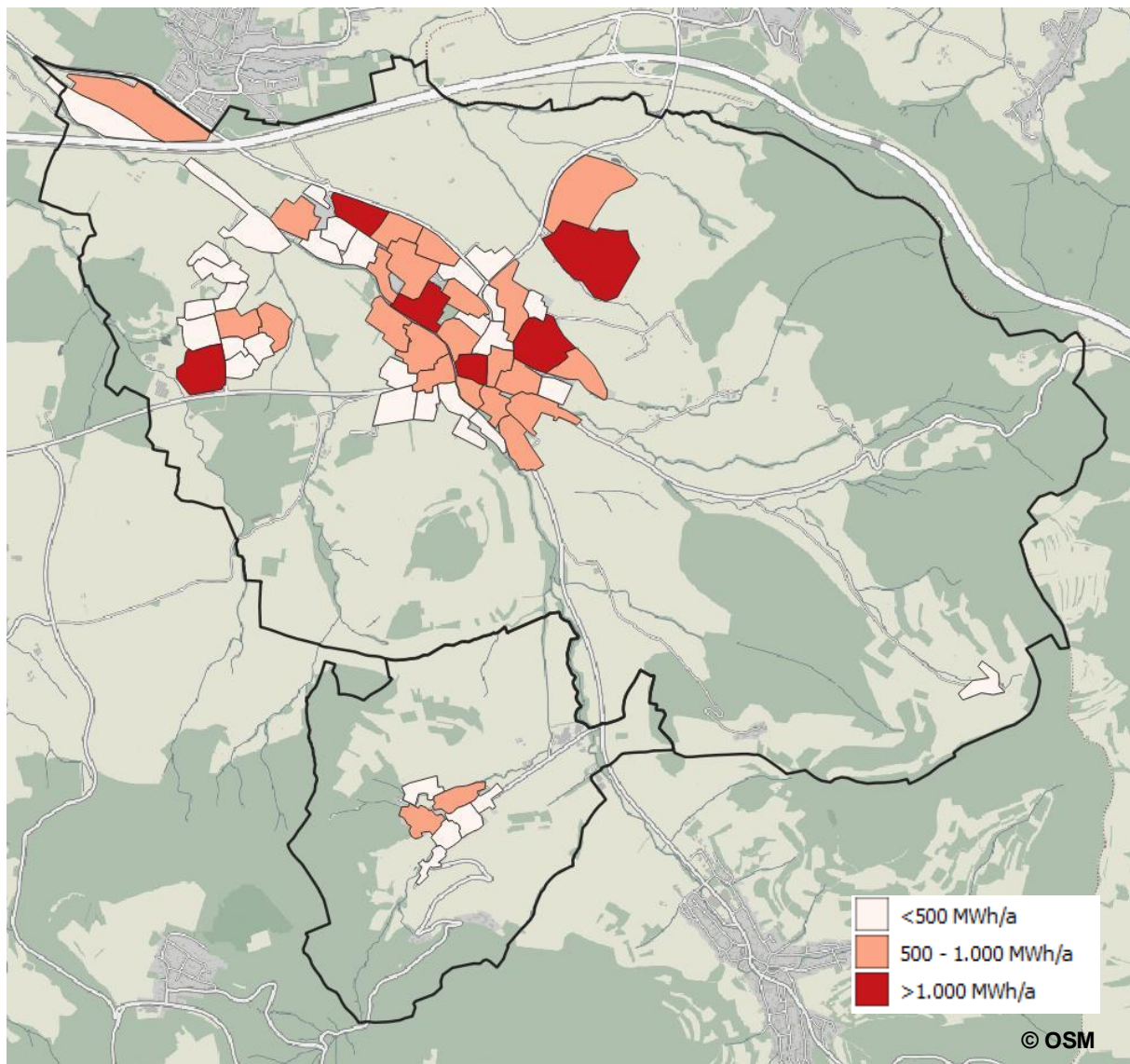


Abbildung 15: Teilgebiete mit erhöhtem Wärmeeinsparpotenzial

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 niedrigeren, spezifischen Treibhausgas-Emissionswerte sinken bei der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien die 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.

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 zeigen jeweils die prozentuale Deckung des Wärmebedarfs im Zieljahr durch das entsprechende Potenzial (Nachfragepotenzial).

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 Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe

Unvermeidbare 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 4.3.6 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 für „Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe“ resultiert ein Potenzial von 24.000 MWh/a aus einer Elektrolyseanlage im Gewerbegebiet Rosenloh. Diese Menge resultiert aus einer Potenzialstudie aus dem Jahr 2023. Weiterhin wurde eine weitere potenzielle Abwärmemenge im produzierenden Gewerbe ermittelt. Die Energiemenge konnte nicht quantifiziert werden, wird jedoch auf unter 2.000 MWh/a geschätzt.

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 und auch 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. Informationen zum Abwasseraufkommen in Weilheim liegen für die Hauptkanalführungen aus Berechnungen der itwh GmbH aus dem Jahr 2009 vor.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 2,7 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kanälen rund 2.300 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. In der nachfolgenden Abbildung 16 ist die räumliche Verteilung der Potenziale dargestellt.

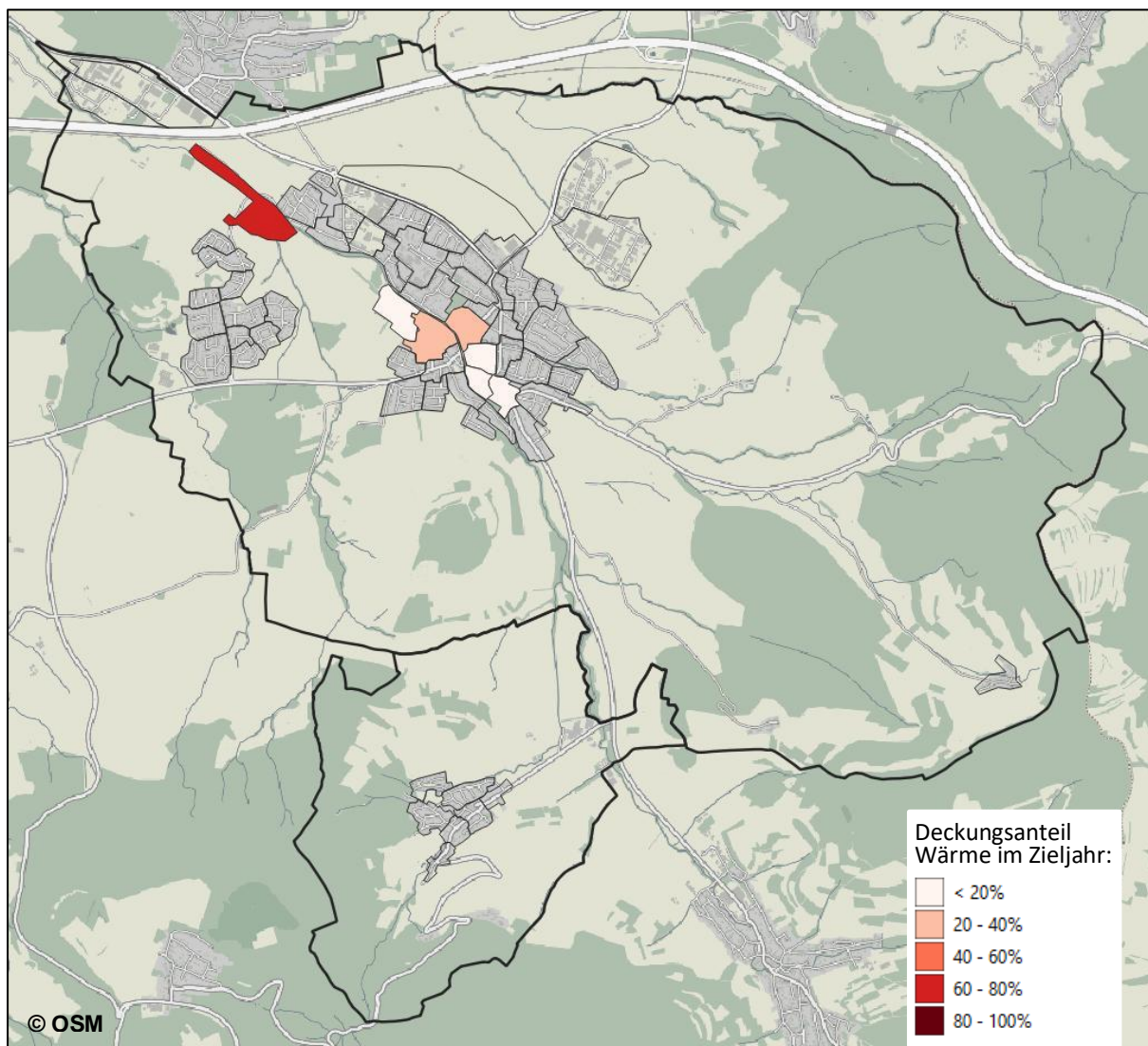


Abbildung 16: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Clusterebene

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.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 3,9 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kläranlagen rund 3.300 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden.

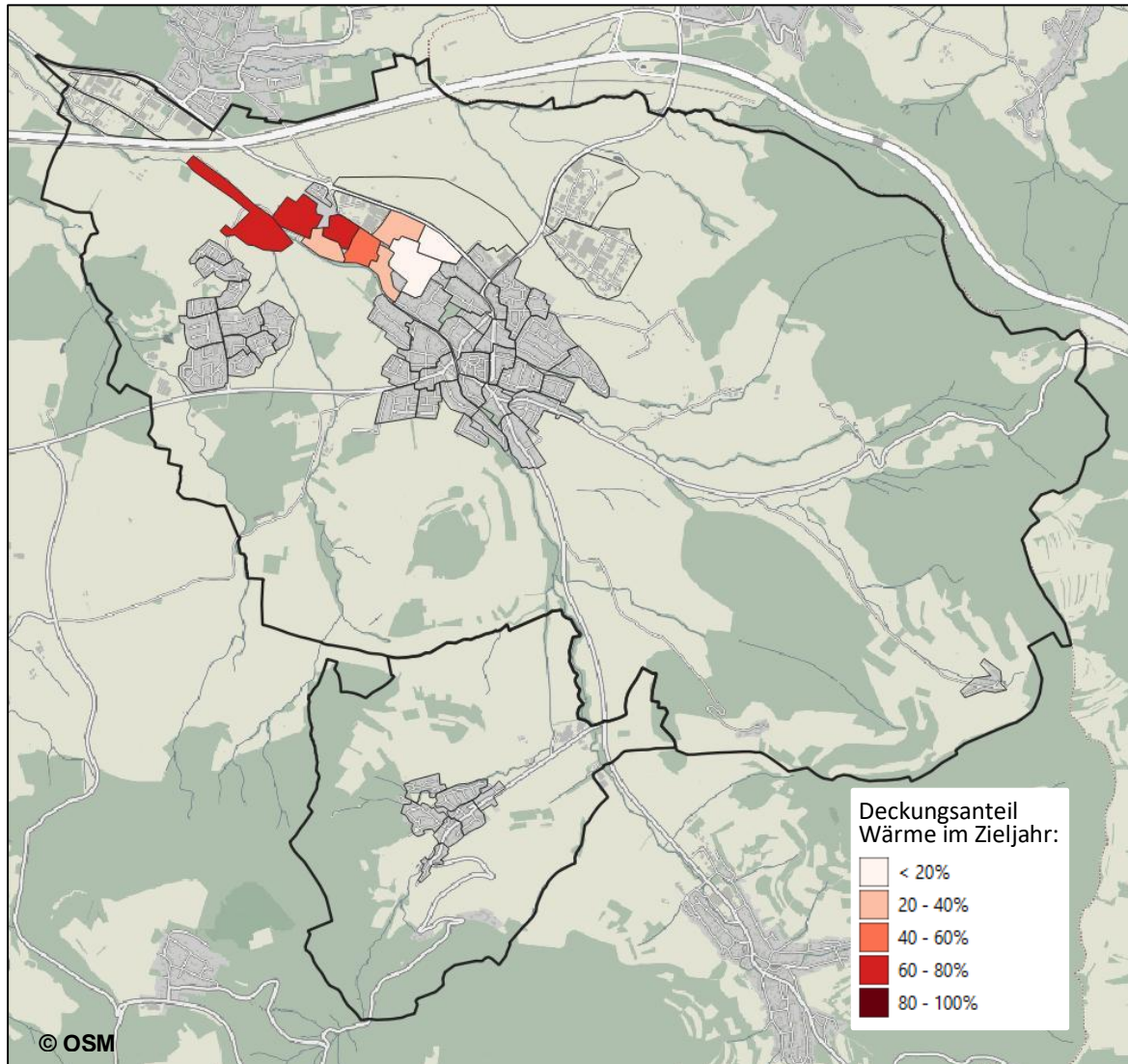


Abbildung 17: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Clusterebene

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=gewaesserguetedaten>) entnommen werden.

Ergebnis

Im Kommunalgebiet Weilheim an der Teck wurden keine Gewässer ausreichender Größe identifiziert, die als relevante Quelle zur Wärmeversorgung dienen können.

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, II, III und IIIA. Innerhalb der Wasserschutzzone IIIB ist der Betrieb von geothermischen Anlagen unter der Auflage von Wasser als Wärmeträgermedium möglich. 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.

Bei der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen (speziell mit guten Ertragswerten) und solche mit einer Lage innerhalb weicher Restriktionsgebiete (z.B. 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. 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 18 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

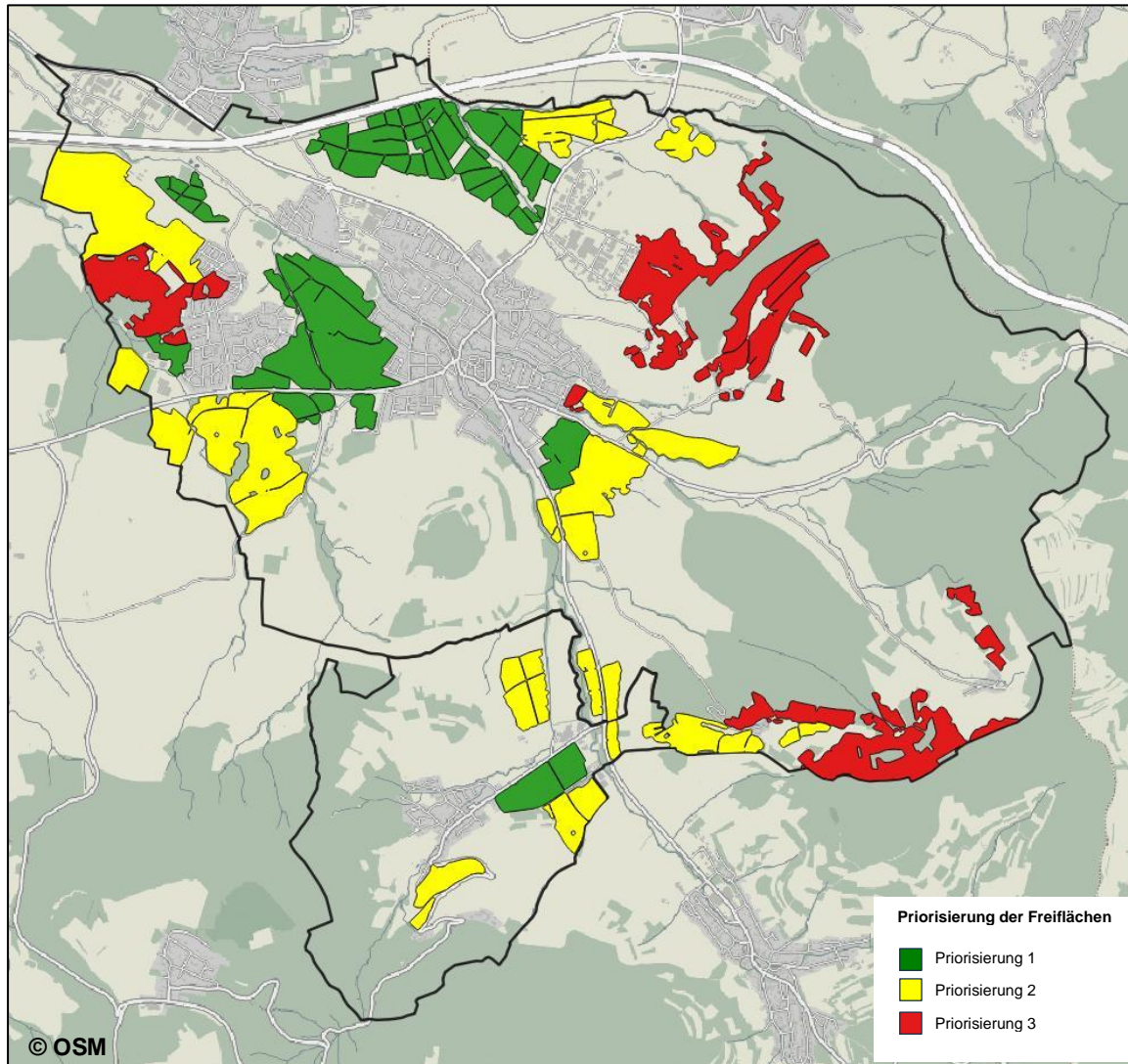


Abbildung 18: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“

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 Kommunalfäche sind in Tabelle 8 enthalten.

1. Geeignet: gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, außerhalb von Schutzzonen (keine Einschränkungen zu erwarten), Nutzung mit geringem Aufwand möglich (kaum Bewuchs)
2. Bedingt geeignet: In Schutzzonen (Einschränkungen oder Auflagen zu erwarten), Nutzung mit Aufwand möglich (leichter Bewuchs)
3. Ungeeignet: Nutzung nicht möglich (starker Bewuchs), aktuelle Flächennutzung bietet kein Potenzial (Neubaugebiet, Kleingärten, Streuobstwiesen, ...), zu große Entfernung von Wärmebedarfen.

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

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
1	159 ha	6,0 %
2	218 ha	8,2 %
3	139 ha	5,2 %
Summe	516 ha	19,5 %

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 81,7 % 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 70.600 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune.

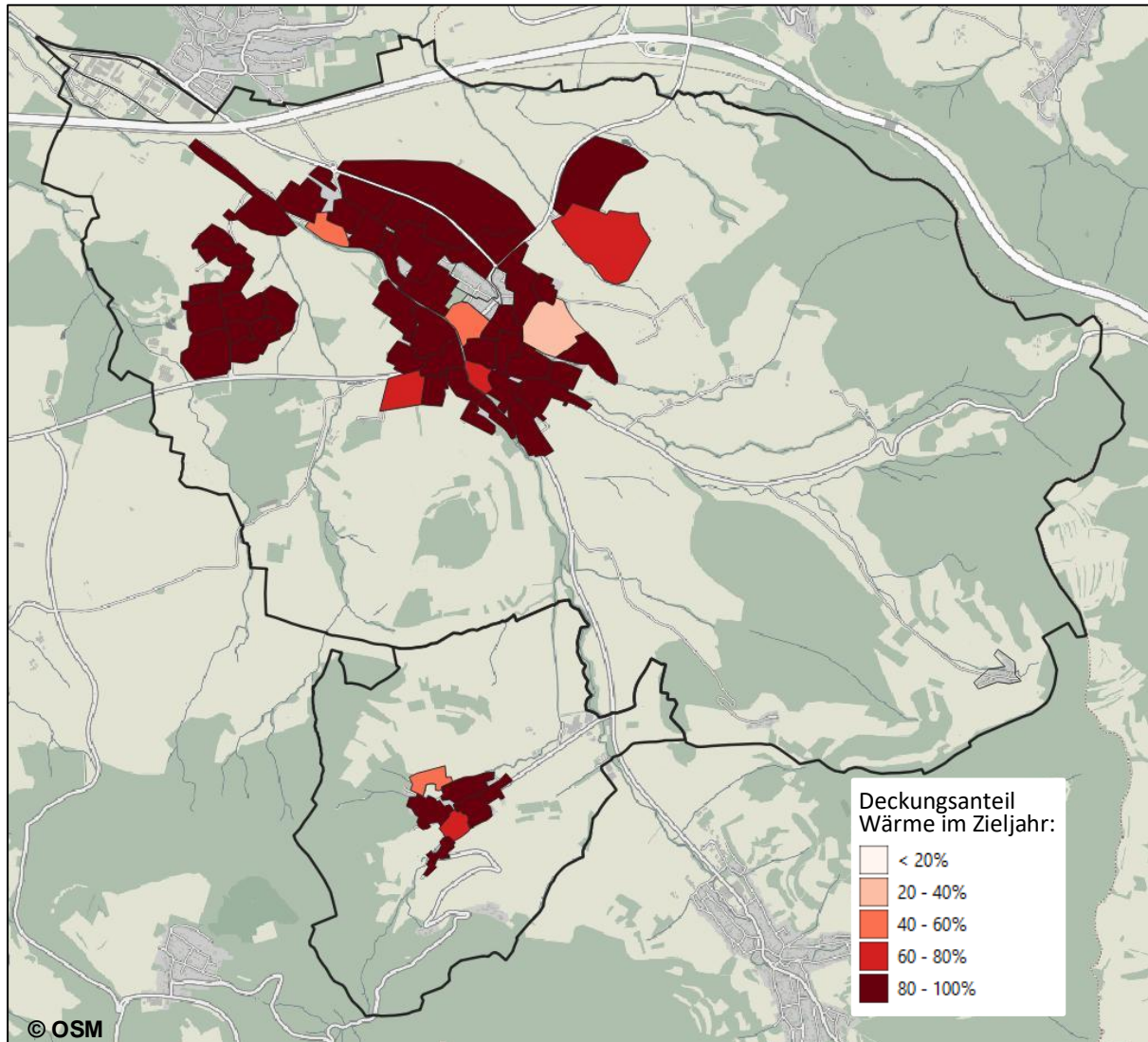


Abbildung 19: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Clusterebene

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 für die Erdwärmeerschließung auf eigene Flurstücke von Gebäuden mit Wärmebedarf. 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 z.B. 10 m bei 100 m Tiefe wird je Flurstück die maximal

verortbare Sondenanzahl ermittelt. Diese bildet die Grundlage für die Berechnung des potenziellen Wärmedeckungsanteils je Gebäude, welcher auf maximal 100 % begrenzt wird. 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 28,5 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus dem Potenzial „Geothermie – Sonden dezentral“ rund 24.600 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angesetzt werden.

