

# Kommunale Wärmeplanung Baden-Baden

im Auftrag der Stadt Baden-Baden



## Abschlussbericht

Projektleitung: Tobias Nusser M.Sc.

Bearbeitung: Joel Noack M.Sc.

Stand: 12.05.2023

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

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

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

Generalbevollmächtigter:  
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
230522 KWP Baden-Baden E21311.docx



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Kommunale Wärmeplanung</b>	<b>7</b>
2.1	Das Planungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung	7
2.2	Vorgehensweise und Methodik	7
2.3	Organisatorischer Rahmen	9
<b>3</b>	<b>Beteiligungs- und Kommunikationskonzept</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Bestandsanalyse</b>	<b>12</b>
4.1	Ziele und Vorgehensweise	12
4.2	Datengrundlagen	12
4.2.1	Daten der Kommunalverwaltung	13
4.2.2	Daten der Schornsteinfeger	13
4.2.3	Daten der Energieunternehmen	14
4.2.4	Großverbraucher	14
4.3	Ergebnisse der Bestandsanalyse	15
4.3.1	Definition der Cluster	15
4.3.2	Kommunalstruktur	16
4.3.3	Energieinfrastruktur	18
4.3.4	Wärmebedarf	19
4.3.5	Endenergie- und Treibhausgasbilanz	21
4.3.6	Großverbraucheranalyse	25
<b>5</b>	<b>Potenzialanalyse</b>	<b>26</b>
5.1	Ziele und Vorgehensweise	26
5.2	Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs	26
5.2.1	Potenziale energetischer Gebäudesanierung	26
5.2.2	Potenziale durch Verbesserung von Prozesseffizienzen	27
5.2.3	Gesamtpotenzial zur Senkung des Wärmebedarfs	27
5.3	Potenziale für klimaneutrale Wärme	28
5.3.1	Abwärme – Industrie und Gewerbe	29
5.3.2	Abwasser - Kanal	30
5.3.3	Abwasser – Kläranlage	31
5.3.4	Flusswasser	33
5.3.5	Geothermie – Kollektoren zentral	33
5.3.6	Geothermie – Sonden dezentral	36
5.3.7	Geothermie – Sonden zentral	38
5.3.8	Grundwasser	39

5.3.9	Seewasser	40
5.3.10	Solarthermie - dezentral	41
5.3.11	Solarthermie - zentral	42
5.3.12	Tiefengeothermie	45
5.3.13	Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme	47
5.4	Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung	49
5.4.1	Photovoltaik – dezentral	50
5.4.2	Photovoltaik – zentral	51
5.4.3	Windkraft	54
5.4.4	Wasserkraft	55
5.5	Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse	57
<b>6</b>	<b>Zielfoto</b>	<b>59</b>
6.1	Ziele und Vorgehensweise	59
6.2	Zielfoto 2040	60
6.3	Zielfoto 2030	62
<b>7</b>	<b>Wärmewendestrategie &amp; Maßnahmenkatalog</b>	<b>64</b>
7.1	Ziele und Vorgehensweise	64
7.2	Maßnahmen auf Meta-Ebene	64
7.3	Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation	68
7.3.1	Wärmenetzeignungsgebiete	68
7.3.2	Kommunale Fokusgebiete	69
7.4	Clustersteckbriefe	72
7.5	Fünf Maßnahmen gemäß Klimaschutzgesetz	74
7.5.1	Stromnetzcheck – Analyse zur Stabilität durch zukünftige Anforderungen	75
7.5.2	Machbarkeitsstudie zur Erdwärmennutzung im Rebland	77
7.5.3	Machbarkeitsstudie zur Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes Rotenbachtal	80
7.5.4	Machbarkeitsstudie zur Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes Briegelacker	83
7.5.5	Konzeption der PV-Anlage – Ehemalige Kiesgrube Niederwald	86
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>90</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>91</b>
10.1	Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen	91
10.2	Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung	92

## 1 Zusammenfassung

Das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg verpflichtet alle großen Kommunen zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung bis zum Ende des Jahres 2023. Die kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungsinstrument soll dabei Erkenntnisse liefern, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2040 erreicht werden kann. Die Stadt Baden-Baden hat im Jahr 2021 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, Zielfoto und Maßnahmenkatalog.

### Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse hat das Ziel den aktuelle 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 225 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 24.300 Gebäude mit mehr als 9.000.000 m<sup>2</sup> Brutto-Grundfläche ausgewertet worden.

Der Endenergiebedarf für Wärme lag im Jahr 2020 bei ca. 664 GWh. Der größte Anteil des Wärmebedarfs wird heute durch fossile Energieträger Erdgas und Heizöl (rund 90 %) gedeckt, der Anteil der Fernwärme an der gesamten Wärmebereitstellung beträgt rund 6 %. Rund 56 % des Endenergiebedarfs sind dabei auf die Nutzungskategorie Wohnen zurückzuführen. Der Anteil der dezentralen erneuerbaren Energien liegt bei ca. 10 %.

Insgesamt resultieren im Basisjahr THG-Emissionen in Höhe von 156.900 Tonnen. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,8 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. 28 % des Gesamtwärmebedarfs eingespart werden kann. 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. 8 % bis 2040. Gegenüber dem Basisjahr 2020 resultiert für das Zielfoto insgesamt ein um rund 36 % reduzierter Wärmebedarf.

Die Analyse der lokal verfügbaren emissionsfreien Wärmequellen ergibt, dass die größten Potenziale im Bereich der Erdwärme und Solarthermie liegen. Darüber hinaus sind für eine vollständige Bedarfsdeckung die Nutzung von im Wesentlichen räumlich unabhängigen Energieträgern wie Außenluftwärme, Biomasse und „grüne Gase“ erforderlich und einsetzbar.

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

Der Endenergiebedarf für Wärme in Baden-Baden beträgt im Zieljahr 2040 rund 425 GWh, dieser Bedarf ist durch emissionsfreie Wärmequellen zu decken. Ausgehend von rund 90 % fossiler Endenergie im Basisjahr zeigt dies die Dimension des fortzuführenden Transformationsprozesses.

Zentrales Element der Wärmeerzeugung sind im Zielfoto die Wärmepumpen in Heizzentralen und Gebäuden. Wärmepumpen stellen hierbei rund drei Viertel der Wärme im Zielfoto. Wesentliche Umweltwärmequellen sind Außenluft und Geothermie. Weiterhin wird auch das Verbundwärmenetz in Baden-Baden einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung im Wärmesektor leisten müssen. Dieses gilt es konsequent zu dekarbonisieren sowie auszubauen und nachzuverdichten.

Im Rahmen des Zielfoto-Prozesses sind auf der Ebene von 225 Clustern räumlich zugeordnete Empfehlungen in den Cluster-Steckbriefen ausgearbeitet, die Aufschluss darüber geben, welche Energieversorgungssysteme (Wärmenetze, dezentrale Heizungsanlagen) und Energieträger für die Erreichung der Klimaneutralitätsziele eine Option darstellen.

### **Handlungsstrategie/Maßnahmenkatalog**

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

Die fünf Maßnahmen sind in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung und den Stadtwerken 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. Erdwärmennutzung Rebland – *Mögliche Nutzung der Temperaturanomalie*
3. Fernwärme Rotenbachtal – *Ausbau, Nachverdichtung und klimaneutrale Erzeugung*
4. Fernwärme Briegelacker – *Ausbau, Nachverdichtung und klimaneutrale Erzeugung*
5. PV-Freifläche Niederwald – *Planung einer PV-Freiflächenanlage*

## 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 ihrer Arbeit in den Folgejahren Orientierung geben kann. Ein Wärmeplan ersetzt dabei niemals eine ortsgenaue Planung eines Wärmenetzes oder detailliertere Betrachtungen in einem Quartier.

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

### 2.2 Vorgehensweise und Methodik

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

#### Bestandsanalyse

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

Die Grundlagen für die Bestandsanalyse sind gebäudescharfe 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.

## Zielfoto

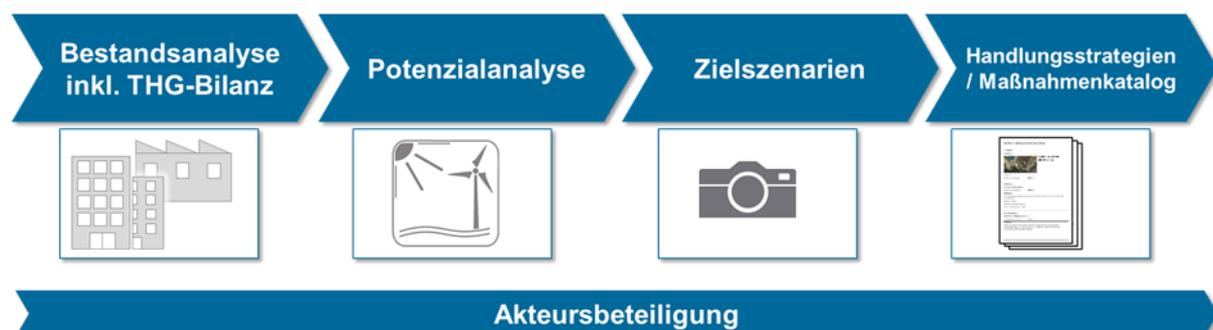
Das Zielfoto steht für die Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2040 mit einem 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 Zielfoto werden sowohl grundlegende als auch konkrete Maßnahmen und Strategien formuliert, die für die erfolgreiche Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Die Maßnahmen beziehen sich spezifisch auf unterschiedliche Eignungsgebiete und Quartiere sowie auf strukturelle und prozesshafte Aspekte auf Seiten der Kommunalverwaltung. Gemäß dem Klimaschutzgesetz sind fünf prioritäre Maßnahmen zur Umsetzung in den nächsten fünf Jahren möglichst detailliert zu beschreiben. Die Summe der beschriebenen Maßnahmen soll helfen, die erforderlichen 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**

## 2.3 Organisatorischer Rahmen

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

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

Baden-Baden hat rund 56.000 Einwohner und ist damit der bevölkerungsärmste Stadtkreis des Landes. Baden-Baden ist UNESCO Weltkulturerbe als eine der elf bedeutenden Kurstädte Europas. 61,8 % der Gesamtfläche wird der Waldfläche zugeordnet. Damit ist Baden-Baden der größte kommunale Waldbesitzer Deutschlands.

2011 wurde ein Klimaschutzkonzept erstellt. 2013 wurde dann für die Gesamtkommune eine KWK-Studie entwickelt.

Die kommunale Wärmeplanung ist in der Verwaltung beim Team „Wirtschaftsförderung und Klimaschutz“ angesiedelt. Hier wird an Themen wie Ansiedlung, Genehmigungsverfahren, Klimaschutz und Energieversorgung gearbeitet.

### 3 Beteiligungs- und Kommunikationskonzept

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

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

**Tabelle 1: Akteursgruppen**

Gruppe		
A1	Gemeinderat	partizipativ und beschließend
A2	Verwaltung	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 als auch die Stadtwerke.

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

#### Informative Beteiligung

Die Öffentlichkeit wurde zu Beginn im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung über den Start und die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung informiert.

Nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung ist es geplant in einer Öffentlichkeitsveranstaltung die Ergebnisse der Öffentlichkeit vorzustellen. Nach einer

Präsentation der Ergebnisse sollen an Thementischen relevante Bereiche des anstehenden Transformationsprozesses der Öffentlichkeit nähergebracht werden.

Neben der Information der Öffentlichkeit spielt ebenfalls die Information des Gemeinderats und der kommunalpolitischen Gremien und Verwaltung sowie in Ausschüssen eine Rolle. Die Zwischenergebnisse wurden am 19.07.2022 vorgestellt. Dabei wurden die Ergebnisse der Bestands-, der Potenzialanalyse und des Zielfotos präsentiert. Ebenfalls wurde der Ausblick auf die letzte Projektphase 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 Fragen und Anmerkungen eingeholt und in die weitere Bearbeitung integriert werden. Besonders im Hinblick auf den Abschluss der kommunalen Wärmeplanung, der ein Beschluss im Gemeinderat von fünf zur Umsetzung bestimmten Maßnahmen vorsieht, ist die frühzeitige Information essenziell, um die Akzeptanz und Mitwirkung zu optimieren.

## 4 Bestandsanalyse

### 4.1 Ziele und Vorgehensweise

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

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

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

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

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

### 4.2 Datengrundlagen

Um eine hohe Qualität der kommunalen Wärmeplanung zu gewährleisten, werden mit dem Klimaschutzgesetz die Kommunen zur Datenerhebung relevanter Daten ermächtigt. Gemäß § 33 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg sind alle Kommunen „... zum Zweck der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans ermächtigt, gebäudescharfe Daten bei Energieunternehmen und Bezirksschornsteinfegermeistern zu beschaffen.“ (KEA-BW, KEA-BW die Landesenergieagentur, 2023) Darüber hinaus können auch Daten von Gewerbe- und Industriebetrieben im Rahmen der KWP erhoben werden. Diese Daten dürfen lediglich zum Zweck der Erstellung einer 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 2020. Im Rahmen der Ergebnisvorstellung wird zunächst auf die Clusterbildung eingegangen, da Cluster eine geeignete Aggregationsebene bilden, um datenschutzkonform die Energiebedarfe und THG-Emissionen darstellen zu können. Im Anschluss werden die grundsätzliche Gemeindestruktur und die aktuellen relevanten Energieinfrastrukturen erläutert. Den Abschluss der Ergebnisdokumentation bildet die Wärme- und THG-Bilanz, die Grundlage für die weitere Bearbeitung im Rahmen der Potenzialanalyse und des Zielfotoprozesses ist.

#### **4.3.1 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 225 Cluster eingeteilt. Kriterien für die Abgrenzung der Cluster sind die Siedlungsstruktur, Gebäudenutzungstypen, Baualter sowie Energieträger und -infrastrukturen zur Wärmeversorgung. Ziel ist es neben der Einhaltung des Datenschutzes möglichst sinnvolle homogene Versorgungsbereiche für eine potenzielle zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung abzugrenzen. Räumliche trennende bzw. verbindende Elemente wie Straßen sind bei der Wahl der Clustergrenzen ebenfalls mitberücksichtigt. Die finale Auswahl der einzelnen Cluster ist im engen Austausch mit der Kommunalverwaltung geschehen.

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

### 4.3.2 Kommunalstruktur

Die Stadt Baden-Baden setzt sich aus elf Stadtteilen zusammen, die hauptsächlich durch Wohnnutzung geprägt sind. Das gesamte Gemarkungsgebiet der Kommune umfasst eine Fläche von 14.019 ha. Darunter befinden sich 8.526 ha Wald sowie 3.106 ha Ackerland. Damit ist der Großteil der nicht bebauten Flächen der Waldfläche zuzuordnen.

### Gebäudeinfrastruktur

Im Zuge der Bestandsanalyse werden in der Kommune insgesamt rund 24.286 Gebäude erfasst und analysiert. Die Kategorisierungen und Verteilungen der Gebäudetypen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Den größten Anteil der Gebäude mit einem Anteil von rund 45 % an der Gebäudezahl und rund 39 % an der Fläche nehmen die Wohngebäude ein.

Bei einer Gesamtwohnfläche<sup>1</sup> von 3.059.075 m<sup>2</sup> in der Kommune resultiert eine einwohnerbezogene Wohnflächeninanspruchnahme von 54 m<sup>2</sup>/EW.

**Tabelle 2: Gebäudestatistik**

	Gebäudeanzahl	Rel. Anteil in %	Fläche im m <sup>2</sup> (BGF)	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäderbetriebe	62	0,3%	185.159	2,0%
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	1.990	8,2%	1.047.534	11,6%
Hotel	69	0,3%	166.911	1,8%
Industrie	504	2,1%	823.488	9,1%
Mischnutzung	934	3,8%	749.761	8,3%
Öffentliche Verwaltung	110	0,5%	237.809	2,6%
Sondernutzung	670	2,8%	737.247	8,1%
Wohnnutzung	10.947	45,1%	3.547.010	39,1%
Sonstige	9.000	37,1%	1.565.756	17,3%
<b>Gesamt</b>	<b>24.286</b>		<b>9.060.675</b>	

<sup>1</sup> Berechnet aus der BGF der Wohnnutzung in Gebäuden

## Clusterstruktur

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

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

**Tabelle 3: Clusterstatistik**

	Clusteranzahl	Rel. Anteil in %	Clusterfläche in ha	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäderbetriebe	2	1%	2,8	0%
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	7	3%	31,0	2%
Hotel	3	1%	2,1	0%
Industrie	4	2%	93,7	7%
Mischnutzung	91	40%	470,1	36%
Mischnutzung GHD & Industrie	4	2%	56,6	4%
Öffentliche Verwaltung	1	0%	0,8	0%
Sondernutzung	6	3%	33,7	3%
Wohnnutzung	104	46%	610,9	47%
<b>Gesamt</b>	<b>225</b>		<b>1.301,7</b>	

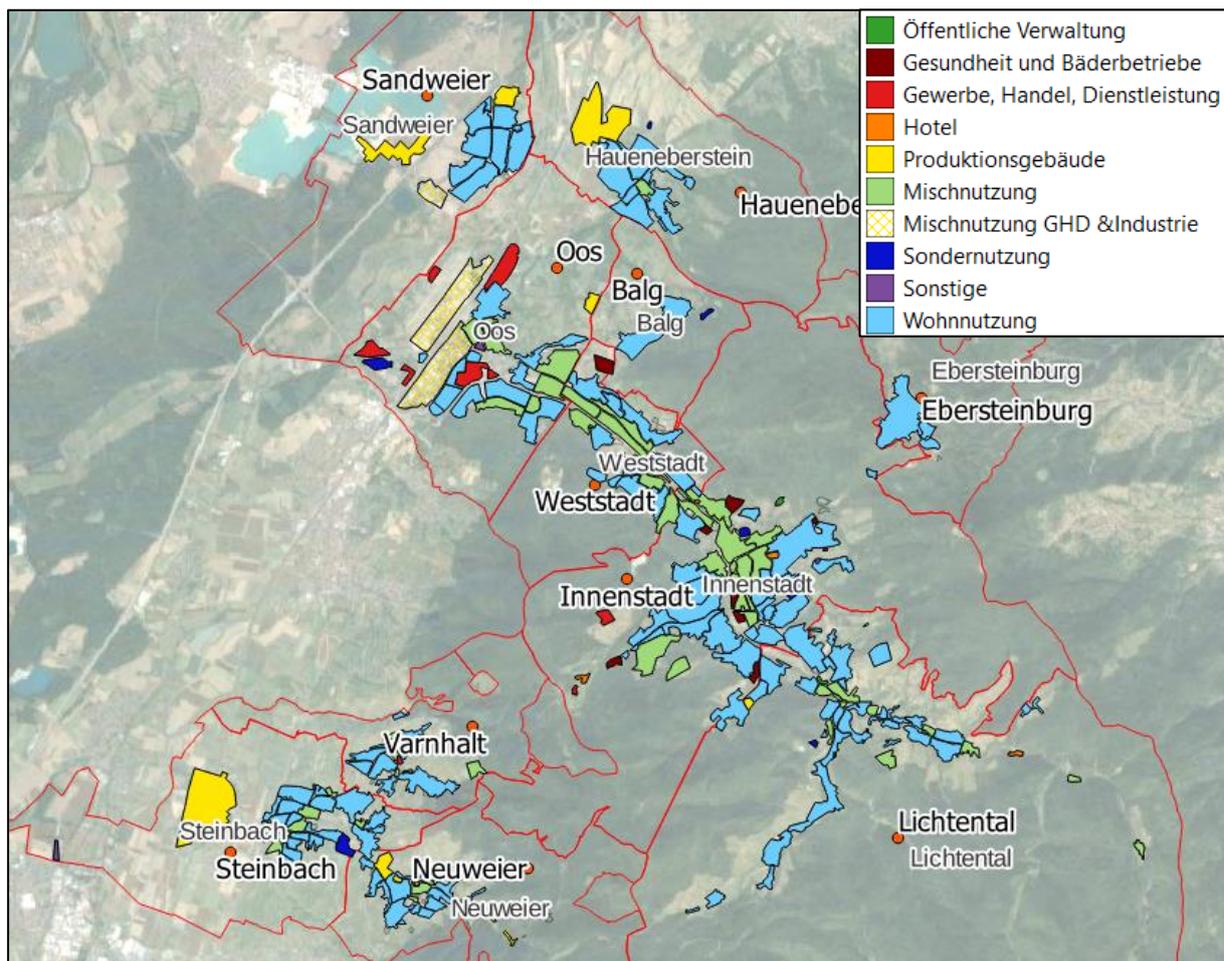


Abbildung 2: Hauptnutzungsarten der Cluster

#### 4.3.3 Energieinfrastruktur

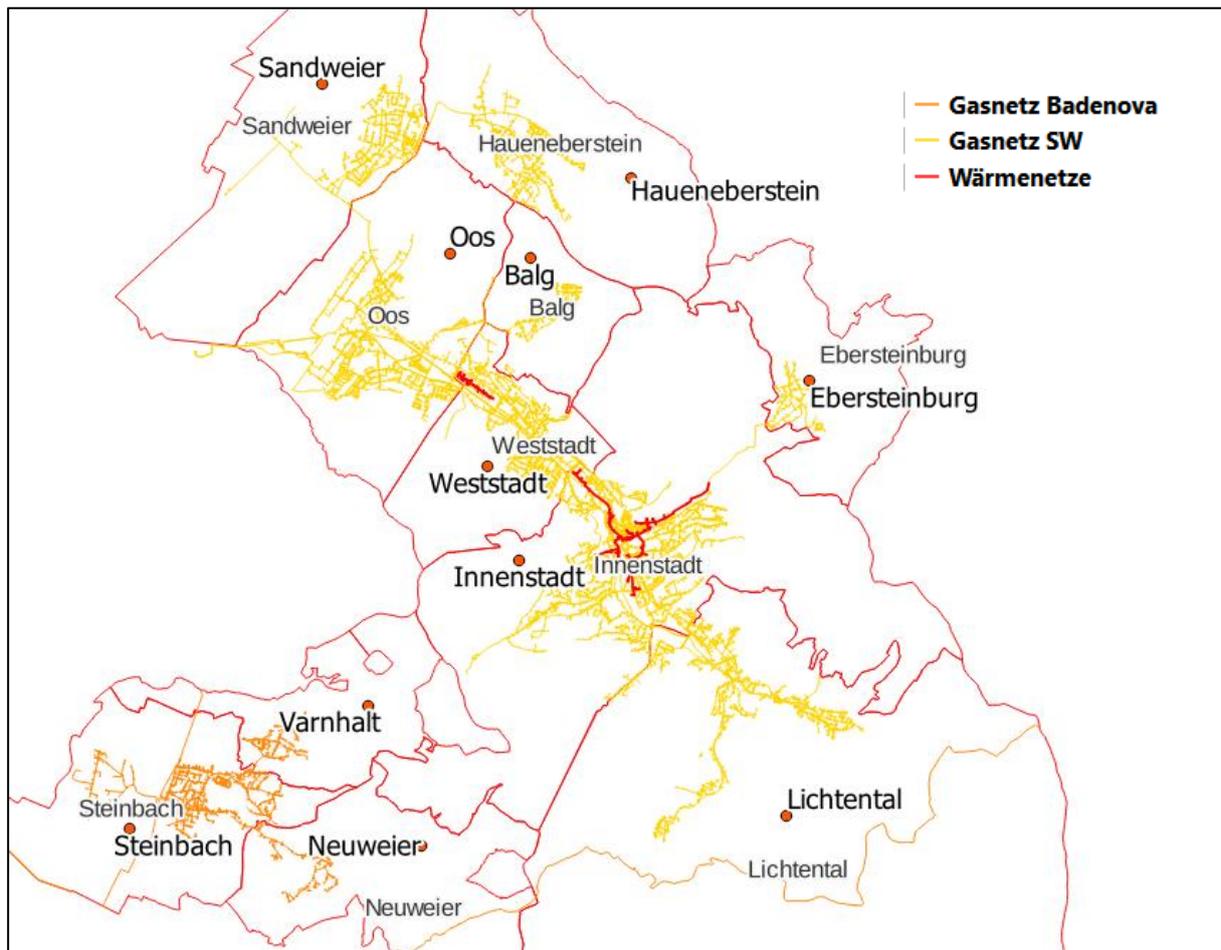
Die Dokumentation der Energieinfrastruktur im Abschlussbericht beschränkt sich neben den im Anhang aufgeführten Kennzahlen auf die Beschreibung der Gas- und Wärmenetze. Diese sind in Abbildung 3 dargestellt.

