

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Hartheim am Rhein

**im Konvoi mit
Stadt Bad Krozingen und
Stadt Staufen im Breisgau**



**Fachgutachten zur Offenlage
August 2024**

Kommune: Gemeinde Hartheim am Rhein
Feldkircher Straße 17
79258 Hartheim

Erstellt durch: badenovaNETZE GmbH
Tullastraße 61
79108 Freiburg



Verfassende: Philip Lotte
Karla Müller
Dr. Marc Krecher
Marco Schneider
Johannes Drayß

Förderkennzeichen: BWKWP 22509
Gefördert durch das
Ministerium für Umwelt, Klima
und Energiewirtschaft Baden-Württemberg



Freiburg, August 2024

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
KARTENVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
ZIELSETZUNG UND VORGEHEN DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG	1
1. AKTEURSBETEILIGUNG	4
1.1 AKTEURSANALYSE	4
1.2 BETEILIGUNGSKONZEPT	4
2. BESTANDSANALYSE	7
2.1 STRUKTUR DER GEMEINDE HARTHEIM	7
2.2 ERFASSUNG DES GEBÄUDEBESTANDS	9
2.3 AKTUELLE VERSORGUNGSSTRUKTUR	13
2.4 WÄRMEBEDARF DER GEBÄUDE	19
2.5 ENDENERGIEVERBRAUCH WÄRME	20
2.6 SEKTORENKOPPLUNG UND STROMBEDARFSDECKUNG	27
2.7 ERNEUERBARE GASE	28
2.8 KENNZAHLEN DER BESTANDSANALYSE	30
3. POTENZIALANALYSE	32
3.1 ENERGIEEINSPARUNG	32
3.2 STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ	33
3.3 ERNEUERBARE ENERGIE FÜR DIE WÄRMEVERSORGUNG	37
3.4 ERNEUERBARE ENERGIE FÜR DIE STROMERZEUGUNG	47
3.5 ERNEUERBARE GASE	52
3.6 ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE	55
4. ZIELSZENARIO KLIMANEUTRALER GEBÄUDEBESTAND 2040	59
4.1 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN DES ZIELSZENARIOS	59
4.2 ZUKÜNFTIGER WÄRMEBEDARF 2030 UND 2040	61
4.3 DECKUNG DES ZUKÜNFTIGEN WÄRMEBEDARFS NACH ENERGIETRÄGERN	62
4.4 ZUKÜNFTIGE VERSORGUNGSSTRUKTUR 2030 UND 2040	66
4.5 TRANSFORMATION DES ERDGASNETZES	70
4.6 SENKEN FÜR RESTEMISSIONEN	72
4.7 KENNWERTE DES ZIELBILDS	74
5. KOMMUNALE WÄRMEWENDESTRATEGIE	76
5.1 KOMMUNALE HANDLUNGSFELDER FÜR DIE WÄRMEWENDE	77
5.2 MAßNAHMEN DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS 2024	79

6.	FORTSCHREIBUNG UND AUSBLICK	85
6.1	FORTSCHREIBUNG DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS	85
6.2	AUSBLICK	85
7.	METHODIK	86
7.1	ENERGIE- UND THG-BILANZ	86
7.2	SOLARPOTENZIAL	89
7.3	ERDWÄRMESONDENPOTENZIALE	89
7.4	LUFT/WASSER-WÄRMEPUMPENPOTENZIALE	91
7.5	GRUNDWASSERPOTENZIALE	92
7.6	ZIELSZENARIO.....	93
8.	GLOSSAR	94
9.	LITERATURVERZEICHNIS	98
10.	ANHANG	101
10.1	STECKBRIEFE DER FERNWÄRME-EIGNUNGSGEBIETE UND FÜR DIE DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG	101
10.2	GEBÄUDESTECKBRIEFE.....	115

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Übersicht des Projektablaufs und der Akteursbeteiligung	3
Abbildung 2 – Logo für die kommunale Wärmeplanung im Konvoi Bad Krozingen, Staufen, Hartheim.....	6
Abbildung 3 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Hartheim	11
Abbildung 4 – Verteilung der Gebäudearten in Hartheim	12
Abbildung 5 – Energieträgerverteilung der Zentralanlagen und KWK-Anteil in Hartheim	16
Abbildung 6 – Einbaujahr der Zentralheizkessel in Hartheim nach Energieträger (Datengrundlage: Schornsteinfegerstatistik 2021)	17
Abbildung 7 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2021).....	21
Abbildung 8 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2021)	23
Abbildung 9 – Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften nach Bauwerkszuordnung.....	24
Abbildung 10 – THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs nach Sektor und Energieträger.....	27
Abbildung 11 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2021	28
Abbildung 12 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial.....	35
Abbildung 13 – Techniken der Oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit	40
Abbildung 14 Geologische Profilabfolge der Gemarkung Hartheim nach LGRB - ISONG BW	40
Abbildung 15 – Unterscheidung der zwei grundlegenden tiefengeothermischen Verfahren	43
Abbildung 16 – Stromerzeugungspotenziale mit Photovoltaik in Hartheim.....	52
Abbildung 17 – Versorgungssicherheit durch Schließung der Winterlücke (Powerloop, 2020)	53
Abbildung 18 – Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien, 2017)	54
Abbildung 19 – Erneuerbare Strompotenziale in Hartheim.....	55
Abbildung 20 – Erneuerbare Wärmepotenziale in Hartheim.....	56
Abbildung 21 – Entwicklung des Wärmeverbrauchs nach Sektoren im Zielszenario.....	62
Abbildung 22 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Erzeugungsart	63
Abbildung 23 – Möglicher Energieträgermix der zentralen Wärmeversorgung im Jahr 2040.....	63
Abbildung 24 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Energieträger	64
Abbildung 25 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen bis zum Jahr 2040	65
Abbildung 26 – Stromverbrauchsszenario unter Berücksichtigung des Eigenerzeugungspotenzials	66
Abbildung 27– Übersicht der Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien (Sternier & Stadler, 2014)	69
Abbildung 28 – Häufigkeit der jeweiligen Gebäudetypen in der Gemeinde Hartheim.....	115
Abbildung 29 – Häufigkeit der Gebäudealtersklassen in der Gemeinde Hartheim	115
Abbildung 30 – Beispielhafter Gebäudesteckbrief für den Typ EFH-E	120

Kartenverzeichnis

Karte 1 Die Kommunen Hartheim, Bad Krozingen und Staufen haben sich für die kommunale Wärmeplanung im Konvoi zusammengeschlossen.....	1
Karte 2 – Gliederung der Gemeinde Hartheim und Ihrer Ortsteile (Hintergrundkarte: TopPlus-Web-Open/copyright).....	8
Karte 3 Baualtersklassen bezogen auf Baublöcke	10
Karte 4 – Gebäudestruktur im Kernort Hartheim (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)	13
Karte 5 – Gasnetzinfrastruktur in Hartheim und Feldkirch (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2024)	15
Karte 6 – Vorwiegender Energieträger der Heizanlagen auf Baublockebene (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2024)	18
Karte 7 – Durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene.....	19
Karte 8 – Wärmedichte der Gemeinde Hartheim auf Baublockebene (Smart Geomatics GmbH)	26
Karte 9 – Einsparpotenziale durch energetische Sanierung der Wohngebäude in Hartheim (Ausschnitt; Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)	34
Karte 10 – Ergiebigkeit der Grundwasser führenden Gesteine nach LGRB Baden-Württemberg	42
Karte 11 Lage der Potenzialflächen für Windenergieanlagen (blaue Flächen) auf der Gemarkung Hartheim (Planentwurf des Regionalverbands Südlicher Oberrhein, 2024) sowie potenzielle Anlagenstandorte (Das Grüne Emissionshaus)	49
Karte 12 – Potenzialflächen für Freiflächen-PV-Anlagen (Datenquellen: Regionalverband Südlicher Oberrhein)	51
Karte 13 – Übersicht des farblich markierten zentralen Fernwärme-Eignungsgebietes	68
Karte 14 - Fernwärme-Eignungsgebiet der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Hartheim (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2024)	101