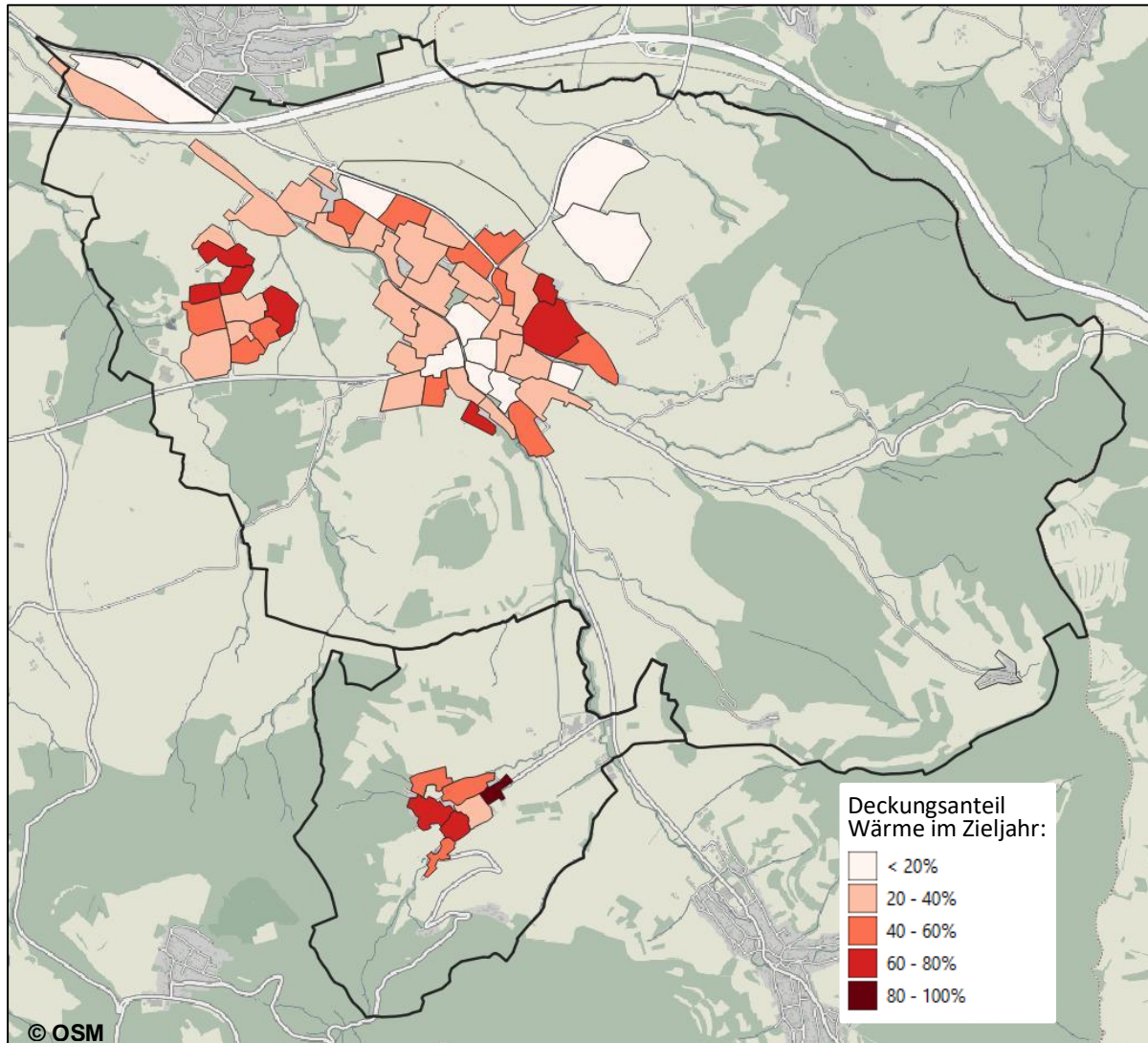


Abbildung 20: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Clusterebene

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.

Technisch unterscheidet sich die Ermittlung des Wärmepotenzials darin, dass für die resultierenden Freiflächen im Folgeschritt die mögliche Anzahl von vertikalen Erdwärmesonden berechnet 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 65,1 % resultiert. Theoretisch ergeben sich damit aus diesem Potenzial insgesamt rund 56.300 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune.

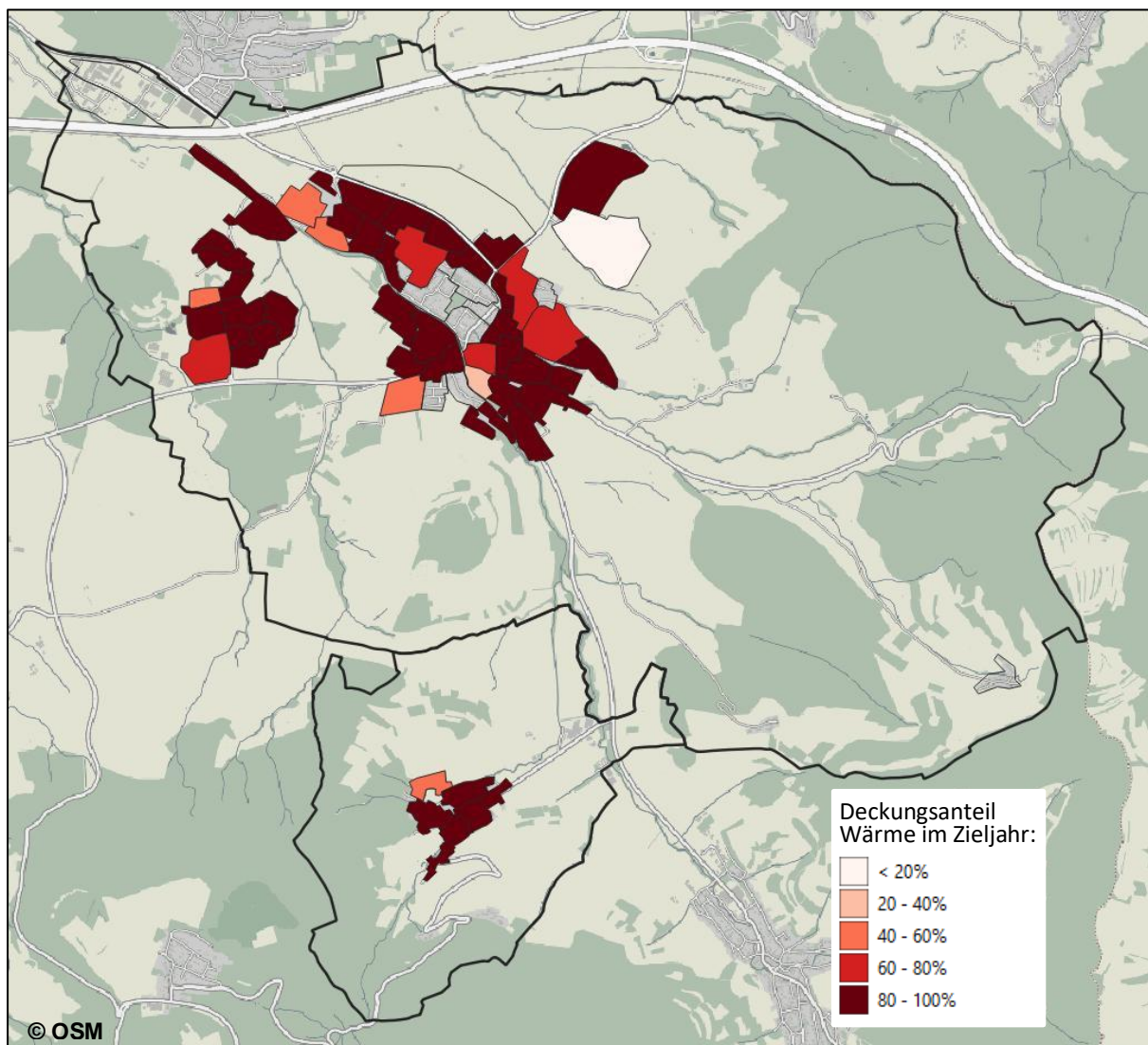


Abbildung 21: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Clusterebene

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 einzelne Flächen außerhalb der Siedlungsstrukturen. Diese sind auf nachfolgender Karte gekennzeichnet.

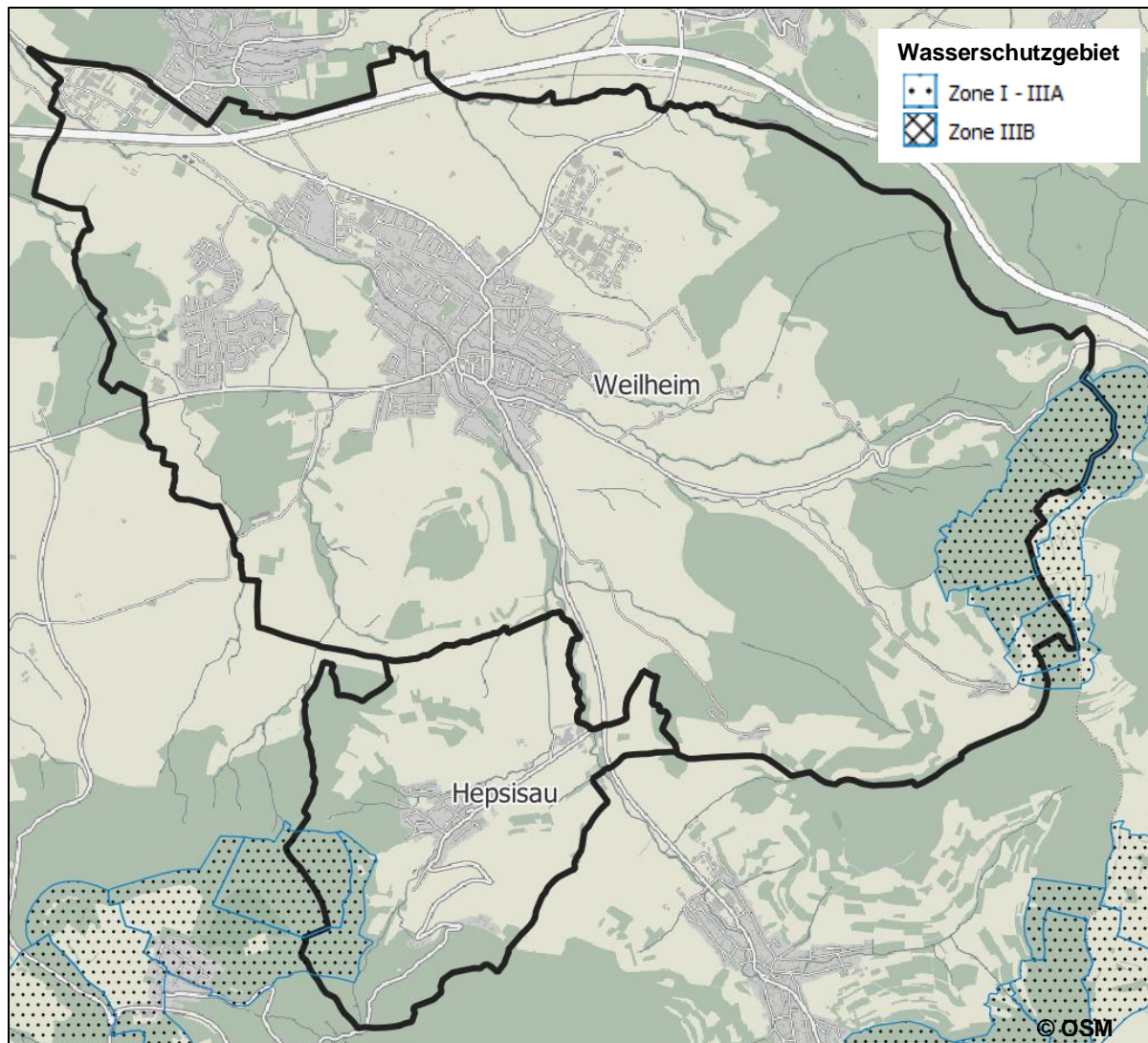


Abbildung 22: Ausschlusskriterien „Grundwasser“ auf Clusterebene

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.

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 ebenfalls im Energieatlas verfügbaren potenziell nutzbaren Dachfläche aus Befliegungsdaten multipliziert, um das Solarthermiepotezial zu berechnen.

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

Datengrundlage

Das Solarthermiepotezial 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 „Solarthermie - dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 17,0 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch rund 14.700 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden.

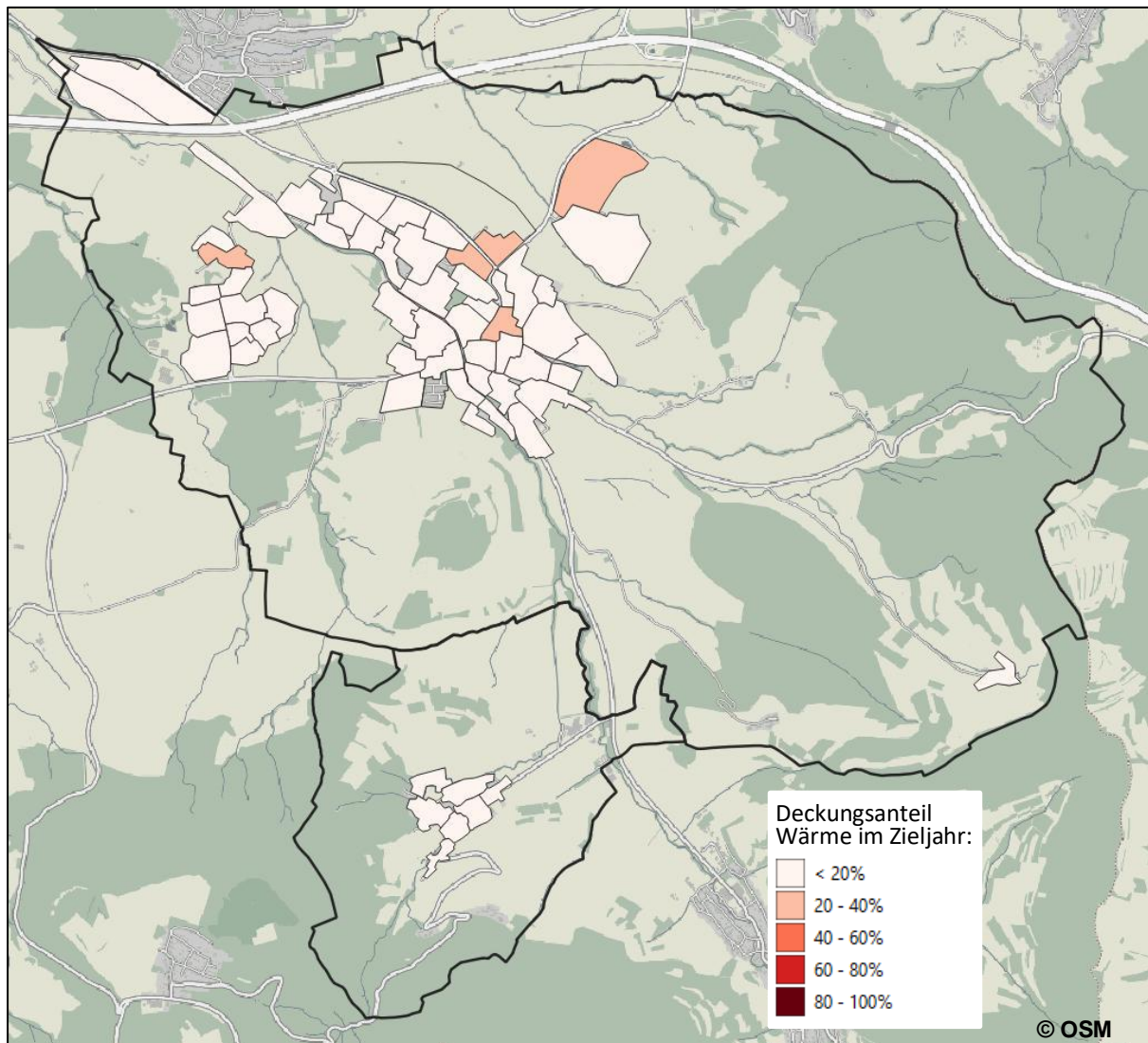


Abbildung 23: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Clusterebene

5.3.11 Solarthermie - zentral

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird zusätzlich zur Solarenergie auf Dachflächen das Potenzial von Freiflächenanlagen untersucht. Zentrale Solarthermieanlagen 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 mit dem Bereitstellungspotenzial der Cluster bilanziell abgeglichen, die sich in räumlicher Nähe 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. 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 24 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

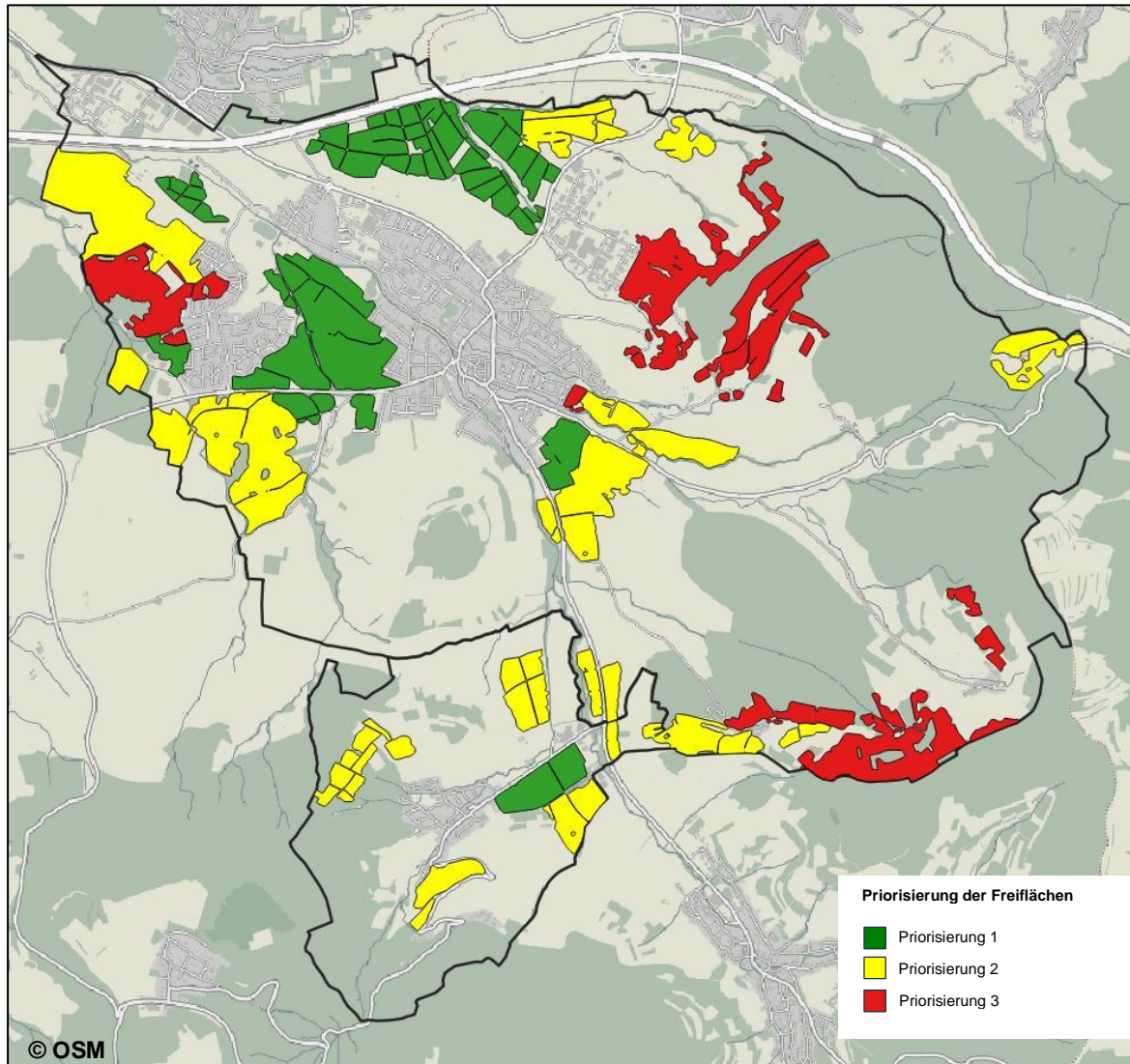


Abbildung 24: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“

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 Kommunalfäche sind in Tabelle 9 enthalten.

1. Geeignet: gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, außerhalb von Schutzzonen (keine Einschränkungen zu erwarten), Nutzung mit geringem Aufwand möglich (kaum Bewuchs)
2. Bedingt geeignet: In Schutzzonen (Einschränkungen oder Auflagen zu erwarten), Nutzung mit Aufwand möglich (leichter Bewuchs)
3. Ungeeignet: Nutzung nicht möglich (starker Bewuchs), aktuelle Flächennutzung bietet kein Potenzial (Neubaugebiet, Kleingärten, Streuobstwiesen, ...), zu große Entfernung von Wärmebedarfen.

Tabelle 9: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Solarthermie - zentral“

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
1	159 ha	6,0 %
2	240 ha	9,0 %
3	139 ha	5,2 %
Summe	538 ha	20,3 %

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 27,8 % resultiert. Insgesamt resultieren aus dem Einzelpotenzial „Solarthermie - zentral“ theoretisch rund 24.000 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune.

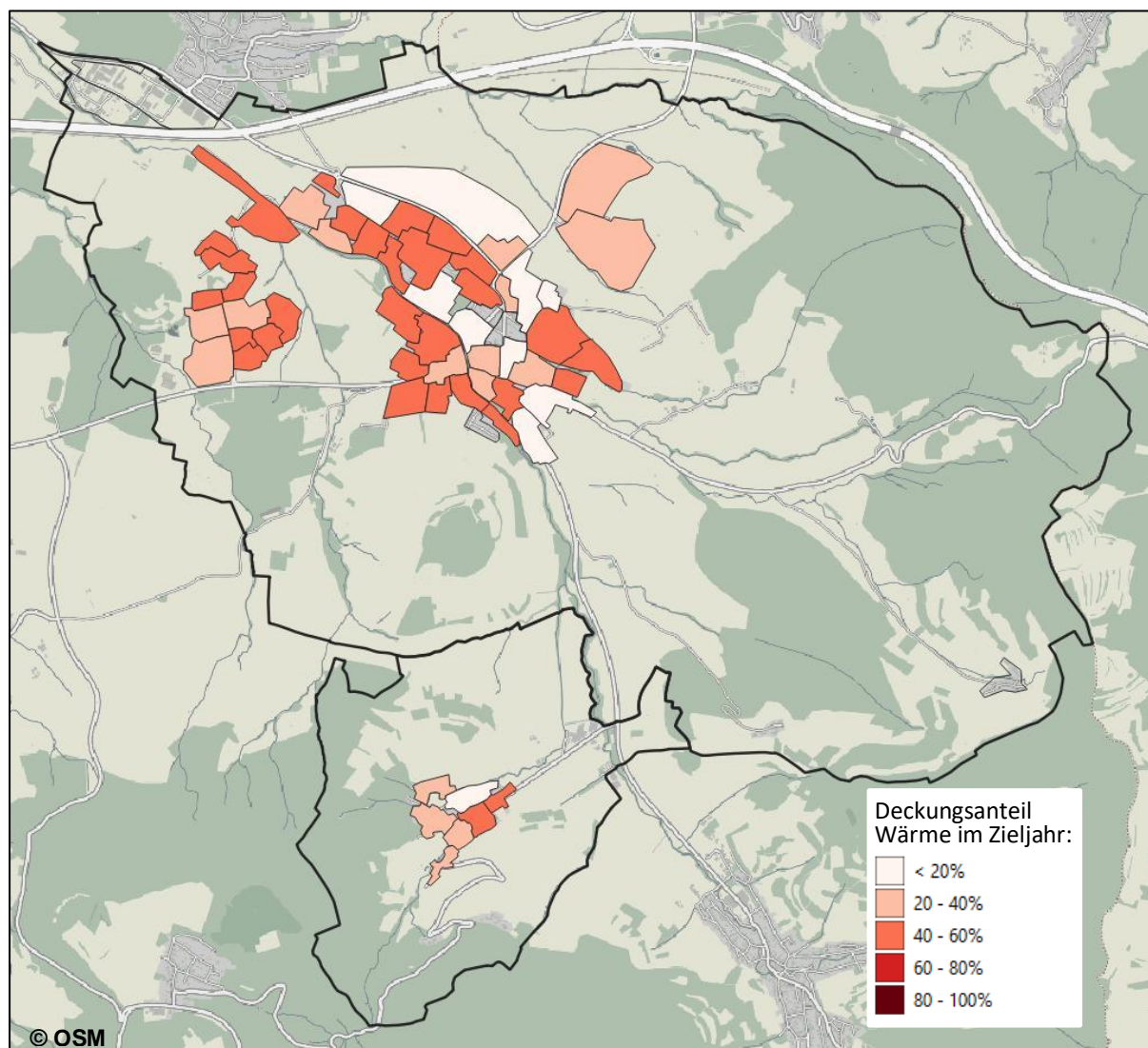


Abbildung 25: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Clusterebene

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 Temperaturanomalien im Untergrund vor allem unter Hepsisau aus. Durch die bestehenden Bohrtiefenbegrenzungen und zu erwartende Schwierigkeiten beim Bohrprozess in der Mainhardtformation sind die Potenziale der klassischen Tiefengeothermie in über 500 m Tiefe voraussichtlich nicht erschließbar. Für den Ortsteil Hepsisau hingegen kann sich das Potenzial bereits bei tieferen Erdsonden positiv auswirken. Die Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen die konkreten Untergrundtemperaturen im Vergleich zur überregionalen Verteilung.