##### Gasnetzinfrastruktur

Die Wärmeversorgung erfolgt zu einem nennenswerten Anteil über das Gasnetz. Dieses liegt flächendeckend in der Kommune vor. Der Gasnetzbetreiber sind die Stadtwerke Baden-Baden sowie die Badenova. Bei einer gesamten Leitungslänge von über 316 km resultiert aktuell ein Anschlussgrad von rund 43 %.

##### Wärmenetzinfrastruktur

Des Weiteren spielt die Wärmeversorgung über Wärmenetze eine wichtige Rolle. Es gibt zwei Wärmenetze mit über 8 Kilometer Wärmeleitungen. Hierzu sind 2 Heizzentralen mit ca. 15 Megawatt in Betrieb.



**Abbildung 3: Übersichtskarte der Gas- und Wärmenetze**

#### 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 Baden-Baden ein Wärmebedarf<sup>2</sup> von 664 GWh/a. In Abbildung 4 und Abbildung 5 sind die räumlichen Verteilungen der Wärmebedarfe auf dem Kommunalgebiet

<sup>2</sup> Wärme = Erzeugernutzenergieabgabe

ersichtlich. Neben dem absoluten Bedarf sind dort auch Wärmedichteangaben enthalten, die erste Schlüsse auf potenzielle Wärmenetzsignungsgebiete zulassen. Eine hohe Wärmedichte impliziert hierbei eine bessere Eignung.

Der Wärmebedarf pro Einwohner beträgt im Basisjahr rund 11,8 MWh/(EW-a).

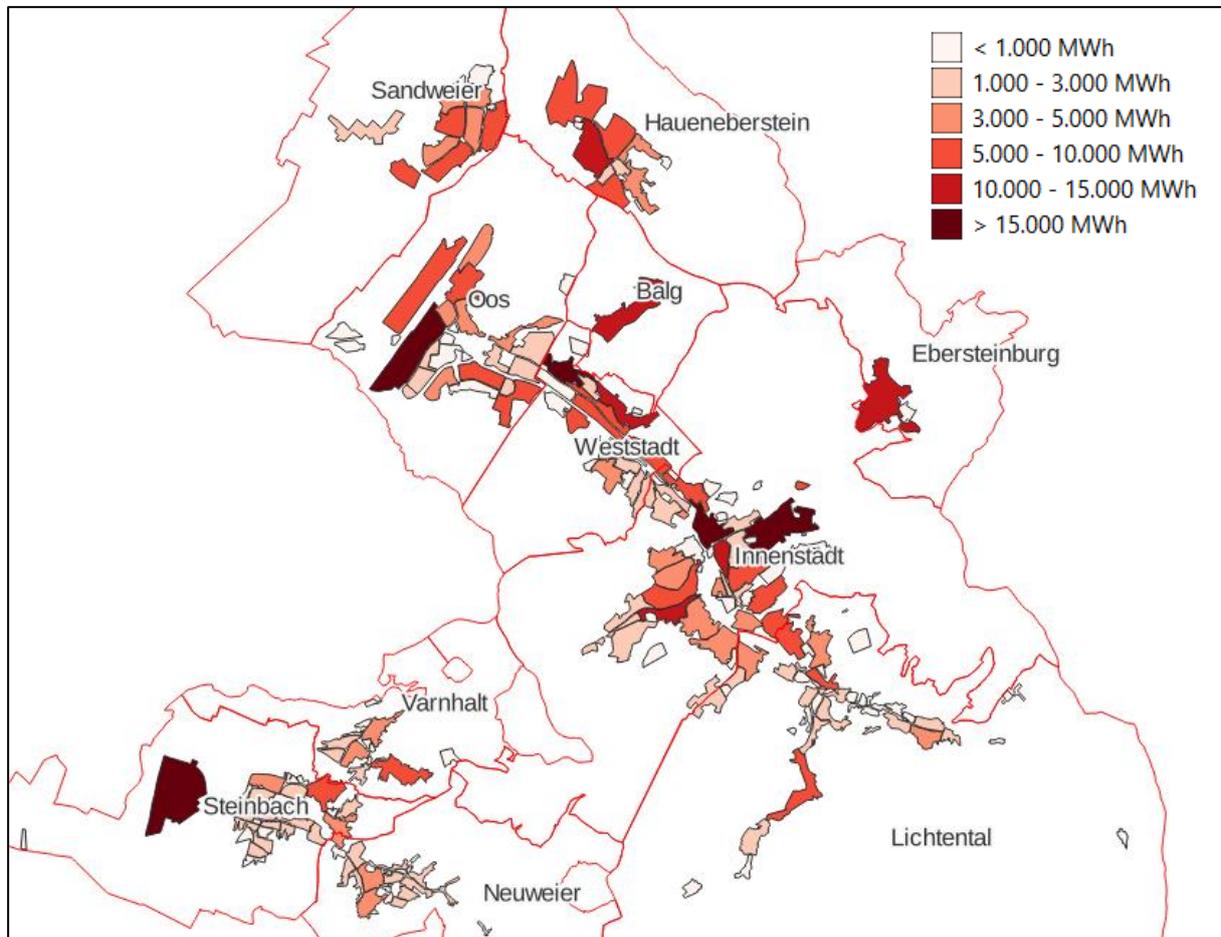
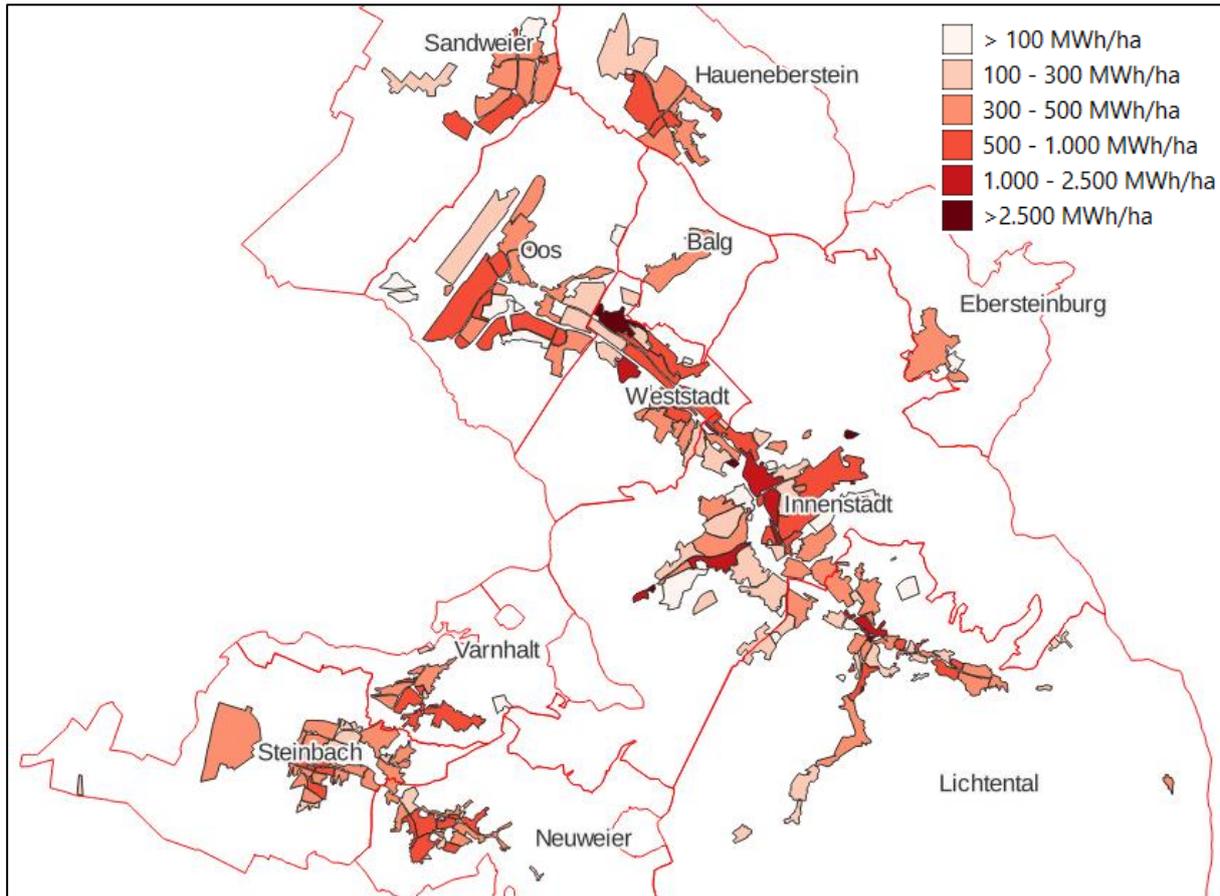


Abbildung 4: Wärmebedarf je Cluster



**Abbildung 5: Wärmedichte je Cluster**

#### 4.3.5 Endenergie- und Treibhausgasbilanz

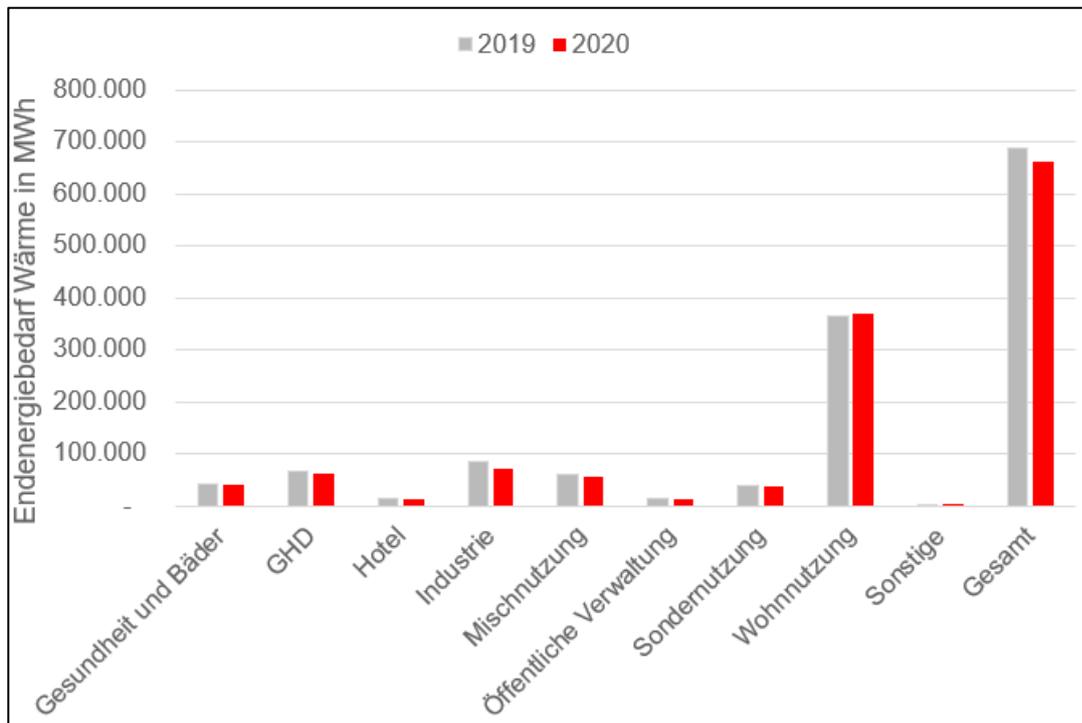
Für die Bewertung der Ausgangssituation auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sind die im Bereich Wärme eingesetzten Endenergieträger entscheidend. Denn das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bedeutet, dass fossile und damit nennenswert emissionsbehaftete Energieträger durch perspektivisch 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 6 sind die Endenergiebedarfe im Bereich Wärme nach Verbrauchssektoren dargestellt. Bei einem Gesamtbedarf von rund 664 GWh/a nimmt die Wohnnutzung den deutlich höchsten Anteil mit knapp über 56 % ein. Die Kategorie öffentliche Verwaltung ist mit einem Anteil von lediglich rund 2 % als untergeordnet einzustufen. Aufgrund der direkten Einflussmöglichkeit der Kommunalverwaltung und der Vorbildfunktion dennoch von

besonderer Relevanz. Die detaillierte Auflistung des Energieeinsatzes nach Nutzungssektoren ist in Tabelle 4 enthalten.



**Abbildung 6: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren**

Die Analyse des Endenergieeinsatzes nach Energieträgern verdeutlicht die große Dominanz fossiler Energieträger im Bereich der Wärmeversorgung. Durch einen Anteil von rund 68 % durch Erdgas und 22 % durch Heizöl ist die aktuelle Versorgung durch fossile Strukturen geprägt. In Tabelle 5 sind die jeweiligen Anteile der Energieträger an der Gesamtversorgung im Bereich Wärme detailliert aufgelistet.

**Tabelle 4: Endenergie- und THG-Bilanz nach Nutzungssektoren**

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäder	40.069	6%	9.579	6%
GHD	62.893	9%	14.790	9%
Hotel	14.020	2%	3.478	2%
Industrie	71.159	11%	16.911	11%
Mischnutzung	55.968	8%	13.464	9%
Öffentliche Verwaltung	13.909	2%	3.254	2%
Sondernutzung	36.153	5%	8.877	6%
Wohnnutzung	369.928	56%	86.566	55%
<b>Gesamt</b>	<b>664.098</b>		<b>156.919</b>	

**Tabelle 5: Endenergie- und THG-Bilanz nach Energieträgern**

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Kohle	184	0,0%	73	0,0%
Biomasse	61.165	9,2%	1.223	0,8%
Heizöl	144.913	21,8%	44.923	28,6%
Erdgas	454.805	68,4	109.054	69,5%
Biogas	0	0,0%	0	0,0%
Wärmestrom direkt	4.115	0,6%	1.646	1,0%
Solarthermie	8.100	0	0	0
<b>Gesamt</b>	<b>664.098</b>		<b>156.919</b>	

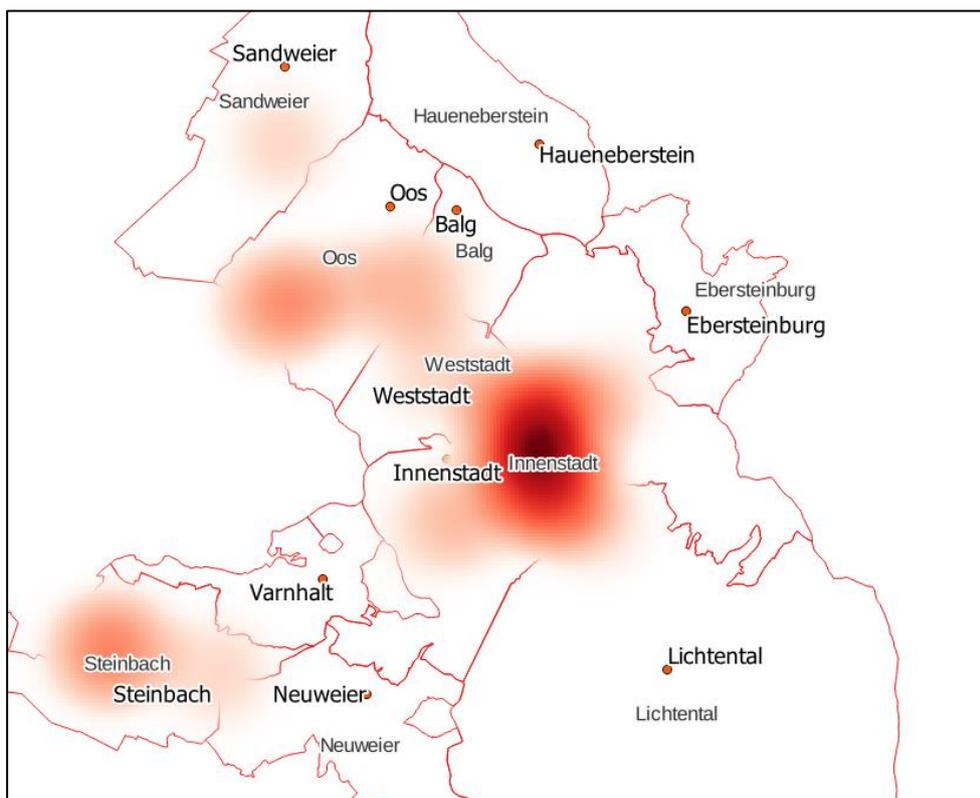
## Treibhausgasbilanz

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 CO<sub>2</sub>-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 157.000 Tonnen. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,8 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

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



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

#### **4.3.6 Großverbraucheranalyse**

Ziel der Großverbraucheranalyse ist eine Quantifizierung von Potenzial vorzunehmen hinsichtlich Effizienzsteigerung und Abwärmepotenzial.

Im Rahmen der Bestandsanalyse sind daher die größten Verbraucher 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 25 größten Verbraucher im Bereich Wärme zeigt auf, dass diese für rund 15 % des gesamten kommunalen Wärmebedarfs verantwortlich sind und damit als relevant eingestuft werden. Die Befragung der Großverbraucher hat jedoch nicht zur Identifikation relevanter Abwärmemengen beigetragen, die im Zuge der KWP weiter genutzt werden könnten. Die analysierte räumliche Verteilung zeigt auch keinen expliziten Schwerpunktbereich. Die Großverbraucher sind über das gesamte kommunale Gebiet verteilt.

## 5 Potenzialanalyse

### 5.1 Ziele und Vorgehensweise

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

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

### 5.2 Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs

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

#### 5.2.1 Potenziale energetischer Gebäudesanierung

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

Bei den Sanierungsszenarien wird jeweils von einer idealtypischen Vorgehensweise ausgegangen, bei der zuerst die Gebäude mit dem höchsten flächenspezifischen Wärmebedarf auf das Zielniveau saniert werden. Im Rahmen der weiteren Erstellung der KWP ist das Szenario 1 als Leitszenario für die Berechnungen in der Potenzialanalyse und für die Zielfoto-Erstellung verwendet worden.

**Tabelle 6: Sanierungsszenarien im Rahmen der KWP**

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

### 5.2.2 Potenziale durch Verbesserung von Prozesseffizienzen

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

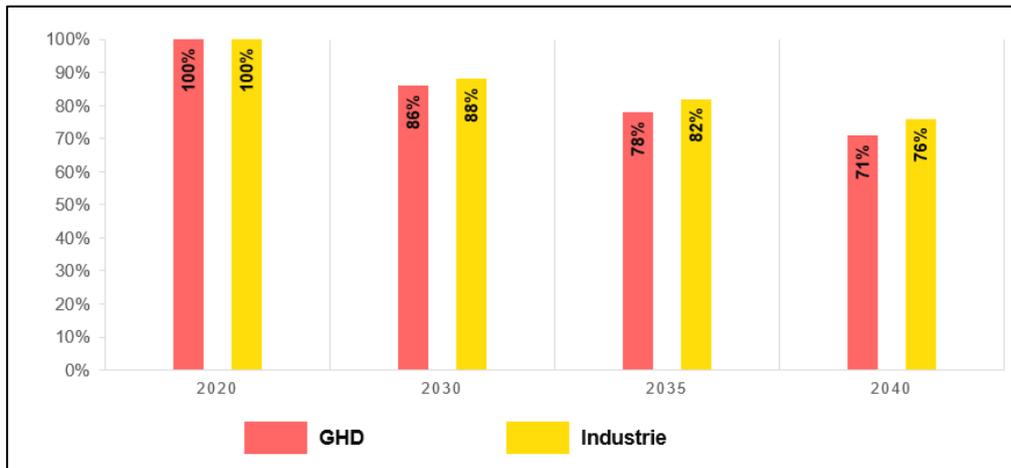


Abbildung 8: Szenario - Entwicklung Prozesseffizienz GHD und Industrie

### 5.2.3 Gesamtpotenzial zur Senkung des Wärmebedarfs

In Summe resultiert für das Zieljahr ein Einsparpotenzial durch Gebäudesanierungen und Erhöhung von Prozesseffizienzen in Höhe von 239 GWh/a. Dies entspricht einer relativen Einsparung in Höhe von 36 %. Für das Zielfoto ergibt sich daher ein potenziell zu deckender Wärmebedarf von 425 GWh/a. Abbildung 9 zeigt für das Leitszenario die zeitliche Entwicklung des Energiebedarfs im Bereich Wärme auf. Ergänzend sind in Tabelle 7 die Ergebnisse für die jeweiligen Zeitschritte nach Nutzungssektoren aufgeschlüsselt.

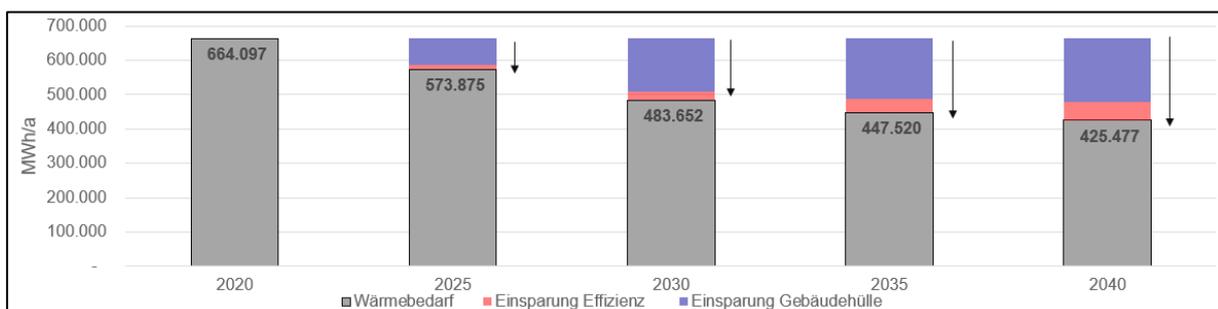


Abbildung 9: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1

**Tabelle 7: Energiebedarfsentwicklung nach Sektoren – Szenario 1**

Sektor	2020	2030	2035	2040
Gesundheit und Bäder	40.069	40.069	40.069	40.069
GHD	62.893	49.371	42.610	35.849
Hotel	14.020	9.134	8.655	7.879
Industrie	71.159	58.350	51.946	45.542
Mischnutzung	55.968	40.211	39.365	36.554
Öffentliche Verwaltung	13.909	10.803	10.668	8.880
Sondernutzung	36.153	36.153	36.153	36.153
Wohnnutzung	369.928	239.562	218.056	214.552
<b>Gesamt</b>	<b>664.097</b>	<b>483.652</b>	<b>447.520</b>	<b>425.477</b>

### 5.3 Potenziale für klimaneutrale Wärme

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

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

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

Die Ausarbeitung enthält folgende, lokal zuordenbare Potenziale:

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

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

### **5.3.1 Abwärme – Industrie und Gewerbe**

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

In Abhängigkeit 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 zur „Abwärme – Industrie und Gewerbe“ resultiert im Kontext der KWP kein Potenzial.