Tabellenverzeichnis

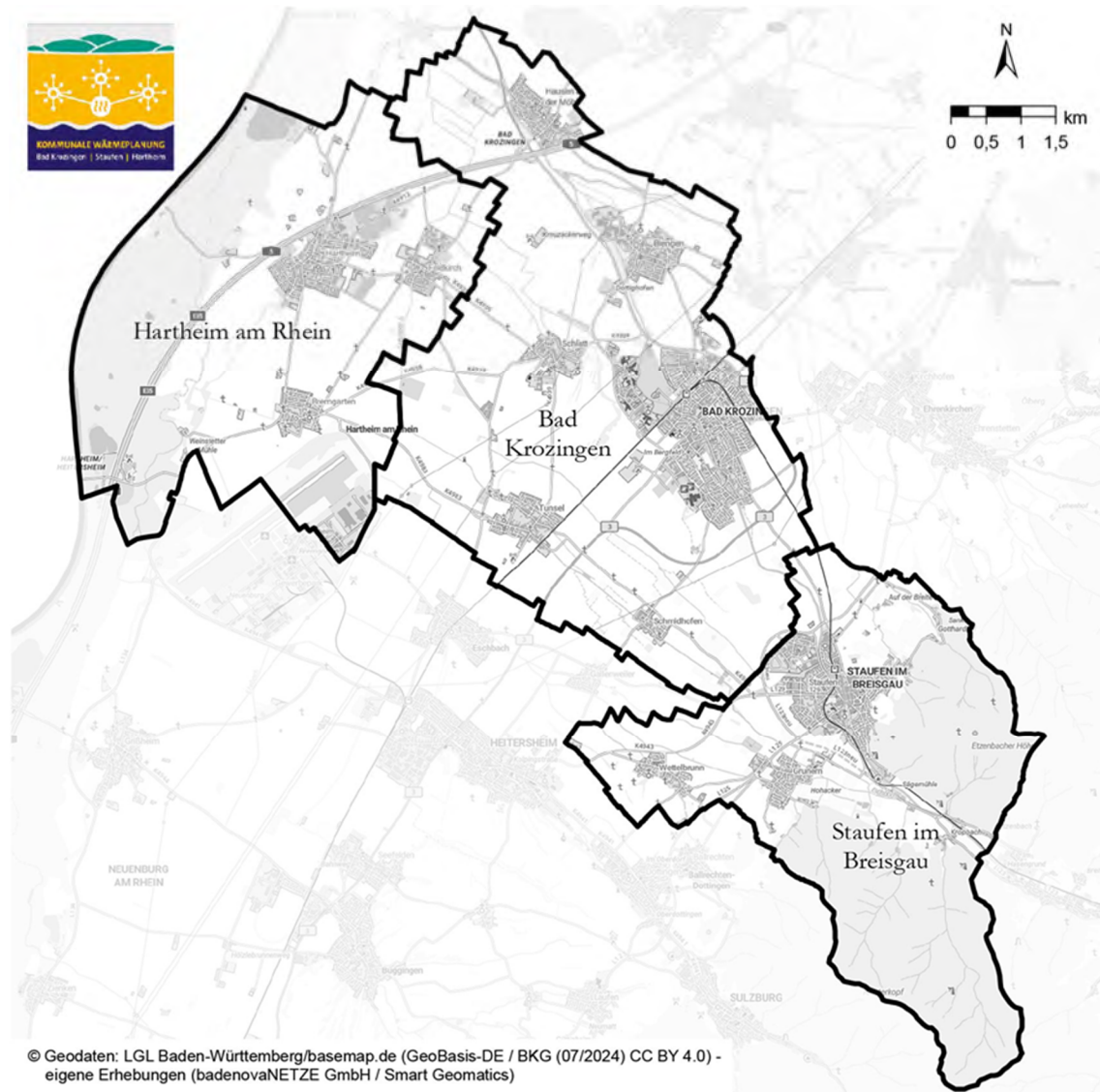
Tabelle 1 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, (2005)	9
Tabelle 2 – Endenergieverbrauch für Wärme der Gemeinde Hartheim nach Energieträger in Zahlen (2021)	22
Tabelle 3 – Begriffsabgrenzung erneuerbarer Gase (Angelehnt an VKU, (2017)).....	29
Tabelle 4 – Unterscheidung der Bezeichnungen für Wasserstoff nach Produktionsverfahren	29
Tabelle 5 – Wesentliche Kennzahlen der Bestandsanalyse.....	31
Tabelle 6 – Energetisches Potenzial einiger landwirtschaftlichen Reststoffe in der Gemeinde Hartheim	38
Tabelle 7 – Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Hartheim	58
Tabelle 8 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren für das Jahr 2021	74
Tabelle 9 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren abgeschätzt für das Jahr 2030	74
Tabelle 10 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren abgeschätzt für das Jahr 2040	75
Tabelle 11 – Genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung.....	75
Tabelle 12 – THG-Emissionen und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, (2024))	87
Tabelle 13 – Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung (2021) (Quelle: IFEU (2024)).....	88
Tabelle 14 – Bewertung der Datengüte der Energie- und THG-Bilanz nach Sektoren (inkl. Stromverbrauch).....	88
Tabelle 15 – Vorgegebene Untergrundparameter	89
Tabelle 16 – Vorgegebene Sondenparameter	90
Tabelle 17 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte	90
Tabelle 18 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung	91
Tabelle 19 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsdichte	91
Tabelle 20 – Abschätzung des Wärmeerzeugungspotenzial aus Grundwasser	92
Tabelle 21 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Strom nach Erzeugungsart für die Jahre 2030 und 2040	93
Tabelle 22 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Wärme nach Energieträger für die Jahre 2030 und 2040	93

Abkürzungsverzeichnis

BEW	<i>Bundesgesetz zur Förderung effizienter Wärmenetze</i>
BImSchV	<i>Bundes-Immissionsschutzverordnung</i>
CO _{2e}	<i>CO₂-Äquivalente</i>
EEG	<i>Erneuerbare-Energien-Gesetz, Erneuerbare-Energien-Gesetz, Erneuerbare-Energien-Gesetz</i>
EU	<i>Europäische Union</i>
FFÖ-VO	<i>Freiflächenöffnungsverordnung, Freiflächenöffnungsverordnung</i>
GEG	<i>Gebäudeenergiegesetz</i>
GIS	<i>Geographisches Informationssystem</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
IFEU	<i>Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH</i>
ISONG-BW	<i>Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg</i>
ITG	<i>Instituts für technische Gebäudeausrüstung, Instituts für technische Gebäudeausrüstung</i>
IWU	<i>Institut für Wohnen und Umwelt</i>
KEA-BW	<i>Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg</i>
KWP	<i>kommunaler Wärmeplan</i>
LUBW	<i>Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg</i>
MWh	<i>Megawattstunde, Megawattstunde, Megawattstunde, Megawattstunde</i>
PtG	<i>Power-to-Gas</i>
PV	<i>Photovoltaik</i>
TA Lärm	<i>Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm</i>
THG	<i>Treibhausgas</i>
WSchV	<i>Wärmeschutzverordnung</i>