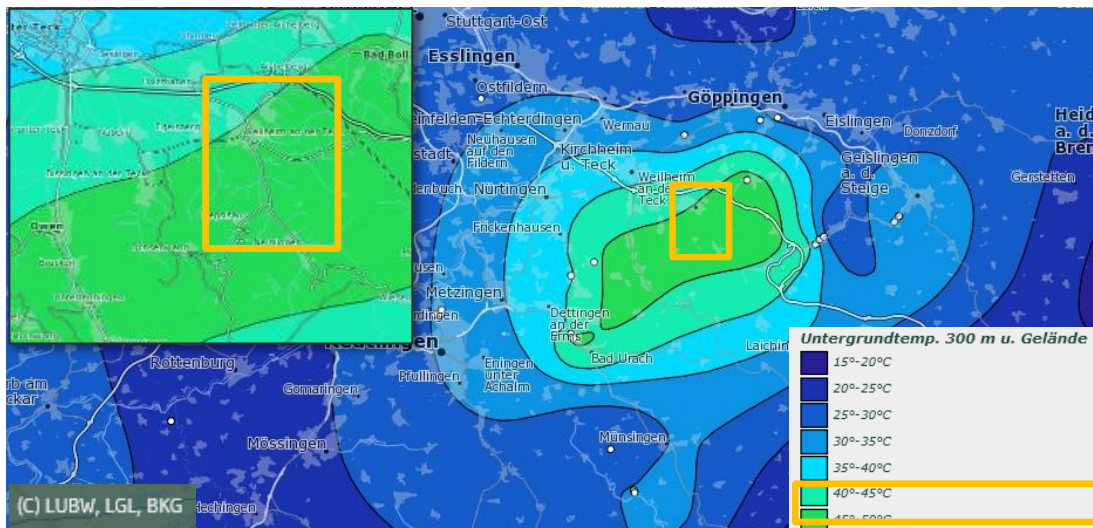


Abbildung 26: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 300 m

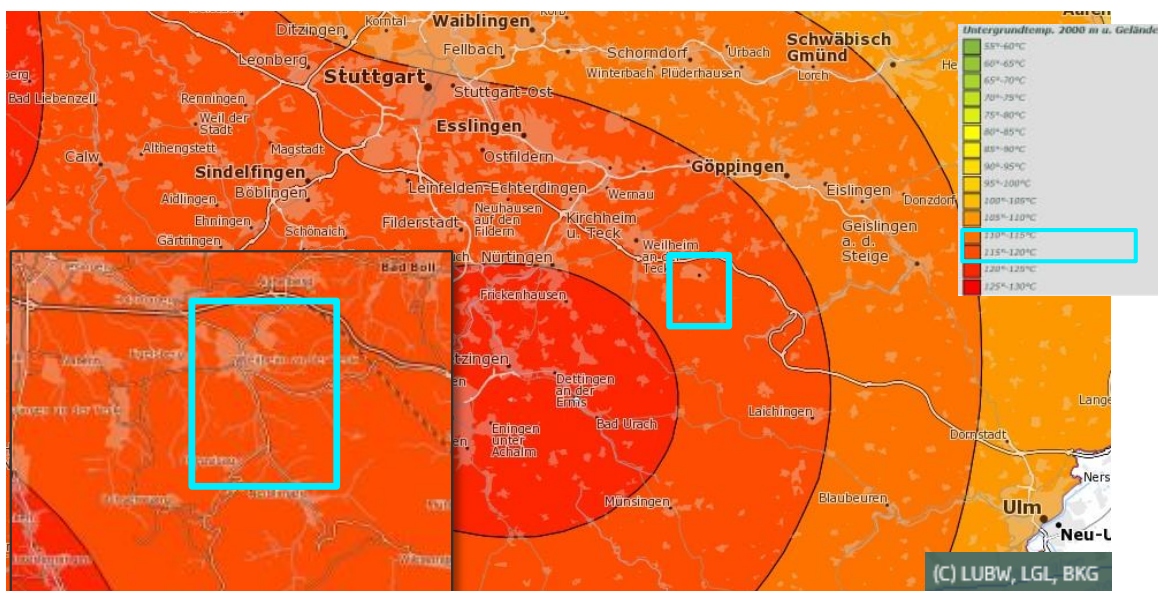


Abbildung 27: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 2.000 m

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 in der Regel 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 an bestehenden Wärmepumpen 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 Zielszenarioerstellung 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, 511 ha Ackerland und 1.000 ha Grünland. Diese Flächen entsprechen zusammen rund 59 % 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. Für die analysierten Flächen resultiert dabei ein theoretisches Energieerzeugungspotenzial in Höhe von 11.200 MWh/a, wovon 2.200 MWh/a auf die Stromproduktion und 9.000 MWh/a auf die Wärmeauskopplung entfallen.

Biomasse aus der Forstwirtschaft

Auf dem Kommunalgebiet existieren Waldflächen von rund 570 ha. Im Rahmen der Wärmeplanung wird lediglich Waldrestholz für die Ermittlung des Energiepotenzials berücksichtigt. Für den Flächenertrag an Waldrestholz wird 1,5 t/ha geschätzt und ein Mobilisierungsfaktor von 60 % angenommen, um möglichen Nutzungseinschränkungen durch Schutzgebiete aus dem Biosphärenreservat Schwäbische Alb zu berücksichtigen. Daraus resultiert ein kommunales Energiepotenzial des Holzes in Höhe von 1.760 MWh/a. Bezogen auf den Biomassebedarf im Basisjahr von 24.700 MWh entspricht dies einem Anteil von 7 %.

Gesamtergebnis

In Abbildung 28 sind die Flächen sowie deren räumliche Verteilung zur Mobilisierung des Biomassepotenzials aufgezeigt. Das gesamte Wärmenutzungspotenzial aus dieser Analyse beträgt rund 10.700 MWh/a.

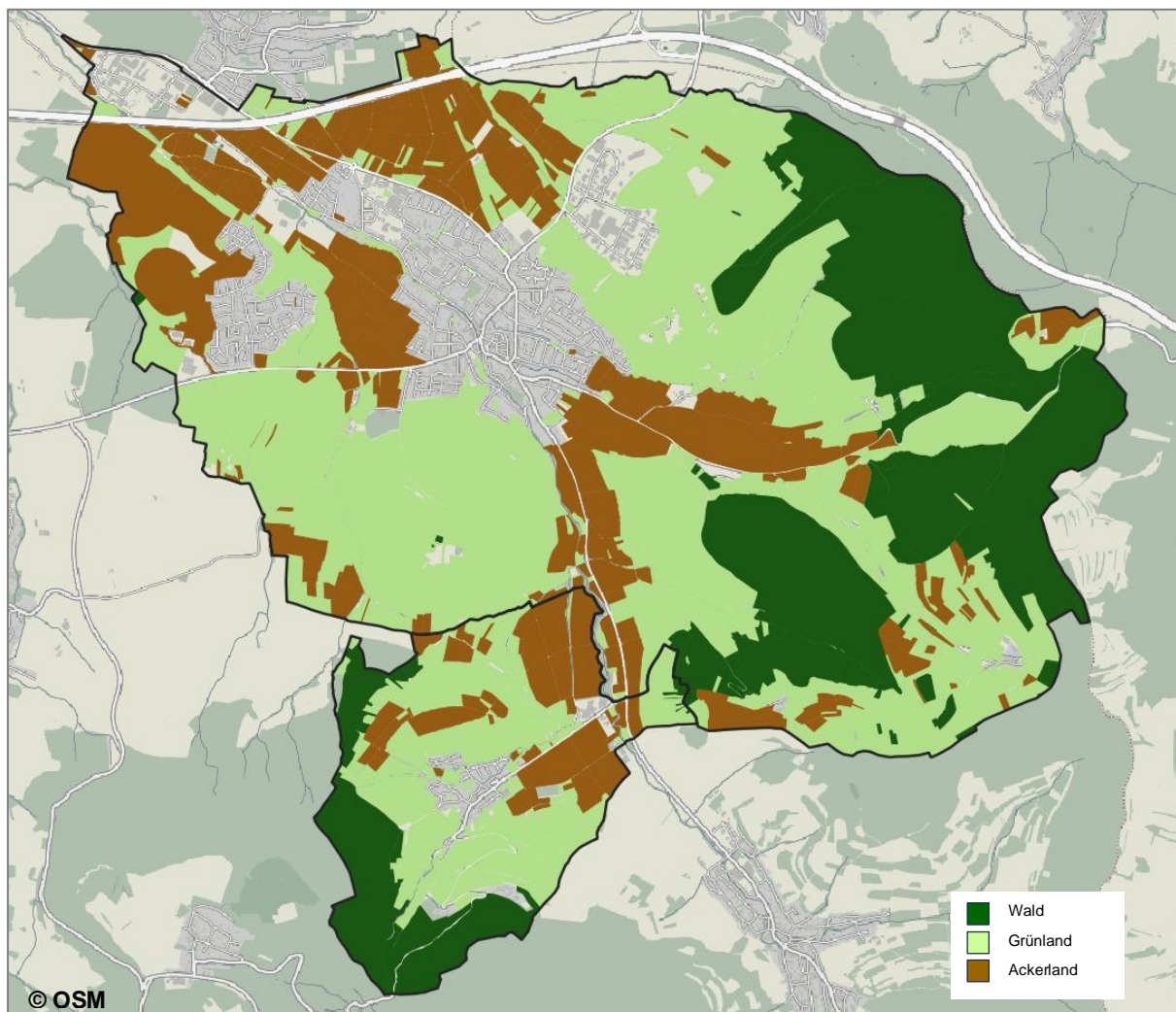


Abbildung 28: Karte der Biomasse Potenzialflächen

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 Zielszenarioprozess 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 dieser Logik finden im Zielszenario 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 Zielszenarioprozess abgewägt, ob eine Nutzung von grünen Gasen auf Ebene der Cluster als Nutzungsoption in Frage kommt.

5.3.14 Potenzial für Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung

Der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kommt bei der Energiewende eine besondere Rolle zu: „[...] Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sind im Vergleich zu Anlagen der ungekoppelten Erzeugung effizienter, weil sie neben Strom auch Wärme produzieren. Die bei der Herstellung von Strom entstehende Wärme wird als Wärmeenergie für öffentliche und private Verbraucher genutzt. Der eingesetzte Brennstoff wird damit effizienter und sparsamer verwendet. [...]“⁶

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

⁶ Im Internet unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/moderne-kraftwerkstechnologien.html> (12.06.2024)

Geeignete Einsatzbereiche von kleinen und mittleren KWK-Anlagen liegen besonders bei Anwendungsfällen mit ganzjährig hohem Wärmebedarf und in denen eine hohe Stromeigennutzung möglich ist. Klassischerweise handelt es sich um Verbraucher aus den Bereichen Kliniken, Bäder, Gastronomie und Hotels sowie Verbrauchern mit hohem ganzjährigem Wärmebedarf (Gewerbe, Industrie als auch Gebäude- und Wärmenetze).

Die KWK-Technologie befindet sich dabei an der Schnittstelle zwischen Strom- und Wärmemarkt. Beide Sektoren sind im Kontext der Energiewende in den nächsten Jahrzehnten immer stärker zusammen zu denken.

KWK-Anlagen werden in Zukunft vermehrt stromnetzdienlich betrieben. Da der in der Vergangenheit übliche wärmegeführte Betrieb von KWK-Anlagen aufgrund der zunehmenden fluktuierenden Stromerzeugung mit Wind und PV nicht in der Breite sinnvoll ist, werden voraussichtlich die KWK-Anlagen von vornherein flexibel, das heißt ausgerichtet auf den Bedarf und die variablen Strompreise im Stromnetz, betrieben.

Das Potenzial für Kraft-Wärme-Kopplung wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht räumlich hochaufgelöst quantifiziert. Die Einsatzmöglichkeiten und Aussagen zur Sinnhaftigkeit variieren im konkreten Projektumfeld stark und können mit der strategischen Wärmeplanung nicht vertieft werden.

Daher kann lediglich ein theoretisches Potenzial für Wärme aus der KWK mit einem vereinfachten Ansatz ermittelt werden. Im Zieljahr beträgt der Wärmebedarf (Erzeugernutzenergieabgabe) für die Sektoren „Verarbeitendes Gewerbe/Industrie und GHD“ 20 GWh/a und für die Wohn- und Mischnutzung 53 GWh/a. Unter der Annahme, dass von diesen Objekten rund 50 % ein Potenzial für eine KWK-Nutzung haben resultiert ein Wärmepotenzial aus KWK von bis zu 18 GWh/a zur Bedarfsdeckung im Zieljahr (Pauschale Annahme: 50 % der Verbraucher geeignet; 50 % dieser Wärmemenge in den Versorgungsobjekten durch KWK).

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 von 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 von 49 MW_p an Photovoltaik-Modulen auf den Dachflächen installiert werden können. Unter Berücksichtigung der Eignungsklasse der Dachflächen resultiert ein jährlicher Stromertrag von rund 54.000 MWh/a. Im Basisjahr sind dabei in Weilheim bereits 8.538 kW_p installiert.

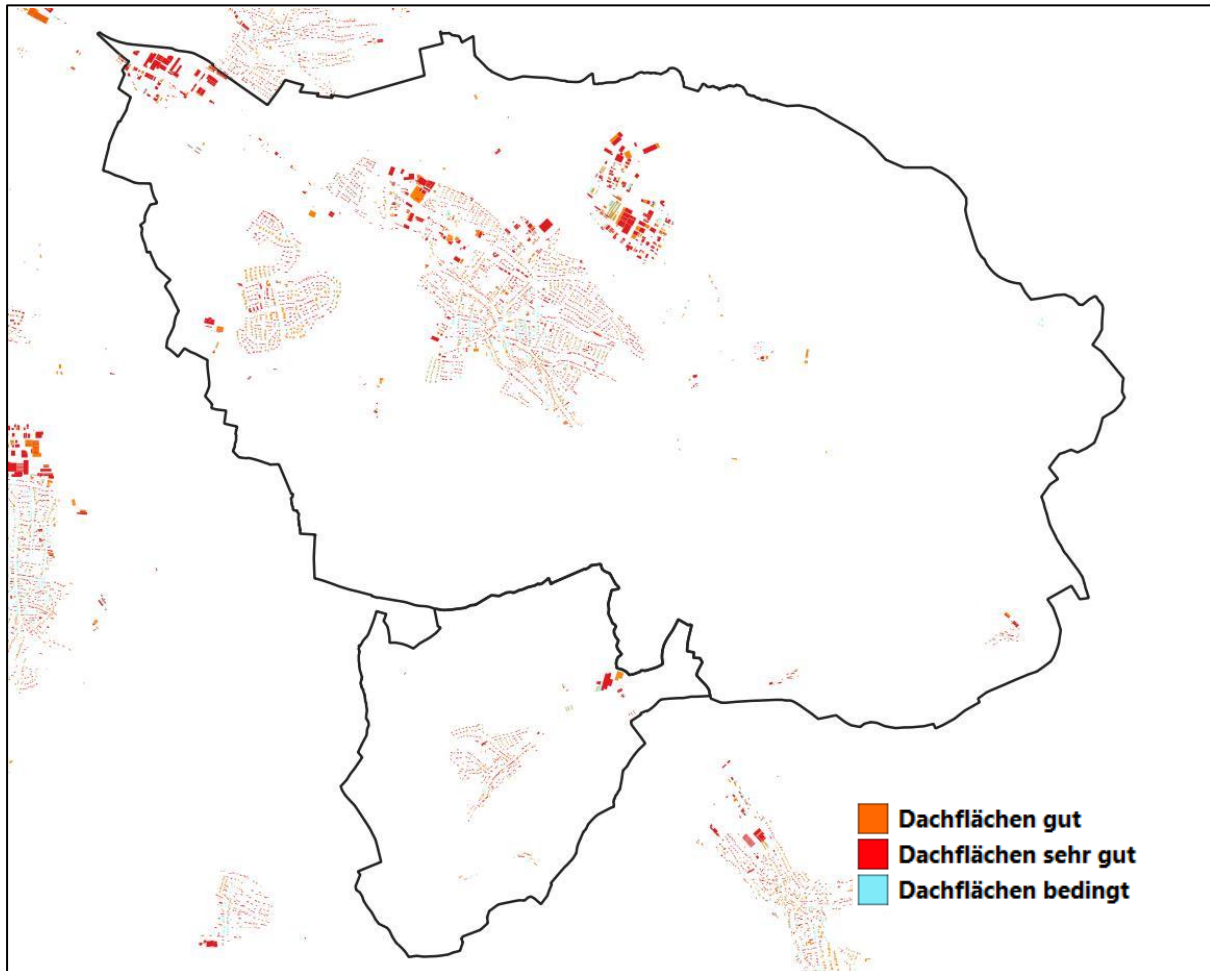


Abbildung 29: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene (Einstufung nach Energieatlas BW)

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 Aufständerung 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, bifaziale 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 30 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass ein Stromerzeugungspotenzial in Höhe von 300.000 MWh/a resultiert. Bezogen auf den Strombedarf im Basisjahr entspricht diese Menge rund 625 %.

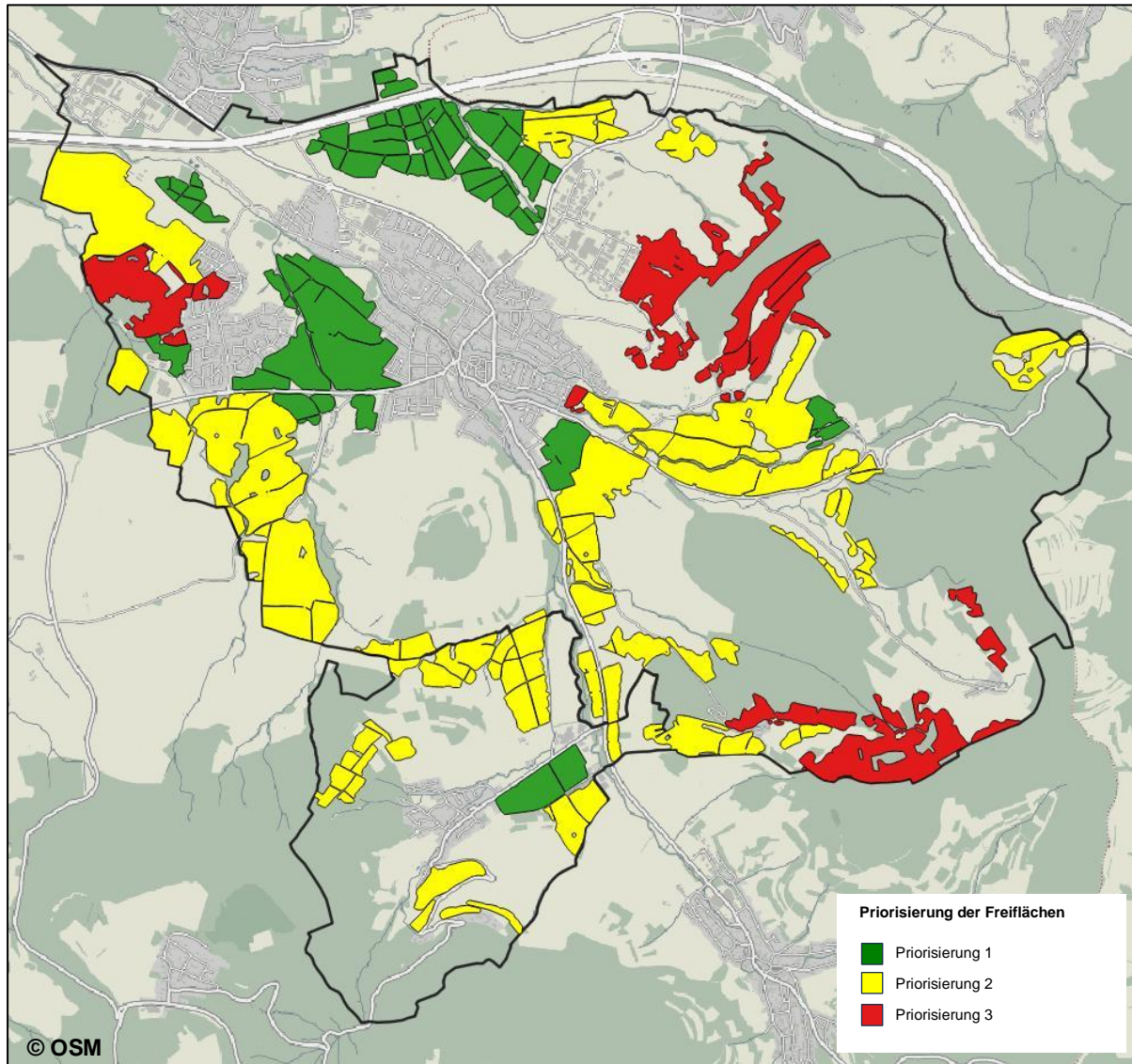


Abbildung 30: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“

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 Kommunalfäche sind in Tabelle 10 enthalten.