### 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  $> 10\text{ °C}$ ).

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 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. Belastbare Aussagen zum Abwasseraufkommen liegen zum Teil durch temporäre Messungen im Kanal vor. Zusätzlich konnte auf eine bestehende Studie des Ingenieurbüros Klinger und Partner zurückgegriffen werden.

#### **Ergebnis**

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 4 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kanälen rund 17 GWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. In der nachfolgenden Abbildung 10 ist die räumliche Verteilung der Potenziale dargestellt.

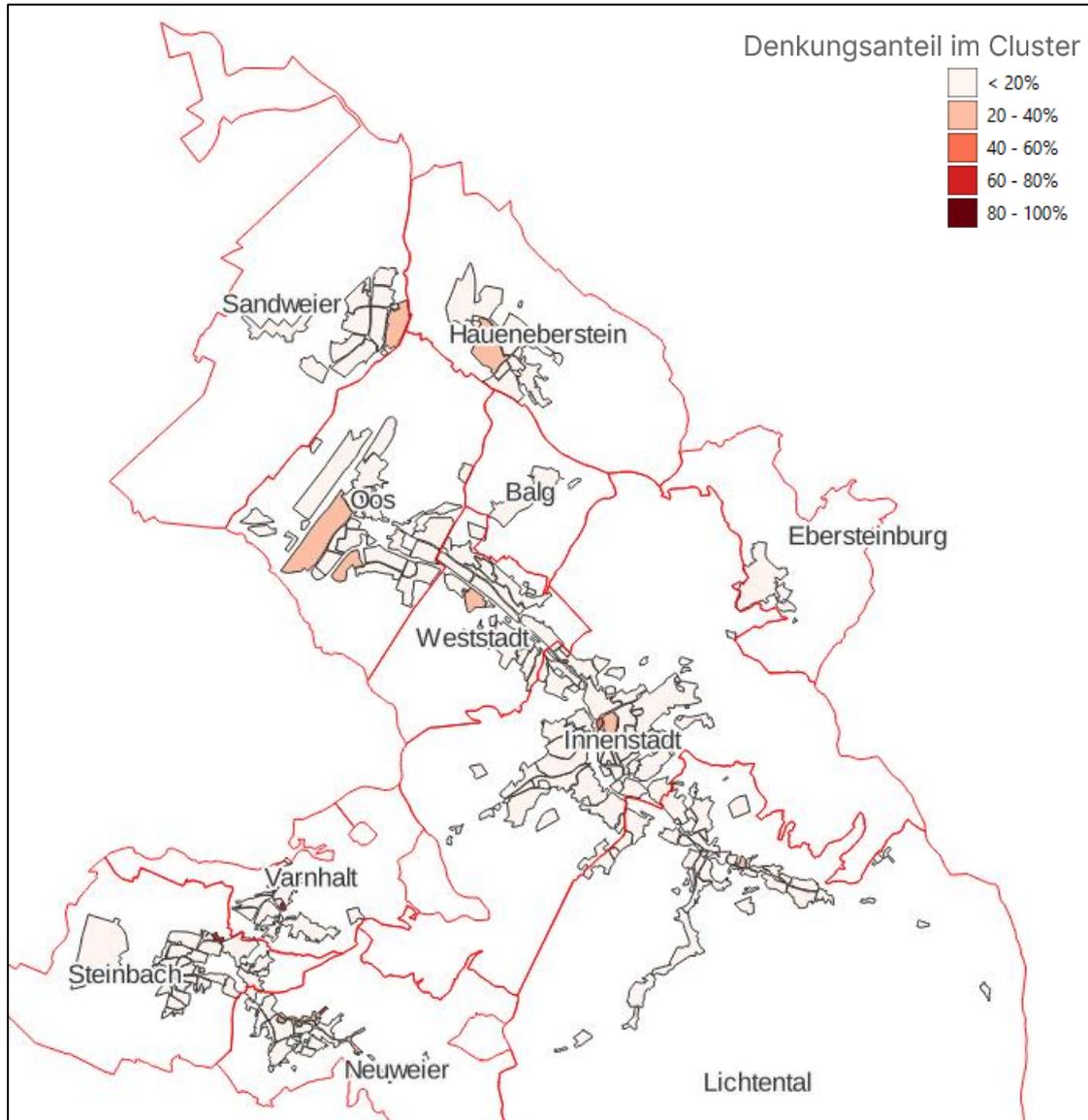


Abbildung 10: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Clusterebene

### 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 6 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kläranlagen rund 24 GWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden.

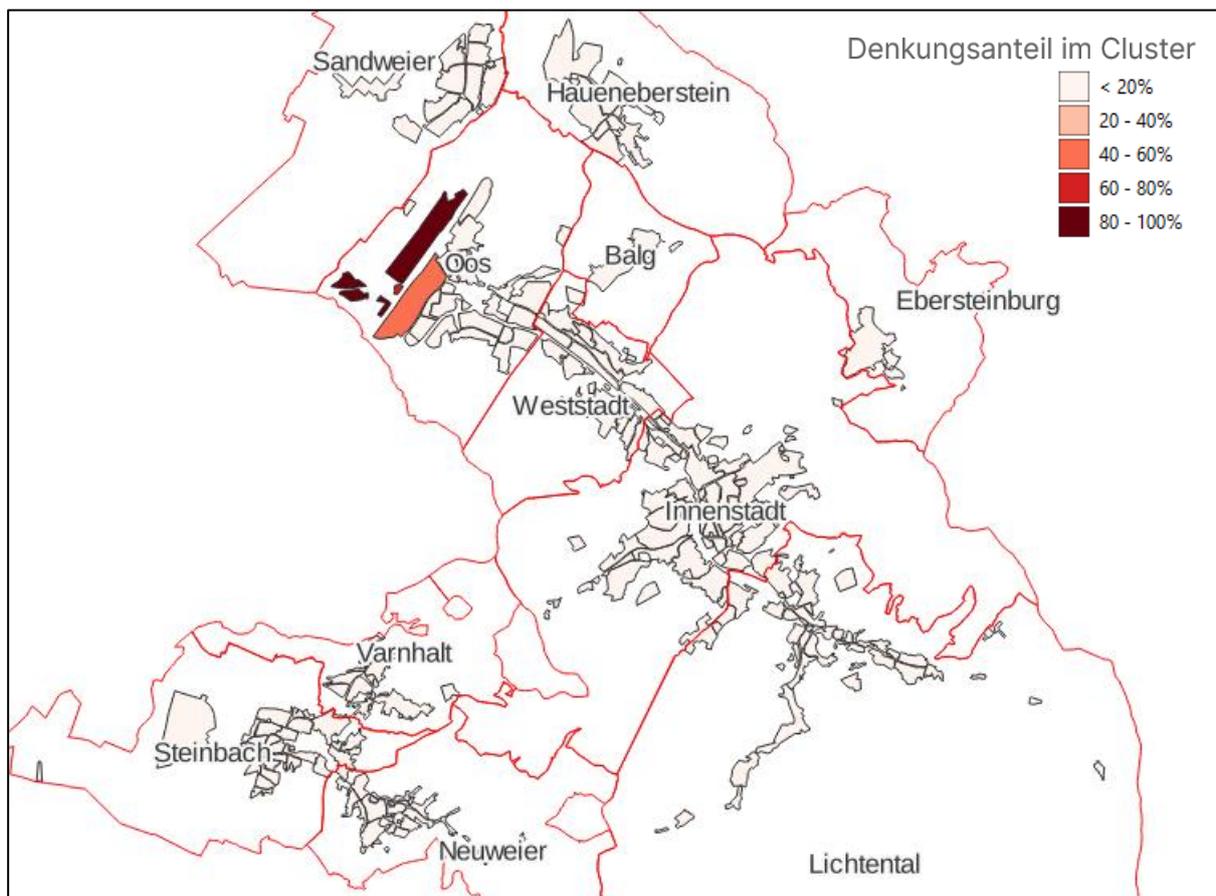


Abbildung 11: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Clusterebene

#### 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.

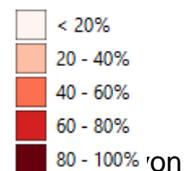
##### **Datengrundlage**

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**

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr kein relevantes Wärmedeckungspotenzial resultiert.

Denkungsanteil im Cluster



#### 5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral

Geothermie ist die unterhalb der festen Erdoberfläche gespeicherte Energie 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.

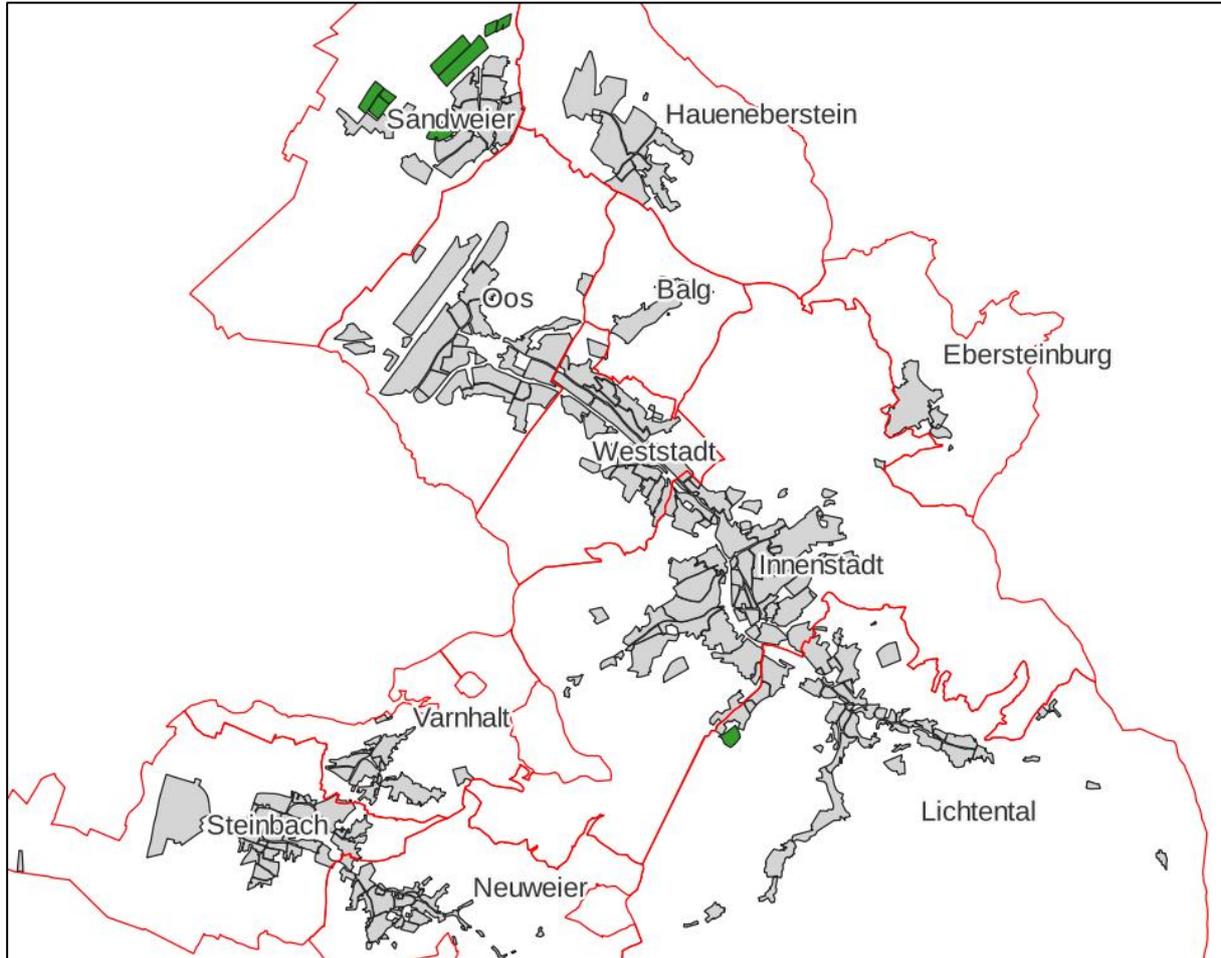
## **Datengrundlage**

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 (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, Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete) und Wasserschutzgebietszonen I und II. Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass sich die Freiflächen in räumlicher Nähe zu Clustern mit Wärmebedarf befinden und eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ sprechen. 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 12 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.



**Abbildung 12: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“**

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich an der Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen im Anhang 10.1.

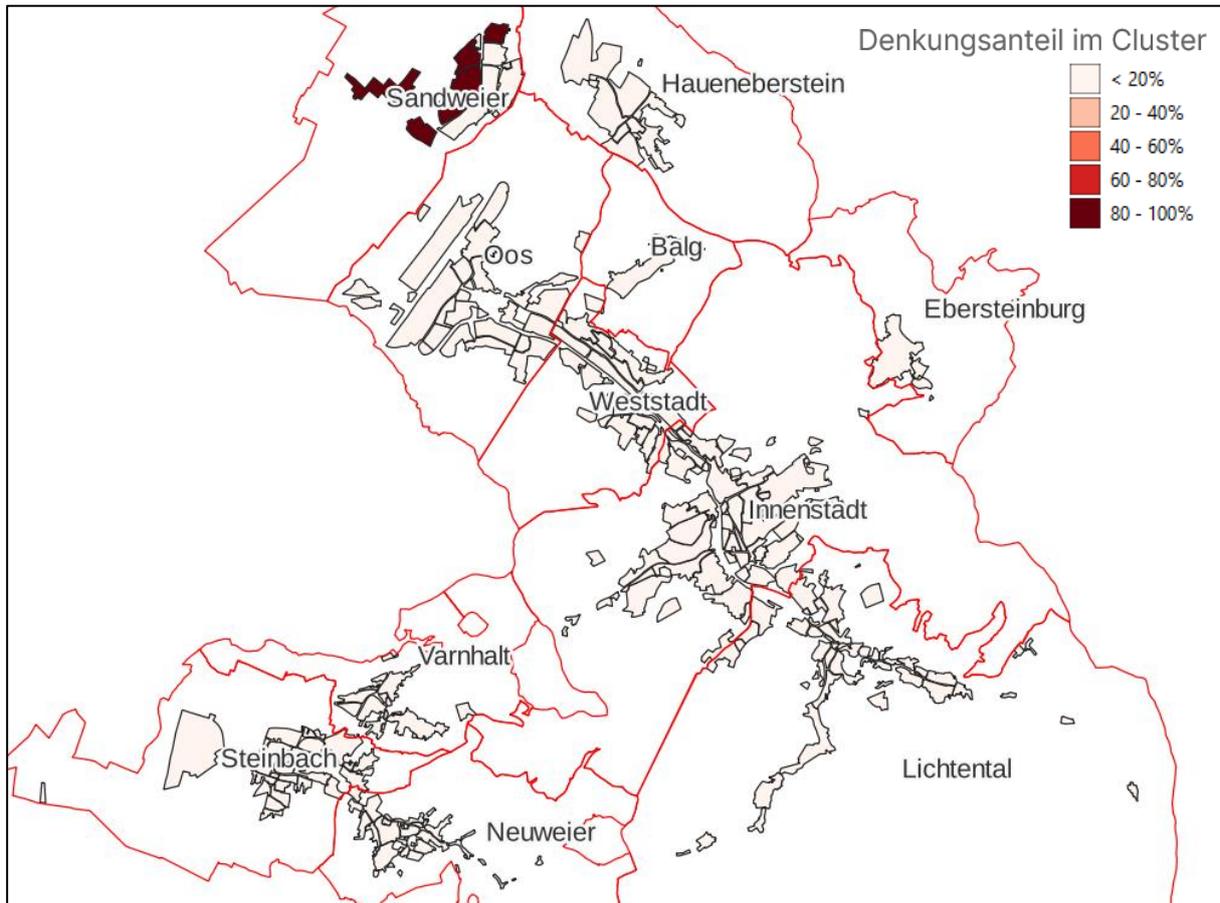
**Tabelle 8: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Geothermie– Kollektoren zentral“**

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
Fläche	45,3 ha	0,32 %

**Ergebnis**

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 7 % resultiert. Die Ermittlung des Deckungspotenzials basiert auf einer angenommenen Entzugsarbeit von 45 kWh/(m<sup>2</sup>·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 20.400 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune.



**Abbildung 13: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Clusterebene**

### 5.3.6 Geothermie – Sonden dezentral

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

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

Für die Ermittlung der maximal möglichen Erdwärmesonden auf einem Flurstück werden die Flächen um Gebäude mit Hilfe des Geoinformationssystems räumlich analysiert. Unter Berücksichtigung von Abständen zu Nachbargrundstücken, Gebäuden und Mindestabständen einzelner Sonden untereinander von 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. 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 13 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus dem Potenzial „Geothermie – Sonden dezentral“ rund 56.000 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angesetzt werden.

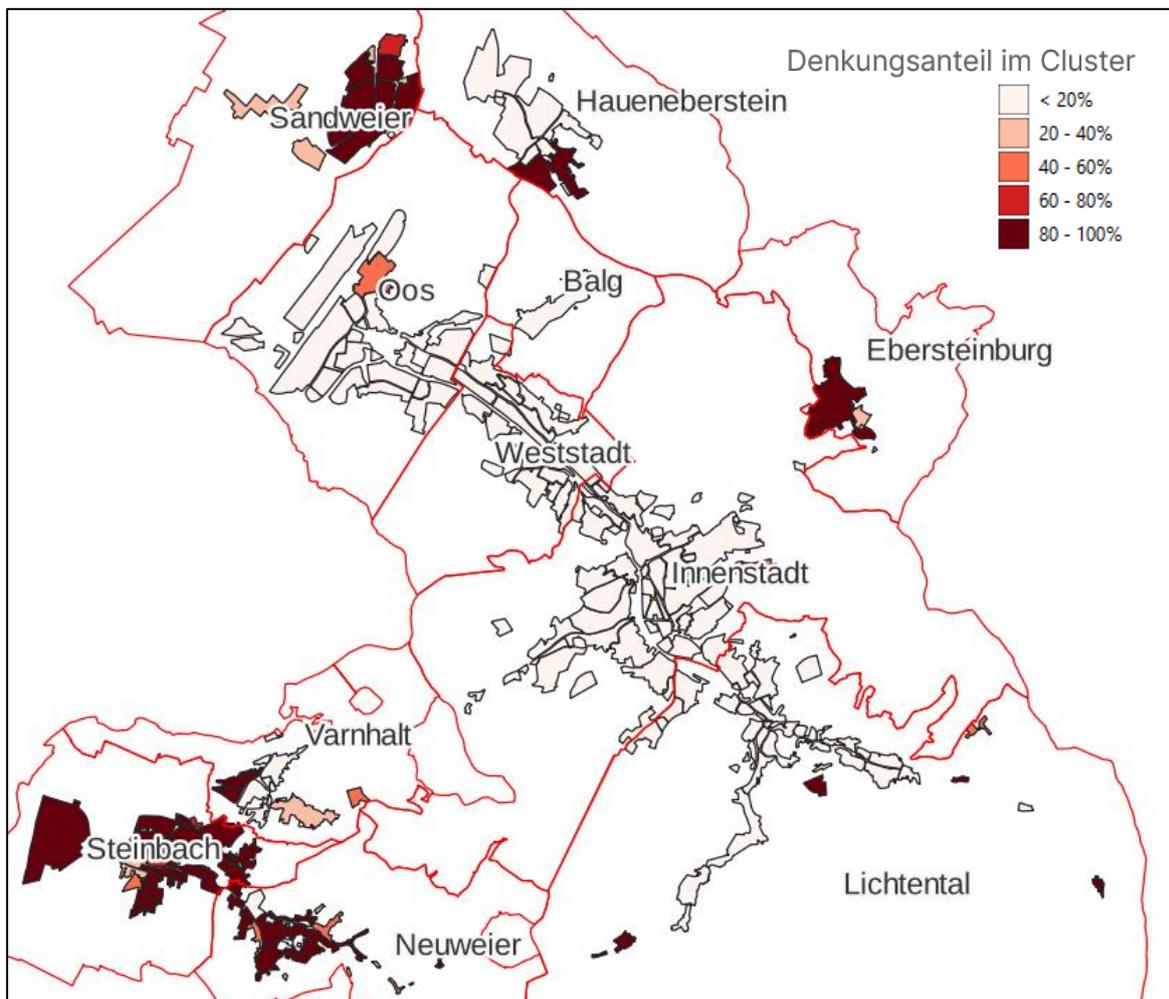


Abbildung 14: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Clusterebene

### 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 vorgenommen wird. Die Maximalanzahl ergibt sich aus der Geometrie der Freifläche und den Sondenabständen in Abhängigkeit von der Bohrtiefenbegrenzung. Für die resultierende Sondenanzahl wird dann das mögliche Entzugspotenzial ermittelt und mit dem perspektivischen Wärmebedarf angrenzender Cluster im Zieljahr abgeglichen. Aus dieser Berechnung resultiert der potenzielle Wärmedeckungsanteil auf Clusterebene.

#### Datengrundlage

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

#### Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Geothermie – Sonden zentral“ ergibt für das Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 12 % resultiert. Theoretisch ergeben sich damit aus diesem Potenzial insgesamt rund 36.300 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune.

