



Kommunale Wärmeplanung

Konvoi Südbaar

Abschlussbericht Donaueschingen

Herausgeber

greenventory GmbH

Georges-Köhler-Allee 302

79110 Freiburg im Breisgau

Telefon: +49 (0)761 7699 4160

E-Mail: info@greenventory.de

Webseite: www.greenventory.de

Autoren:

Dr. David Fischer

Gwendolyn Schumacher

Lars Felder

Gabriel Avenmarg

Bildnachweise

© greenventory GmbH

Stand

8. April 2025

Inhalt

1 Einleitung	12
1.1 Motivation	12
1.2 Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext	13
1.3 Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung im Konvoi	13
1.4 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug	14
1.5 Aufbau des Berichts	14
2 Fragen und Antworten	15
2.1 Was ist ein Wärmeplan?	15
2.2 Gibt es verpflichtende Ergebnisse?	15
2.3 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?	16
2.4 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?	17
2.5 In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?	17
2.6 Schaffen wir die Treibhausgasneutralität?	17
2.7 Was ist der Nutzen einer Wärmeplanung?	17
2.8 Was bedeutet das für Anwohner und Anwohnerinnen?	18
3 Bestandsanalyse	20
3.1 Das Projektgebiet des Konvois Südbaar	20
3.2 Datenerhebung	20
3.3 Gebäudebestand	21
3.4 Wärmebedarf	24
3.5 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger	26
3.6 Eingesetzte Energieträger	28
3.7 Gasinfrastruktur	29
3.8 Wärmenetze	30
3.9 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung	30
3.10 Zusammenfassung Bestandsanalyse	33
4 Potenzialanalyse	34
4.1 Erfasste Potenziale	34
4.2 Methode: Indikatorenmodell	35
4.3 Potenziale zur Stromerzeugung	38
4.4 Potenziale zur Wärmeerzeugung	39
4.5 Potenzial für eine lokale Wasserstoffherzeugung	40
4.6 Potenziale für Sanierung	41

4.7 Zusammenfassung und Fazit	42
5 Eignungsgebiete für Wärmenetze	44
5.1 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungsgebiete und Vorranggebiete:	45
5.2 Auswahl der Eignungsgebiete im Projektgebiet	46
5.3 Zuordnung der genutzten Potenziale je Eignungsgebiet	47
5.4 Wärmeversorgungsszenario im Zieljahr	47
5.5 Eignungsgebiet "Donaueschingen Gewerbegebiet und Konversionsgebiet"	49
5.6 Eignungsgebiet "Donaueschingen – Kliniken und Gewerbe"	50
5.7 Eignungsgebiet "Donaueschingen – Brigachschiene"	51
5.8 Eignungsgebiet "Allmendshofen südlich des Zubringer"	52
5.9 Eignungsgebiet "Neudingen"	53
5.10 Eignungsgebiet "Pfohren"	53
5.11 Bestandsnetz Wolterdingen	55
6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs	56
6.2 Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung	57
6.3 Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung	58
6.4 Entwicklung der eingesetzten Energieträger	58
6.5 Bestimmung der Treibhausgasemissionen	59
6.6 Zusammenfassung des Zielszenarios	60
7 Maßnahmen und Wärmewendestrategie	61
7.1 Erarbeitete Maßnahmen Donaueschingen	62
7.1.1 Maßnahme 1: BEW-Machbarkeitsstudie Wärmeversorgungskonzept Kliniken und Gewerbe:	63
7.1.2 Maßnahme 2: BEW-Machbarkeitsstudie Nahwärme Pfohren Biogasanlage Leimgrabenhof:	64
7.1.3 Maßnahme 3: BEW-Machbarkeitsstudie Flusswasser aus der Breg – Allmendshofen	65
7.1.4 Maßnahme 4: BEW-Machbarkeitsstudie Nahwärme Neudingen Satelliten BHKW Teilhof	66
7.1.5 Maßnahme 5: Ausbau bestehender Wärmenetze Donaueschingen	67
7.1.6 Maßnahme 6: Untersuchung Kalte Nahwärme, oberflächennahe Geothermie als Wärmequelle in Hubertshofen	68
7.2 Übergreifende Wärmewendestrategie für Donaueschingen	69
7.3 Konzept für ein Monitoring der Zielerreichung	71
7.3.1 Monitoringziele	71
7.3.2 Monitoringinstrumente und -methoden	71
7.3.3 Datenerfassung und -analyse	72
7.3.4 Berichterstattung und Kommunikation	72
7.4 Finanzierung	72
7.5 Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende	73
7.6 Fördermöglichkeiten	73
8 Fazit	75
Anhang	77
A Übersicht der Gebäudetypen in Donaueschingen	77

B Karten zu den Potenzialen	78
Geothermie Kollektoren	78
Sonden	78
Solarthermie	79
Fluss- und Seewasser	79
Luftwärmepumpen	80
Solarthermie Dach	80
Biomasse	81
Industrielle Abwärme	81
C Methodik Potenzialberechnungen	82
Indikatorenmodell	82
Biomassepotenzial	84
Gebietsbestimmung	84
Potenzialberechnung	84
Wirtschaftliche Eingrenzung:	85
Windenergie	85
Gebietsbestimmung	85
Potenzialberechnung	85
Wirtschaftliche Eingrenzung:	86
Photovoltaik (Freifläche)	86
Gebietsbestimmung	86
Potenzialberechnung	87
Wirtschaftliche Eingrenzung	87
Solarthermie (Freifläche)	87
Gebietsbestimmung	87
Potenzialberechnung	87
Wirtschaftliche Eingrenzung:	87
Dachflächenpotenziale	87
Solarthermie	88
Photovoltaik	88
Oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden oder -kollektoren mit Wärmepumpe)	88
Gebietsbestimmung	88
Potenzialberechnung	89
Wirtschaftliche Eingrenzung:	89
Tiefengeothermie	89
Gebietsbestimmung	90
Potenzialberechnung	90

Wirtschaftliche Eingrenzung:	90
Luftwärmepumpen	90
Gebietsbestimmung	91
Potenzialberechnung	91
Wirtschaftliche Eingrenzung	91
Wärme aus Oberflächengewässern	93
Gebietsbestimmung	93
Potenzialberechnung	93
Seen Datengrundlage	93
Flüsse Datengrundlage	94
Seen Dimensionierung	94
Flüsse Dimensionierung	94
Wirtschaftliche Eingrenzung	95
Abwärme aus Klärwerken	95
Gebietsbestimmung	95
Potenzialberechnung	95
Industrielle Abwärme	95
Gebietsbestimmung	96
Potenzialberechnung	96
Potenzial aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	96
Gebietsbestimmung	96
Potenzialermittlung	96
Sanierungspotenzial	97
Wohngebäude	97
Nichtwohngebäude	97
C Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit Hubertshofen Kennzahlen Eignungsgebiet Hubertshofen	99
9 Literaturverzeichnis	101

Abbildungen

Abbildung 1: Erstellung des kommunalen Wärmeplans
Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse
Abbildung 3: Gebäudeanzahl nach Sektor im Projektgebiet
Abbildung 4: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude
Abbildung 5: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen im Projektgebiet
Abbildung 6: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)
Abbildung 7: Wärmebedarf nach Sektor
Abbildung 8: Verteilung der Wärmebedarfe je Baublock
Abbildung 9: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme (Stand: 2022)
Abbildung 10: Verteilung nach Alter der Heizsysteme (Stand: 2022)
Abbildung 11: Endenergiebedarf nach Energieträger
Abbildung 12: Gasnetzinfrastruktur im Projektgebiet
Abbildung 13: Wärmenetzinfrastruktur im Projektgebiet
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen nach Sektoren im Projektgebiet
Abbildung 15: Treibhausgasemissionen nach Energieträger im Projektgebiet
Abbildung 16: Verteilung der Treibhausgasemissionen im Projektgebiet
Abbildung 17: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen
Abbildung 18: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse
Abbildung 19: Erneuerbare Strompotenziale im Projektgebiet
Abbildung 20: Erneuerbare Wärmepotenziale im Projektgebiet
Abbildung 21: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen
Abbildung 22: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete
Abbildung 23: Übersicht über alle definierten Eignungsgebiete für Wärmenetze im Projektgebiet
Abbildung 24: Simulation der Zielszenarios für 2040
Abbildung 25: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr
Abbildung 26: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2040
Abbildung 27: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040
Abbildung 28: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Zieljahr 2040
Abbildung 29: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf
Abbildung 30: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf
Abbildung 31: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2040
Abbildung 32: Emissionsfaktoren in tCO_2/MWh
Abbildung 33: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios
Abbildung 34: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040

Tabellen

- Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA-BW, 2022)

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Tabelle 3: Erweiterte Handlungsvorschläge für Akteure der kommunalen Wärmewende

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen
BEG NWG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Nichtwohngebäude
BEG WG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Wohngebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BBS	Biomassebeschaffungsstrategie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wirtschaft, Struktur und Bau
BW	Baden-Württemberg
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EB	Energieberatung
EE	Erneuerbare Energien
EG	Eignungsgebiete
EM	Energiemanagement
EnEV	Energieeinsparverordnung
EV	Energieversorgung
FFH-Gebiete	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssysteme
GWh	Gigawattstunde
GWh/a	Gigawattstunde pro Jahr
HLK	Heizung, Lüftung, Klima
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz

KWP	Kommunale Wärmeplanung
LNG	Flüssigerdgas
PPP	Public-Private-Partnership
PV	Photovoltaik
SQ	Sanierungsquote
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
tCO ₂ /MWh	Tonnen Kohlendioxid pro Megawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
WNI	Wärmenetzinfrastruktur
WN	Wärmenetze
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz des Bundes
WVN	Wärmeverbundnetz

Konvoi Südbaar

Auftraggeber und beteiligte im Konvoi:



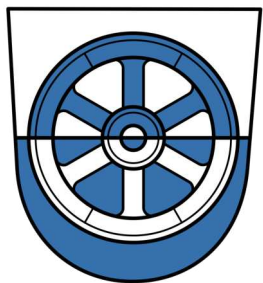
Bad Dür rheim, ein Kurort im Schwarzwald-Baar-Kreis in Baden-Württemberg, ist nicht nur für seine gesundheitsfördernden Thermalbäder bekannt, sondern auch für die reizvolle Landschaft, die Besucher und Bewohner gleichermaßen genießen. Geografisch erstreckt sich Bad Dür rheim über eine Fläche von 62,08 km² und liegt 703 Meter über dem Meeresspiegel. Zum 31. Dezember 2022 belief sich die Einwohnerzahl auf 13.659, was einer Bevölkerungsdichte von 220 Einwohnern pro km² entspricht. Die aktuelle Leitung der Stadt obliegt Bürgermeister Jonathan Berggötz. Die Stadt Bad Dür rheim führt die kommunale Wärmeplanung freiwillig durch.

Mitarbeitende in der Wärmeplanung: Alisia Meisch, Petra Schmidtman, Bauamt
<https://badduerrheim.de/>



Bräunlingen, gelegen im Schwarzwald-Baar-Kreis in Baden-Württemberg, präsentiert sich als charmante Kleinstadt mit reicher Geschichte und kultureller Vielfalt. Bräunlingen erstreckt sich über eine Fläche von 62,14 km² und liegt 693 Meter über dem Meeresspiegel. Zum Jahresende 2022 zählte die Stadt 6.014 Einwohner, was einer Bevölkerungsdichte von 97 Einwohnern pro km² entspricht. Die aktuelle Leitung der Stadt obliegt Bürgermeister Micha Bächle. Bräunlingen führt die kommunale Wärmeplanung freiwillig durch.

Mitarbeitende in der Wärmeplanung: Micha Bächle, Bürgermeister
<https://braeunlingen.de/>



Die Stadt Donaueschingen zählt zu den Kommunen, die von der verpflichtenden Wärmeplanung in Baden-Württemberg betroffen sind. Donaueschingen, eine Stadt im Schwarzwald-Baar-Kreis in Baden-Württemberg, ist bekannt für ihre malerische Lage und historische Bedeutung. Donaueschingen erstreckt sich über eine Fläche von 104,67 km². Zum 31. Dezember 2022 verzeichnete die Stadt eine Bevölkerung von 22.431 Einwohnern, was einer Bevölkerungsdichte von 214 Einwohnern pro km² entspricht. Der aktuelle Bürgermeister ist Erik Pauly. Die Stadt Donaueschingen führt die kommunale Wärmeplanung verpflichtend durch.

Mitarbeitende in der Wärmeplanung: Severin Graf, Bürgermeister
<https://www.donaueschingen.de/>

Auftragnehmer:

Die **greenventory GmbH** unterstützt Kommunen und Stadtwerke modular und zielgerichtet bei allen mit der kommunalen Wärmeplanung verbundenen Anforderungen und Herausforderungen. Zum Unternehmen gehören mehr als 45 MitarbeiterInnen mit einem starken Fokus im Energie- und Daten-Bereich und umfangreicher Fachexpertise im Kontext einer sektorübergreifenden Energie- und Infrastrukturplanung. greenventory bringt hierbei sowohl die Erfahrung aus der kommunalen Wärmeplanung in mehr als 100 Kommunen ein also auch den digitalen Wärmeplan als zentrales Werkzeug. www.greenventory.de/

Unterstützung im Projekt:

Das GVV Umweltbüro in Donaueschingen befasst sich mit Umweltthemen für mehrere Mitgliedsgemeinden. Es konzentriert sich auf Umweltverträglichkeitsprüfungen für Bebauungspläne und Gebäude, Initiativen zur Energieeinsparung sowie die Nutzung erneuerbarer Energien. Weiterhin wird die Schaffung und Pflege von Biotopen sowie die Naturnäherung lokaler Gewässer betreut. Im Energiebereich liegen die Kompetenzen in Energieeinsparung und der Förderung erneuerbarer Energien. GVV unterstützt zudem Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und der nachhaltigen Energieversorgung.

Mitarbeitende in der Wärmeplanung: Dr. Gerhard Bronner

<https://www.gvv-umweltbuero.de/>

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren ist immer deutlicher geworden, dass Deutschland angesichts des fortschreitenden Klimawandels und internationaler Verwerfungen eine sichere, kostengünstige sowie treibhausgasneutrale Energieversorgung benötigt. Die Wärmeversorgung spielt hier eine zentrale Rolle. Hierfür stellt die Kommunale Wärmeplanung (KWP) ein strategisches Planungsinstrument dar. Die KWP analysiert den energetischen Bestand, bestehende Potenziale sowie die treibhausgasneutralen Versorgungsoptionen für die Wärmewende und identifiziert Gebiete, welche sich für Wärmenetze oder dezentrale Heizungslösungen eignen. Zur Erstellung der KWP haben sich die Gemeinden (in alphabetischer Abfolge) Bad Dürkheim, Bräunlingen, Donaueschingen zu einem Konvoi, zusammengetan um Synergien im Prozess zu nutzen, voneinander zu Lernen und interkommunale Versorgungsoptionen direkt bei der Planerstellung zu berücksichtigen. Dieser Bericht umfasst die Ergebnisse für die Stadt Donaueschingen.

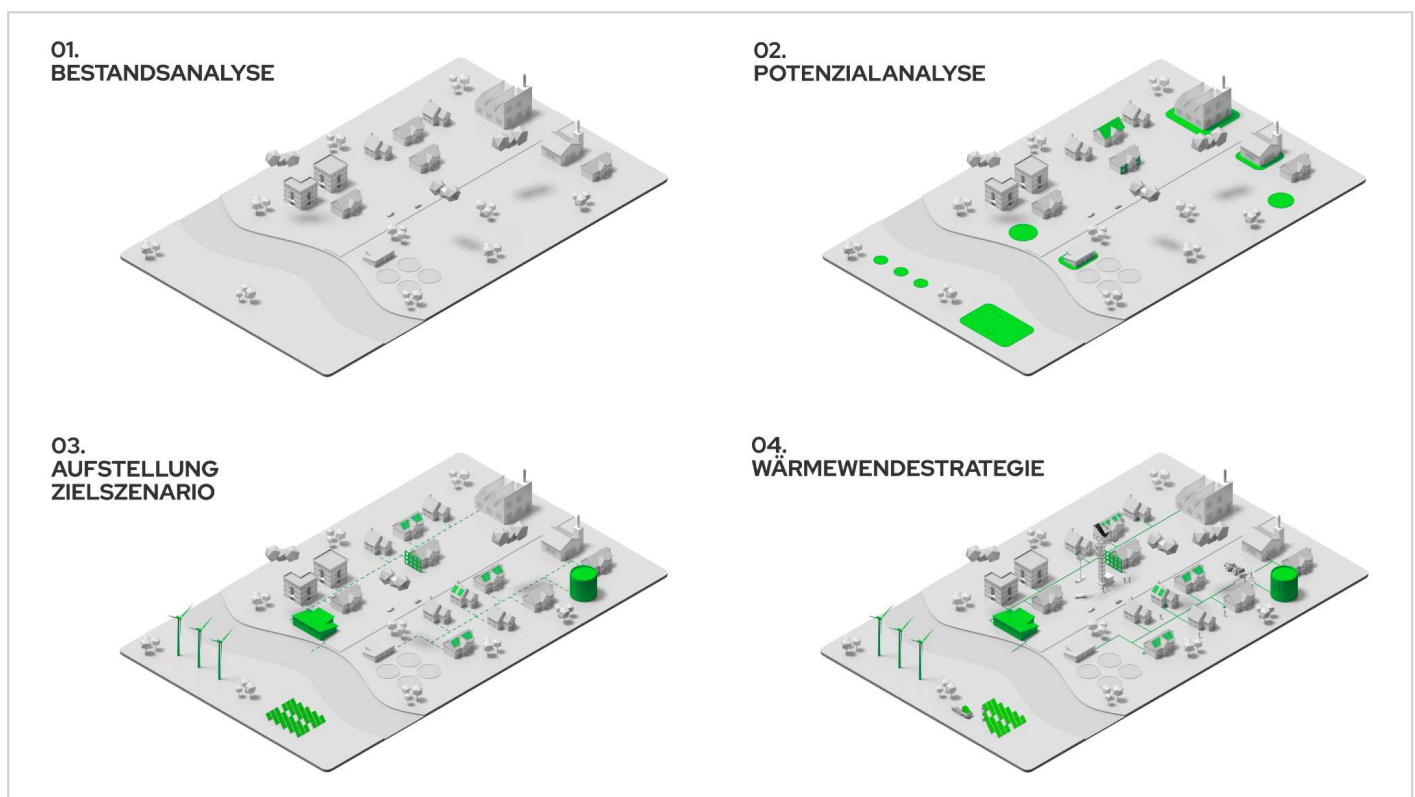


Abbildung 1: Erstellung des kommunalen Wärmeplans

1.1 Motivation

Angesichts der Bedrohung, die der voranschreitende Klimawandel darstellt, hat die Bundesrepublik im Klimaschutzgesetz des Bundes (KSG) die Treibhausgasneutralität zum Jahre 2045 verpflichtend festgeschrieben. Das Land Baden-Württemberg sieht das Erreichen der Treibhausgasneutralität bereits bis 2040 vor (KlimaG BW). Auch die Gemeinden

Bräunlingen, Bad Dürkheim und Donaueschingen haben den Klimawandel als zentrale Herausforderung erkannt und tragen ihren Teil zur Zielerreichung bei. Hierbei fällt dem Wärmesektor eine zentrale Rolle zu, da in etwa die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs im Bereich der Wärme- und Kältebereitstellung anfallen (Umweltbundesamt, 2024). Dazu zählen Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser sowie

Kälteerzeugung. Im Stromsektor wird bundesweit bereits über 50 % der Energie erneuerbar erzeugt, während es im Wärmesektor bislang nur 18,8 % sind (Umweltbundesamt, 2023). Eine große Verantwortung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors liegt bei Städten und Kommunen. Die kommunale Wärmeplanung stellt hierfür eine Plangrundlage dar. Vor diesem Hintergrund haben sich die Städte und Gemeinden Bad Dür rheim, Bräunlingen und Donaueschingen zusammengeschlossen, um gemeinsam eine Planung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors zu erstellen. Die Gemeinden können hierfür auf bestehende Konzepte und Vorarbeiten sowie existierenden Strukturen aufbauen. Die Planungsmethodik folgt dem Leitfaden kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur.

1.2 Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext

Da Investitionen in Energieinfrastruktur mit hohen Investitionskosten und langen Investitionszyklen verbunden sind, ist eine ganzheitliche Strategie wichtig, um die Grundlage für nachgelagerte Schritte zu legen. Die KWP ist ein strategisches Planungsinstrument, welche drei übergreifende Ziele verfolgt:

- Versorgungssicherheit
- Treibhausgasneutralität
- Wirtschaftlichkeit

Zudem ermöglicht sie eine verbesserte Planungsgrundlage für Investitionsentscheidungen in Heizungssysteme sowie die Eingrenzung des Such- und Optionenraums für städtische Energieprojekte.

Die KWP ist eng mit anderen planerischen Instrumenten wie dem Klimaschutzkonzept oder dem Flächennutzungsplan verknüpft. Durch die Integration der KWP in den planerischen Kontext wird eine ganzheitliche Betrachtung der Energieversorgung ermöglicht. Synergien können genutzt und Maßnahmen effizient koordiniert werden, um die Durchführung von Machbarkeitsstudien, die Planung und Realisierung von Quartierskonzepten sowie die Entwicklung und Ausführung von Bauprojekten erfolgreich zu gestalten.

1.3 Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung im Konvoi

Die Entwicklung eines kommunalen Wärmeplans war ein mehrstufiger Prozess, der vier Schritte umfasste (siehe Abbildung 2).

Im ersten Schritt der Bestandsanalyse wurde die Ist-Situation der Wärmeversorgung umfassend analysiert. Dazu gehörte die Erfassung von Daten zum damaligen Wärmebedarf und -verbrauch, den daraus resultierenden Treibhausgasemissionen, den existierenden Gebäudetypen sowie deren Baualtersklassen. Ebenso wurden die vorhandene Infrastruktur der Gas- und Wärmenetze, Heizzentralen und Speicher systematisch untersucht und die Beheizungsstrukturen in Wohn- und Nichtwohngebäuden detailliert erfasst.

Im zweiten Schritt, der Potenzialanalyse, wurden die Potenziale für Energieeinsparungen und den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärme- und Stromerzeugung ermittelt.

Im dritten Schritt nutzte man die gewonnenen Erkenntnisse, um Eignungsgebiete für zentralisierte Wärmenetze sowie zugehörige Energiequellen und Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgungsoptionen zu identifizieren. Basierend darauf entwickelte man ein Zielszenario für die zukünftige Wärmeversorgung, das eine räumlich aufgelöste Beschreibung einer möglichen künftigen Versorgungsstruktur für das Zieljahr umfasste.

Der vierte Schritt bestand in der Formulierung konkreter Maßnahmen als erste Schritte zur Zielerreichung sowie einer übergreifenden Wärmewendestrategie. Während des Projekts wurden Vorschläge für konkrete Projekte entwickelt, die als Maßnahmen den Wärmeplan komplettierten. Diese Maßnahmen wurden priorisiert und sollten innerhalb der nächsten fünf Jahre angegangen werden. Bei der Erstellung dieser Maßnahmen kam der Kenntnis der lokalen Rahmenbedingungen durch die Stadtverwaltungen sowie weitere lokale Akteure eine

wichtige Rolle zu. Fachakteure, lokale Wärmenetzbetreiber, Energieversorger und Mitglieder der Stadtverwaltung wurden in Workshops aktiv in die Erstellung des Wärmeplans einbezogen. Sie trugen durch Diskussionen und Validierung von Analysen zur Entwicklung von Wärmenetzeignungsgebieten und Maßnahmen bei. Hierzu wurden im Projektverlauf mehrere digitale Workshops durchgeführt. Am Ende des Planungsprozesses steht der Beschluss des Wärmeplans im Gemeinderat, anschließend beginnt die Umsetzung der Maßnahmen.

Es gilt zu beachten, dass die kommunale Wärmeplanung im Projektgebiet ein kontinuierlicher Prozess ist, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und angepasst.

1.4 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug

Eine Besonderheit des Projektes ist die Nutzung eines digitalen Zwillings für die Planerstellung. Der digitale Zwilling der Firma greenventory diente als zentrales Arbeitswerkzeug für die Projektbeteiligten und erleichtert die Komplexität der Planungs- und Entscheidungsprozesse. Es handelt sich um ein

spezialisiertes digitales Kartentool, welches ein virtuelles, gebäudescharfes Abbild des Projektgebiets darstellt. Dieser bildet die Grundlagen für die Analysen und ist zentraler Ort für die Datenhaltung im Projekt. Dies bietet mehrere Vorteile wie eine homogene Datenqualität, die für fundierte Analysen und Entscheidungen unabdingbar ist, ein gemeinschaftliches Arbeiten und eine effizientere Prozessgestaltung.

1.5 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich wie folgt: Im ersten Teil des Berichtes erfolgt ein Überblick über den Ablauf und die Phasen einer kommunalen Wärmeplanung. Der Abschnitt „Fragen und Antworten“ ergänzt diese Einführung und fasst die am häufigsten gestellten Fragen rund um die Wärmeplanung zusammen. In den anschließenden Kapiteln erfolgt die Erarbeitung der vier Phasen, die den Kern der kommunalen Wärmeplanung ausmachen. Kapitel 5 enthält Steckbriefe der verschiedenen Wärmenetzeignungsgebiete. Kapitel 7 enthält die Steckbriefe zu den definierten Maßnahmen im Projekt, welche den Kern der Wärmewendestrategie darstellen. Abschließend werden die Befunde der kommunalen Wärmeplanung zusammengefasst.

2 Fragen und Antworten

In diesem Abschnitt bieten wir eine zügige und unkomplizierte Einführung in die Thematik der kommunalen Wärmeplanung im Projektgebiet. Hier finden Sie eine sorgfältig zusammengestellte Auswahl der wichtigsten und am häufigsten gestellten Fragen, um einen klaren und umfassenden Überblick über das Thema zu verschaffen.



2.1 Was ist ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan ist ein strategischer Plan, mit dem Ziel, den Wärmebedarf und die Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene ganzheitlich zu planen. Ziel ist die Gewährleistung einer treibhausgasneutralen, sicheren und kostengünstigen Wärmeversorgung. Der Plan umfasst die Analyse der aktuellen Situation der Wärmeversorgung, die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs sowie die Identifizierung von Potenzialen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Diese werden zu einem lokalen Zielbild (Zielszenario) zusammengefügt. Daneben beinhaltet er die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen als erste Schritte zur Zielerreichung. Der Wärmeplan ist spezifisch auf die Stadt zugeschnitten, um die lokalen Gegebenheiten und Bedürfnisse zu berücksichtigen.

2.2 Gibt es verpflichtende Ergebnisse?

Der Wärmeplan dient als informeller und strategischer Fahrplan, der erste Handlungsempfehlungen und Entscheidungsgrundlagen für die beteiligten Akteure liefert. Die Ergebnisse der Analysen können genutzt werden, um die kommunalen Prioritäten und Richtlinien auf das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung auszurichten. Daneben werden auch konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, die die Entwicklung der Wärmeversorgungsinfrastruktur und die Integration erneuerbarer Energien betreffen. Die Ergebnisse und Maßnahmenvorschläge des Wärmeplans dienen dem Gemeinderat und den Verantwortlichen als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung.

Der kommunale Wärmeplan muss mindestens fünf Maßnahmen benennen, und ausarbeiten deren Umsetzung innerhalb der ersten fünf Jahre nach

Veröffentlichung des Wärmeplans starten muss (Landesrecht Baden-Württemberg, 2023). Die konkreten Maßnahmen hängen von den individuellen Gegebenheiten im Projektgebiet und den identifizierten Potenzialen ab. Im Projektgebiet wurden insgesamt sechs Maßnahmen durch die Projektbeteiligten identifiziert und priorisiert, die in diesem Bericht genauer beschrieben werden. Die kommunale Wärmeplanung ist ein kontinuierlicher Prozess, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und angepasst.

2.3 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die kommunale Wärmeplanung nach dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) bzw. dem Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG) ergänzen sich in vielfacher Hinsicht, obwohl sie auf verschiedenen Ebenen agieren. Das GEG regelt in erster Linie die energetischen Anforderungen von Einzelgebäuden, während das BEG, ein Förderprogramm des Bundes, die energetische Sanierung dieser Einzelgebäude finanziell unterstützt. Die kommunale Wärmeplanung fokussiert sich hingegen auf die übergeordnete, städtische oder regionale Ebene der Energieversorgung. Alle Ansätze haben jedoch gemeinsame übergeordnete Ziele: Sie zielen darauf ab, die CO₂-Emissionen des Gebäude- bzw. Wärmesektors zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern.

Die Standards und Vorgaben, die im GEG festgelegt sind, setzen auf Gebäudeebene den regulatorischen Rahmen, sollen jedoch mit der Wärmeplanung verzahnt werden.

Konkret soll gemäß § 71 Abs. 8 Satz 3 GEG in Neubauten in Neubaugebieten, für die der Bauantrag nach dem 01.01.2024 gestellt wurde, nur noch der

Einbau von Heizsystemen mit einem Mindestanteil von 65 % erneuerbarer Energien erlaubt werden.

Ab Mitte 2026 (Kommunen > 100.000 Einwohner) bzw. ab Mitte 2028 (Kommunen < 100 000 Einwohner) müssen dann auch neu eingebaute Heizsysteme in Bestandsgebäuden oder Neubauten den genannten Mindestanteil von 65 % erneuerbaren Energien erfüllen. Diese Übergangsfrist wird je nach Status der kommunalen Wärmeplanung aber möglicherweise entsprechend verkürzt: Hier besteht zwischen WPG und GEG eine direkte Verzahnung. Für Gebäude, in nach § 26 WPG durch den Gemeinde- oder Stadtrat in einer gesonderten Satzung beschlossenen, sogenannten „Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffausbaugebieten“ greifen § 71 Abs 8 Satz 3 GEG bzw. § 71k Abs 1 Nummer 1 GEG.

Diese bestimmen, dass ab 4 Wochen nach dem Beschluss, in diesen entsprechenden Gebieten nur neue Heizanlagen eingebaut werden dürfen, die den Mindestanteil von 65 % erfüllen. Bestehende Heizanlagen in den entsprechenden Gebieten, die diese Vorgabe nicht erfüllen, dürfen repariert und weiter betrieben werden.

Es ist wichtig zu betonen, dass im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung keine Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffausbaugebieten ausgewiesen werden, sondern dies ausschließlich in einer gesonderten Satzung des Gemeinde- oder Stadtrats erfolgen kann. Gemäß § 23 Abs. 4 WPG hat der Wärmeplan keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten. Schon vor 2026 bzw. 2028 gilt aber auch in Gebieten für die die Übergangsfrist noch gilt für fossile Heizungen ein stufenweise-ansteigender Pflichtanteil von erneuerbaren Energien (Erfüllbar durch Nutzung von Biogas, Bioöl, Wasserstoff, etc.). Ab 2029 muss dieser Anteil 15 %, ab 2035 dann 30 % und ab 2040 insgesamt 60 % betragen. In Baden-Württemberg gibt es zudem noch das Erneuerbare-Wärme Gesetz (EWärmeG), welches besagt, dass nach Heizungstausch schon

heute ein Pflichtanteil von 15 % Erneuerbare Energie beim Heizen verwendet werden muss. Für die Erfüllung gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie z.B. auch die Installation einer Photovoltaik-Anlage.

Ab dem 01.01.2045 müssen sämtliche Heizsysteme zu 100 % mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden.

Für bestehende Wärmepläne die vom Gemeinderat beschlossen wurden und nach dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) erstellt wurden, gilt nach dem WPG des Bundes ein Bestandsschutz, sofern dieser vom Gemeinderat verabschiedet wurden. Dies trifft darüber hinaus auf Wärmepläne zu, die aus Länder- oder Bundesmitteln gefördert, oder nach anerkannten Praxisleitfäden erstellt wurden und im Wesentlichen den im WPG aufgeführten Anforderungen entsprechen.

Die BEG kann als Bindeglied zwischen dem GEG und der kommunalen Wärmeplanung gesehen werden. Während das GEG Mindestanforderungen an Gebäude stellt, bietet die BEG finanzielle Anreize für Gebäudeeigentümer:innen, diese Anforderungen nicht nur zu erfüllen, sondern sogar zu übertreffen. Dies fördert die Umsetzung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung, da durch die BEG mehr Ressourcen für die Integration von erneuerbaren Energiesystemen oder die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus steht es den Kommunen frei, gerade in Neubaugebieten ehrgeizigere Ziele und Standards als die des GEG zu definieren und diese in ihre lokale Wärmeplanung zu integrieren. Dies ermöglicht es den Kommunen, auf lokale Besonderheiten und Gegebenheiten einzugehen und so eine effektivere Umsetzung der im GEG festgelegten Ziele zu erreichen.

In der Praxis können also alle Ansätze ineinandergreifen und sich gegenseitig unterstützen, um eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung zu fördern.

2.4 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?

Im Zuge der Wärmeplanung wurden „Eignungsgebiete“ identifiziert: Dabei handelt es sich um Gebiete, die wegen hoher Wärmedichte und/oder vorhandenen Wärmequellen grundsätzlich für Wärmenetze gut geeignet sind. Dies können auch Netze der „kalten Nahwärme“ sein. In diesen Gebieten sind weitere Planungsschritte sinnvoll.

2.5 In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?

Auf Grundlage der Eignungsgebiete werden in einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt Ausbaupläne für Wärmenetzausbaugebiete erstellt, die neben der Wärmebedarfsdichte weitere Kriterien, wie die wirtschaftliche und ressourcenbedingte Umsetzbarkeit, mit einbeziehen. Diese sollen von der Stadt in Abstimmung mit Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern erstellt werden. Der Ausbau der Wärmenetze bis 2040 wird in mehreren Phasen erfolgen und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Ausbaupläne werden von der Stadt, sobald diese Ihnen vorliegen, veröffentlicht.

2.6 Schaffen wir die Treibhausgasneutralität?

Durch die Realisierung des Wärmeplans ist die Erreichung der Treibhausgasneutralität im Wärmesektor bis zum Zieljahr 2040 theoretisch möglich, allerdings nicht ausschließlich auf lokaler Ebene. Es bleibt eine Restemission, die ausgeglichen werden muss. Obwohl die vollständige Erreichung der Treibhausgasneutralität mit den ausgearbeiteten Maßnahmen allein nicht garantiert werden kann, stellen sie dennoch einen wichtigen Schritt in die richtige Richtung dar.

2.7 Was ist der Nutzen einer Wärmeplanung?

Die Umsetzung einer kommunalen Wärmeplanung bietet zahlreiche Vorteile. Durch ein koordiniertes Zusammenspiel von Wärmeplanung, Quartierskonzepten und privaten Initiativen lässt sich eine kosteneffiziente Wärmewende realisieren, die

Fehlinvestitionen vorbeugt und das Investitionsrisiko senkt. Durch die Eingrenzung des Suchraums für Investitionen in Wärmenetze wird zudem das Risiko minimiert. Zudem erfolgte durch die enge Zusammenarbeit im Konvoi ein Wissens- und Ideenaustausch zur Wärmewende.

2.8 Was bedeutet das für Anwohner und Anwohnerinnen?

Der kommunale Wärmeplan dient in erster Linie als strategische Planungsbasis und identifiziert mögliche Handlungsfelder für die Kommune. Dabei sind die im Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgungen sowie spezifische Maßnahmen als Orientierung und nicht als verpflichtende Anweisungen zu verstehen. Vielmehr dienen sie als Ausgangspunkt für weiterführende Überlegungen in der städtischen und energetischen Planung und sollten daher an den relevanten kommunalen Schnittstellen berücksichtigt werden.

Insbesondere bei der Entwicklung von Wärmenetzen, aber auch in Gebieten, die perspektivisch nicht für Wärmenetze geeignet sind, erhalten Anwohnerinnen und Anwohner durch die Wärmeplanung Orientierung über die Optionen und Potenziale für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. So können sie ihre individuellen Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung eines Gebäudes auf einer guten Informationsbasis und im Einklang mit der kommunalen Planung treffen (BMWK, 2023).

Ich bin Mieter oder Mieterin: Informieren Sie sich über etwaige geplante Maßnahmen und sprechen Sie mit Ihrem/Ihrer Vermieter:in über mögliche Änderungen.

Ich bin Vermieterin oder Bauträger: Berücksichtigen Sie die Empfehlungen des kommunalen Wärmeplans bei Sanierungen oder Neubauten. Analysieren Sie die Rentabilität der möglichen Handlungsoptionen auf Gebäudeebene, wie Sanierungen, die Installation einer Wärmepumpe, Biomasseheizung oder der Anschluss an ein Wärmenetz im Hinblick auf die langfristige Wertsteigerung der Immobilie und mögliche

Mietanpassungen. Achten Sie bei der Umsetzung von Sanierungen auf eine transparente Kommunikation und Absprache mit den Mieter:innen, da diese mit temporären Unannehmlichkeiten und Kostensteigerungen einhergehen können.

Ich bin Gebäudeeigentümer oder Gebäudeeigentümerin: Prüfen Sie, ob sich Ihr Gebäude in einem Eignungsgebiet für Wärmenetze befindet. Falls ja, kontaktieren Sie potentielle Wärmenetzbetreiber. Diese können Ihnen Auskunft darüber geben, ob der Ausbau des Wärmenetzes in Ihrem Gebiet bereits geplant ist. Sollte ihre Immobilie außerhalb eines der in diesem Wärmeplan aufgeführten Wärmenetzeignungsgebiete liegen, ist ein zeitnahe Anschluss an ein Wärmenetz eher unwahrscheinlich. Es gibt zahlreiche alternative Maßnahmen, die Sie zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung Ihrer CO₂-Emissionen ergreifen können. Durch erneuerbare Energien betriebene Heiztechnologien können dabei helfen, den Wärme- und Strombedarf Ihrer Immobilie nachhaltiger zu decken. Dazu gehören beispielsweise die Installation einer Wärmepumpe, die mit Luft, Erdwärmesonden oder -kollektoren betrieben wird, oder die Umstellung auf eine Biomasseheizung. Ergänzend könnten Sie die Installation von Photovoltaik-Anlagen zur Deckung des Strombedarfs in Betracht ziehen. Prüfen Sie insbesondere, welche energetischen Sanierungen zu einer besseren Energieeffizienz Ihres Gebäudes beitragen können. Dabei kann die Erstellung eines Sanierungsfahrplans sinnvoll sein, der Maßnahmen wie die Dämmung von Dach und Fassade, den Austausch der Fenster oder den hydraulischen Abgleich des Heizungssystems in der Gesamtschau betrachtet und in eine sinnvolle zeitliche Abfolge bringt. Moderne Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind eine weitere Option, die Energieeffizienz und den Wohnkomfort zu steigern.

Darüber hinaus gibt es verschiedene Förderprogramme des Bundes und des Landes, die Sie in Anspruch nehmen können. Eine individuelle Energieberatung kann Ihnen darüber hinaus weitere, auf Ihre speziellen

Bedürfnisse zugeschnittene Empfehlungen geben und wird ebenfalls gefördert

Eine Übersicht über aktuelle Förderprogramme finden Sie auf den Seiten des Umweltbüros Donaueschingen sowie der Energieagentur Schwarzwald-Baar-Heuberg.¹

^{2 3}

¹www.gvv-umweltbuero.de/wp-content/uploads/2024/02/Foerderung-Energie-2024.pdf

² <https://ea-sbh.de/foerdermittel-eigenheim/>

³ <https://ea-sbh.de/gebaeudeenergieberatung/>

3 Bestandsanalyse

Die Grundlage der KWP ist ein Verständnis der Ist-Situation sowie eine umfassende Datenbasis. Letztere wurde digital aufbereitet und zur Analyse des Bestands genutzt. Hierfür wurden zahlreiche Datenquellen aufbereitet, integriert und für Beteiligte an der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung zugänglich gemacht. Die Bestandsanalyse bietet einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Energiebedarf, die Energieverbräuche, die Treibhausgasemissionen sowie die existierende Infrastruktur.