1. Geeignet: gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, außerhalb von Schutzzonen (keine Einschränkungen zu erwarten), Nutzung mit geringem Aufwand möglich (kaum Bewuchs)
2. Bedingt geeignet: In Schutzzonen (Einschränkungen oder Auflagen zu erwarten), Nutzung mit Aufwand möglich (leichter Bewuchs)
3. Ungeeignet: Nutzung nicht möglich (starker Bewuchs), aktuelle Flächennutzung bietet kein Potenzial (Neubaugebiet, Kleingärten, Streuobstwiesen, ...)

Tabelle 10: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Photovoltaik – zentral“

Priorisierung	Summe	Anteil an Fläche der Kommune
1	167 ha	6,3 %
2	414 ha	15,6 %
3	139 ha	5,2 %
Summe	720 ha	27,2 %

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.⁷

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 Bestandswindenergieanlagen 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.

⁷ Im Internet unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html> (02.03.2023)

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass keine Freiflächen auf Weilheimer Gemarkung für die Windkraft als geeignet eingestuft sind.

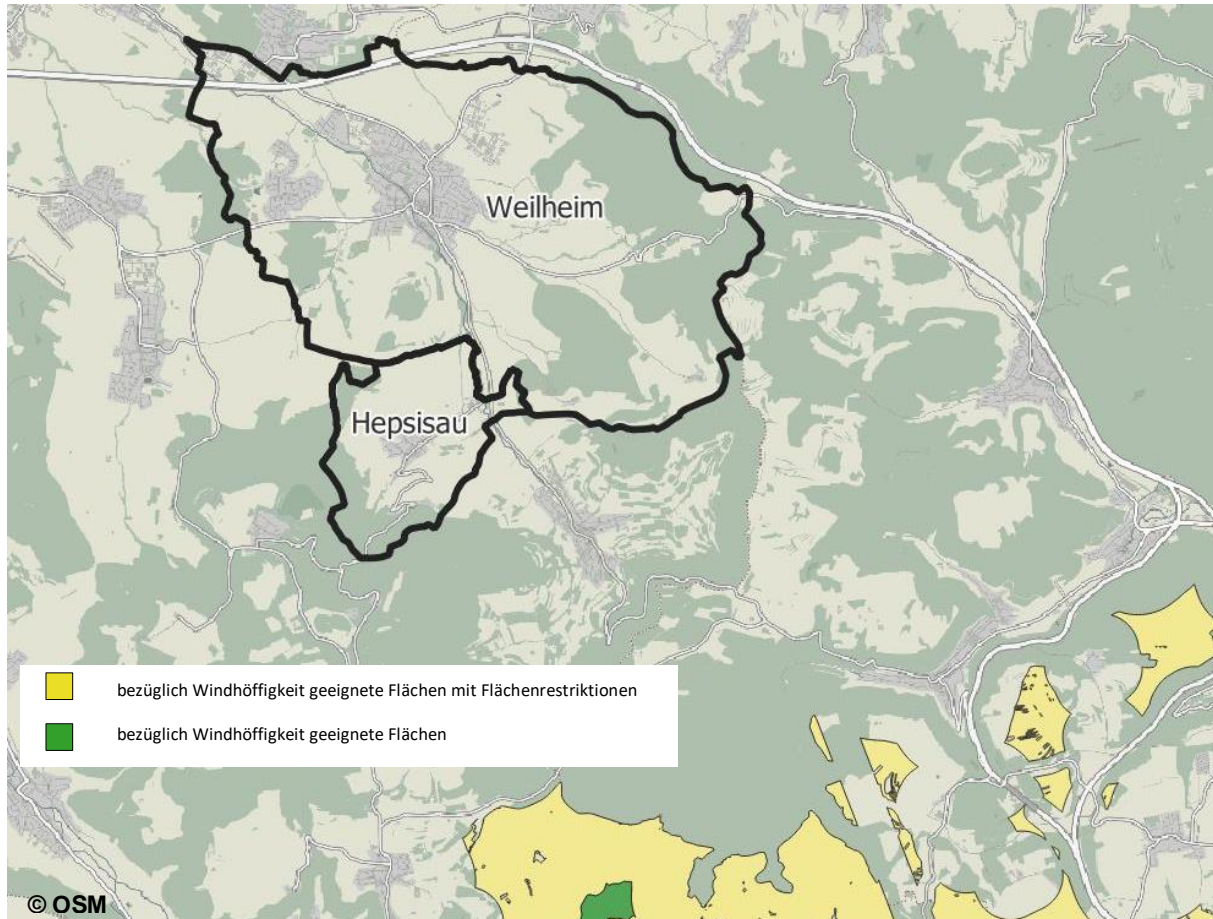


Abbildung 31: "Windkraft"-Potenzial aus Energieatlas BW

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.⁸

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.

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

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).⁹

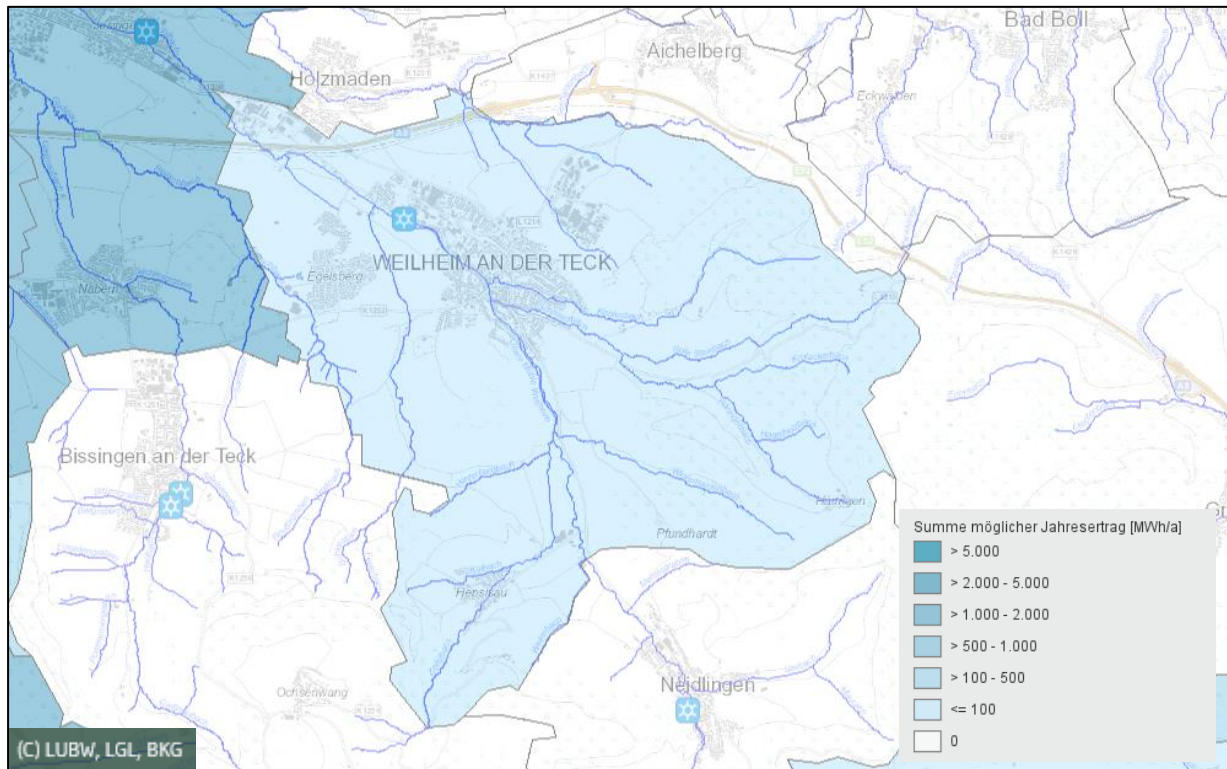


Abbildung 32: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW

Ergebnis

Auf dem Kommunalgebiet ist der Zubau von Wasserkraftanlagen nur noch beschränkt bzw. nicht möglich. Die Lindach wird bereits in Weilheim für die Stromerzeugung aus Wasserkraft genutzt. Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass kein zusätzliches Stromerzeugungspotenzial resultiert. Das ermittelte Potenzial in Höhe von 25 kW ist durch die bestehende Anlage bereits erschlossen. Die erzielbare Energiemenge wird vom LuBW mit 66,9 MWh/a angegeben.

⁹ Im Internet unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial> (02.03.2023)

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 zu den möglichen Wärmedeckungsbeiträgen der Einzelpotenziale vor.

Hauptergebnisse

Durch Sanierung und Effizienzsteigerung reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gemäß dem Leitzszenario um 27 % gegenüber dem Basisjahr auf 86 GWh/a im Zieljahr.

Die Wärmedeckungspotenziale liegen besonders im Bereich der zentralen Erdwärmekollektoren und Sonden, wobei sich die Kollektoren in Weilheim aufgrund der Bohrtiefenbegrenzungen voraussichtlich besser umsetzen lassen. In Hepsisau sind besondere Potenziale in den dezentralen Erdwärmesonden zu finden. Ein weiteres großes Potenzial ist in der Industrieabwärme aus Elektrolyseprozessen im neuen Gewerbegebiet Rosenloh zu erwarten.

Die Übersicht in Abbildung 33 stellt die Potenziale im Bereich Wärme nochmals übersichtlich im Vergleich gegenüber. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse ergänzend zusammengefasst.

Tabelle 11: Übersicht Wärmepotenziale im Zieljahr

	Wärmepotenzial in GWh/a	Potenzieller Deckungsanteil in %
Abwärme – Industrie und Gewerbe	12	14,4%
Abwasser – Kanal	2	2,7%
Abwasser – Kläranlage	3	3,9%
Biomasse	10	13 %
Flusswasser	-	0 %
Geothermie – Kollektoren	71	81,7%
Geothermie – Sonden dezentral	25	28,5%
Geothermie – Sonden zentral	56	65,1%
Grundwasser		Einzelfallprüfung
Seewasser	-	0 %
Solarthermie – dezentral	15	17,0%
Solarthermie – zentral	24	27,8%
Tiefengeothermie	-	Keine Aussage

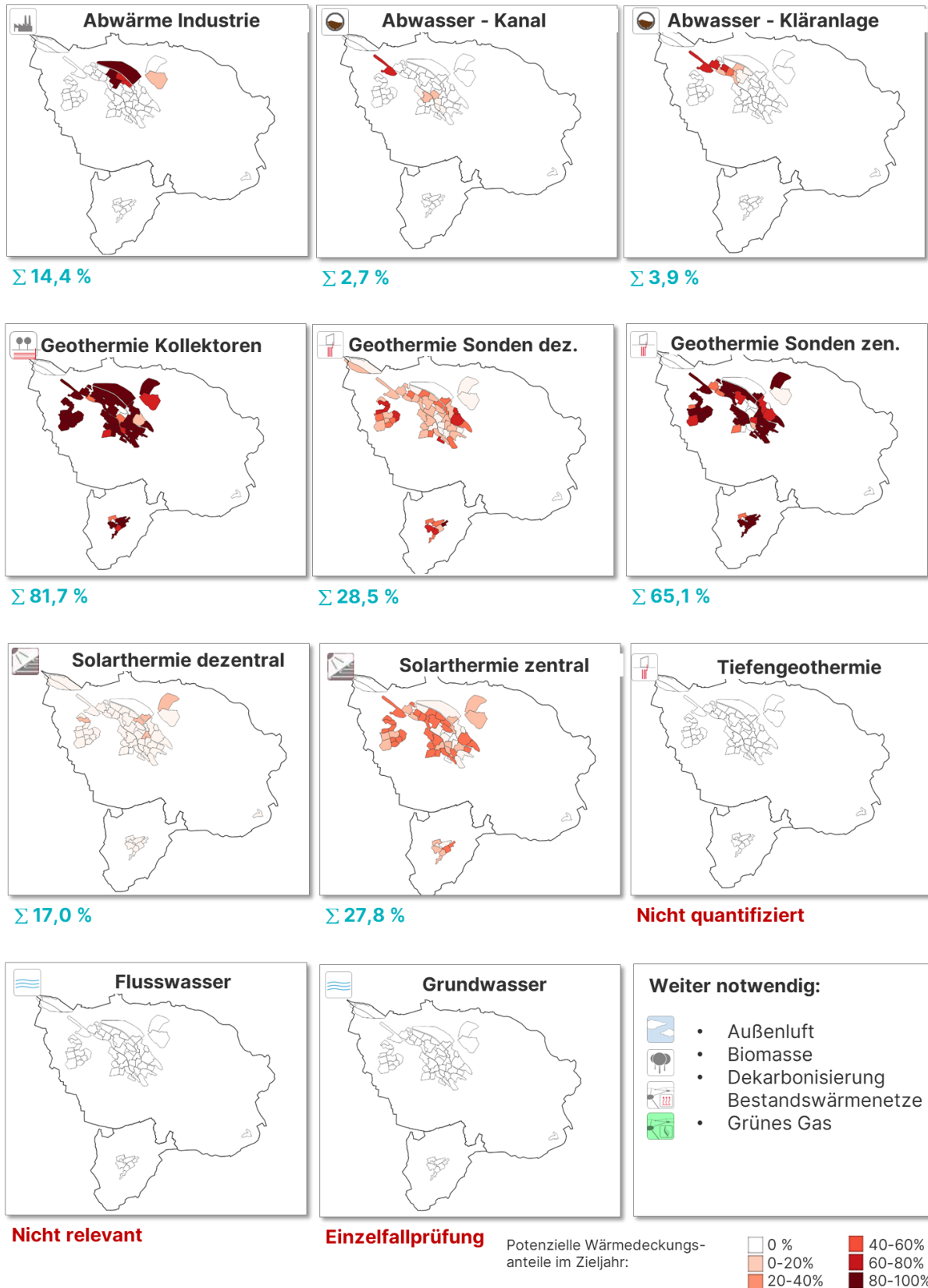


Abbildung 33: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme

6 Zielszenario

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. Im Schritt der Zielszenario-Erstellung wird auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse ausgearbeitet, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Auf Clusterebene wird zunächst bewertet, welche Potenziale in welchem Umfang zur Verfügung stehen, welches Versorgungssystem aktuell vorhanden und potenziell möglich ist. Die Eignungseinstufung der Versorgungssysteme hängt dabei von unterschiedlichen Kriterien ab. In Kapitel 4.4 sind die Methoden und Ergebnisse der Eignungsprüfung von Teilgebieten für die Versorgung über Wärme- und Wasserstoffnetze beschrieben. Grundsätzlich werden je Cluster die zur Verfügung stehenden Versorgungssysteme und Energiequellen mithilfe einer multikriteriellen Matrix bewertet. Die Priorisierung und Definition der Zielszenarien erfolgten in Abhängigkeit von den nachfolgenden Kriterien:

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

Nach der automatisierten Bepunktung und Ausgabe von Versorgungssystemen im Zielszenario 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.

Vorgehensweise bei der Erstellung mehrerer Zielszenarien

Für die Definition eines maßgeblichen Zielszenarios werden zunächst mehrere Zielszenarien nach obig beschriebener Vorgehensweise erstellt. Zielszenario 2 und 3 werden anhand automatisierter Bewertungsansätze unter Berücksichtigung einer definierten Kriteriengewichtung bestimmt. Gemäß den Vorgaben werden daraus die hierfür besonders geeigneten Versorgungssysteme und Energieträger je Cluster berechnet. Aus den beiden Zielszenarien 2 und 3 wird im Anschluss manuell das Zielszenario 1 entwickelt. Hierbei finden zusätzlich Informationen aus den vorangegangenen Projektphasen sowie der lokalen Akteure (Stadtverwaltung, Stadtwerke) Beachtung, die nur schwer automatisiert zu berücksichtigen

sind. In Abbildung 34 sind die eingesetzten Energieträger in den jeweiligen Zielszenarien (ZS) dargestellt. Ergänzend zeigt Abbildung 35 die Anteile der einzelnen Versorgungssysteme am Gesamtwärmebedarf und in Relation zur Clusteranzahl auf.

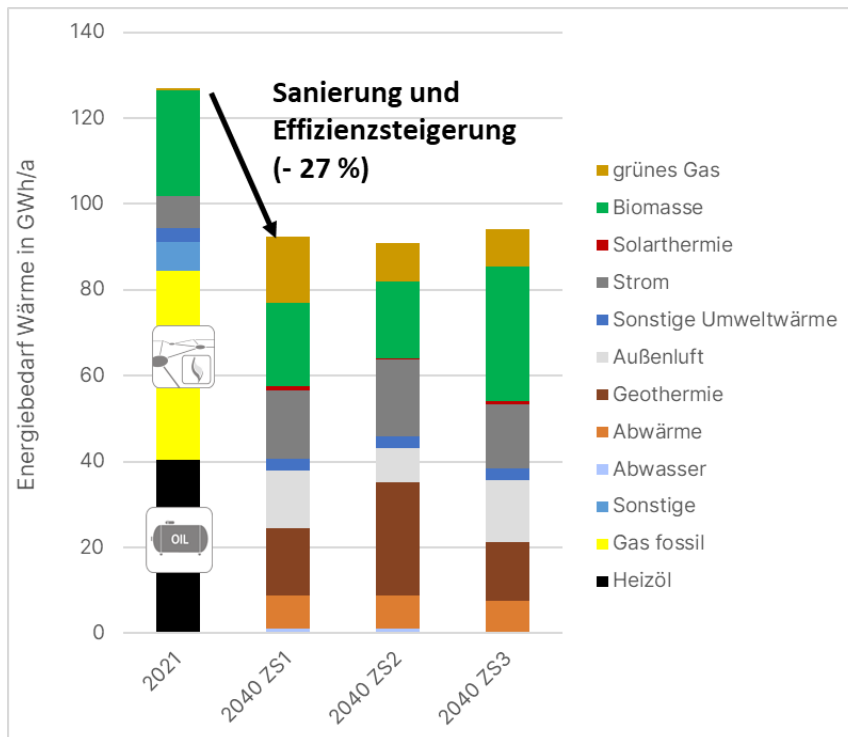


Abbildung 34: Anteile der Endenergieträger an den Zielszenarien

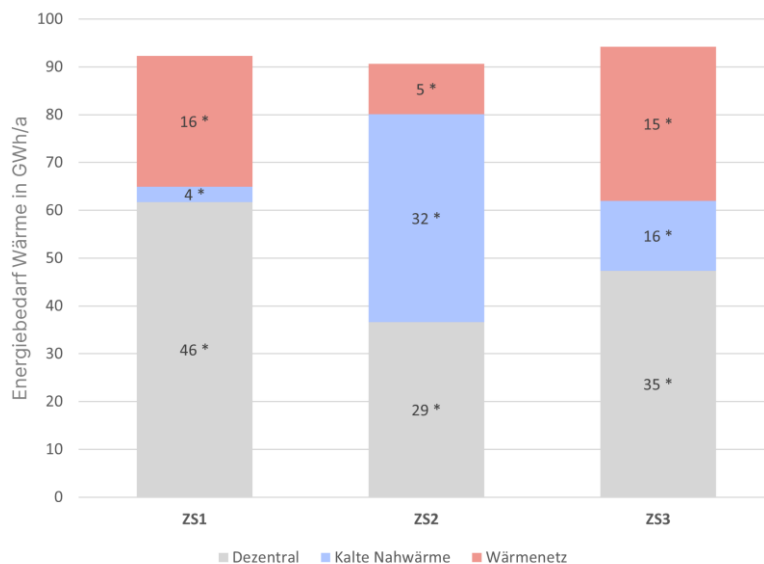


Abbildung 35: Anteile der Versorgungssysteme innerhalb der Zielszenarien. (*Anzahl der Cluster)

Die so ermittelten Szenarien sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 gegenübergestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass die automatisch erzeugten Szenarien 2 und 3 einen hohen Anteil zentraler Versorgungsoptionen mit entsprechend großen neu zu errichtenden Wärmenetzen

enthalten. Die Szenarien 2 und 3 unterscheiden sich wesentlich dadurch, dass in Szenario 2 ein höher Anteil geothermischer Energie in Verbindung mit kalten Wärmenetzen zum Einsatz kommt, während Szenario 3 mehr klassische Wärmenetze bei einem höheren Biomasseeinsatz unterstellt.

Tabelle 12: Übersicht der Energieträger in den Zielszenarien

	ZS1 [MWh]	ZS2 [MWh]	ZS3 [MWh]
Sonstige Umweltwärme	2.514	2.514	2.514
Abwasser	1.194	1.199	360
Abwärme	7.510	7.474	7.112
Geothermie	16.204	26.990	13.620
Außenluft	13.658	8.127	15.289
Strom	16.208	18.300	15.361
Solarthermie	1.093	106	588
Biomasse	18.535	17.142	30.552
grünes Gas	15.367	8.767	8.773
Summe	92.283	90.619	94.171

Tabelle 13: Übersicht der Versorgungsoptionen in den Zielszenarien

	ZS1	ZS2	ZS3
Dezentrale Versorgung	47 Cluster (70%) 62 GWh (67%)	30 Cluster (45%) 37 GWh (40%)	38 Cluster (57%) 49 GWh (52%)
Wärmenetz	16 Cluster (24%) 27 GWh (30%)	5 Cluster (7%) 11 GWh (12%)	13 Cluster (19%) 31 GWh (33%)
Kalte Nahwärme	4 Cluster (6%) 3 GWh (3%)	32 Cluster (48%) 44 GWh (48%)	16 Cluster (24%) 15 GWh (16%)
Gasbedarf 2040 (2021: 57 Clu; 44 GWh)	5 Cluster (7%) 15 GWh (16%)	4 Cluster (6%) 8 GWh (9%)	6 Cluster (9%) 8 GWh (9%)
Wärmenetzlänge (2021: 0 km)	16 km 24 Mio €	31 km 47 Mio €	20 km 29,5 Mio €
Treibhausgasemissionen (2021: 28.276 t CO ₂)	1,5 Tt CO ₂ (-95 %)	0,8 Tt CO ₂ (-97 %)	1,1 Tt CO ₂ (-96 %)
Dezentrale Versorgung	47 Cluster (70%) 62 GWh (67%)	30 Cluster (45%) 37 GWh (40%)	38 Cluster (57%) 49 GWh (52%)

6.2 Maßgebliches Zielszenario 2040

Aus den oben beschriebenen Zielszenarien wird das maßgebliche Zielszenario bestimmt, welches als grundlegendes Szenario im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung weiter genutzt wird. In einem Abwägungsprozess in Zusammenarbeit mit der Kommunalverwaltung und Energieunternehmen werden Rahmenbedingungen, Umsetzungswahrscheinlichkeiten und erforderlicher Kapazitäten in die Entscheidungsfindung mit einbezogen. Unter Beachtung der fachlichen Vorarbeiten aus der kommunalen Wärmeplanung und der Einschätzung der involvierten Projektbeteiligten ist Zielszenario 1 als maßgebliches Zielszenario definiert worden.

Das maßgebliche Zielszenario in Abbildung 36 zeigt die Energieträger und Versorgungssysteme, die im Zieljahr 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung ermöglichen. In nachfolgendem Diagramm ist die Entwicklung der Energieträger zur Wärmebedarfsdeckung zu sehen.