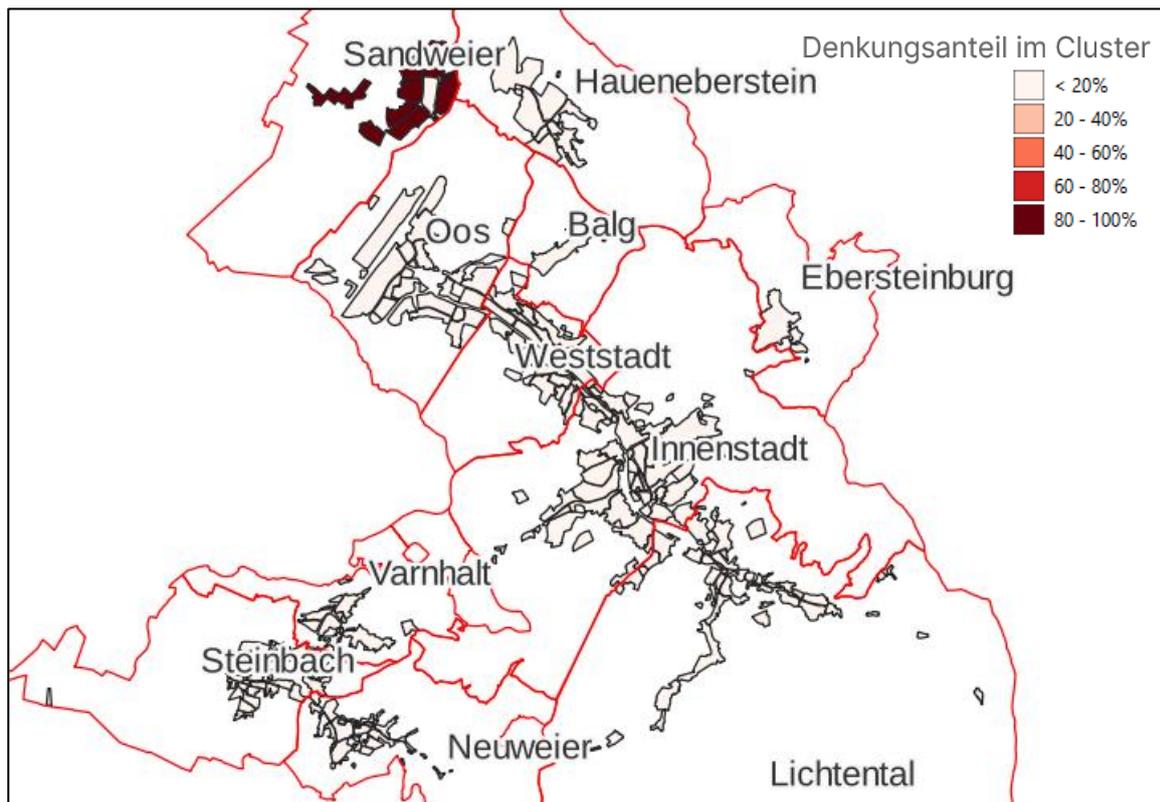


Abbildung 15: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Clusterebene

### 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.

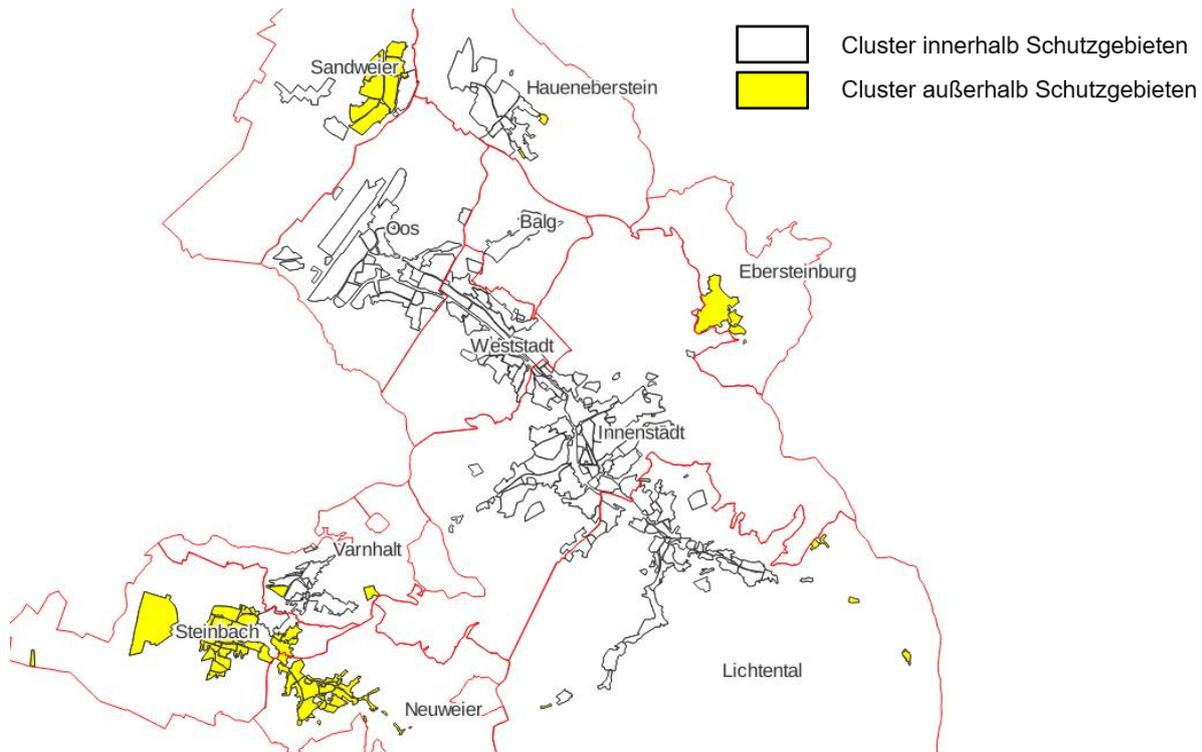
#### **Datengrundlage**

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**

Aufgrund der oben beschriebenen Komplexität und fehlenden Projekttiefe der kommunalen Wärmeplanung wird kein Deckungspotenzial ausgewiesen.

In nachfolgender Abbildung sind die Cluster außerhalb von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten zu sehen.



**Abbildung 16: Cluster außerhalb von Schutzgebieten**

### 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(m<sup>2</sup>-a) zugewiesen. Dieser wird mit der potenziell nutzbaren Dachfläche aus dem digitalen Liegenschaftskataster multipliziert, um das Solarthermiepotenzial zu berechnen.

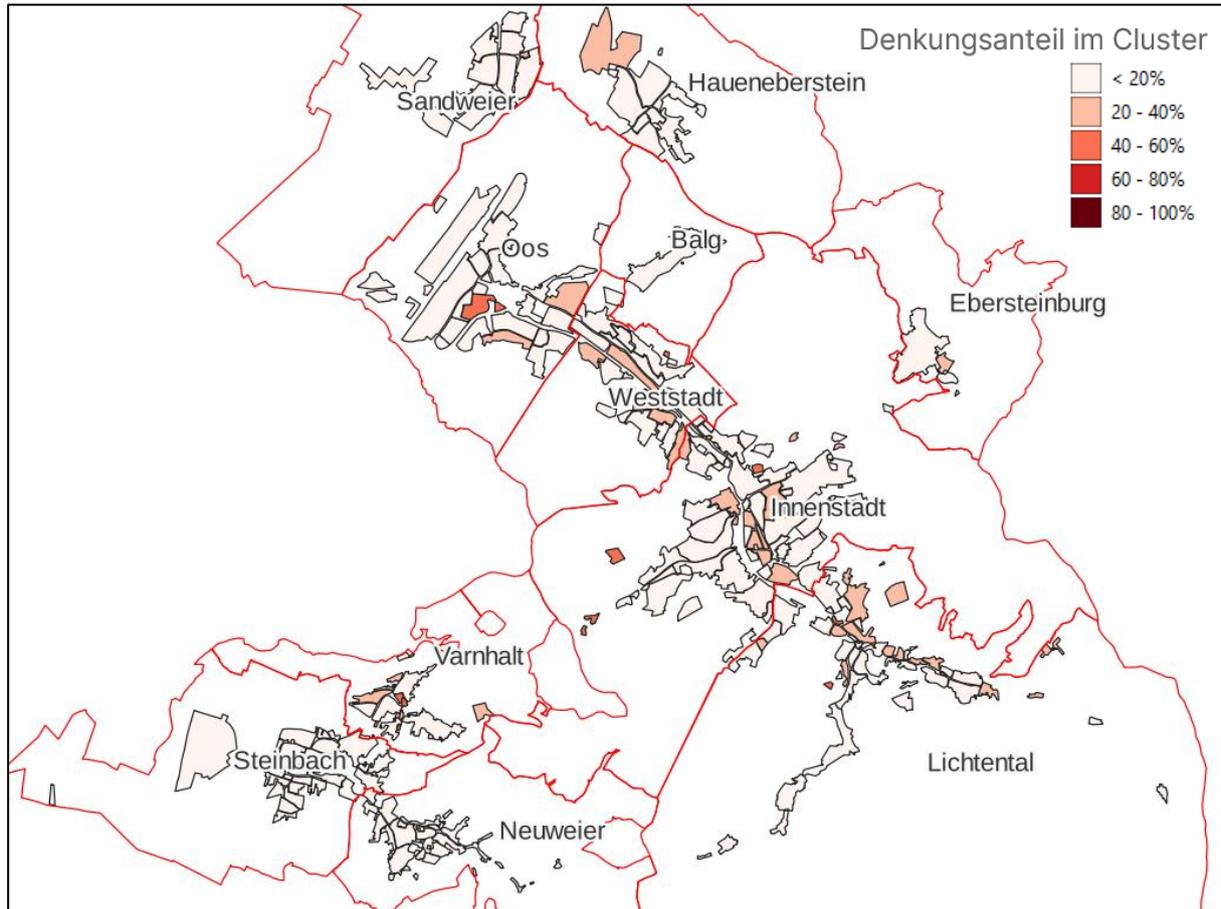
Die Berechnung des resultierenden Wärmedeckungspotenzials je Gebäude im Zieljahr berücksichtigt die zeitliche Verfügbarkeit des Solarthermiepotenzials und die Verteilung des Wärmebedarfs auf Monatsebene.

### **Datengrundlage**

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

### **Ergebnis**

Die Analyse für das Potenzial „Solarthermie - dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 3,6 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus rund 15.400 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden.



**Abbildung 17: 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 Solarthermieanlagen 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.

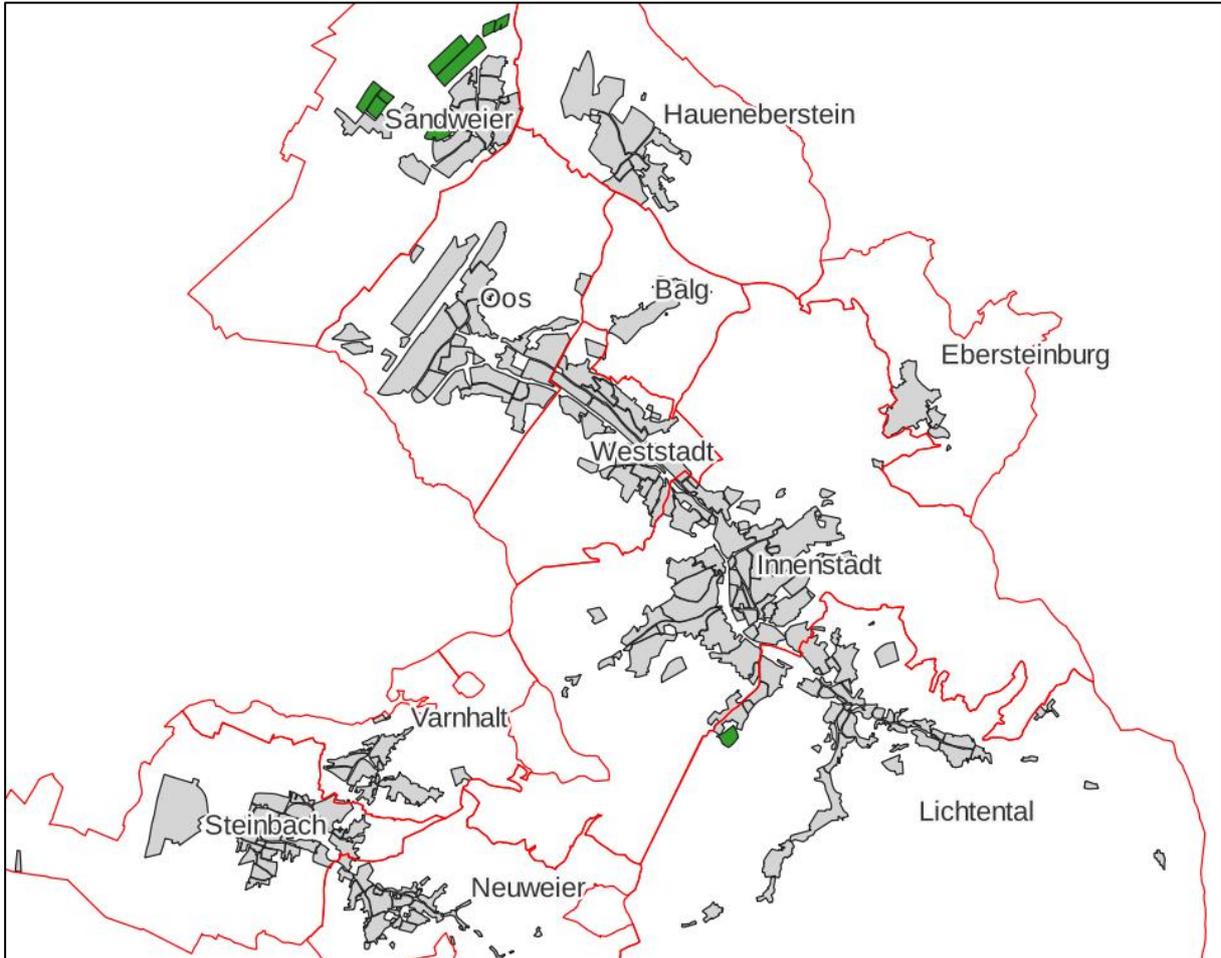
## **Datengrundlage**

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 Solarthermieanlagen vorweisen. Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aus dem digitalen Liegenschaftskataster getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland (hier nur schwach ertragfähige landwirtschaftliche Flächen). Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete und Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete). Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass sich die Freiflächen in räumlicher Nähe zu Clustern mit Wärmebedarf befinden und eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

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

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

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung für die Nutzung als Energieinfrastruktur dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 18 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.



**Abbildung 18: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“**

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich an der Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen im Anhang 10.1.

**Tabelle 9: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Solarthermie - zentral“**

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
Fläche	45,3 ha	0,32 %

**Ergebnis**

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 5 % resultiert. Insgesamt resultieren aus dem Einzelpotenzial „Solarthermie - zentral“ theoretisch rund 19.800 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune.

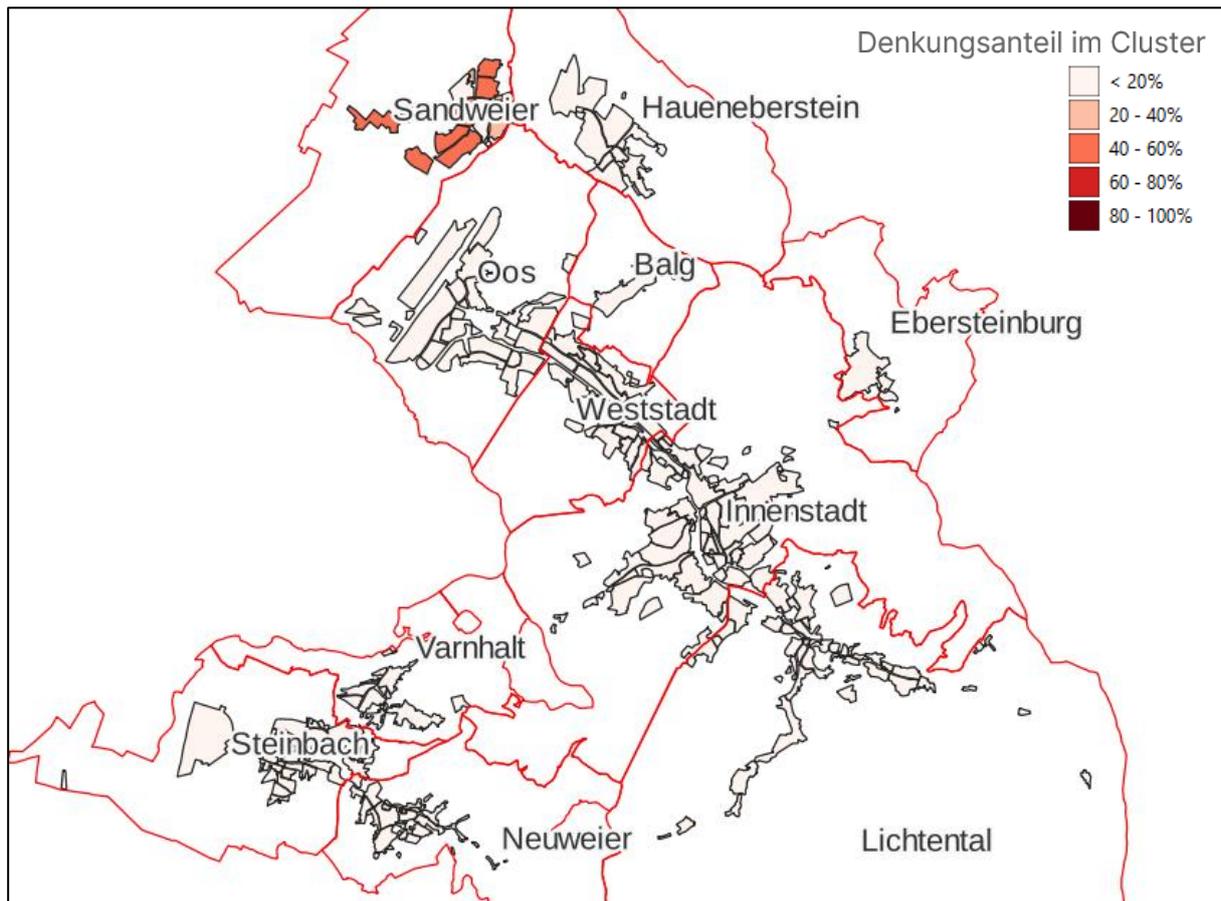


Abbildung 19: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Clusterebene

### 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)

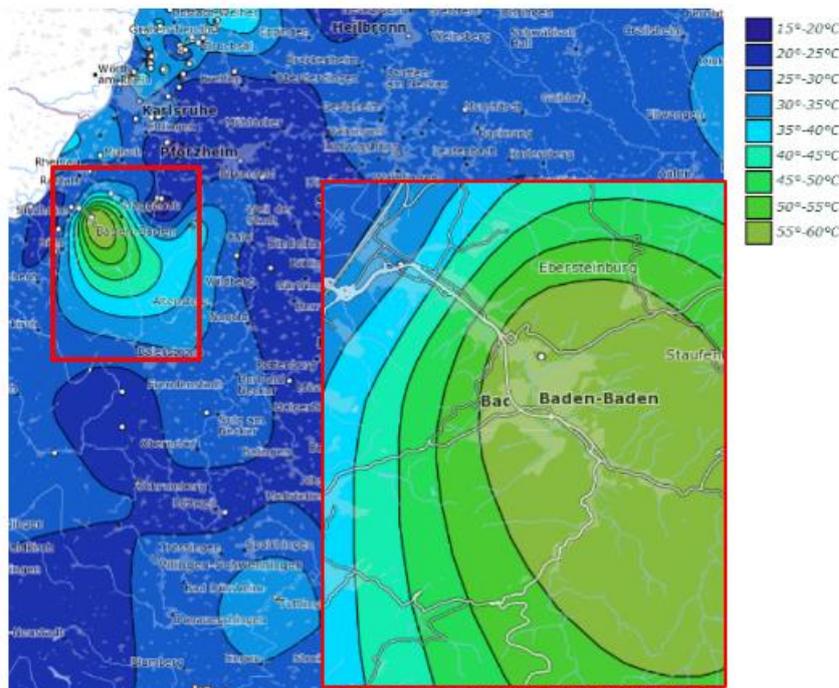
### **Datengrundlage**

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](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 besondere Temperaturanomalien im Untergrund aus. Die Abbildung 20 zeigt die konkreten Untergrundtemperaturen im Vergleich zur überregionalen Verteilung.



**Abbildung 20: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 500 m**

### 5.3.13 Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme

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

#### 5.3.13.1 Außenluft

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

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

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

Der wesentliche Grund hierfür ist, dass für die Aufstellung der Geräte Flächen auf Gebäuden oder im Außenraum erforderlich werden und bei der Anordnung von Ansaug- und Ausblasöffnungen im Umfeld von Gebäuden die Geräuschentwicklungen 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, 2.403 ha Ackerland. Diese Fläche entspricht rund 17 % 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 18.887 MWh/a.

### Biomasse aus der Forstwirtschaft

Auf dem Kommunalgebiet existieren Waldflächen von rund 8.637 ha. Im Rahmen der Klimaschutzstudie wird lediglich Waldrestholz für die Ermittlung des Energiepotenzials berücksichtigt. Unter der Annahme, dass der Flächenertrag an Waldrestholz 1,5 t/ha beträgt und ein Mobilisierungsfaktor von 80 % angenommen, resultiert ein Energiepotenzial des Holzes in Höhe von 35.600 MWh/a.

### Gesamtergebnis

In Abbildung 21 sind die Flächen sowie deren räumliche Verteilung zur Mobilisierung des Biomassepotenzials aufgezeigt. Das gesamte Wärmenutzungspotenzial aus dieser Analyse beträgt rund 54.540 MWh/a. Bezogen auf den Biomassebedarf im Basisjahr von 61.000 MWh entspricht dies einem Anteil von 89 %.

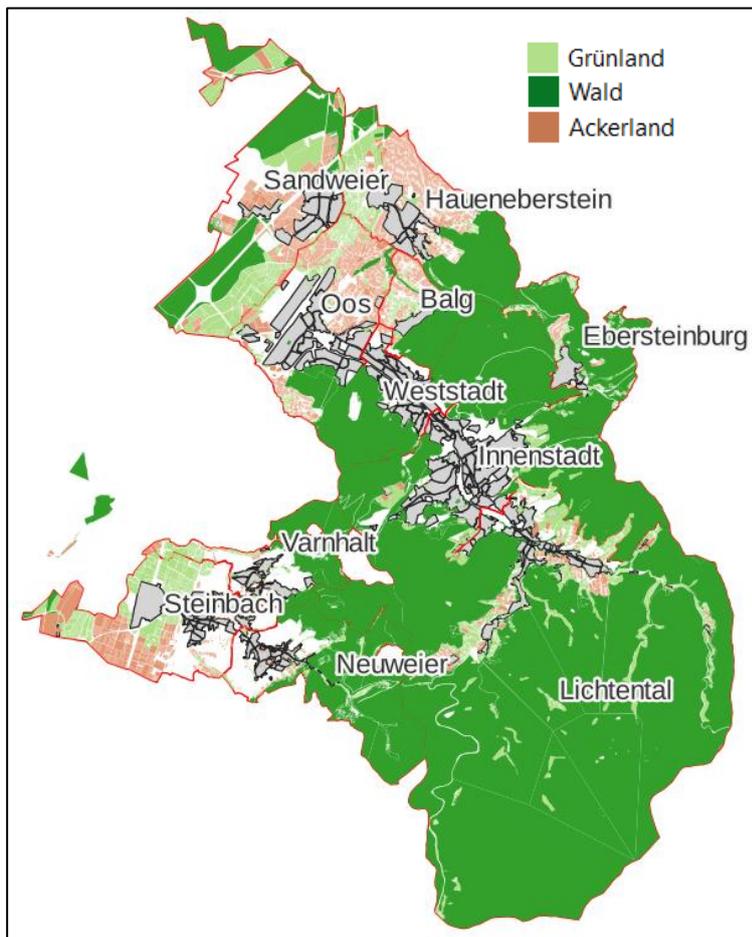


Abbildung 21: Karte der Biomasse Potenzialflächen

### 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 Zielfotoprozess gilt lediglich die Einschränkung, dass eine bestehende Gasinfrastruktur im jeweiligen Cluster bereits vorliegen muss.