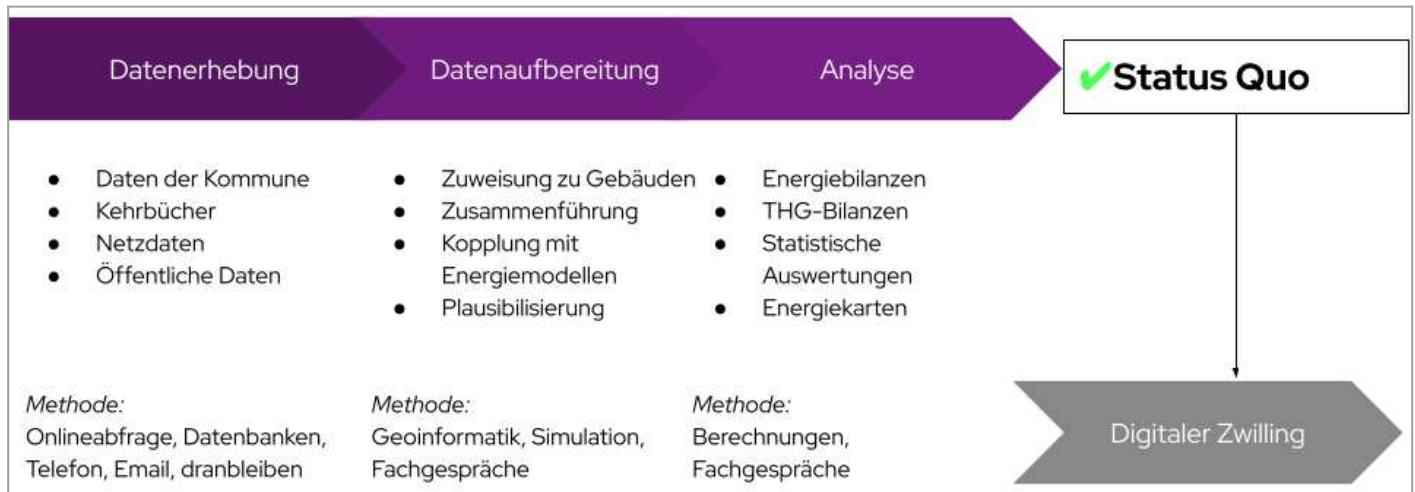


Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse

3.1 Das Projektgebiet des Konvois Südbaar

Die Gemeinde Donaueschingen (22.431 Einwohner) befindet sich im Landkreis Schwarzwald-Baar in Baden-Württemberg und ist geprägt durch die zum einen ländliche Struktur mit zahlreichen landwirtschaftlichen Betrieben und zum anderen durch das Stadtgebiet Donaueschingen mit vorhandenen Wärmenetzen, einer Altstadt sowie ausgedehnten Wohn- sowie Gewerbegebieten und der Konversionsfläche auf dem Gelände der ehemaligen Kasernen.

3.2 Datenerhebung

Am Anfang der Bestandsanalyse erfolgte die systematische Erfassung von Verbrauchsdaten für Wärme, einschließlich Gas- und Stromverbrauch speziell für Heizzwecke. Die primären Datenquellen für die Bestandsanalyse sind folgendermaßen:

- Statistik und Katasterdaten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS)
- Daten zu Strom- und Gasverbräuchen, welche von Netzbetreibern zur Verfügung gestellt werden
- LOD2-Daten
- Auszüge aus den elektronischen Kehrbüchern der Schornsteinfeger mit Informationen zu den jeweiligen Feuerstellen, autorisiert im Rahmen des § 33 KlimaG BW (früher § 7e KSG BW)
- Verlauf der Strom- und Gasnetze
- Daten über Abwärmequellen, welche durch Befragungen bei Betrieben erfasst wurden

Die vor Ort bereitgestellten Daten wurden durch externe Datenquellen sowie durch energietechnische Modelle, Statistiken und Kennzahlen ergänzt. Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der Datenquellen und -anbieter war eine umfassende manuelle Aufbereitung und Harmonisierung der Datensätze notwendig.

3.3 Gebäudebestand

Durch die Zusammenführung von offenem Kartenmaterial sowie dem amtlichen Liegenschaftskataster wurden 7.360 Gebäude mit Wärmebedarf im Projektgebiet identifiziert. Wie in Abbildung 3 zu sehen, besteht der überwiegende Anteil der Gebäude aus Wohngebäuden, gefolgt von Industrie und Produktion sowie GHD und öffentlichen Bauten. Im Anhang ist eine Karte angehängt, in welcher die Gebäude räumlich verordnet sind. Hieraus wird ersichtlich, dass die Wärmewende eine kleinteilige Aufgabe ist und sich zu großen Stücken im Wohnbereich abspielen muss.

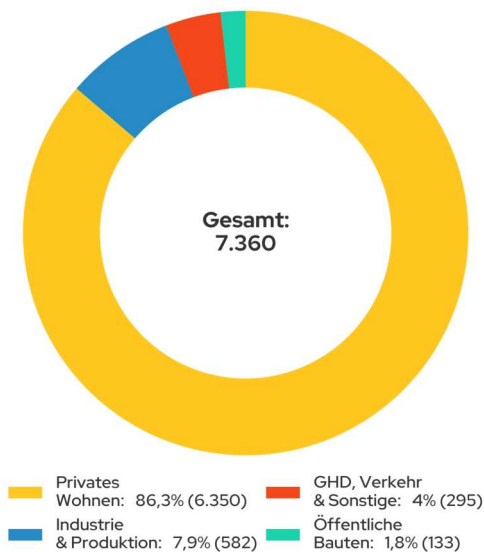


Abbildung 3: Gebäudeanzahl nach Sektor im Projektgebiet

Die Analyse der Baualtersklassen (siehe Abbildung 5) enthüllt, dass mehr als 67,3 % der Gebäude vor 1979 errichtet wurden, also bevor die erste Wärmeschutzverordnung mit ihren Anforderungen an die Dämmung in Kraft trat. Insbesondere Gebäude, die zwischen 1949 und 1978 erbaut wurden, stellen mit 40,3 % den größten Anteil am Gebäudebestand dar und bieten somit das umfangreichste Sanierungspotenzial. Altbauten, die vor 1919 errichtet wurden, zeigen, sofern sie bislang wenig oder nicht saniert wurden, den höchsten spezifischen Wärmebedarf. Diese Gebäude sind wegen ihrer oft robusten Bauweise interessant für eine Sanierung, allerdings können denkmal-schutzrechtliche Auflagen Einschränkungen mit sich bringen. Um das Sanierungspotenzial jedes Gebäudes vollständig ausschöpfen zu können, sind gezielte Energieberatungen und angepasste Sanierungskonzepte erforderlich.

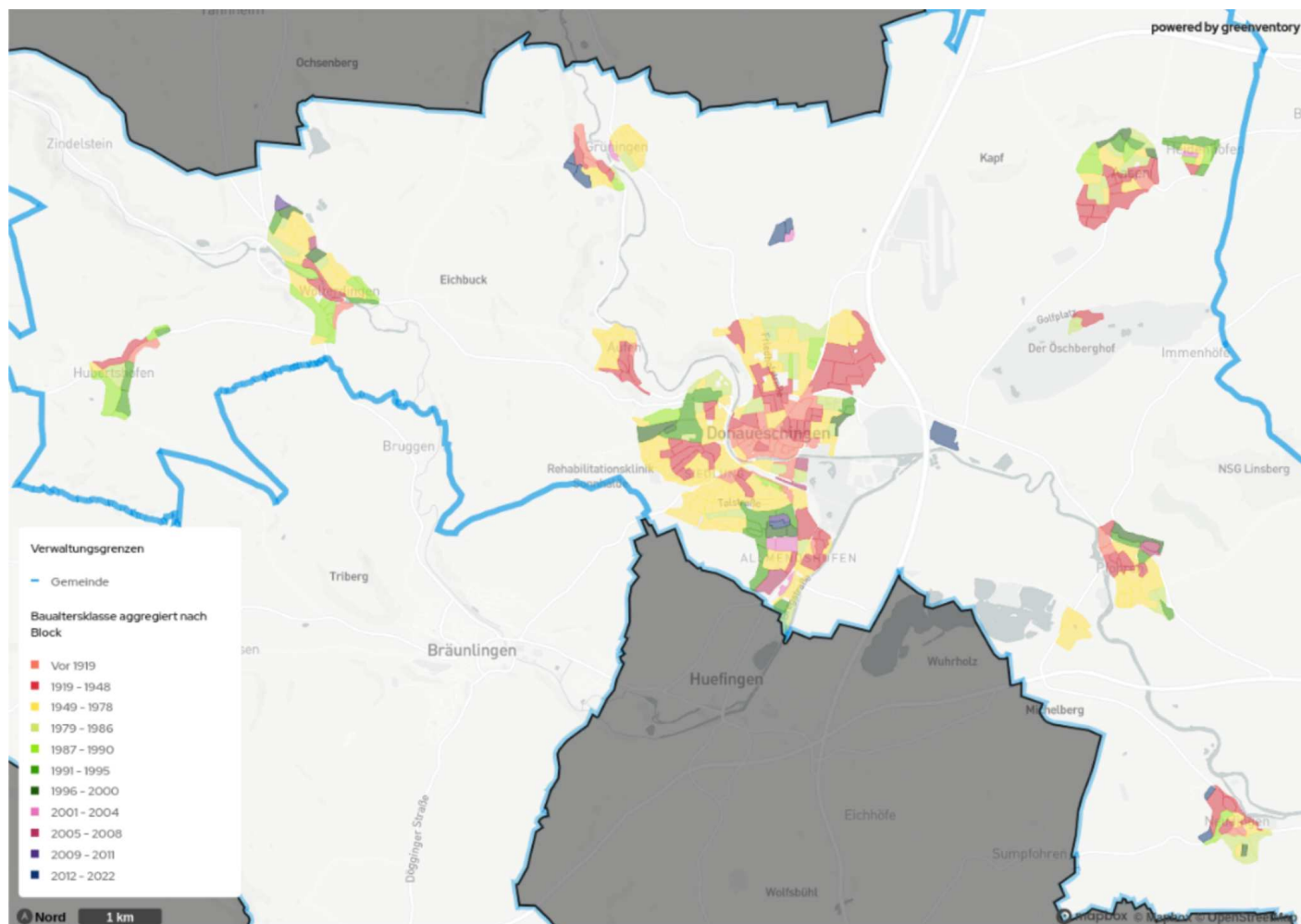
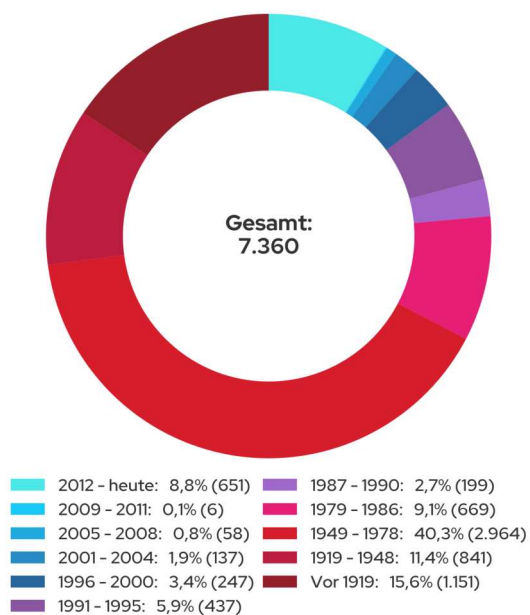


Abbildung 4: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude

Abbildung 4 zeigt eine räumliche Analyse der Baualtersklassen im gesamten Projektgebiet. Es wird deutlich, dass Gebäude, die vor 1948 erbaut wurden, hauptsächlich im Zentrum von Donaueschingen angesiedelt sind, während jüngere Bauten eher an den Außengrenzen der Stadt sowie an den angrenzenden Gebieten der Ortsteile in Donaueschingen. Die Identifizierung von Sanierungsgebieten erweist sich insbesondere in den Bereichen mit älteren Gebäuden als besonders relevant. Zudem spielt die Verteilung der Gebäudealtersklassen eine entscheidende Rolle bei der Planung von Wärmenetzen. Dies ist vor allem in den dicht bebauten Ortskernen von Bedeutung, wo sowohl die Aufstellflächen für Wärmepumpen begrenzt sind als auch die Möglichkeiten für energetische Sanierungen

durch strukturelle Gegebenheiten eingeschränkt sein können.

Im Anhang A befindet sich eine Karte zu der räumlichen Verteilung der Gebäudetypen.



**Abbildung 5: Gebäudeverteilung nach
Baualtersklassen im Projektgebiet**

Anhand des Baujahres, des Verbrauchs, der Gebäudehöhe und der Grundfläche wurde eine überschlägige Einteilung der Gebäude in die GEG-Energieeffizienzklassen vorgenommen, um den Sanierungsstand abzuschätzen. Bei der Analyse der GEG-Energieeffizienzklassen fällt auf, dass Donaueschingen vergleichsweise wenige Gebäude aufweist, die vollumfänglich saniert werden müssten. Der Großteil der Gebäude befindet sich im Mittelfeld der Energieeffizienz (siehe Abbildung 6). Von den Gebäuden, denen ein Wärmebedarf zugeordnet werden konnte, sind 6,8 % den Effizienzklassen G und H zuzuordnen, was unsanierten oder nur sehr wenig sanierten Altbauten entspricht. 7,7 % der Gebäude sind Effizienzklasse F zuzuordnen und entsprechen überwiegend Altbauten, die nach den Richtlinien der Energieeinsparverordnung (EnEV) modernisiert wurden. Durch weitere energetische Sanierungen kann der Anteil der Gebäude in den unteren Effizienzklassen zugunsten der mittleren Effizienzklassen reduziert werden.

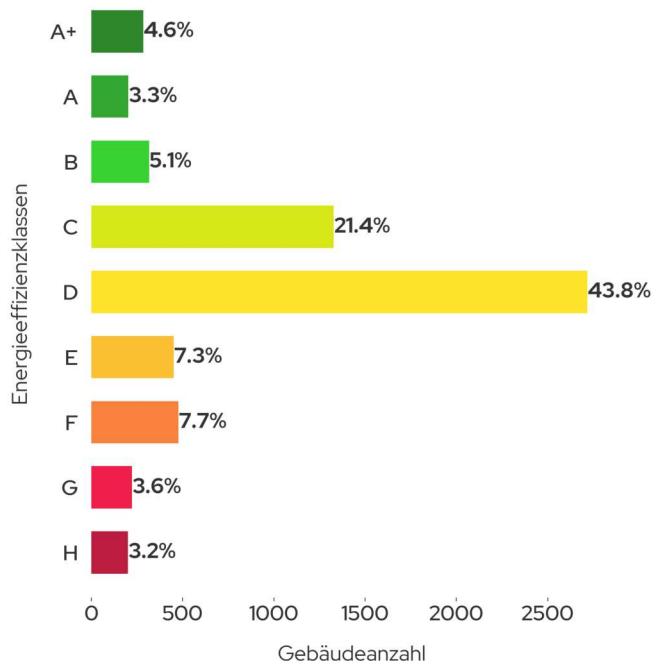


Abbildung 6: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)

3.4 Wärmebedarf

Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Wärmenetz, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die gemessenen Verbrauchsdaten (Endenergieverbräuche), sofern diese verfügbar waren. Mit den Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien konnte so der Wärmebedarf (Nutzenergie) ermittelt werden. Bei nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (Öl, Holz, Kohle) und bei beheizten Gebäuden mit fehlenden Informationen zum verwendeten Heizsystem wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkte berechnet. Für die Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen konnte unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade auf die Endenergieverbräuche geschlossen werden.

Aktuell beträgt der Wärmebedarf in Donaueschingen 283 GWh jährlich (siehe Abbildung 7). Mit 64,5 % ist der Wohnsektor anteilig am stärksten vertreten, während auf die Industrie 14,4 % des Gesamtwärmebedarfs entfällt. Auf den Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD) entfällt ein Anteil von 14,9 % des Wärmebedarfs und auf die öffentlich genutzten Gebäude, die ebenfalls kommunale Liegenschaften beinhalten, entfallen 6,3 %.

Vergleicht man Abbildung 3 und Abbildung 7 wird deutlich, dass, obwohl nur ein geringer Anteil der Gebäude der Industrie zugeordnet wird (7,9 % der Gebäude), diese Gebäude zu 14,4 % des Wärmebedarfs ausmachen. Dies verdeutlicht, dass gerade auch das lokal ansässige Gewerbe ein wichtiger Partner zur Realisierung der Wärmewende im Projektgebiet ist.

Die räumliche Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene ist in Abbildung 8 dargestellt.

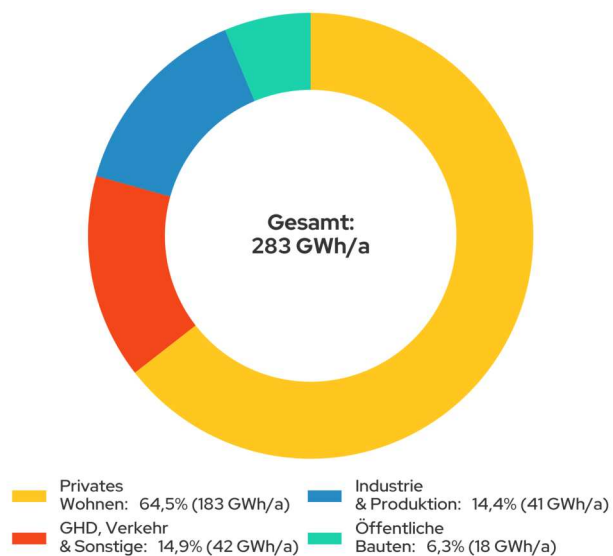


Abbildung 7: Wärmebedarf nach Sektor 2022

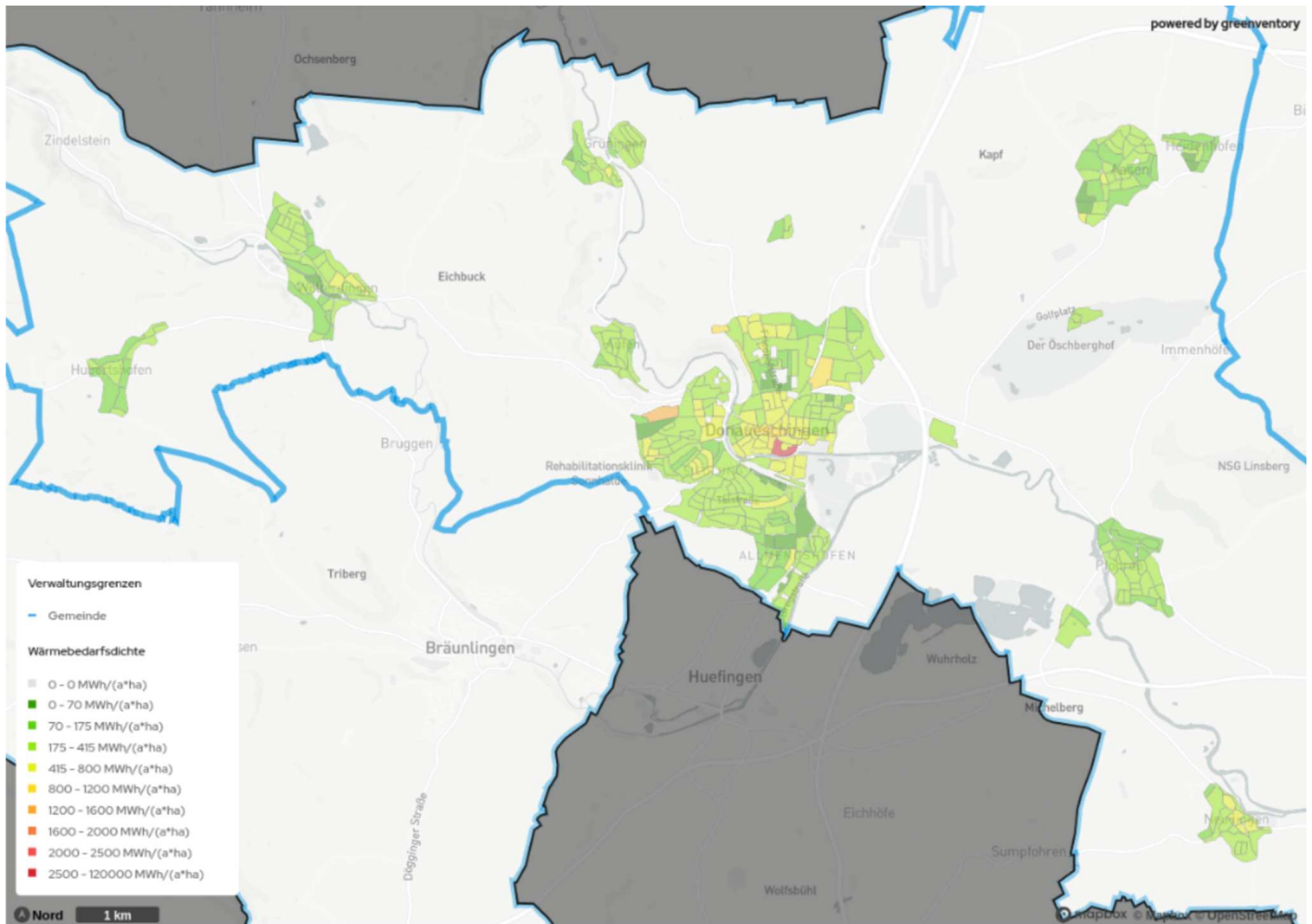


Abbildung 8: Verteilung der Wärmebedarfe je Baublock

3.5 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger

Als Datengrundlage dienten die elektronischen Kehrbücher der Bezirksschornsteinfeger, die Informationen zum verwendeten Brennstoff sowie zur Art und zum Alter der jeweiligen Feuerungsanlage enthielten. Insgesamt konnten aus den Kehrbüchern Daten zu 3.268 Gebäuden mit Heizsystemen entnommen werden. Diese Informationen wurden durch Verbrauchs- und Netzdaten von den Stadtwerken ergänzt. Für die restlichen Gebäude lagen keine Informationen zum Alter des Heizsystems vor. Die Diskrepanz zwischen der Anzahl der Heizungsanlagen und des Gebäudebestands ist zum einen darauf zurückzuführen, dass auch Scheunen, Ställe, Hallen und

weitere Gebäude ohne vorhandene Heizsysteme erfasst wurden. Zum anderen sind die mit Wärmenetzen und Wärmepumpen versorgten Gebäude in den Kehrbüchern nicht erfasst. Durch Wärmepumpen versorgte Objekte wurden über Angaben zu Heizstromverbrauchswerten erfasst. Wärmenetzanschlüsse und -verbrauchswerte einzelner Gebäude wurden über die jeweiligen Netzbetreiber abgefragt.

Um in Zukunft Treibhausgasneutralität im Wärmesektor gewährleisten zu können, müssen alle fossil betriebenen Heizsysteme ersetzt werden.

Die Untersuchung des Alters der derzeit eingebauten Heizsysteme liefert wichtige Anhaltspunkte für eine

gezielte Priorisierung beim Austausch dieser Systeme. Eine Auswertung der Altersstruktur dieser Systeme auf Gebäudeebene (vgl. Abbildung 9) offenbart einen signifikanten Anteil veralteter beziehungsweise stark veralteter Heizanlagen, unter der Annahme einer technisch begründeten Nutzungsdauer von 20 Jahren. Diese Annahme führt zu einer klaren Erkenntnis hinsichtlich des dringenden Handlungsbedarfs:

- 53,9 % aller Heizsysteme überschreiten bereits die Altersgrenze von 20 Jahren.
- Bei 21,3 % der Anlagen ist sogar die 30-Jahre-Marke überschritten, was insbesondere vor dem Hintergrund des § 72 GEG von hoher Relevanz ist.

Die räumliche Verteilung des Alters der Heizsysteme auf der Ebene der Baublöcke lässt sich in Abbildung 10 ablesen. Es wird deutlich, dass in den meisten Gebieten das durchschnittliche Alter der Heizsysteme mindestens 15 Jahre beträgt, in einigen Gebieten sogar 30 Jahre und mehr.

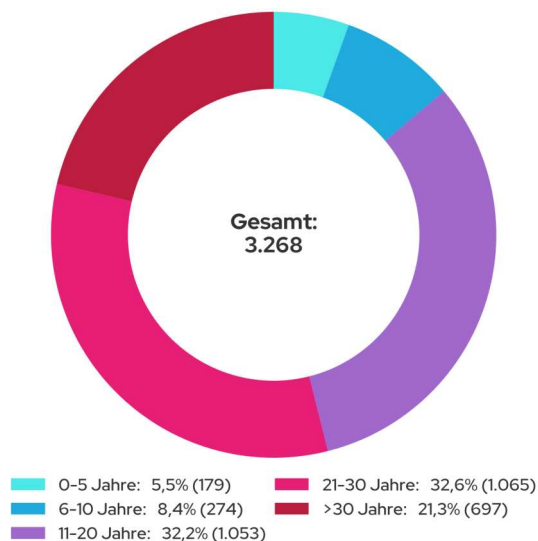


Abbildung 9: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme (Stand: 2022)

Gemäß § 72 GEG dürfen Heizkessel, die flüssigen oder gasförmigen Brennstoff verbrauchen und vor dem 1. Januar 1991 aufgestellt wurden, nicht mehr betrieben

werden. Das Gleiche gilt für später in Betrieb genommene Heizkessel, sobald sie 30 Jahre in Betrieb waren. Ausnahmen gelten für Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel, Heizungen mit einer Leistung unter 4 Kilowatt oder über 400 Kilowatt sowie heizungstechnische Anlagen mit Gas-, Biomasse- oder Flüssigbrennstofffeuerung als Bestandteil einer Wärmepumpen-Hybridheizung soweit diese nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Ausgenommen sind ebenfalls Hauseigentümer in Ein- oder Zweifamilienhäusern, die ihr Gebäude zum 01.02.2002 bereits selbst bewohnt haben. Heizkessel mit fossilen Brennstoffen dürfen jedoch längstens bis zum Ablauf des 31.12.2044 betrieben werden (GEG, 2024).

In der Neuerung des GEG, die ab dem 01.01.2024 in Kraft getreten ist, müssen Heizsysteme in Kommunen unter 100.000 Einwohnern die nach dem 30.06.2028 neu eingebaut werden, zukünftig mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden. In Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern gilt bereits der 30.06.2026 als Frist. Wird in der Kommune auf Grundlage eines erstellten Wärmeplans nach § 26 WPG ein Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärme- oder Wasserstoffnetzen in Form einer gesonderten Satzung ausgewiesen, gilt die 65 %-Regelung des GEG in diesem Gebiet entsprechend früher.

Es ist somit ersichtlich, dass in den kommenden Jahren ein erheblicher Handlungsdruck auf Immobilienbesitzer zukommt. Dies betrifft v.a. die Punkte eines Systemaustauschs gemäß § 72 GEG. Für 21,3 % der Heizsysteme, die eine Betriebsdauer von mehr als 30 Jahren aufweisen, muss demnach geprüft werden, ob eine Verpflichtung zum Austausch des Heizsystems besteht. Zudem sollte eine technische Modernisierung der 32,6 % der Heizsysteme mit einer Betriebsdauer zwischen 20 und 30 Jahren erfolgen oder es wird zumindest eine technische Überprüfung empfohlen. Diese sollte um die Komponente einer ganzheitlichen Energieberatung ergänzt werden.

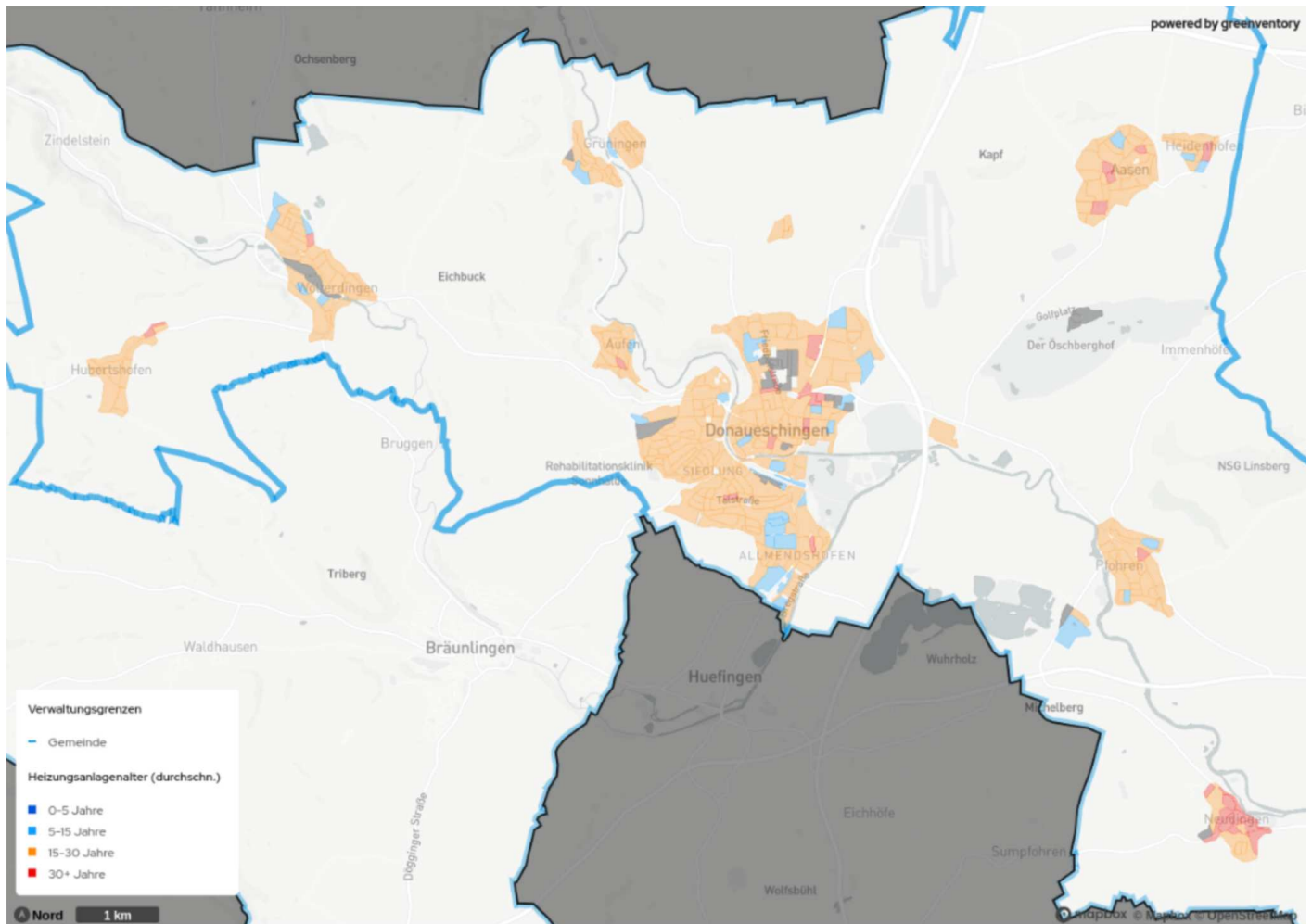


Abbildung 10: Verteilung nach Alter der Heizsysteme (Stand: 2022, Datengrundlage sind die Kkehrbücher)

3.6 Eingesetzte Energieträger

Für die Bereitstellung der Wärme in den Gebäuden werden 335 GWh Endenergie pro Jahr benötigt. Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung verdeutlicht die Dominanz fossiler Brennstoffe im aktuellen Energiemix (siehe Abbildung 11). Erdgas trägt mit 189 GWh/a (56,4 %) maßgeblich zur Wärmeerzeugung bei, gefolgt von Heizöl mit 66 GWh/a (19,6 %). Biomasse trägt mit 58 GWh/a (ca. 17,3 %) zum bereits erneuerbaren Anteil der Wärmeversorgung bei. Ein weiterer Anteil von 2 GWh/a (0,7 %) des Endenergiebedarfs wird durch Strom gedeckt, der in Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird. Zusätzlich werden bereits 18 GWh/a (ca. 5,3 %) des Endenergiebedarfs durch Nah- oder Fernwärme

gedeckt. Die aktuelle Zusammensetzung der Energieträger verdeutlicht die Dimension der Herausforderungen auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Die Verringerung der fossilen Abhängigkeit erfordert technische Innovationen, verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, den Bau von Wärmenetzen und die Integration verschiedener Technologien in bestehende Systeme. Eine zielgerichtete, technische Strategie ist unerlässlich, um die Wärmeversorgung zukunftssicher und treibhausgasneutral zu gestalten.

3.7 Gasinfrastruktur

Im Projektgebiet ist die Gasinfrastruktur fast flächendeckend etabliert. Lediglich die Ortsteile Hubertshofen und Neudingen haben kein Gas (siehe Abbildung 12).

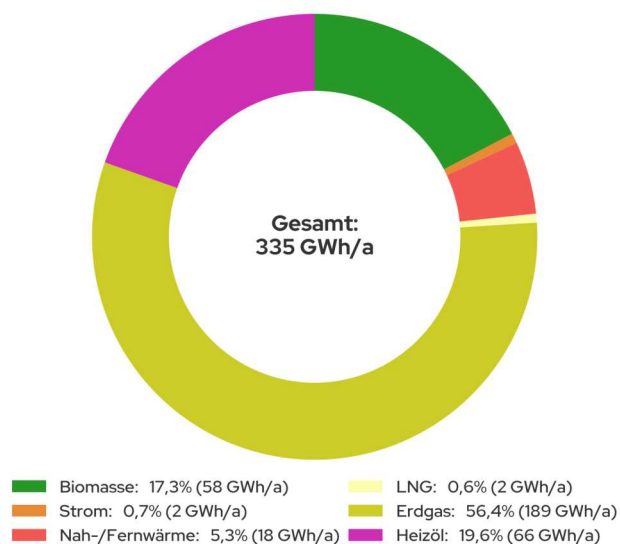


Abbildung 11: Endenergiebedarf nach Energieträger

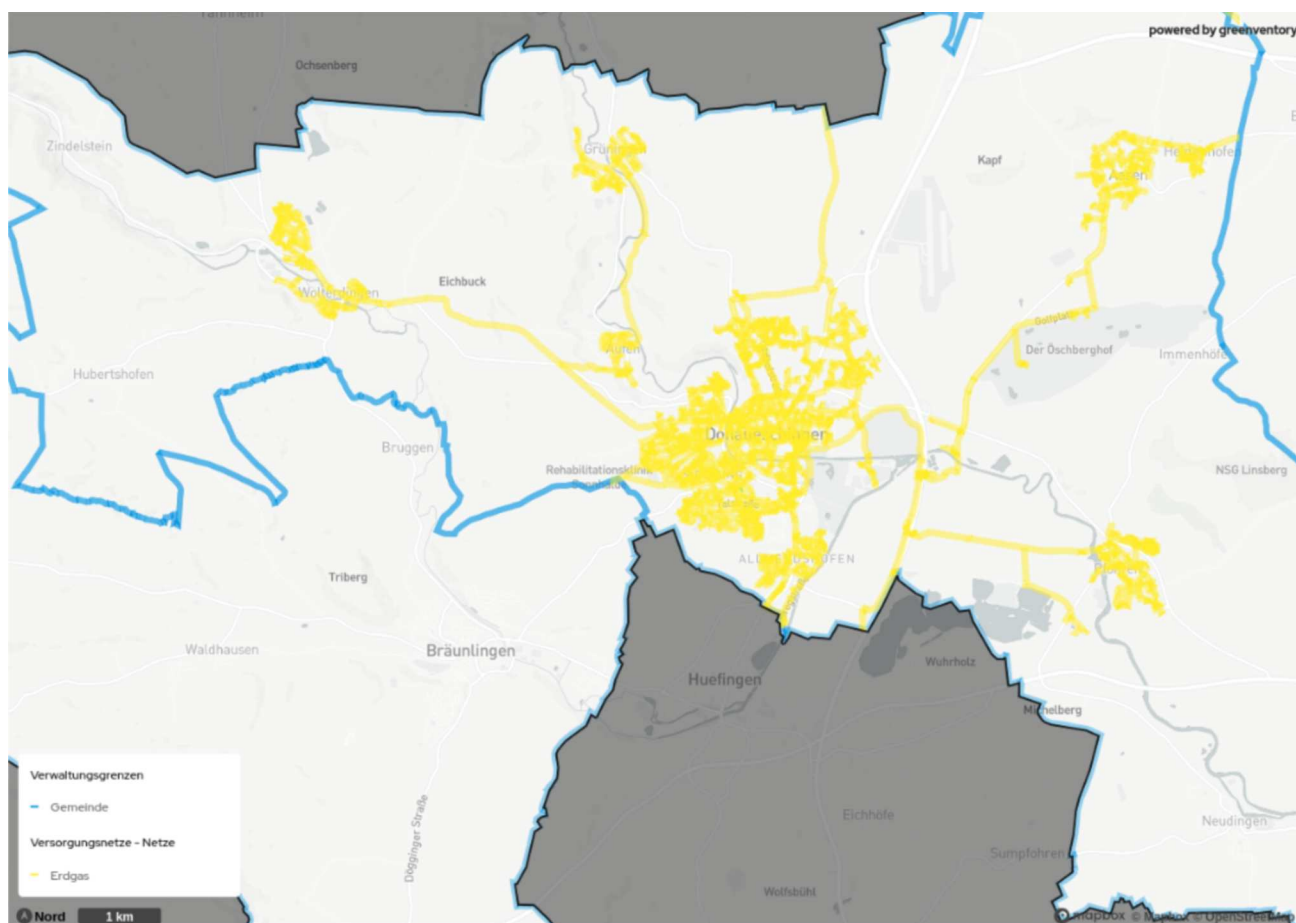


Abbildung 12: Gasnetzinfrastruktur im Projektgebiet (Stand 2022)

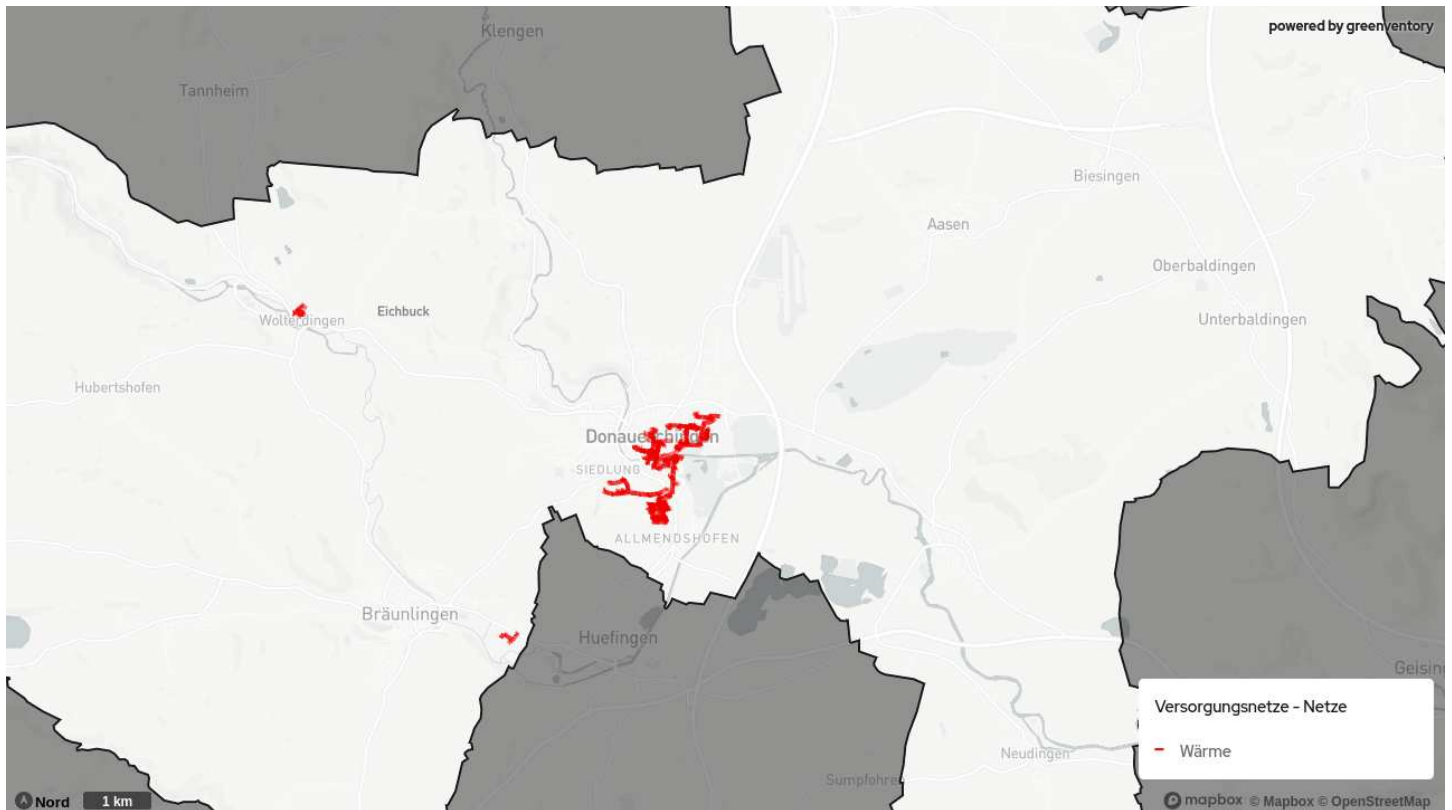


Abbildung 13: Wärmenetzinfrastruktur im Projektgebiet (Stand 2022)

3.8 Wärmenetze

Aktuell besteht ein Wärmenetz in Donaueschingen, welches bereits einen erheblichen Anteil der Gebäude im Zentrum der Stadt versorgt. Der Betreiber des Netzes ist die Nahwärme Brigachschiene GmbH (www.brigachschiene.de). Das Wärmenetz der Brigaschiene verwendet zur Wärmeerzeugung Biomethan, Biomasse sowie einen Erdgaskessel zur Deckung der Spitzenlast.

Ein weiteres kleines Nahwärmenetz besteht bereits in Wolterdingen, welches mittels Holz betrieben wird.