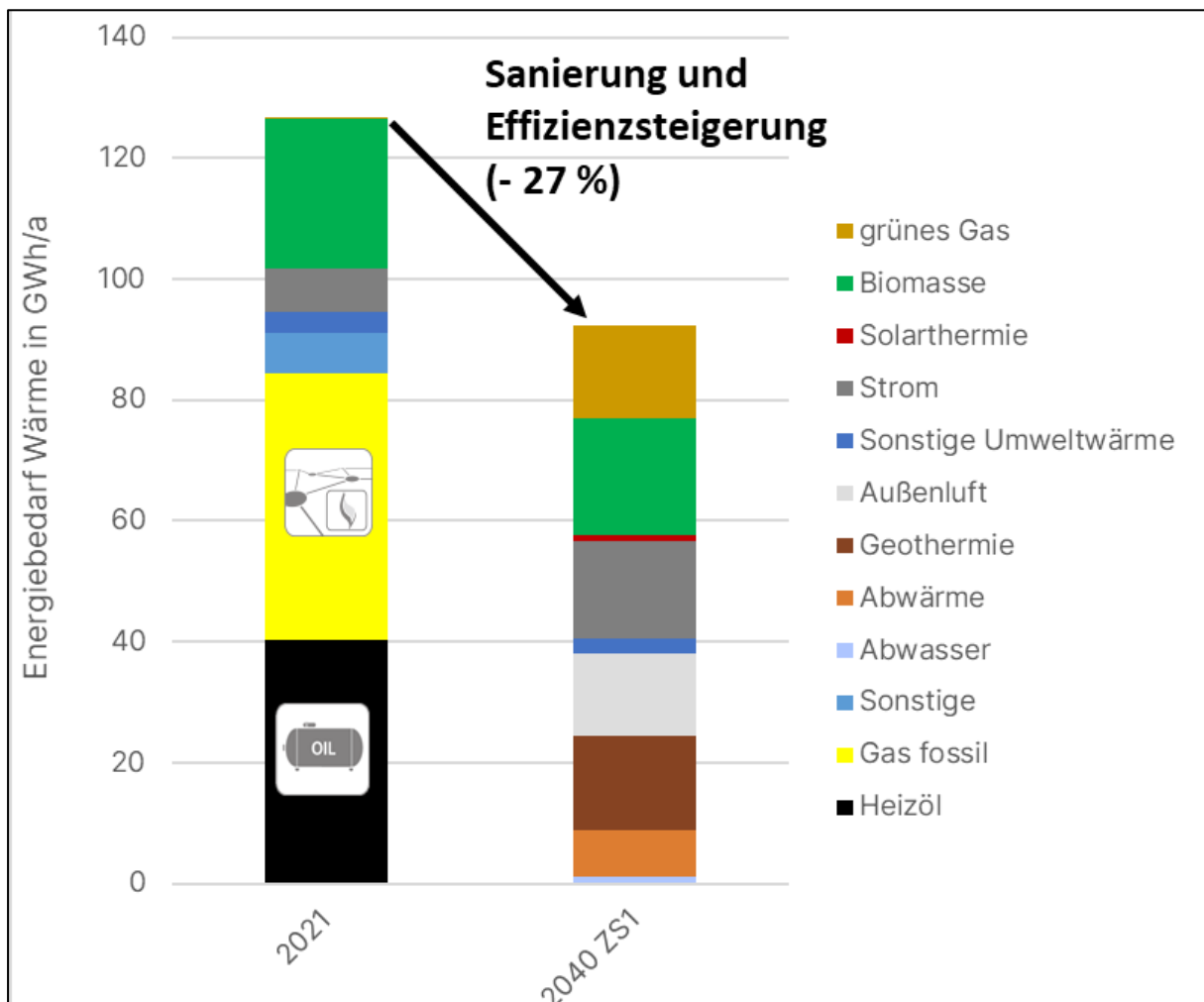


Abbildung 36: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr

Abbildung 36 verdeutlicht, dass sich der Wärmebedarf von ca. 127 GWh um ca. 27 % durch Gebäudesanierung und Effizienzsteigerung reduziert. Die resultierenden 92 GWh werden zu 61 % durch Wärmepumpen erzeugt. Dabei sind die wesentlichen Umwelt-Wärmequellen die Geothermie und Außenluft. Die Außenluftnutzung ist grundsätzlich überall möglich und nicht an lokale Rahmenbedingungen gebunden, solange die Schallemissionsgrenzen nicht überschritten werden und Aufstellorte für die Kühler vorhanden sind. Eine weitere lokal relevante Umweltwärmequelle stellt die Abwasserwärme aus der Kläranlage dar. Auch Abwärmenutzung aus vorgesehenen Elektrolyseprozessen im neuen Gewerbepark Rosenloh sind nennenswerte Energiequellen im Zielszenario. Für die Geothermie sind sowohl dezentrale Sonden als auch zentrale Erdkollektoren als Wärmequelle für Wärmenetze vorgesehen. Hierfür müssen entsprechend Freiflächen mobilisiert werden. Potenzielle Flächen wurden im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelt und abgestimmt.

Die Abwärmenutzung aus vorgesehenen Elektrolyseprozessen im neuen Gewerbepark Rosenloh im gezeigten Zielszenario ca. 11 % ein. Die Verfügbarkeit ist abhängig von der Umsetzung des Projektes Rosenloh und der vorgesehenen Wasserstofferzeugung mittels Elektrolyse.

Grüne Gase bilden 16 % der Versorgung des Zielszenarios ab. Dies entspricht Bedarfen aus produzierendem Gewerbe und Industrie sowie zur Spitzenlastbereitstellung in Wärmenetzen. Der Anteil des grünen Gases könnte stellenweise auch anteilig durch Biomasse ersetzt werden.

Biomasse entspricht 21 % der Endenergieversorgung und berücksichtigt die Fortführung bestehender Biomassefeuerungen unter Berücksichtigung der reduzierten Bedarfe aus den Sanierungsszenarien. Neu entstehende Biomassebedarfe werden ausschließlich im Wärmenetz „Kernstadt“ als Spitzenlasterzeuger vorgesehen.

In Abbildung 37 sind die Stadtteile sowie die zum Einsatz kommenden Energieträger aufgeführt.

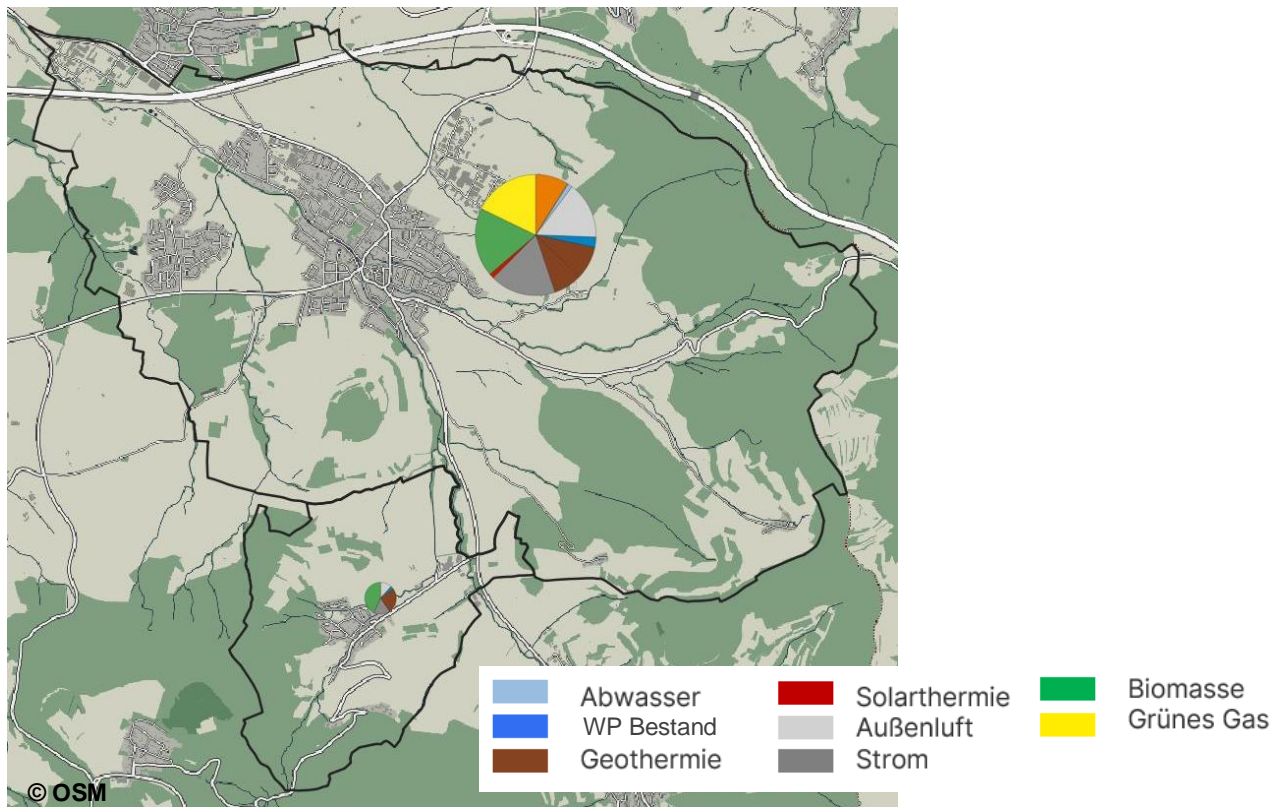


Abbildung 37: Zielszenario 2040 Energieversorgung der Stadtteile

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 zwischen Wärmenetzen (verteilte Wärme direkt nutzbar) und kalten Wärmenetzen (dezentrale Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung) differenziert. In Weilheim an der Teck ist im Zielszenario ein kaltes Wärmenetz zur Nutzung der Abwasserwärme aus der Kläranlage vorgesehen.

Die grundsätzlichen Cluster mit zentraler Versorgung im Jahr 2040 laut maßgeblichem Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung sind mit der Stadtverwaltung abgestimmt.

Im maßgeblichen Zielszenario werden 20 Cluster über zentrale Wärmenetze versorgt, davon entfallen 4 Cluster auf das kalte Wärmenetz. 44 Cluster werden dezentral versorgt, die Wärmeerzeugung erfolgt hier in den Gebäuden. Die Wärmemenge, die über Wärmenetze im Jahr 2040 bereitgestellt werden soll, liegt bei ca. 30 GWh. Zugrunde liegt hier eine Anschlussquote von nahezu 100 % in den entsprechenden Clustern, ausgenommen die Anteile, die bereits aus erneuerbaren Endenergien (hauptsächlich Biomasse) versorgt werden.

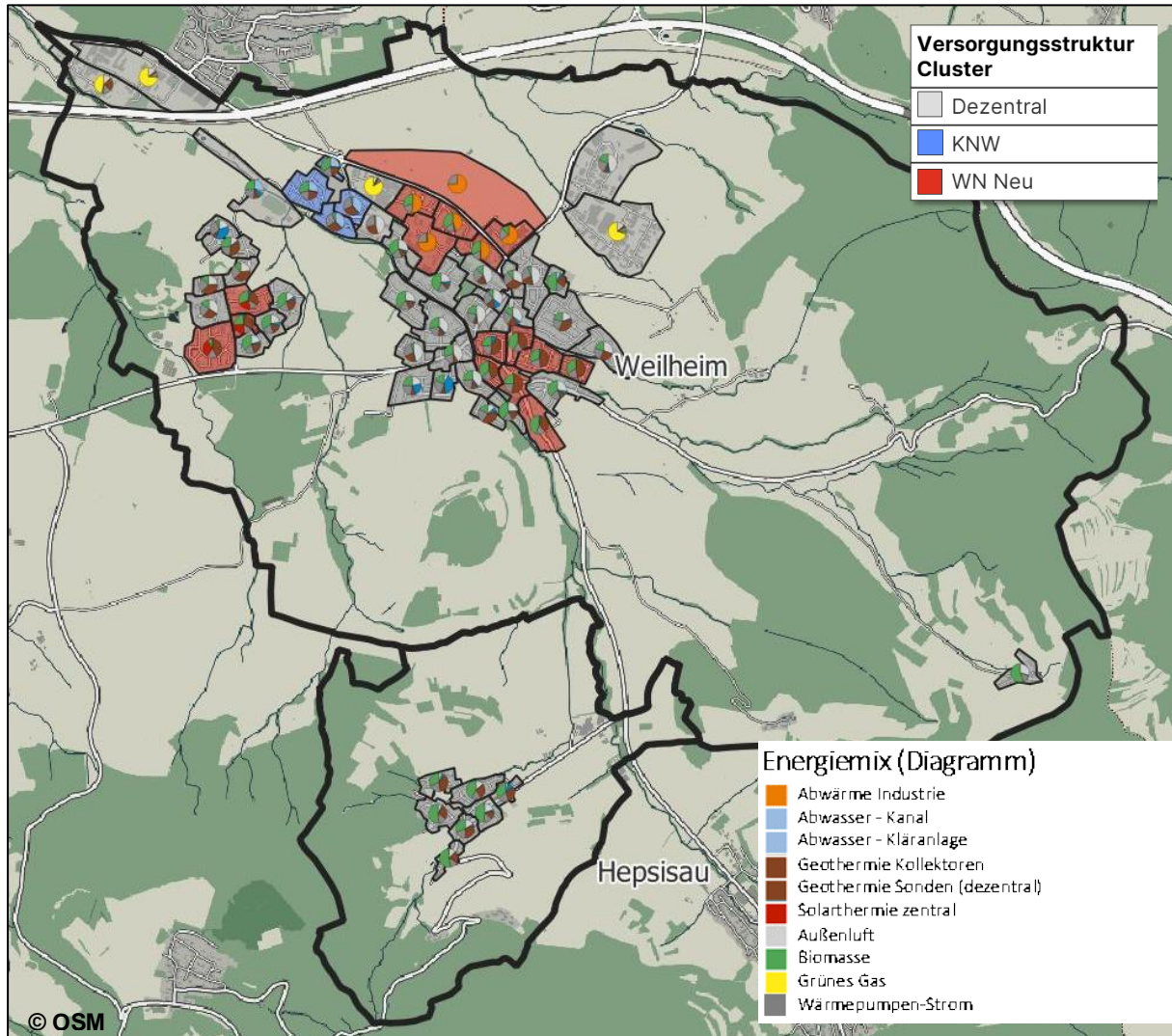


Abbildung 38: Zielszenario 2040 Versorgungssysteme der Cluster

6.3 Zielszenario 2030

Im Zielszenario für das Jahr 2030 wird im Vergleich zu 2040 ersichtlich, dass die Sanierung der Gebäude und die Effizienzsteigerung in gewerblichen Prozessen noch nicht so stark fortgeschritten und die Umstellung der Energieträger noch nicht in allen Gebieten erfolgt ist.

Der Fortschritt der Transformation in Richtung Zielszenario wird je nach Versorgungssystem unterschiedlich betrachtet. In dezentral versorgten Clustern wird davon ausgegangen, dass die Umstellung der Energieträger mit der energetischen Sanierung der Gebäude korreliert. Cluster mit einem hohen Anteil bis 2030 sanierter Gebäude werden mit einem entsprechend höheren Anteil bei der Umstellung der Energieträger angesetzt.

In zentral versorgten Clustern werden anhand der priorisierten Maßnahmen aus Kapitel 7.5 Versorgungsumstellungen angesetzt. Hierzu gehört das Wärmenetz Weilheim West und Teile des Wärmenetzes Kernstadt. Alle anderen zukünftig zentral versorgten Cluster werden

zunächst für das Zwischenziel 2030 im Endenergiemix als unverändert betrachtet. Die Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen bleibt davon unberührt.

In nachfolgender Abbildung wird die Energieträgerverteilung 2030 dargestellt.

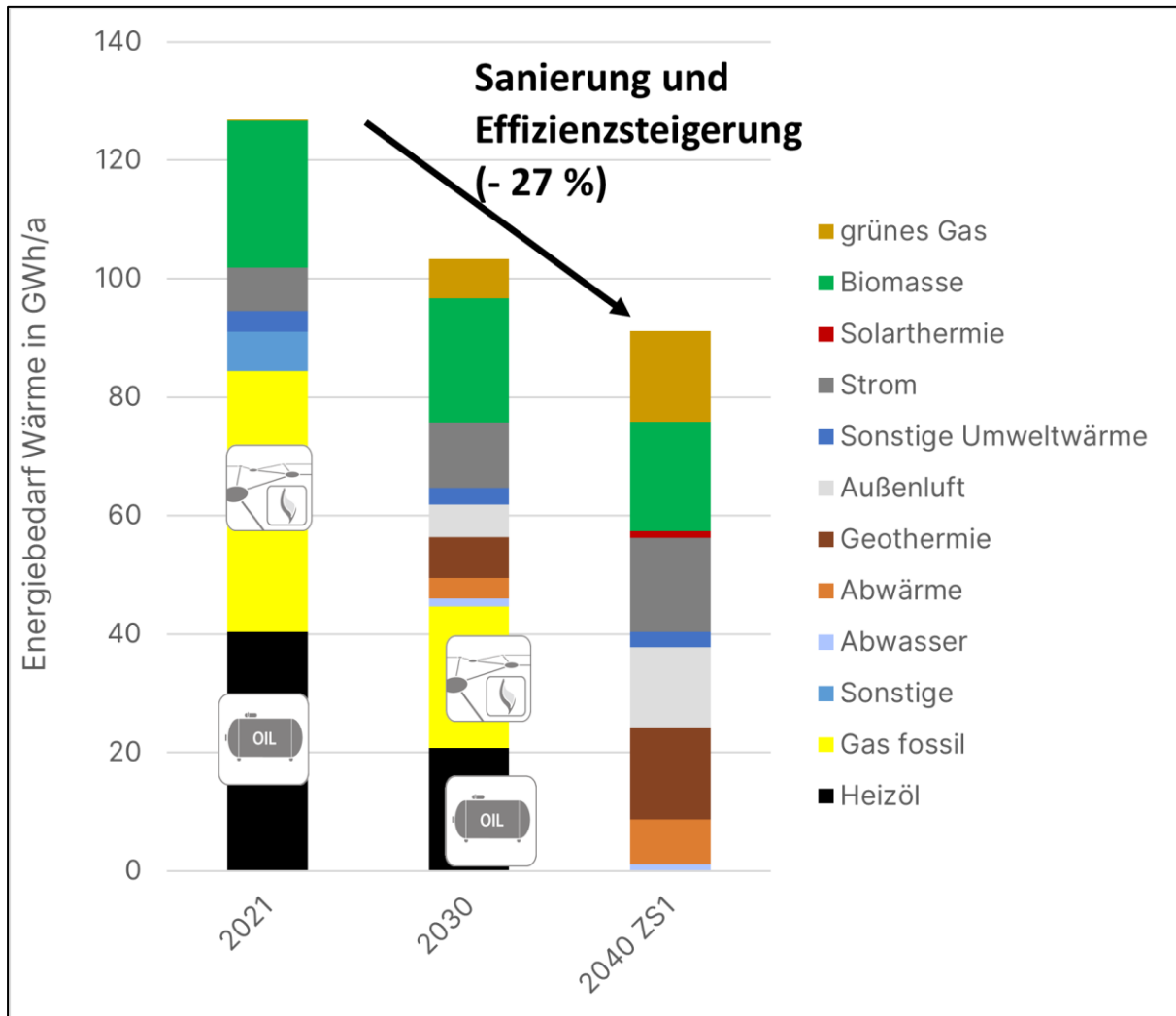


Abbildung 39: Zielszenario 2030

Der Wärmebedarf ist ca. 19 % geringer als im Jahr 2021. Über die Hälfte dessen wird bereits über erneuerbare Energien bereitgestellt, wovon der Großteil durch Wärmepumpen gedeckt wird. Im Jahr 2030 wird gemäß dem maßgeblichen Zielszenario in 7 Clustern bereits eine zentrale Versorgung angesetzt.

6.4 Kostenschätzung für maßgebliches Zielszenario 2040

Die Kostenschätzung für das Zielszenario 2040 beschränkt sich auf die Kosten für die Sanierung von Gebäuden und der damit verbundenen Verbesserung des Wärmeschutzes sowie auf die Kosten für den Ausbau von Wärmenetzen. Kosten für zentrale Wärmeerzeuger von Wärmenetzen sind in der vorliegenden Gesamtkostenschätzung aufgrund des hierfür nur schwer prognostizierbaren Kostenrahmens nicht enthalten.

Zur Erreichung der Reduktionsziele im Wärmebedarf sind gemäß des gewählten Sanierungsszenarios in Weilheim an der Teck bis 2040 rund 1.200 Gebäude zu sanieren (2% Sanierungsquote). Diese Gebäude weisen zusammen eine Brutto-Geschossfläche von gut 360.000 m²_{BGF} auf. Unter Annahme eines Kostenansatzes für eine vollumfängliche energetische Sanierung von 360 €/m²_{BGF} (Thorsten, Walberg, Gniechwitz, & Paare, 2022) ergeben sich rund 130 Mio. € Investitionsaufwand für Dämmung und Sanierung in der Gesamtkommune. Mit dem Ansatz einer linearen Kostenaufteilung resultieren bis zum Zieljahr 2040 im Mittel 6,8 Mio. €/Jahr (abzüglich Fördermittel), die für die Sanierung des Gebäudebestandes durch die jeweiligen Eigentümer aufzubringen sind.

Im Zielszenario 2040 sind 20 Cluster mit Wärmenetzen aufgeführt. Für deren Erschließung wird der Ausbau von rund 16 km Wärmenetz angenommen. Daraus resultieren bei Kostenansätzen von 1.500 €/m Wärmeleitung (inklusive Tiefbaukosten und Wiederherstellung der Oberfläche) 24 Mio. € Gesamtkosten. Unter Annahme einer linearen Aufteilung bis 2040, resultiert ein mittlerer Netzausbaubedarf von 0,8 km/Jahr, der mit Investitionen in Höhe von 1,3 Mio. €/Jahr verbunden wäre.

7 Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog

7.1 Ziele und Vorgehensweise

Aufbauend auf dem Entwurf des maßgeblichen Zielszenarios 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 potenzielle Wärmenetzeignungsgebiete, sogenannte „*Prüfgebiete Wärme*“, 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 Maßnahmengebiete hinaus auch zukünftig dokumentiert und im Blick zu haben. In Kapitel 7.4 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 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
 - 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 Anschluss- und Benutzungspflichten in Wärmenetz-Gebieten
 - „Fernwärmesatzung“, § 11 GemO BW
 - 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 Austausch fossiler Wärmeerzeugungsanlagen durch emissionsfreie Wärmeerzeuger
 - 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 Betrachtung dieser Gebiete erfolgt über zwei Wertungsmethoden, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Mit der Analyse werden diese „*Prüfgebiete Wärme*“ und die 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 Zielszenario versorgt werden.