Zielsetzung und Vorgehen der kommunalen Wärmeplanung

Die Abmilderung des Klimawandels ist in Deutschland und in Baden-Württemberg seit 2011 zu einem prioritären Ziel ausgerufen worden. Für die als „Große Transformation“ bezeichnete nationale Politik ist vor allem die Dekarbonisierung der Energieversorgung von zentraler Bedeutung (WBGU, 2011). Während im Elektrizitätssektor durch den Ausbau der erneuerbaren Stromquellen, wie z.B. Windenergie und Photovoltaik, bereits wesentliche Fortschritte gemacht wurden, wird nun die ebenso notwendige Wärmewende in den Fokus gebracht. Im Jahr 2021 wurden rund 85 % der Wärme in Baden-Württemberg mit fossilen Wärmequellen, wie z.B. Heizöl und Erdgas, erzeugt (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022). Gleichzeitig sinkt der Wärmebedarf der Bestandsgebäude nur langsam, da energetische Sanierungen hohe Investitionskosten verursachen können.



Karte 1 Die Kommunen Hartheim, Bad Krozingen und Staufen haben sich für die kommunale Wärmeplanung im Konvoi zusammengeschlossen

Das Land Baden-Württemberg hat im Jahr 2023 den notwendigen Maßnahmen im Wärmesektor mit einer Novellierung des Landes-Klimaschutzgesetzes Rechnung getragen und für alle großen

Kreisstädte im Land eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung festgesetzt. Städte und Gemeinden, die keine Kreisstädte sind, können diesen, nach dem aktuellen Bundesgesetz, bis zum 30.06.2028 erstellen. Gerade kleinere Kommunen können sich zusammenschließen und die Wärmeplanung im Konvoi durchführen. Durch diese interkommunale Zusammenarbeit können bei der Planung Synergieeffekte gehoben werden. Die Kommunen Bad Krozingen, Staufen und Hartheim haben sich darauf geeinigt, die kommunale Wärmeplanung im Konvoi durchzuführen. Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist, dass die Kommunen eine Strategie für die Wärmeversorgung entwickeln, um einen klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2040 zu erreichen. Der kommunale Wärmeplan besteht aus den folgenden vier Arbeitspaketen, nach denen sich auch dieses Gutachten gliedert:

1. Bestandsanalyse

Die Energie- und Gebäudeinfrastruktur sowie der Energieverbrauch und die damit entstehenden Treibhausgasemissionen (THG) werden für das Gemeindegebiet möglichst gebäudescharf erfasst und ein sogenannter digitaler Zwilling der jeweiligen Kommune wird erstellt.

2. Potenzialanalyse

Die lokalen Potenziale zur Versorgung der Kommune mit erneuerbaren Energien werden erhoben. Dabei fließt die Betrachtung erneuerbarer Wärmequellen (Solarthermie, Geothermie, Biomasse etc.), erneuerbarer Stromquellen (Photovoltaik, Windenergie, Wasserkraft etc.) und Abwärme (Industrie, Abwasser, Rechenzentren etc.) mit ein. Zudem wird das Potenzial steigender Energieeffizienz berechnet, sodass die Menge an benötigter erneuerbarer Energie im Jahr 2040 minimiert wird.

3. Zielszenario

Auf Basis der Bestands- und Potenzialanalyse wird ein energetisches Zielszenario für das Jahr 2040 mit Zwischenziel 2030 erstellt. Dieses soll die zukünftige (klimaneutrale) Energieinfrastruktur unter Einbindung der ermittelten Potenziale darstellen. Dabei werden auch sogenannte Eignungsgebiete beschrieben, in welchen zukünftig die Wärmeversorgung zentral über Wärmenetze oder dezentral erfolgen soll.

4. Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

Mit der Wärmewendestrategie soll das erstellte Zielszenario erreicht werden. Ein Katalog führt auf, wie die Kommune mit verschiedenen Maßnahmen in ihrer Gesamtheit die klimaneutrale Wärmeversorgung erreichen kann. Von diesen Maßnahmen müssen fünf Maßnahmen bereits in den ersten fünf Jahren nach Erstellung in die Umsetzung kommen. Der kommunale Wärmeplan (KWP) soll alle sieben Jahre fortgeschrieben werden.

Im Auftrag der Gemeinde Hartheim stellt das folgende Gutachten die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung mit dem Juli 2024 dar. Der kommunale Wärmeplan wurde in Abstimmung mit der kommunalen Verwaltung seit Anfang 2023 erstellt. Beim Wärmeplan sind die geografisch zugeordneten Daten des Wärmeverbrauchs (der sog. digitale Zwilling), der Potenziale und der perspektivischen Infrastruktur ein wichtiges Ergebnis. Dieses wird der Gemeinde zur weiter Bearbeitung übergeben, damit diese fortlaufend angepasst und bearbeitet werden können. Eine Fortschreibung des Wärmeplans der Gemeinde Hartheim wird nach gesetzlichen Vorgaben voraussichtlich bis zum Jahr 2031 erfolgen müssen.

Der kommunale Wärmeplan richtet sich zunächst an das Wirkungsfeld der Kommune, sowohl als umsetzende Instanz als auch als Auftraggeberin. Ziel ist es, Maßnahmen zu definieren, die von der Gemeinde direkt umgesetzt werden können. Gleichzeitig ist hervorzuheben, dass der Zielzustand eines klimaneutralen Gebäudebestands für die Gemeinde Hartheim nur durch ein

Mitwirken auf bundesweiter politischer Ebene und mit großen Anstrengungen der lokalen Akteure und der Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde gelingen wird.

Im Rahmen der **Beteiligung** wurden relevante Stakeholder für die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung informiert und beteiligt. Dazu gehören die relevanten Bereiche der kommunalen Verwaltung (insbesondere Bürgermeister, Bauamt), die badenovaNETZE GmbH als Gasversorger und Naturenergie als Stromnetzbetreiber. Für die Ermittlung von Windkraftpotenzialen wurde der Projektierer Das Grüne Emissionshaus GmbH interviewt. Eine enge Zusammenarbeit erfolgte auch mit der badenovaWÄRMEPLUS. Die Bürger und Bürgerinnen der Gemeinde Hartheim konnten sich am 01. Februar 2024 auf einer online öffentlichen Veranstaltung über die Ergebnisse des Kommunalen Wärmeplans informieren lassen. Die Veranstaltung stieß auf großes Interesse, so dass ca. 80 Personen (aus dem gesamten Konvoigebiet) daran teilnahmen. Alle Bürger und Bürgerinnen der Gemeinde Hartheim hatten die Gelegenheit, über eine Mailadresse ihre Vorstellungen und Anmerkungen der Gemeinde zukommen zu lassen. Dazu wurden die Ergebnisse auf der Gemeinde-Homepage als Präsentation veröffentlicht.

Im Rahmen des Beteiligungsprozesses wurden unterschiedliche Informations- und Workshopveranstaltungen durchgeführt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über den Ablauf des kommunalen Wärmeplans und über die Akteursbeteiligung, die im Rahmen des Projekts durchgeführt wurde.