Das Wärmenetz in Wolterdingen wird mit Biomasse versorgt.

Für das Untersuchungsjahr ist davon auszugehen, dass 8,3 GWh Biogas, 8,3 GWh Biomasse sowie 1,85 GWh an Erdgas, für die Wärmeerzeugung in den Heizzentralen benötigt wurden.

3.9 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

In Donaueschingen betragen aktuell die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 73.789 Tonnen pro Jahr. Sie entfallen zu 62,3 % auf den Wohnsektor, zu 15,9 % auf den Gewerbe- Handels und Dienstleistungssektor (GHD), zu 15,3 % auf die Industrie, und zu 6,5 % auf öffentlich genutzte Gebäude (siehe Abbildung 14). Damit sind die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen in etwa proportional zu deren Anteilen am Wärmebedarf (siehe Abbildung 7). Jeder Sektor emittiert also pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme ähnlich viel Treibhausgas, wodurch eine Priorisierung einzelner Sektoren auf Basis der spezifischen Emissionen nicht erfolgen muss.

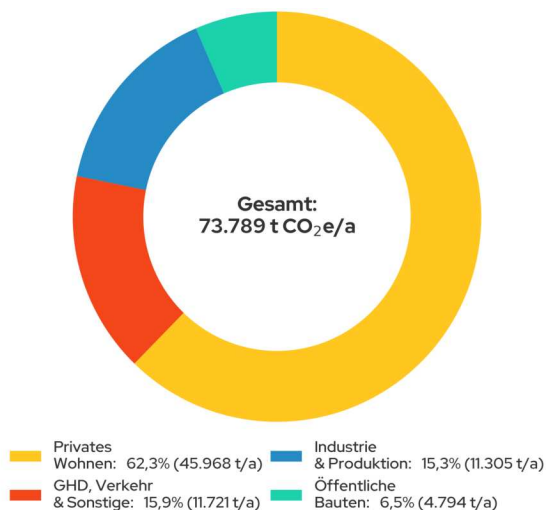


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen 2022 nach Sektoren im Projektgebiet

Erdgas ist mit 62,5 % der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen, gefolgt von Heizöl mit 29 %. Damit verursachen die beiden fossilen Wärmeerzeuger fast 91,5 % der Emissionen im Wärmesektor im Projektgebiet. Der Anteil von Strom ist mit 1,5 % deutlich geringer. Biomasse (1,8 %) macht nur einen Bruchteil der Treibhausgas-Emissionen aus (siehe Abbildung 15). An diesen Zahlen wird deutlich, dass der Schlüssel für die Reduktion der Treibhausgase in der Abkehr von Erdgas und Erdöl liegt, aber eben auch in der erneuerbaren Stromerzeugung, zumal dem Strom durch die vorherzusehende starke Zunahme von Wärmepumpen zukünftig eine zentrale Rolle zufallen wird.

Eine örtliche Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen auf Baublockebene ist in Abbildung 15 dargestellt. Im innerstädtischen Bereich und in den Industriegebieten sind die Emissionen besonders hoch. Gründe für hohe lokale Treibhausgasemissionen können große Industriebetriebe oder eine Häufung besonders schlecht sanierter Gebäude gepaart mit dichter Besiedelung sein. Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bedeutet auch eine Verbesserung der Luftqualität, was besonders in den Wohnvierteln eine erhöhte Lebensqualität mit sich bringt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 1 gelistet. Bei der Betrachtung der Emissionsfaktoren wird der Einfluss der Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß deutlich. Zudem spiegelt sich die erwartete Dekarbonisierung des Stromsektors in den Emissionsfaktoren wieder. Dieser entwickelt sich für den deutschen Strommix von heute 0,438 tCO₂/MWh auf zukünftig 0,032 tCO₂/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte. Der zukünftige stark reduzierte Emissionsfaktor des Strommixes spiegelt die erwartete Entwicklung einer fast vollständigen Dekarbonisierung des Stromsektors wider.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA-BW, 2023)

Energieträger	Emissionsfaktoren (tCO ₂ /MWh)		
	2021	2030	2040
Strom	0,485	0,270	0,032
Heizöl	0,311	0,311	0,311
Erdgas	0,233	0,233	0,233
Steinkohle	0,431	0,431	0,431
Biogas / Biomethan	0,090	0,086	0,081
Biomasse (Holz)	0,022	0,022	0,022
Solarthermie	0,013	0,013	0,013

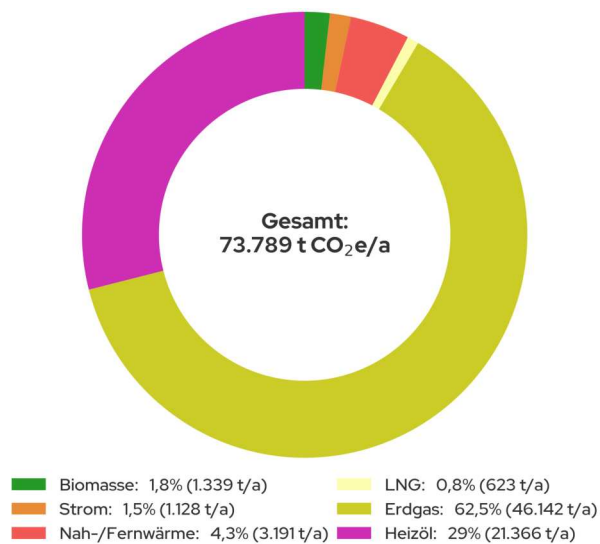


Abbildung 15: Treibhausgasemissionen 2022 nach Energieträger im Projektgebiet

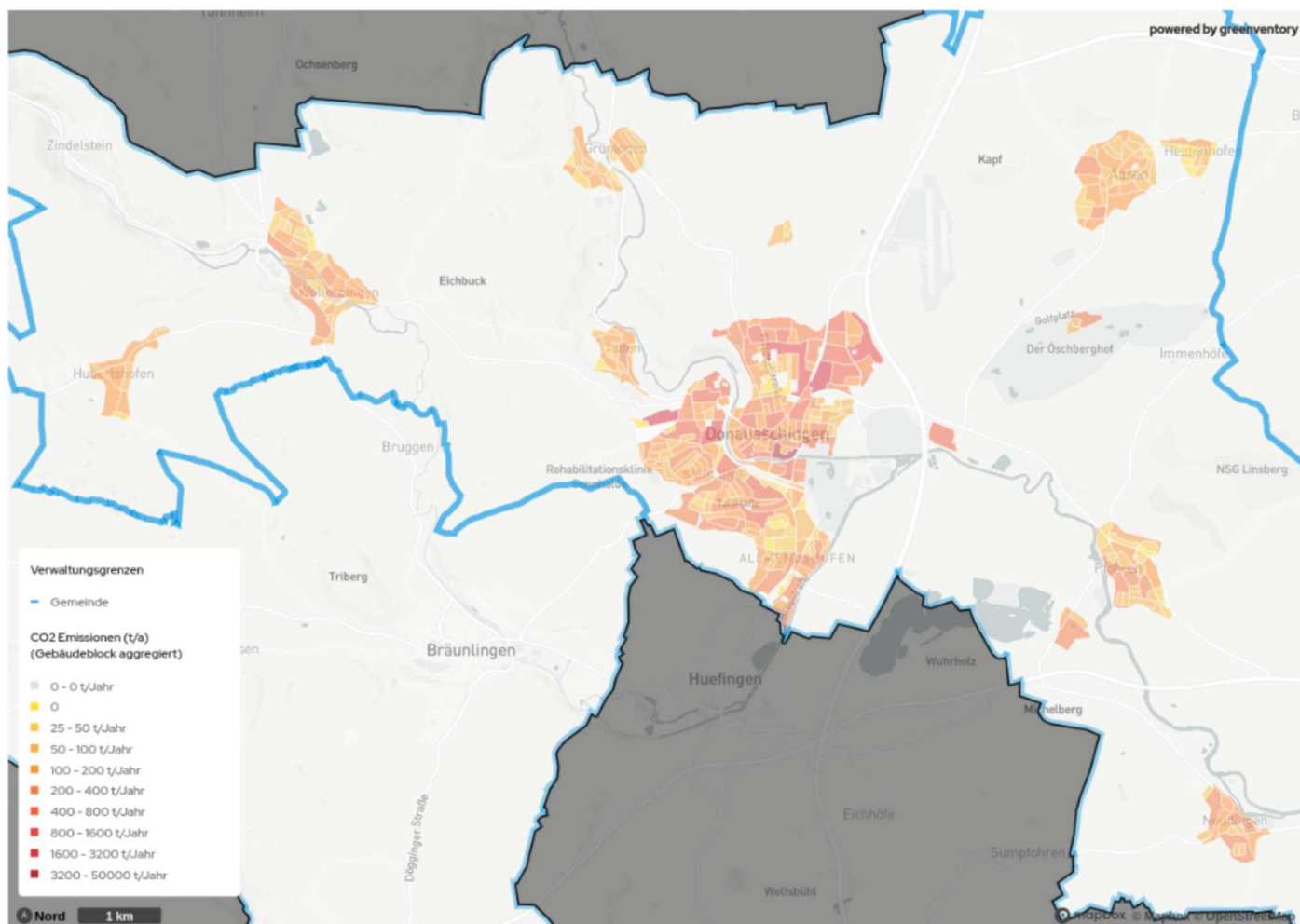


Abbildung 16: Verteilung der Treibhausgasemissionen im Projektgebiet (Stand 2022)

3.10 Zusammenfassung Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse verdeutlicht die zentrale Rolle fossiler Energieträger in der aktuellen Wärmeversorgungsstruktur, mit einem signifikanten Anteil im Wohnsektor, der sowohl die Mehrheit der Emissionen als auch der Gebäudeanzahl ausmacht. Erdgas ist der vorherrschende Energieträger in den Heizsystemen, während der Anteil an Fernwärme gering bleibt. Eine kritische Betrachtung zeigt, dass 21,3 % der Heizungsanlagen älter als 30 Jahre sind und dringend saniert oder erneuert werden müssen. Die Analyse betont den dringenden Bedarf an technischer Erneuerung und Umstellung auf erneuerbare Energieträger, um den hohen Anteil fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung zu reduzieren. Gleichzeitig bietet der signifikante Anteil veralteter Heizungsanlagen ein erhebliches Potenzial für Energieeffizienzsteigerungen und die Senkung von Treibhausgasemissionen durch gezielte Sanierungsmaßnahmen. Trotz der herausfordernden Ausgangslage zeigen die Daten auch positive Aspekte auf: Ein ausgeprägtes Engagement und erste Erfahrungen mit der Implementierung von Fern- und Nahwärmenetzen in Donaueschingen deuten auf ein solides Fundament für die Gestaltung der Wärmewende hin. Dieses Engagement – ursprünglich von weitsichtigen Akteuren gegen Widerstände durchgesetzt – ist essenziell für die Realisierung einer nachhaltigen, effizienten und letztendlich treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bestandsanalyse nicht nur die Notwendigkeit für einen systematischen und technisch fundierten Ansatz zur Modernisierung der Wärmeinfrastruktur aufzeigt, sondern auch konkrete Ansatzpunkte und Chancen für die zukünftige Gestaltung der Wärmeversorgung bietet. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger und die Sanierung bzw. der Austausch veralteter Heizsysteme sind dabei zentrale Maßnahmen, die unterstützt durch das Engagement der Kommunen und

die Nutzung bestehender Erfahrungen mit Wärmenetzen, eine effektive Reduktion der Treibhausgasemissionen und eine nachhaltige Verbesserung der Wärmeversorgung ermöglichen.

Eine Herausforderung für den Bau und Ausbau der Wärmenetze Infrastruktur könnte das Fehlen kommunaler Stadtwerke als Akteur für den Bau und Betrieb neuer Wärmenetze darstellen. Daher wurden die Eignungsgebiete zusammen mit den lokalen Wärmenetzbetreibern und Energieversorgungsunternehmen und der Gemeindeverwaltung erarbeitet.

4 Potenzialanalyse

Zur Identifizierung der technischen Potenziale wurde eine umfassende Flächenanalyse durchgeführt, bei der sowohl übergeordnete Ausschlusskriterien als auch Eignungskriterien berücksichtigt wurden. Diese Methode ermöglicht für das gesamte Projektgebiet eine robuste, quantitative und räumlich spezifische Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energieressourcen. Die endgültige Nutzbarkeit der erhobenen technischen Potenziale hängt von weiteren Faktoren, wie der Wirtschaftlichkeit, Eigentumsverhältnissen und eventuellen zusätzlich zu beachtenden spezifischen Restriktionen ab, welche Teil von weiterführenden Untersuchungen sind.

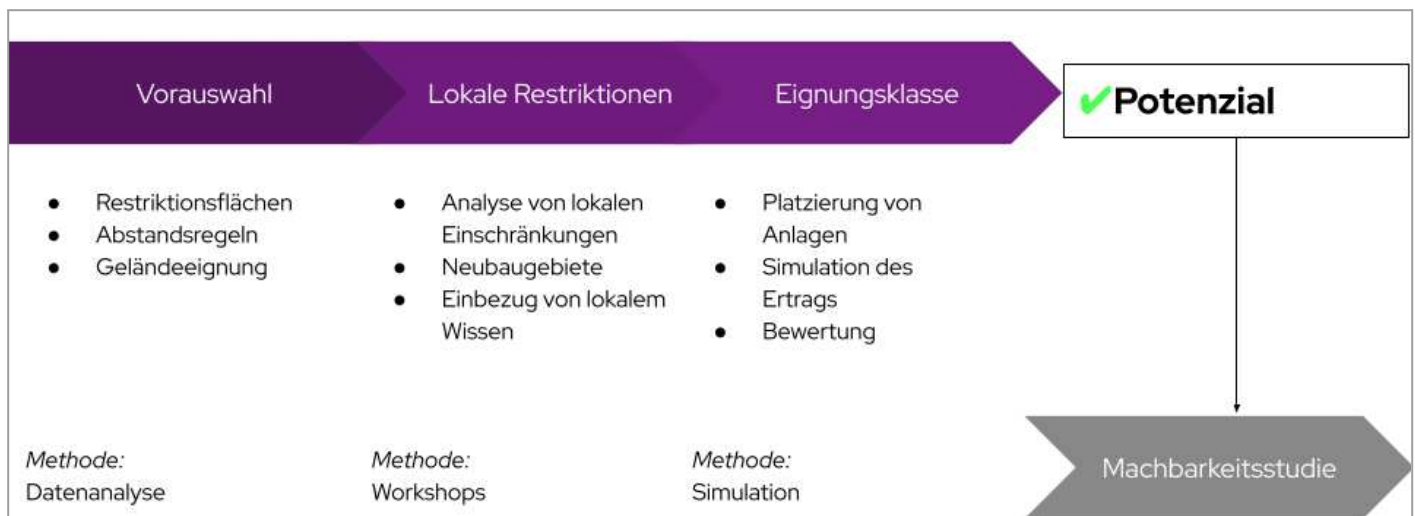


Abbildung 17: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen

4.1 Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischem Material: Restholz aus Forstwirtschaft, Abwärme aus bestehenden Biogasanlagen.
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie. Es gibt noch keine Anlagen, als

Potenzial wurde ein konkret geplantes Projekt eines Windparks einbezogen

- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung. Neben Dächern wurden Ortsrandflächen herangezogen.
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung, für die Freiflächenanlagen wurde eine noch unverbindliche vorhandene räumliche Planung des Umweltbüros verwendet
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten. Für Erdsonden wurden Gebiete ausgewählt, in denen keine Restriktionen wasserwirtschaftlicher und geologischer Art bestehen. Flache Erdkollektoren sind möglich,

wo ausreichend unbebaute Oberfläche vorhanden ist.

- Luftwärmepumpe: Nutzung der Umweltwärme der Umgebungsluft. Ist überall realisierbar.
- Gewässerwärmepumpe (Flüsse und Seen): Nutzung der Umweltwärme der Gewässer. Als Potential wurden Orte klassifiziert, wo

potenzielle Abnehmer nahe eines ausreichend großen Gewässers vorhanden sind.

- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen. Es wurde das Abwärmepotenzial der Kläranlage Donaueschingen abgeschätzt.

Diese Erfassung ist eine Basis für die Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.



Abbildung 18: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

4.2 Methode: Indikatorenmodell

Als Basis für die Potenzialanalyse wird eine stufenweise Eingrenzung der Potenziale vorgenommen. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In diesem werden alle Flächen im Projektgebiet analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes.
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen).
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder

Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

In Tabelle 2 ist eine Auswahl der wichtigsten für die Analyse herangezogenen Flächenkriterien aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zielt die Potenzialanalyse darauf ab, die Optionen für die Wärmeversorgung, insbesondere bezüglich der Fernwärme in den Eignungsgebieten, zu präzisieren und zu bewerten. Gemäß den Richtlinien des Handlungsleitfadens zur Kommunalen Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW, 2020) fokussiert sich diese Analyse primär auf die Identifikation des technischen Potenzials (siehe Infobox – Definition von

Potenzialen). Neben der technischen Realisierbarkeit sind auch ökonomische und soziale Faktoren bei der späteren Entwicklung spezifischer Flächen zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass die KWP nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt.

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial	Wichtigste Kriterien (Auswahl)
Elektrische Potenziale	
Windkraft	Abstand zu Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte
PV Freiflächen	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte
PV Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Thermische Potenziale	
Abwärme aus Klärwerken	Klärwerk-Standorte, Anzahl versorgter Haushalte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Industrielle Abwärme	Wärmemengen, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit
Biomasse	Landnutzung, Naturschutz, Hektarerträge von Energiepflanzen, Heizwerte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Solarthermie Freiflächen	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte, Nähe zu Wärmeverbrauchern
Solarthermie Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Oberflächennahe Geothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Nähe zu Wärmeverbrauchern
Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, Gebäudealter, techno-ökonomische Anlagenparameter, gesetzliche Vorgaben zu Abständen
Großwärmepumpen Flüsse und Seen	Landnutzung, Naturschutz, Temperatur- und Abflussdaten der Gewässer, Nähe zu Wärmeverbrauchern, techno-ökonomische Anlagenparameter

Infobox – Definition von Potenzialen

Infobox: Potenzialbegriffe

Theoretisches Potenzial:

Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

Technisches Potenzial:

Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:

→ *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang“ eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.

→ *Bedingt geeignetes Potenzial* (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert einräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieranlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

→ Das technische Potenzial wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert.

Wirtschaftliches Potenzial:

Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Bau- und Erschließungs- sowie Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise).

Realisierbares Potenzial:

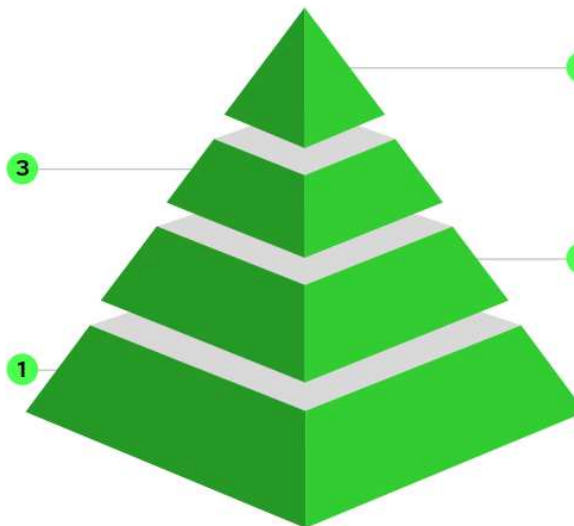
Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. „praktisch nutzbaren Potenzial“.

Wirtschaftliches Potenzial

Das wirtschaftlich sinnvoll nutzbare Potenzial (z.B. nur auf Dächern mit Südausrichtung)

Theoretisches Potenzial

Theoretisch verfügbare Energiemenge auf gesamter Fläche z.B. gesamte Strahlungsenergie auf allen Dächern

**Realisierbares Potenzial**

Erschließbare Energiemengen unter Berücksichtigung von sozialen, gesellschaftlichen, etc. Kriterien

Technisches Potenzial

Das technisch nutzbare Potenzial unter Berücksichtigung des gültigen Planungs- und Genehmigungsrechts (z.B. nicht in Naturschutzgebiet)

4.3 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale im Projektgebiet zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom (siehe Abbildung 19).

Biomasse wird für Wärme oder Strom entweder direkt verbrannt oder zu Biogas vergoren. Wegen der erheblichen Flächenkonkurrenz und gravierenden Problemen beim weiteren Ausbau der Biogasnutzung (Biotopflächen, Futtermittelimporte etc.) wird kein Ausbau unterstellt, sondern „nur“ die Nutzung vorhandener Abwärmepotenziale.

Bioabfälle aus Donaueschingen werden in einer Anlage in Deißlingen vergoren und energetisch genutzt – sie stehen also lokal nicht als Wärmequelle zur Verfügung. Ein Ausbau der energetischen Nutzung von Restholz ist nach Angaben des Forstamtes nur in einem sehr engen Rahmen möglich, ohne gegen Nachhaltigkeitsprinzipien zu verstoßen. Holz sollte deshalb nicht für die Stromerzeugung genutzt werden und im Wärmebereich eher in der Spitzenlast.

Da bereits umfangreiche Potenzialermittlungen für die Markung vorlagen, auf deren Basis derzeit ein Windpark geplant wird, wurden keine weiteren Potenzialberechnungen angestellt. In Donaueschingen soll ein Windpark mit drei Anlagen mit jeweils 5,7 MW errichtet werden. Diese könnten nach ersten Schätzungen bis zu 10 GWh an Strom erzeugen. Drei weitere Anlagen sind auf der Gemarkung der anliegenden Gemeinde Hüfingen vorgesehen.

Photovoltaik auf Freiflächen stellt mit 3.504 GWh/a das größte erneuerbare Potenzial dar, wobei Flächen als grundsätzlich geeignet ausgewiesen werden, die keinen Restriktionen unterliegen und die technischen Anforderungen erfüllen; besonders beachtet werden dabei Naturschutz, Hangneigungen, Überschwemmungsgebiete und gesetzliche Abstandsregeln. Bei der Potenzialberechnung werden Module optimal platziert und unter Berücksichtigung von Verschattung und Sonneneinstrahlung werden jährliche Volllaststunden und der Jahresenergieertrag pro Gebiet errechnet. Die wirtschaftliche Nutzbarkeit wird basierend auf Mindestvolllaststunden und dem

Neigungswinkel des Geländes bewertet, um nur die rentabelsten Flächen einzubeziehen. Zudem sind Flächenkonflikte, beispielsweise mit landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie die Netzanschlussmöglichkeiten abzuwägen. Ein großer Vorteil von PV-Freiflächen als Energiequelle für Wärmepumpen ist, dass sich die Stromerzeugungsflächen nicht in der Nähe zur Wärmenachfrage befinden müssen und so eine große Flexibilität in der Flächenauswahl möglich ist.

Das Potenzial für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen fällt mit 276 GWh/a geringer aus als in der Freifläche, bietet jedoch den Vorteil, dass es ohne zusätzlichen Flächenbedarf oder Flächenkonflikte ausgeschöpft werden kann. In der aktuellen Analyse wird davon ausgegangen (siehe KEA-BW), dass das Stromerzeugungspotenzial von Photovoltaik auf 50 % der Dachflächen von Gebäuden über 50 m² möglich ist. Die jährliche Stromproduktion wird durch flächenspezifische Leistung (160 kWh/m²a) berechnet. Im Vergleich zu Freiflächenanlagen ist allerdings mit höheren spezifischen Kosten zu kalkulieren. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial von PV auf Dachflächen gerade für die Warmwasserbereitstellung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten interessant. Zusammenfassend bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung im Projektgebiet, wobei jede Technologie ihre eigenen Herausforderungen und Kostenstrukturen mit sich bringt. Bei der Umsetzung von Projekten sollten daher sowohl die technischen als auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig abgewogen werden. Es ist jedoch hervorzuheben, dass die Nutzung der Dachflächen der Erschließung von Freiflächen vorzuziehen ist.

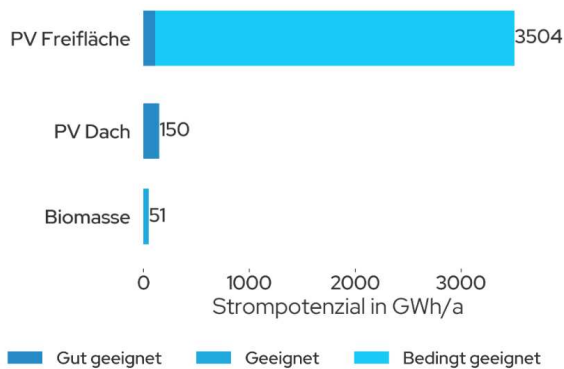


Abbildung 19: Erneuerbare Strompotenziale im Projektgebiet in GWh

4.4 Potenziale zur Wärmeerzeugung

Die Untersuchung der thermischen Potenziale offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung (siehe Abbildung 20).

Solarthermie auf Freiflächen stellt mit einem Potenzial von 438 GWh/a ein wichtiges zu untersuchendes Potenzial dar. Solarthermie nutzt Sonnenstrahlung, um mit Kollektoren Wärme zu erzeugen und über ein Verteilsystem zu transportieren. Geeignete Flächen werden nach technischen Anforderungen und ohne Restriktionen wie Naturschutz und bauliche Infrastruktur ausgewählt, wobei Flächen unter 500 m² ausgeschlossen werden. Die Potenzialberechnung basiert auf einer Leistungsdichte von 3.000 kW/ha und berücksichtigt Einstrahlungsdaten sowie Verschattung, mit einem Reduktionsfaktor für den Jahresenergieertrag und einer wirtschaftlichen Grenze von maximal 1.000 m zur Siedlungsfläche. Bei der Planung und Erschließung von Solarthermie sind jedoch Flächenverfügbarkeit und Anbindung an Wärmenetze zu berücksichtigen. Auch sollten geeignete Flächen für die Wärmespeicherung (1 Woche bis zu mehreren Monaten je nach Einbindungskonzept) vorgesehen werden. Zudem sei darauf hingewiesen, dass es bei Solarthermie- und PV-Freiflächenanlagen eine Flächenkonkurrenz gibt.

Auch auf Dachflächen kann Solarthermie genutzt werden. Bei der Solarthermie auf Dachflächen wird mittels KEA-BW Methode das Potenzial aus 25 % der

Dachflächen über 50 m² für die Wärmeerzeugung geschätzt. Die jährliche Produktion basiert auf 400 kWh/m² durch flächenspezifische Leistung und durchschnittliche Volllaststunden. Die Potenziale der Dachflächen für Solarthermie belaufen sich auf 260 GWh/a und konkurrieren direkt mit den Potenzialen für Photovoltaik-Anlagen auf Dächern. Eine Entscheidung für die Nutzung des einen oder anderen Potenzials sollte individuell getroffen werden.

Wärmepumpen sind eine etablierte und unter gewissen Bedingungen energetisch hocheffiziente Technologie für die Wärmeerzeugung. Eine Wärmepumpe ist ein Gerät, das Wärmeenergie aus einer Quelle (wie Luft, Wasser oder Erde) auf ein höheres Temperaturniveau transferiert, um Gebäude zu heizen oder mit Warmwasser zu versorgen. Sie nutzt dabei ein Kältemittel, das im Kreislauf geführt wird, um Wärme aufzunehmen und abzugeben, effektiv wie ein Kühlschrank, der in umgekehrter Richtung arbeitet. Wärmepumpen können vielseitig im Projektgebiet genutzt werden. Die Potenziale der Luftwärmepumpe (298 GWh/a) und Erdwärmekollektoren (2.017 GWh/a) ergeben sich jeweils im direkten Umfeld der Gebäude. Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die wenige Meter unter der Erdoberfläche liegen und die konstante Erdtemperatur nutzen, um über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit Wärme zu einer Wärmepumpe zu leiten. Dort wird die Wärme für die Beheizung von Gebäuden oder Warmwasserbereitung aufbereitet. Luftwärmepumpen haben für die zukünftige Wärmeversorgung ein großes Potenzial. Dieses ist besonders groß für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser und kann im Vergleich zu Erdwärmekollektoren auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregelung zum Lärmschutz eingehalten werden. Auch für die Nutzung in Wärmenetzen sind Luftwärmepumpen mit einer Größenordnung von 1-4MW gut geeignet. Essenziell bei der Nutzung von Wärmepumpen ist eine Optimierung der Vorlauftemperaturen, um möglichst geringe Temperaturhübe zu benötigen.

Oberflächennahe Geothermie (Sonden) hat ein Potenzial von 512 GWh/a im Projektgebiet. Die Technologie nutzt konstante Erdtemperaturen in einer Tiefe bis 100 m mit einem System aus Erdwärmesonden und Wärmepumpe zur Wärmeextraktion und -anhebung. Die Potenzialberechnung berücksichtigt spezifische geologische Daten und schließt Wohn- sowie Gewerbegebiete ein, wobei Wasserschutzgebiete ausgeschlossen sind. Es ist zu erwähnen, dass sich große Teile des Projektgebietes im Bereich eines Wasserschutzgebietes befinden und die Nutzung von Erdwärmesonden auch in den anderen Gebieten einer Einzelfallprüfung unterliegt. Das thermische Biomassepotenzial beträgt 76 GWh/a und setzt sich aus Waldrestholz, Grünschnitt und Abwärme von Biogasanlagen zusammen. Biomasse hat den Vorteil der leichten Speicherbarkeit sowie hoher Temperaturen.

Das Potenzial für Gewässerwärmepumpen im Projektgebiet beträgt (Fluss- und Seewärme) 404 GWh/a. Eine Untersuchung der Nutzung von Gewässern wird im Rahmen der Maßnahmen (Kapitel 7) nochmals aufgegriffen, in welchen Gebieten diese Potenziale in Zukunft sinnvoll genutzt werden können.

Das Abwärmepotenzial, welches aus dem geklärten Abwasser am Kläranlagenauslauf gehoben werden kann, wurde auf 53 GWh/a abgeschätzt. Wie dieses Potenzial in zukünftigen möglichen Wärmenetzen im Umfeld der Kläranlage genutzt werden kann, ist zu prüfen.

Für die Evaluierung der Nutzung von industrieller Abwärme wurden im Projektgebiet Abfragen bei möglichen relevanten Industrie- und Gewerbebetrieben durchgeführt und so ein Potenzial von 6 GWh/a identifiziert. Es gilt nun, die möglichen Abwärmepotenziale derjenigen Betriebe, die eine Bereitschaft zur Bereitstellung von Abwärme signalisiert haben, genauer zu untersuchen.

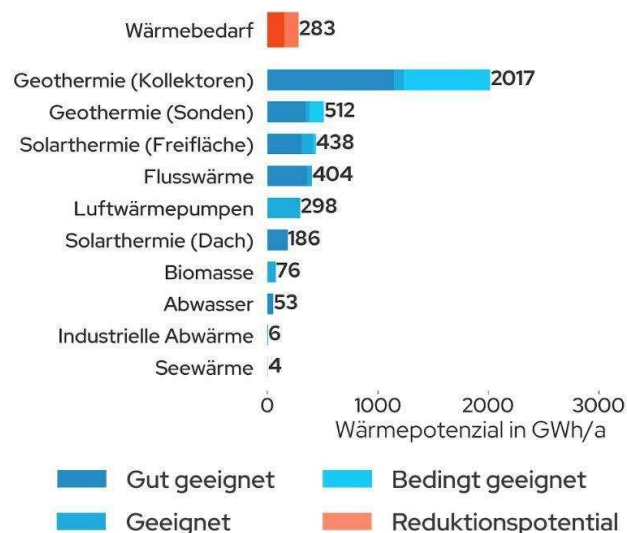


Abbildung 20: Erneuerbare Wärmepotenziale im Projektgebiet

Ein wichtiger Aspekt, der in der Betrachtung der erhobenen Potenziale Berücksichtigung finden muss, ist das Temperaturniveau des jeweiligen Wärmeerzeugers. Das Temperaturniveau hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzbarkeit und Effizienz von Wärmeerzeugern, insbesondere Wärmepumpen. Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass die meisten hier genannten Wärmeerzeugungspotenziale eine Saisonalität aufweisen, sodass Speicherlösungen für die bedarfsgerechte Wärmebereitstellung bei der Planung mitberücksichtigt werden sollten.

Neben den aufgeführten Potenzialen in Abbildung 20, wurde ermittelt, welche Wärmemengen aus bestehenden Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK) Anlagen erzeugt werden können. Hierbei wird die installierte Leistung der im Marktstammdatenregisters gelisteten Anlagen analysiert. Mittels der abgeschätzten Volllaststunden, wird letztendlich die erzeugbare Wärmemenge je Anlage berechnet. Im Anhang ist die räumlich Verordnung aller untersuchten Anlagen visualisiert.

Das ermittelte Potenzial beträgt 111 GWh/a.

4.5 Potenzial für eine lokale Wasserstoffherzeugung

Die lokale Erzeugung von Wasserstoff zur Verwendung als Energieträger für Wärme wird aufgrund der zum heutigen Tag geringen lokalen Verfügbarkeit von Überschussstrom sowie einer Wasserstoffproduktion in der vorliegenden Planung nicht weiter betrachtet. Sie ist in Deutschland nur darstellbar als Nutzung von regenerativem Überschussstroms in Zeiten geringer Abnahme. In Baden-Württemberg ist nach aktueller Lage nicht mit einer kostengünstigen Verfügbarkeit in den kommenden Jahren zu rechnen.

4.6 Potenziale für Sanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele dar. Die Untersuchung zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen eine Gesamtreduktion um bis zu 142 GWh im Projektgebiet realisiert werden könnte. Erwartungsgemäß liegt der größte Anteil des Sanierungspotenzials bei Gebäuden, die bis 1978 erbaut wurden (s. Abbildung 21). Diese Gebäude sind sowohl in der Anzahl als auch in ihrem energetischen Zustand besonders relevant. Sie wurden vor den einschlägigen Wärmeschutzverordnungen erbaut und haben daher einen erhöhten Sanierungsbedarf. Besonders im Wohnbereich zeigt sich ein hohes Sanierungspotenzial. Hier können durch energetische Verbesserung der Gebäudehülle signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit einem Austausch der Heiztechnik bietet dies insbesondere für Gebäude mit Einzelversorgung einen großen Hebel. Typische energetische Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle sind in der Infobox „Energetische Gebäudesanierungen“ dargestellt. Diese können von der Dämmung der Außenwände bis hin zur Erneuerung der Fenster reichen und sollten im Kontext des Gesamtpotenzials der energetischen Sanierung betrachtet werden.

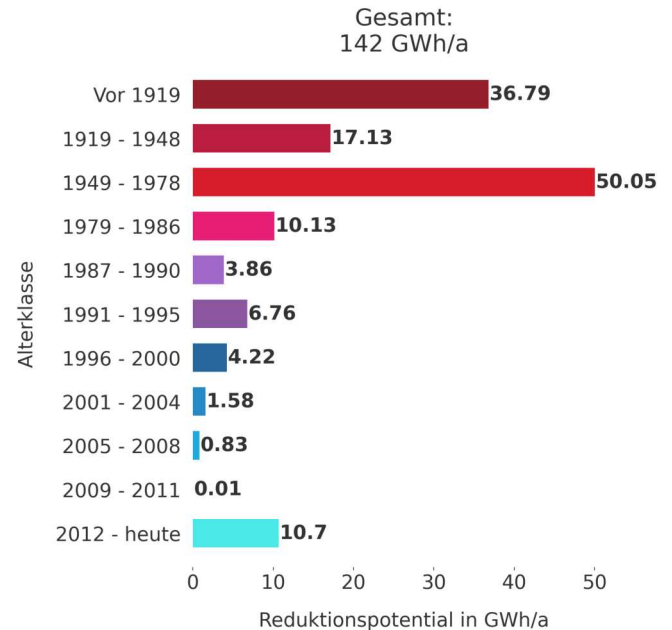


Abbildung 21: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen

Das Sanierungspotenzial bietet nicht nur eine beträchtliche Möglichkeit zur Reduzierung des Energiebedarfs, sondern auch zur Steigerung des Wohnkomforts und zur Wertsteigerung der Immobilien. Daher sollten entsprechende Sanierungsprojekte integraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung sein.

Infobox – Energetische Gebäudesanierung – Maßnahmen und Kosten

Infobox: Energetische Gebäudesanierung

	Fenster	• 3-fach Verglasung • Zugluft / hohe Wärmeverluste durch Glas vermeiden	800 €/m ²
	Fassade	• Wärmedämmverbundsystem ~ 15 cm • Wärmebrücken (Rollladenkästen, Heizkörpernischen, Ecken) reduzieren	200 €/m ²
	Dach	• (teil-)beheiztes Dachgeschoss: Dach abdichten / Zwischensparrendämmung • Unbeheiztes Dachgeschoss: oberste Geschossdecke dämmen • Oft: verhältnismäßig gutes Dach in älteren Gebäuden	400 €/m ² 100 €/m ²
	Kellerdecke	• Bei unbeheiztem Keller	100 €/m ²

4.7 Zusammenfassung und Fazit

Die Potenzialanalyse für erneuerbare Energien in der Wärmeerzeugung im Projektgebiet offenbart signifikante Chancen für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

Die Potenziale sind räumlich heterogen verteilt: Im Projektgebiet dominieren die Potenziale der Solarthermie auf Dachflächen und in lockerer Bebauten Quartieren der Erdwärmekollektoren, während an den Stadträndern Solar-Kollektorfelder und außerhalb der Wasserschutzgebiete große Erdwärme-Kollektorfelder oder Sondenfelder vielerorts potenziell möglich sind. Die Solarthermie auf Freiflächen erfordert trotz hohem Potenzial eine sorgfältige Planung hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit und Möglichkeiten der Integration in bestehende und neue Wärmenetze sowie Flächen zur Wärmespeicherung. Die Erschließung dieser Potenziale wird bei der detaillierten Prüfung der Wärmenetzeignungsgebiete mit untersucht.

In den Stadtkernen liegt das größte Potenzial in der Gebäudesanierung mit einem Schwerpunkt auf

kommunalen Liegenschaften und Wohngebäuden. Besonders Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, bieten ein hohes Einsparpotenzial durch Sanierung. Wichtige Wärmequellen ergeben sich durch die Nutzung von Aufdach-PV in Kombination mit Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse und der Möglichkeit eines teilweisen Anschlusses an das Wärmenetz. Auch große Luftwärmepumpen können flexibel in Wärmenetze integriert werden, wobei sich gerade Gewerbeflächen als gute Standorte anbieten.

Die umfassende Analyse legt nahe, dass es zwar technisch möglich ist, den gesamten Wärmebedarf durch erneuerbare Energien auf der Basis lokaler Ressourcen zu decken. Dieses ambitionierte Ziel erfordert allerdings eine differenzierte Betrachtungsweise, da die Potenziale räumlich stark variieren und nicht überall gleichermaßen verfügbar sind. Zudem wird zur Nutzbarmachung der meisten Potenziale ein Wärmenetz benötigt, welches wiederum nicht überall wirtschaftlich betrieben und erschlossen

werden kann, weshalb die Potenziale im Kontext der Eignungsgebiete im folgenden Kapitel betrachtet werden müssen. Im Hinblick auf die dezentrale Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien spielt die Flächenverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. Individuelle, räumlich angepasste Lösungen sind daher unerlässlich für eine effektive Wärmeversorgung. Dabei sind Dachflächenpotenziale und weitere Potenziale in bereits bebauten, versiegelten Gebieten den Freiflächenpotenzialen gegenüber vorzuziehen.

5 Eignungsgebiete für Wärmenetze

Wärmenetze sind eine Schlüsseltechnologie für die Wärmewende, jedoch sind diese nicht überall wirtschaftlich. Die Ausweisung von Eignungsgebieten für die Versorgung mit Wärmenetzen ist eine zentrale Aufgabe der KWP und dient als Grundlage für weiterführende Planungen und Investitionsentscheidungen. Die identifizierten und in der KWP beschlossenen Eignungsgebiete können dann in weiteren Planungsschritten bis hin zur Umsetzung entwickelt werden.



Abbildung 22: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete

Wärmenetze stellen eine effiziente Technologie dar, um große Versorgungsgebiete mit erneuerbarer Wärme zu erschließen und den Verbrauch mit den Potenzialen, welche sich oft an den Stadträndern oder außerhalb befinden, zu verbinden. Die Implementierung solcher Netze erfordert allerdings erhebliche Anfangsinvestitionen sowie einen beträchtlichen Aufwand in der Planungs-, Erschließungs- und Bauphase. Aus diesem Grund ist die sorgfältige Auswahl potenzieller Gebiete für Wärmenetze von großer Bedeutung.