7.3.1 Prüfgebiete Wärme

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 Identifikation der Wärmenetzeignungsgebiete werden unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt:

- Vorhandensein bestehender Wärmenetze
- Wärmedichte bzw. Wärmeliniendichte im Cluster
- Siedlungsstruktur
- Vorhandensein von Ankerkunden
- Verfügbarkeit von Energieträgern und Umweltwärmequellen für eine zentrale Wärmebereitstellung

In Abbildung 40 sind die potenziellen Wärmenetzeignungsgebiete dargestellt, die im Zielszenario enthalten sind. Auf Basis dieser Ausarbeitung können, wie in Kapitel 7.2 beschrieben,

- Wärmenetzverdichtungsgebiete,
- Wärmenetzausbaugebiete,

- Wärmenetzneubaugebiete oder
- Prüfgebiete

definiert werden.

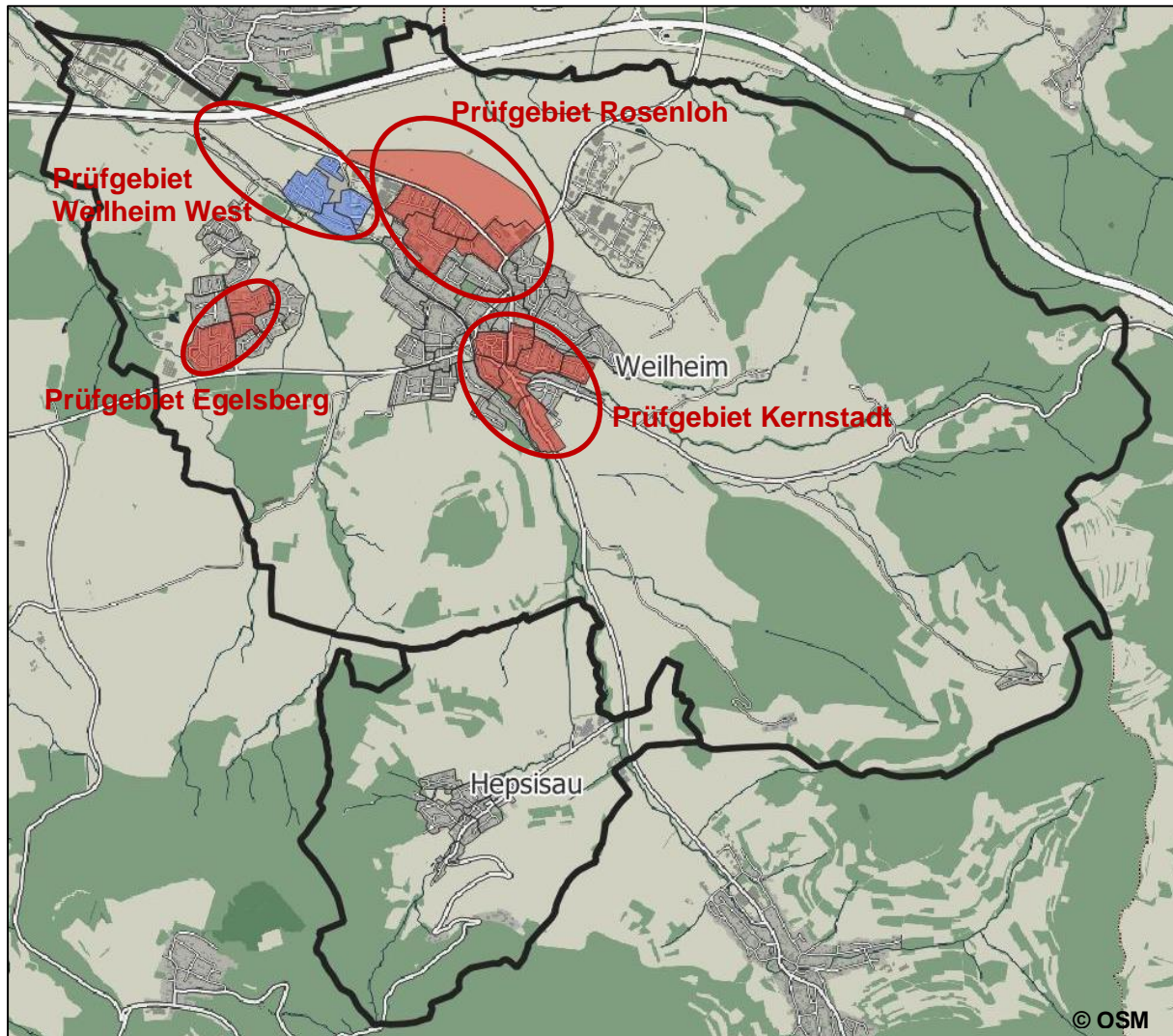


Abbildung 40: Clusterkarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielszenario

7.3.1.1 Relevante Wärmenetzgebiete im Zielszenario

Im Zielszenario werden vier Wärmenetzprüfgebiete definiert.

Das **Wärmenetzprüfgebiet Weilheim West** verbindet die Cluster 4,5,7 und 8 durch ein kaltes Wärmenetz. Der Wärmebedarf dieser Cluster beträgt rund 3.100 MWh/a und entspricht rund 4 % des Wärmebedarfs im Zieljahr. Als Wärmequelle wird die Abwärme des Abwassers der Kläranlage (430 kW), sowie ein Erdflächenkollektor (3 ha) vorgesehen. Die nötige Wärmenetzlänge ergibt sich aus der kumulierten Straßenlänge in den beteiligten Clustern zu 2.600 m.

Das **Wärmenetzprüfgebiet Rosenloh** verbindet die Cluster 10,14-17 mit dem Neubauc Cluster 66 für das Gewerbegebiet Rosenloh. Der Wärmebedarf dieser Cluster beträgt rund 8.300 MWh/a und entspricht rund 12 % des Wärmebedarfs im Zieljahr. Die angesetzte Wärmeenergie stammt aus der zu erwartenden Abwärme im Gewerbegebiet Rosenloh. Dort können aus einer Elektrolyseanlage entstehende Abwärmemengen zur Versorgung des Gewerbegebiets und des anliegenden Bestands genutzt werden. Als Ankerkunden kommen kommunale Liegenschaften im Gebiet in Frage. Die nötige Wärmenetzlänge ergibt sich aus der kumulierten Straßenlänge in den beteiligten Clustern zu 4.200 m.

Das **Wärmenetzprüfgebiet Kernstadt** definiert die zentrale Versorgungsoption der Kernstadt, die durch eine hohe Bebauungsdichte kaum Alternativen zur dezentralen erneuerbaren Wärmeversorgung aufweist. Das Prüfgebiet umfasst die Cluster 26,32,33,37,38,40,42. Der Wärmebedarf dieser Cluster beträgt rund 10.700 MWh/a und entspricht rund 12 % des Wärmebedarfs im Zieljahr. Eine potenzielle Freifläche im Osten der Stadt kann für einen Erdwärmekollektor (20 ha) akquiriert werden und zusammen mit einem Biomasse-Spitzenlasterzeuger die Wärmeversorgung des Gebiets sicherstellen. Die nötige Wärmenetzlänge ergibt sich aus der kumulierten Straßenlänge in den beteiligten Clustern zu 4.500 m.

Das **Wärmenetzprüfgebiet Egelsberg** beinhaltet die Cluster 50,53 und 55 mit höherer Wärmedichte im Siedlungsbiet am Egelsberg. Als Ankerkunden wurden zwei große Mehrfamilienhäuser identifiziert. Der Wärmebedarf dieser Cluster beträgt rund 3.500 MWh/a und entspricht rund 4 % des Wärmebedarfs im Zieljahr. Die aufgezeigte Wärmequelle beruht auf einem Freiflächenkollektor (5 ha) in Kombination mit einer Solarthermieanlage (1 ha). Die nötige Wärmenetzlänge ergibt sich aus der kumulierten Straßenlänge in den beteiligten Clustern zu 3.700 m.

7.3.2 Kommunale Fokusgebiete

In Ergänzung zu den Wärmenetzeignungsgebieten 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 bestimmen zu können.

- **Absolute und flächenspezifische THG-Einsparpotenziale**

Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung ist die Minimierung von Treibhausgasemissionen. Ausgehend von den Ergebnissen der Bestandsanalyse und des Zielszenarios werden die Cluster mit relativ hohen Emissionen sowie Energieeinsparpotenzialen identifiziert und als priorisierende Teilgebiete für die Transformation der Wärmeversorgung ausgewiesen.

In Abbildung 41 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 42 dargestellt.

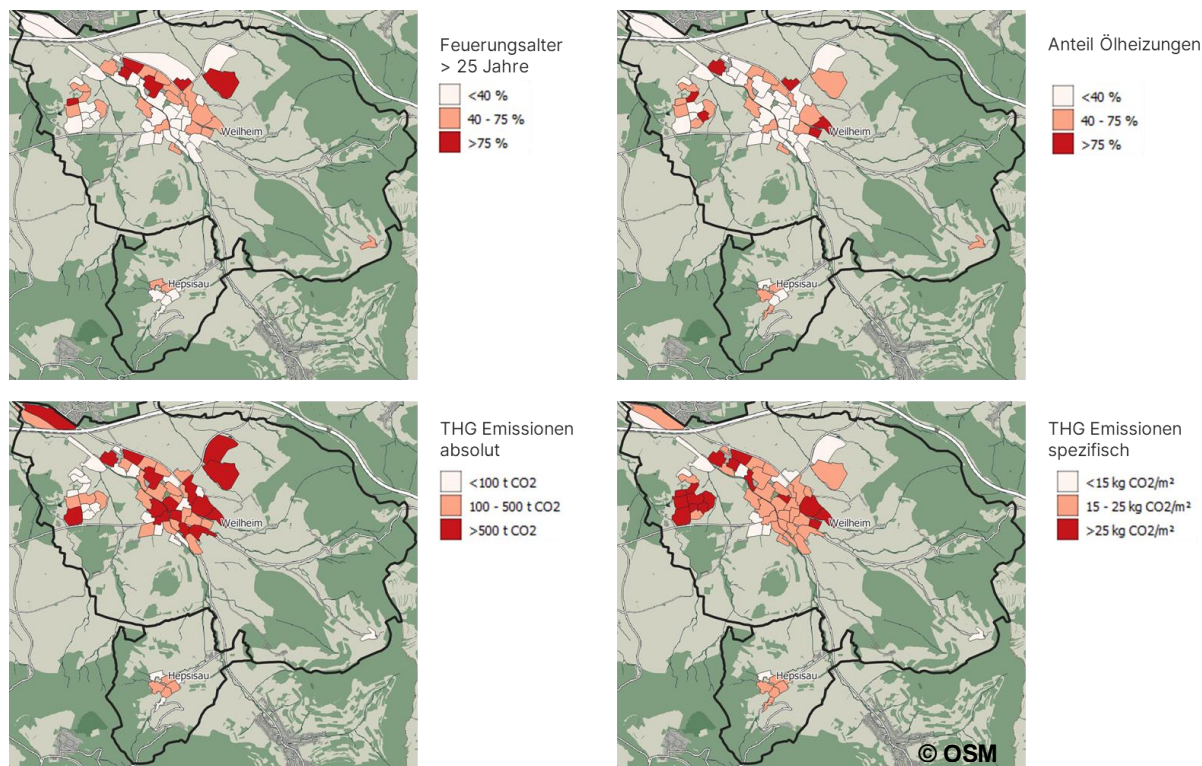


Abbildung 41: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete

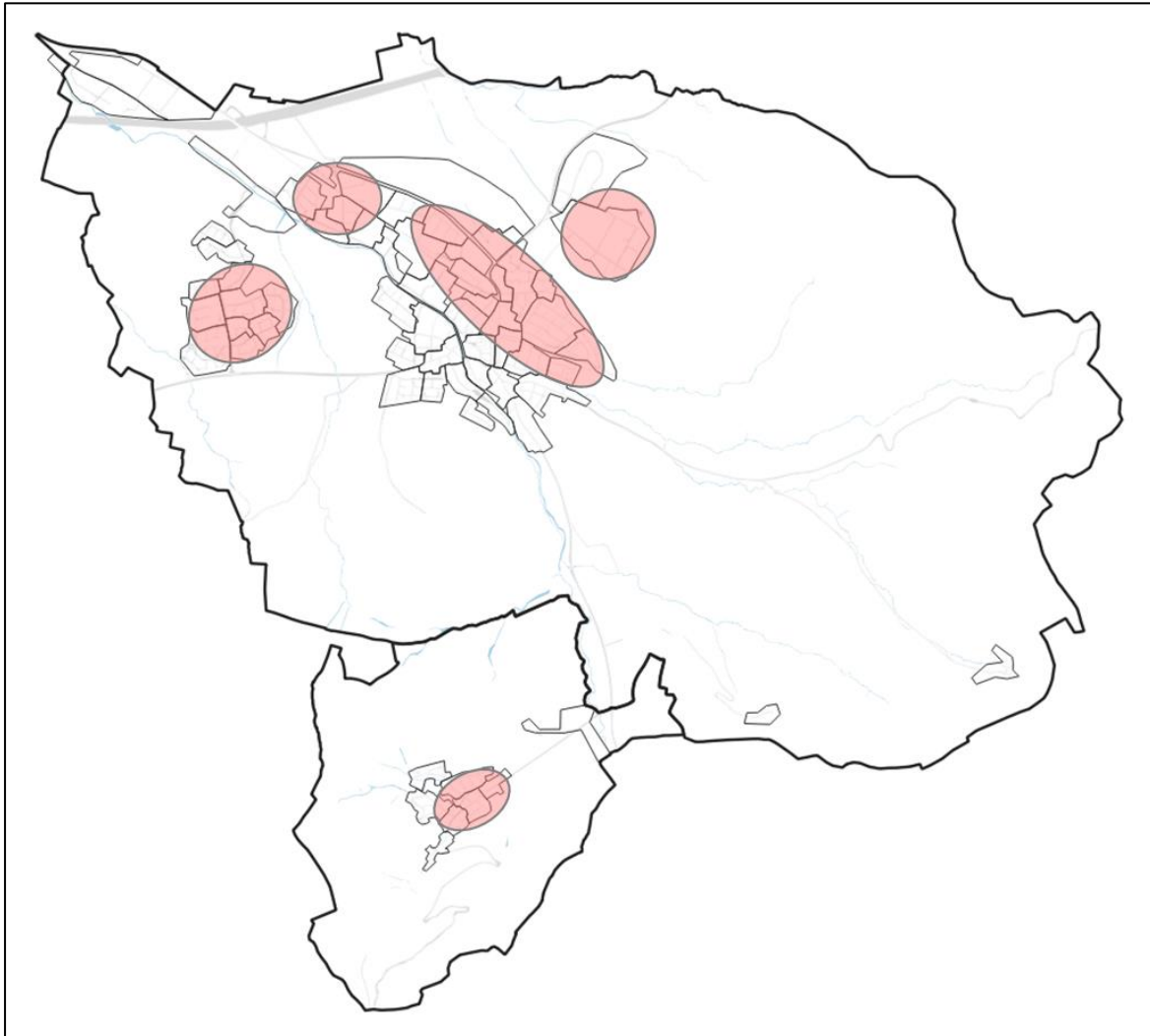


Abbildung 42: Kommunale Fokusgebiete

Für die in Abbildung 42 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 Stadt-sanierungskonzepte (ehemals KfW-Programm 432; u.a. Möglichkeit zur Ausweisung als Sanierungsgebiete im Rahmen einer gesonderten städtebaulichen Entscheidung) 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. Diesem Aufgabenbereich widmen sich die Gasnetzbetreiber im Rahmen von Gasnetzgebietstransformationsplänen, wobei sinnvollerweise die Erkenntnisse aus der kommunalen Wärmeplanung mit integriert werden.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung liegt der Schwerpunkt daher auf der Ausweisung der Cluster, die im Zielszenario mit grünen Gasen anteilig die Wärme bereitstellen. Dabei können auch Heizzentralen in Wärmenetzen mit enthalten sein, die an zentraler Stelle Wärme für die clusterübergreifende Versorgung bereitstellen. Die Methodik zur Bestimmung dieser Cluster ist in Kapitel 5.3.13.3 beschrieben. Die resultierenden Cluster sind in Abbildung 43 dargestellt.

Insgesamt werden im Zielszenario noch 15 GWh/a (Endenergie) für die Wärmeversorgung durch grüne Gase aufgewendet. Dies entspricht einem Anteil am gesamten Endenergiebedarf Wärme von rund 17 %. Im Vergleich zum Gasverbrauch im Basisjahr reduziert sich die Menge an Gasen zur Wärmebereitstellung um 29 MWh/a, was einem Rückgang um 66 % entspricht.

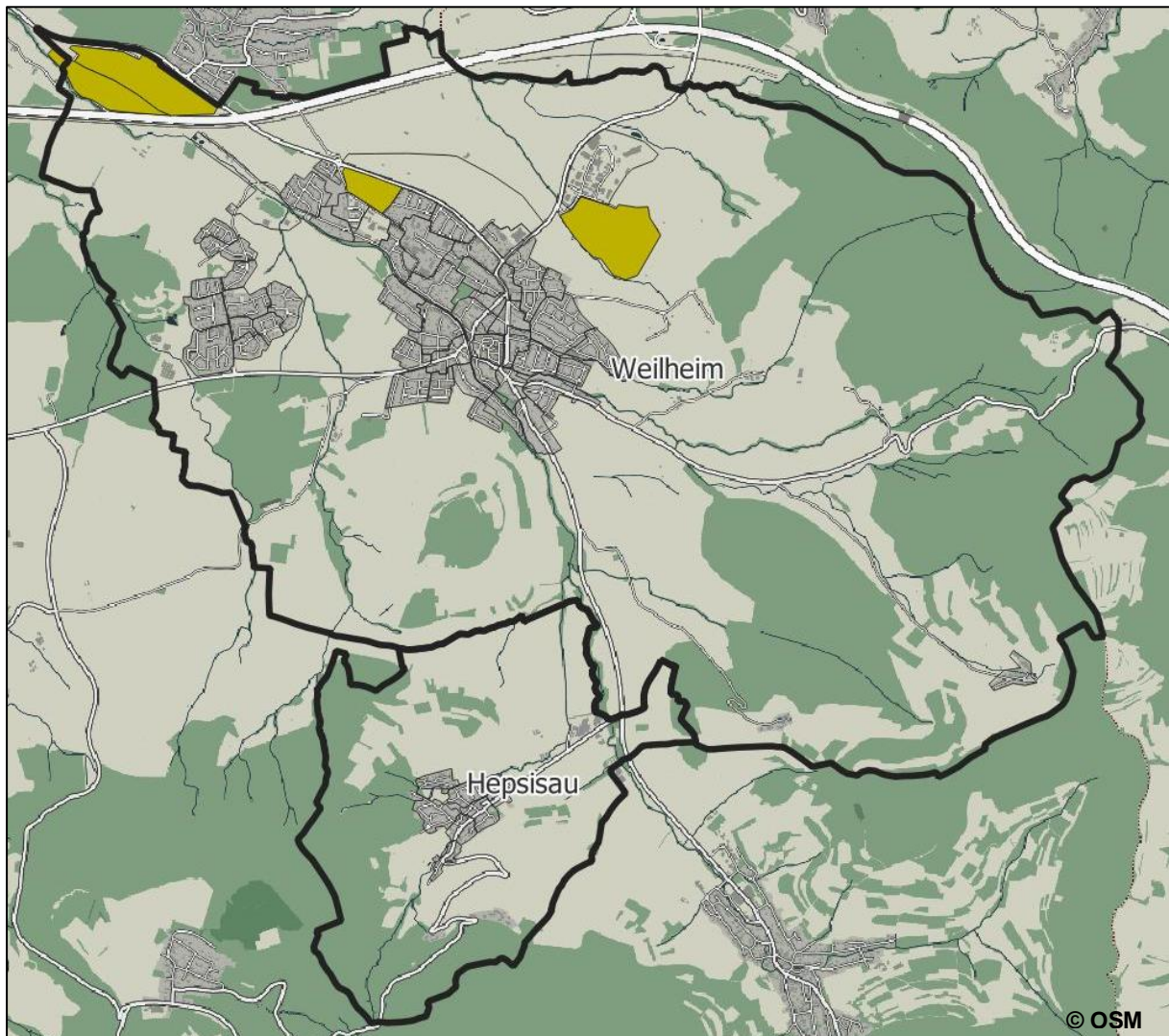


Abbildung 43: Cluster mit Gasbedarf im Zielszenario

7.4 Clustersteckbriefe

Für die abschließende Dokumentation der kommunalen Wärmeplanung wird für jedes Cluster ein Steckbrief erstellt. Die Clustersteckbriefe sind in 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 „Zielszenario“ bildet die Ergebnisse zum empfohlenen Versorgungssystem und Energieträgereinsatz ab. Hierbei sind zwei Versorgungsoptionen aufgeführt. Die Versorgungsoption 1 ist die Grundlage für das maßgebliche Zielszenario. Die Summe der Versorgungsoptionen der Kategorie 1 aller Cluster ergibt das maßgebliche Zielszenario, wie es in Abbildung 36 dargestellt ist. Ergänzend ist eine Versorgungsoption 2 aufgeführt, die ebenfalls zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Cluster geeignet wäre. Dies soll den Charakter der Zielszenario-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 8

Musterstadt

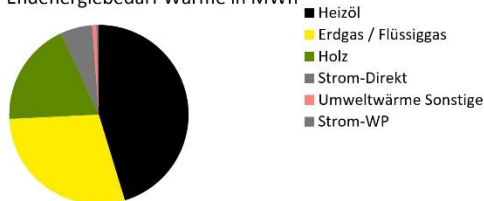
Bestand

Cluster: 8
Stadtteil: Mitte
Hauptnutzung Gebäude: Wohnnutzung
Fläche: 3,2 ha
Gebäude/Denkmalschutz: 45/0
Grundfläche (GF): 7.009 m²
Bebauungsdichte: 0,2 m²BF/m²Clusterfläche
Wärmedichte Basisjahr/2040: 335 / 227 MWh/(ha*a)
Gasnetz: ja
Wärmenetz: nein



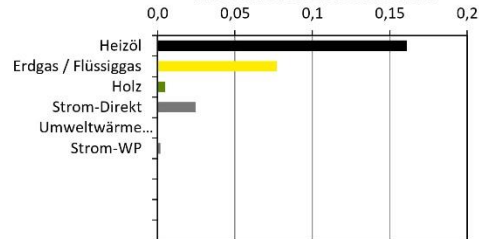
Energie- und THG-Bilanz Basisjahr

Endenergiebedarf Wärme in MWh



Summe: 1.143 MWh 0,8% von Kommune

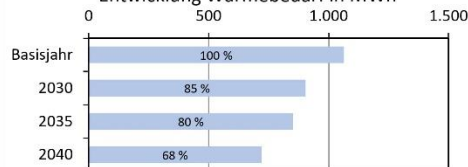
THG-Emissionen in tausend t



Summe: 269 t CO₂Äq. 0,8% von Kommune

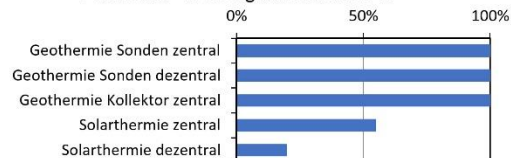
Potenziale (zur Wärmebedarfsdeckung 2040)

Entwicklung Wärmebedarf in MWh



Anteil sanierter Gebäude in 2040: 42%

Potenziale* in Bezug auf Bedarf 2040



* Biomasse, Luft, grüne Gase nicht aufgeführt (aber grundsätzlich einsetzbar)

Zielszenario 2040

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

	Versorgungsoption 1	Versorgungsoption 2
Versorgungssystem	Wärmenetz	Dezentral
Energiequelle	Geothermie Sonden zentral (95 %), Biogas (5 %), Außenluftwärme (1 %)	Geothermie Sonden dezentral (100 %)
THG-Emissionen**	12 t THG-Einsparung: 96%	3 t THG-Einsparung: 99%
Akteure	Wärmenetzbetreiber	Gebäudeeigentümer
Investitionskosten	Sanierung Gebäude: 1.400 T€ Wärmenetzausbau: 700 T€	sanierter BGF: 3.926 m ² Trassenlänge (Neubau): 497 m
Vermerk		

** ggü. Basisjahr, mit Emissionsfaktoren in 2040

Abkürzungen: BF - bebaute Fläche; BGF - Bruttogrundfläche; THG - Treibhausgase; WP - Wärmepumpe

Abbildung 44: 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 Zielszenarios und in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung sowie den lokalen Akteuren entwickelt worden.