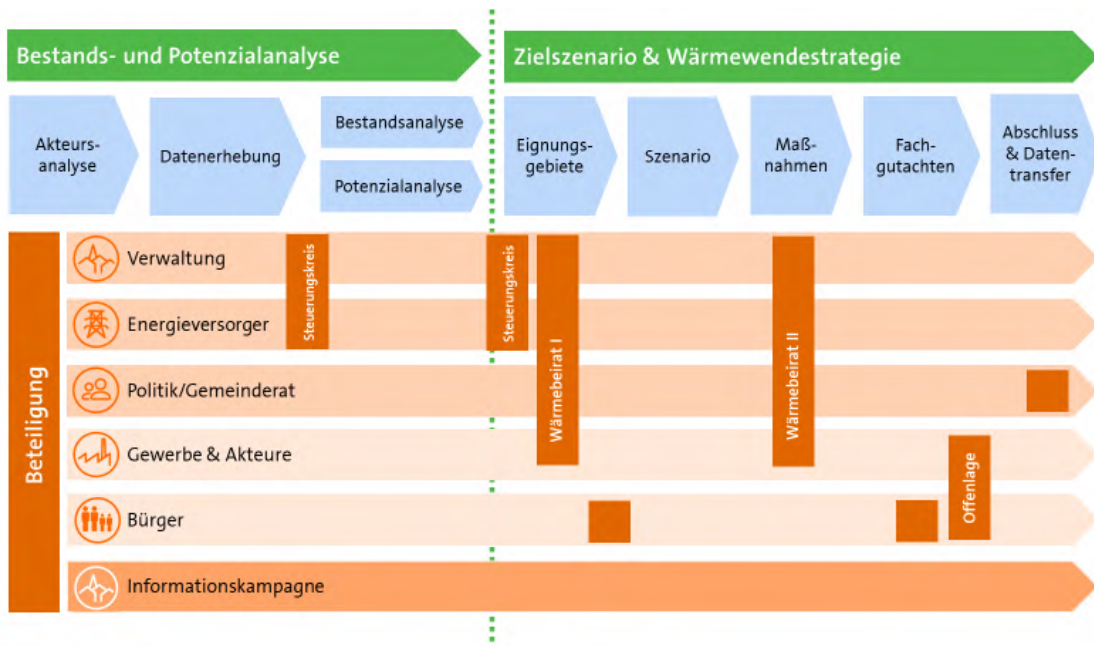


Abbildung 1 – Übersicht des Projektablaufs und der Akteursbeteiligung

1. Akteursbeteiligung

- Dieses Kapitel wird nach der Offenlage nochmals überarbeitet-

Die Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans der Gemeinde Hartheim hat unter Beteiligung lokaler Akteure und Stakeholder stattgefunden. Hierzu haben verschiedene Informationsformate, Workshops und Veranstaltungen stattgefunden, die im Folgenden beschrieben werden.

Im Steuerungskreis haben vornehmlich Personen mitgewirkt, die Entscheidungsbefugnisse und relevante Aufgabenbereiche zur Bearbeitung der kommunalen Wärmeplanung übernommen haben. Dies waren die Bürgermeister der drei am Konvoi beteiligten Kommunen, die Bauamts- und/oder Rechnungsamtsleiter und Personen, die von Seiten der Verwaltung zur Unterstützung der KWP bestimmt waren. Der Wärmebeirat setzt sich einerseits aus interessierten Bürgerinnen und Bürgern zusammen, andererseits aus Gemeinderäten und aus aktiv mitwirkenden Personen aus der Verwaltung oder den Versorgungsunternehmen. Die erste Veranstaltung mit dem Wärmebeirat erfolgte in einer Videokonferenz, die zweite in Präsenz. Die Steuerungskreise trafen am jeweiligen Veranstaltungsort zusammen.

1.1 Akteursanalyse

Vor Beginn des Beteiligungskonzepts wurde eine Akteursanalyse durchgeführt, die die relevanten Akteure, lokalen Stakeholder und wichtigen Entscheidungsträger im Hinblick auf die Wärmewende in der Gemeinde identifiziert.

Folgende Akteure wurden in Hartheim identifiziert:

- > Gemeindeverwaltung
- > Energieversorger
- > Gemeinderatsgremium
- > Bürgerschaft
- > Industriebetriebe
- > Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Ziel ist eine sinnvolle und ganzheitliche Beteiligung, um Ansichten, Anregungen und das lokale Wissen in die Planung mitaufzunehmen sowie eine breite Akzeptanz zu erreichen. Dabei sollen die Ergebnisse und Maßnahmen schließlich bei den relevanten Akteuren platziert werden, dass eine nahtlose Umsetzung erfolgen kann.

1.2 Beteiligungskonzept

Durch die Einbindung lokaler Akteure soll das bestehende Wissen im Kontext der kommunalen Wärmeplanung integriert und somit die Akzeptanz von erarbeiteten Lösungen erreicht werden. Dazu wurden im Rahmen der Konzepterarbeitung mehrere Veranstaltungen und Informationsformate durchgeführt, die im Folgenden beschrieben werden.

Ein wichtiger Baustein ist dabei der sogenannte Wärmewendebeirat, dessen Gründung zu Projektbeginn initiiert wurde. Er dient dem effizienten Informationsaustausch und der Vernetzung relevanter Akteure zur Wärmewende in Hartheim. Das Gremium soll auch nach Abschluss der Konzepterarbeitung bestehen bleiben und die Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen treiben und begleiten. Außerdem kann der Wärmewendebeirat ein Controllingkonzept etablieren, bei

dem die Maßnahmenumsetzung in regelmäßigen Zeitabständen auf Fortschritt überprüft und ggf. angepasst wird sowie bestehende Hemmnisse identifiziert und abgebaut werden sollen.

1.2.1 Regelmäßige Jour Fixe mit Vertretern der kommunalen Verwaltungen

Im Rahmen des Projektmanagements wurden im zweiwöchigen Rhythmus Abstimmungstermine zwischen dem Projektteam (bestehend aus badenovaNETZE und Stadtwerke Müllheim-Staufen) und dem Kernteam der kommunalen Verwaltungen durchgeführt. Dabei wurde der Fokus vor allem auf die Lösung operativer Herausforderungen sowie auf die Abstimmung der zu erarbeitenden Inhalte gelegt.

1.2.2 Wärmewendebeirat

Im Konvoi-Projekt wurde zur Beteiligung der relevanten Akteursgruppen ein Gremium mit dem Namen „Wärmewendebeirat“ gegründet. Zweck dieses Gremiums war die Einbindung der lokalen Entscheidungsträger und Multiplikatoren in die Erstellung der kommunalen Wärmepläne. Die Zusammensetzung des Wärmewendebeirats wurde von den Kommunen bestimmt und bestand aus Vertretern der Gemeindeverwaltung, Gemeinderatsfraktionen, Bürgerakteursgruppen sowie Vertretern des Handwerks.

Während der ersten Veranstaltung wurden die Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse vorgestellt und mit den Mitgliedern erörtert. Diese Ergebnisse wurden um das lokale Wissen der Akteure ergänzt und damit verifiziert. Zudem fungierten die Mitglieder des Wärmewendebeirats als Multiplikatoren nach außen und sorgten so für eine Weitergabe der Erkenntnisse aus der Sitzung.