Ein wesentliches Kriterium für die Auswahl geeigneter Gebiete ist die Wirtschaftlichkeit, welche durch den Zugang zu kosteneffizienten Wärmeerzeugern und einen hohen Wärmeabsatz pro Meter Leitung charakterisiert wird. Diese Faktoren tragen dazu bei, dass das Netz nicht nur nachhaltig, sondern auch wirtschaftlich tragfähig ist. Zudem spielt die Realisierbarkeit eine entscheidende Rolle, welche durch Tiefbaukosten und -möglichkeiten, die Akzeptanz der Bewohner und Kunden sowie das geringe Erschließungsrisiko der Wärmequelle beeinflusst wird. Schließlich ist die Versorgungssicherheit ein

entscheidendes Kriterium. Diese wird sowohl organisatorisch durch die Wahl verlässlicher Betreiber und Lieferanten als auch technisch durch die Sicherstellung der Energieträgerverfügbarkeit, geringe Preisschwankungen einzelner Energieträger und das minimierte Ausfallrisiko der Versorgungseinheiten gewährleistet. Diese Kriterien sorgen dafür, dass die Wärmenetze nicht nur effizient und wirtschaftlich, sondern auch nachhaltig und zuverlässig betrieben werden können.

Bis es zum tatsächlichen Bau von Wärmenetzen kommt, müssen zahlreiche Planungsschritte durchlaufen werden. Die Wärmeplanung ist hier als ein erster Schritt zu sehen, in welcher geeignete Projektgebiete identifiziert werden. Eine detailliert technische Ausarbeitung des Wärmeversorgungssystems ist nicht Teil des Wärmeplans, sondern wird im Rahmen von Machbarkeitsstudien erarbeitet. In diesem Bericht wird zwischen zwei Kategorien von Versorgungsgebieten unterschieden:

Eignungsgebiete für Wärmenetze

- Gebiete, welche auf Basis der bisher vorgegebenen Bewertungskriterien für Wärmenetze grundsätzlich geeignet sind.

Einzelversorgungsgebiete

- Gebiete, in welchen eine wirtschaftliche Erschließung durch Wärmenetze nicht gegeben ist. Die Wärmeerzeugung erfolgt individuell im Einzelgebäude.

5.1 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungsgebiete und Vorranggebiete:

In diesem Wärmeplan, der nach den Vorgaben des KlimaG BW erstellt wurde, werden keine verbindlichen Ausbaupläne beschlossen. Die vorgestellten Eignungsgebiete dienen als strategisches Planungsinstrument für die Infrastrukturentwicklung der nächsten Jahre.

Zudem hat die Kommune grundsätzlich die Möglichkeit, ein Gebiet als Wärmenetzvorranggebiet auszuweisen. Gebäudeeigentümer innerhalb eines Wärmenetzvorranggebietes mit Anschluss- und Benutzungszwang sind verpflichtet, sich an das Wärmenetz anzuschließen. Diese Verpflichtung besteht bei Neubauten sofort. Im Bestand besteht die Verpflichtung erst ab dem Zeitpunkt, an dem eine grundlegende Änderung an der bestehenden

Wärmeversorgung vorgenommen wird. In einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt sollen auf Grundlage der Eignungsgebiete von den Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern konkrete Ausbauplanungen für Wärmenetzausbauggebiete erstellt werden.

Für den nach KlimaG BW erstellten Wärmeplan gilt in Bezug auf das GEG:

„Fällt in einer Kommune vor Mitte 2026 oder Mitte 2028 eine Entscheidung zur Ausweisung eines Gebiets für den Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes basierend auf einem Wärmeplan, wird dort die Verpflichtung zur Nutzung von 65 Prozent erneuerbaren Energien in Heizsystemen bereits dann wirksam. Der Wärmeplan allein reicht jedoch nicht aus, um diese früheren Verpflichtungen nach dem GEG auszulösen. Vielmehr braucht es auf dieser Grundlage eine zusätzliche Entscheidung der Kommune über die Gebietsausweisung, die öffentlich bekannt gemacht werden muss.“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023).

Das bedeutet, wenn die teilnehmenden Städte und Gemeinden beschließen, vor 2028 Neu- und Ausbauggebiete für Wärmenetze oder Wasserstoff auszuweisen, und diese veröffentlichen, gilt die 65 %-EE-Pflicht für Bestandsgebäude einen Monat nach Veröffentlichung. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit, Investoren und Betreiber zu finden.

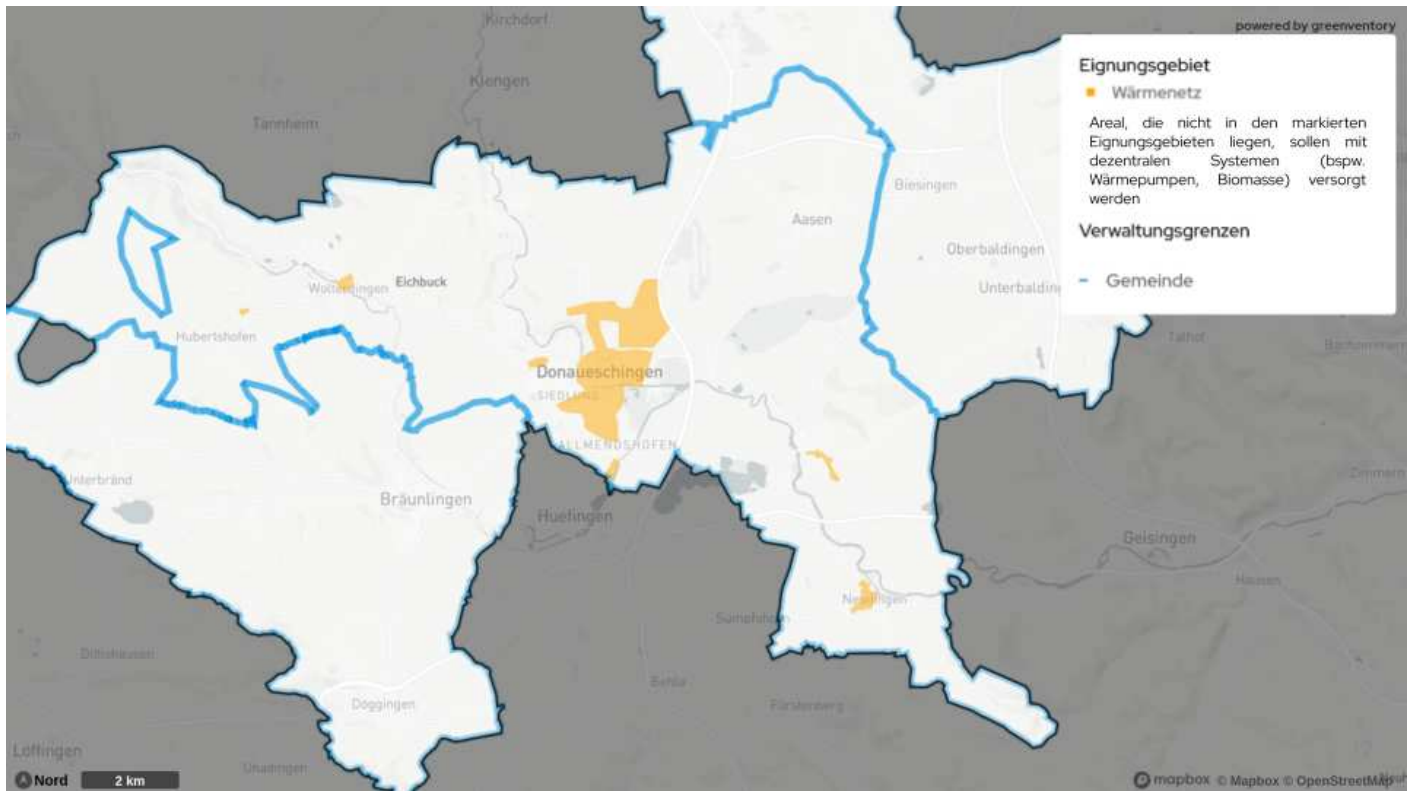


Abbildung 23: Übersicht über alle definierten Eignungsgebiete für Wärmenetze im Projektgebiet

5.2 Auswahl der Eignungsgebiete im Projektgebiet

Im Rahmen der Wärmeplanung lag der Fokus auf der Identifikation von Eignungsgebieten. Der Prozess der Identifikation der Eignungsgebiete erfolgte in drei Stufen:

1. Vorauswahl: Zunächst wurden die Eignungsgebiete automatisiert ermittelt, wobei ausreichender Wärmeabsatz pro Fläche bzw. Straßenzug und vorhandene Ankergebäude, wie kommunale Gebäude, berücksichtigt wurden. Auch bereits existierende Planungen und gegebenenfalls existierende Wärmenetze wurden einbezogen.

2. Lokale Restriktionen: In einem zweiten Schritt wurden die automatisiert erzeugten Eignungsgebiete im Rahmen von Expertenworkshops näher betrachtet. Dabei flossen sowohl örtliche Fachkenntnisse als auch die Ergebnisse der Potenzialanalyse ein. Es wurde analysiert, in welchen Gebieten neben einer hohen Wärmedichte auch die Nutzung der Potenziale zur Wärmeerzeugung günstig erschien.

3. Umsetzungseignung: Im letzten Schritt wurden die verbleibenden Gebiete einer weiteren Analyse durch den GVV unterzogen und eingegrenzt. Im Projektgebiet wurden die in orange Abbildung 23 eingezeichneten Eignungsgebiete identifiziert. Anpassungen im Anschluss an die Wärmeplanung sind möglich. Sämtliche Gebiete, die nach den durchgeführten Analysen, zum aktuellen Zeitpunkt, als wenig geeignet für ein Wärmenetz eingestuft wurden, verbleiben als Einzelversorgungsgebiete. Des Weiteren wurden die Eignungsgebiete im Rahmen eines Workshops gemeinsam mit den lokal ansässigen Energieversorger (Naturenergie) besprochen und ein Versorgungsszenario für das Zieljahr 2040 skizziert. Hierbei wurden auch die Wärmequellen der Eignungsgebiete definiert.

5.3 Zuordnung der genutzten Potenziale je Eignungsgebiet

Basierend auf Untersuchungen in welchen Gebieten sowohl hohe Wärmedichten vorhanden sind, als auch umliegenden Potenziale zur Verfügung stehen, wurde ein Versorgungsmix-Szenario für jedes Eignungsgebiet erstellt. Hierbei wurden die lokal ansässigen Akteure, beispielsweise die Betreiber der Biogasanlagen, beteiligt. Somit ist gewährleistet, dass die ausgewiesenen Eignungsgebiete auch jeweils über eine valide Wärmequelle verfügen. Eine Machbarkeitsstudie zum Wärmenetz übernimmt im Anschluss die Detailplanung. Somit wird der exakte mögliche Trassenverlauf, der Betreiber des Netzes sowie die technische Dimensionierung des Wärmenetzes selbst im Nachgang an den Wärmeplan definiert. Aus dieser folgenden Detailplanung können sich, wie bereits eingangs erwähnt, die Grenzen des Eignungsgebietes verschieben.

5.4 Wärmeversorgungsszenario im Zieljahr

Basierend auf den Eignungsgebieten und den verfügbaren Potenzialen wurde jedes Eignungsgebiet ein Zielszenario ausgewählt, wie dieses im Zieljahr 2040 mit Wärme versorgt und für dieses wesentliche Kennzahlen berechnet wird. Diese sind:

1. Zusammensetzung der Wärmeerzeugung: Zunächst erfolgt die detaillierte Bestimmung des aktuellen Wärmebedarfs und der Heizlast. Hierbei wurde das Sanierungspotenzial auf Gebäudeebene berücksichtigt (siehe Kapitel 4.6). Anschließend wurden die lokal verfügbaren Potenziale und Gegebenheiten untersucht und angemessene Technologien für Grund- und Spitzenlast definiert. Die Auslegung der Grund- und Spitzenlasttechnologie erfolgt gemäß bewährter Praktiken und unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des Versorgungsgebietes. Abschließend werden die Jahresenergiemengen für jede ausgewählte Technologie berechnet, um eine fundierte Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung des zukünftigen Versorgungsmixes zu schaffen und das Zielszenario zu skizzieren.

Für die Dimensionierung der Technologien gelten folgende Annahmen:

1. Es wird davon ausgegangen, dass 30 % bis maximal 40 % der Heizlast des Versorgungsgebietes mittels einer Grundlasttechnologie erzeugt werden (Quelle: Fraunhofer Umsicht, Leitfaden Nahwärme).
2. Es wird angenommen, dass die Grundlast mit 6.000 Volllaststunden in Betrieb ist. Die Spitzenlasttechnologie deckt die Wärmenachfrage, die an den kältesten Tagen oder zu Stoßzeiten benötigt wird. Diese wird in der Praxis mit einer Technologie, die flexibel regelbar ist, realisiert (bspw. Pelletheizungen oder Biogaskessel).

Die vorgeschlagenen Wärmeversorgungstechnologien sind nicht verbindlich und wurden auf der aktuell verfügbaren Datengrundlage ermittelt. In nachfolgenden Studien kann sich ergeben, dass gewisse Technologien nicht realisierbar sind.

Wärmegestehungskosten für Wärmenetze:

Entsprechend der Richtlinie VDI 2067 werden zur Ermittlung der jährlichen Wärmegestehungskosten die kapitalgebundenen Kosten (Investition), die betriebsgebundenen Kosten (Wartungs- und Betriebskosten) und die verbrauchsgebundenen Kosten (erzeugte Menge Wärme) betrachtet. Um die Wärmekosten für die Endkunden zu berechnen, wurden folgende Annahme getroffen:

1. Die Wärmeerzeugungskosten für die Wärme an der Wärmequelle werden stets mit 50 €/MWh (optimistisch) und 100 €/MWh (pessimistisch) beziffert
2. Angenommene Anschlussquote 70 %
3. Die Netzlänge wird abgeschätzt anhand der Länge der Straßensegmente innerhalb des Gebietes
4. Es werden Netzverluste von 12,5 % angenommen
5. Es wird ein Diskontierungsfaktor von 5 % angenommen und eine Laufzeit von 30 Jahren

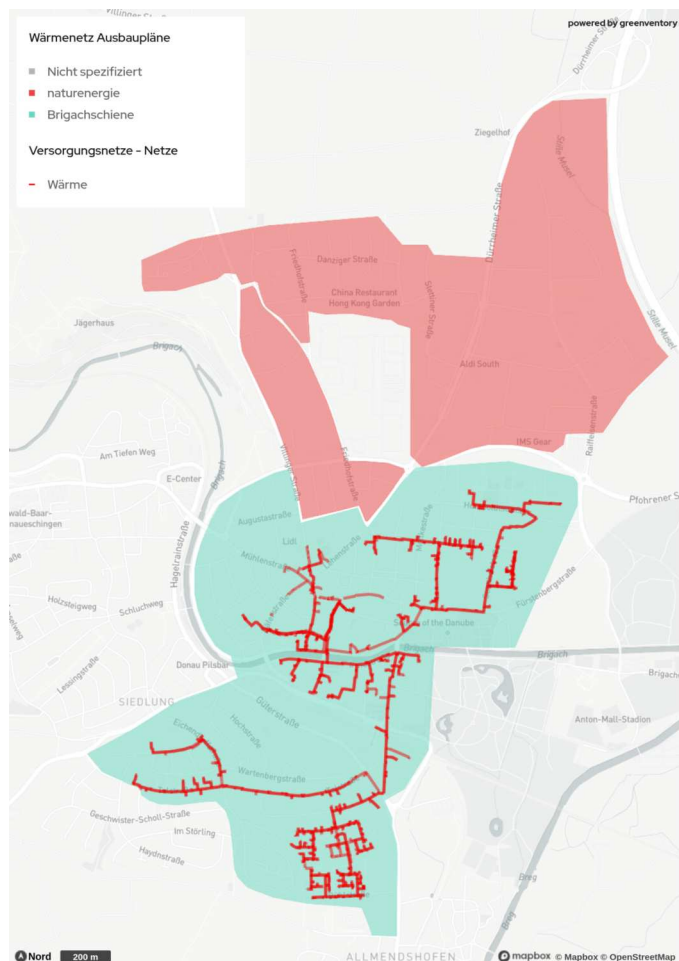
6. Kosten für die Leitungen werden konstant auf 1.500 €/m Netz angenommen

In den folgenden Abschnitten werden die Eignungsgebiete in kurzen Steckbriefen vorgestellt und eine mögliche Wärmeversorgung anhand der lokal vorliegenden Potenzialen skizziert. Die vorgeschlagen nutzbaren Potenziale müssen auf die Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Finanzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit vertieft untersucht werden. Dies ist nur im Rahmen einer vertiefenden Machbarkeitsstudie realisierbar, da hier weitere technische Details erfasst und ausgewertet werden müssen.

Für Hubertshofen wurde untersucht, unter welchen Umständen ein kaltes Nahwärmenetz wirtschaftlich sinnvoll ist (siehe Maßnahme 6).

Im Folgenden werden die erarbeiteten Eignungsgebiete vorgestellt.

5.5 Eignungsgebiet "Donaueschingen Gewerbegebiet und Konversionsgebiet"



Im Zentrum von Donaueschingen besteht zudem noch ein Wärmenetz auf dem Gelände der Bundeswehr ("Lücke" im roten Gebiet). Dieses wird von der Bundeswehr selbst verwaltet und wurde im Wärmeplan daher nicht untersucht.

Wärmebedarf 2040	25,8 GWh/a
Heizlast	12 MW
Geschätzte Netzlänge	7.843 m
Wärmelinien-dichte	3.287 kWh/(m a)
Geschätzte	8,9 - 13,9 ct/kWh
Wärmegestehungskosten	

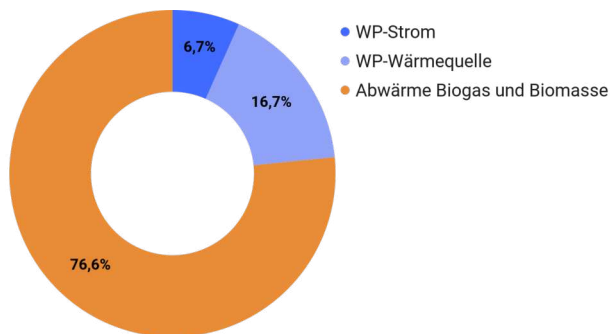
Ausgangssituation:

Hier wird das rötlich markierte Gebiet beschrieben. Im Nordwesten des Gebietes sind große MFH angesiedelt mit hohen Wärmebedarfen. Einige Unternehmen, die im Gewerbegebiet ansässig sind, haben bereits ihr Interesse als Wärmekunden bekannt gegeben. Naturenergie hat die Errichtung des Netzes bereits öffentlich bekannt gegeben. Das Gewerbe im Osten zu erschließen ist aktuell noch in Untersuchung. Eine Erschließung hängt von dem Interesse der Wärmeabnehmer ab sowie von den verschließbaren Wärmequellen. Sofern Entscheidungen getroffen werden, werden diese öffentlich kommuniziert.

Nutzbare Potentiale: Vorerst wird die Abwärme eines Biogas-BHKW genutzt, in den nächsten Jahren soll auch Umweltwärme erschlossen werden. Infos hierzu sind auf der Webseite von Naturenergie veröffentlicht.

Verknüpfte Maßnahmen: → Bereits in Planung und
teils bereits in Betrieb

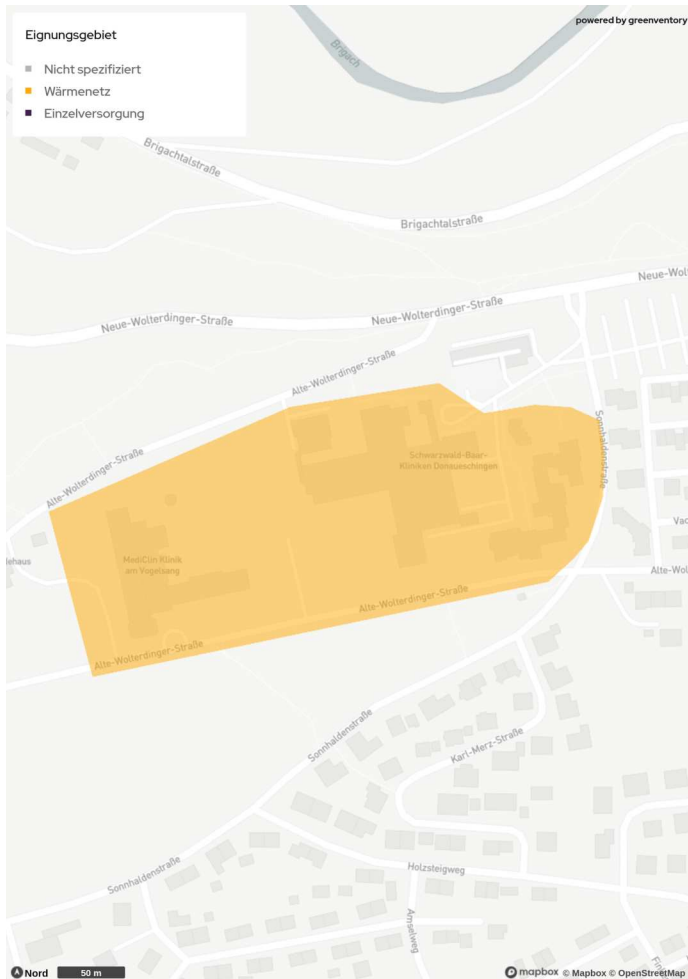
Zielszenario 2040:



Naturenergie plant hier, die Abwärme des Weiherhofes zu nutzen. Des Weiteren wird eine Heizzentrale auf Basis von regionalen Holzhackschnitzeln geplant und es wird perspektivisch geprüft, wie Umweltwärme, beispielsweise Solarthermie oder Erdwärme eingebunden werden kann.⁴

⁴ <https://www.energiesdienst.de/presse-detail/news/2588-die-zukunft-zieht-im-norden-von-donaueschingen-ein>

5.6 Eignungsgebiet "Donaueschingen - Kliniken und Gewerbe"



Wärmebedarf 2040	10,6 GWh/a
Heizlast	4 MW
Geschätzte Netzlänge	(nicht relevant, im Gebiet unter 1.000 m)
Wärmeliniedichte	3,861 kWh/(m a)

Ausgangssituation:

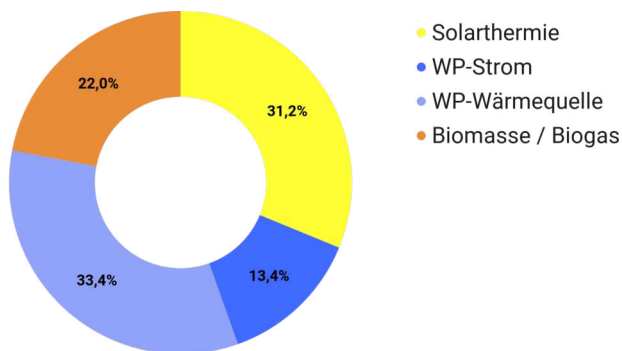
Die Kliniken haben einen sehr hohen Wärmebedarf und sind so ein attraktiver Ankerkunde für die Betreiber eines Wärmenetzes.

Nutzbare Potentiale:

Solarthermie hat sich in der Vergangenheit als eine geeignete Wärmequelle für Kliniken herausgestellt (siehe positive Beispiele⁵)

Verknüpfte Maßnahmen: → 7.3.1

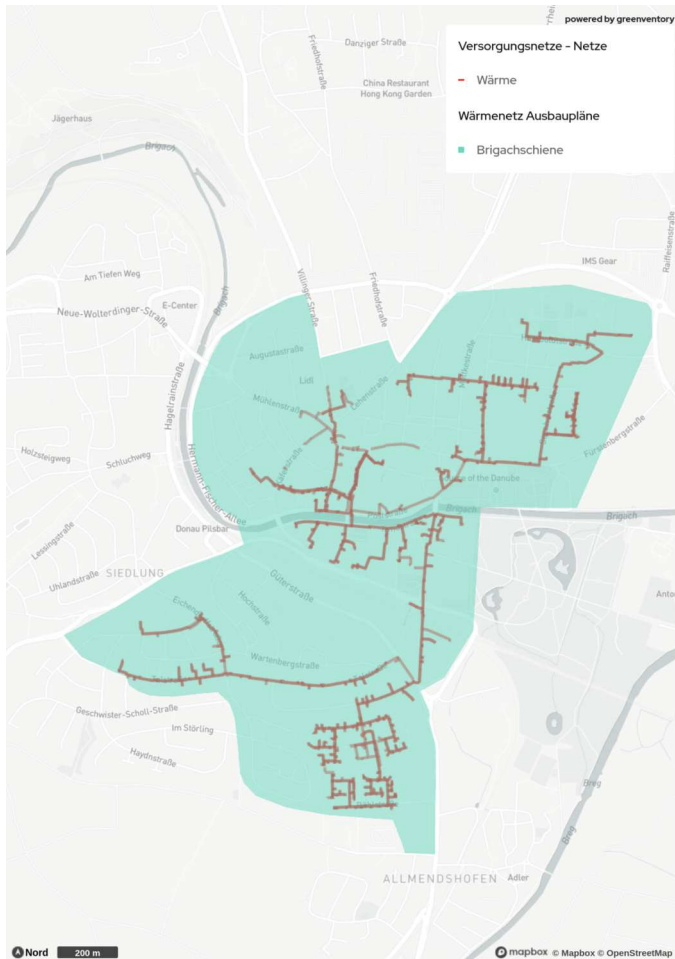
Zielszenario 2040:



Die Klinik ist durch ihren hohen, ganzjährigen Wärmebedarf ein attraktiver Ankerkunde für ein Wärmenetz. Auch eine lokale Nahwärme ist eine technisch sinnvolle Lösung. Innerhalb der nächsten fünf Jahre soll die Solarthermie die lokale Wärmeversorgung unterstützen. Da dies vorerst keine ganzjährige Wärmeversorgungslösung darstellt, ist zu klären, welches Wärmeversorgungskonzept für die Klinik für eine vollständige Dekarbonisierung in Frage kommt. Ein technisch sinnvolles Konzept wäre die Deckung von Spitzenlast mittels Biomasse, eine großangelegt Solarthermieranlage sowie eine Wärmepumpe als Regelleistung

⁵ https://www.viamedica-stiftung.de/fileadmin/user_upload/Materialien/Finalversion_Broschuere_EE_241111.pdf

5.7 Eignungsgebiet "Donaueschingen - Brigachschiene"



Wärmebedarf 2040	80,1 GWh/a
Heizlast	19 MW
Geschätzte Netzlänge	43.669 m
Wärmeliniedichte	823 kWh/(m a)

Ausgangssituation:

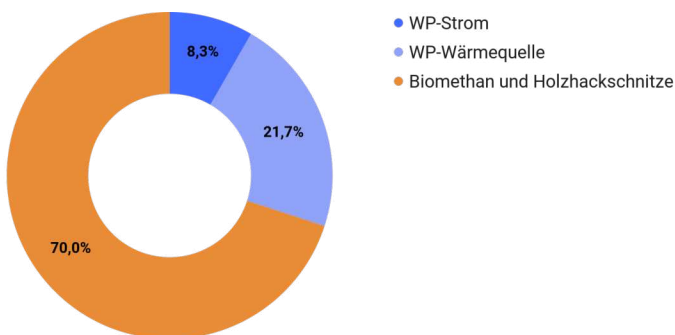
Hier wird das bläulich markierte Gebiet beschrieben. Im Zentrum von Donaueschingen besteht bereits ein großes Wärmenetz mit 14,5 km Netzlänge (inkl. bekannter Hausanschlüsse). Dieses soll in Zukunft ausgeweitet werden. Sowie um neue Wärmenetze ergänzt werden. Der Betreiber des Nahwärmenetzes ist Naturenergie, welcher auch Informationen zum Ausbau des Netzes online bekannt gibt. Das Alter der Heizungsanlagen im Gebiet beträgt 20 Jahre, was den Handlungsbedarf unterstreicht. Das Areal des Konversionsgebiet wird teils saniert und / oder neu bebaut.

Nutzbare Potenziale:

Neben Sanierungsmaßnahmen, welche zu einer Senkung der Vorlauftemperatur im Netz führen, ist eine Nachverdichtung des Netzes dienlich zur Erhöhung der Effizienz der Wärmeverteilung. Somit kann die Kapazität des Netzes erweitert werden und fossil befeuerte Heizungen in Bestandsgebäuden substituiert werden.

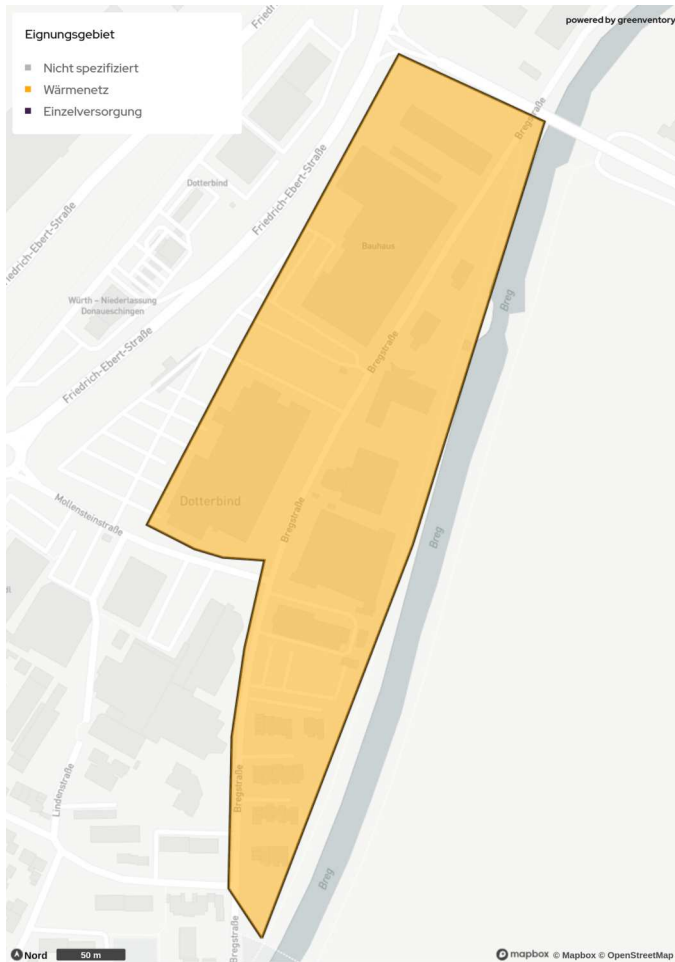
Verknüpfte Maßnahmen: Da die Akteure bereits aktiv sind und der Ausbau des Netzes bereits geplant ist, ist hierzu keine Maßnahme aufgeführt. Informationen zum Anschluss an das Nahwärmenetz Brigachschiene sind auf der Webseite des Betreibers zu finden.

Zielszenario 2040:



Aktuell werden Biomethan und Holzhackschnitzel im Nahwärmenetz verwendet, um mittels Kraft-Wärme-Kopplung sowohl Strom als auch Wärme zu erzeugen. Es ist anzumerken, dass perspektivisch die Preise von Biomasse und Biomethan steigen können und somit die Erschließung von weiteren Wärmequellen wie beispielsweise zentralen Wärmepumpen im Laufe des kommenden Jahrzehnts ebenfalls als Wärmeerzeuger in Frage kommen.

5.8 Eignungsgebiet "Allmendshofen südlich des Zubringer"



Wärmebedarf 2040	1.9 GWh/a
Heizlast	2,3 MW
Geschätzte Netzlänge	1.073 m
Wärmeliniendichte	1.744 kWh/(m a)

Ausgangssituation:

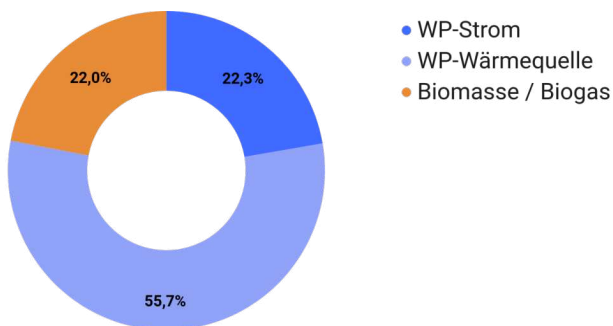
Das durchschnittliche Alter der bestehenden Heizungsanlagen ist 23 Jahre. Im Gebiet ist nahezu ausschließlich Gewerbe ansässig. Angrenzend am Gebiet verläuft die Breg.

Nutzbare Potentiale:

Die Breg bietet die Option einer zentralen Fluss-Wärmepumpe. Mittels einer Machbarkeitsstudie kann die präzise Umsetzung einer Heizzentrale und die Dimensionierung der Wärmepumpe durchgeführt werden. Der benötigte Strom für die Wärmepumpe kann mittels Aufdach-PV-Anlagen erzeugt werden, die Dächer der Gebäude wurden bisher nicht verwendet. Platz für einen Wärmespeicher sollte ebenfalls verfügbar sein, der Standort muss jedoch im Rahmen der Machbarkeitsstudie final bestimmt werden.

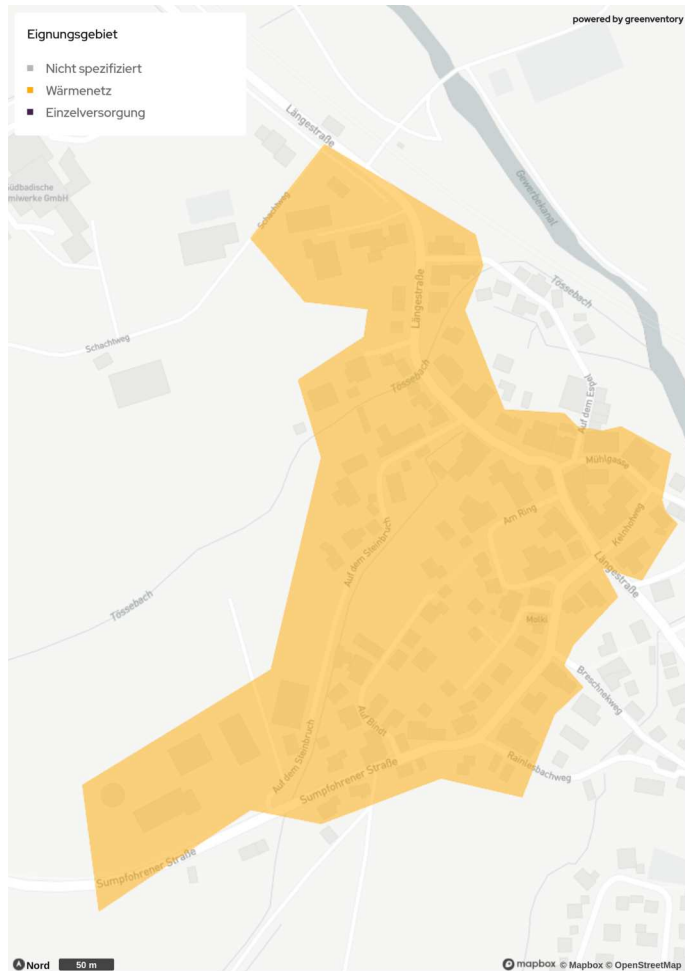
Verknüpfte Maßnahme: → 7.3.4

Zielszenario 2040:



Mittels zentralen Gewässerwärmepumpen kann ein Großteil des Wärmebedarfs gedeckt werden. Die restliche Wärme, welche zu Stoßzeiten und an den kältesten Tagen benötigt wird, kann mittels Biomasse (bspw. einer mit Holzpellets betriebenen Heizzentrale und / oder Biogas gedeckt werden). Ein groß angelegter Pufferspeicher (mehrere Stunden bis zu mehreren Tagen) ermöglicht die Nutzung von lokal erzeugten PV-Strom. Nach einer Studie der Agora kann mit einer Jahresarbeitszahl von 2,5 bei zentralen Fluss Wärmepumpen gerechnet werden.

5.9 Eignungsgebiet "Neudingen"



Wärmebedarf 2040	2,5 GWh/a
Heizlast	2 MW
Geschätzte Netzlänge	3.127 m
Wärmelinienichte	1.630 kWh/(m a)
Geschätzte	13,1 - 18,1 ct/kWh
Wärmegestehungskosten im neuen Wärmenetz	

Ausgangssituation:

Das durchschnittliche Heizungsanlagen Alter in diesem Gebiet überschreitet nach aktueller Datenlage die 30 Jahre und es wird überwiegend mit Öl geheizt. Somit besteht in diesem Eignungsgebiet sehr hoher Handlungsbedarf.

Nutzbare Potentiale:

Von der Biogasanlage Roth 2 km nördlich des Gebietes führt eine Biogasleitung zu den Südbadischen Gummiwerken und wird dort in einem BHKW verstromt. Dort könnte ein weiteres BHKW errichtet werden, welches Wärme für die Beheizung eines Teils von Neudingen liefern kann.

Verknüpfte Maßnahmen: →7.3.5

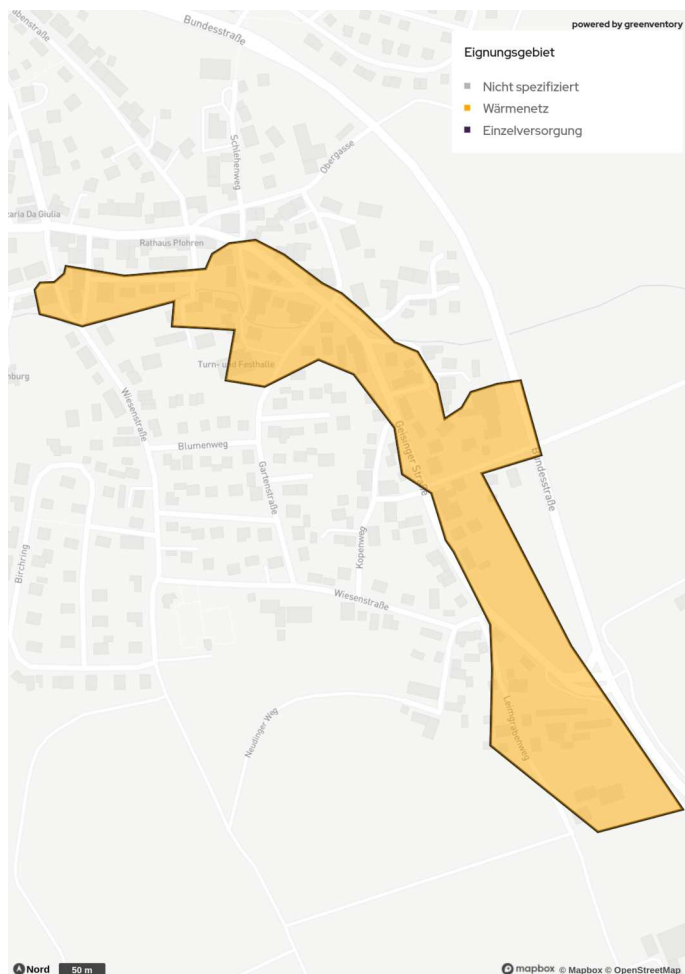
Zielszenario 2040:



● Biogas

Hier soll die Machbarkeit eines Nahwärmenetzes basierend auf dem Biogas des Teilhofes geprüft werden. Der Besitzer des Hofes hat im Rahmen des Wärmeplans sein Interesse geäußert. Eine technische Prüfung des Konzeptes wird in der Studie erarbeitet.

5.10 Eignungsgebiet "Pfohren"



Wärmebedarf 2040	1,1 GWh/a
Heizlast	1 MW
Geschätzte Netzlänge	1.720 m
Wärmelinien-dichte (heute)	1.145 kWh/(m a)
Geschätzte Wärme-gestehungskosten im neuen Wärmenetz	17,3 - 22,3 ct/kWh

Ausgangssituation:

Das durchschnittliche Heizungsanlagen Alter in diesem Gebiet überschreitet nach aktueller Datenlage die 30 Jahre und es wird überwiegend mit Öl geheizt. Somit besteht in diesem Eignungsgebiet sehr hoher Handlungsbedarf.

Nutzbare Potentiale:

Der Leimgrabenhof (südlich von Pfohren) betreibt eine Biogasanlage. Die anfallende Abwärme wird aktuell nur lokal für Trocknungsprozesse verwendet. Es fallen etwa 1 GWh an Wärme jährlich an. Aktuell (Stand 2022) beträgt der Wärmebedarf 2 GWh/a. Je nach Sanierungsrate und Anschlussquote kann das gesamte Gebiet mit der Abwärme versorgt werden.

Wichtige Ankerkunden für ein Nahwärmenetz bietet das Rathaus in Pfohren sowie einige kommunale Gebäude.