Es wurden auf Basis des Status Quo sowie des Zielszenarios 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 besprochen und gemeinsam die Entscheidung für fünf Maßnahmen getroffen.

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 Zielszenario der KWP
- Konkrete Auflistung der Leistungsbausteine
- THG-Einsparpotenzial
- Angaben zu den Akteuren
- Grober Zeitplan
- Kostenübersicht

7.5.1 Stromnetzcheck – Analyse zur Erfüllung zukünftiger Stromnetz-Anforderungen

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Das Stromnetz ist heute hauptsächlich durch den Strombezug für Produktionsprozesse bei Großverbrauchern und Gewerbe sowie den Nutzerstrom in Haushalten belastet. Zusätzlich speisen dezentrale Stromerzeugungsanlagen wie Photovoltaikanlagen und KWK-Anlagen in das kommunale Netz ein. Heutige Netzkomponenten wie die Stromleitungen, Umspannwerke und Netzkoppelstellen sind für diesen Betriebsfall ausgelegt. In Weilheim sind folgende Parameter im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfasst:

- Aktueller Strombedarf (gesamt): 48 GWh in 2021
- PV-Anlagen, installierte Leistung: 8,5 MWp in 2021
- Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien: 4,7 GWh in 2021
- Stromeinspeisung aus Kraft-Wärme-Kopplung: 0,7 GWh in 2021

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung und damit ist ein starker Ausbau von Wärmepumpen zu erwarten.

Ein Stromnetzcheck soll konkret prüfen, ob das lokale Stromnetz für die steigenden Anforderungen durch die Transformation des Wärmesystems, dezentraler Erzeugungsanlagen und Elektromobilität gerüstet ist.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Für das Ziel der Dekarbonisierung aller Verbrauchssektoren wird zukünftig eine signifikante Zunahme des Stroms für Wärmepumpen, Elektromobilität und Power-to-X-Anwendungen (Technologien zur anderweitigen Nutzung und Speicherung von Stromüberschüssen) erwartet. Speziell in Weilheim ist eine Elektrolyseanlage von 12 MW_{el} im neuen Gewerbepark Rosenloh angedacht. Zusätzlich bedeuten die politischen Klimaziele des Landes Baden-Württemberg ein Ausbau der vorhandenen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten um den Faktor 5 bis 2040.

Das kommunale Zielszenario prognostiziert einen steigenden Strombedarf allein durch die Versorgung mit Wärmepumpen um ca. 9 MWh (+ 18 % gegenüber Status-Quo).

Der Stromnetzcheck soll die Eignung der einzelnen Netzkomponenten und deren Zusammenwirken für die beschriebenen zukünftigen Betriebszustände bewerten. Neben einer Simulation dieser Betriebszustände beinhaltet der Check auch die konkrete Ableitung von Maßnahmen, welche frühzeitig ergriffen werden müssen, um zukünftig einen sicheren Netzbetrieb gewährleisten zu können.

Damit können die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung und deren zu erwartende Auswirkungen auf die Netzentwicklung frühzeitig in die Netzentwicklungsplanung mit aufgenommen werden.

Inhalte des Stromnetzchecks

1. Analyse Bestands-Stromnetz
 - a. Analyse der aktuellen Stromnetzinfrastruktur
 - b. Netzsimulation zur Bewertung der Kapazitätsauslastung einzelner Netzkomponenten
 - c. Identifikation kritischer Netzelemente für Status-Quo
2. Analyse Stromnetz für Zukunfts-Szenario
 - a. Entwicklung von Szenarien mit erhöhtem Strombedarf durch Wärmepumpen und Elektromobilität sowie erhöhter Stromeinspeisung durch PV-Ausbau
 - b. Netzsimulation zur Bewertung der zukünftigen Kapazitätsauslastung einzelner Netzkomponenten
 - c. Identifikation kritischer Netzelemente für Zukunfts-Szenario
3. Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen für Stromnetz
 - a. Definition allgemeiner Anforderungen an zukunftsfähige Stromnetze
 - b. Entwicklung von Betriebsstrategien für Netzinfrasturktur
 - i. u.a. Einsatz von Flexibilitäten?
 - c. Entwicklung von Betriebsstrategien für Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten (u.a. Laststeuerung/Demand Side Management (DSM))
 - d. Identifikation von Ertüchtigungsbedarf für Netzkomponenten
4. Bewertung von Anforderungen und Schnittstellen zum vorgelagerten Übertragungsnetz
5. Entwicklung einer Anpassungsstrategie mit Zeitplan
6. Dokumentation und Berichterstellung an die Kommunalverwaltung

Geplante THG-Einsparung

Ein versorgungssicheres Stromnetz ist die Grundlage für den anvisierten Ausbau der Wärmepumpen. Durch den Stromnetzcheck werden keine direkten THG-Einsparungen erzielt.

Akteure

Als handelnder Akteur sind die Netze BW als lokaler Stromnetzbetreiber zu sehen. Die Erstellung des Stromnetzchecks ist dort dem Bereich der „Netzentwicklungsplanung“ zuzuordnen. Die Information der Ergebnisse und der möglichen Auswirkungen soll dabei in regelmäßigen Abständen mit der Stadt Weilheim erfolgen.

Zeitplanung

Die erstmalige Bearbeitungsdauer der Maßnahme wird auf rund 12 Monate geschätzt. Die weitere Berücksichtigung ist als fortlaufende Aufgabe beim Netzbetreiber einzuordnen. Im Vorfeld kann ggf. eine Projektskizze erarbeitet und ein Förderantrag gestellt werden. Im Anschluss kann mit der Bearbeitung des Stromnetzchecks begonnen werden.

Kosten

Für die Durchführung des Stromnetzchecks werden keine direkten Kosten bei der Kommunalverwaltung erwartet. Die Kosten sind durch den Ersteller der Maßnahme oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

7.5.2 Roadmap Grünes Gas - Studie zur Bereitstellung von grünem Gas

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

In großen Teilen des kommunalen Siedlungsgebietes ist ein Gasnetz Bestandteil der Versorgungsstruktur. Aktuell werden jährlich 44 GWh Gas an Kunden geliefert. Davon entfallen ca. 40 % auf die vier größten Gasverbraucher in der Kommune, die damit klassische Ankerkunden darstellen. Insgesamt beträgt damit der Anteil von fossilem Erdgas am Energieeinsatz im Wärmesektor rund 35%. Perspektivisch sollen für das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2040 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 und der darin transportierte Energieträger „grünes Gas“ sein wird.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung spielt grünes Gas mit einem Anteil von rund 17 % eine untergeordnete Rolle, kann aber überall, wo ein Gasnetz liegt, perspektivisch genutzt werden. Perspektivisch sind für Hochtemperaturanwendungen in der Industrie und Gewerbe als auch in Wärmenetzen zur Spitzenlastbereitstellung Energieträger notwendig, die hohe Temperaturen bereitstellen können. Hier stehen die Energieträger grüne Gase als auch Biomasse zur Option, wobei feste Biomasse bei stark schwankenden Leistungsanforderungen und stofflichen Anwendungen im Prozess den gasförmigen Brennstoff kaum ersetzen kann.

Besonders die bestehenden Ankerkunden werden im Zielszenario daher auch zukünftig auf einen leitungsgebundenen, gasförmigen Energieträger angewiesen sein und sind in dieser Form berücksichtigt.

Beschreibung der Maßnahme

Im Rahmen der Studie „Roadmap Grünes Gas“ soll eine Strategie entwickelt werden, ob und wie grünes Gas in Weilheim perspektivisch bereitgestellt werden kann, wo eine Instandhaltung des Gasnetzes notwendig ist und in welchen Bereichen ein Rückbau des Gasnetzes möglich ist. Die Maßnahme greift damit direkt Aufgaben aus dem Bereich der Gasnetzgebietstransformationspläne auf.

Aufbauend auf einer vertiefenden Bedarfsanalyse und Marktabfrage werden Betriebe mit zukünftig zwingendem Gasbedarf identifiziert und die erforderlichen Gasbereitstellungsmengen kalkuliert. Dabei ist auch die Bedarfsunterscheidung nach der Gasart (H_2 ; CH_4) im Bedarf zu berücksichtigen. 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 Gasherstellung 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.

Aussagen zur Abwärmenutzung einer angedachten Elektrolysestation in Weilheim sind bereits in der „Abwärmestudie Rosenloh“ betrachtet worden und in der Kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt.

Inhalte der Studie

1. Abgleich bestehender Vorplanungen
2. 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
3. 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. Biogasanlagen
 - 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
 - c. Analyse der technischen Eignung der Leitungsnetze für die grünen Gase
4. Variantenbewertung und -empfehlung
5. Maßnahmen zur Bürgereinbindung und Stärkung der Akzeptanz
6. Zeitplan für die Umsetzung der Zielvarianten
7. Dokumentation und Berichterstellung an die Kommunalverwaltung

Geplante THG-Einsparung

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

Akteure

Als handelnder Akteur sind die Netze BW als lokaler Gasnetzbetreiber zu sehen. Die Erstellung der „Roadmap Grünes Gas“ kann u.a. als fortlaufende Aufgabe der Netze BW im Rahmen der Gasnetzgebietstransformationspläne angesehen werden. Die Information der Ergebnisse und der möglichen Auswirkungen soll dabei in regelmäßigen Abständen mit der Stadt Weilheim erfolgen.

Zeitplanung

Die Bearbeitungsdauer der Maßnahme wird auf rund 12 Monate geschätzt. Im Vorfeld kann ggf. eine Projektskizze erarbeitet und ein Förderantrag gestellt werden. Im Anschluss kann mit der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie begonnen werden.

Kosten

Für die Durchführung der Maßnahme „Roadmap Grünes Gas“ werden keine direkten Kosten bei der Kommunalverwaltung erwartet. Die Kosten sind durch den Ersteller der Maßnahme oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

7.5.3 Konzept zur Erschließung des Potenzials durch Sanierung und Effizienzsteigerung (S&E)

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Im Bezugsjahr der Datenerfassung beträgt der Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung rund 127 GWh. Der Großteil von knapp 60 % entfällt dabei auf die Wohnnutzung. Der restliche Verbrauch verteilt sich nahezu gleichmäßig auf die Sektoren GHD, Mischnutzung, sowie Industrie. Die Liegenschaften in kommunaler Hand verursachen rund 2 % des Endenergieverbrauchs

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Das Einsparpotenzial aus Sanierung und Effizienzsteigerung (S&E) ist mit rund 37 GWh quantifiziert. Dies entspricht einer Senkung des jährlichen Wärmebedarfs um etwa 31 %, die bis zum Jahr 2040 erreicht sein soll. Rund 30 GWh werden im Zielszenario durch die Verbesserung der Gebäudehülle erreicht. Dies entspricht einer Sanierungsquote von 2 %/a auf das Niveau eines Effizienzhauses 70. Weitere 7 GWh sind durch die Verbesserung der Prozesseffizienz im Bereich GHD und Industrie angesetzt.

Inhalte

Die Maßnahme beinhaltet dabei zwei konkrete Teilprojekte.

Städtisches Förderprogramm „individueller Sanierungsfahrplan“

Der individuelle Sanierungsfahrplan unterstützt die Hauseigentümer, die Sanierung Ihres Ein-, Zwei-, oder Mehrfamilienhauses Schritt für Schritt zu planen. Er gibt außerdem einen langfristigen und detaillierten Überblick über mögliche Sanierungsmaßnahmen und deren Einsparpotenzial. Für die Erstellung des individuellen Sanierungsfahrplans kann derzeit eine Bundesförderung in Höhe von 80% der Kosten beantragt werden. Die Stadt möchte darüber hinaus mit einem Zuschussprogramm weitere Anreize zur Sanierung geben. Möglich wäre beispielsweise ein Zuschuss von 500 € / Objekt oder Eigentümer. Die Förderzusage kann von einer tatsächlich anschließenden Umsetzung abhängig gemacht werden.

Ausweitung des kommunalen Sanierungsmanagements

Die kommunalen Gebäude verfügen mehrheitlich über eher geringe Energiestandards. Mit Blick auf eine Ausweitung des kommunalen Sanierungsmanagements sollen auch hier individuelle Sanierungsfahrpläne (z.B. konkret für zunächst 10 städtische Gebäude) erstellt werden. Damit können Sanierungsmaßnahmen und deren Einsparpotenzial konkret geplant bzw. identifiziert werden. Durch eine Verknüpfung mit dem bereits vorhandenen Modernisierungskonzept für den Bereich Hochbau ergeben sich sinnvolle Synergien.

Darüber hinaus sind in der Maßnahme folgende übergeordnete Themen adressiert:

1. Ausarbeitung eines Gesamtkonzepts S&E für den Gebäudebestand, z.B. mit:

- Fragestellungen
 - Wie und wo könnten 31 % Einsparung bis 2040 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. 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 lokalen Energieagentur)
- 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
- 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. 8.000 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 und/oder Personalkosten innerhalb der Verwaltung in Höhe von rund 100 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

7.5.4 BEW-Machbarkeitsstudie Wärmenetz Weilheim West

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Im westlichen Bereich von Weilheim befinden sich die Wohngebiete „Lange Morgen“, „Maierhöfe“ und Kirchheimer- bzw. Holzmadener Straße. Außerdem wird aktuell im Bereich der Kirchheimer Straße ein Wohnquartier mit mehreren Geschosswohnungsbauten geplant. Das Gebiet (siehe Abbildung 45) hat einen Gesamtwärmebedarf von 4,2 GWh/a. Dies entspricht 4 % des Gesamtwärmebedarfs von Weilheim. Die Wärmeversorgung der ca. 170 Kunden im Gebiet basiert heute zu 81 % auf den Energieträgern Erdgas, Heizöl und Strom-Direktheizung wodurch jährlich 1.000 t CO₂ emittiert werden. Das Gebiet Weilheim West weist eine ausreichend hohe Wärmedichte von durchschnittlich 290 MWh/ha auf, so dass eine zentrale Versorgung über ein Wärmenetz als wirtschaftlich eingeschätzt wird.

Des Weiteren stehen in dem Gebiet zeitnah Straßenarbeiten an, woraus sich Synergien in der Umsetzung ergeben. Das geplante Neubauquartier kann ebenfalls als möglicher Ankerkunde in die gemeinsame Wärmeversorgung eingebunden werden. Beide Merkmale können bei einem rechtzeitigen Maßnahmenbeginn Synergieeffekte auslösen.

Im ca. 500 m Entfernung befindet sich an der Lindach die kommunale Kläranlage, in der das Abwasser aus Weilheim gereinigt werden. Im Rahmen der Potenzialanalyse ist das Abwasserwärmepotenzial am Ausgang der Kläranlage auf 3.300 MWh/a bei einer thermischen Leistung von ca. 400 kW (wärmequellenseitig) abgeschätzt worden. Zudem verläuft nahe des Wärmenetzgebiets ein Hauptabwasserleiter als Zuleitung des Abwassers zur Kläranlage.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet. Eine Machbarkeitsstudie, nach dem Förderprogramm „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) soll konkret aufzeigen, wie dieses Ziel für den Bereich Weilheim West erreicht werden kann.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 ist im Gebiet Weilheim West aufgrund der höheren Wärmedichte und angrenzender zentraler Abwärmepotenziale aus der kommunalen Kläranlage ein Wärmenetz abgebildet. Der zusätzliche Wärmebedarf aus dem Neubauareal wird mögliche Einspareffekte aus dem Sanierungsszenario teilweise aufheben, sodass die Wärmedichte hoch bleiben wird.

Ergänzend zur Wärmequelle der Kläranlage wird im Zielszenario eine nahegelegene Freifläche als Erdflächenkollektor angesetzt. Die Wärmeverteilung kann in einem kalten Wärmenetz erfolgen und so auch den verschiedenen Anforderungen der potenziellen Anschlussnehmer aus einem heterogenen Mix von Alt- und Neubau gerecht werden. In der Ausführung als kaltes Wärmenetz fallen außerdem die Wärmeverluste in der Verteilung gering aus.

Die Machbarkeitsstudie beinhaltet die Analyse des bestehenden Gebiets und soll mit einer tiefgreifenderen Potenzialermittlung der identifizierten Potenziale belastbare Aussagen zur Gestaltung eines Wärmenetzes liefern. Hierbei wird auch ein Kostenrahmen erstellt. Des Weiteren gilt es die zentralen Akteure zu beteiligen und einen Umsetzungsplan mit Fokus auf die Treibhausgasneutralität zu entwickeln. Aus der zeitlichen Relevanz der Maßnahme zur

Nutzung der Synergieeffekte aus Straßensanierung und Neubauquartier bietet sich eine enge Einbeziehung der genannten Projekte im Gebiet an.

Nach positivem Abschluss der Machbarkeitsstudie sollen die Ergebnisse als Grundlage in den weiteren Prozess zur koordinierten Planung und Erschließung dieses Potenzials sowie den Aufbau einer zentralen, klimaneutralen Wärmeversorgung einfließen. Die Studie wird für spätere Investitions-Förderungen zwingend vorausgesetzt.

Inhalte der Machbarkeitsstudie

1. Vertiefung der Ist-Analyse und Erstellung der Ausbaustrategie
 - a. Analyse der Bedarfsmengen, Leistungen und Temperaturniveaus
 - b. Ausbaustrategie festlegen (Bereiche, Ankerkunden)
 - i. Synergien mit Tiefbau- und Netzarbeiten (Gas, Wärme, Daten)
 - ii. Abstimmung mit Neubauvorhaben im Quartier
2. Konkretisierung Potenzialermittlung klimaneutraler Energien
 - a. Technische und wirtschaftliche Bewertung lokaler Wärmequellen und alternativer Freiflächennutzungen
 - b. Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Langzeitwärmespeichern
 - c. Für Vergleichsvarianten in der Ausführung eines warmen Wärmenetzes sind Großwärmepumpen vorzusehen.
3. Analyse von potenziellen Standorten für Wärmeerzeugung/-nutzung
 - a. Ermittlung Flächenbedarfe für Heizzentralen und Wärmespeicher
 - b. Flächenbedarfe für die Integration zusätzlicher Wärmequellen
 - c. Multikriterielle Bewertung der Standorte (u.a. Emissionen, Verkehrslast, ...)
4. Variantenentwicklung
 - a. Entwicklung von geeigneten Wärmeversorgungsvarianten am Standort
 - b. Betriebsstrategie
 - c. Sektorenkopplung und Strommarktdienlichkeit
 - d. Kostenaufstellung/ Wirtschaftlichkeitsberechnung
 - e. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit
5. Terminplan für die Umsetzung der Zielvarianten
6. Maßnahmen zur Bürgereinbindung und Stärkung der Akzeptanz
7. Dokumentation und Berichterstellung

Geplante THG-Einsparung

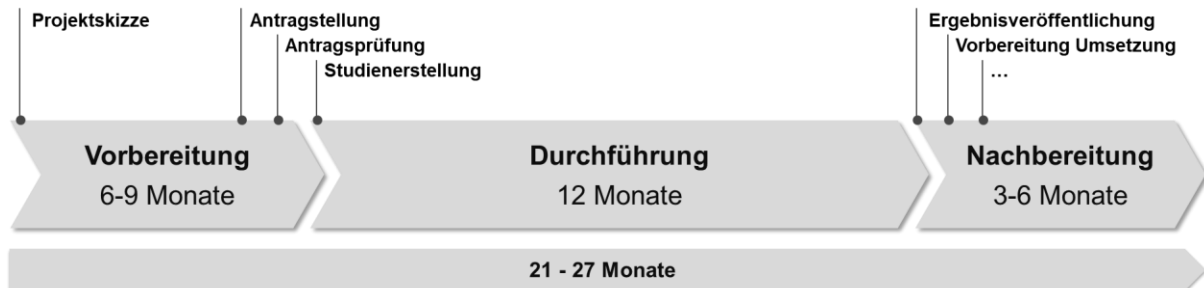
Ausgehend von der heutigen Versorgungsstruktur resultiert für das Gebiet Weilheim West bei einer klimaneutralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz eine THG-Einsparung von 97 % oder 1.037 t/a. Bezogen auf die Gesamtkommune entspricht dies einer THG-Einsparung von ca. 3,7 % bezogen auf die heutigen Emissionen.

Akteure

Die Erarbeitung der Studie erfolgt in enger Abstimmung mit der Stadt Weilheim. Für die Erstellung der Machbarkeitsstudie ist ein externer Dienstleister mit entsprechender Expertise im Bereich Wärmenetze und Abwärmenutzung von Kläranlagen notwendig.

Zeitplanung

Die Machbarkeitsstudie und ggf. erforderliche Erkundungsmaßnahmen erfordern 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 100 T€ (netto) 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.