Gemäß dem technischen Annex der Kommunalrichtlinie<sup>3</sup> (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 Zielfoto die grünen Gase unter folgenden Randbedingungen Berücksichtigung:

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

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

## 5.4 Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

Für die Ziele einer klimaneutralen Wärmeversorgung nimmt der Stromsektor in Zukunft eine zunehmend wichtigere Rolle ein. Zahlreiche Studien belegen den erforderlichen Ausbau von Wärmepumpen für eine flächendeckende, klimaneutrale Wärmeversorgung in zentralen und dezentralen Systemen. Wärme aus Wärmepumpen hat einen besonders hohen Klimaschutzbeitrag, wenn der dafür eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Ebenso erfordert der Ersatz gasförmiger Brennstoffe durch „... Wasserstoff und daraus gewonnene gasförmige und flüssige synthetische Energieträger ...“ (Peters, Steidle, &

---

<sup>3</sup>Im Internet unter: <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie> (02.03.2023)

Böhnisch, 2020) signifikante Mengen erneuerbaren Stroms. Die Aufgabe im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung besteht darin, die erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale zu bewerten, um auf dieser Basis die zukünftigen Ausbaupfade ableiten zu können.

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

#### **5.4.1 Photovoltaik – dezentral**

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

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

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

Die maximal installierbare Leistung an Photovoltaik-Modulen wird anhand der potenziell nutzbaren Dachfläche aus dem digitalen Liegenschaftskataster und einem spezifischen Flächenbedarf (5 m<sup>2</sup>/kW<sub>p</sub>) der Photovoltaik-Module bestimmt.

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

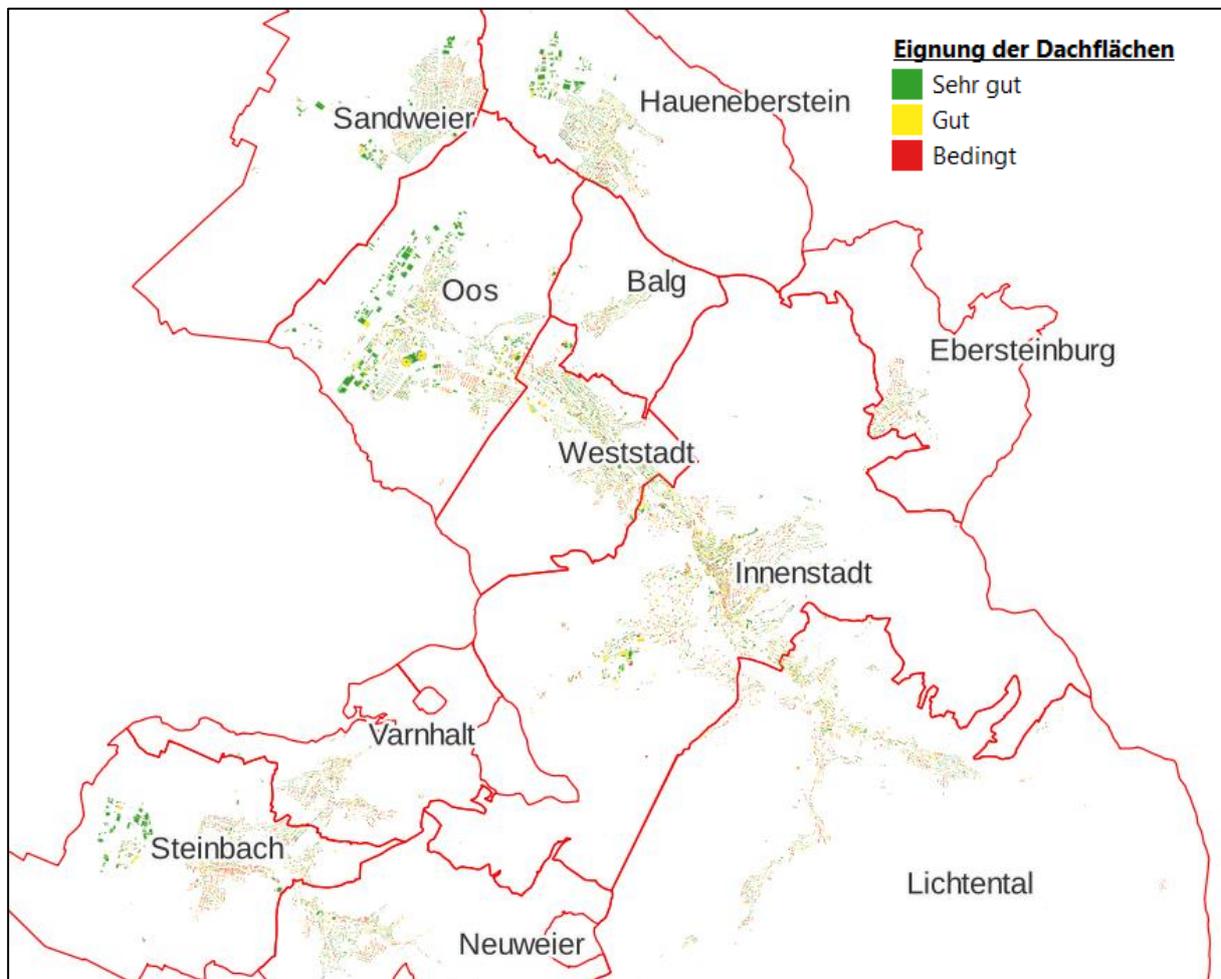
#### ***Datengrundlage***

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.energieatlasbw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen>.

## Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Photovoltaik – dezentral“ zeigt auf, dass unter Berücksichtigung der Eignungsklasse der Dachflächen ein jährlicher Stromertrag von rund 255.000 MWh/a resultiert.



**Abbildung 22: 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.

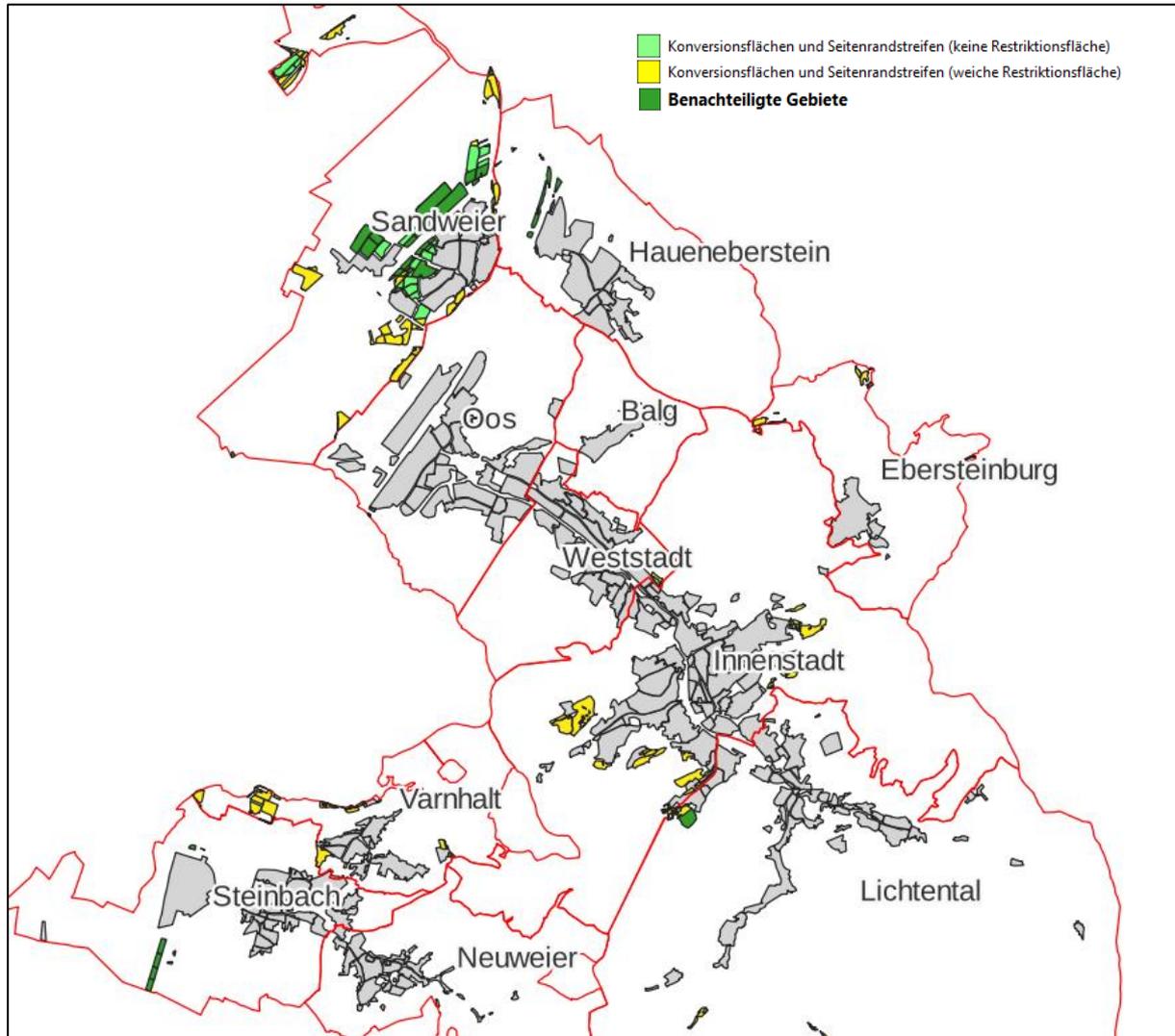
In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und 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 23 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

### **Ergebnis**

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass ein Stromerzeugungspotenzial in Höhe von 767.200 MWh/a resultiert. Bezogen auf den Strombedarf im Basisjahr entspricht diese Menge rund 255 %.



**Abbildung 23: 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. Konversionsflächen und Seitenrandstreifen ohne kommunale Ausweisung
2. Konversionsflächen und Seitenrandstreifen ohne kommunale Ausweisung in Restriktionsfläche
3. Benachteiligte Gebiete Ackerland und Grünland ohne Restriktionsflächen

**Tabelle 10: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Photovoltaik – zentral“**

Priorisierung	Summe	Anteil an Fläche der Kommune
1	28 ha	0,2 %
2	44 ha	0,3 %
3	65 ha	0,5 %
<b>Summe</b>	<b>137 ha</b>	<b>1%</b>

### 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.<sup>4</sup>

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

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

#### **Datengrundlage**

Maßgebend zur Einordnung potenziell geeigneter Freiflächen dienen die Daten- und Kartendienste der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Hier werden zum einen die Bestandwindenergieanlagen mit mehr als 50 Meter Gesamthöhe in Baden-Württemberg dargestellt. Zum anderen werden Informationen aus dem Windatlas Baden-Württemberg in Form von Windpotenzialflächen in Bezug auf die Windhöflichkeit 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.

<sup>4</sup> 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 auf der Gemarkung 358 ha für die Windkraft als geeignet eingestuft sind. In Abbildung 24 sind diese Flächen dargestellt.

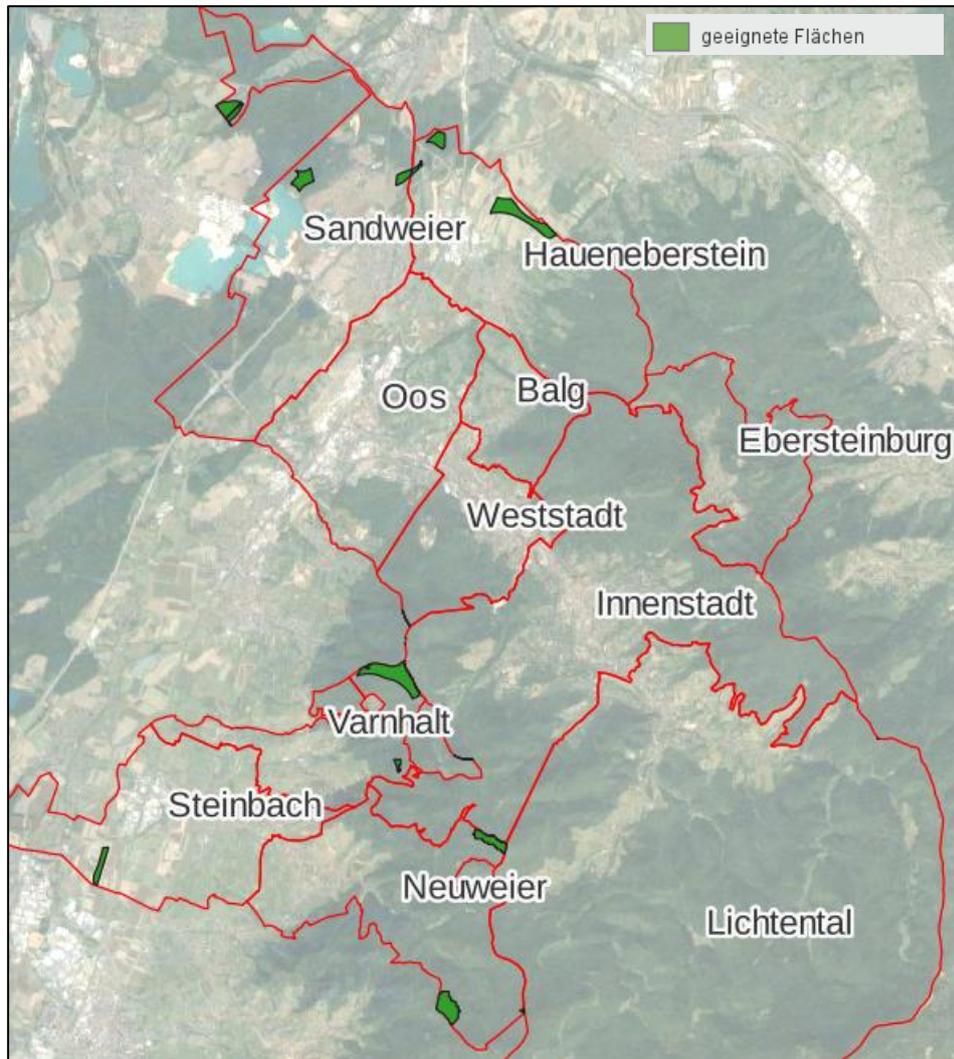


Abbildung 24: „Windkraft“- Potenzialflächen aus Energieatlas BW

### 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.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Im Internet unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/hintergrundinformationen> (02.03.2023)

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

### Datengrundlage

Die Bestimmung des technischen Potenzials basiert auf den Daten des Energieatlas Baden-Württemberg. Der Kartendienst beinhaltet das mögliche Aus- und Neubaupotenzial an bereits genutzten Wasserkraftstandorten mit einer Leistung zwischen 8 kW und 1 MW sowie das Wasserkraftpotenzial an bislang noch nicht für die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft genutzten Querverbauungen (Regelungs- und Sohlenbauwerke).<sup>6</sup>

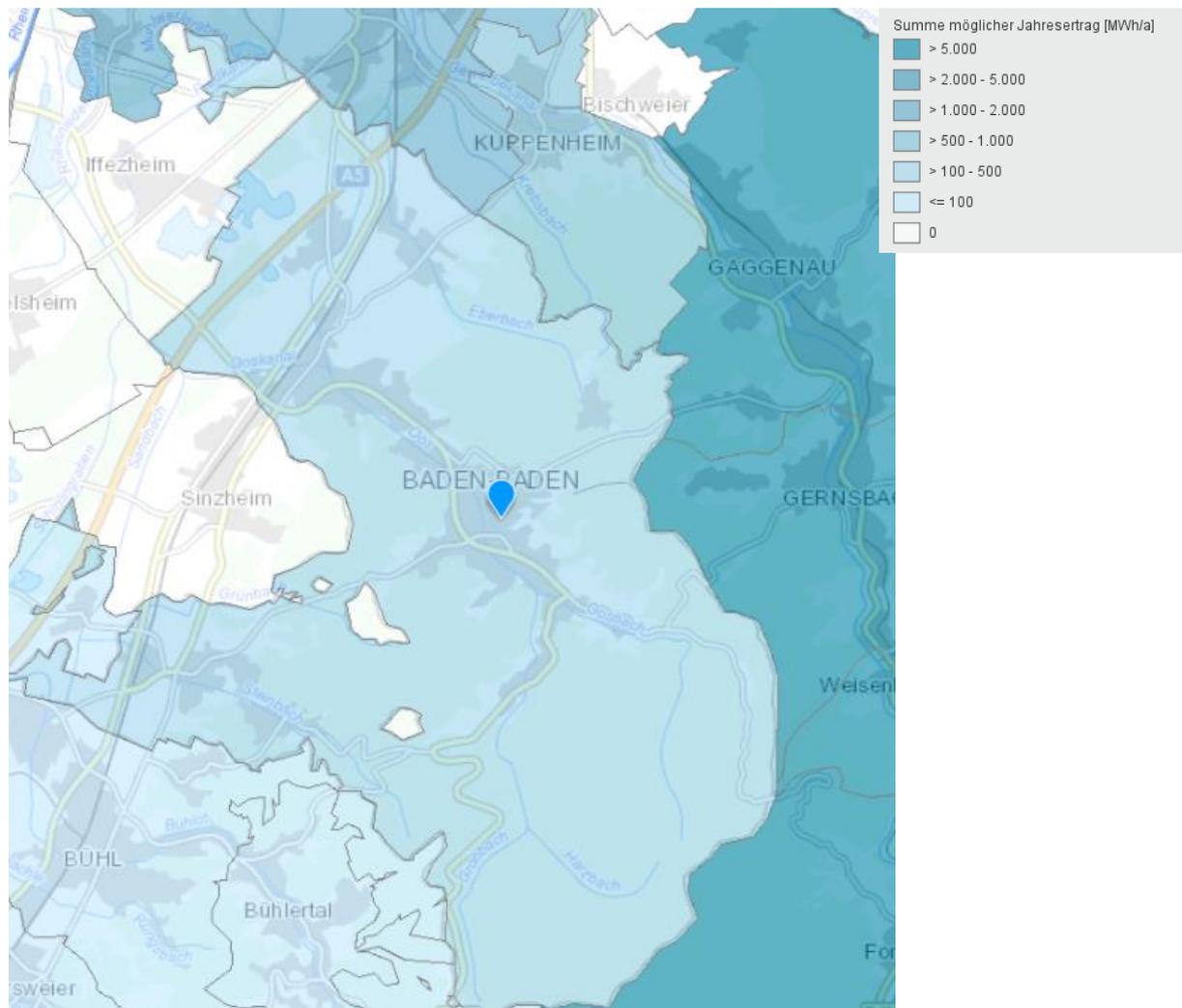


Abbildung 25: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW

<sup>6</sup> Im Internet unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial> (02.03.2023)

## Ergebnis

Auf dem Kommunalgebiet ist der Zubau von Laufwasserkraftanlagen und Pumpspeicherkraftwerk nicht möglich. Die Analyse des LUBW-Energieatlas für das Potenzial zeigt auf, dass kein zusätzliches Stromerzeugungspotenzial resultiert. Das Potenzial wird mit 88 kW angegeben. Installiert sind aktuell 82 kW.

## 5.5 Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse

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

### Hauptergebnisse

Durch Sanierung und Effizienzsteigerung reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gemäß dem Leitzszenario um 36 % auf 425 GWh.

Die Wärmedeckungspotenziale liegen besonders im Bereich der dezentralen Geothermie, zentralen Geothermie. Weitere relevante Potenziale sind im Bereich des Abwassers zu erwarten.