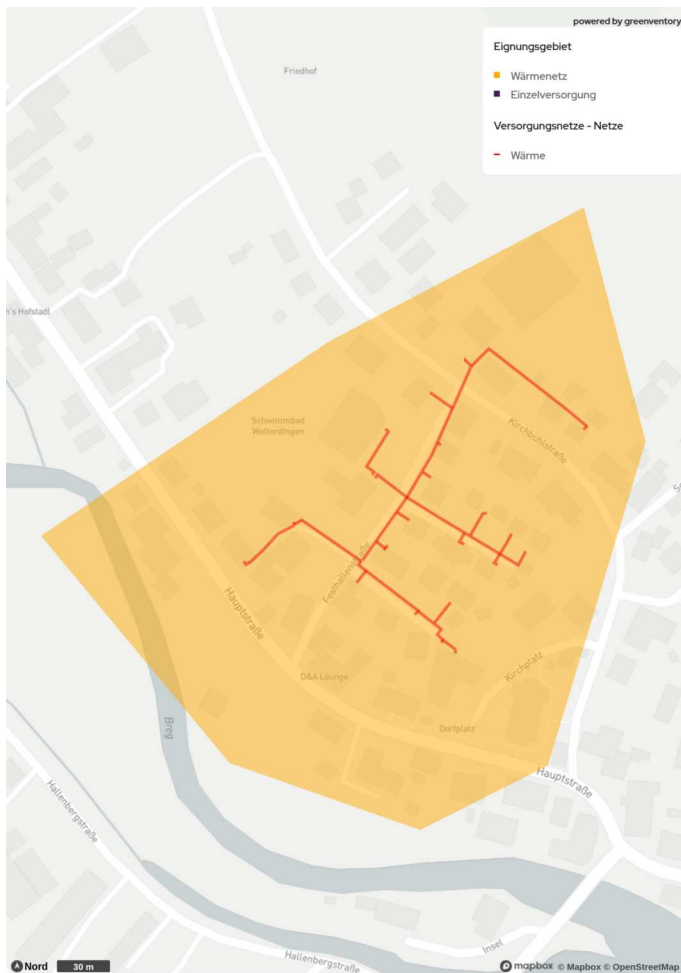
Verknüpfte Maßnahmen: →7.3.5

Zielszenario 2040:



Die Nutzung der Abwärme der Biogasanlage am Leimgrabenhof. Ein Nahwärmenetz transportiert die Wärme zu den Gebäuden.

5.11 Bestandsnetz Wolterdingen



Wärmebedarf 2040 1,7 GWh/a

Heizlast 1 MW

Netzlänge Bestandsnetz 642 m

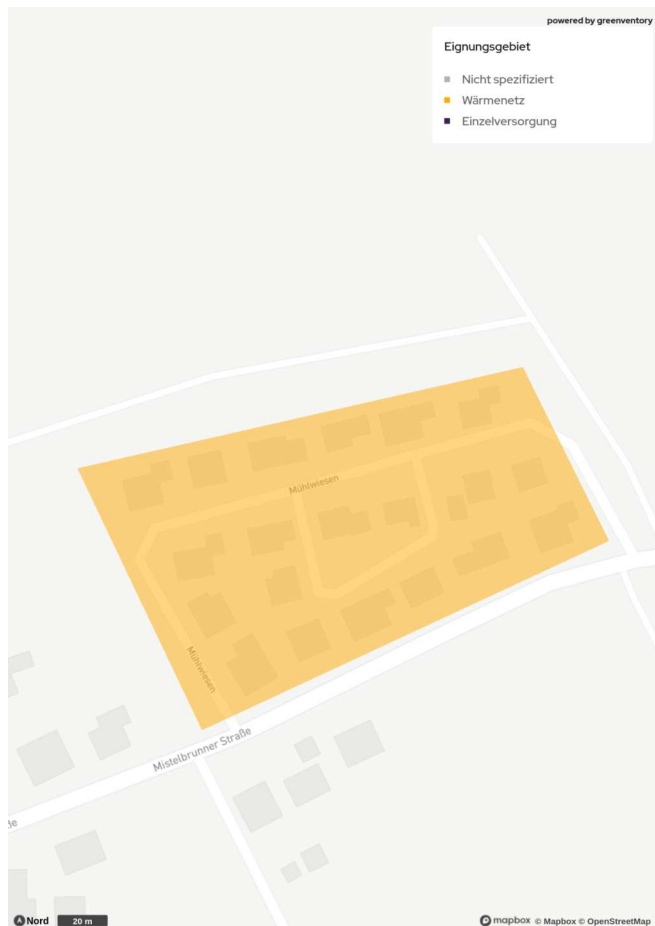
Wärmelinienichte (heute) 2.724 kWh/(m a)

Ausgangssituation:

In Wolterdingen besteht bereits ein Wärmenetz, welches mit Holzhackschnitzeln betrieben wird.

Dieses soll weiter genutzt werden. Mit dem Betreiber des Netzes ist zu prüfen, inwiefern das Netz ausgebaut werden kann.

5.12 Prüfung Kalte Nahwärme Hubertshofen



Wärmebedarf 2040 611 MWh/a

Heizlast 0,5 MW

Benötigte Netzlänge 448 m

Wärmeliniendichte (heute) 1.363 kWh/(m a)

Ausgangssituation:

In Hubertshofen wurde geprüft, inwiefern kalte Nahwärme eine Lösung für die zukünftige Wärmeversorgung sein kann. Die Ergebnisse der Untersuchung ist in Kapitel 7.1.6 aufgeführt.

Zum aktuellen Zeitpunkt der Planung ist die Wahrscheinlichkeit für die Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes als sehr gering einzuschätzen, da eine individuelle Versorgung mittels Wärmepumpen und ggf. Sanierungsmaßnahmen günstiger erscheint (siehe Anhang C).

6 Zielszenario

Das Zielszenario zeigt die mögliche Wärmeversorgung im Zieljahr, basierend auf den Eignungsgebieten und nutzbaren Potenzialen. Dieses Kapitel beschreibt die Methodik sowie die Ergebnisse einer Simulation des ausgearbeiteten Zielszenarios.



Abbildung 24: Simulation der Zielszenarios für 2040

Die Formulierung des Zielszenarios ist zentraler Bestandteil des kommunalen Wärmeplans. Das Zielszenario dient als Blaupause für eine treibhausgasneutrale und effiziente Wärmeversorgung. Das Zielszenario beantwortet quantitativ folgende Kernfragen:

- Wo können künftig Wärmenetze liegen?
- Wie lässt sich die Wärmeversorgung dieser Netze treibhausgasneutral gestalten?
- Wie viele Gebäude müssen bis zur Zielerreichung energetisch saniert werden?
- Wie erfolgt die Wärmeversorgung für Gebäude, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können?

Die Erstellung des Zielszenario erfolgt in drei Schritten:

1. Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs mittels Modellierung
2. Identifikation geeigneter Gebiete für Wärmenetze
3. Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung.

Zu beachten ist, dass das Zielszenario die Technologien zur Wärmeerzeugung nicht verbindlich festlegt,

sondern es als Ausgangspunkt für die strategische Infrastrukturentwicklung dient. Die Umsetzung dieser Strategie ist abhängig von zahlreichen Faktoren, wie der technischen Machbarkeit der Einzelprojekte sowie der lokalen politischen Rahmenbedingungen und der Bereitschaft der Gebäudeeigentümer zur Sanierung und einem Heizungstausch sowie dem Erfolg bei der Kundengewinnung für Wärmenetze.

6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs

Eine Reduktion des Wärmebedarfs ist eine zentrale Komponente zum Gelingen der Wärmewende. Im Zielszenario wurde für Wohngebäude eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr angenommen (dena, 2016). Die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs erfolgt unter Nutzung von repräsentativen Typgebäuden. Diese basieren auf der Gebäudetypologien nach TABULA (IWU, 2012). Für Nichtwohngebäude wird eine Reduktion des Wärmebedarfs anhand von Reduktionsfaktoren berechnet. Es werden folgende Einsparungen des Wärmebedarfs bis 2050 angenommen und entsprechend auf 2040 angepasst:

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 37 %

- Industrie: 29 %
- Kommunale Liegenschaften: 33 %

Die Simulation der Sanierung erfolgt jahresscharf und gebäudespezifisch. Jedes Jahr werden die 2 % der Gebäude mit dem schlechtesten Sanierungszustand saniert. Abbildung 25 zeigt den Effekt der Sanierung auf den zukünftigen Wärmebedarf. Für das Zwischenjahr 2030 ergibt sich ein Wärmebedarf von 244 GWh, was einer Minderung um 17,4 % entspricht. Für das Zieljahr 2040 reduziert sich der Wärmebedarf durch fortschreitende Sanierungen weiter, sodass der jährliche Wärmebedarf noch 196 GWh beträgt, was einer Minderung um 33,7 % gegenüber dem Basisjahr entspricht.

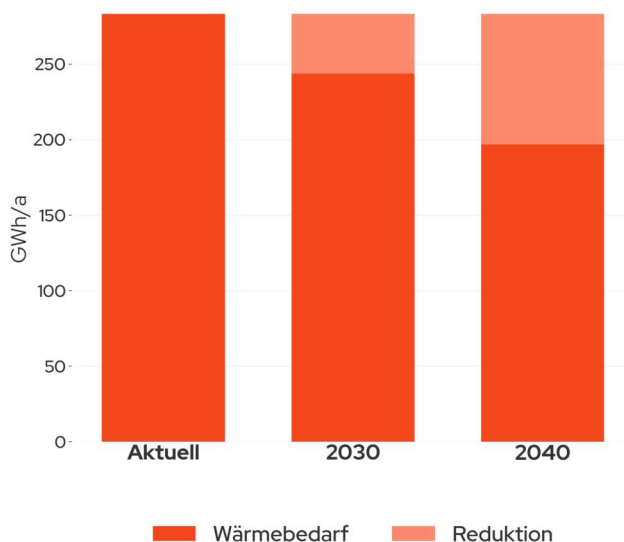


Abbildung 25: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr

6.2 Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung

Nach der Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs und der Bestimmung der Eignungsgebiete für Wärmenetze erfolgt die Ermittlung der zukünftigen Versorgungsinfrastruktur. Es wird jedem Gebäude eine Wärmeerzeugungstechnologie zugewiesen. Zur Ermittlung der zukünftigen Wärmeerzeugungstechnologie in den beheizten Gebäuden, wird für jene Gebäude, die in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegen, ein Anschluss an das

Wärmenetz mittels einer Hausübergabestation angenommen. In diesem Szenario werden 24,3 % der Gebäude über Wärmenetze versorgt (s. Abbildung 26).

Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete werden individuell beheizt. In Gebäuden mit Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs durch eine Wärmepumpe wird diese eingesetzt. Falls auf dem jeweiligen Flurstück die Möglichkeiten zur Installation einer Wärmepumpe vorhanden sind, wird eine Luftwärmepumpe oder eine Erdwärmepumpe zugeordnet. Andernfalls wird ein Biomassekessel angenommen. Dieser kommt auch bei großen gewerblichen Gebäuden zum Einsatz. Der mögliche Einsatz von Wasserstoff wurde aufgrund fehlender belastbarer Planungsmöglichkeiten sowie Verfügbarkeit im Szenario nicht betrachtet.

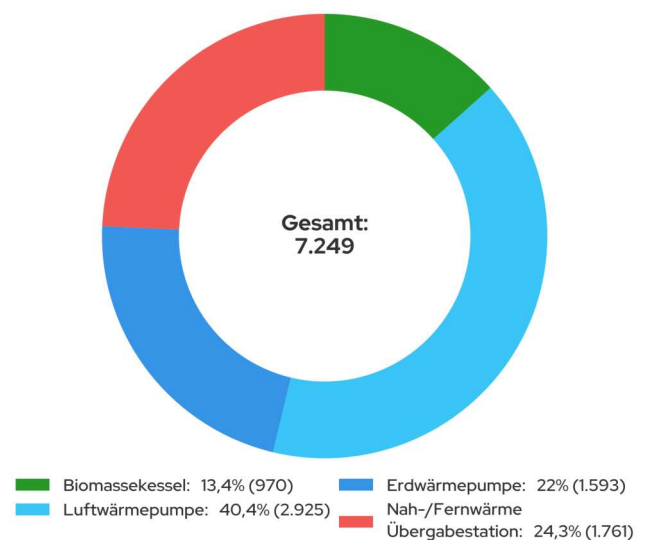


Abbildung 26: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2040

Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 26 für das Jahr 2040 dargestellt. Eine Analyse der eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien macht deutlich, dass 40,4 % der Haushalte zukünftig mit Luftwärmepumpen beheizt werden könnten, was einer Gebäudeanzahl von 2.925 entspricht. Erdwärmepumpen sind in diesem Szenario in 22 % der Gebäude verbaut, was insgesamt 1.593 Gebäuden entspricht. Um diesen Ausbaugrad an Wärmepumpen

zu erreichen, müssten jährlich ca. 202 Luft- und ca. 90 Erdwärmepumpen installiert werden. Einzelheizungen mit Biomasse könnten nach diesen Berechnungen zukünftig in 13,4 % bzw. ca. 970 Gebäuden zum Einsatz kommen.

6.3 Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung

Im Kontext der geplanten Fernwärmeerzeugung bis 2040 wurde eine Prognose hinsichtlich der Zusammensetzung der im Zieljahr verwendeten Energieträger durchgeführt. Diese basiert auf Kenntnissen zu aktuellen und zukünftigen Energieerzeugungstechnologien.

Die Zusammensetzung der im Zieljahr 2040 voraussichtlich für die Fernwärmeversorgung eingesetzten Energieträger ist in Abbildung 28 dargestellt.

Im Zieljahr 2040 könnten die Wärmenetze zu 20% durch Biomasse und zu 45% durch Biogas als Energieträger versorgt werden. Großwärmepumpen, welche Umweltwärme (Luft sowie Geothermie in ausgewählten Randlagen) und Strom kombinieren, könnten zukünftig 35 % der benötigten Wärme für die Fernwärme bereitstellen.

Um das Ziel bis 2040 zu erreichen ist vorgesehen, die Fernwärmeversorgung in den Wärmenetzen auf folgenden Energieträgermix bis 2030 umzurüsten:

- Erdgas 6,3 %
- Biogas 45,0 %
- Biomasse 35,6 %
- Großwärmepumpe (inklusive Strom und Umgebungswärme) 13,1%.

Der Schwerpunkt besteht hierbei auf einer Reduktion des Erdgasbedarfes sowie der Erschließung von Wärmequellen mittels Großwärmepumpen:

Jeder dieser Energieträger wurde aufgrund seiner technischen Eignung, Umweltverträglichkeit und Effizienz im Kontext der Fernwärmeerzeugung ausgewählt. Es ist zu betonen, dass diese initialen Werte in nachgelagerten Machbarkeitsstudien, die für jedes entstehendes Wärmenetz durchgeführt werden, noch weiter verfeinert und validiert werden müssen.

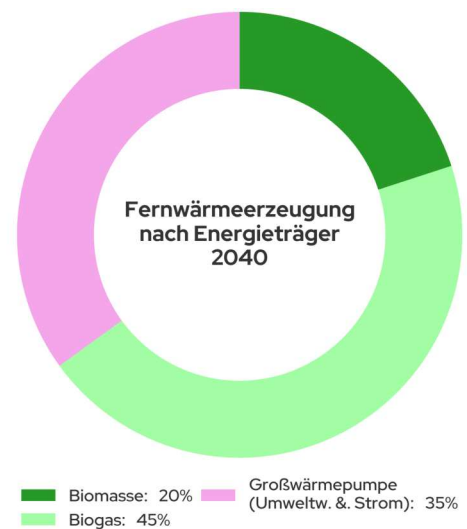


Abbildung 28: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Zieljahr 2040

6.4 Entwicklung der eingesetzten Energieträger

Basierend auf den zugewiesenen Wärmeerzeugungstechnologien aller Gebäude im Projektgebiet wird der Energieträgermix für das Zieljahr 2040 berechnet.

Der Energieträgermix zur Deckung des zukünftigen Endenergiebedarfs gibt Auskunft darüber, welche Energieträger in Zukunft zur Wärmeversorgung in Wärmenetzen und in der Einzelversorgung zum Einsatz kommen.

Zunächst wird jedem Gebäude ein Energieträger zugewiesen. Anschließend wird dessen Endenergiebedarf basierend auf dem Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie sowie des Wärmebedarfs berechnet. Dafür wird der jeweilige Wärmebedarf im Zieljahr durch den thermischen Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie dividiert. Der Endenergiebedarf nach Energieträger für das Zwischenjahr 2030 sowie das Zieljahr 2040 ist in Abbildung 29 dargestellt.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Energieträger am Endenergiebedarf erfährt einen Übergang von fossilen hin zu nachhaltigen

Energieträgern. Zudem sinkt der gesamte Endenergiebedarf durch die Annahme fortschreitender Sanierungen.

Der Anteil der Fernwärme am Endenergiebedarf 2040 wird über das betrachtete Zwischenjahr 2030 deutlich steigen. In diesem Szenario wird angenommen, dass sämtliche in den Workshops im Rahmen der Akteursbeteiligung erarbeiteten Wärmenetz-Eignungsgebiete vollständig erschlossen sein werden.

Der Anteil von Strom für dezentrale Wärmepumpen am Endenergiebedarf 2040 fällt trotz der 62,4 % mit dezentralen Luft- oder Erdwärmepumpen beheizten Gebäude vergleichsweise gering aus. Aufgrund der angenommenen Jahresarbeitszahl von ca. drei für die Wärmepumpen fällt der Strombedarf geringer aus als die durch die Wärmepumpen bereitgestellte Wärmemenge.

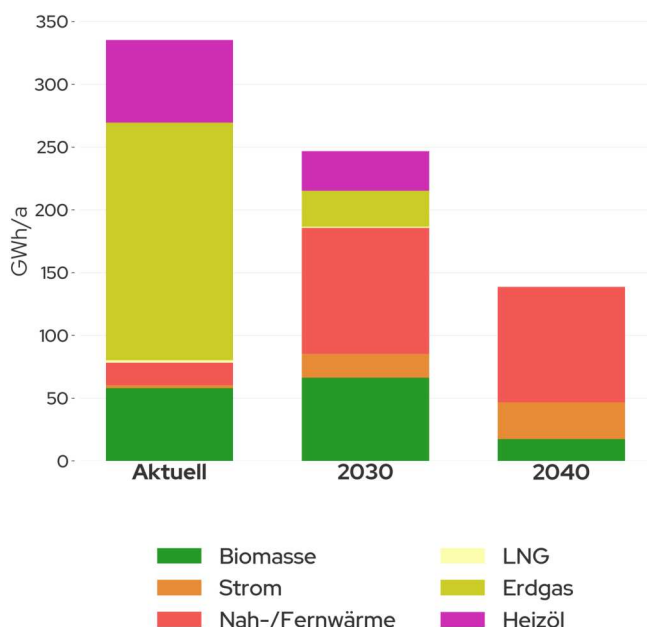


Abbildung 29: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf (exklusiv der Umweltwärme von Wärmepumpen)

6.5 Bestimmung der Treibhausgasemissionen

Die dargestellten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger bei der

Einzelversorgung und in Wärmenetzen führen zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 30). Es zeigt sich, dass im angenommenen Szenario im Zieljahr 2040 eine Reduktion um ca. 95 % verglichen mit dem Basisjahr erzielt werden kann. Dies bedeutet, dass ein CO₂-Restbudget im Wärmesektor von ca. 6.793 tCO₂ im Jahr 2040 anfällt. Dieses muss kompensiert oder durch weitere technische Maßnahmen im Rahmen des kommunalen Klimaschutzes bilanziell reduziert werden, um die Treibhausgasneutralität im Zieljahr zu erreichen. Das Restbudget ist den Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energieträger zuzuschreiben, die auf die Emissionen entlang der Wertschöpfungskette (z. B. Fertigung und Installation) zurückzuführen sind.

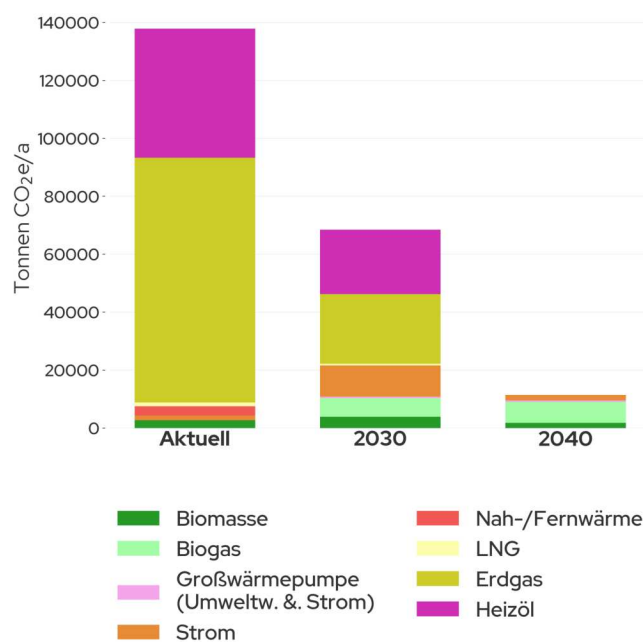


Abbildung 30: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

Einen wesentlichen Einfluss auf die zukünftigen THG-Emissionen haben neben der eingesetzten Technologie auch die zukünftigen Emissionsfaktoren. Für die vorliegende Berechnung wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten Faktoren angenommen. Gerade im Stromsektor wird von einer erheblichen Reduktion der CO₂-Intensität ausgegangen, was sich positiv auf die

CO₂- Emissionen von Wärmepumpenheizungen auswirkt.

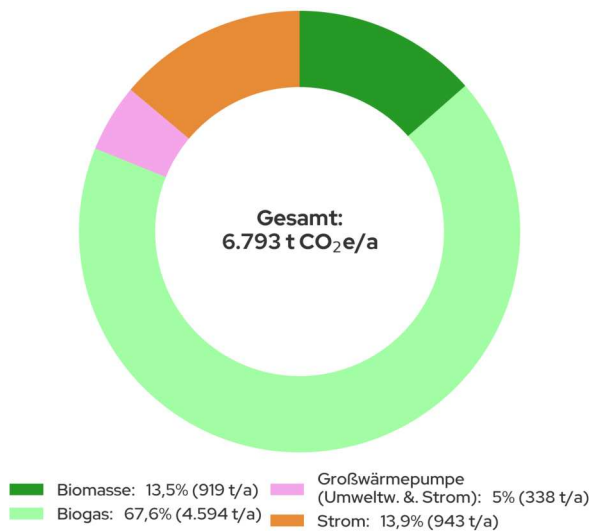


Abbildung 31: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2040

Wie in Abbildung 31 zu sehen ist, wird im Jahr 2040 Biogas den Großteil der verbleibenden Emissionen ausmachen. Um eine vollständige Treibhausgasneutralität erreichen zu können, sollte im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung der Kompensation dieses Restbudgets Rechnung getragen werden.

6.6 Zusammenfassung des Zielszenarios

Durch die Simulation des Zielszenarios zeigt sich, wie sich der Wärmebedarf bis ins Zieljahr 2040 bei einer Sanierungsquote von 2 % entwickelt. Der bundesweite Durchschnitt der Sanierungsquote liegt aktuell jedoch bei lediglich 0,8 %. Dies unterstreicht die Dringlichkeit großflächiger Sanierungen, um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten.

Im betrachteten Szenario werden ca. die Hälfte der Gebäude dezentral über Wärmepumpen oder Biomasse beheizt. Parallel dazu wird der Ausbau der

Fernwärmeversorgung vorangetrieben und es wird angenommen, dass im Zieljahr 2040 alle Wärmenetze der erarbeiteten Eignungsgebiete umgesetzt sind. Um die Dekarbonisierung des Wärmesektors im Projektgebiet zu erreichen, müssen konsequent erneuerbare Energiequellen auf dem Projektgebiet erschlossen werden. Auch wenn dies, wie im Zielszenario angenommen, erreicht wird, bleiben 2040 Restemissionen von 6.793 tCO₂/a. Im Rahmen der Fortschreibungen des Wärmeplans müssen hierzu weitere Maßnahmen und Strategien entwickelt werden, um eine vollständige Treibhausgasneutralität des Wärmesektors erreichen zu können.

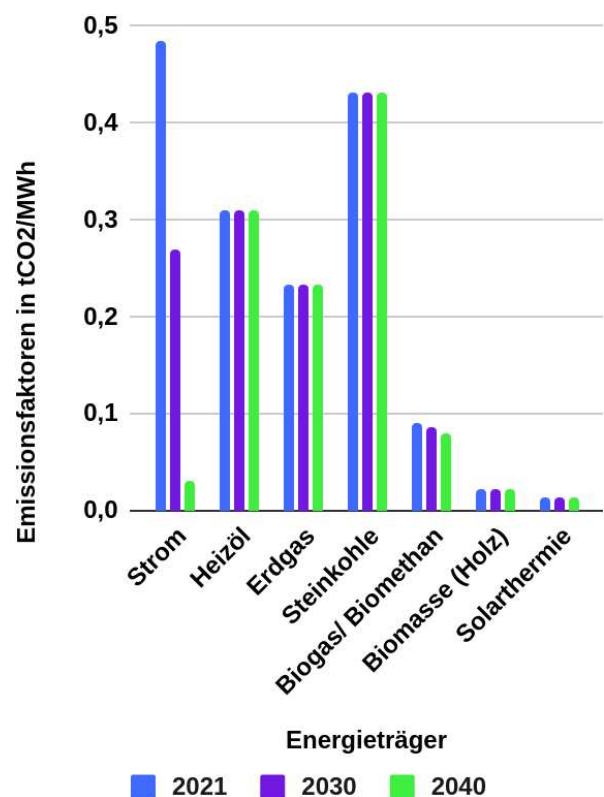


Abbildung 32: Emissionsfaktoren in tCO₂/MWh (Quelle: KEA-BW2023)

7 Maßnahmen und Wärmewendestrategie

In den vorhergehenden Kapiteln dieses Berichts wurden die wichtigsten Elemente einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung identifiziert, Eignungsgebiete bestimmt und simulativ quantifiziert. Auf dem Weg zur Umsetzung der Wärmewende wurden diese im Rahmen der Beteiligung, konkretisiert und in Maßnahmen überführt.

Die Maßnahmen bilden den Kern des Wärmeplans und bieten den Einstieg in die Transformation zum angestrebten Zielszenario. Gemäß § 27 Abs. 2 KlimaG BW sind mindestens fünf Maßnahmen im Wärmeplan zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll. Diese können sowohl „harte“ Maßnahmen mit messbarer CO₂-Einsparung als auch "weiche" Maßnahmen, etwa in der Öffentlichkeitsarbeit, sein. Für die Auswahl der quantitativen Maßnahmen dienten die Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse als Grundlage. In Kombination mit dem Fachwissen beteiligter Akteure, greenventory sowie der lokalen Expertise der Stadtverwaltung, wurde der Handlungsspielraum so eingegrenzt, dass fünf zielführende Maßnahmen je Kommune identifiziert werden konnten. Diese wurden in Workshops diskutiert und verfeinert. Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmen vorgestellt. Zu jeder Maßnahme werden eine geografische Verortung vorgenommen sowie die wichtigsten Kennzahlen ausgewiesen. Als Berechnungsgrundlage zum CO₂-Einsparungspotenzial jeder Maßnahme dienten die Parameter des KEA-BW Technikcatalogs.

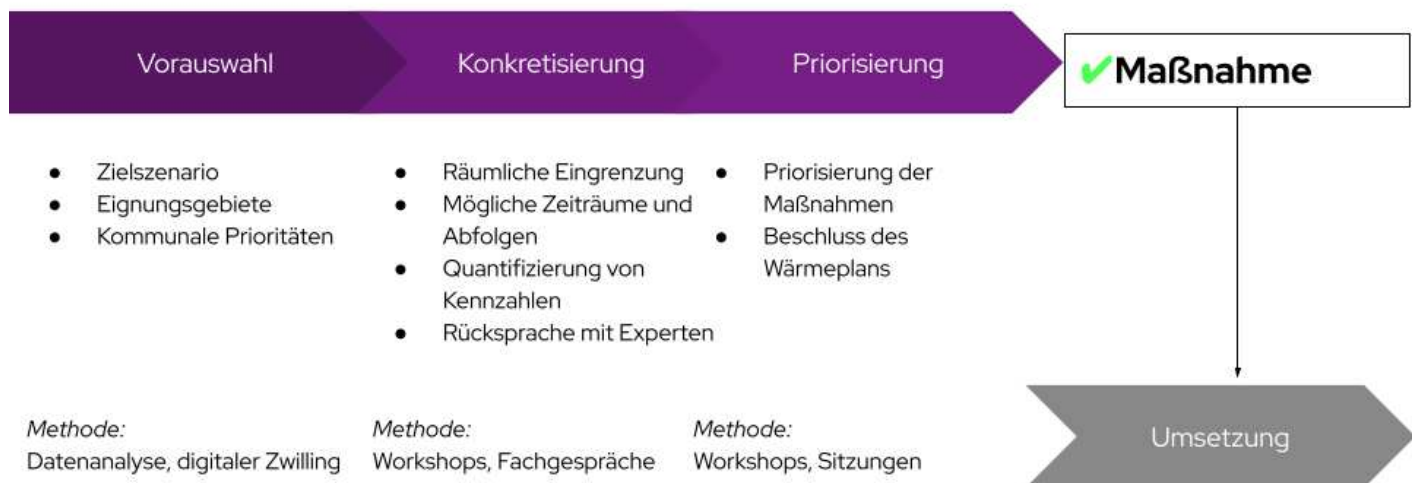
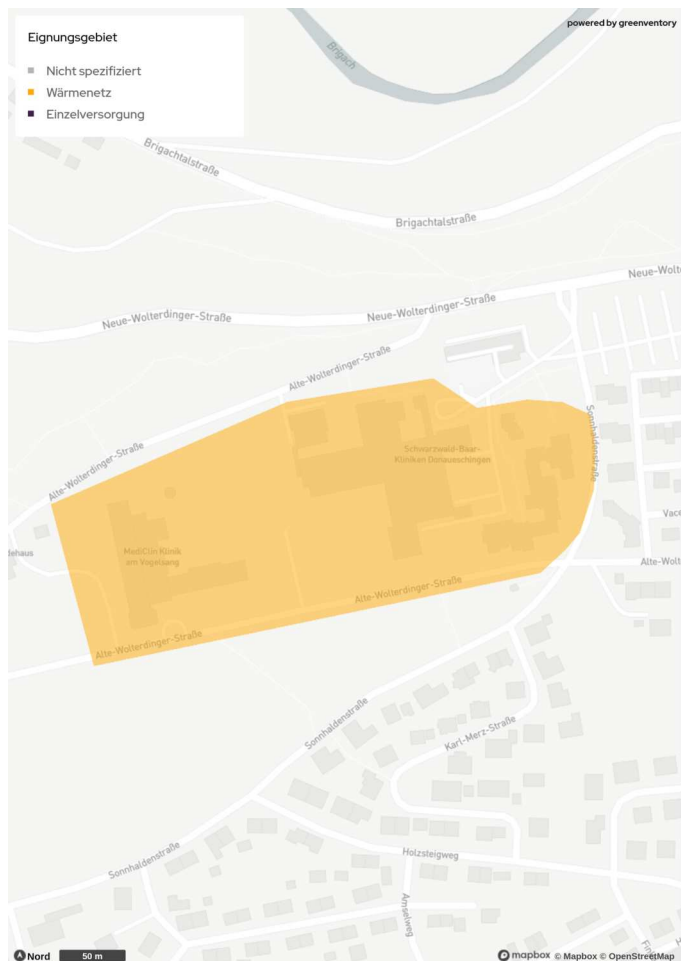


Abbildung 33: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios

7.1 Erarbeitete Maßnahmen Donaueschingen

- **Wärmeversorgungskonzept Kliniken und Gewerbe:** Als Gebäudekomplex mit sehr hohem Wärmebedarf ist die Dekarbonisierung der Klinik in Donaueschingen ein wichtiger Baustein der Wärmewende
- **BEW-Machbarkeitsstudie Nahwärme Pfohren Biogasanlage Leimgrabenhof:** Machbarkeitsstudie eines Nahwärmenetzes in Pfohren. Betreiber der Biogasanlage am Leimgrabenhof hat sein Interesse geäußert. Machbarkeitsstudie ermöglicht eine die Detailplanung
- **BEW-Machbarkeitsstudie Flusswasser aus der Breg - Allmendshofen:** Machbarkeitsstudie zur Nutzung von Gewässerwärme aus der Breg.
- **BEW-Machbarkeitsstudie Nahwärme Neudingen:** Machbarkeitsstudie zur Nutzung eines Satelliten BHKWs zur Nutzung des Biogases des Teilhofes zur Wärmeversorgung von Neudingen
- **Geothermie in Hubertshofen:** Untersuchung unter welchen Bedingungen ein kaltes Nahwärmenetz sinnig ist unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit für zukünftige Kunden.

7.1.1 Maßnahme 1: BEW-Machbarkeitsstudie Wärmeversorgungskonzept Kliniken und Gewerbe:



CO₂-Emissionen heute: 2.261 t-CO₂/a

CO₂-Emissionen 2040: 692 t-CO₂/a

Einsparpotential: 1.569 t-CO₂/a

Art der Maßnahme:  Planung & Studie

 Wärmenetz

Geschätzte Kosten: ~ 70.000 € (Konzept)

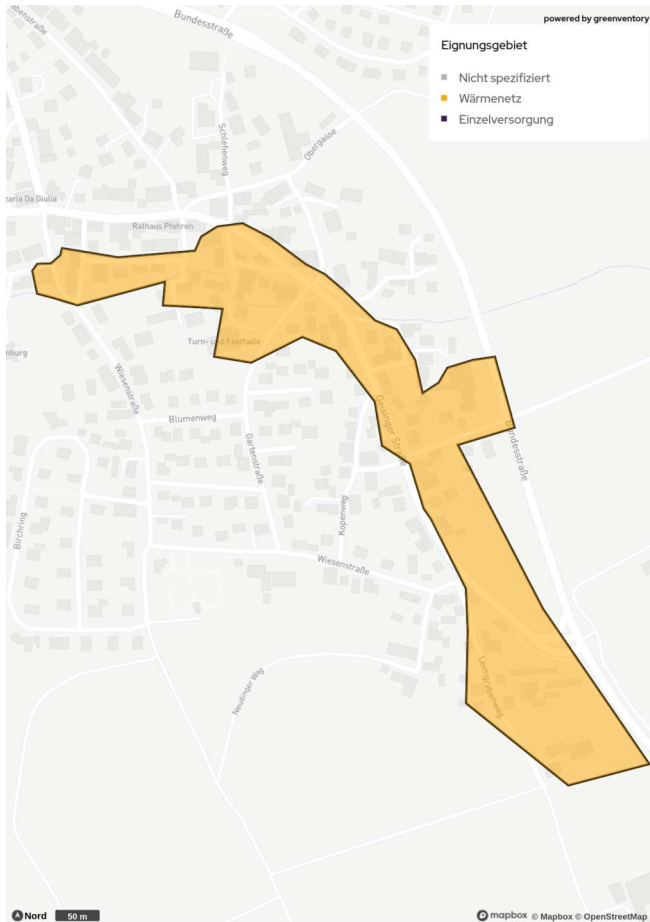
Wärmebedarf 7,9 GWh

Beschreibung:

Aktuell erfolgt die Wärmeversorgung der Klinik fossil mittels Erdgas. Der Wärmebedarf des Areals beträgt 7,93 GWh/a. Damit ist die Klinik einer der größten Erdgasverbraucher in Donaueschingen. Entsprechend groß ist die Wirksamkeit einer Dekarbonisierung. In der Praxis gibt es einige positive Beispiele zur Verwendung von Solarthermie in Krankenhäusern und Kliniken.

Die für die Heiztechnik der Klinik zuständigen SVS haben auf Anfrage mitgeteilt, hier kein Wärmenetz betreiben zu wollen, aber sich den Anschluss an ein Wärmenetz Dritter vorstellen zu können. Dies macht die Klinik zu einem wichtigen Ankerkunden für potentielle Energieversorger.

7.1.2 Maßnahme 2: BEW-Machbarkeitsstudie Nahwärme Pfohren Biogasanlage Leimgrabenhof:



CO₂-Emissionen heute: 1.129 t-CO₂/a

CO₂-Emissionen 2040: 30 t-CO₂/a

Einsparpotential: 1.099 t-CO₂/a

Art der Maßnahme:  Planung & Studie

 Wärmenetz

Geschätzte Kosten: ~ 70.000 € (Konzept)

Akteure Leimgrabenhof
Stadtverwaltung

Geschätzte Leitungslängen: 1.145 m

Wärmebedarf (Stand 2022): 1,97 GWh/a

Potenzial Biogashof: ~ 1 GWh/a

Wärmelinienendichte: 1.145 kWh/(m a)

Investition Wärmenetz⁶: 1,5 Mio. €

Anzahl neue Abnehmer: 74

Geschätzter Wärmepreis: 17 - 23 ct/kWh

Beschreibung:

Das definierte Gebiet umfasst auch die kommunalen Gebäude in Pfohren, welche wichtige Ankerkunden des Gebietes sind und maßgeblich zur Realisierung des Nahwärmenetzes werden beitragen müssen.

Der aktuelle Wärmebedarf des gesamten Gebietes beträgt aktuell 1,97 GWh/a. In der Regel ist jedoch eine Anschlussquote zwischen 50 % bis 70 % zu rechnen. In nächster Nähe zum Gebiet liegt der Leimgrabenhof, welcher über eine Biogasanlage verfügt. Die Wärme, die in der Biogasanlage des Leimgrabenhofes erzeugt wird, kann für den Betrieb eines Nahwärmenetzes genutzt werden. Der Betreiber des Leimgrabenhofes gab bekannt, dass in den letzten Jahren jeweils etwas über eine Gigawattstunde jährlich an Wärme anfällt.

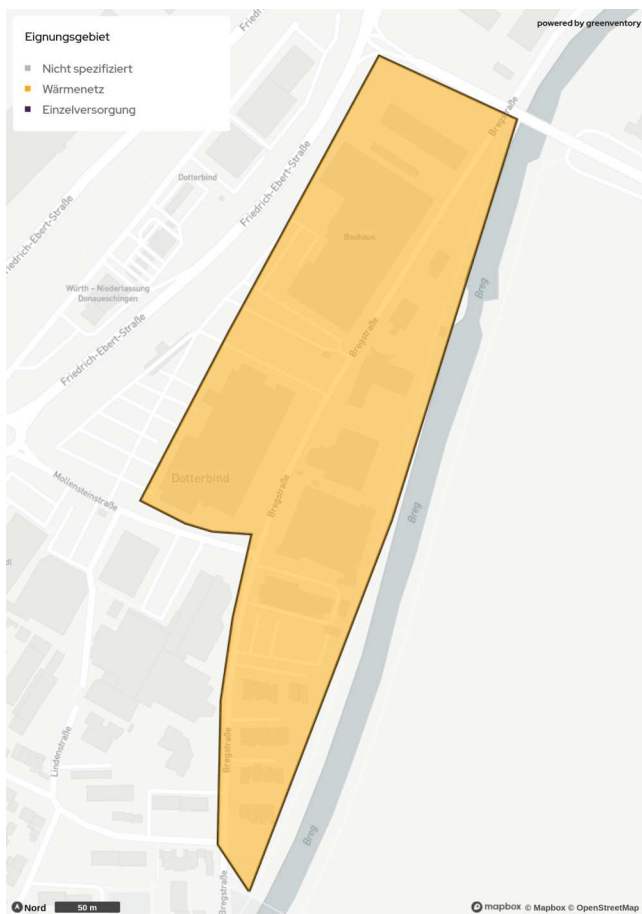
Perspektivisch hat das Gebiet im Süden (Nähe zum Leimgrabenhof) eine hohe Aussicht auf eine Erschließung mittels eines Wärmenetzes, da der Betreiber des Hofes bereits sein Interesse geäußert hat. Wie weit die Erschließung im Nordwesten erfolgt, hängt von der erreichbaren Anschlussquote und den getätigten Sanierungen (folgende Reduktion des Wärmebedarfes) ab. Bei erfolgreicher Implementierung dieses Nahwärmenetzes kann die Erschließung einer weiteren Wärmequelle geplant werden.

Es empfiehlt sich, eine staatlich geförderte Machbarkeitsstudie durchzuführen.

Perspektivisch bietet die Donau im Westen des Gebietes eine erschließbare Wärmequelle für eine Flusswärmepumpe. Diese wird jedoch erst dann erschlossen, nachdem die Biogasanlage vollständig ausgeschöpft ist.

⁶ Dies inkludiert lediglich die Installation sowie die materiellen Kosten des Wärmenetzes, exklusive der Hausanschlusskosten sowie der Hausübergabestationen.

7.1.3 Maßnahme 3: BEW-Machbarkeitsstudie Flusswasser aus der Breg - Allmendshofen



CO₂-Emissionen heute: 522 t-CO₂/a

CO₂-Emissionen 2040: 52 t-CO₂/a

Einsparpotential: 470 t-CO₂/a

Art der Maßnahme:  Planung & Studie

 Wärmenetz

Geschätzte Kosten Studie: ~ 50.000 €

Akteure: Stadtverwaltung
Ansässiges Gewerbe
Netzbetreiber

Geschätzte Leitungslängen: 818 m

Wärmebedarf (Stand 2022): 2,17 GWh/a

Potenzial Gewässerwärme Breg: > 10 GWh/a

Wärmeliniedichte: 3.527 kWh/(m a)

Investition Wärmenetz⁷: 956.000 €.