Die zweite Sitzung befasste sich mit der Vorstellung und Diskussion der Eignungsgebiete für zentrale, bzw. dezentrale Wärmeversorgung. Hier wurde die Karte der Eignungsgebiete dem Gremium präsentiert und das Vorgehen für die Einteilung erörtert. Der zweite Teil der Veranstaltung wurde als interaktiver Workshop zur Maßnahmenfindung durchgeführt. In Kleingruppen wurden Maßnahmenvorschläge erarbeitet, die maßgeblich Einfluss auf die im Wärmeplan enthaltenen Maßnahmen nahmen. So wurde sichergestellt, dass die Maßnahmen umsetzungsorientiert und zielführend gestaltet sind.

1.2.3 Markenzeichen

Zur optimalen Kommunikation der Inhalte des Wärmeplans an Externe wurde von badenovaNETZE ein Markenzeichen bzw. Signet erstellt. Dieses Logo soll den Wiedererkennungswert des Wärmeplans steigern und somit die Wärmewende und deren Akzeptanz vor Ort steigern.



Abbildung 2 – Logo für die kommunale Wärmeplanung im Konvoi Bad Krozingen, Staufen, Hartheim.

1.2.4 Bürgerinformationsveranstaltung

Die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans muss von der Bevölkerung mitgetragen werden. Aus diesem Grund wurde zwei Bürgerveranstaltungen durchgeführt. Die Zwischenergebnisse (Arbeitspakete 1 & 2 sowie die Eignungsgebiete) wurden in der Mitte des Projektes in einer Online-Veranstaltung mit ca. 80 Teilnehmenden präsentiert.

1.2.5 Offenlage

Der kommunale Wärmeplan wurde vor dem Feststellungsbeschluss durch den Gemeinderat der Öffentlichkeit zugänglich gemacht, um den Akteuren und der Bürgerschaft die Möglichkeit zu geben, sich über die geplanten Maßnahmen im Detail zu informieren und sie an der Wärmeplanung zu beteiligen.

1.2.6 Gemeinderatssitzungen

Zu Beginn wurde das Projekt durch den Projektleiter dem Gemeinderat vorgestellt und Raum für Fragen geboten.

2. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wird der energetische Ist-Zustand der Gemeinde Hartheim erfasst. Ein wichtiger Baustein der Bestandsanalyse ist die Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz. Diese erfasst sämtliche Energieverbräuche auf der Gemarkungsfläche der Gemeinde über den Zeitraum eines Jahres und ordnet diese Verbräuche den wichtigsten Sektoren (private Haushalte, Wirtschaft, kommunale Liegenschaften, Verkehr) zu. Die Energie- und Treibhausgasbilanz liefert einen ersten Einblick in den energetischen Ist-Zustand der Gemeinde und wird nach einer einheitlichen Methodik erstellt, so dass das Ergebnis auch mit anderen Kommunen vergleichbar ist.

Da beim Transport von Wärme mit großen Verlusten zu rechnen ist, ist die räumliche Zuordnung von Wärmesenken und -quellen bei der Erstellung des kommunalen Wärmeplans ein weiterer wichtiger Baustein. Daher wurden im Rahmen der Bestandsanalyse räumliche Daten des Gebäudebestands, der Energieinfrastruktur und des Energieverbrauchs digital erfasst und ausgewertet.

Durch das novellierte Klimaschutzgesetz des Landes ist die Gemeinde Hartheim im Rahmen der Erstellung des kommunalen Wärmeplans berechtigt, Daten des Energieverbrauchs und der Energieinfrastruktur der lokalen Netzbetreiber und Schornsteinfeger zu bearbeiten. Diese Daten wurden um Informationen zum Gebäudebestand und statistischen Daten der Sanierungszustände und Wärmebedarfe ergänzt. In einem Geographischen Informationssystem (GIS) konnten diese Gebäude- und Energiedaten mit Lageinformationen der Gebäude der Gemeinde aus dem amtlichen Kataster gekoppelt werden. Für diesen Arbeitsschritt wurde mit dem Dienstleister Smart Geomatics Informationssysteme GmbH aus Karlsruhe zusammengearbeitet. Das Ergebnis ist ein digitaler Zwilling der Energieversorgung der Gemeinde Hartheim, bei dem Energiemengen nicht nur beziffert, sondern auch räumlich verortet und online dargestellt werden können. Dieser digitale Zwilling dient als Grundlage für die anschließende Auswertung der energetischen Potenziale und für die Beschreibung des Ziel-Zustands eines klimaneutralen Gebäudebestands. Zudem kann er als planerische Grundlage für die Umsetzung der Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans dienen.

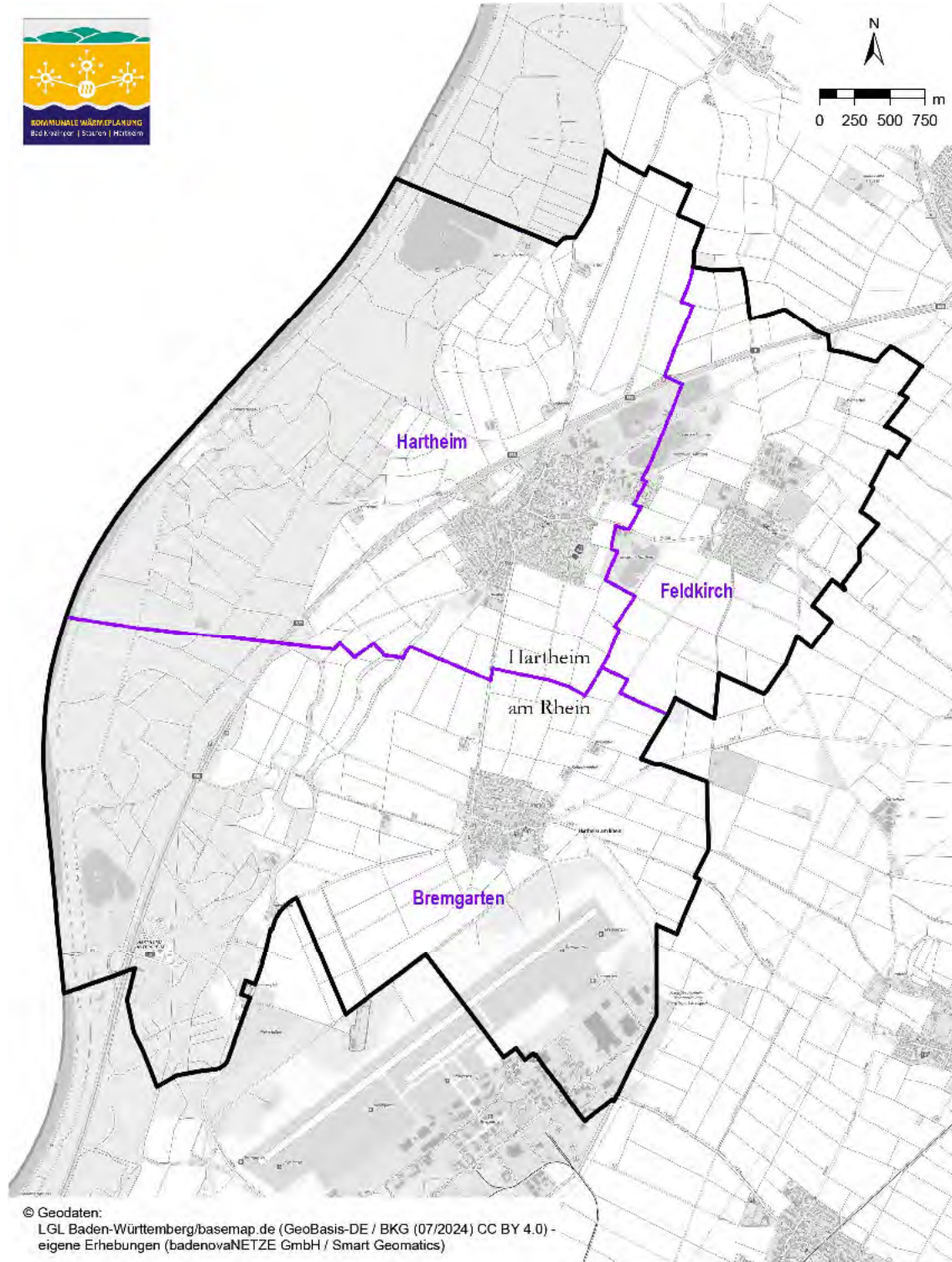
Während die gebäudescharfe Bearbeitung der Daten einen großen Mehrwert bei der Erstellung des Wärmeplans liefert, sind in diesem Fachgutachten und auch in den digitalen Karten/Daten sämtliche sensiblen Daten als Dichtekarten aggregiert, um den Datenschutz zu gewährleisten. Gebäudescharfe Daten der Schornsteinfeger und der Energieversorger müssen zudem nach Erstellung des Wärmeplans der Auftraggeberin übergeben und beim Auftragnehmer selbst gelöscht werden.