Die Übersicht in Abbildung 26 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	0	0
Abwasser – Kanal	17	4
Abwasser – Kläranlage	22	5
Biomasse	55	13
Flusswasser	0	0
Geothermie – Kollektoren	20	5
Geothermie – Sonden dezentral	56	13
Geothermie – Sonden zentral	36	9
Grundwasser		Einzelfallprüfung
Seewasser	0	0
Solarthermie – dezentral	15	4
Solarthermie – zentral	10	5
Tiefengeothermie		Keine Aussage

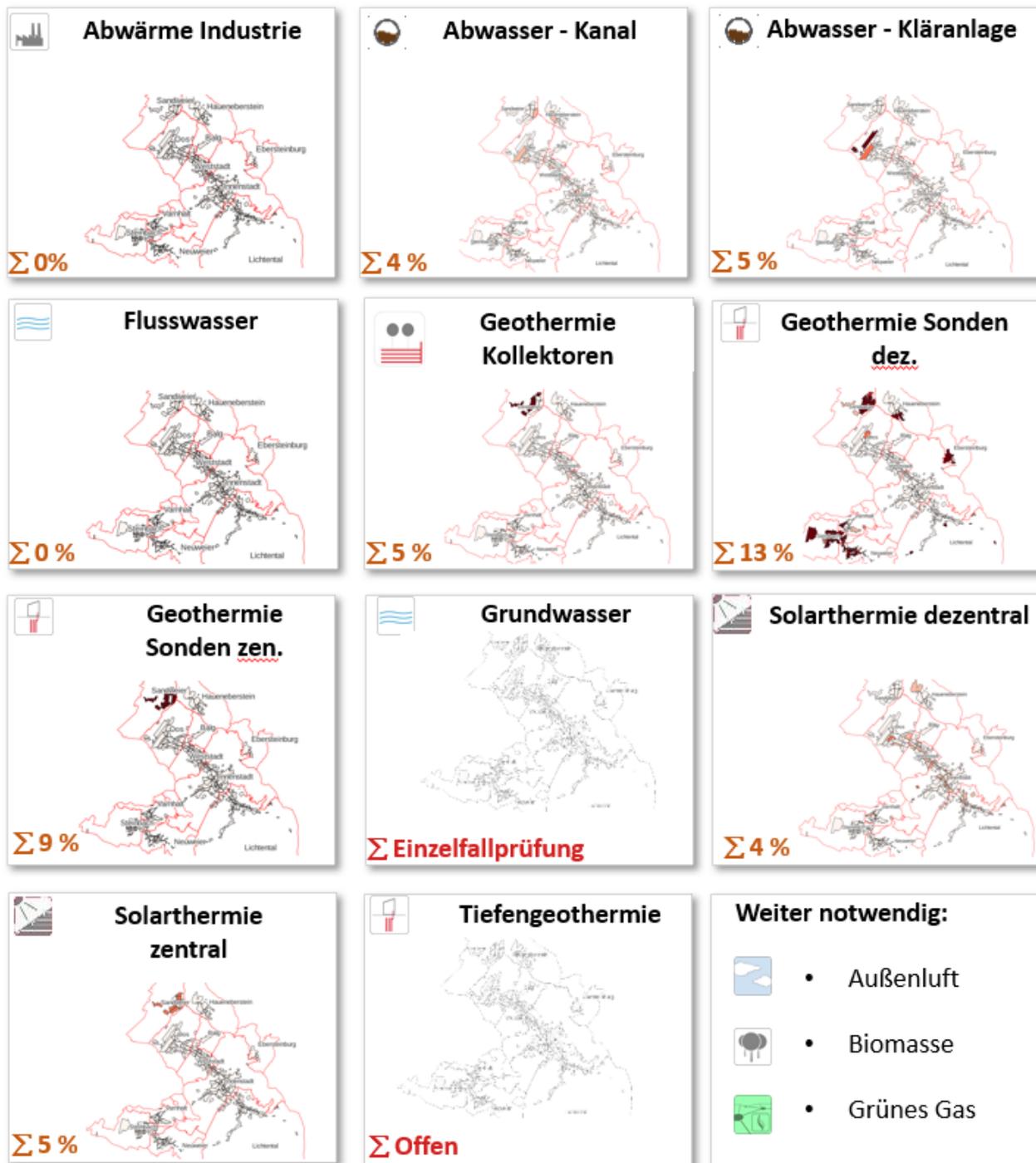


Abbildung 26: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme

## 6 Zielfoto

### 6.1 Ziele und Vorgehensweise

Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Klimaschutzgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 vor. Gemäß Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass durch die Wärmeversorgung, spätestens im Jahr 2040 keine Treibhausgas-Emissionen mehr verursacht werden dürfen. Im Schritt der Zielfotoerstellung 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 Versorgungssystem hängt dabei von unterschiedlichen Kriterien ab. Grundsätzlich werden je Cluster die zur Verfügung stehenden Versorgungssysteme und Energiequellen mithilfe einer multikriteriellen Matrix bewertet. Die Priorisierung erfolgt in Abhängigkeit von den nachfolgenden Kriterien:

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

Ausschlusskriterien für das Versorgungssystem Wärmenetz ist eine Wärmedichte  $< 300$  MWh/ha. Diese Größe wird ebenfalls im Leitfaden „Wärmenetze in Kommunen“ genannt.<sup>7</sup>

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

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

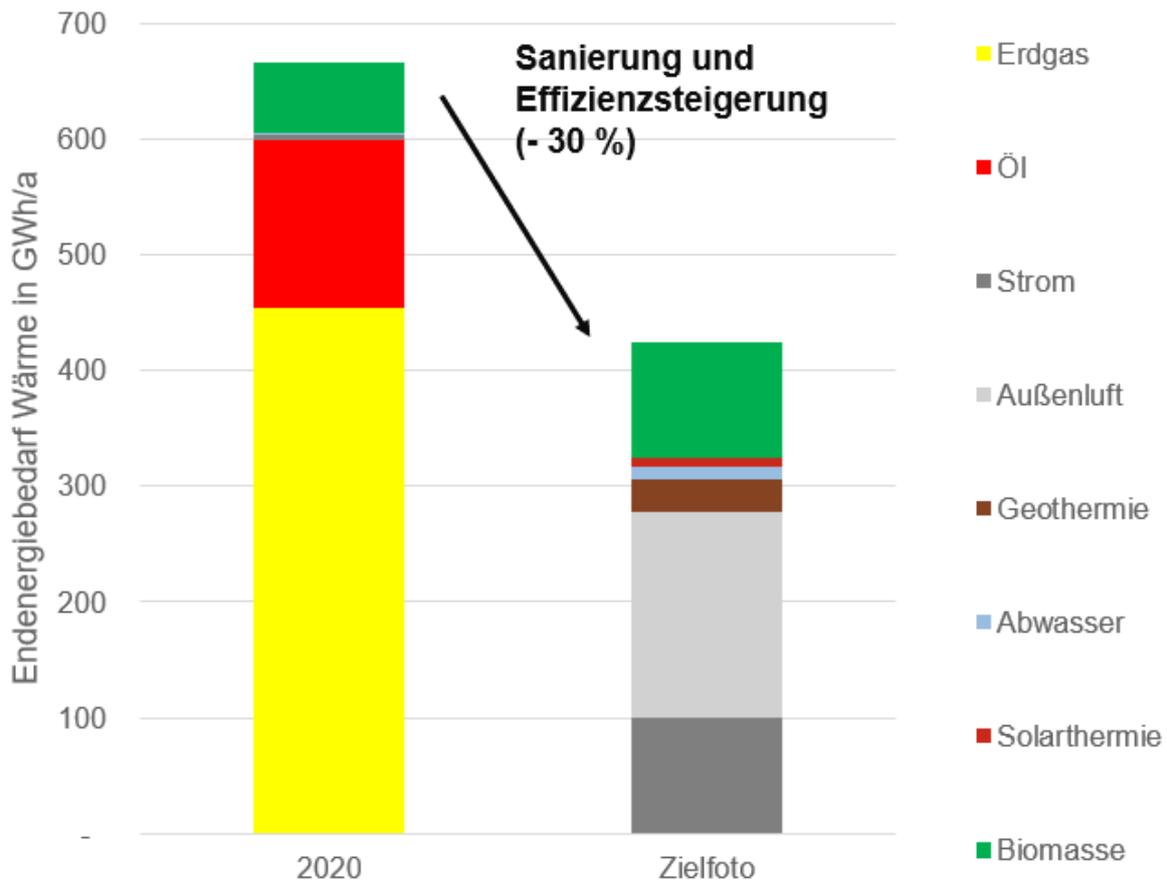
---

7

[https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:lfu\\_klima\\_00152,AARTxNODENR:351357,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:lfu_klima_00152,AARTxNODENR:351357,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X)

## 6.2 Zielfoto 2040

Das Zielfoto im Jahr 2040 zeigt die Energieträger und Versorgungssysteme, die im Jahr 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung ermöglichen. In nachfolgendem Diagramm ist die Entwicklung der Energieträger zur Wärmebedarfsdeckung zu sehen.

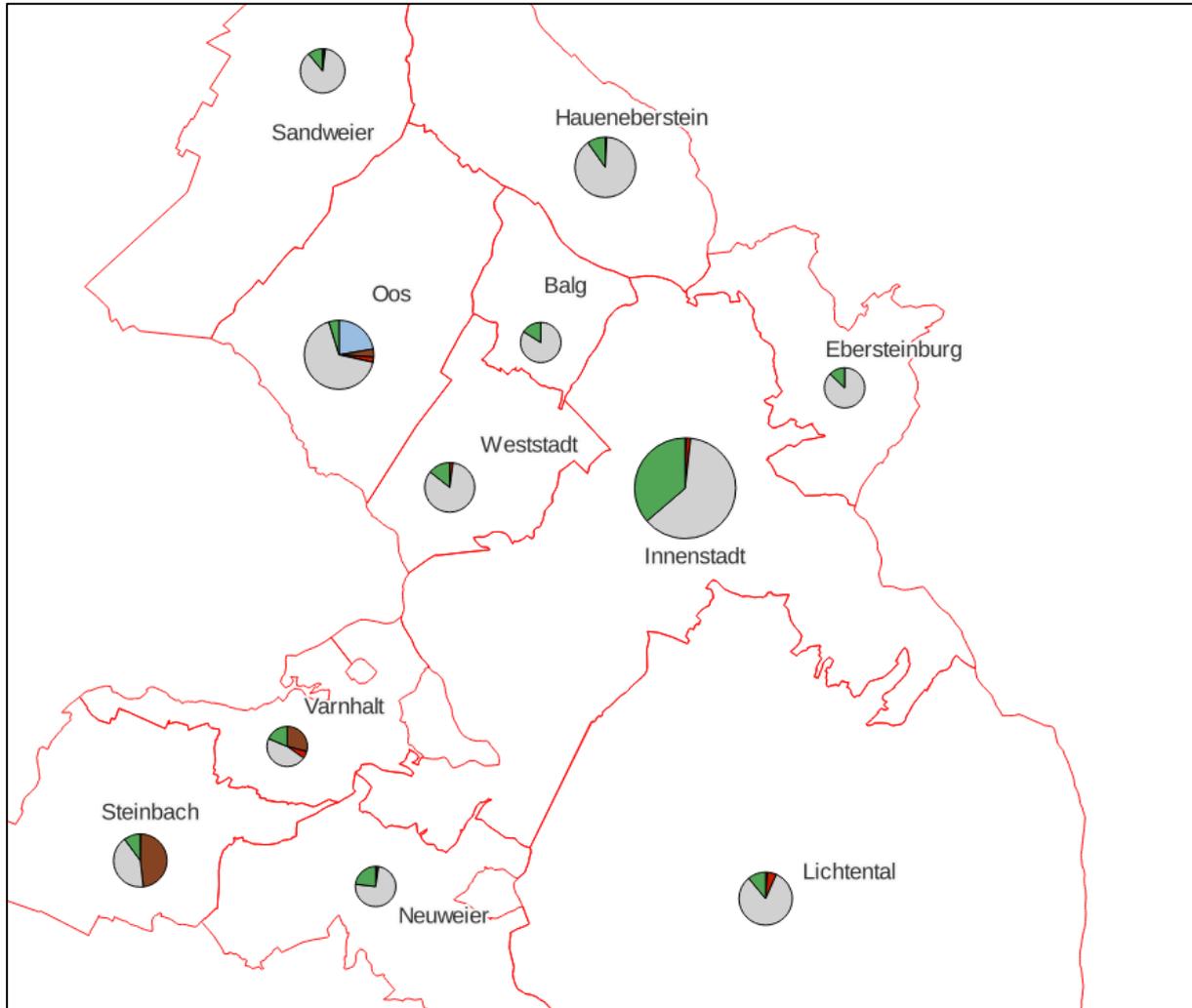


**Abbildung 27: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr**

Abbildung 27 verdeutlicht, dass sich der Wärmebedarf von knapp 664 GWh um ca. 36 % durch Gebäudesanierung und Effizienzsteigerung reduziert. Die resultierenden 425 GWh werden zu 70 % durch Wärmepumpen erzeugt. Dabei ist die wesentliche Umwelt-Wärmequelle die Außenluft. Diese ist grundsätzlich überall möglich und nicht an lokale Rahmenbedingungen gebunden, solange die Schallemissionsgrenzen nicht überschritten werden und Aufstellorte für die Kühler vorhanden sind. Weitere wesentliche Umweltwärmequellen sind Geothermie und Abwasser. Für die Geothermie sind sowohl dezentral Sonden geplant als auch zentral als Wärmequelle für Wärmenetze. Hierfür müssen entsprechend Freiflächen mobilisiert werden. Potenzielle Flächen wurden im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelt und abgestimmt.

Biomasse bildet knapp 24 % der Versorgung des Zielfotos ab. Diese bildet vor allem die Mittel- und Spitzenlastabdeckung in Wärmenetzen.

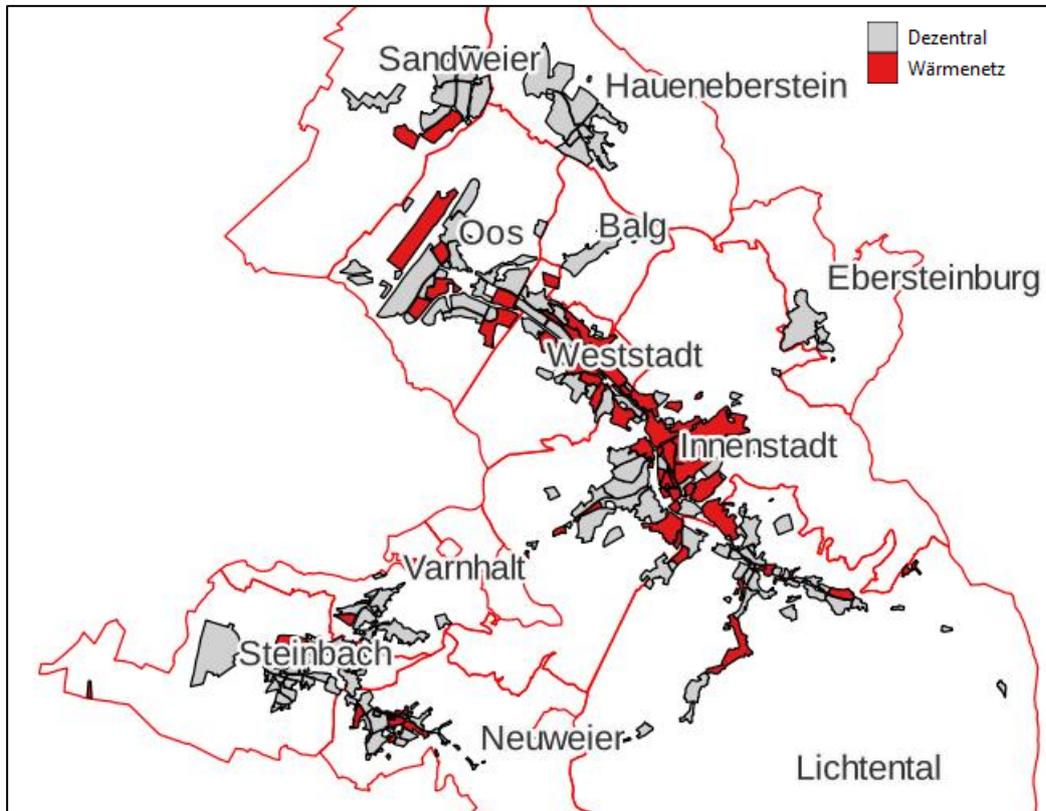
In Abbildung 28 sind die Stadtteile sowie die zum Einsatz kommenden Energieträger aufgeführt.



**Abbildung 28: Zielfoto 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 eine Differenzierung zwischen Wärmenetzen (verteilte Wärme direkt nutzbar) und kalten Wärmenetzen (dezentrale Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung) differenziert. Kalte Wärmenetze spielen in Baden-Baden keine Rolle im Zielfoto.

Im Zielfoto werden 111 Cluster über zentrale Wärmenetze versorgt. 117 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. 189 GWh. Das entspricht einem Ausbau von knapp 470% gegenüber dem Status-Quo. Zugrunde liegt hier eine Anschlussquote von nahezu 100 % in den entsprechenden Clustern.



**Abbildung 29: Zielfoto 2040 Versorgungssysteme der Cluster**

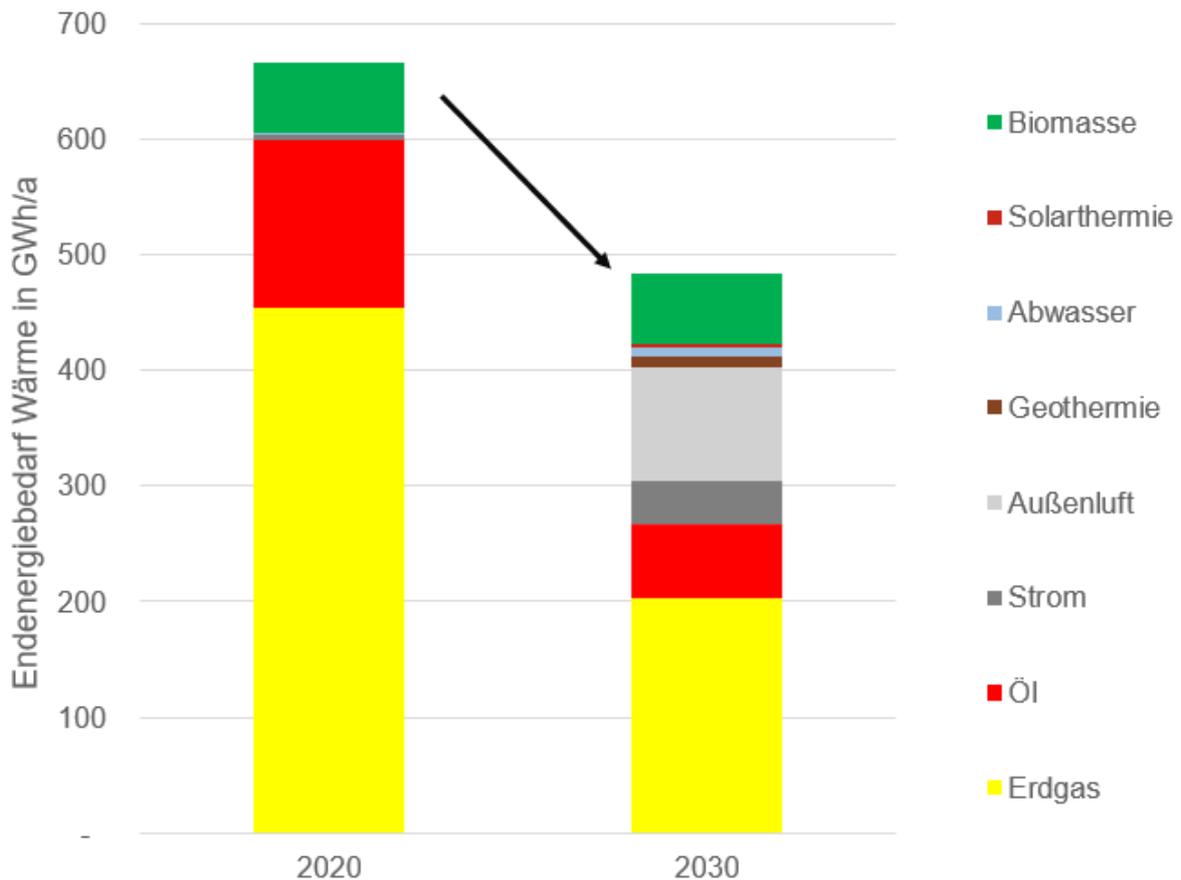
### 6.3 Zielfoto 2030

Im Jahr 2030 sehen wir im Vergleich zu 2040, dass die Sanierung und Effizienzsteigerung der Gebäude noch nicht so stark fortgeschritten ist und die Umstellung der Energieträger noch nicht in allen Gebieten erfolgt ist.

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

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

In nachfolgender Abbildung wird die Energieträgerverteilung 2030 dargestellt.



**Abbildung 30: Zielfoto 2030**

Der Wärmebedarf ist ca. 28 % geringer als im Jahr 2020. Knapp die Hälfte dessen wird bereits über erneuerbare Energien bereitgestellt, wovon der Großteil durch Wärmepumpen gedeckt wird. Im Jahr 2030 wird gemäß Zielfoto in 52 Clustern bereits eine zentrale Versorgung angesetzt.

## **7 Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog**

### **7.1 Ziele und Vorgehensweise**

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

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

Die Mindestanforderungen nach § 27 Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg beinhalten fünf Maßnahmen im Maßnahmenkatalog. Die Ausweitung des Maßnahmenkatalogs auf alle Cluster innerhalb der kommunalen Gemarkung wird als sinnvoll erachtet. Dies ist sinnvoll, um eine vollumfängliche Bewertungsgrundlage für die Fortschreibung der kommunalen Wärmewende-Strategie zu schaffen und Abhängigkeiten und Potenziale über die fünf Maßnahmenggebiete hinaus auch zukünftig dokumentiert und im Blick zu haben. In Kapitel 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 Verbrennungsverbote und Anschluss- und Benutzungspflichten in Wärmenetz-Gebieten
  - „Fernwärmesatzung“, § 11 GemO BW
  - Satzungsrechtliches Verbrennungsverbot geregelt über z.B. B-Plan
  - Aufnahme der Anforderungen der KWP als verbindliche Elemente in städtebaulichen Kaufverträgen und Konzeptvergabeverfahren
  - Prüfung der Konzessionsverträge auf Zielkonflikte der KWP sowie Berücksichtigung von Klimaaspekten und KWP-Ergebnissen im Auswahlverfahren und bei der Neuausschreibung
  - Standortplanung: Ansiedlung von Gewerbe mit Abwärme-Potenzialen in Fernwärmegebieten und Verbrauchern mit Gasbedarf in Gasversorgungsgebieten
  - Transfer der kommunalen Wärmeplanungsergebnisse in die Regionalplanung (Flächensicherung, Potenzialerschließung und Ausweisung von Vorranggebieten)

### c) Kommunikationskonzept zur kommunalen Wärmeplanung

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

### d) Beschleunigung der Gebäudesanierung

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

### e) Beschleunigung der Nutzung erneuerbarer Energien

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

#### **f) Beschleunigung der Energieeinsparung durch Effizienzmaßnahmen in der Anlagentechnik**

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

#### **g) Suffizienzstrategien für die Wärmewende im Wohnbereich**

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

## 7.3 Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden vielfältige Datengrundlagen und Ergebnisdarstellungen analysiert. Ein für den Transformationsprozess wichtiges Element ist die Ausweisung räumlich abgegrenzter Bereiche, die mittelfristig im Zuge des Transformationsprozesses priorisiert zu berücksichtigen sind. Die Betrachtung dieser Gebiete erfolgt über zwei Wertungsmethoden, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Mit der Analyse werden diese Wärmenetzeignungsgebiete und kommunalen Fokusgebiete identifiziert und für den weiteren Prozess sichtbar gemacht. Zusätzlich sind in dem vorliegenden Kapitel abschließend die Cluster aufgeführt, die auch perspektivisch mit grünen Gasen über die vorhandene Infrastruktur im Zielfoto versorgt werden.

### 7.3.1 Wärmenetzeignungsgebiete

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

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

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

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

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

In Abbildung 31 sind die Wärmenetzeignungsgebiete dargestellt, die im Zielfoto enthalten sind. Auf Basis dieser Ausarbeitung können, wie in Kapitel 7.2 beschrieben, Wärmenetzeausbaugebiete- und vorranggebiete definiert werden.