Anzahl neue Abnehmer 30

Geschätzter Wärmepreis: 9 - 15 ct/kWh

Beschreibung:

Das Gewerbegebiet sowie die im Süden befindlichen Bauten weisen einen hohen Wärmebedarf auf. Die angrenzende Breg bietet eine günstige Wärmequelle für eine zentrale Flusswärmepumpe. Diese könnte das markierte Areal mit treibhausgasneutraler Wärme versorgen (sofern der Strom CO₂-neutral erzeugt wurde). Die Jahresarbeitszahl einer Flusswärmepumpe liegt laut Agora zwischen 2,5 und 3. Es ist damit zu rechnen, dass eine Spitzenlasttechnologie, wie beispielsweise ein Biomassekessel, ebenfalls verbaut werden muss. Dies ist zum einen für die Redundanz des Systems wichtig, aber auch für die Sicherstellung ausreichender Wärmeleistung zu Spitzenlastzeiten. Eine Optimierung der Auslegung der Erzeugungstechnologien kann jedoch nur basierend auf einer Machbarkeitsstudie erfolgen.

Die technische Planung des Netzes sowie die Machbarkeit kann im Rahmen einer staatlich geförderten BEW Studie durchgeführt werden. Hierbei empfiehlt es sich, das ansässige Gewerbe mit einzubeziehen und Synergien zu finden sowie das geringst mögliche Temperaturniveau des Wärmenetzes zu definieren.

Der geschätzte Wärmepreis basiert auf den in 5.4 angegebenen Annahmen berechnet.

⁷ Dies inkludiert lediglich die Installation sowie die materiellen Kosten des Wärmenetzes, exklusive der Hausanschlusskosten sowie der Hausübergabestationen. Diese Kosten müssen häufig von den Endkunden getragen werden. Es gibt hierzu jedoch verschiedene vertriebliche Vertragsmöglichkeiten.

7.1.4 Maßnahme 4: BEW-Machbarkeitsstudie Nahwärme Neudingen Satelliten BHKW Teilhof



CO₂-Emissionen heute: 822 t-CO₂/a

CO₂-Emissionen 2040: 24 t-CO₂/a

Einsparpotential: 798 t-CO₂/a

Art der Maßnahme:  Planung & Studie
 Wärmenetz

Geschätzte Kosten: ~ 70.000 € (Konzept)

Akteure Stadtverwaltung

Geschätzte Leitungslängen: 2.890 m

Wärmebedarf (Stand 2022): 5,2 GWh/a

Potenzial Biotagehof Teilhof: 5,9 GWh/a⁸

Wärmeliniendichte: 2.249 kWh/(m a)

Investition Wärmenetz⁹: 3,4 Mio. €

Anzahl neue Abnehmer 121

Geschätzter Wärmepreis: 12 - 18 ct/kWh

Beschreibung:

In der Nähe des Eignungsgebietes (nördlich) liegt der Teilhof, welcher eine Biogasanlage betreibt. Mittels einer Biogasleitung kann das Biogas in die Nähe des Ortes verlustfrei transportiert werden. Vor Ort kann mittels einer KWK-Anlage sowohl Strom als auch Wärme sehr effizient erzeugt und an die Wärmeverbraucher transportiert werden. Ankerkunden des Gebietes bieten die kommunalen Gebäude im Ortskern.

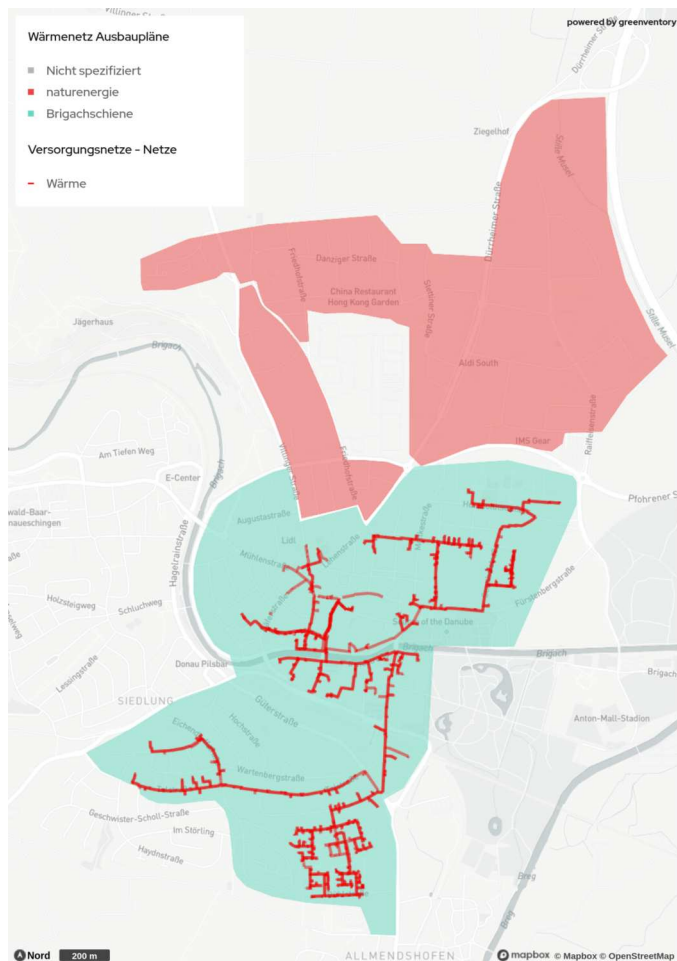
Es empfiehlt sich, einen Akteur zu finden, welcher bereit ist, das Wärmenetz zu betreiben und die Machbarkeitsstudie zu begleiten.

Perspektivisch: Der Gewerbekanal der Donau verläuft hier in direkter Nähe zu dem definierten Eignungsgebiet. Basierend auf der aktuellen Datenlage wurde ein Potenzial zur Nutzung des Gewässers als Wärmequelle identifiziert. Eine technische Prüfung kann die Realisierbarkeit sowie eine technisch-ökonomische Abwägung der Erschließung dieser Wärmequelle prüfen.

⁸ Basierend auf dem Biogas Abschlussbericht, zu prüfen ist welche Menge dieses Potenzials noch Verfügbar ist

⁹ Dies inkludiert lediglich die Installation sowie die materiellen Kosten des Wärmenetzes, exklusive der Hausanschlusskosten sowie der Hausübergabestationen.

7.1.5 Maßnahme 5: Ausbau bestehender Wärmenetze Donaueschingen



CO₂-Emissionen heute: 20.490 t-CO₂/a

CO₂-Emissionen 2040: 6.787 t-CO₂/a

Einsparpotential: 13.703 t-CO₂/a

Art der Maßnahme:  Planung & Studie

 Wärmenetz

Geschätzte Kosten: bereits in Erarbeitung

Akteure

- Nahwärme Brigachschiene
- naturenergie
- Stadtverwaltung
- Donaueschingen

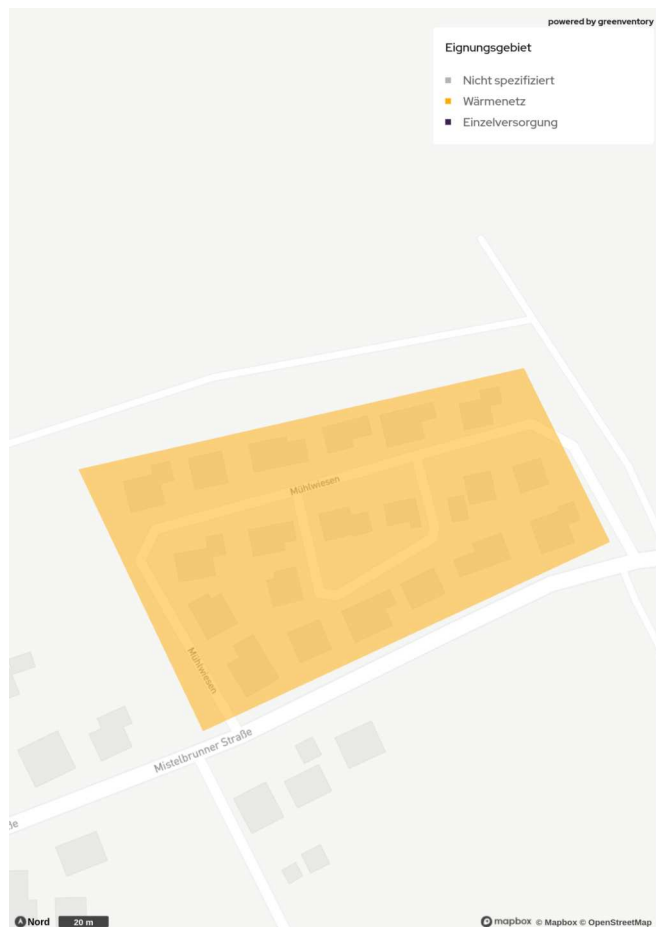
Kosten und Wärmepreise, sowie die technischen Anschlussbedingungen, werden von den Energieversorgungsunternehmen veröffentlicht.

Beschreibung:

Das Gebiet des Nahwärmenetzes Donaueschingen (Betreiber Nahwärme Brigachschiene) wird in mehrstufigen Ausbaustufen ausgebaut werden. Der Betreiber stellt Informationen zu den Anschlussbedingungen bereits auf seiner Webseite bereit, die für Gebäude im Gebiet des Bestandsnetzes gültig sind. Das Bestandsnetz wird mit Biomethan und Hackschnitzel mit Wärme versorgt. Die Vorlauftemperatur des Netzes beträgt aktuell bis zu 90 °C, wird jedoch witterungsbedingt gefahren. Mit Sanierungsmaßnahmen der Bestandsgebäude kann die Vorlauftemperatur in Zukunft auch gesenkt werden, so dass die Verteilungsverluste reduziert werden können. Die Netzverluste beliefen sich 2015 auf 20 % (erhoben aus den Daten des Energieatlas BW). Mittels einer Nachverdichtung des Netzes können diese reduziert werden.

Der Betreiber muss prüfen, ob bei einer Erweiterung des Bestandsnetzes neue Wärmequellen erschlossen werden müssen. Perspektivisch könnte der Einsatz einer Gewässerwärmepumpe in Frage kommen. Die Kombination einer Flusswärmepumpe und eines Biomethan-BHKW bietet eine günstige Synergie, die sich durch eine intelligente Nutzung von Strompreisunterschieden auszeichnet. In Zeiten hoher Strompreise kann das BHKW hauptsächlich Strom erzeugen und diesen am Strommarkt vermarkten. Zu Zeiten mit niedrigen Strompreisen kann die Wärmepumpe günstig betrieben werden und günstig erzeugte Wärme in einem Pufferspeicher für einen späteren Zeitpunkt bereitstellen.

7.1.6 Maßnahme 6: Untersuchung Kalte Nahwärme, oberflächennahe Geothermie als Wärmequelle in Hubertshofen



CO₂-Emissionen heute: 822 t-CO₂/a

CO₂-Emissionen 2040: 24 t-CO₂/a

Einsparpotential: 798 t-CO₂/a

Art der Maßnahme:  Planung & Studie
 Wärmenetz

Geschätzte Kosten: ~ 70.000 € (Konzept)

Akteure Stadtverwaltung

Geschätzte Leitungslängen: 2.890 m

Wärmebedarf (Stand 2022): 4,2 GWh/a

Wärmeliniendichte: 2.249 kWh/(m a)

Investition Wärmenetz: 0,9 Mio €

Geschätzter Wärmepreis: 15 - 18 ct/kWh

Beschreibung:

Im Rahmen der Wärmeplanung wurde geprüft, unter welchen Bedingungen ein kaltes Nahwärmenetz in Bestandsgebäuden sinnvoll ist. Für Neubaugebiete gibt es Positivbeispiele, in Bestandsgebäuden trifft man jedoch auf einige Herausforderungen. Diese sind beispielsweise die fehlenden Flächenheizungen oder auch die zu geringe Wärmeliniendichte des Gebietes. In Neubaugebieten sind kalte Nahwärmenetze häufig an einen Anschlusszwang gekoppelt und das Netz sowie Erdkollektoren und / oder Erdsonden (Wärmequelle) werden vor der Errichtung der Straßen in den Untergrund verbaut.

Um die Möglichkeit der Inbetriebnahme eines kalten Nahwärmenetzes abzuschätzen, wurde eine Vorprüfung durchgeführt. Dabei wurden die Kosten eines kalten Nahwärmenetzes mit denen einer Einzelversorgung anhand von technisch-ökonomischen Parametern, die sich auf dem KEA-BW-Technikkatalog beziehen, gegenübergestellt worden. Die Ergebnisse der Berechnungen finden Sie in den folgenden Tabellen im Anhang C.

Aus den Berechnungen geht hervor, dass die individuelle Versorgung (Einbau von Luft-Wärmepumpen) günstiger ist als eine zentrale Wärmeversorgungslösung. Auch die Energieversorger haben auf Grund des geringen jährlichen Wärmeabsatz im Gebiet Bedenken geäußert, da bei der Planung keine Skalierungseffekte zu erwarten sind wie es etwa in städtischen Gebieten (höherer Wärmeabsatz) der Fall ist. Eine große Hürde bei der Errichtung eines kalten Nahwärmenetzes ist die hohe initiale Investition für den Bau des Netzes, so dass es oft schwierig ist, einen Akteur zu finden.

Diese Maßnahme wird nur fortgesetzt, wenn absehbar ist, dass die Kosten für ein kaltes Nahwärmenetz mit der dezentralen Wärmeversorgung konkurrenzfähig sind. Hierzu kann Anhang C hinzugezogen werden.

7.2 Übergreifende Wärmewendestrategie für Donaueschingen

In der Startphase der Umsetzung des Wärmeplans sollte der Fokus auf dem Ausbau der Netze innerhalb des Stadtgebietes gelegt werden und in diesem Kontext auch die Einbindung der lokalen Potenziale im Rahmen sowie der Klinik im Rahmen von Machbarkeitsstudien genauer betrachtet werden.

Für die Eignungsgebiete außerhalb der Kernstadt sowie in Allmendshofen sollten die weiteren Untersuchungen für den Bau eines Wärmenetzes initiiert werden. So kann auf Seiten der Bewohner so früh wie möglich Klarheit geschaffen werden, ob und wann es ein Wärmenetz in ihrer Straße geben wird. Im Rahmen der Machbarkeitsstudien werden zudem die Verfügbarkeit von Standorten zukünftiger Heizzentralen geprüft und diese sollten dann im Anschluss gesichert und in der Flächenplanung entsprechend vorgesehen werden. Generell sollten Verknüpfungen zwischen einem möglichen Wärmenetzausbau und laufenden oder geplanten Infrastrukturprojekten gesucht und ausgenutzt werden.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende im Projektgebiet ist nicht nur von technischen Maßnahmen abhängig, sondern erfordert auch den Erhalt und die Stärkung geeigneter Strukturen in der Stadt. Auch ist die Berücksichtigung personeller Kapazitäten für das Thema Wärmewende von Bedeutung, um kontinuierliche Expertise und administrative Kapazitäten sicherzustellen. Diese Personalressourcen werden nicht nur für die Umsetzung, sondern auch für die fortlaufende Überwachung, Optimierung und Kommunikation der Maßnahmen erforderlich sein.

Außerdem sollte ein Schwerpunkt darauf gelegt werden, den Energiebedarf sowohl von kommunalen Liegenschaften als auch Privatgebäuden zu reduzieren. Kommunale Liegenschaften kommt dabei trotz des im Vergleich zum Gesamtgebiet geringen Energiebedarfs ein besonderes Augenmerk zu, da diese einen

Vorbildcharakter haben. Zusätzlich zu Energieberatungsangeboten für Wohngebäude, sollten Förderprogramme für die Installation von Aufdach-PV-Anlagen initiiert werden.

In der mittelfristigen Phase bis 2030 sollte der Bau der Wärmenetze in den definierten Wärmenetzeignungsgebieten wie in den Maßnahmen beschrieben, beginnen. Eine zentrale Rolle in diesem Zeitraum wird auch die Ausarbeitung einer Biomassestrategie für die Bestandsnetze spielen um eine langfristige, kostengünstige und nachhaltige Wärmeversorgung der, nach heutigen Stand, durch Biogas und Holz gespeisten Wärmenetze zu garantieren.

Der Wärmeplan ist nach dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) des Bundes alle 5 Jahre fortzuschreiben, spätestens bis 2030. Teil der Fortschreibung ist die Überprüfung der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen. Dies zieht eine Überarbeitung des Wärmeplans nach sich, durch welche die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im Projektgebiet bis 2040 weiter feinjustiert werden kann.

Langfristige Ziele bis 2035 und 2040 können die Fortführung der Dekarbonisierungsstrategie durch die Implementierung eines consequenten Netzausbaus umfassen, der auch ein Augenmerk auf den Stromsektor sowie ggf. Wasserstoff legt. Bis 2040 sollte im Mittel die jährliche Sanierungsquote von ca. 2 % weiterhin eingehalten werden. Die Umstellung der restlichen konventionellen Wärmequellen auf erneuerbare Energien sollte bis dahin abgeschlossen sein. Hierfür sollte auch die Einrichtung von Wärmespeichern zur besseren Integration erneuerbarer Energien mit fluktuierender Erzeugung berücksichtigt werden.

In Tabelle 3 sind basierend auf der Wärmewendestrategie erweiterte Handlungsempfehlungen aufgelistet. Die Infobox: Kommunale Handlungsmöglichkeiten stellen zudem Möglichkeiten der Kommune zur Gestaltung der Energiewende dar.

Tabelle 3: Erweiterte Handlungsvorschläge für Akteure der kommunalen Wärmewende

Handlungsvorschläge für Schlüsselakteure	
Immobilienbesitzer	➤ Inanspruchnahme von Gebäudeenergieberatungen ➤ Gebäudesanierungen sowie Investition in energieeffiziente Heizsysteme unter Berücksichtigung der zukünftigen Wärmeversorgung laut Wärmeplan ➤ Installation von Photovoltaikanlagen, bei Mehrfamilienhäusern und Evaluation von Mieterstrommodellen oder Dachpacht
Wärmenetzbetreiber und Projektierer	Wärme: ➤ Strategische Evaluation von Wärmenetzebau (Identifikation von geeigneten Gebieten und öffentliche Kommunikation der Ausbaupläne) ➤ Ausbau von Energieeffizienz-Dienstleistungen sowie Contracting ➤ Ausbau bestehender Wärmenetzes (WN) basierend auf KWP und Machbarkeitsstudien ➤ Transformation bestehender Wärmenetze ➤ Bewertung der Machbarkeit von kalten Wärmenetzen in Neubaugebieten ➤ Physische oder vertragliche Erschließung und Sicherung von Flächen sowie Biomasse als Energiequellen für Wärmenetze ➤ Digitalisierung und Monitoring für Wärmenetze
Stadt, Gemeinde	➤ Weitere Unterstützung von Wärmenetzen im Dialog mit Betreibern ➤ Akteurssuche für die Erschließung der Potenziale und der Eignungsgebiete ➤ Stärkung und ggf. Aufbau von lokalen Akteuren im Bereich Wärmenetze und Gebäudeenergieeffizienz ➤ Schaffung der nötigen personellen Kapazitäten für die Wärmewende ➤ Deutliche Beschleunigung der Sanierung kommunaler Liegenschaften ➤ Einführung und Ausbau von Förderprogrammen und Informationskampagnen für Gebäudeenergieeffizienz sowie PV-Ausbau ➤ Öffentlichkeitsarbeit, Information zu KWP ➤ Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans ➤ Durchführung von „Energiekarawanen“ in Ortsteilen und Teilgebieten der Kernstadt

Infobox – Kommunale Handlungsmöglichkeiten

Infobox: Kommunale Handlungsmöglichkeiten

Bauleitplanung bei Neubauten:

Verpflichtende energetische und versorgungstechnische Vorgaben für Neubauten (gem. § 9 Abs. 1 Nr. 12, 23b; § 11 Abs. 1 Nr. 4 und 5 BauGB).

Regulierung im Bestand:

Einführung von Verbrennungsverboten für fossile Energieträger in bestimmten Gebieten (Vorgabe von Emissionsschutznormen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB).

Anschluss- und Benutzungszwang:

Erlass einer Gemeindesatzung zur Festlegung eines Anschluss- und Benutzungszwangs für erneuerbare Wärmeversorgungssysteme.

Verlegung von Fernwärmeleitungen:

Abschluss von Gestattungsverträgen für die Verlegung von Fernwärmeleitungen im Stadtgebiet.

Stadtplanung:

Spezielle Flächen für erneuerbare Wärme in Flächennutzungsplänen.

Stadtumbaumaßnahmen:

Einbindung von Klimaschutz und -anpassung in städtebauliche Erneuerungsprozesse.

Öffentlichkeits- und Bürgerbeteiligung:

Proaktive Informationskampagnen und Bürgerbeteiligungsformate zur Steigerung der Akzeptanz von Wärmewende-Maßnahmen.

Vorbildfunktion der Kommune:

Umsetzung von Best-Practice-Beispielen in öffentlichen Gebäuden.

Direkte Umsetzung bei kommunalen Stadtwerken oder Wohnbaugesellschaften:

Umgehende Umsetzung der Maßnahmen zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei kommunalen Stadtwerken oder Wohnbaugesellschaften.

7.3 Konzept für ein Monitoring der Zielerreichung

Das Monitoringkonzept dient der regelmäßigen Überprüfung und Dokumentation der Fortschritte und der Wirksamkeit der im kommunalen Wärmeplan (KWP) festgelegten Maßnahmen. Ziel ist es, die Zielerreichung hinsichtlich einer treibhausgasneutralen Energieversorgung systematisch zu erfassen, zu bewerten und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen.

7.3.1 Monitoringziele

Erfassung der Effektivität der umgesetzten Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

Sicherstellung der kontinuierlichen Verbesserung der energetischen Leistung kommunaler Liegenschaften

Frühzeitige Identifikation von Abweichungen und Handlungsbedarf

Dokumentation des Fortschritts zur Vorlage beim zuständigen Ministerium

7.3.2 Monitoringinstrumente und -methoden

Energiemanagementsystem: Implementierung eines kommunalen Energiemanagementsystems (KEMS) zur Erfassung, Analyse und Verwaltung des Energieverbrauchs aller kommunalen Liegenschaften. Das KEMS soll automatisierte Energieverbrauchsdaten

erfassen, um den manuellen Erfassungsaufwand zu minimieren und die Datenqualität zu verbessern.

Energieaudits: Regelmäßige Durchführung von Energieaudits in kommunalen Liegenschaften zur Identifikation von Einsparpotenzialen und zur Überprüfung der Wirksamkeit bereits umgesetzter Maßnahmen.

Kennzahlen und Indikatoren (nach Möglichkeit georeferenziert): Entwicklung und Anwendung spezifischer Indikatoren für Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen, um den Fortschritt quantitativ messen zu können. Wichtige Indikatoren können hierbei sein: Energiebedarf, Erneuerbare Erzeugung, CO₂-Emissionen sowie Reduktionen, durchgeführte Sanierungsmaßnahmen, km-Wärmenetzbau, Anzahl Wärmepumpen, Anzahl PV-Anlagen.

Benchmarking: Vergleich der Energieeffizienzleistung mit ähnlichen Kommunen oder mit branchenspezifischen Benchmarks, um Best Practices zu identifizieren und Leistungslücken aufzudecken.

7.3.3 Datenerfassung und -analyse

Jährliche Energieverbrauchsdocumentation: Alle Energieverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften werden jährlich erfasst und ausgewertet. Dazu gehören Strom, Wärme, Kälte und, falls vorhanden, Gas. Diese können im digitalen Zwilling aktualisiert werden.

Treibhausgasbilanzierung: Erstellung einer jährlichen CO₂-Bilanz für die kommunalen Liegenschaften, basierend auf den erfassten Energieverbrauchsdaten, um die Entwicklung der Emissionen im Zeitverlauf zu verfolgen.

7.3.4 Berichterstattung und Kommunikation

Jährliche interne Berichte: Erstellung jährlicher Berichte für die interne Verwendung, um die Entwicklungen, Erfolge und Herausforderungen transparent zu machen und das Bewusstsein für Energieeffizienz und Klimaschutz innerhalb der Kommunalverwaltung zu stärken.

Dreijährige Berichterstattung an das Ministerium: Alle drei Jahre wird ein umfassender Bericht über die Fortführung des KWP, ergänzt um die dokumentierten Energieverbräuche, an das zuständige Ministerium für Energie und Klimaschutz übermittelt. Dieser Bericht umfasst eine Bewertung der Zielerreichung, eine Zusammenfassung der umgesetzten Maßnahmen und eine Vorschau auf geplante Maßnahmen.

Organisation von Networking-Events für alle relevanten Stakeholder der Wärmewende in Donaueschingen. Diese Veranstaltungen dienen als zentrale Plattform, um Vertreter aus der Stadtverwaltung, der lokalen Wirtschaft, Energieanbietern, Immobilienbesitzern sowie der Bürgerschaft zu vernetzen und die Akzeptanz sowie die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen zu unterstützen.

7.4 Finanzierung

Die Umsetzung der Wärmewende stellt eine erhebliche finanzielle Herausforderung dar, die eine koordinierte Anstrengung von öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren erfordert. Es ist unerlässlich, eine multifaktorielle Finanzierungsstrategie zu entwickeln, die mehrere Einkommensquellen und Finanzinstrumente berücksichtigt.

Öffentliche Finanzierung: Staatliche Förderprogramme, sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene, sind ein entscheidender Faktor der Finanzierungsstruktur. Diese Mittel könnten insbesondere für anfängliche Investitionen in Infrastruktur und Technologieeinführung entscheidend sein. Zudem wird empfohlen, einen festen Anteil des kommunalen Haushalts für die Wärmewende vorzusehen. Eine genaue Quantifizierung muss von den beschlossenen und geplanten Zielen der Stadt abhängen.

Private Investitionen und PPP: Über die Einbindung von Privatunternehmen durch Public-Private-Partnerships (PPP) können finanzielle Ressourcen für Wärmeprojekte mobilisiert werden. Gerade für den großflächigen Ausbau von

Wärmenetzen ist es gewünscht, auch lokale Initiativen und Akteure aus dem privaten Sektor zu unterstützen. Darüber hinaus können spezialisierte Kreditprogramme von Banken und Finanzinstituten eine wichtige Rolle spielen.

Bürgerbeteiligung: Die Möglichkeit einer Bürgerfinanzierung über Genossenschaftsmodelle oder Crowdfunding-Plattformen sollte aktiv beworben werden. Das erhöht die finanzielle Kapazität und stärkt die öffentliche Akzeptanz der Maßnahmen.

Gebühren und Einnahmen: Eine strategische Preisgestaltung für Wärmeabgabe und Energieeinspar-Contracting kann sowohl die Kosten decken als auch den Verbrauch regulieren.

7.5 Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende

Die Investition in eine erneuerbare Wärmeversorgung bietet nicht nur ökologische, sondern kann auch ökonomische Vorteile bieten. Einer der entscheidenden Aspekte ist die Schaffung neuer Arbeitsplätze in unterschiedlichen Sektoren, von der Entwicklung bis zur Wartung erneuerbarer Wärmetechnologien. Diese Diversifizierung des Arbeitsmarktes belebt die regionale Wirtschaft und fördert gleichzeitig die lokale Wertschöpfung. Kapital, das in lokale erneuerbare Energieressourcen und Technologien investiert wird, bleibt innerhalb der Stadt und fördert die lokale Wirtschaft in einem breiten Spektrum. Die langfristigen Betriebskosten für erneuerbare Wärmequellen wie Solarthermie und Geothermie sind in der Regel niedriger als bei fossilen Brennstoffen. Da dies jedoch von vielen Faktoren abhängt, bleibt abzuwarten, ob dadurch signifikante finanzielle Entlastungen bei den Wärmeabnehmern möglich sein werden. Lokale Handwerksbetriebe und Zulieferer können von der gesteigerten Nachfrage nach Installations- und Wartungsdienstleistungen profitieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der potenzielle Anstieg der Steuereinnahmen durch die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Zudem kann die lokale Energieproduktion die Abhängigkeit von volatilen,

globalen Energiemärkten reduzieren. Insgesamt sollte die Finanzierung der Wärmewende als eine Investition in die wirtschaftliche Vitalität und nachhaltige Zukunft betrachtet werden.

7.6 Fördermöglichkeiten

Folgende Fördermöglichkeiten orientieren sich an den beschriebenen Maßnahmen und werden zu deren Umsetzung empfohlen:

- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- Investitionskredit Kommunen / Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen (KfW)

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) entwickelt, die Zuschüsse für Investitionen in Wärmenetze ermöglicht. Zielgruppen sind Energieversorgungsunternehmen, Kommunen, Stadtwerke und Vereine / Genossenschaften. Es soll die Dekarbonisierung der Wärme- und Kältenetze in Deutschland beschleunigen. Die Förderung konzentriert sich auf den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen (mindestens 75 %) an erneuerbaren Energien und Abwärme sowie den Ausbau und die Umgestaltung bestehender Netze. Nach einer zeitweiligen Pausierung des Programms ist aktuell (Stand: Februar 2024) die Antragstellung und Bewilligung von Anträgen unter Vorbehalt verfügbarer Haushaltsmittel möglich. Das Förderprogramm ist in vier Module gegliedert, die im Folgenden beschrieben werden:

Gefördert werden im ersten Schritt (Modul 1) die Kosten für Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze und Transformationspläne für den Umbau bestehender Wärmenetzsysteme. Die Förderung beträgt bis zu 50 % der förderfähigen Ausgaben und ist auf 2 Mio. Euro pro Antrag begrenzt. Es gibt darüber hinaus Investitionszuschüsse von bis zu 40 % für Maßnahmen für den Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 % mit erneuerbaren Energien und Abwärme

gespeist werden sowie für die Bestandsinfrastruktur von Wärmenetzen (Modul 2). Auch bei Bestandswärmenetzen sind gewisse Einzelmaßnahmen (Modul 3) aus Solarthermieranlagen, Wärmepumpen, Biomassekessel, Wärmespeicher, Rohrleitungen für den Anschluss von EE-Erzeugern und Abwärme sowie für die Erweiterung von Wärmenetzen, und Wärmeübergabestationen, mit bis zu 40 % der Ausgaben förderfähig. Des Weiteren besteht eine Betriebskostenförderung (Module 4) für erneuerbare Wärmeerzeugung aus Solarthermieranlagen und strombetriebenen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen (BAFA, 2024).

Im Hinblick auf das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) angepasst (BMWSB, 2023). Die BEG vereint verschiedene frühere Förderprogramme zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich. Das BEG fördert verschiedene Maßnahmen in den Bereichen Einzelmaßnahmen (BEG EM), Wohngebäude (BEG WG) und Nichtwohngebäude (BEG NWG). Im Rahmen der BEG EM werden Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Anlagentechnik, der Wärmeerzeugung, der Heizungsoptimierung, der Fachplanung und Baubegleitung gefördert. Die Fördersätze variieren je

nach Maßnahme. Für den Heizungstausch gibt es Zuschüsse von bis zu 70 %, abhängig von der Art des Wärmeerzeugers und des Antragstellers (BAFA, 2024). Für Bürger:innen, die sich über die verschiedenen Fördermöglichkeiten im Bereich der Energieeffizienz und erneuerbaren Energien informieren möchten, stellt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) eine zentrale Informations- und Antragsstelle dar (BAFA, 2024). Hier können sowohl allgemeine Informationen als auch spezifische Details zu einzelnen Förderprogrammen und Antragsverfahren eingeholt werden. Ab Ende Februar 2024 wird mit dem KfW-Programm 458 zusätzlich eine Heizungsförderung für Privatpersonen etabliert (KfW, 2024)

Der Ende 2023 eingestellte KfW-Zuschuss Energetische Stadtsanierung (Programmnummer 432) für Klimaschutz und -anpassung im Quartier förderte Maßnahmen, die die Energieeffizienz im Quartier erhöhen. Bereits zugesagte Zuschüsse sind von der Beendigung des Programms nicht betroffen und werden ausgezahlt. Als Alternative für die Finanzierung energetischer Maßnahmen nennt die KfW die Programme Investitionskredit Kommunen (IKK) und Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen (IKU), mit denen Investitionen in die kommunale und soziale Infrastruktur gefördert werden (KfW, 2024).

8 Fazit

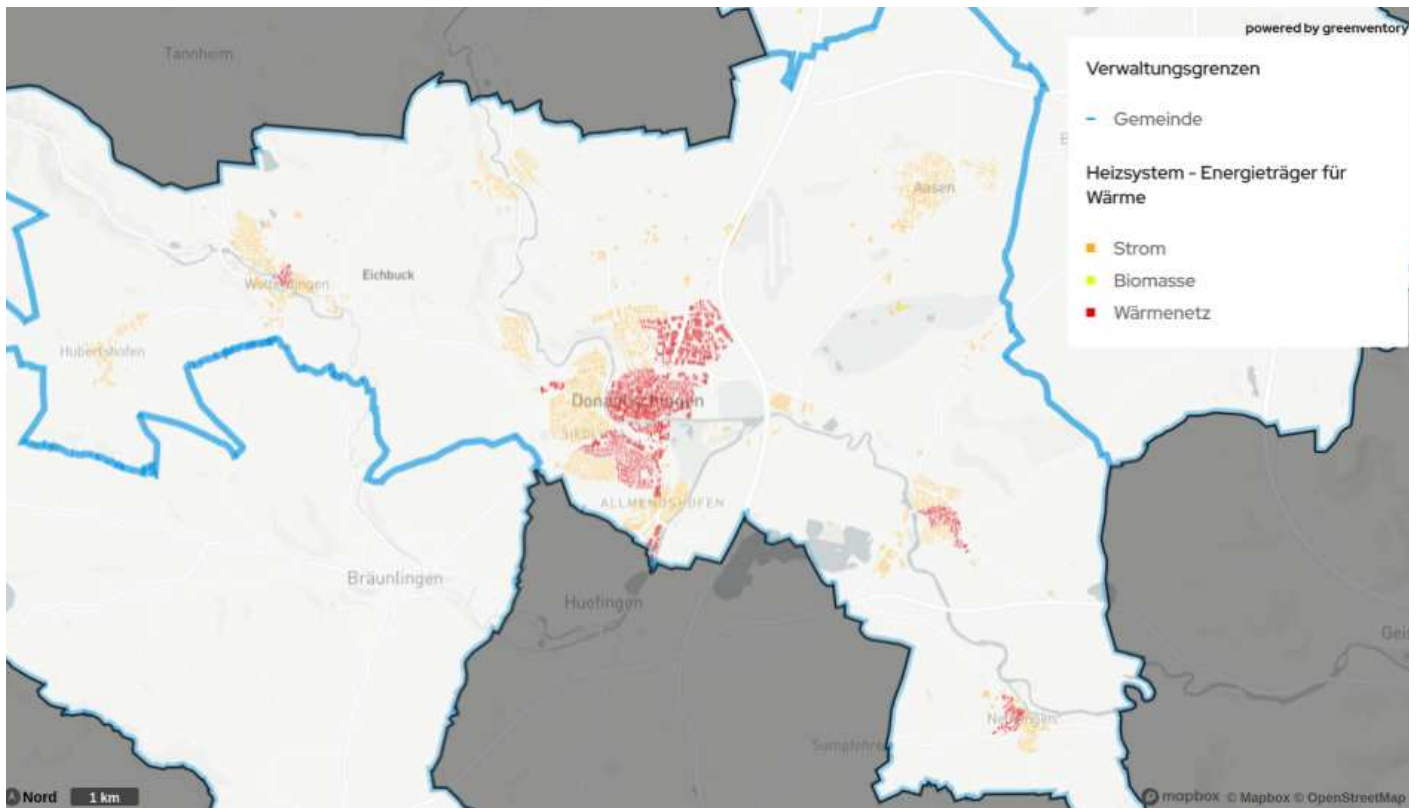


Abbildung 34: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040

Zur Erstellung der KWP haben sich die Gemeinden (in alphabetischer Abfolge) Bad Dürkheim, Bräunlingen, und Donaueschingen zu einem Konvoi zusammengetan.

Die Fertigstellung der KWP erhöht die Planungssicherheit für Bürger (v. a. außerhalb der Eignungsgebiete), für die Stadt sowie die lokalen Akteure der Wärmewende sorgt sie für eine Priorisierung und Klarheit um zu definieren auf welche Gebiete sich Folgeaktivitäten und Detailuntersuchungen im Bereich der Wärmenetze erstrecken sollen. Zudem liefert die gesammelte Datengrundlage wichtige Informationen für eine Beschleunigung der Energiewende. Die Einführung digitaler Werkzeuge, wie dem digitalen Wärmeplan, unterstützt diesen Prozess zusätzlich.

Ein Blick auf die Bestandsanalyse der Wärmeversorgung zeigt deutlichen Handlungsbedarf: 75 % der Wärme basieren auf fossilen Quellen wie Erdgas und Heizöl, die dekarbonisiert werden müssen. Der Wohnsektor, verantwortlich für etwa 64,5 % der Emissionen, spielt dabei eine Schlüsselrolle. Sanierungen, Energieberatungen und der Ausbau von Wärmenetzen sind entscheidend für die Wärmewende. Hervorzuheben ist, dass in Donaueschingen schon ein bzw. mehrere gut ausgebaute Wärmenetze vorhanden sind und auch eine Akteurslandschaft existiert, welche einen weiteren Netzausbau voranbringen kann.

Im Rahmen des Projekts erfolgte die Identifikation von Gebieten, die sich für Wärmenetze eignen (Eignungsgebiete). Diese liegen sowohl im Kernbereich und im Bereich der bestehenden Wärmenetze in der Stadt Donaueschingen selbst als auch in einzelnen

Dörfern mit Zugang zu Biogasanlagen. Für die Versorgung und mögliche Erschließung dieser Gebiete wurden erneuerbarer Wärmequellen analysiert und konkrete Maßnahmen festgelegt. In den definierten Eignungsgebieten kann die Wärmewende nun zentral vorangetrieben werden, um so im Rahmen weiterer Planungsschritte die Wärmenetze tatsächlich in die Umsetzung zu bringen. Hierfür sind die in den Maßnahmen aufgeführten Machbarkeitsstudien von hoher Bedeutung.

Während in den identifizierten Eignungsgebieten Wärmenetze ausgebaut bzw. neu installiert werden könnten, wird in den übrigen Einzelversorgungsgebieten mit vermehrt Einfamilien- und Doppelhäusern der Fokus überwiegend auf eine effiziente Versorgung durch Wärmepumpen, PV und Biomasseheizungen gelegt werden. Gerade in diesen Gebieten mit Einzelversorgung benötigen die Bürger Unterstützung durch eine Gebäudeenergieberatung. Hier gibt es bereits zahlreiche Formate und Akteure in der Region. Allerdings sollten diese Angebote gestärkt werden. Informationskampagnen hierzu sollen unterstützen und die bestehenden Möglichkeiten zur Beratung weiter beworben werden.

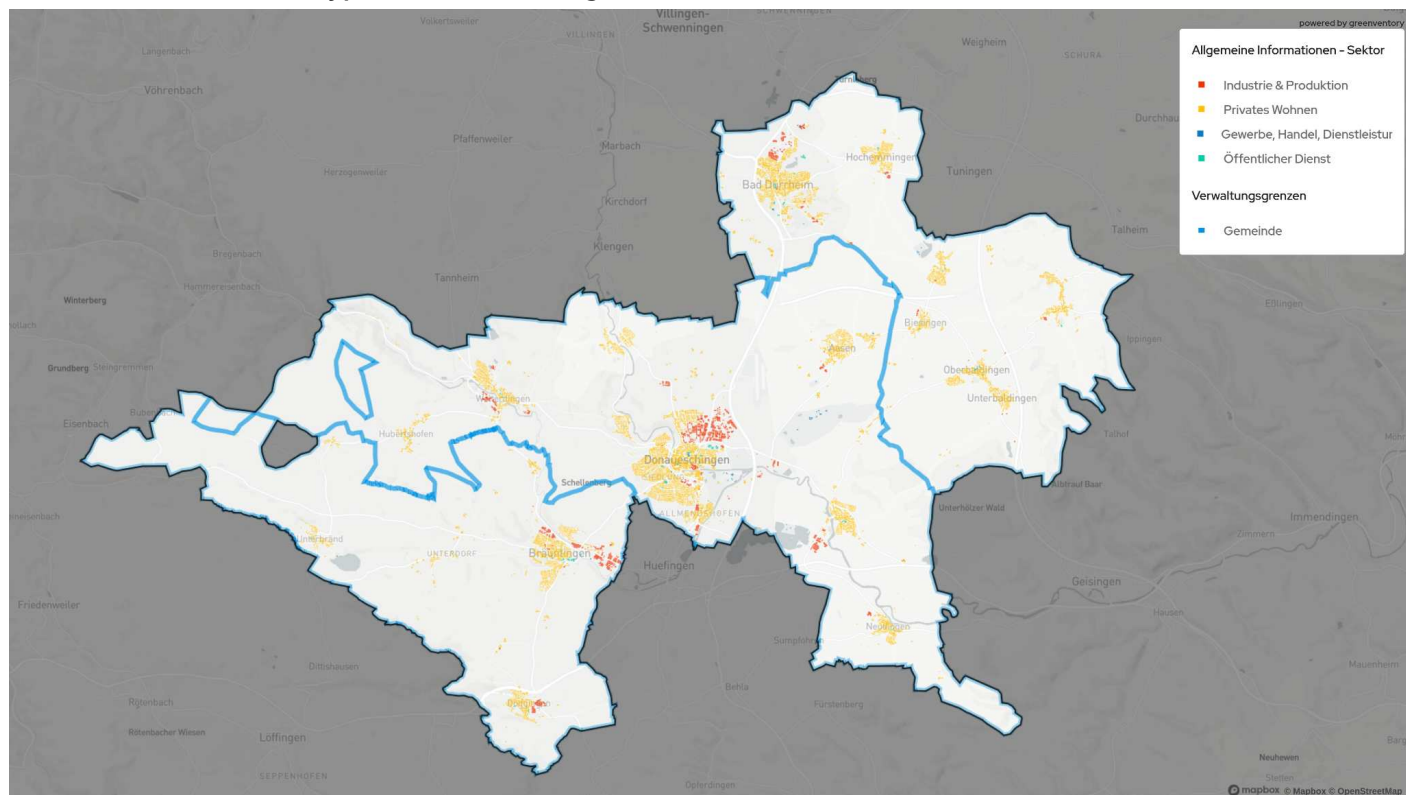
Die während des Projekts erarbeiteten konkreten Maßnahmen bieten einen ersten Schritt hin zur Transformation der Wärmeversorgung. Dabei ist insbesondere eine detaillierte Untersuchung in Form von Machbarkeitsstudien des Aufbaus von potenziellen Wärmenetzen, die in den Eignungsgebieten identifiziert

wurden, vorgesehen. Ein Augenmerk, gerade bei der Erschließung von Biogas und Biomasse als Energieträger sollte auf der langfristigen, lokalen Verfügbarkeit liegen. Ein weiterer Fokus sollte auf dem Nicht-Wohnsektor liegen. Dies bietet auch die Möglichkeit, die ansässige Industrie mit an der Wärmewende teilhaben zu lassen und deren Potenziale zu erschließen.