Im folgenden Kapitel werden die wesentlichen Methoden und Ergebnisse der Bestandsanalyse festgehalten. Zunächst werden Strukturmerkmale der Gemeinde und der Gebäude ausgewertet und beschrieben. Es folgt eine Übersicht der Energieinfrastruktur der Gemeinde sowie die Auswertung des Wärmeverbrauchs und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Anschließend wird auf die Themen Sektorenkopplung und Stromerzeugung in der Gemeinde Hartheim und die Rollen von erneuerbaren Gasen eingegangen. Abschließend sind die wichtigsten Kennzahlen der Bestandsanalyse tabellarisch festgehalten.

2.1 Struktur der Gemeinde Hartheim

Hartheim ist eine Oberrhein-Gemeinde im Südwesten Baden-Württembergs. Sie liegt im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald, südwestlich der Stadt Freiburg. Dorthin sind es ca. 17 km Luftlinie, nach Müllheim im Südwesten ca. 15 km. Im Osten grenzt die Gemeinde an die Gemarkung

Bad Krozingen. Nach Nordwesten hin liegt die Stadt Breisach und im Westen grenzt der Rhein. Die Bodenfläche umfasst ca. 2.605 ha. Davon entfallen Stand 2021 ca. 728 ha auf Wald und 1.312 ha auf Landwirtschaftsfläche. Die Höhe des Ortes wird mit ca. 206 m ü. NN angegeben. In Hartheim leben 4.864 Menschen (Stand 2021), bei steigender Bevölkerungsentwicklung, wobei die Bevölkerungsentwicklung bis 2040 leicht ansteigend prognostiziert wird. Hartheim besteht aus den Ortsteilen Hartheim, Bremgarten und Feldkirch.



Karte 2 – Gliederung der Gemeinde Hartheim und Ihrer Ortsteile (Hintergrundkarte: TopPlus-Web-Open/copyright)

2.2 Erfassung des Gebäudebestands

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur in der Gemeinde Hartheim wurde die „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) verwendet. Die Einordnung der Gebäude in diese Typologie ermöglicht die Analyse der Energieeinsparpotenziale für einen größeren Gebäudebestand. Bei der Typologie wird davon ausgegangen, dass Gebäude aus einer bestimmten Bauzeit in der Regel ähnliche Baustandards und damit ähnliche thermische Eigenschaften ausweisen (Busch, et al., 2010). Dazu wird der Gebäudebestand nach Baualter sowie nach Gebäudegröße in Klassen eingeteilt. Die Grenzzahre der Baualtersklassen orientieren sich an historischen Einschnitten, an statistischen Erhebungen und an Veröffentlichungen neuer Wärmeschutzverordnungen. In diesen Zeiträumen wird der Gebäudebestand in Hinsicht auf energetischen Baustandards als homogen angenommen, sodass für die einzelnen Baualtersklassen durchschnittliche Energieverbrauchskennwerte der verschiedenen Gebäudetypen bestimmt werden können. Die Gebäudegröße dagegen beeinflusst die Fläche der thermischen Hülle. Mit den mittleren Energieverbrauchskennwerten der jeweiligen Gebäudetypen kann so der energetische Zustand eines gesamten Gebäudebestands ermittelt werden (Busch, et al., 2010).

2.2.1 Baualtersklassen

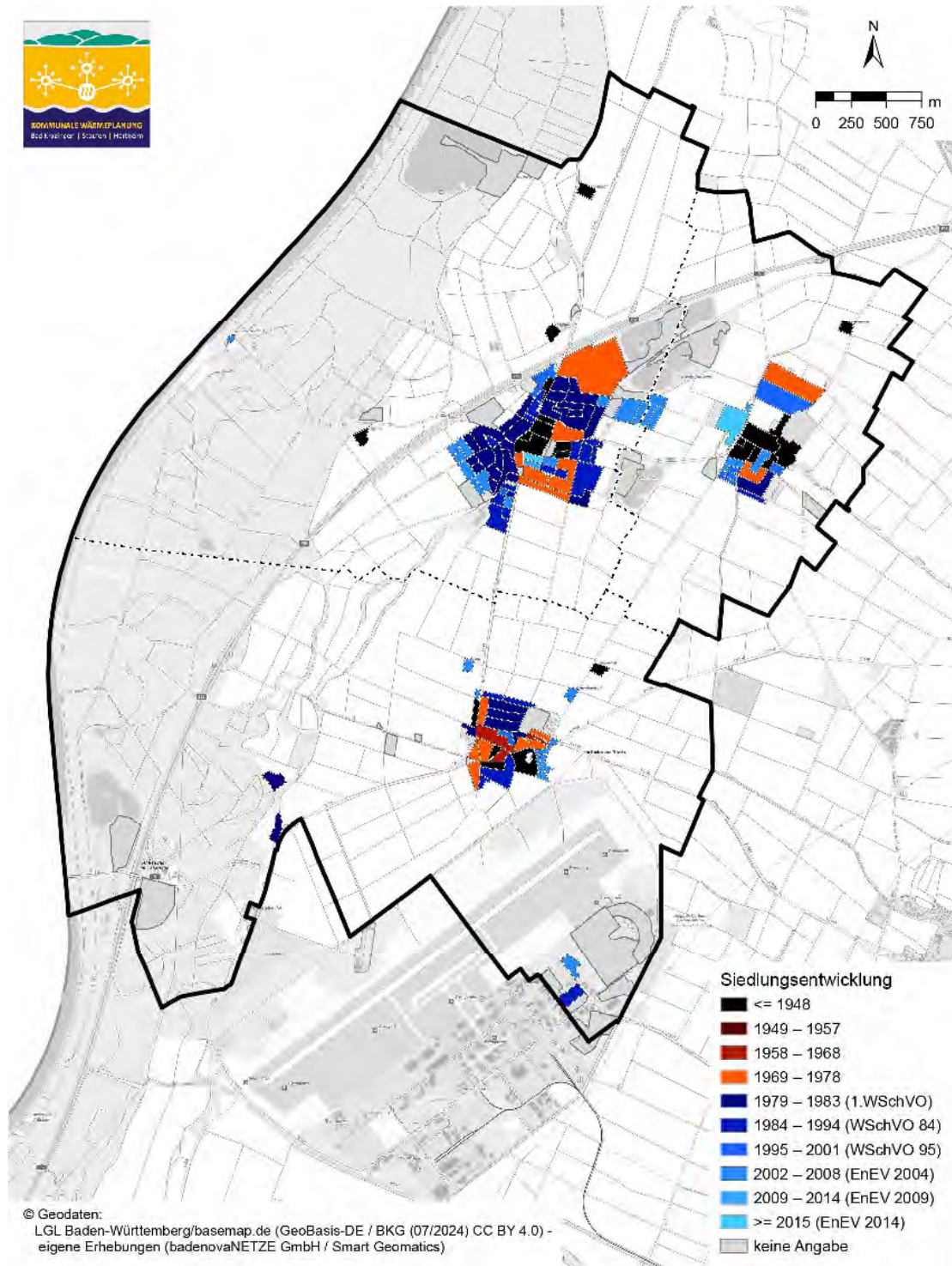
Die Einteilung nach Baualter erfolgt in dieser Typologie in 10 Klassen, die jeweils eine ähnliche Bausubstanz aufweisen (vgl. Tabelle 1).