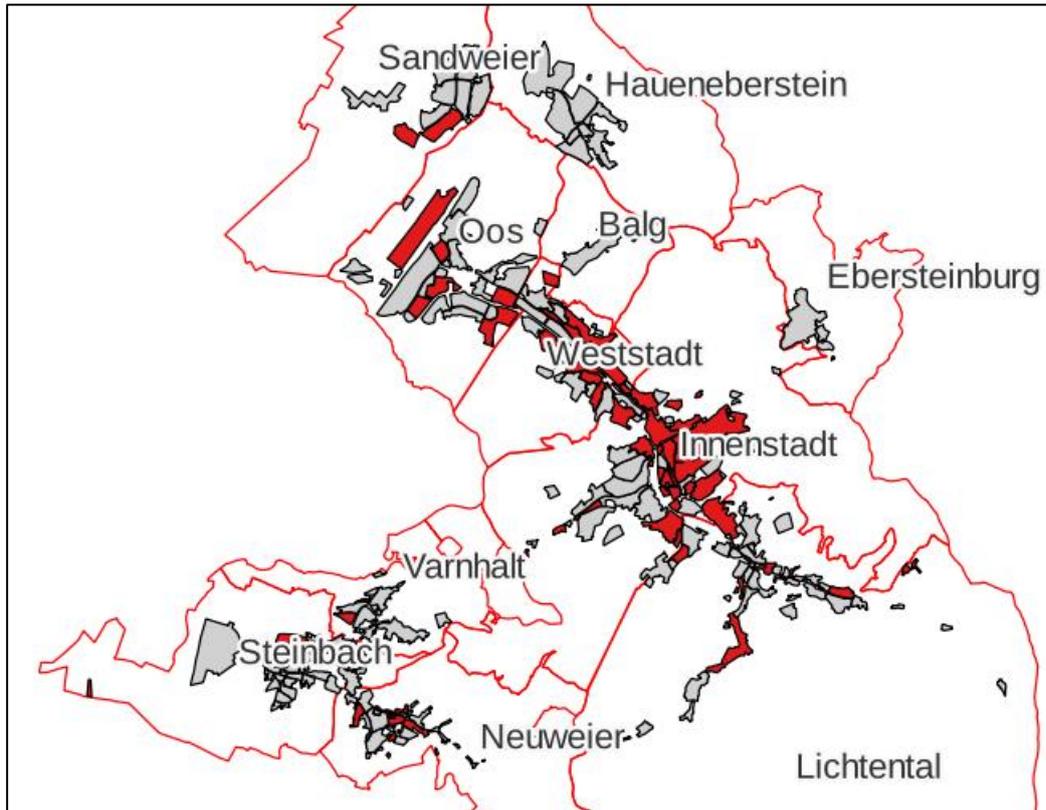


Abbildung 31: Clusterkarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielfoto

### 7.3.2 Kommunale Fokusgebiete

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

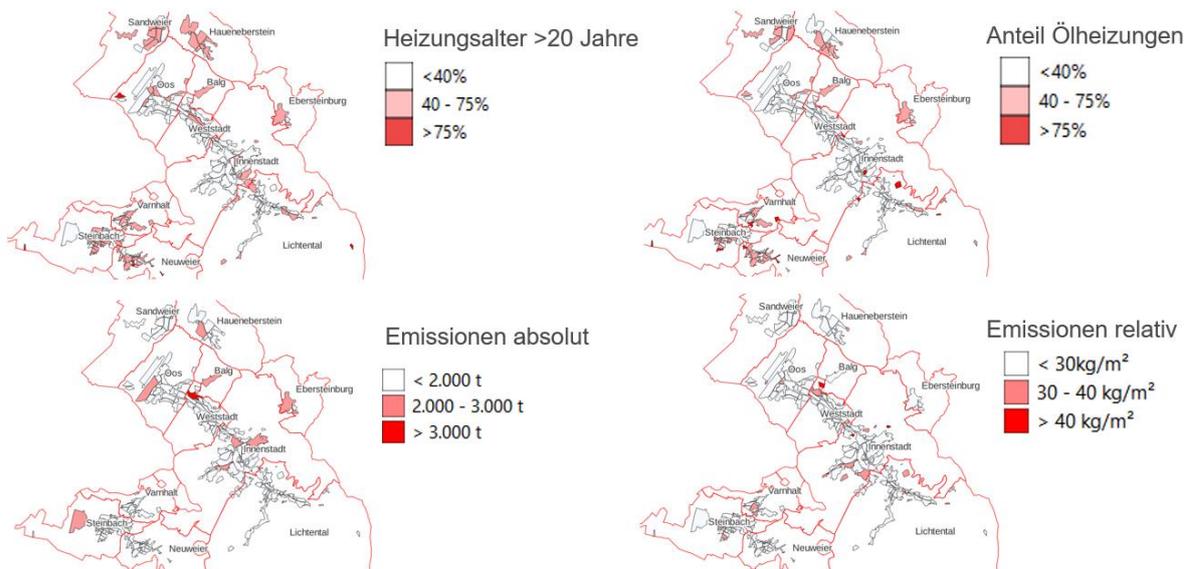
Um diese Fokusgebiete zu identifizieren, werden für den Transformationsprozess relevante Aspekte näher betrachtet. Im Rahmen einer manuellen Analyse werden alle Cluster im Kommunalgebiet hinsichtlich der nachfolgenden Kriterien aufbereitet und bewertet.

- **Alter der Heizungen im Cluster**  
Bei Heizungen steht in der Regel nach 20 Jahren eine Erneuerung an. Bei einem hohen Anteil älterer Heizungsanlagen im Cluster besteht daher ein erhöhter Handlungsdruck bezüglich einer Entscheidung für ein neues Heizungssystem.
- **Anteil Ölheizungen im Cluster**  
Fossile Energieträger sind für eine klimaneutrale Wärmeversorgung nicht geeignet. Speziell Ölheizungen sind daher konsequent und prioritär umzustellen auf klimaneutrale Wärmesysteme. Ein hoher Anteil von Ölheizungen wird daher als Kriterium erachtet, um einen definitiven Bedarf zur Umstellung der Wärmeerzeugungsanlage bestimmen zu können.

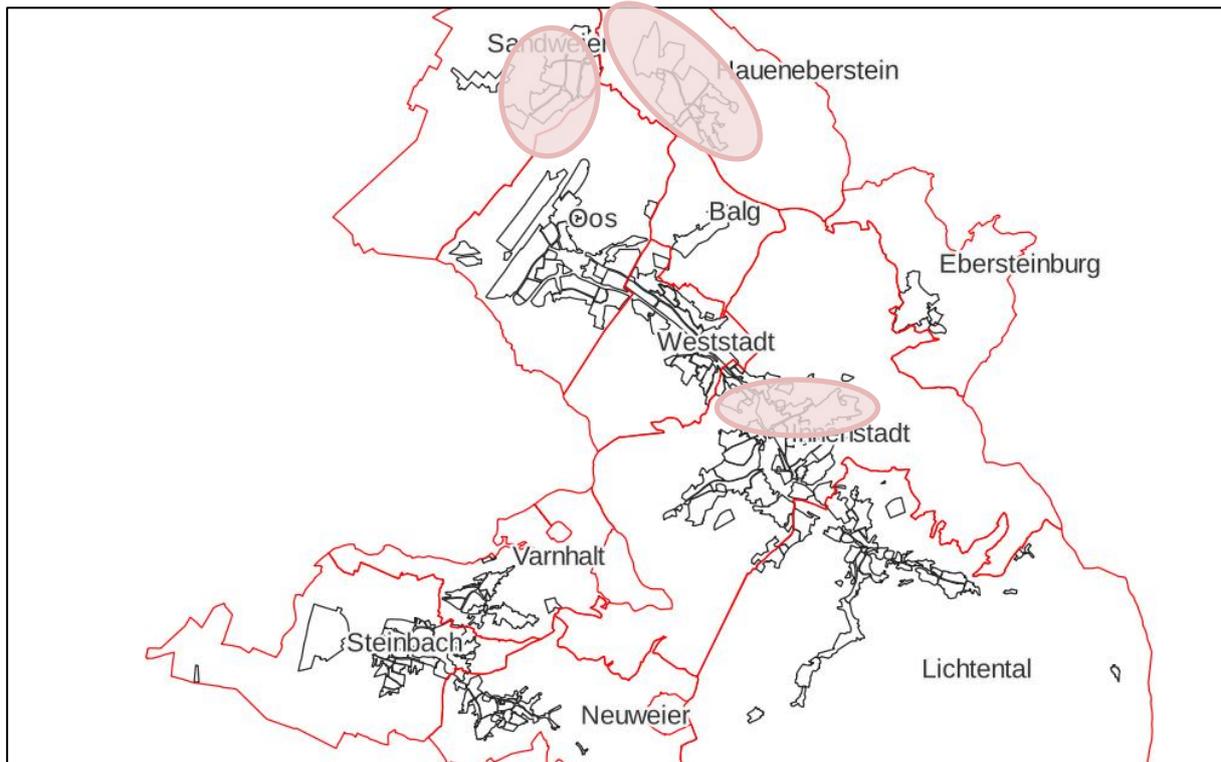
- **Absolute und flächenspezifische THG-Einsparpotenziale**

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

In Abbildung 32 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 33 dargestellt.



**Abbildung 32: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete**



**Abbildung 33: Kommunale Fokusgebiete**

Für die in Abbildung 33 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 im Rahmen des KfW-Programms 432 oder auch Machbarkeitsstudien im Rahmen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) abzuleiten.

## 7.4 Clustersteckbriefe

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

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

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

Die abschließende Rubrik „Zielfoto“ bildet die Ergebnisse zum empfohlenen Versorgungssystem und Energieträgereinsatz ab. Hierbei sind zwei Versorgungsoptionen aufgeführt. Die Versorgungsoption 1 ist die Grundlage für das Zielfoto. Die Summe der Versorgungsoptionen der Kategorie 1 aller Cluster ergibt das Zielfoto, wie es in Abbildung 27 dargestellt ist. Ergänzend ist eine Versorgungsoption 2 aufgeführt, die ebenfalls zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Cluster geeignet wäre. Dies soll den Charakter der Zielfoto-Empfehlung unterstreichen und die weiteren optionalen Lösungsansätze benennen.

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

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

Auf nachfolgender Abbildung wird exemplarisch ein Clustersteckbrief dargestellt.

## Clustersteckbrief 132 Musterstadt



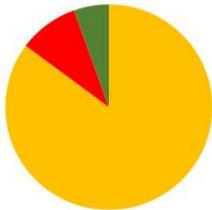
### Bestand

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



### Energie- und THG-Bilanz 2020

#### Wärmebedarf in MWh



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

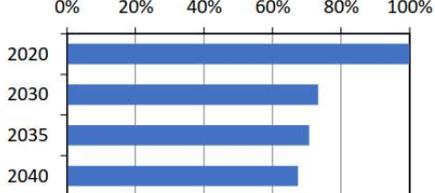
#### THG-Emissionen in tausend t



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

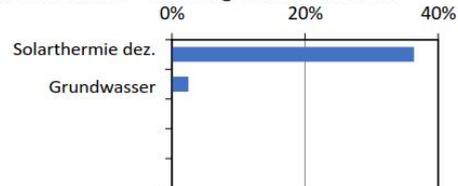
### Potenziale (zur Bedarfsdeckung 2040)

#### Entwicklung Wärmebedarf in MWh



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

#### Lokale Potenziale\* in Bezug auf Bedarf 2040



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

### Zielfoto 2040

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

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

\* ggü. 2020, mit Emissionsfaktoren in 2040

Hinweis: Grundwassereignung

Abbildung 34: Beispiel Clustersteckbrief

## 7.5 Fünf Maßnahmen gemäß Klimaschutzgesetz

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

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

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

Die Maßnahmen wurden in unterschiedliche Bearbeitungstiefen unterteilt,

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

Diese Maßnahmen wurden dann mithilfe von folgenden Kriterien qualitativ bewertet:

- Kosten für Durchführung
- THG-Einsparung (CO<sub>2</sub>-Äq.)
- Synergien mit anderen Planungen der Kommunalverwaltung
- Beitrag für 100% klimaneutrale Versorgung
- Akteursbereitschaft zur Mitwirkung
- Reifegrad bis zur Umsetzung
- Mehrwert über Wärmesektor hinaus
- Projekterfolg steuerbar durch Kommunalverwaltung

Im Anschluss wurden die Maßnahmen mit dem Projektteam, der Stadtverwaltung sowie den Stadtwerken durchgesprochen und gemeinsam die Entscheidung 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 Zielfoto der KWP
- Konkrete Auflistung der Leistungsbausteine
- THG-Einsparpotenzial
- Angaben zu den Akteuren
- Grober Zeitplan
- Kostenübersicht

## 7.5.1 Stromnetzcheck – Analyse zur Stabilität durch zukünftige 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 Baden-Baden sind folgende Parameter im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfasst:

- Aktueller Strombedarf (gesamt): ca. 300 GWh/a
- PV-Anlagen: ca. 21,5 MW

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

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

### Zielfoto 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 erwartet. Zusätzlich bedeuten die politischen Klimaziele ein Ausbau der vorhandenen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten um den Faktor 5.

Das kommunale Zielfoto prognostiziert einen steigenden Strombedarf allein durch die Versorgung mit Wärmepumpen um ca. 100.000 MWh (+ 30 % 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.

### 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
  - 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 Netzinfrastruktur
    - i. u.a. Einsatz von Flexibilitäten
  - c. Entwicklung von Betriebsstrategien für Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten (u.a. 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

### Geplante THG-Einsparung

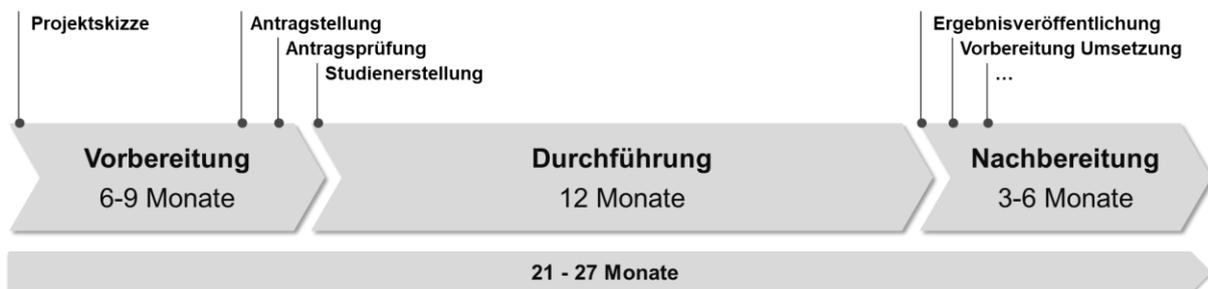
Ein versorgungssicheres Stromnetz ist die Grundlage für den anvisierten Ausbau der Wärmepumpen. Durch den Stromnetzcheck werden keine direkten THG-Einsparungen erzielt.

### Akteure

Die Stadtwerke Baden-Baden sind Netzbetreiber des städtischen Stromnetzes. Dadurch nehmen sie eine zentrale Rolle bei der Koordination und Begleitung der Studie ein. Der Stromnetzcheck ist durch Gutachter mit entsprechender Fachexpertise zu erstellen. Die Ergebnisse sind in enger Abstimmung mit der Stadtverwaltung zu erarbeiten.

### Zeitplanung

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



### Kosten

Für die Durchführung des Stromnetzchecks werden Honorarkosten in Höhe von rund 150 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

## 7.5.2 Machbarkeitsstudie zur Erdwärmenutzung im Rebland

### Kurzbeschreibung der Ist-Situation

In Baden-Baden sind die Untergrundtemperaturen höher als in anderen Gebieten Baden-Württembergs und Deutschlands. Sie liegen in 300 m bis 100 m Tiefe im Mittel bei rund 55 °C. Diese sehr günstigen Temperaturverhältnisse sind für eine geothermische Nutzung vorteilhaft. Die geothermische Nutzung der Thermalwässer in Baden-Württemberg hat eine lange Tradition. So nutzten beispielsweise bereits die Kelten und Römer an der Erdoberfläche austretende Thermalwasservorkommen bei Baden-Baden. (Quelle: (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg))

Durch die bestehenden Wasser- und Heilquellenschutzgebiete ist in Baden-Baden aber aktuell eine Nutzung von Erdwärme für energetische Zwecke nicht realisiert. Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet. Die Rebland-Gemeinden liegen dabei außerhalb dieser Ausschlussgebiete und bieten ein großes Potenzial zur Nutzung dieser besonderen Geothermiepotenzials. Das vorherrschende Temperaturniveau ist dabei ausreichend, um direkt aus dem Erdreich die Heizwärmeversorgung der Gebäude zu decken.

### Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielfoto für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 soll eine zentrale Nutzung von Erdwärme im Rebland eine große Rolle bei der Versorgung spielen. Da eine konkrete Nutzbarkeit von Erdwärme in einer Tiefe von rund 300 m Tiefe im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht bewertet werden kann, soll in einer vertiefenden Machbarkeitsstudie eine belastbare Analyse dieses Potenzials vorgenommen werden.

Die Machbarkeitsstudie soll in einer ersten Phase durch die Analyse bestehender Berichte und neue Erkundungsmaßnahmen belastbare Aussagen zur Ergiebigkeit des Untergrunds liefern. Nach Auswertung dieser Ergebnisse erfolgt eine Systemevaluation bei der geklärt werden soll, mit welchem System die Erdwärme sinnvoll erschließbar ist und über welches Verteilsystem eine Versorgung der Gebäude im Rebland erfolgen kann.

Nach positivem Abschluss der Machbarkeitsstudie sollen die Ergebnisse als Grundlage für weitere kommunalpolitische Entscheidungen dienen. Im Falle einer positiven kommunalpolitischen Entscheidung wird es dann vor allem darum gehen die zentralen Akteure zu identifizieren und einen Umsetzungsplan zu entwickeln. Dabei können z.B. wirtschaftlich attraktive Konditionen durch Aushandlung von Rahmenverträgen mit ausführenden Betrieben die Akzeptanz für diese Maßnahmen erhöhen. Zudem soll eine breit aufgestellte Kommunikationskampagne die Bürger auf diesem Weg frühzeitig partizipativ beteiligen.

### Inhalte der Machbarkeitsstudie und Prozessorganisation

1. Analyse der Erdwärmepotenziale im Rebland (Fokus auf 300 – 1000 m Tiefe)
  - a. Analyse der geologischen Rahmenbedingungen
  - b. Konzeption von technischen Maßnahmen zur Erschließung der Erdwärme
  - c. Analyse der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

2. Konzeptentwicklung für die Wärmeversorgung
  - a. Analyse geeigneter Versorgungssysteme (dezentral, kalte Nahwärme oder Wärmenetze)
  - b. Definition der Anforderungen auf Gebäudeebene
  - c. Entwicklung von Betriebsstrategie
  - d. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit
3. Entwicklung Umsetzungskonzept
  - a. Akteursanalyse
  - b. Zeitplan für die Umsetzung
4. Entwicklung eines Kommunikationskonzepts
5. Dokumentation und Berichterstellung

### Geplante THG-Einsparung

Insofern die Reblandgemeinden Ihre Versorgung auf Erdwärme stützen würden, wäre dies eine THG Einsparung von 60%. Die Emissionen, die noch bestehen resultieren lediglich aus dem Netzstrom.

### Akteure

Die Erarbeitung der Studie erfolgt in enger Abstimmung mit der Stadt Baden-Baden. Für die Erstellung der Machbarkeitsstudie ist ein externer Dienstleister mit entsprechender Expertise im Bereich der oberflächennahen und tiefen Geothermie 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 200 T€ (netto) geschätzt. Das Förderprogramm „Wärmenetze 4.0“ bezuschusst eine Machbarkeitsstudie mit einer Förderquote in Höhe von bis zu 60 %. Die verbleibenden Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

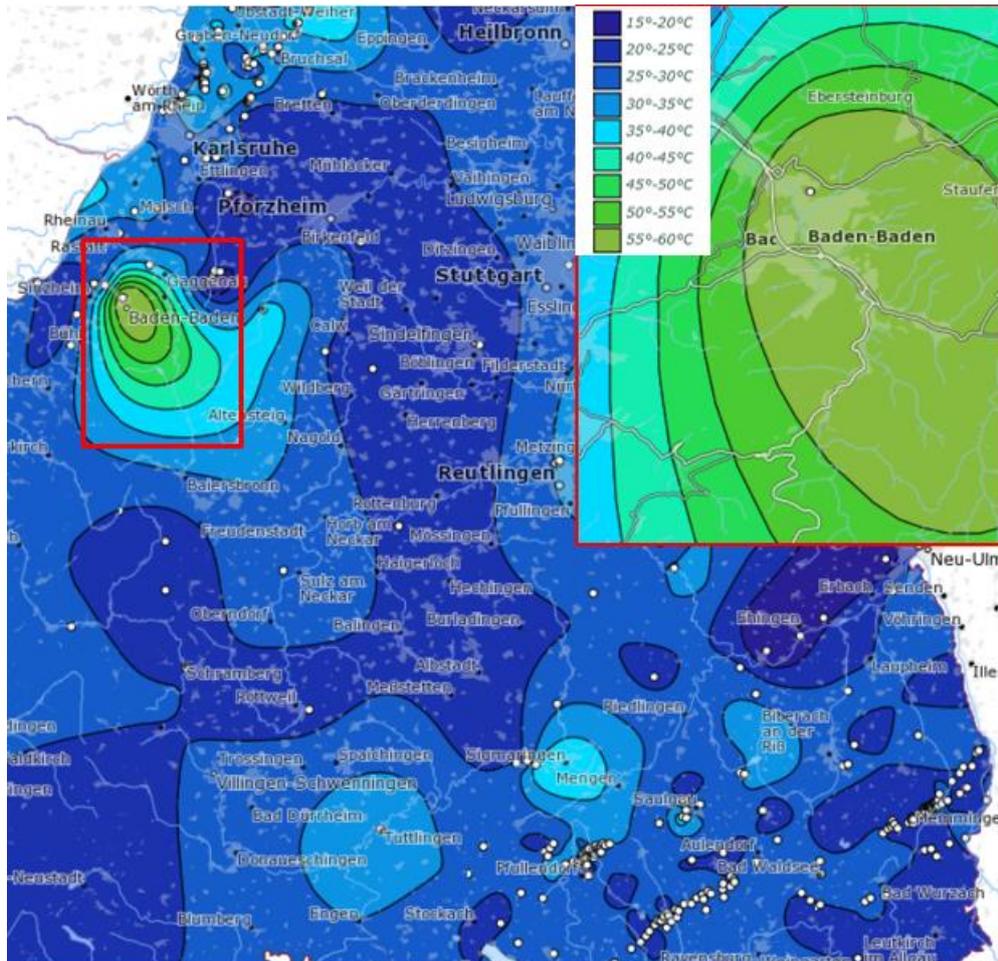


Abbildung 35: Temperatur in 300 m Tiefe

## 7.5.3 Machbarkeitsstudie zur Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes Rotenbachtal

### Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Die Gemeinschaftskraftwerk Baden-Baden GmbH betreibt eines der zwei Fernwärmenetze in Baden-Baden. Das Rotenbachtal-Fernwärmenetz versorgt dabei große Teile der Innenstadt mit Wärme.

Momentan wird die gelieferte Wärme mit bis zu 40 % auf Basis erneuerbarer Energieträger (Holzhackschnitzel) bereitgestellt. Nachfolgend sind wesentliche Kennzahlen aufgeführt:

- Wärmelieferung: > 30 GWh/a
- Versorgungsanteile: 25% BHKW, 33 – 40% HSK, 35% Gas, <5% Öl
- Kunden: ca. 60 Abnehmer
- Lage: Vom Rotenbachtal im Osten bis in die Innenstadt

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet.

Eine Machbarkeitsstudie, z.B. nach dem Förderprogramm Wärmenetze 4.0, soll konkret aufzeigen, wie dieses Ziel für das Wärmenetz Rotenbachtal erreicht werden kann.

### Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Das Zielfoto beinhaltet im Innenstadtbereich eine durch Zubau und Nachverdichtung des bestehenden Netzes deutlich erhöhte Versorgung über das Wärmenetz. Die anvisierte zentrale Wärmeversorgung (> 190 GWh/a) bedeutet mehr als eine Verdopplung des aktuellen Wärmeabsatzes und gleichzeitig die Umstellung auf klimaneutrale Energieträger zur Wärmebereitstellung (= keine fossilen Energieträger).

Die Machbarkeitsstudie soll die Grundlagen für die weitere Umsetzung ermitteln und eine Vorauswahl der geeigneten Erzeugungstechnologien vornehmen. Die Ausarbeitungen sollen eine Bewertung auf Basis der HOAI Leistungsphase 2 ermöglichen.