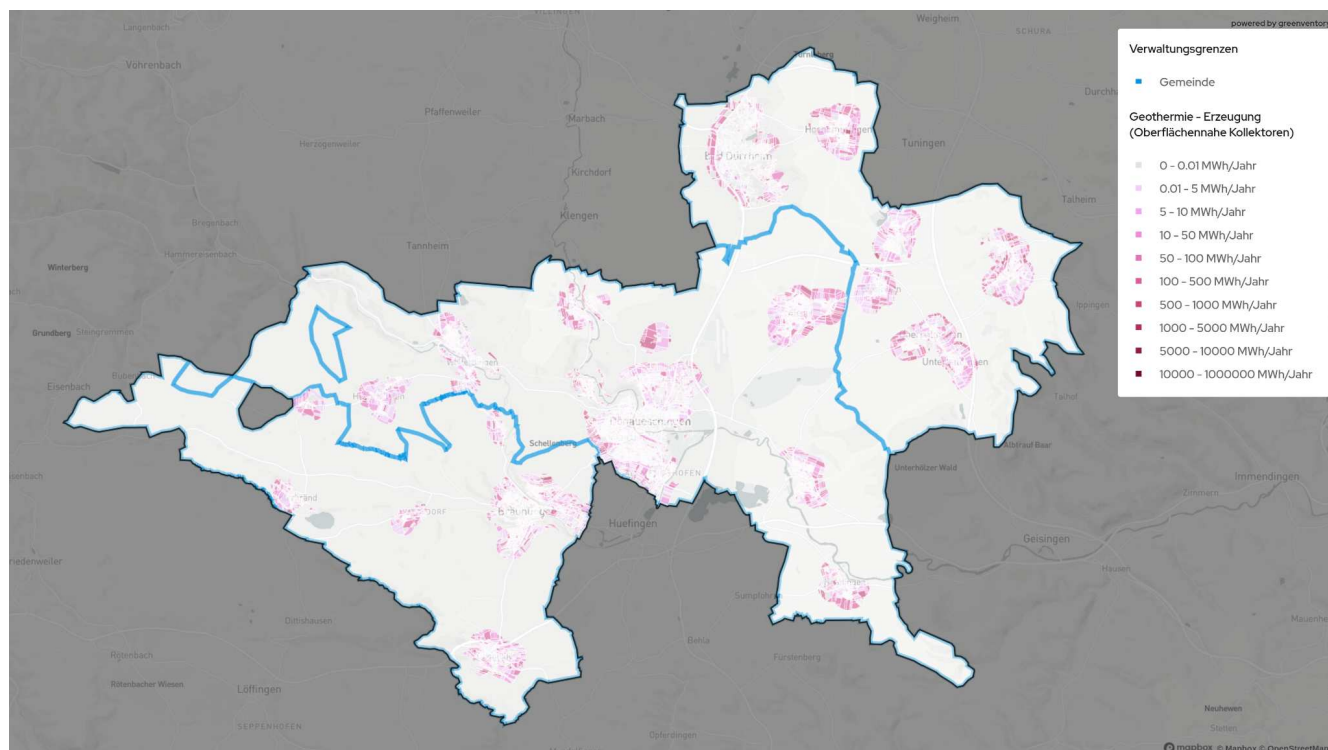
Die Energiewende ist für alle mit einem erheblichen Investitionsbedarf verbunden. Der Start mit ökonomisch sinnvollen Projekten wird als zentraler Ansatzpunkt für das Gelingen der Wärmewende betrachtet. Gerade für die Transformation und den Neubau von Wärmenetzen gibt es Förderprogramme, welche genutzt werden können, um das Risiko zu senken. Zudem sind fossile Versorgungsoptionen mit einem zunehmenden Preis- und Versorgungsrisiko verbunden, das durch die Bepreisung von CO₂-Emissionen zunehmen wird. Abschließend ist hervorzuheben, dass die Wärmewende sich nur durch eine Zusammenarbeit zahlreicher lokaler Akteure bewältigen lässt, neben der lokalen Identifikation wird durch die Wärmewende auch die lokale Wertschöpfung erhöht.

Anhang

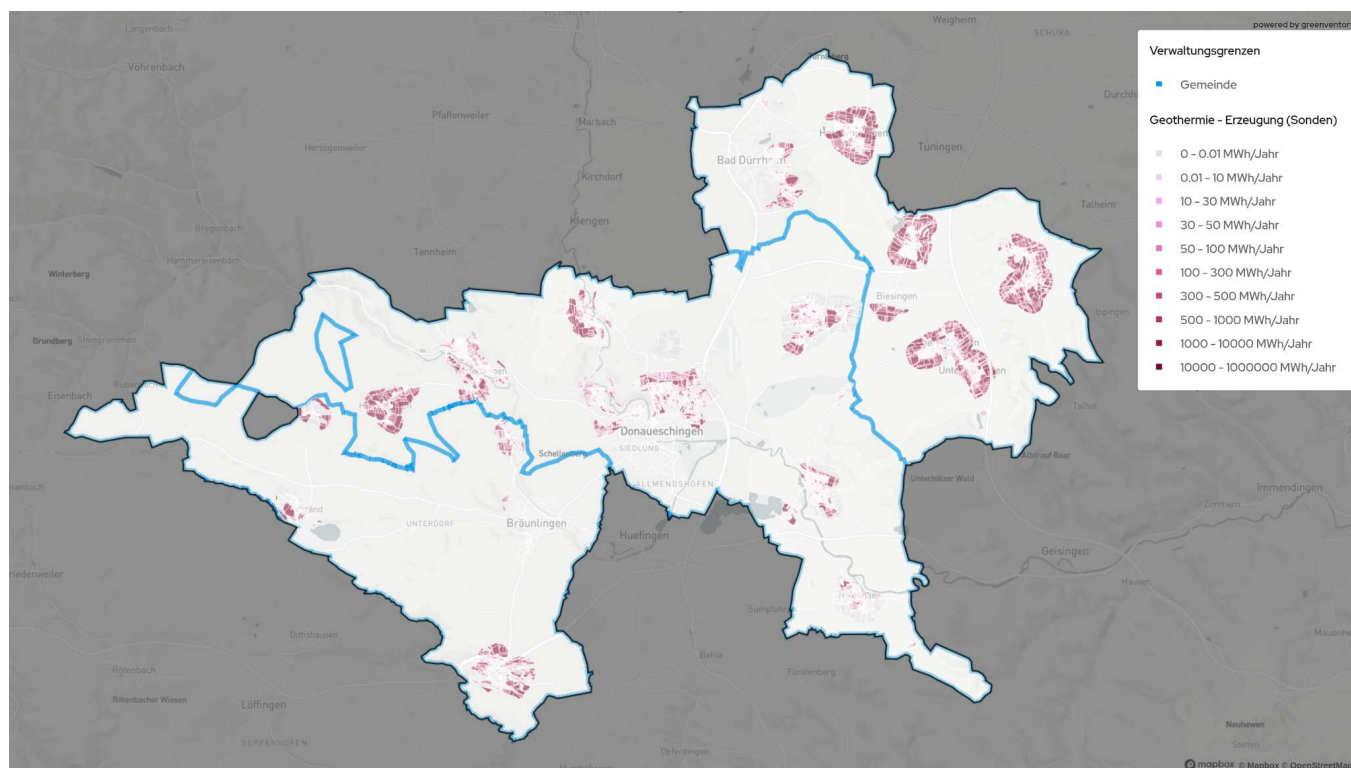
A Übersicht der Gebäudetypen in Donaueschingen



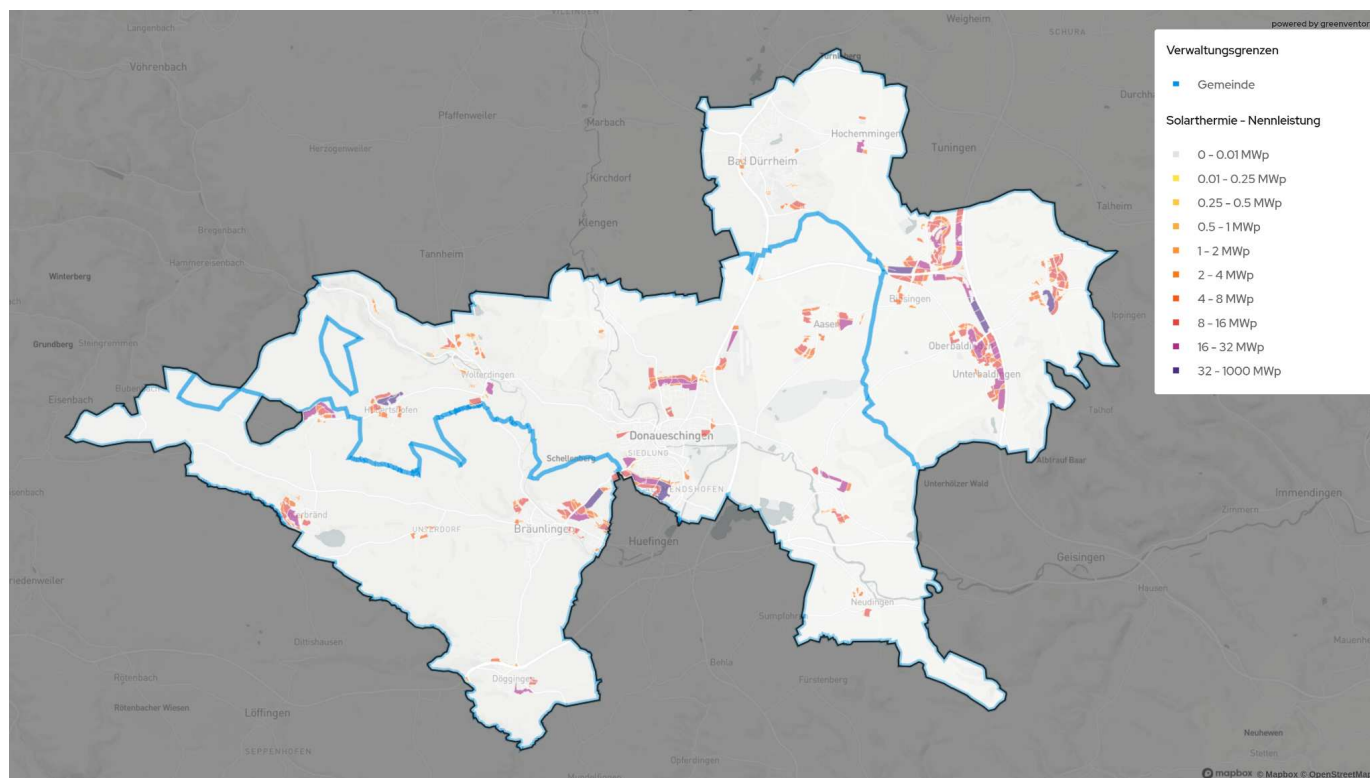
B Karten zu den Potenzialen Geothermie Kollektoren



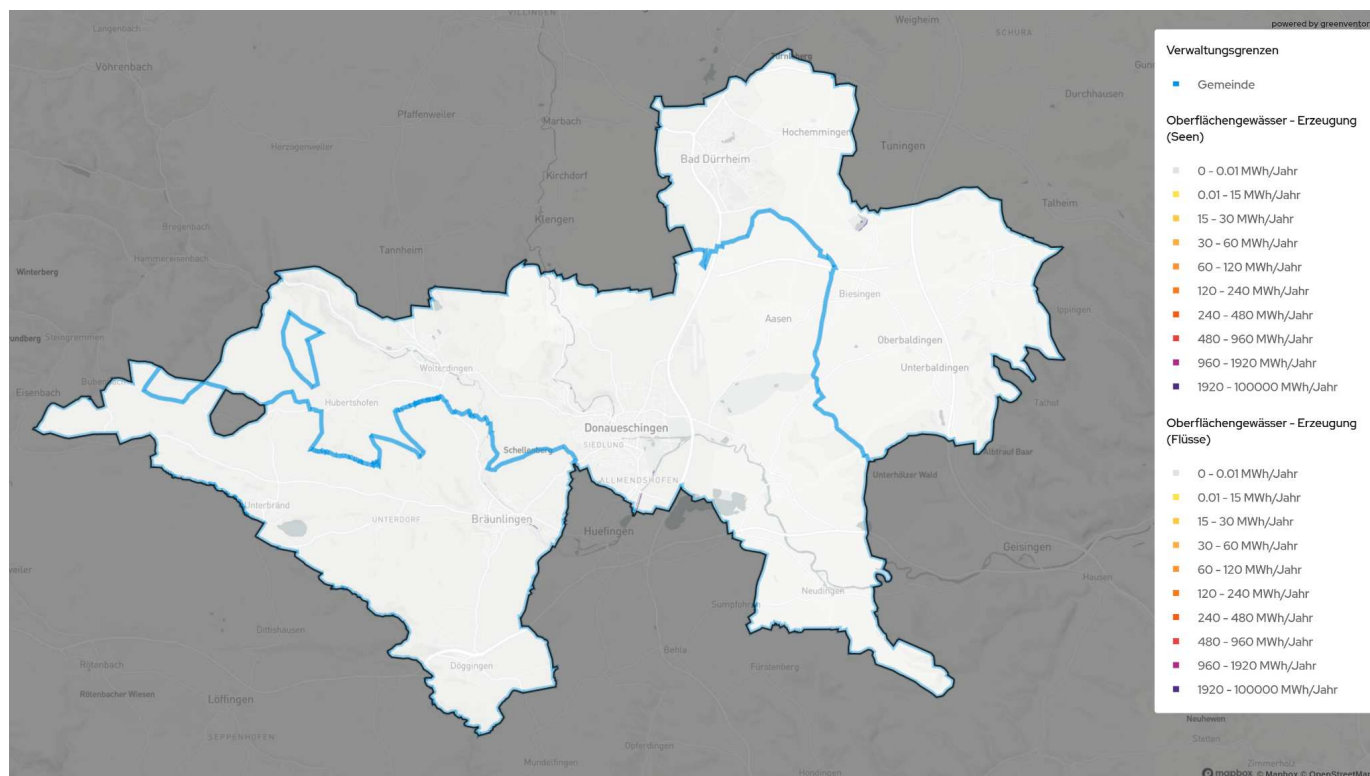
Sonden



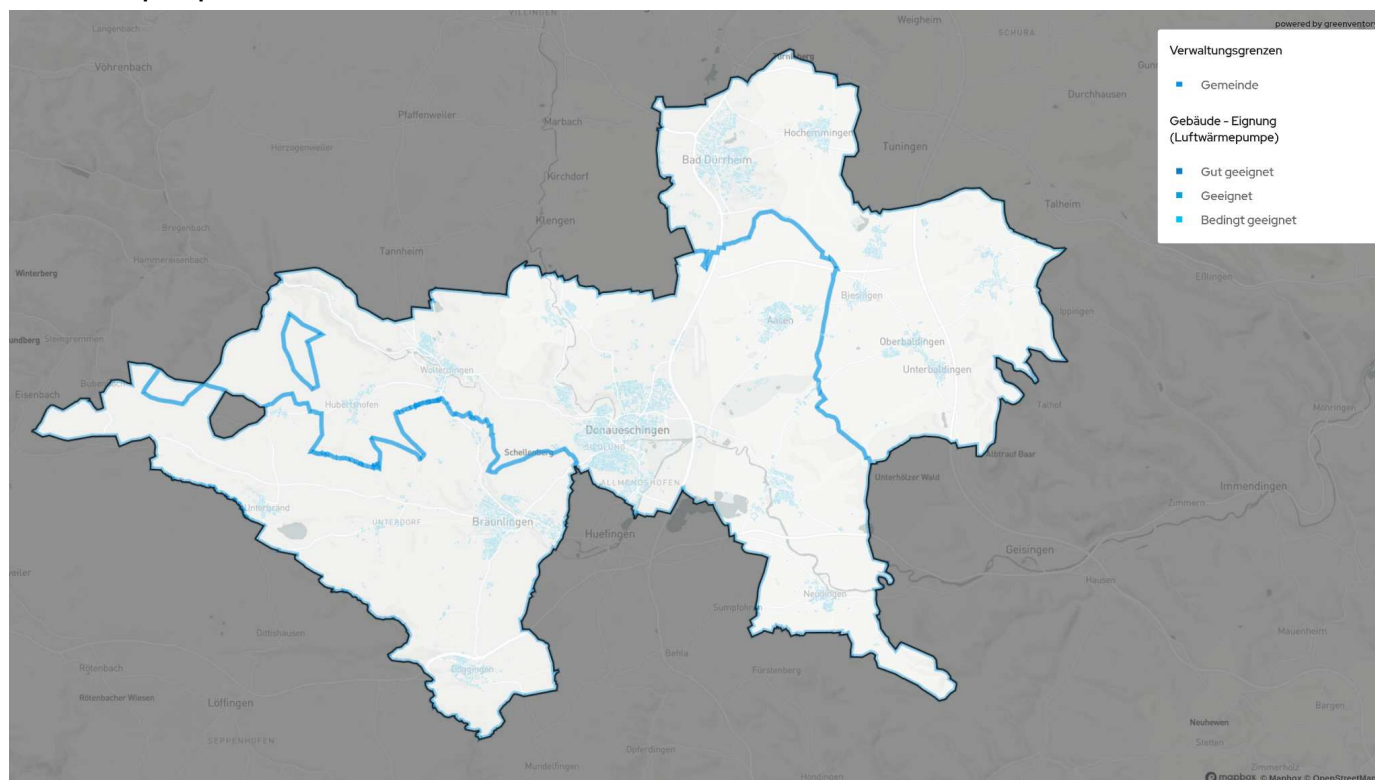
Solarthermie



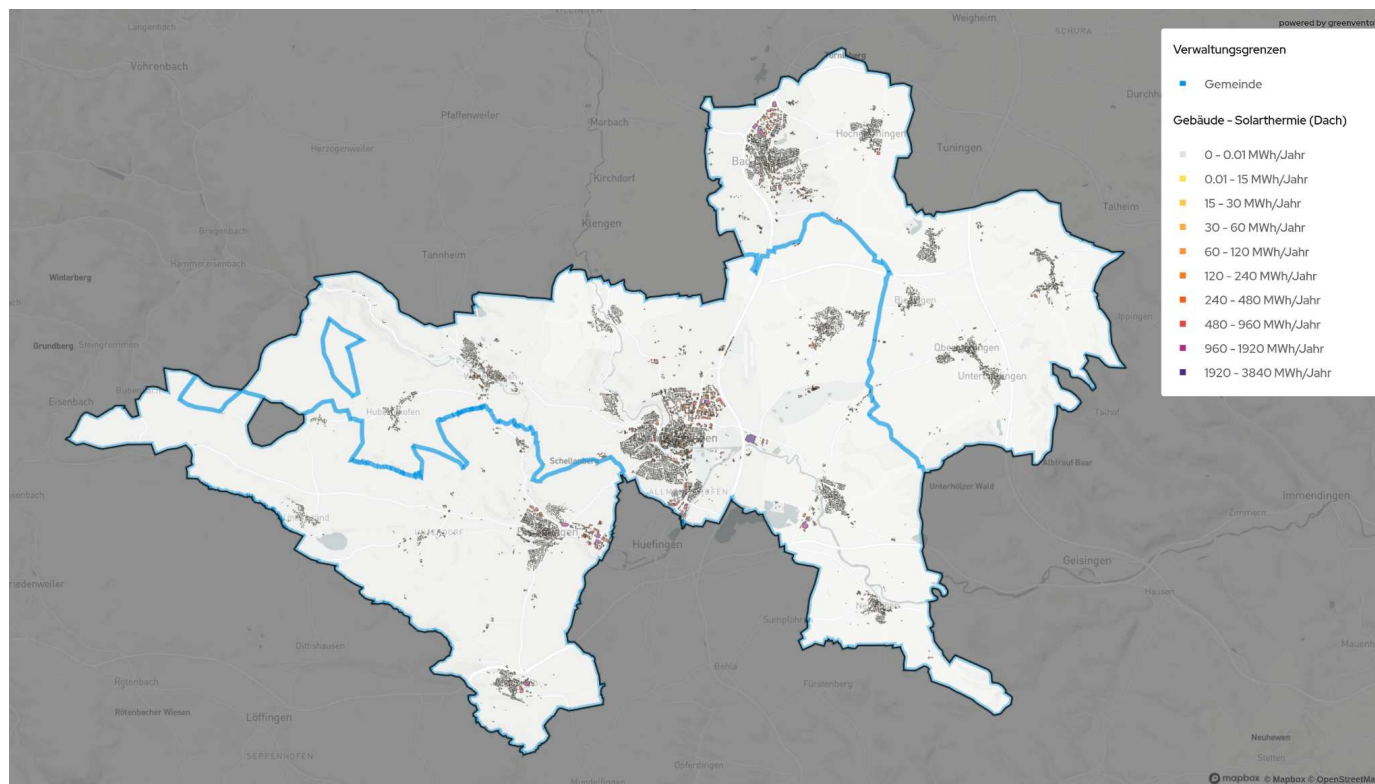
Fluss- und Seewasser



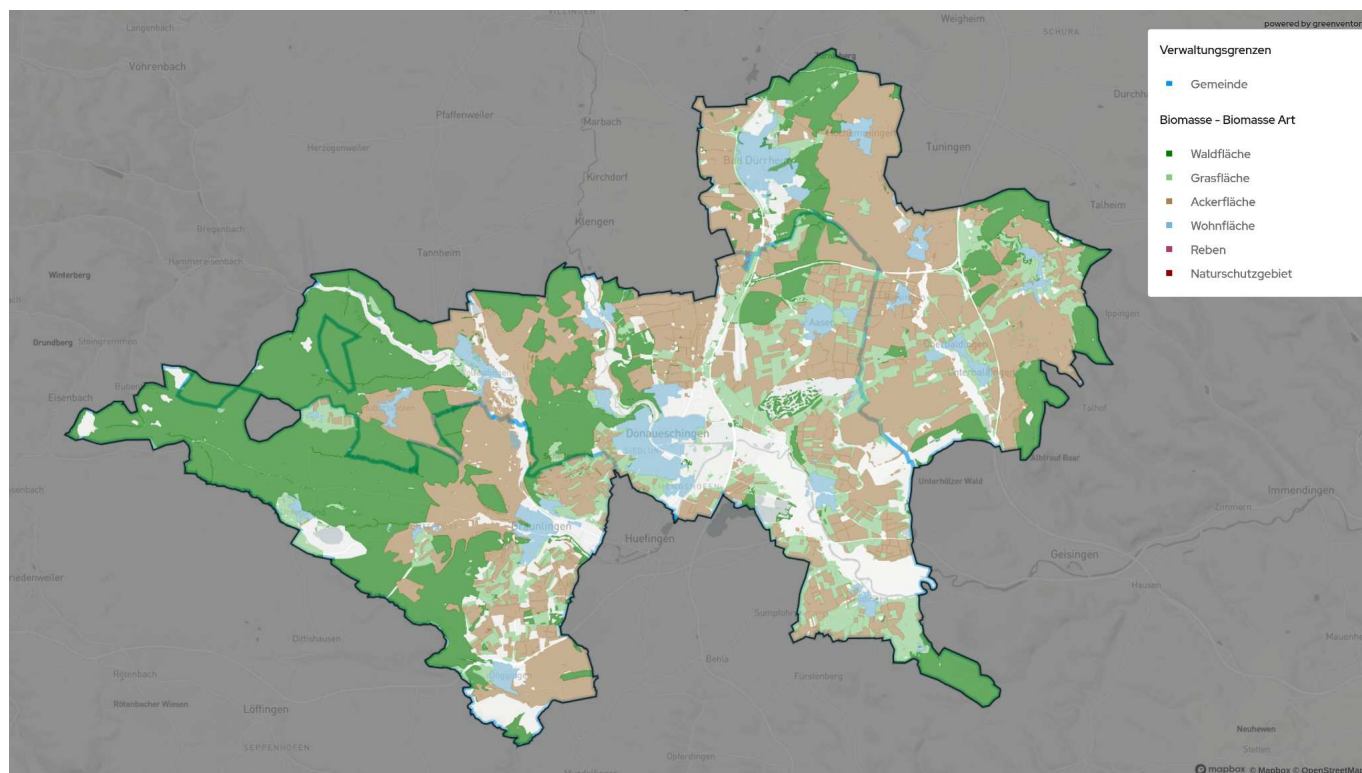
Luftwärmepumpen



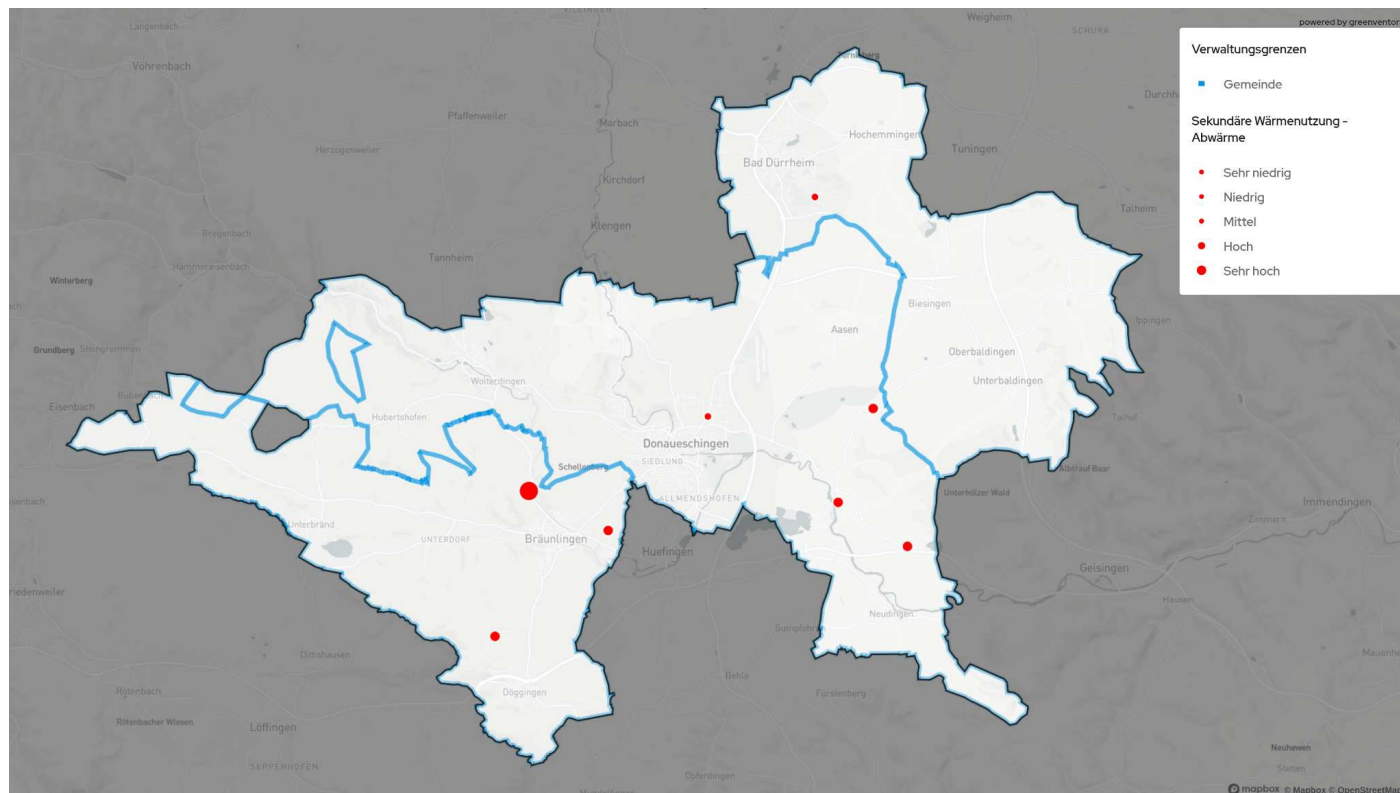
Solarthermie Dach



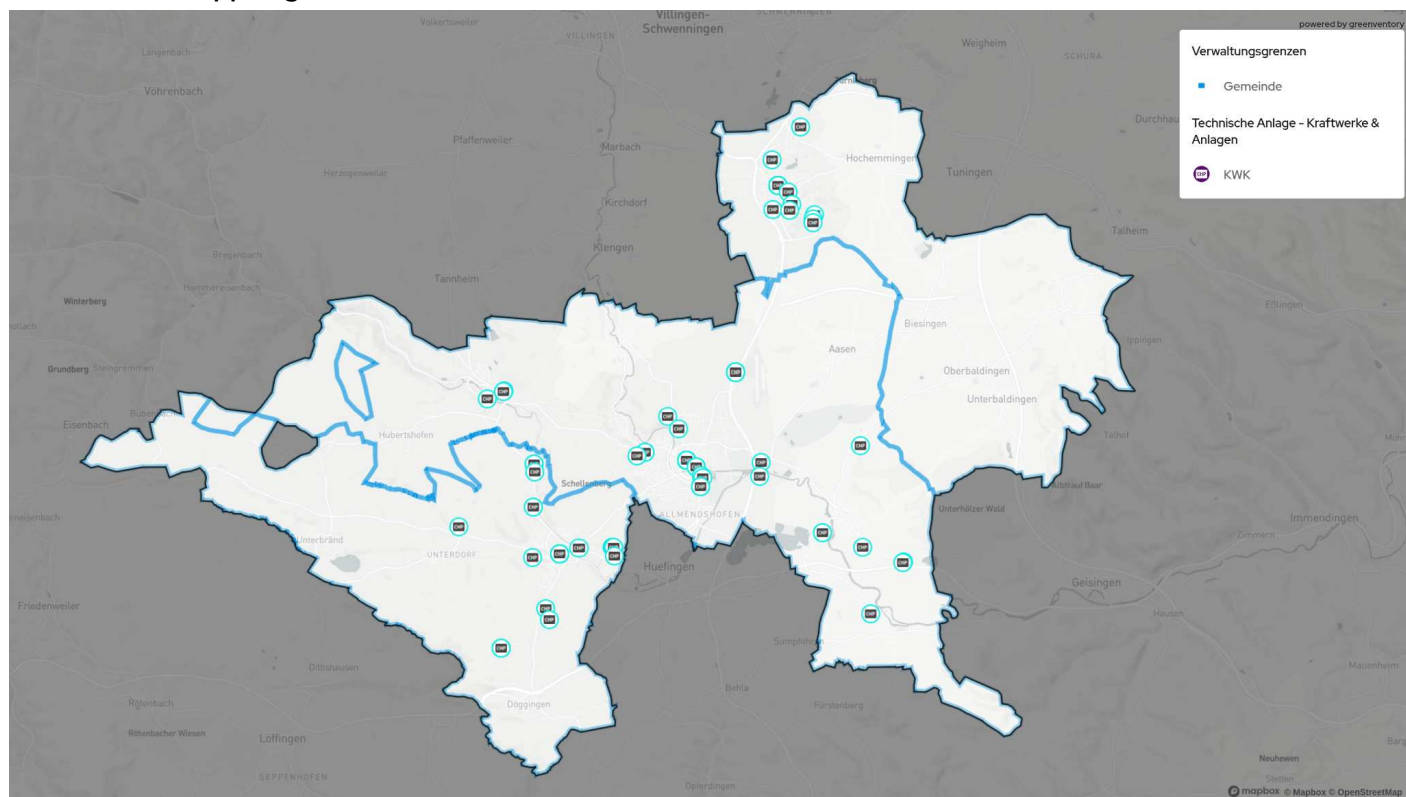
Biomasse



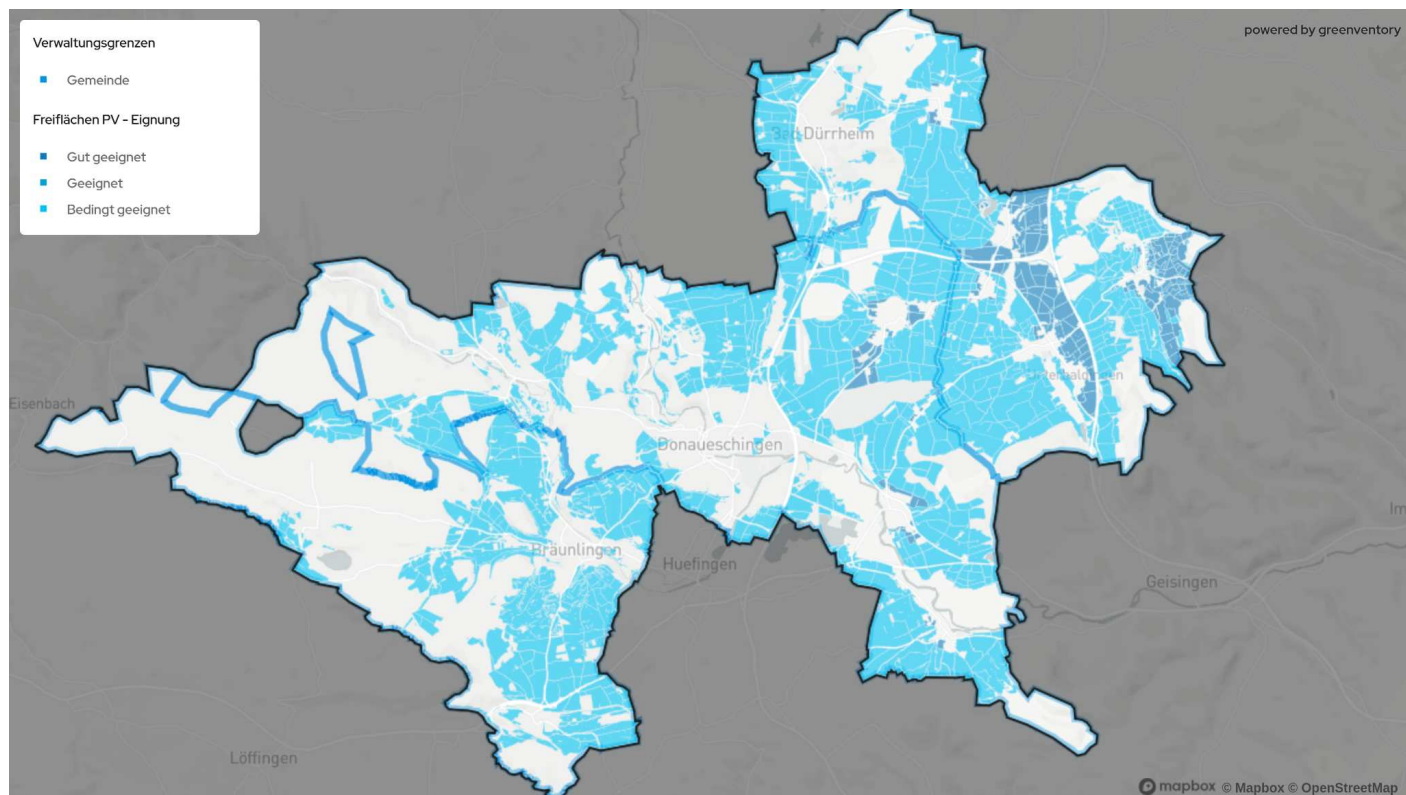
Industrielle Abwärme



Kraft-Wärme-Kopplung



Freiflächen PV



C Methodik Potenzialberechnungen

In der Potenzialanalyse werden die Möglichkeiten analysiert, die im Untersuchungsgebiet zur Verfügung stehen, um die Energie- bzw. Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energiequellen zu transformieren und somit zum Ziel eines zukunftsfähigen, dekarbonisierten Energiesystems beizutragen.

Dabei fokussiert sich die Potenzialanalyse auf die **technischen Möglichkeiten** zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wird ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen werden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten (mittels Erdwärmesonden oder -kollektoren)
- Tiefengeothermie: Nutzung von Wärme in tieferen Erdschichten zur Wärme- und Stromgewinnung
- Luftwärmepumpe: Nutzung der Umweltwärme der Umgebungsluft
- Gewässerwärmepumpe (Flüsse und Seen): Nutzung der Umweltwärme der Gewässer
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen.
- KWK Potenziale
- Sanierungspotenziale

Diese Erfassung ist eine Basis für die Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.

Indikatorenmodell

Eine detaillierte Analyse der räumlich aufgelösten Potenziale für die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung ist Grundlage einer Planung des Energiesystems. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In einem Indikatorenmodell werden alle Flächen analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen)
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

Infobox – Definition von Potenzialen

Infobox: Potenzialbegriffe

Theoretisches Potenzial:

Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

Technisches Potenzial:

Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:

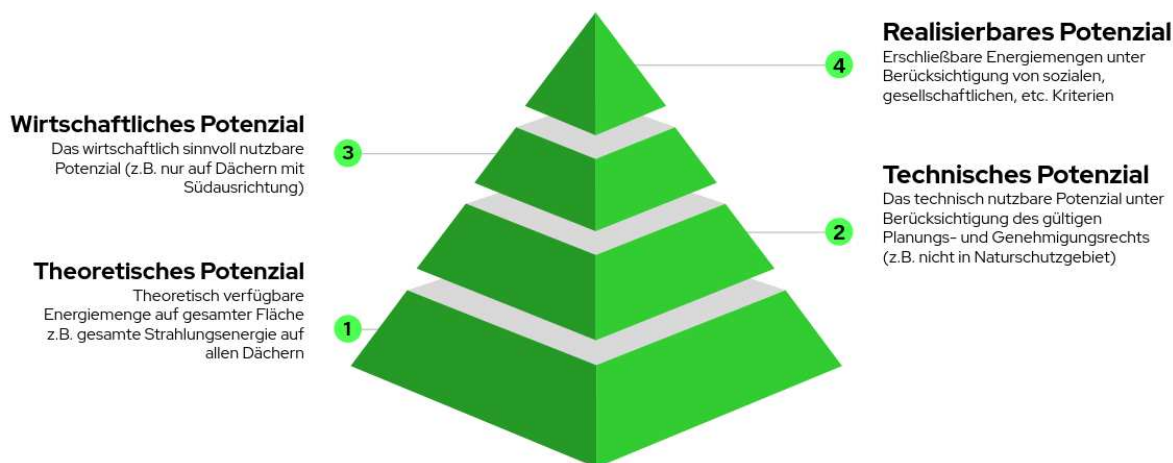
- *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang“ eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.
- *Bedingt geeignetes Potenzial* (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert einräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieanlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).
- Das technische Potenzial wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert.

Wirtschaftliches Potenzial:

Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Bau- und Erschließungs- sowie Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise).

Realisierbares Potenzial:

Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. „praktisch nutzbaren Potenzial“.



Welche harten und weichen Flächenkriterien in der Analyse herangezogen werden, ist in der Dokumentation der einzelnen Potenziale aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zielt die Potenzialanalyse darauf ab, die Optionen für die Wärmeversorgung, insbesondere bezüglich der Fernwärme in den Eignungsgebieten, zu präzisieren und zu bewerten. Gemäß den Richtlinien des Handlungsleitfadens zur Kommunalen Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg [\[KEA\]](#) sowie des Leitfadens Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende [\[KWW2\]](#) fokussiert sich diese Analyse primär auf die Identifikation des **technischen Potenzials** (siehe Infobox – Definition von Potenzialen). Neben der technischen Realisierbarkeit sind auch ökonomische und soziale Faktoren bei der späteren Entwicklung spezifischer Flächen zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass die KWP nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale und deren Wirtschaftlichkeit werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt.