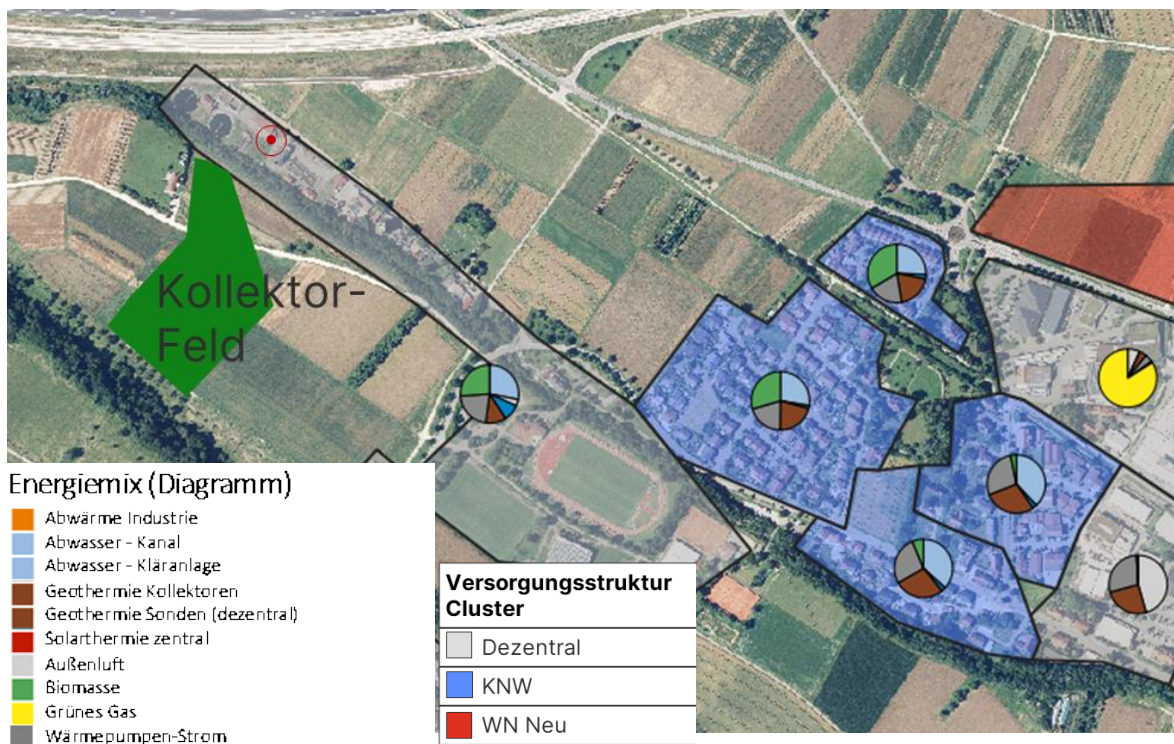


Abbildung 45: Wärmeversorgung im Gebiet Weilheim West im Zielszenario

7.5.5 BEW-Machbarkeitsstudie Wärmenetz Rosenloh

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Das potenzielle Versorgungsgebiet (siehe Abbildung 45) hat einen Gesamtwärmebedarf von 8,2 GWh/a. Dies entspricht 7 % des Gesamtwärmebedarfs von Weilheim. Die Wärmeversorgung der ca. 200 Kunden im Gebiet basiert heute zu 78 % auf den Energieträgern Erdgas, Heizöl und Strom-Direktheizung, wodurch jährlich 1.900 t CO₂ emittiert werden. Das Versorgungsgebiet weist eine ausreichend hohe Wärmedichte von durchschnittlich 330 MWh/ha auf, so dass eine zentrale Versorgung über ein Wärmenetz analog zur bereits erstellten Konzeptstudie als wirtschaftlich eingeschätzt wird.

Im Falle einer möglichen Wasserstoffproduktion im Gewerbe- und Industriegebiet Rosenloh könnten größere Abwärme-Mengen für eine emissionsfreie Wärmeversorgung von Teilbereichen Weilheims zur Verfügung gestellt werden.

In diesem Zusammenhang wurde bereits im April 2023 ein Konzept für die Abwärmenutzung erstellt. Dabei wurden verschiedene Szenarien untersucht:

- Nahwärmenetz für das neue Gebiet Rosenloh
- Nahwärmenetz für Rosenloh und größere (kommunale) Gebäude im Umfeld von Rosenloh (Bildungszentrum Wühle, Limburghalle)
- Nahwärmenetz für Rosenloh, größere Gebäude und die Wohngebiete im Umfeld von Rosenloh

Die Wärmeversorgung erfolgt in dem Konzept durch die Abwärmenutzung aus der Wasserstoffproduktion – allerdings nicht gleichlaufend mit dem Wärmebedarf. Deshalb sind laut der Konzeptstudie ein Langzeitwärmespeicher und ggf. Hochtemperaturwärmepumpen erforderlich. Die Konzeptstudie kam zum Ergebnis, dass die Nahwärmeversorgung eine wirtschaftliche Alternative zur konventionellen Wärmeversorgung darstellen kann.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet. Eine Machbarkeitsstudie, nach dem Förderprogramm „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) soll konkret aufzeigen, wie dieses Ziel für den Bereich Weilheim West erreicht werden kann.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 ist das Gebiet analog zur Konzeptstudie abgebildet. Die Abwärme aus dem Elektrolyseprozess stellt einen großen Anteil an der zentralen Wärmeversorgung dar. Durch die nötige saisonale Zwischenspeicherung auf niedrigem Temperaturniveau und zur Hebung weiterer Effizienzpunkte in der Abwärmenutzung kommen zentrale Wärmepumpen zum Einsatz. Daraus resultiert zusätzlich ein Strombedarf zum Betrieb dieser zentralen Wärmepumpen. Gebäude, die bereits im Basisjahr vollständig erneuerbar (zumeist Holz) versorgt werden, sind im Zielszenario nicht als Anschlusskunden angenommen worden.

Die Wasserstoffproduktion wird voraussichtlich frühestens 2028 in Betrieb gehen. Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten ist eine alternative Wärmequelle (ausgelegt für eine

100%-Versorgung durch diese Wärmequelle) erforderlich („Besicherungs- bzw. Redundanzfall“).

Eine Machbarkeitsstudie nach dem Förderprogramm „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW) soll konkret die weiteren Planungsphasen abdecken (ggf. LPH 1-4 HOAI). Die Studie wird für spätere Förderungen für Investitionsmittel im Rahmen des Programms BEW zwingend vorausgesetzt.

Nach positivem Abschluss der Machbarkeitsstudie sollen die Ergebnisse als Grundlage in den weiteren Prozess zur koordinierten Planung und Erschließung dieses Potenzials sowie den Aufbau einer zentralen, klimaneutralen Wärmeversorgung einfließen.

Inhalte der Machbarkeitsstudie

1. Vertiefung der Ist-Analyse und Erstellung der Ausbaustrategie
 - a. Analyse der Bedarfsmengen, Leistungen und Temperaturniveaus
 - b. Ausbaustrategie festlegen (Bereiche, Ankerkunden)
 - i. Synergien mit Tiefbau- und Netzarbeiten (Gas, Wärme, Daten)
 - ii. Abstimmung mit Ankerkunden
2. Konkretisierung der Potenzialermittlung klimaneutraler Energien
 - a. Technische und wirtschaftliche Bewertung möglicher Redundanz-Wärmeerzeuger
 - b. Technische und wirtschaftliche Bewertung lokaler Wärmequellen und alternativer Freiflächnennutzungen
 - c. Analyse der Nutzungsoptionen für grüne Gase und Biomasse
 - d. Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Großwärmepumpen und Langzeitwärmespeichern
3. Konkretisierung von potenziellen Standorten für Wärmeerzeugung/-nutzung
 - a. Ermittlung Flächenbedarfe für Heizzentralen und Wärmespeicher
 - b. Multikriterielle Bewertung der Standorte (u.a. Emissionen, Verkehrslast, ...)
4. Variantenentwicklung
 - a. Entwicklung von geeigneten Wärmeversorgungsvarianten am Standort
 - b. Betriebsstrategie
 - c. Sektorenkopplung und Strommarktdienlichkeit
 - d. Kostenaufstellung/ Wirtschaftlichkeitsberechnung
 - e. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit
5. Terminplan für die Umsetzung der Zielvarianten
6. Maßnahmen zur Bürgereinbindung und Stärkung der Akzeptanz
7. Dokumentation und Berichterstellung

Geplante THG-Einsparung

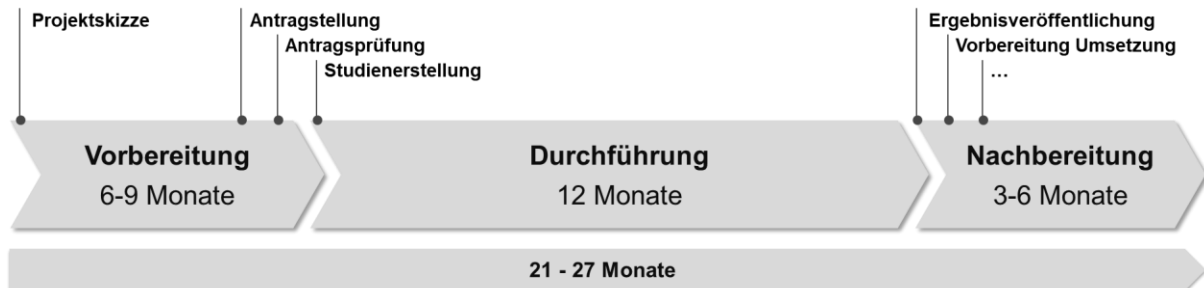
Ausgehend von der heutigen Versorgungsstruktur resultiert für das Versorgungsgebiet Rosenloh bei einer klimaneutralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz eine THG-Einsparung von 81 % oder 1.500 t/a. Bezogen auf die Gesamtkommune entspricht dies einer THG-Einsparung von ca. 6 % bezogen auf die heutigen Emissionen.

Akteure

Die Erarbeitung der Studie erfolgt in enger Abstimmung mit der Stadt Weilheim. Für die Erstellung der Machbarkeitsstudie ist ein externer Dienstleister mit entsprechender Expertise im Bereich Wärmenetze und Abwärmenutzung von Elektrolyseuren notwendig.

Zeitplanung

Die Machbarkeitsstudie und Erkundungsmaßnahmen erfordern 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 100 T€ (netto) 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.

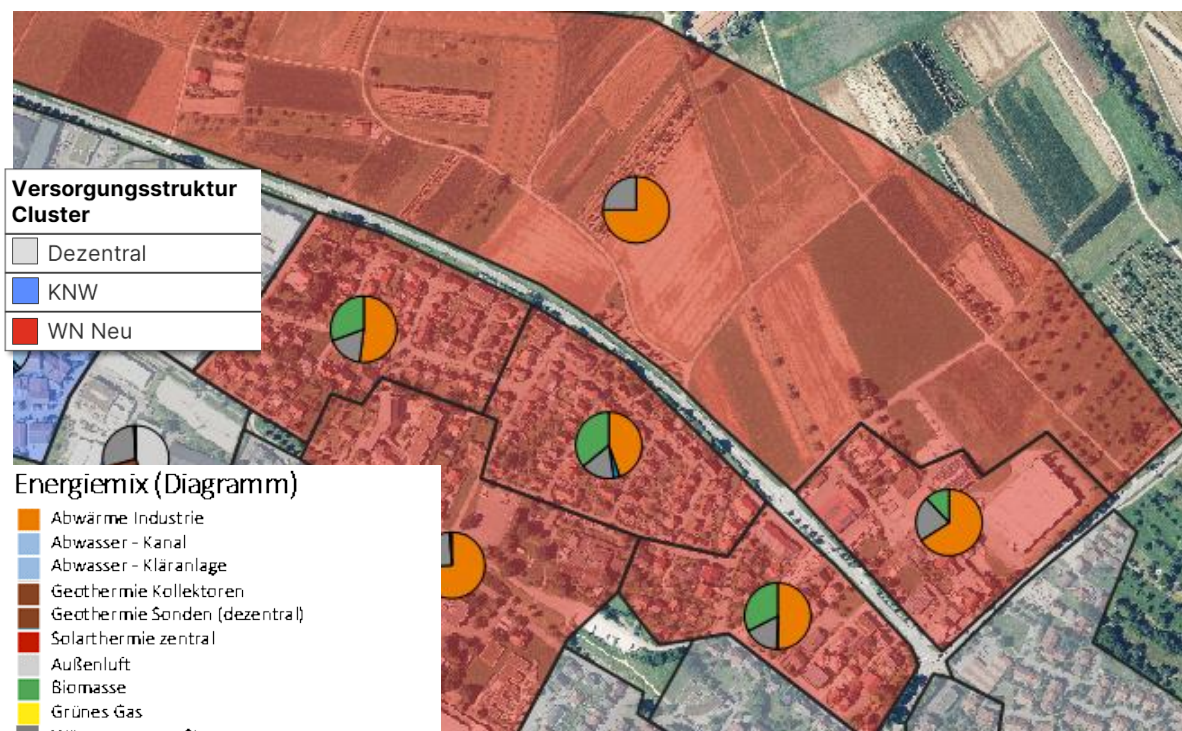


Abbildung 46: Wärmeversorgung im Gebiet Rosenloh im Zielszenario

7.5.6 Dokumentation erweiterter Maßnahmenvorschläge

Gemäß der Vorgehensweise zur Priorisierung der fünf Maßnahmen in Kapitel 7.5 sind neben den final gewählten auch weitere relevante Maßnahmen in der Vorauswahl gesammelt und bewertet worden. Zur Dokumentation und zur Weiterverfolgung dieser Maßnahmen nach der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung werden diese im Folgenden in Kurzform aufgeführt.

BEW Studie Wärmenetz Stadtmitte

Der Stadtkern von Weilheim ist durch dichtere Bebauung und damit eine höhere Wärmedichte von durchschnittlich 530 MWh/ha bei geringen lokalen erneuerbaren Potenzialen geprägt. Die Nutzung nahegelegener Freiflächenpotenziale und Einbeziehung der zwischenliegenden Cluster zur Durchleitung sind relevante Optionen im Kontext einer potenziellen Versorgung über ein Wärmenetz. Die Zuleitung der Wärmepotenziale aus den östlichen Freiflächen kann über die südlichen Cluster mit Anschlussmöglichkeit des Freibades, oder alternativ über die nördlichen Cluster erfolgen. Der Wärmebedarf im Basisjahr beträgt für den gesamten Bereich rund 10 GWh/a (9 % des Gesamtwärmebedarfs der Kommune) und wird aktuell zu 75 % auf Basis fossiler Energieträger und Direktstromheizungen gedeckt.

Eine Machbarkeitsstudie, z.B. nach dem Förderprogramm „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) soll die konkreten Umsetzungsoptionen für einen Wärmenetzbetreiber über den Neubau eines Wärmenetzes aufzeigen. Auf Grund der begrenzten Alternativen aus dezentralen Wärmequellen und der besonders hohen Wärmedichte kann von einer hohen Anschlussquote ausgegangen werden.

Die Machbarkeitsstudie beinhaltet die Analyse des bestehenden Gebiets und soll mit einer Potenzialermittlung und Ausgestaltung des konkreten Energiekonzeptes belastbare Aussagen zur Umsetzung eines Wärmenetzes liefern. Hierbei wird auch ein Kostenrahmen erstellt. Des Weiteren gilt es, die zentralen Akteure zu beteiligen und einen Umsetzungsplan mit Fokus auf die Treibhausgasneutralität zu entwickeln, sowie Variantenoptionen zur Reduktion des Flächenbedarfs zu untersuchen.

Nach positivem Abschluss der Machbarkeitsstudie sollen die Ergebnisse als Grundlage in den weiteren Prozess zur koordinierten Planung und Erschließung dieses Potenzials sowie den Aufbau einer zentralen, klimaneutralen Wärmeversorgung einfließen.

BEW Studie Wärmenetz Egelsberg

In der Siedlung am Egelsberg im Stadtteil Weilheim geht aus dem Zielszenario eine zentrale Versorgungsstruktur hervor. Als Wärmequelle wurden im Rahmen der Potenzialanalyse Freiflächen zur Erdwärmenutzung und Solarthermie in unmittelbarer Nähe zu den Versorgungsgebieten identifiziert. Als potenzielle Ankerkunden wurden die großen Mehrfamilienhäuser am Ende der Teckstraße identifiziert.

Als erweiterte Maßnahme wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie nach dem Förderprogramm „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) für die Umsetzung des Nahwärmenetzes vorgeschlagen.

Maßnahme Erschließung Potenzial dezentraler Erdwärmesonden

Im Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 wird zu ca. 13 % des Wärmebedarfs über dezentrale Erdwärmesonden gedeckt. Im Stadtteil Hepsisau liegt der Anteil mit 36 % wegen besserer Ausgangssituation deutlich höher. Um den privaten Immobilieneigentümer die Erschließung des Erdwärme-Potenzials möglichst wirtschaftlich attraktiv und effizient zu gestalten, soll ein anreizstiftender Organisationsrahmen durch die Kommunalverwaltung geschaffen werden. Es sollen Vorabstimmung zu Rahmenverträgen mit den ausführenden Firmen erfolgen. Die Maßnahmen können über eine zentrale Koordination der Erschließung über die Stadtverwaltung gebündelt werden. Wodurch die Hürde der Immobilieneigentümer zur Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung mittels dezentralen Erdwärmesonden so gering wie möglich gehalten wird. Dafür können gezielt mit dem derzeit in Weilheim dominierenden Bohrunternehmen Möglichkeiten durch Kooperationen sondiert werden.

Flächensicherung für Energieinfrastruktur

Flächen im Außenraum von Weilheim werden derzeit für Energieinfrastrukturen nicht genutzt. Im Zuge der Energiewende nimmt die Flächensicherung sowohl für PV-Anlagen als auch für Wärmeinfrastrukturen eine zunehmend bedeutende Rolle ein.

Für das Erreichen der Klimaschutzziele und speziell für die Umsetzung des Transformationsprozesses im Bereich Wärme gilt es die Nutzungsmöglichkeiten für Freiflächen unter baurechtlichen und raumplanerischen Aspekten neu zu bewerten. Die Vorbereitung und Umsetzung des Prozesses zur Sicherung der erforderlichen Flächen auf dem Kommunalgebiet ist Gegenstand dieser erweiterten Maßnahme.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP	10
Abbildung 2 Baualtersklassen Wohngebäude im Bestand (prozentuale Verteilung)	20
Abbildung 3: Hauptnutzungsarten der Cluster	21
Abbildung 4: Übersichtskarte des Gasnetzes	22
Abbildung 5: Wärmebedarf je Cluster	23
Abbildung 6: Wärmedichte je Cluster	24
Abbildung 7: Wärmeliniendichte im Basisjahr	25
Abbildung 8: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren	26
Abbildung 9: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune	29
Abbildung 10: Ergebnisse der Eignungsprüfung für Wärmenetze	31
Abbildung 11: Auswirkung der Sanierungsszenarien auf den Wärmebedarf	34
Abbildung 12: Szenario - Entwicklung Prozesseffizienz GHD und Industrie	34
Abbildung 13: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1	35
Abbildung 14: Teilgebiete mit erhöhtem Wärmeeinsparpotenzial	36
Abbildung 15: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Clusterebene	39
Abbildung 16: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Clusterebene	41
Abbildung 17: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“	44
Abbildung 18: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Clusterebene	46
Abbildung 19: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Clusterebene	48
Abbildung 20: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Clusterebene	49
Abbildung 21: Ausschlusskriterien „Grundwasser“ auf Clusterebene	51
Abbildung 22: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Clusterebene	53
Abbildung 23: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“	55
Abbildung 24: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Clusterebene	56
Abbildung 25: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 300 m	58
Abbildung 26: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 2.000 m	58
Abbildung 27: Karte der Biomasse Potenzialflächen	60
Abbildung 28: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene (Einstufung nach Energieatlas BW)	64
Abbildung 29: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“	66
Abbildung 30: "Windkraft"-Potenzial aus Energieatlas BW	68
Abbildung 31: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW	69
Abbildung 32: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme	71
Abbildung 33: Anteile der Endenergieträger an den Zielszenarien	73
Abbildung 34: Anteile der Versorgungssysteme innerhalb der Zielszenarien. (*Anzahl der Cluster)	73
Abbildung 35: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr	75
Abbildung 36: Zielszenario 2040 Energieversorgung der Stadtteile	77
Abbildung 37: Zielszenario 2040 Versorgungssysteme der Cluster	78
Abbildung 38: Zielszenario 2030	79
Abbildung 39: Clusterkarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielszenario	86
Abbildung 40: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete	88

Abbildung 41: Kommunale Fokusgebiete	89
Abbildung 42: Cluster mit Gasbedarf im Zielszenario	90
Abbildung 43: Beispiel Clustersteckbrief.....	92
Abbildung 44: Wärmeversorgung im Gebiet Weilheim West im Zielszenario	104
Abbildung 45: Wärmeversorgung im Gebiet Rosenloh im Zielszenario.....	107

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.
- Thorsten, S., Walberg, D., Gniechwitz, T., & Paare, K. (2022). *Studie zum 13. Wohnungsbautag 2022 und Ergebnisse aus aktuellen Untersuchungen*. Kiel: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

© OSM. Hintergrundkarten von OpenStreetMap (2022). www.openstreetmap.org/copyright

10 Anhang

10.1 Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen

Kriterium	Datenquelle	Geothermie				Solarthermie/ PV			
		Potenziell geeignete Fläche	Ausschlusskriterium	Einschränkung	Sonstige Einschränkung (EGS-plan)	Potenziell geeignete Fläche	Ausschlusskriterium	Einschränkung	Sonstige Einschränkung (EGS-plan)
Ackerland in benachteiligten Gebieten	ALKIS/LUBW	X				X			
Seitenrandstreifen an Autobahnen und Bahnstrecken	LUBW	X				X			
Konversionsflächen (wie z.B. stillgelegte Abfalldeponien,	LUBW	X				X			
Flurstücke nach ALKIS-Nutzung Grünland, Unland,	ALKIS	X				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)	ALKIS		X				X		
Wald- und Forstflächen	ALKIS		X				X		
Nationalpark	UIS / LUBW		X				X		
Naturschutzgebiet (NSG)	UIS / LUBW		X				X		
Waldschutzgebiet (Bann- und Schonwälder)	LUBW		X				X		
Biosphärengebiet -Kernzone	UIS / LUBW		X				X		
Biosphärengebiet -Entwicklungszone	UIS / LUBW			X				X	
Biosphärengebiet -Pflegezone	UIS / LUBW			X				X	
Naturdenkmal (END und FND)	LUBW		X				X		
Wasserschutzgebiet Zone I	LUBW		X				X		
Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone I (bestehend und	UIS		X						
Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone II (bestehend	UIS		X						
Überschwemmungsgebiete	LUBW		X				X		
Geschützte Biotope, Biotope Landesweit	LUBW		X				X		
SPA-Gebiet (Vogelschutzgebiet)	LUBW			X				X	
Biotopverbund Offenland inkl. Generalwild	LUBW			X				X	
Biotopverbund Gewässerlandschaften	LUBW				X				X
Biotopverbund Wiedervernetzung	LUBW				X				X
Biotopverbund Offenland (2012)	LUBW			X				X	
FFH-Mähwiesen	LUBW			X				X	
FFH-Gebiet	LUBW			X				X	
Landschaftsschutzgebiet (LSG)	LUBW			X				X	
Naturpark	LUBW				X				X
Grünzug	Regionalplan								
Grünzäsur	Regionalplan		X				X		

10.2 Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung

Tabelle 14: Zeitliche Entwicklung der Emissionsfaktoren nach Energieträgern in kg/kWh

	2021	2030	2035	2040
Abwärme	0,040	0,038	0,037	0,036
Strom	0,409 ¹⁰	0,065	0,027	0,032
Solarthermie	0,013	0,013	0,013	0,013
Biomasse	0,022	0,022	0,022	0,022
Grünes Gas (grüner H ₂)	0,050	0,035	0,027	0,019
Heizöl	0,311	0,311	0,311	0,311
Erdgas	0,233	0,233	0,233	0,233

Quelle: Technikkatalog KEA

¹⁰ Ergänzt aus: Fritsche, U. R.; Greß, H.-W.: *Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2022 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050*. IINAS: Darmstadt. 2023