Baualtersklasse	Charakteristika und Gründe für die zeitliche Einteilung
A: bis 1918	Fachwerkbau
B: bis 1918	Mauerwerkbau
C: 1919 – 1948	Zwischen Ende 1. und Ende 2. Weltkrieg
D: 1949 – 1957	Wiederaufbau, Gründung der Bundesrepublik
E: 1958 – 1968	Ende des Wiederaufbaus, neue Siedlungsstruktur
F: 1969 - 1978	Neue industrielle Bauweise, Ölkrise
G: 1979 – 1983	Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung (WSchV)
H: 1984 – 1994	Inkrafttreten der 2. WSchV
I: 1995 – 2001	Inkrafttreten der 3. WSchV
J: 2002 – 2009	Einführung der Energieeinsparungsverordnung (EnEV)
K: 2010 - Heute	Neubauten nach EnEV und GEG
L: 2016 - heute	Aktualisierung EneV

Tabelle 1 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, (2005)

In der Abbildung 3 sind die Anzahl der Wohngebäude in der Gemeinde Hartheim nach Baualter dargestellt. Demnach sind 64 % der vorhandenen Wohngebäude (Bestandsgebäude) vor Inkrafttreten der zweiten Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1984 erbaut worden. Dies ist von

besonderem Interesse, da Wärmedämmung damals eine untergeordnete Rolle spielte und das Einsparpotenzial durch Sanierungsmaßnahmen bei diesen Gebäuden besonders hoch ist.



Karte 3 Baualtersklassen bezogen auf Baublöcke

Karte 3 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäude nach den Baualtersklassen, bezogen auf Baublöcke.

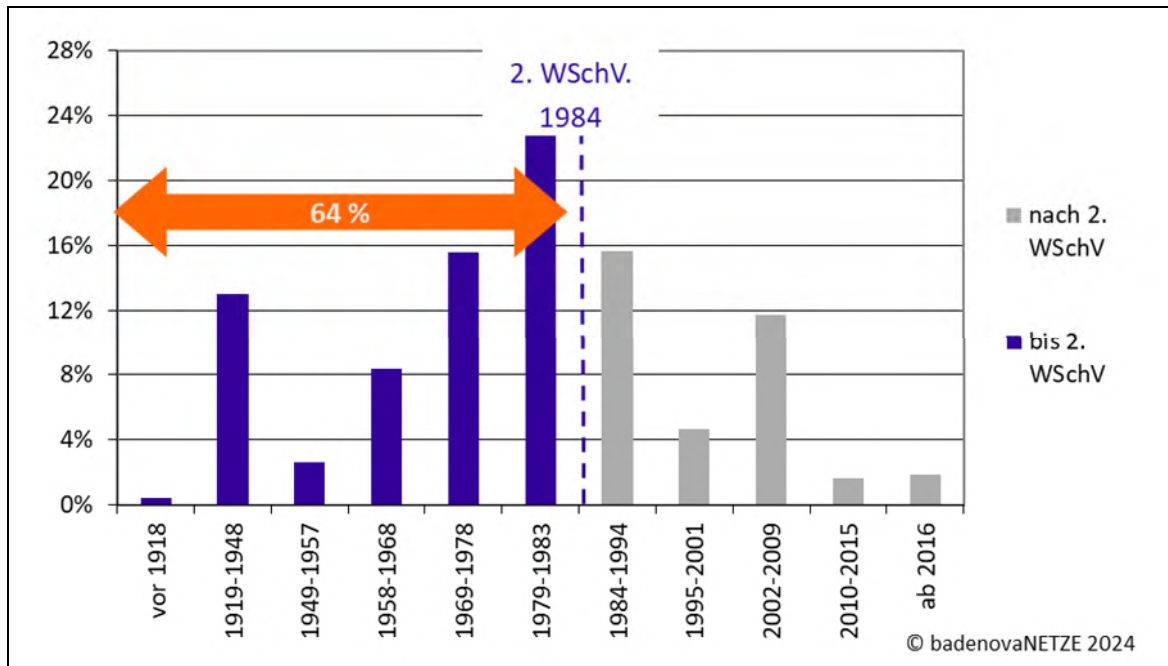


Abbildung 3 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Hartheim

Aus der Einordnung der Gebäude in die Gebäudetypologie lassen sich Aussagen über die Siedlungsstruktur von Hartheim treffen. Hierzu wurden alle Gebäude in Altersklassen und in Baublöcke eingeteilt. Dies erleichtert die schnelle Identifizierung von Gebieten ähnlicher Struktur für mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung. In Hartheim befinden sich einige Gebäude, die vor 1948 erbaut wurden. Danach wurde stetig zu gebaut und am meisten Bautätigkeit gab es in den 80er Jahren. Seitdem gibt es einen moderaten Zuwachs an Wohngebäuden. Diese Entwicklung ist für alle drei Teilorte sehr ähnlich.

2.2.2 Gebäudetypen

Neben dem Gebäudealter, ist auch der Gebäudetyp für die Ermittlung der Energiebedarfswerte und der Energieeinsparpotenziale relevant. In Hartheim wurde daher zur Bestimmung des Raumwärmebedarfs pro m² zwischen den Gebäudearten Einfamilien- und Doppelhäuser, Reihenhäuser, kleine Mehrfamilienhäuser, große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser/Blockbebauung unterschieden, die aufgrund ihrer Gebäudegröße jeweils ähnliche thermische Eigenschaften aufweisen. Die Kriterien der Typen sind die Anzahl der Wohneinheiten. Bei der Unterscheidung zwischen den Einfamilien-/Doppelhäusern und Reihenhäusern muss zusätzlich das Kriterium der Baustruktur herangezogen werden:

- Einfamilienhäuser sind definiert als „freistehendes Wohngebäude mit bis zu 2 Wohneinheiten“
- Doppelhaushälften sind definiert als „zwei aneinandergrenzende Wohngebäude mit jeweils bis zu 2 Wohneinheiten“
- Reihenhäuser sind definiert als „drei oder mehr aneinandergrenzende Häuser mit jeweils bis zu 2 Wohneinheiten“
- kleine Mehrfamilienhäuser haben zwischen 3 und 6 Wohneinheiten
- große Mehrfamilienhäuser haben zwischen 7 und 12 Wohneinheiten
- Hochhäuser/Blockbebauungen haben mehr als 13 Wohneinheiten