Biomassepotenzial

Zur energetischen Nutzung von Biomasse können die Stoffe entweder direkt verbrannt oder zuvor mittels anaerober Vergärung in Biogas umgewandelt werden. Die energetische Nutzung kann vollständig der Wärmebereitstellung dienen oder auch zur Stromerzeugung.

Gebietsbestimmung

Für die Bestimmung der für Biomassenutzung geeigneten Gebiete werden sämtliche Naturschutzgebiete ausgeschlossen. Anschließend werden folgende Gebiete mit den jeweiligen Biomasse-Substraten, die auf diesen Flächen gewonnen werden können, als geeignete Gebiete für die Potenzialberechnung herangezogen:

- Landwirtschaftliche Flächen: Energiepflanzen (Mais), Stroh
- Waldflächen: Waldrestholz
- Reben: Rebschnitt
- Gras: Grünschnitt
- Wohngebiete: Hausmüll, Biomüll

Potenzialberechnung

Zur Berechnung des energetischen Potenzials wird für die nachwachsenden Biomassetypen mit üblichen Flächenerträgen gerechnet. Auf Ackerflächen wird angenommen, dass Mais als Energiepflanze angebaut wird.

Zur Bestimmung der Biomasse in Siedlungsgebieten wird die Einwohnerzahl als wesentlicher Parameter herangezogen und mit einer durchschnittlichen Abfallmenge pro Person multipliziert. Als Grundlage für die wesentlichen Parameter wurden verschiedene wissenschaftliche und branchenübliche Veröffentlichungen verwendet [\[FNR, FNR2, DESTATIS, Rudi, Bidart, Strobl Dorfner, Witt\]](#).

Es wird weiterhin angenommen, dass jegliche Biomasse, die zu Biogas vergoren werden kann (Mais, Gras, Bioabfall), über diesen Weg in BHKWs sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Dabei wird ein Verhältnis von 40% Wärme, 30% Strom und 30% Verlust angenommen. Für die verbleibende Biomasse (Stroh, Waldrestholz, Rebschnitt, Hausmüll) wird lediglich die thermische Verwertung zur Wärmeerzeugung berechnet und ein Verlust von 10% angenommen.

Wirtschaftliche Eingrenzung:

Aufgrund der geringeren Flächenkonkurrenz im Vergleich zur Biomasse aus der Landwirtschaft werden Hausmüll sowie Waldrestholz als gut geeignet ausgewiesen.

Windenergie

Windkraft ist derzeit die wichtigste erneuerbare Stromquelle in Deutschland und bietet besonders in Städten und Gemeinden mit größeren Flächen, wie landwirtschaftlich genutzten Gebieten oder Waldflächen, ein vielversprechendes Potenzial. Da Windenergie in Form von Strom und nicht Wärme bereitgestellt wird, steht eine vielseitig nutzbare Energiequelle zur Verfügung. Zwar ist die zeitliche Verfügbarkeit von Windstrom nicht kontinuierlich gewährleistet, jedoch liefert Wind im Gegensatz zu Photovoltaik auch in den kalten Wintermonaten zuverlässig Energie. Dadurch eignet sich Windkraft besonders gut für die Integration in Power-to-Heat-Konzepte.

Gebietsbestimmung

Zur Bestimmung der Potenzialflächen werden diejenigen Gebiete herausgefiltert bzw. abgestuft ausgewiesen, die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von Windkraftanlagen nicht genügen oder gesonderter Prüfung bedürfen (bedingte Eignung) [[OSM](#), [NASA SRTM](#)]. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden bestimmte Gebiete herausgefiltert, die unter die Belange des Naturschutzes fallen. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Abhängig vom Bundesland werden auch Waldflächen ausgeschlossen und unterschiedliche Mindestabstände zu den genannten Gebieten berücksichtigt.

Außerdem werden Siedlungsflächen inklusive der länderspezifischen Abstände sowie Flächen für Infrastruktur ausgeschlossen. Letztere betreffen Straßen, Schienen und für den Flugverkehr relevante Flächen [[Kriterien Wind](#), [FA Wind 2021](#)].

Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von 1900 jährlichen Volllaststunden für potenzielle Windkraftanlagen.

Restriktionen, die berücksichtigt werden, sind: verschiedene Gebiete des Naturschutz, Siedlungsgebiete (und entsprechende Abstände), Infrastruktur (Straßen, Flugverkehr), Wasserschutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, Bodenbeschaffenheit, Hangneigung.

Potenzialberechnung

Auf den ermittelten Potenzialgebieten werden unter Berücksichtigung bereits existierender Windkraftanlagen, Turbinen platziert und zu Windparks zusammengefasst. Hierbei werden für jeden

potenziellen Standort auf Basis von Wetterdaten und der Oberflächenbeschaffenheit des Geländes die Windverhältnisse in unterschiedlichen Höhenlagen berechnet. Anschließend wird aus einer Vielzahl von am Markt erhältlichen Anlagentypen jeweils das für den Standort mit seinen lokalen Windverhältnissen am besten geeignete Modell gewählt (z. B. Stark- / Schwachwindanlage, charakterisiert nach Leistungskurve). Häufig kommen Turbinen mit 4,2 MW Nominalleistung und 150 m Rotordurchmesser zum Einsatz.

Mit der zeitlich aufgelösten Windgeschwindigkeit und den technischen Parametern der Anlagen wird das zeitliche Profil der Stromerzeugung pro Anlage sowie ein jährlicher Energieertrag berechnet.

Wirtschaftliche Eingrenzung:

Im Anschluss erfolgt eine wirtschaftliche Bewertung der berechneten Potenziale. Hierfür werden zusätzlich zu den Erträgen auch die Kosten möglicher Windparks berechnet. Diese beinhalten Investitionen für die Turbinen, den Netzanschluss, die Wartung und den Betrieb der Anlagen. Diese Kosten werden der voraussichtlichen Stromerzeugung gegenübergestellt, um die Stromgestehungskosten [€/kWh] zu ermitteln. Diese können dann für die Maßnahmenempfehlung genutzt werden.

Zur Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit werden alle Turbinen als "gut geeignet" bezeichnet, die mehr als 1900 Volllaststunden pro Jahr erzielen.

Photovoltaik (Freifläche)

Photovoltaik beschreibt die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom.

Gebietsbestimmung

Da die EEG-Förderung keine zwingende Voraussetzung für PV-Freiflächenprojekte mehr ist, werden mögliche Flächen hierfür im gesamten Projektgebiet gesucht. Falls jedoch die EEG-Förderfähigkeit vorausgesetzt wird, können als Grundlage auch nur Flächen nach EEG-Flächenkulisse ausgewiesen [\[EEG 2021\]](#) werden. Dazu zählen unter anderem landwirtschaftliche Flächen und Offenland in "benachteiligten Gebieten" [\[FFÖ-VO 2017\]](#), sowie Konversionsflächen und Seitenrandstreifen.

Auf Basis dieser Grundlage werden u.a. Siedlungs- und Infrastrukturflächen, Waldflächen, sowie diejenigen Flächen entfernt (bzw. als bedingt geeignet ausgewiesen), die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von PV-Anlagen nicht oder nur bedingt genügen. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung ($>30^\circ$), Gewässer und amtlich ausgewiesene Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden bestimmte Gebiete herausgefiltert, die unter die Belange des Naturschutzes fallen. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura 2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Außerdem werden Flächen für Infrastruktur wie Straßen oder Schienenwege ausgeschlossen [\[FStrG 2021\]](#), [StrG 2021](#), [LBO 2021](#)].

Von den so bestimmten Potenzialgebieten werden kleinere Flächen ($< 500 \text{ m}^2$), deren Erschließung nicht praktikabel wäre, entfernt. Zusätzlich werden alle weiteren Flächen ausgeschlossen, die nicht mit anderen Flächen innerhalb eines Suchradius von 25 m zu einem mindestens 1 ha großen Gebiet verbunden werden können. Sehr schmale Flächen (weniger als 5 m Breite) werden ebenfalls ausgeschlossen.

Für Freiflächenphotovoltaik werden nur Flächen, bei denen mit mindestens 800 Volllaststunden auf Basis des Global Solar Atlas zu rechnen ist, berücksichtigt [\[Glob Sol\]](#).

Potenzialberechnung

Die darauf folgende Berechnung des Flächenpotenzials basiert auf einer angenommenen Leistungsdichte von 750 kWp pro Hektar. Damit wird festgelegt, wie viel installierbare Spitzenleistung (kWp) pro geeigneter Fläche möglich ist. Für geeignete Flächen werden die Daten des Global Solar Atlas verwendet, um die erwarteten Volllaststunden zu bestimmen [Glob Sol]. Ein zusätzlicher Reduktionsfaktor (~ 0.97), wird außerdem berücksichtigt, um die praktische Leistung im Vergleich zur theoretischen etwas zu reduzieren.

Wirtschaftliche Eingrenzung

Flächen, deren Erzeugungspotenzial über dem Schwellwert von 919 Volllaststunden pro Jahr liegt, werden als gut geeignet eingeordnet.

Solarthermie (Freifläche)

Die Solarthermie nutzt die Strahlung der Sonne und wandelt diese in Sonnenkollektoren (z.B. Röhren- oder Flachbettkollektoren) in Wärme auf einem Temperaturniveau zwischen 80°C und 150°C um. Diese kann durch ein angeschlossenes Verteilsystem an die entsprechenden Nutzungsorte transportiert werden.

Gebietsbestimmung

Die Gebietsbestimmung erfolgt i.W. analog zu Photovoltaik-Freiflächen ([vgl. Photovoltaik](#)).

Zusätzlich gibt es jedoch die Einschränkung, dass Solarthermie Freiflächen nicht weiter als 1 km von möglichen Wärmeabnehmern (Siedlungsgebiete bzw. Wärmenetze) liegen sollten, um Wärmeverluste in den Transportleitungen in einem akzeptablen Maße zu halten.

Potenzialberechnung

Zur Potenzialberechnung werden Annahmen bzgl. Leistungsdichte (3.000 kWp/ha) und Volllaststunden (800 h/a) getroffen, basierend auf den Werten bestehender Solarthermie-Großprojekte in Deutschland (u.a. [\[SWLB, Senftenberg\]](#)). Für die Modulplatzierung wird eine Ausrichtung nach Süden mit einem üblichen Neigungswinkel angenommen. Zur Berücksichtigung von Verlusten bei Übertragung, Speicherung, etc. wird zur Berechnung des Jahresenergieertrags noch ein Reduktionsfaktor (0,611) zwischen theoretisch errechneter und praktisch erzielbarer Wärmemenge berücksichtigt.

Wirtschaftliche Eingrenzung:

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als "gut geeignet" charakterisiert, die sich in direkter Umgebung (weniger als 200 m) zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden. Flächen, die in Entfernungen zwischen 200 m und maximal 1.000 m von bestehenden Wärmenetzen oder Siedlungsgebieten liegen, werden als "geeignet" gekennzeichnet.

Dachflächenpotenziale

Zusätzlich zum Freiflächen-Potenzial wird das solare Potenzial durch die Installation auf Dächern betrachtet. Als geographische Eingrenzung dienen sämtliche Gebäude.

Solarthermie

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW [\[KEA\]](#) zum Einsatz, die das Wärmeerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass 25 % der Grundfläche aller Gebäude mit einer Grundfläche über 50 m² (basierend auf den ALKIS-Gebäudeumrissen) als Dachfläche für Solarthermie genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Wärmeerzeugung folgendermaßen anhand einer spezifischen Wärmeerzeugungsmenge von 400 kWh/(m²*a) berechnet.

$$\text{Solarthermiepotalential} = \text{Gebäudegrundfläche} * 0,25 * 400\text{kWh/m}^2$$

Photovoltaik

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW [\[KEA\]](#) zum Einsatz, die das Stromerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass 50 % der Grundfläche aller Gebäude mit einer Grundfläche über 50 m² (basierend auf den ALKIS-Gebäudeumrissen) als Dachfläche für Photovoltaik genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Stromerzeugung anhand einer spezifischen Erzeugungsleistung von 0,22 kWp/m² und einer spezifischen Energieerzeugungsmenge von 1.000 kWh/(kWp*a) berechnet.

$$\text{Photovoltaikpotential} = \text{Gebäudegrundfläche} * 0,5 * 0,22 \text{ kWp/m}^2 * 1.000 \text{ kWh/(kWp*a)}$$

Oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden oder -kollektoren mit Wärmepumpe)

Durch die relativ konstanten Temperaturen in der oberen Erdschicht kann mit Hilfe von Erdwärmesonden oder -kollektoren und in Kombination mit einer Wärmepumpe ganzjährig Wärme extrahiert werden. Das System der Erdwärmesonden mit Wärmepumpe besteht aus drei Teilen: einem U-förmigen Rohrsystem, welches bis in eine Tiefe von ca. 100 m reicht, einer elektrisch betriebenen Pumpe, die das Wärmeleitmedium durch das System zirkulieren lässt und einem sich an das Rohr anschließenden Verteilsystem. Das zirkulierende Wärmeleitmedium im Rohrsystem wird durch die höheren Temperaturen im Erdreich (Wärmequelle) erwärmt. Die im Wärmemedium aufgenommene Wärme wird in einer Wärmepumpe genutzt, um die jeweils erforderlichen Vorlauftemperaturen zu erzielen.

Anstatt einer vertikal ins Erdreich eingebrachten Sonde besteht auch die Möglichkeit, Wärmekollektoren horizontal wenige Meter unter der Geländeoberfläche zu verlegen. Diese bestehen aus in großflächigen Schleifen verlegten Rohrsystemen, die die Umgebungswärme aus dem Erdreich mithilfe eines Wärmeleitmediums aufnehmen. Die Wärme wird analog zu den Sonden mithilfe einer Wärmepumpe genutzt, um die jeweils erforderlichen Vorlauftemperaturen zu erzielen.

Gebietsbestimmung

Für die Potenzialbestimmung für Geothermie werden Flächen mit einem definierten Maximalabstand zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen als nutzbar selektiert. Bestehende Gebäude, Straßen und andere bebaute bzw. versiegelte Flächen werden dabei ausgeschlossen. Auch Gewässer und Überschwemmungsgebiete stehen nicht für Geothermie zur Verfügung. Ebenso werden Gebiete herausgefiltert, die unter die Belange des Naturschutzes fallen. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura 2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Da Grundwasser durch Bohrungen verunreinigt

werden kann, werden Wasserschutzgebiete aller Zonen als Potenzialflächen für Erdwärmesonden ausgeschlossen. Für Erdwärmekollektoren werden Potenzialflächen in Wasserschutzgebieten der Zone III als bedingt geeignet klassifiziert, da hier Genehmigungen unter bestimmten lokalen Voraussetzungen möglich sind. Eine weitergehende Bewertung des Untergrundes findet nicht statt.

Potenzialberechnung

Aufgrund der zentralen Bedeutung der Wärmeleitfähigkeit und -kapazität bei der Abschätzung des Potenzials werden ortsspezifische Werte des Geodatenkatalog verwendet und keine pauschalen Schätzungen vorgenommen [[Geo](#)].

Erdwärmesonden:

Ausgehend von 1800 Volllaststunden und einer Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 4 kann mittels der G.POT-Methodologie ein jährliches Potenzial pro Bohrloch bestimmt werden [[G.POT](#)]. Die durchschnittliche lokale Oberflächenumgebungstemperatur wird aus öffentlichen Wetterdaten bezogen [[ERA5](#)]. Für das Gesamtpotenzial werden die einzelnen flächenspezifischen Potenziale aufsummiert.

Folgende Parameter werden für die Bohrlöcher angewandt:

- Bohrlochtiefe: 100 m
- Raster: ein Bohrloch/Sonde pro 100 m² Fläche

Erreichbare Temperaturen werden mit einem Temperaturgradienten von 0.03 K/m ausgehend von der Oberflächenumgebungstemperatur abgeschätzt.

Erdwärmekollektoren:

Die erzielbare Umweltwärmemenge berechnet sich über eine flächenspezifische Wärmeleistung von 30 W/m². Von den betrachteten Flächen wird ein Randstreifen von umlaufend 2 m abgezogen. Es werden 1.650 Volllaststunden und eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 3,5 angenommen.

Grundwasser wird nicht als Wärmequelle berücksichtigt.

Wirtschaftliche Eingrenzung:

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung (maximal 200 m entfernt) zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden. Als "geeignet" werden Flächen klassifiziert, die zwischen 200 m und 1.000 m von bestehenden Wärmenetzen oder Siedlungen entfernt liegen. Als "bedingt geeignet" werden Flächen gekennzeichnet, die maximal 1.000 m entfernt von bestehenden Wärmenetzen oder Siedlungen liegen, aber auf welche Restriktionen durch die Belange des Naturschutzes zutreffen.

Tiefengeothermie

In Gesteinsschichten in einer Tiefe von mehr als 1.000 m liegen oft hohe Temperaturen von unter Umständen > 100 °C an, sodass hier Wärme ohne zusätzliche Wärmepumpen zur Heizung oder auch zur Stromgewinnung genutzt werden kann.

Dabei wird Wasser als Wärmeleitmedium in tiefe Gesteinsschichten geleitet bzw. genutzt. So entsteht ein Wärmeaustausch auf einer sehr großen Oberfläche. Dabei kann entweder vorhandenes Wasser in wasserführenden Schichten (Aquiferen) genutzt werden (hydrothermale Geothermie) oder im

Hot-Dry-Rock-Verfahren Wasser mit großem Druck in gering permeable, nicht wasserführende Schichten geleitet werden (petrothermale Geothermie).

Gebietsbestimmung

Für die Potenzialbestimmung für tiefe Geothermie werden zunächst Flächen mit nachgewiesenen oder vermuteten Potenzial aus dem "Geothermal Information System" (GeotIS) [\[LIAG\]](#) bezogen. Unter Verwendung von Daten zu Bodenparametern und zur Temperaturschichtung im Untergrund [\[LIAG\]](#) werden Regionen mit <100°C in 2.500 m Tiefe sowie ungeeignete Bodentypen ("Cryosol", "Gleysol", "Histosol", "Leptosol", "Planosol") ausgeschlossen. Darüber hinaus werden Mindestabstände zu Siedlungs- und Infrastrukturflächen gefordert sowie bestimmte Schutzflächen (Naturschutzgebiete, Biosphärenreservate, Wasserschutzgebiete) ausgenommen. Flächen, die lediglich die petrothermische Nutzung ermöglichen, werden als bedingt geeignet ausgewiesen.

Potenzialberechnung

Zur Bestimmung des Potenzials für Tiefengeothermie werden die im GeotIS einsehbaren Temperaturen in 2.000 - 5.000 m Tiefe herangezogen. Anhand dieser Temperaturen wird bestimmt, ob ein geothermisches Potenzial mit dem Hot-Dry-Rock Verfahren oder über wasserleitende Schichten vorliegt. Die gewinnbare Energie wird dann über die Temperatur im Untergrund bestimmt. Ab einer bestimmten Temperatur kann das geothermische Potenzial auch zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt werden. Dabei werden ein Organic-Rankine-Cycle und typische Effizienzen angenommen.

Für die Berechnung der potenziellen geothermischen Kapazität wird ein Standarddurchflussparameter von 70 l/s verwendet, basierend auf [GeotIS](#) Daten. Dieser Parameter ist nicht gebietsspezifisch. Eine regionale Differenzierung der Temperatur findet indirekt, auf Basis der zugrundeliegenden Schicht statt:

- Grundwasserleiter: min. 80°C in 2.500 m Tiefe
- Hot-Dry-Rock: min. 160°C in 5.000 m Tiefe

Bereits bestehende Kraftwerke werden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Wirtschaftliche Eingrenzung:

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden.

Luftwärmepumpen

Die Installation von Luftwärmepumpen hat das Potenzial, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen zu reduzieren, indem sie die Wärme der Umgebungsluft als Energiequelle nutzt.

Die Ermittlung der Potenziale für die Anwendung von Luft-Wärmepumpen in Gebäuden hängt im Wesentlichen davon ab, ob die Gebäude über geeignete Aufstellflächen für die benötigten Außeneinheiten der Wärmepumpen verfügen. Hierfür sind neben den örtlichen Gegebenheiten (bspw. Bebauungsdichte) und technischen Parametern der Wärmepumpen insbesondere auch lärmschutzrechtliche Aspekte von Belang.

Gebietsbestimmung

Zur Potenzialbestimmung werden Flächen in unmittelbarer Umgebung von Gebäuden herangezogen, um eine effiziente Wärmeübertragung zu gewährleisten und Wärmeverluste zu minimieren. Gleichzeitig muss jedoch stets gewährleistet sein, dass genügend Abstand zu anderen Gebäuden vorhanden ist, um Probleme mit den Schallemissionen der Außeneinheit zu vermeiden.

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm [\[TA Lärm 1998\]](#) legt die entsprechenden Richtlinien für die Wahl des Standortes der Außeneinheit fest. Abhängig vom Siedlungstyp (Wohngebiet, Industrie, Krankenhaus etc.) wird die maximal zulässige Lautstärke aus der TA Lärm ermittelt. Unter Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung [\[Schweizer 2022\]](#) ergeben sich daraus die Mindestabstände einer Wärmepumpe zu den Nachbargrundstücken und dementsprechende Verbotflächen.

Grundsätzlich wird eine Fläche von 8 m um jedes Gebäude als geeignet identifiziert. Mindestabstände zu anderen Gebäuden von 10 m werden berücksichtigt.

Weiterhin werden Straßen, Plätze und ähnliche Bereiche als zusätzliche Ausschlussflächen definiert. Potenzielle Installationsflächen für eine Wärmepumpe ergeben sich dann aus den Umgebungsflächen des eigenen Gebäudes, die von den Ausschlussflächen der umliegenden Gebäude und den zusätzlichen Ausschlussflächen unberührt bleiben.

Potenzialberechnung

Mit der ermittelten Installationsfläche und der Leistung pro Fläche der Wärmepumpe kann die installierbare Leistung der Wärmepumpe berechnet werden. Unter Anwendung folgender technischer Parameter wird dann die installierbare Leistung und sowohl jährlich erzeugbare Wärmemenge als auch dafür notwendige Menge an elektrischer Energie berechnet:

- minimale Aufstellfläche pro Teilfläche: 4 m²
- Leistungsdichte: 4.6 kW/m² (z.B. Vaillant VWL 125/6 A bei 50 % Flächennutzung)
- Volllaststunden: 1700 h/a [\[heizung.de\]](#)
- Jahresarbeitszahl: 3.15 [\[ifeu\]](#)

Da sich bei Gebäuden mit viel Platz in der näheren Umgebung leicht riesige Wärmepotenzial-Mengen ergeben, werden diese pro Gebäude am ermittelten Gesamtwärmebedarf des jeweiligen Gebäudes (s. [Bestimmung des Wärmebedarfs](#)) als Obergrenze beschnitten.

Wirtschaftliche Eingrenzung

Zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit wird das Alter des Gebäudes herangezogen. Dabei wird angenommen, dass die Gebäudedämmung für ältere Gebäude weniger gut ist und sich daher neue Gebäude für die Beheizung durch Wärmepumpen besonders gut eignen. Diese Gebäudealter fließen insofern ein, dass Gebäude nach 1990 als gut geeignet, Gebäude vor 1930 als bedingt geeignet kategorisiert werden.

Wärme aus Oberflächengewässern

Wenn Gewässer im Projektbereich liegen, können diese häufig als Wärmequelle genutzt werden. Dazu wird mit Hilfe von Wärmetauschern Seen oder Flüssen Wärme entzogen und diese dadurch leicht abgekühlt. Für die Verwendung in Wärmenetzen muss das erwärmte Medium mit Großwärmepumpen auf das gewünschte Temperaturniveau nacherwärmt werden.

Die nachfolgende Beschreibung befasst sich mit der Berechnung der Potenziale für Wärmepumpen, die Oberflächengewässer (Flüsse und Seen) als Wärmequelle nutzen. Diese Art der Wärmeerzeugung nutzt Groß-Wärmepumpen, die in ein Wärmenetz zur Wärmeversorgung einer Vielzahl von Gebäuden einspeisen. Hierfür sollen mögliche Standorte, Leistungen und Jahres-Erzeugungsmengen bestimmt werden.

Gebietsbestimmung

In einem ersten Schritt werden alle relevanten Flüsse und Seen in der untersuchten Region ermittelt, basierend auf OSM-Daten. Diese bilden die potenziellen Wärmequellen für die Wärmepumpen.

Daraufhin werden mögliche Aufstellflächen für die Wärmepumpen in unmittelbarer Nähe um die identifizierten Gewässer ermittelt. Gebiete, die unter die Belange des Naturschutzes fallen, werden herausgefiltert. Diese Flächen beinhalten Naturschutzgebiete, Natura 2000 Flächen (z.B. FFH), Biosphärenreservate und andere geschützte Gebiete. Siedlungs- und Infrastrukturflächen werden ebenfalls von den Potenzialflächen ausgeschlossen.

Im nächsten Schritt werden konkrete Standorte für die Wärmepumpen gesucht. Dabei werden zunächst Standortoptionen entlang der Gewässer so ausgewiesen, dass sie einen gewissen Mindestabstand zueinander einhalten (Flüsse: 500 m, Seen: 200 m). Der Abstand soll sicherstellen, dass die Oberflächengewässer ausreichend Wärme regenerieren können und genügend Aufstellfläche pro Anlage besteht. Diese Platzierung erfolgt zunächst ungeachtet der tatsächlichen Wärmemenge, die aus dem Gewässer entnommen werden kann.

Potenzialberechnung

Anschließend wird pro Oberflächengewässer die gesamte Menge an **extrahierbarer Wärme** ermittelt. Die Vorgehensweise unterscheidet sich hier je nach Oberflächengewässer-Typ:

Seen Datengrundlage

Zur Ermittlung des Volumens des Sees wird zusätzlich zur Oberfläche, die aus den Geodaten berechnet werden kann, zunächst die mittlere Tiefe benötigt. Falls vorhanden, wird diese automatisiert über ein entsprechendes Register bezogen. Liegen dazu keine Daten vor, wird die Tiefe wie folgt auf Basis der See-Oberfläche abgeschätzt:

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| • < 30.000 m ² | > | - (zu klein für Wärmeentnahme) |
| • 30.000 m ² - 1 km ² | > | 8 m |
| • 1 km ² - 5 km ² | > | 25 m |
| • > 5 km ² | > | 60 m |

Unter der Annahme, dass dem gesamten Volumen des Sees über das Jahr verteilt 0.5 K entnommen werden können, ergibt sich daraus dann die zu extrahierende Wärmemenge.

Flüsse Datengrundlage

Zur Ermittlung der aus den Flüssen zu extrahierenden Wärmemenge wird ein Geodatenatz der Bundesanstalt für Gewässerkunde mit den zuvor bestimmten Eignungsflächen verschnitten. Es wird der sog. "Mittlerer Niedrigwasserabfluss" (MNQ) als Basis für die weiteren Berechnungen verwendet. [\[BfG\]](#)

Unter Berücksichtigung der Mindestleistung bei der folgenden Wärmepumpen-Dimensionierung (s. nächste Seite) ergibt sich ein Mindest-MNQ von ca. 0.57 m³/s. Flüsse mit einem geringeren Abfluss werden nicht berücksichtigt. Ebenso wird für Flüsse mit nicht vorliegendem Mittleren Niedrigwasserabfluss kein Potenzial ausgewiesen.

Unter Anwendung der Annahmen, dass 5 % des Volumenstroms des Flusses 5 K entnommen werden (Abkühlung um 0.25 K an jeder Entnahmestelle) ergibt sich daraus dann die zu extrahierende Wärmemenge [\[Hamburg Institute\]](#).

Im nächsten Schritt werden von den zuvor bestimmten Standort-Optionen die zu realisierenden Wärmepumpen **ausgewählt und dimensioniert**. Die grundlegende Vorgehensweise ist dabei bei beiden Oberflächengewässer-Typen dieselbe. Es werden pro Gewässer so lange zufällig Standorte ausgewählt und dimensioniert, bis die maximal zu extrahierende Wärmemenge des Gewässers vollkommen aufgebraucht ist.

Unterschiede ergeben sich im Wesentlichen hinsichtlich der verwendeten Dimensionierungs-Parameter:

Seen Dimensionierung

- Dimensionierung (fix) 2 MW_{th}
- Volllaststunden 2190
- Jahresarbeitszahl 2.7

Flüsse Dimensionierung

- Dimensionierung (variabel) 1 - 10 MW_{th}
- Volllaststunden 2190
- Jahresarbeitszahl 2.5

Schließlich werden die Kennzahlen der einzelnen ausgewählten Wärmepumpen-Standorte wieder auf die Eignungsflächen aggregiert. Durch die Mindestabstände zwischen zwei Standorten von 500 Metern kann es bei vielen kleinen Eignungsflächen dazu kommen, dass einzelne geeignete Flächen keine ausgewählten Standorte beherbergen und dadurch kein Potenzial aufweisen. Da die Auswahl der realisierten Standorte willkürlich erfolgt, werden diese 0-Potenzial-Standorte als alternative Standorte im Zwilling trotzdem visualisiert.

Wirtschaftliche Eingrenzung

Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit werden Flächen als gut geeignet charakterisiert, die sich in direkter Umgebung zu Siedlungen bzw. Wärmenetzen befinden.

=Abwärme aus Klärwerken

Klärwerke stellen eine wertvolle potentielle Wärmequelle dar, da das geklärte Abwasser das ganze Jahr über mit einer relativ konstanten Temperatur zur Verfügung steht.

Die mögliche Wärmegewinnung aus dem Abwasser wird an den Klärwerk-Ausläufen erhoben. Alternativ könnte die Abwärme des Abwassers auch direkt an den Abwassersammlern bestimmt werden. Zu beachten ist, dass eine Mindesttemperatur des Abwassers für die biologischen Abbauprozesse im Klärwerk zu gewährleisten ist, sodass das Abwasser vor dem Durchlaufen der Klärprozesse nicht beliebig abgekühlt werden darf. Durch die dementsprechend höhere abgreifbare Temperaturdifferenz am Klärwerks-Auslauf im Vergleich zu den Sammlern liefert diese zentrale Entnahme das größere Potenzial, dessen Quantifizierung im Folgenden beschrieben wird. Die so gewonnene Wärme kann anschließend für die Einspeisung in Niedertemperatur-Wärmenetze verwendet werden oder mit zentralen Wärmepumpen auf ein gewünschtes Temperaturniveau angehoben werden.

Gebietsbestimmung

Das Abwärmepotenzial aus Abwasser wird an den Klärwerken selbst erfasst, diese fungieren als Punktquellen. Die zugrunde liegenden Daten stammen aus einem zentralen Klärwerks-Register der EU Umweltagentur [\[UWWTD\]](#).

Potenzialberechnung

Das Abwasservolumen pro Klärwerk wird über die Anzahl der angeschlossenen Verbraucher modelliert, welche im o.g. Datensatz enthalten sind. In die Quantifizierung des Potenzials fließen gemäß [\[Hotmaps\]](#) Richtwerte für die anfallende Abwassermenge pro Einwohnerwert, das Temperaturniveau des Abwassers sowie die Temperaturdifferenz zur Abkühlung und Annahmen zu Betriebszeiten der Anlage ein.

Industrielle Abwärme

Einzelne Betriebe verfügen teils über große Abwärmequellen, die, je nach Temperaturniveau der Quelle, für die Einspeisung in warme oder kalte Wärmenetze erschlossen werden können. Hierzu gehören beispielsweise Betriebe in der verarbeitenden Industrie, jedoch auch größere Einrichtungen wie Kliniken, die Abwärme zum Beispiel in Form von Abluft oder warmem/heißen Wasser vorweisen. Die Identifikation dieser Quellen erfolgt auf zwei Wegen:

- öffentlich einsehbare Datenbanken wie die Plattform für Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz [\[BfEE\]](#) und [\[HotmapsWiki\]](#)

- projektspezifische Erhebungen, bei denen potenzielle Abwärme-Lieferanten kontaktiert und zu ihrer Kapazität/Bereitschaft, Abwärme beizusteuern, befragt werden.

Durch den Einsatz von Niedertemperatur-Wärmenetzen mit niedrigen Betriebstemperaturen können potenziell viele Betriebe Abwärme ins Netz einspeisen, was bei älteren Netzen mit höherem Temperaturniveau aufgrund von zu niedriger Abwärme-Temperatur nicht möglich ist. Somit bietet Abwärme ein hohes Potenzial und Synergien für die Wärmeversorgung, wenn das jeweilige Temperaturniveau in ein zentrales Wärmeversorgungssystem eingebunden werden kann.

Gebietsbestimmung

Die Gebietsbestimmung im herkömmlichen Sinne einer Flächenanalyse ist hier nicht notwendig, da die als mögliche Wärmequellen identifizierten Betriebe durch Adressangaben als Punktgeometrien identifiziert und dargestellt werden.

Potenzialberechnung

In beiden Erfassungswegen (öffentliche Portale und projektspezifische Abfrage) basiert das quantifizierte Potenzial direkt auf den Angaben der Betriebe. Sofern bekannt, werden sowohl die Gesamtwärmemenge als auch die zeitliche Verfügbarkeit und das Temperaturniveau erfasst.

Potenzial aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen dienen der kombinierten Erzeugung von Strom und Nutzwärme, wodurch sie einen hohen Gesamtwirkungsgrad von typischerweise 80–90 % erreichen und somit eine besonders effiziente Energieversorgung ermöglichen. Dabei liegt das typische Verhältnis von Strom zu Wärme (Strom-Wärme-Verhältnis) bei gasbetriebenen Anlagen häufig zwischen 30–60 %, was die Flexibilität der Technologie im Hinblick auf die bedarfsgerechte Energieversorgung unterstreicht. Als Brennstoffe können sowohl Erdgas als auch Biomasse zum Einsatz kommen.

Gebietsbestimmung

Zunächst werden alle Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Projektgebiet unter Verwendung des Marktstammdatenregisters (MaStR) identifiziert und mit Informationen zum verwendeten Brennstoff sowie der thermischen und elektrischen Nennleistung erfasst. Für die Ermittlung der erneuerbaren Energiepotenziale werden lediglich diejenigen KWK-Anlagen in Betracht gezogen, die aktuell mit fossilen Energieträgern (i.d.R. Erdgas) betrieben werden.

Potenzialermittlung

Für jede mit fossilen Energieträgern betriebene KWK-Anlage wird durch Multiplikation der elektrischen und thermischen Leistung mit 4000 jährlichen Volllaststunden das erneuerbare Strom- und Wärmepotenzial quantifiziert.

Die Analyse zeigt also das elektrische und thermische Potenzial der bestehenden fossilen Infrastruktur, falls eine Umstellung auf Biogas oder andere regenerative Gase erfolgen sollte. Zukünftige Erweiterungen der Kapazität der Bestandsanlagen oder neue Standorte sind hierbei nicht berücksichtigt.

Sanierungspotenzial

Das Sanierungspotenzial wird gebäudescharf berechnet. Es stellt das Potenzial zur Wärmebedarfsreduktion durch eine energetische Sanierung der Gebäudehülle dar.

Wohngebäude

Für Gebäude des privaten Wohnsektors wird das Sanierungspotenzial modellbasiert unter Nutzung von Gebäudetypen ermittelt. Der Wärmebedarf im sanierten Zustand wird basierend auf TABULA bestimmt [\[IWU\]](#). Dabei wird für jedes Wohngebäude die entsprechende TABULA-Klasse ermittelt und damit der spezifische Wärmebedarf für den sanierten Zustand bestimmt. Das Sanierungspotenzial ergibt sich aus der Differenz des aktuellen Wärmebedarfs im Bestand zum Wärmebedarf im sanierten Zustand.

Nichtwohngebäude

Für Nichtwohngebäude wird das Sanierungspotenzial auf Basis von Wärmebedarfsreduktionsfaktoren bestimmt. Dabei wird angenommen, dass sich Gebäude um folgende Anteile reduzieren lassen [\[KEA\]](#):

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 37 %
- Industrie: 29 %
- Kommunale Liegenschaften: 33 %

C Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit Hubertshofen Kennzahlen Eignungsgebiet Hubertshofen

Wärmebedarf (heute):	0,63 GWh/a
Anzahl Gebäude:	21
Anzahl Straßensegmente:	448
Wärmeliniendichte:	1.396 kWh/(m a)
Durchsch. Heizlast pro Gebäude:	16,5 kW
Durchsch. Wärmebedarf pro Haus	29.808 kWh

Berechnung Einzelversorgung

Für die Berechnung der Wärmegestehungskosten werden die jährlichen Investitionskosten über die Annuitätenmethode sowie die jährlichen Stromkosten berechnet:

spez. Invest.-Kosten Luft-Wasser WP	(aus KEA-BW Technikkatalog)	1256 €/kW
Durchschnittliche Heizlast pro Gebäude		16,5 kW
Gesamtinvestitionskosten pro Haus		20.800 €
Zinssatz		5 %
Laufzeit		25 Jahre
Jährliche diskontierte Investitionskosten		1.353 €
Durchsch. Wärmebedarf pro Haus		29.808 kWh
JAZ ¹⁰	(aus KEA-BW Technikkatalog)	3
Strombedarf pro Haus		9.936 kWh
Stromkosten Arbeitspreis	(aus KEA-BW Technikkatalog)	0,28 €/kWh
Jährliche Stromkosten pro Haus		2.782 €
Jährliche Kosten		<u>4.135 €</u>
Wärmegestehungskosten		13,9 ct/kWh

¹⁰ Jahresarbeitszahl

Berechnung Kalte Nahwärme

Für die Berechnung der Wärmegestehungskosten eines kalten Nahwärmenetzes werden die Investitionskosten für die Verlegung der Wärmenetze, der dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden, sowie die jährlichen Stromkosten für den Betrieb der Wärmepumpen betrachtet. Die Kosten werden mittels der Annuitätenmethode jährlich diskontiert.

Länge Hausanschlussleitung	(Annahme aus GIS)	5 m
Verlegekosten Hausanschluss	(aus KEA-BW Technikcatalog)	193 €/m
Materialkosten Hausanschluss 12 kW th.	(aus KEA-BW Technikcatalog)	83 €/m
Kosten Wasser-Wasser WP 3 kW el. / 12 kW th.	(1.546 €/kW aus KEA-BW Technikcatalog)	20.816 €
		22.196 € pro Haus
Investitionskosten Hausanschlüsse		466.126 €
Länge Versorgungsnetz		448 m
Verlegekosten Versorgungsnetz	(aus KEA-BW-Technikkatalog)	425 €/m
Materialkosten Versorgungsnetz	(aus KEA-BW-Technikkatalog)	70 €/m
Investitionskosten Versorgungsnetz		221.965 €
Investitionskosten Erdsonden	(10.000 € pro Haus, Literaturwert)	210.000 €
Gesamtinvestitionskosten		898.091 €
Zinssatz		5 %
Laufzeit		25 Jahre
Jährliche diskontierte Investitionskosten		63.721 €
Wärmebedarf (gesamt, ohne Sanierung)		625.985 kWh
JAZ ¹¹	(aus KEA-BW Technikcatalog)	4
Strombedarf (ohne Umwälzpumpe)		156.496 kWh el.
Stromkosten Arbeitspreis	(aus KEA-BW Technikcatalog)	0,28 €/kWh
Jährliche Stromkosten	(Stromkosten pro Haus 2.086 €)	43.818 €
Jährliche Kosten		<u>107.540 €</u>
Wärmegestehungskosten		17,2 ct/kWh

¹¹ Jahresarbeitszahl

9 Literaturverzeichnis

- BAFA. (2024). *Förderprogramm im Überblick*. BAFA.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_in_ueberblick_node.html
- BMWK. (2023). *Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Gebäudeenergiegesetz (GEG)*. Energiewechsel.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Navigation/DE/Service/FAQ/GEG/faq-geg.html>
- BMWK. (2023). *Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. BMWK.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/entwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- BMWSB. (2023). *Bundesregierung einigt sich auf neues Förderkonzept für erneuerbares Heizen*. BMWSB.de. Aufgerufen am 13. Februar 2024 unter <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/04/geg-foerderkonzept.html>
- BMWSB. (2023). *Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG)*. BMWSB.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf;jsessionid=AD290818DAE9254DBAF11EC268661C84.1_cid505?__blob=publicationFile&v=3
- dena. (2016). *Der dena-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand*. Deutsche Energie-Agentur dena.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/8162_dena-Gebaeudereport.pdf
- IWU. (2012). *„TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern*. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.iwu.de/index.php?id=205>
- KEA-BW. (2020). *Leitfaden Kommunale Wärmeplanung*. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-02-2021.pdf
- KEA-BW. (2022). *Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung | Wärmewende*. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikkatalog>
- KfW. (2024). *Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (432)*. KfW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)
- Umweltbundesamt. (2023). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#ueberblick>

Umweltbundesamt. (2024). *Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme*. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 14. Februar 2024 unter

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme>

Fraunhofer Umsicht (1998), Leitfaden Nahwärme, Aufgerufen am 24. März 2024 unter

<https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/kompetenz/energie/leitfaden-nahwaerme.pdf>



greenventory GmbH

Georges-Köhler-Allee 302
D-79110 Freiburg im Breisgau

<https://greenventory.de>