### Inhalte der Machbarkeitsstudie

1. Analyse Bestands-Wärmenetz und Bewertung der Ausbaustrategie
  - a. Ausbaustrategie festlegen (Bereiche, Ankerkunden)
    - i. Synergien mit Tiefbau- und Netzarbeiten (Gas, Fernwärme)
  - b. Analyse der Netztemperaturen (inkl. Potenziale zur Temperaturabsenkung)
  - c. Prüfung kritischer Wärmenetzelemente für Ausbau
2. Analyse von potenziellen Standorten für additive Wärmeerzeugung
  - a. Potenziale zur Erzeugung Grünes Gas
  - b. Potenziale zur Erzeugung Thermalwasser
3. Potenziale zur Wärmeerzeugung am Standort des Heizkraftwerks Rotenbachtal
  - a. Flächenpotenziale am Kraftwerksstandort
  - b. Energiepotenziale (Biomasse, Freifläche südlich der Gartengruppe Langengehren (Geothermie und Solarthermie), Grundwasser
  - c. Potenziale zur dezentralen Wärmenetzeinspeisung (u.a. Abwärme)

4. Variantenentwicklung
  - a. Dimensionierung Erzeuger und Wärmespeicher
  - b. Betriebsstrategie
  - c. Sektorenkopplung und Strommarktdienlichkeit
  - d. Kostenaufstellung/ Wirtschaftlichkeitsberechnung
  - e. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit
5. Terminplan für die Umsetzung der Zielvarianten
6. Dokumentation und Berichterstellung

### Geplante THG-Einsparung

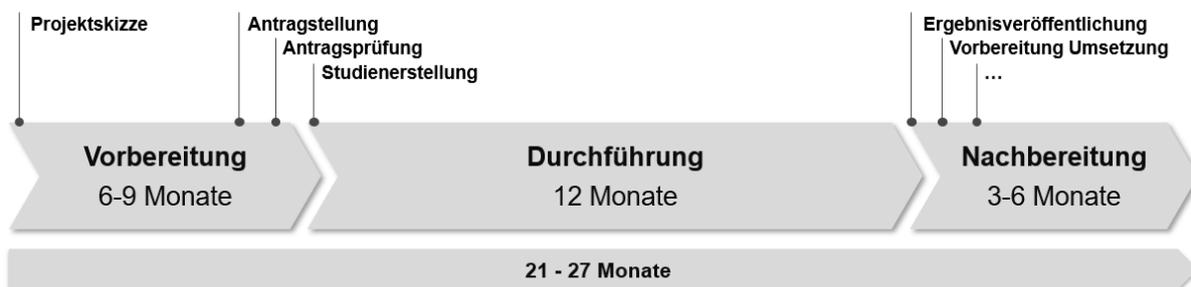
Gegenüber der bisherigen Versorgung über das Wärmenetz und die dezentralen Wärmeversorgungs-systeme resultiert eine erwartbare Treibhausgaseinsparung gegenüber dem Jahr 2020 in Höhe von 4T t/a. Dies entspricht rund 2 % der gesamten Emissionen der Stadt Baden-Baden im Jahr 2018.

### Akteure

Der Auftraggeber der Machbarkeitsstudie ist die Fernwärmegesellschaft BW als Betreiber des Wärmenetzes Rotenbachtal. Die Erstellung der Machbarkeitsstudie soll an einen externen Dienstleister vergeben werden. Die Erarbeitung der Studie erfolgt in enger Abstimmung mit den Stadtwerken und der Stadt Baden-Baden. Spezieller Klärungsbedarf im Rahmen der Studie mit der Stadtplanung wird im Bereich der Bewertung der Flächenverfügbarkeit am Heizzentralenstandort und des Wärmenetzausbaus im Innenstadtbereich erwartet.

### Zeitplanung

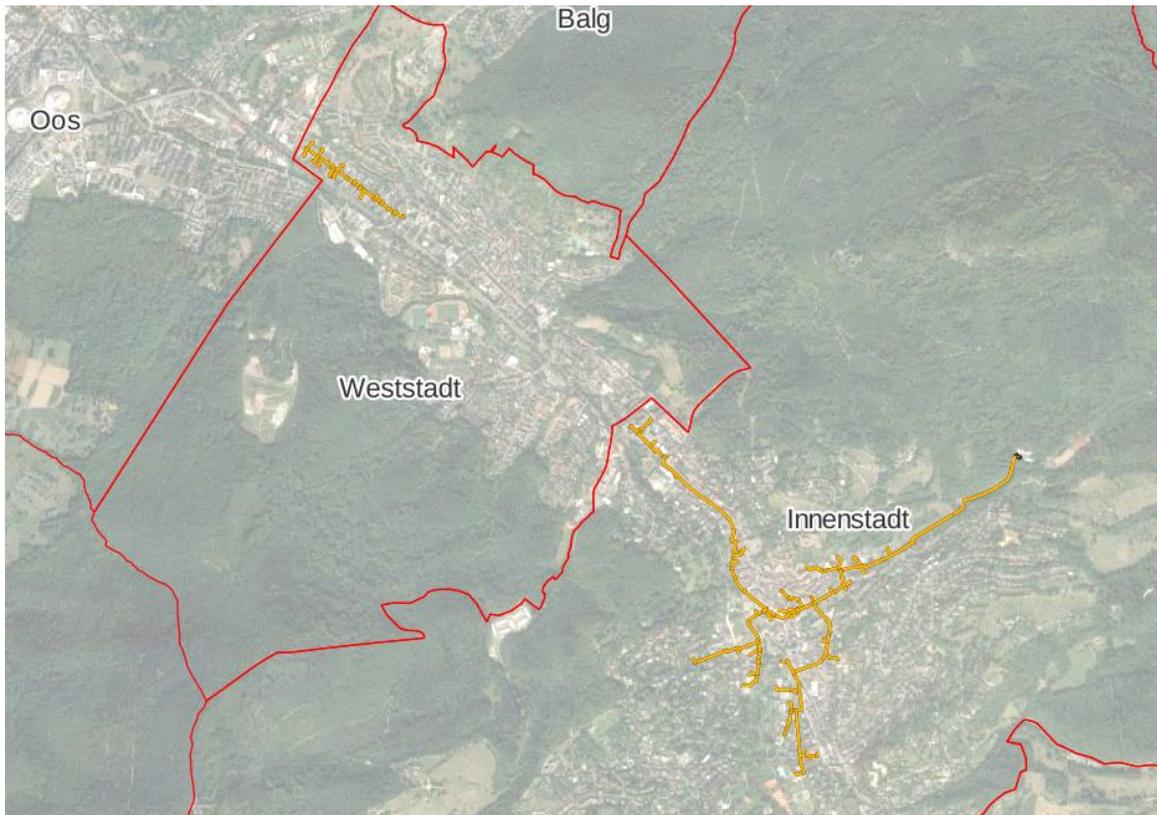
Die Machbarkeitsstudie erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 12 Monaten. Im Vorfeld ist eine Projektskizze zu erarbeiten und ein Förderantrag zu stellen. Im Anschluss kann mit der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie begonnen werden. Im Nachgang zur Machbarkeitsstudie können die weiteren Schritte zur Umsetzung von Maßnahmen beschlossen werden.



### Kosten

Für die Durchführung der Machbarkeitsstudie werden Honorarkosten in Höhe von rund 150 T€ (netto) geschätzt. Das Förderprogramm „Wärmenetze 4.0“ bezuschusst eine Machbarkeitsstudie mit einer Förderquote in Höhe von bis zu 60 %. Die verbleibenden Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

Förderung durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW).



**Abbildung 38: Screenshot GIS - Fernwärme Baden-Baden**

## 7.5.4 Machbarkeitsstudie zur Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes Briegelacker

### Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Die Stadtwerke Baden-Baden betreiben eines der zwei Fernwärmenetze in Baden-Baden. Das Briegelacker-Fernwärmenetz versorgt dabei Teile der Innenstadt mit Wärme.

Momentan wird die gelieferte Wärme mit bis zu 40 % auf Basis erneuerbarer Energieträger (Holzhackschnitzel) bereitgestellt. Nachfolgend sind wesentliche Kennzahlen aufgeführt:

- Wärmelieferung: > 6 GWh/a
- Erzeugungsstruktur: 0,9 MW HSK, 2,55 MW Gas
- Kunden: ca. 30 Abnehmer
- Lage: Briegelackerstraße

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Kommunalgebiet.

Eine Machbarkeitsstudie, z.B. nach dem Förderprogramm Wärmenetze 4.0, soll konkret aufzeigen, wie dieses Ziel für das Wärmenetz Briegelacker erreicht werden kann.

### Zielfoto der kommunalen Wärmeplanung

Das Zielfoto beinhaltet im Innenstadtbereich eine durch Zubau und Nachverdichtung des bestehenden Netzes deutlich erhöhte Versorgung über das Wärmenetz. Die anvisierte zentrale Wärmeversorgung (> 190 GWh/a) bedeutet mehr als eine Verdopplung des aktuellen Wärmeabsatzes und gleichzeitig die Umstellung auf klimaneutrale Energieträger zur Wärmebereitstellung (= keine fossilen Energieträger).

Die Machbarkeitsstudie soll die Grundlagen für die weitere Umsetzung ermitteln und eine Vorauswahl der geeigneten Erzeugungstechnologien vornehmen. Die Ausarbeitungen sollen eine Bewertung auf Basis der HOAI Leistungsphase 2 ermöglichen.

### Inhalte der Machbarkeitsstudie

1. Analyse Bestands-Wärmenetz und Bewertung der Ausbaustrategie
  - a. Ausbaustrategie festlegen (Bereiche, Ankerkunden)
    - i. Synergien mit Tiefbau- und Netzarbeiten (Gas, Fernwärme)
  - b. Analyse der Netztemperaturen (inkl. Potenziale zur Temperaturabsenkung)
  - c. Prüfung kritischer Wärmenetzelemente für Ausbau
2. Analyse von potenziellen Standorten für additive Wärmeerzeugung
  - a. Potenziale zur Erzeugung Grünes Gas
  - b. Potenziale zur Erzeugung Thermalwasser
3. Potenziale zur Wärmeerzeugung am Standort des Heizkraftwerks Briegelacker
  - a. Flächenpotenziale am Kraftwerksstandort
  - b. Energiepotenziale (Biomasse, Freifläche südlich der Gartengruppe Langengehren (Geothermie und Solarthermie), Grundwasser
  - c. Potenziale zur dezentralen Wärmenetzeinspeisung (u.a. Abwärme)

4. Variantenentwicklung
  - a. Dimensionierung Erzeuger und Wärmespeicher
  - b. Betriebsstrategie
  - c. Sektorenkopplung und Strommarktdienlichkeit
  - d. Kostenaufstellung/ Wirtschaftlichkeitsberechnung
  - e. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit
5. Terminplan für die Umsetzung der Zielvarianten
6. Dokumentation und Berichterstellung

### Geplante THG-Einsparung

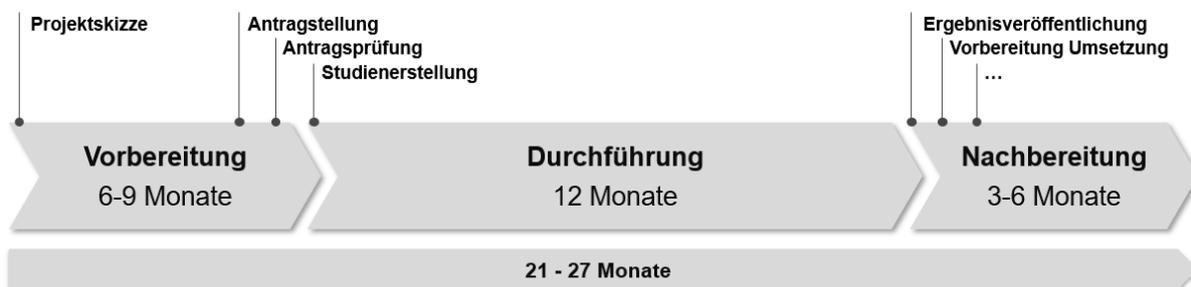
Gegenüber der bisherigen Versorgung über das Wärmenetz und die dezentralen Wärmeversorgungs-systeme resultiert eine erwartbare Treibhausgaseinsparung gegenüber dem Jahr 2020 in Höhe von 20T t/a. Dies entspricht rund 10 % der gesamten Emissionen der Stadt Baden-Baden im Jahr 2018.

### Akteure

Der Auftraggeber der Machbarkeitsstudie sind die Stadtwerke Baden-Baden als Betreiber des Wärmenetzes Briegelacker. Die Erstellung der Machbarkeitsstudie soll an einen externen Dienstleister vergeben werden. Die Erarbeitung der Studie erfolgt in enger Abstimmung mit den Stadtwerken und der Stadt Baden-Baden. Spezieller Klärungsbedarf im Rahmen der Studie mit der Stadtplanung wird im Bereich der Bewertung der Flächenverfügbarkeit am Heizzentralenstandort und des Wärmenetzausbaus erwartet.

### Zeitplanung

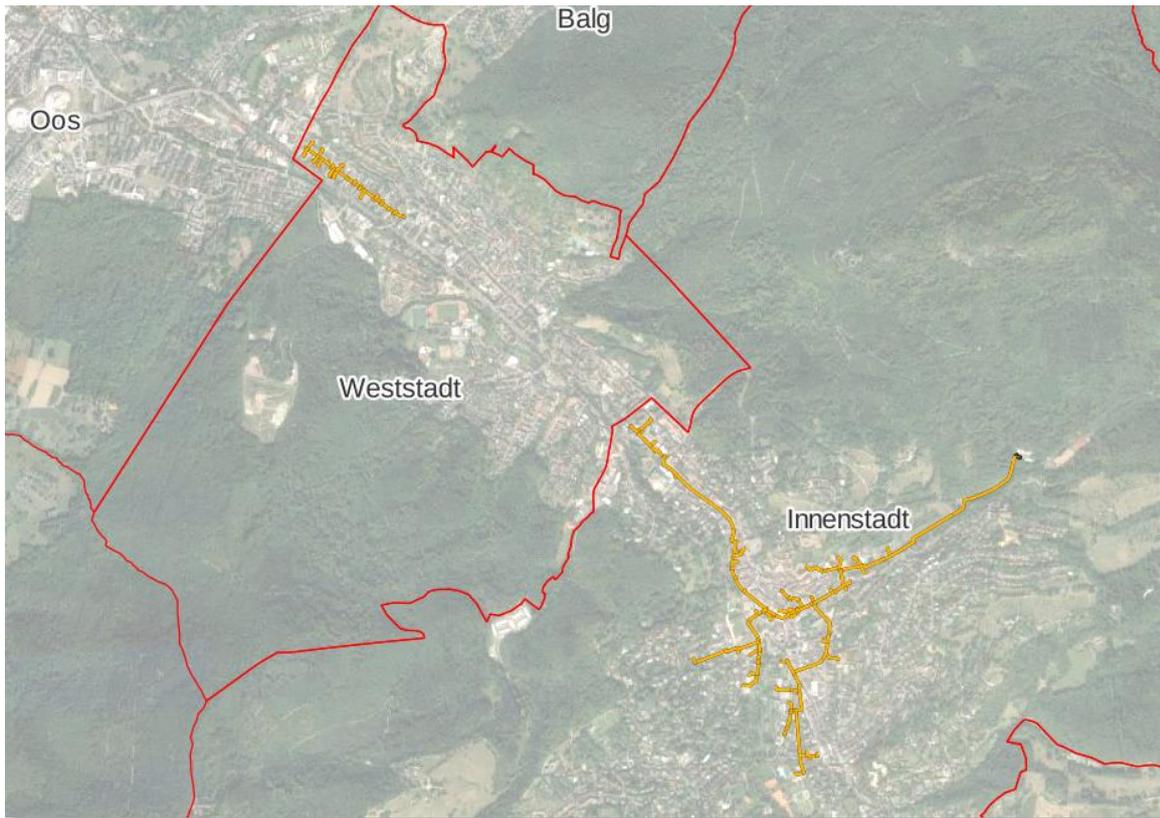
Die Machbarkeitsstudie erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 12 Monaten. Im Vorfeld ist eine Projektskizze zu erarbeiten und ein Förderantrag zu stellen. Im Anschluss kann mit der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie begonnen werden. Im Nachgang zur Machbarkeitsstudie können die weiteren Schritte zur Umsetzung von Maßnahmen beschlossen werden.



### Kosten

Für die Durchführung der Machbarkeitsstudie werden Honorarkosten in Höhe von rund 150 T€ (netto) geschätzt. Das Förderprogramm „Wärmenetze 4.0“ bezuschusst eine Machbarkeitsstudie mit einer Förderquote in Höhe von bis zu 60 %. Die verbleibenden Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

Förderung durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW).



**Abbildung 36 Screenshot GIS - Fernwärme Baden-Baden**

## 7.5.5 Konzeption der PV-Anlage – Ehemalige Kiesgrube Niederwald

### Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Am Standort der ehemaligen Kiesgrube Niederwald soll nach der naturschutzrechtlichen Auffüllung der Bau einer Freiflächen-PV-Anlage geprüft werden. Die Freifläche wurde im Rahmen einer naturschutzrechtlichen Auffüllung verfüllt.

Eine Nachnutzung durch eine PV-Anlage auf dem Gelände kann einen Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Baden-Baden leisten. Bisherige Überlegungen zur Solarenergienutzung basieren auf einer Fläche von maximal 45.000 m<sup>2</sup>, die für eine PV-Anlage zu betrachten wären.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung und infolgedessen einen starken Ausbau von Wärmepumpen. Diese Freiflächen PV-Anlage ist dabei ein weiterer Bestandteil der Dekarbonisierung des Stroms auf lokaler Ebene und ein Grundstein für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung in Verbindung mit Wärmepumpen.

### Zielfoto 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 erwartet. Zusätzlich bedeuten diese politischen Klimaziele einen erforderlichen Ausbau der vorhandenen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten um den Faktor 5.

Das kommunale Zielfoto prognostiziert einen steigenden Strombedarf allein durch die Versorgung mit Wärmepumpen um ca. 100.000 MWh (+ 30 % gegenüber Status-Quo). Mit der geplanten PV-Freiflächenanlage soll ein signifikanter Beitrag bei der Dekarbonisierung der Stromversorgung in Baden-Baden erreicht werden.

Gemäß ersten Konzeptüberlegungen besteht ein Potenzial zur Installation von rund 3.000 kWp auf dem Gelände. Das prognostizierte Stromerzeugungspotenzial liegt hier bei rund 3 Mio. kWh pro Jahr. Dies entspricht rund 10 % der heutigen erneuerbaren Stromerzeugungsleistung und rund 1 - 2 % des heutigen Strombedarfs in Baden-Baden.

### Inhalte der Maßnahme

1. Analyse Naturschutzbelange
  - a. Analyse der Restriktionen
  - b. Analyse der Anforderungen
  - c. Identifikation kritischer Punkte
  - d. Genehmigungsgrundlagen inkl. Abstimmungen mit den Behörden
2. Analyse - Bauliche Anforderungen
  - a. Gründung und Rammversuche
  - b. Statik
  - c. Windlastsicherung
  - d. Trafo-Standort

### 3. Analyse - Technische Anforderungen

- a. Gründung
  - b. Potenzialberechnung
  - c. Optimierung Aufstellungsarten hinsichtlich Ertrags und Nennleistung (Maximalertrag vs. gleichmäßigste Erzeugung)
  - d. Integrationsmöglichkeiten und Dimensionierung von Stromspeichern
  - e. Trafo-Standort
  - f. Stromnetzeinspeisung
4. Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit Zeitplan
  5. Dokumentation und Berichterstellung

### Geplante THG-Einsparung

Die geplante THG-Einsparung liegt bei einer jährlichen Stromproduktion von rund 3.000 MWh pro Jahr bis 2040 bei 1.000 t/a.

### Akteure

Die Stadtwerke Baden-Baden sind Netzbetreiber des städtischen Stromnetzes und lokaler Energieversorger. Dadurch sind sie zentraler Akteur bei der Koordination und Durchführung der vorbereitenden Untersuchungen. Zusätzlich ist ein Geotechnik-Unternehmen notwendig zur Bewertung der Statik. Die Ergebnisse sind in enger Abstimmung mit der Stadtverwaltung zu erarbeiten.

### Zeitplanung

Die Prüfung der Rahmenbedingungen erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 12 Monaten.

### Kosten

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

## Lageplan zum Standort

Lage der Freifläche, rund 1,5 km im Norden von Sandweier



**Abbildung 37 Lageplan der Freifläche 1**



**Abbildung 38 Lageplan der Freifläche 2**

Bildquelle: <https://cmgeo.cmcitymedia.de/badenBaden>

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP .....	8
Abbildung 2: Hauptnutzungsarten der Cluster .....	18
Abbildung 3: Übersichtskarte der Gas- und Wärmenetze .....	19
Abbildung 4: Wärmebedarf je Cluster .....	20
Abbildung 5: Wärmedichte je Cluster .....	21
Abbildung 6: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren .....	22
Abbildung 7: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune .....	24
Abbildung 8: Szenario - Entwicklung Prozesseffizienz GHD und Industrie .....	27
Abbildung 9: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1 .....	27
Abbildung 10: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Clusterebene .....	31
Abbildung 11: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Clusterebene .....	32
Abbildung 12: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ .....	35
Abbildung 13: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Clusterebene .....	36
Abbildung 14: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Clusterebene .....	37
Abbildung 15: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Clusterebene .....	38
Abbildung 16: Cluster außerhalb von Schutzgebieten .....	40
Abbildung 17: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Clusterebene .....	42
Abbildung 18: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“ .....	44
Abbildung 19: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Clusterebene .....	45
Abbildung 20: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 500 m .....	46
Abbildung 21: Karte der Biomasse Potenzialflächen .....	48
Abbildung 22: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene (Einstufung nach Energieatlas BW) .....	51
Abbildung 23: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“ .....	53
Abbildung 24: „Windkraft“- Potenzialflächen aus Energieatlas BW .....	55
Abbildung 25: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW .....	56
Abbildung 26: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme .....	58
Abbildung 27: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr .....	60
Abbildung 28: Zielfoto 2040 Energieversorgung der Stadtteile .....	61
Abbildung 29: Zielfoto 2040 Versorgungssysteme der Cluster .....	62
Abbildung 30: Zielfoto 2030 .....	63
Abbildung 31: Clusterkarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielfoto .....	69
Abbildung 32: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete .....	70
Abbildung 33: Kommunale Fokusgebiete .....	71
Abbildung 34: Beispiel Clustersteckbrief .....	73
Abbildung 35: Temperatur in 300 m Tiefe .....	79
Abbildung 36 Screenshot GIS - Fernwärme Baden-Baden .....	85
Abbildung 37 Lageplan der Freifläche 1 .....	88
Abbildung 38 Lageplan der Freifläche 2 .....	88

## 9 Literaturverzeichnis

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

## 10 Anhang

### 10.1 Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen

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

## 10.2 Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung

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

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