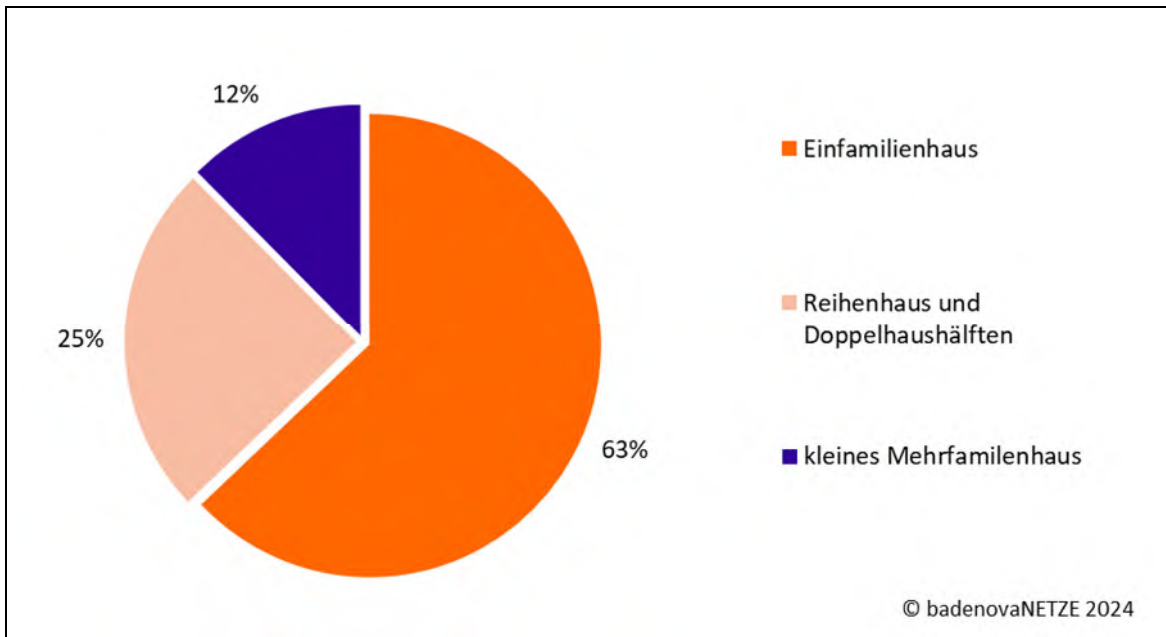
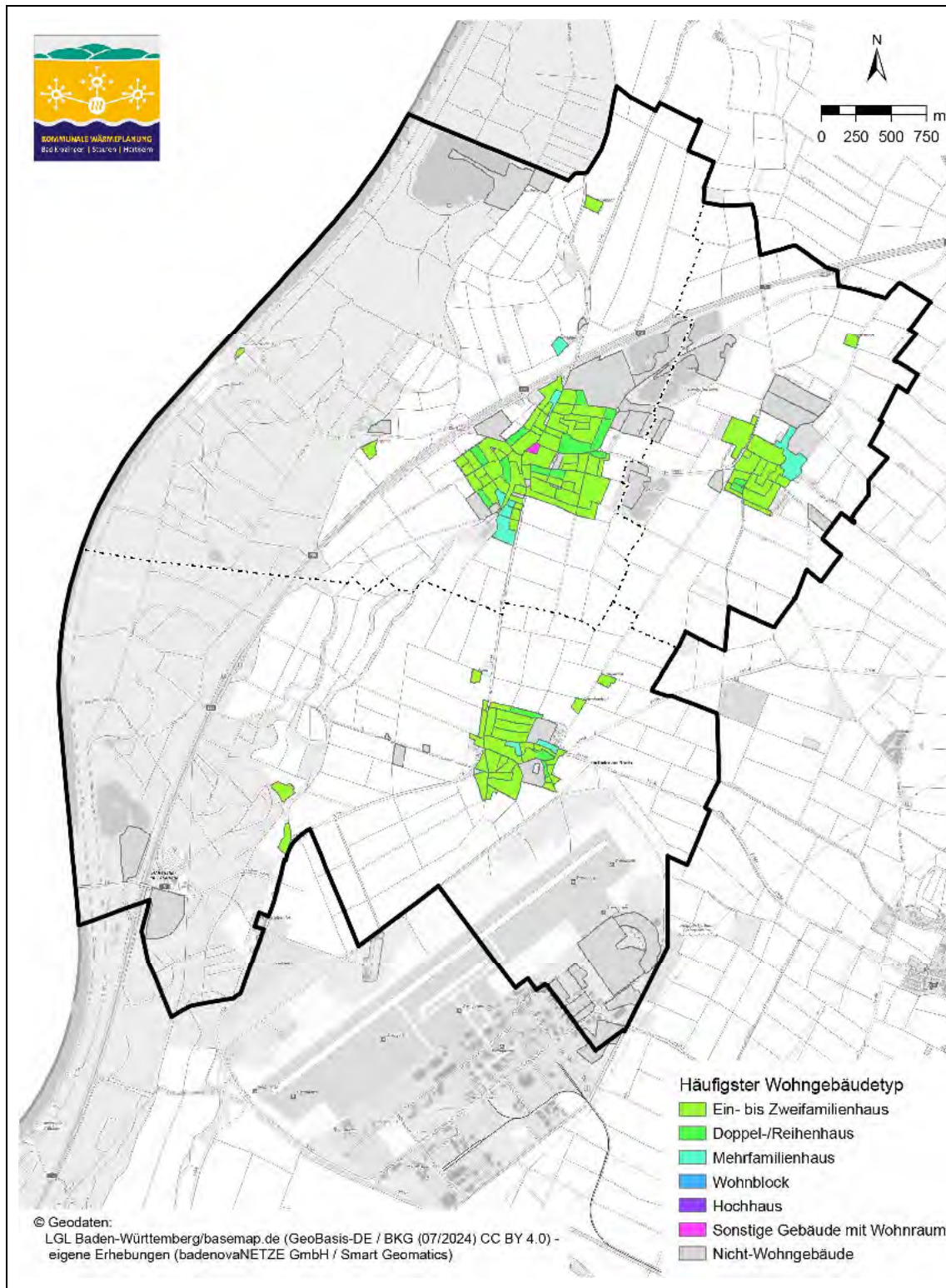


Abbildung 4 – Verteilung der Gebäudearten in Hartheim

Charakteristisch für Gemeinden sind freistehende Einfamilienhäuser und Reihenhaus sowie Doppelhaushälften, die in Hartheim fast den kompletten Wohnbestand ausmachen (vgl. Abbildung 4). Diese Bebauung spielt bei der Erschließung der Einsparpotenziale eine große Rolle. Zum einen verzeichnen sie im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro Einwohner, zum anderen werden Einfamilienhäuser meist vom Eigentümer selbst bewohnt. Der Nutzen von Sanierungsmaßnahmen wirkt sich hier direkt aus und erhöht die Bereitschaft des Eigentümers, Investitionen zur Energieeinsparung vorzunehmen. Karte 3 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäudetypen im Kernort.



Karte 4 – Gebäudestruktur im Kernort Hartheim (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)

2.3 Aktuelle Versorgungsstruktur

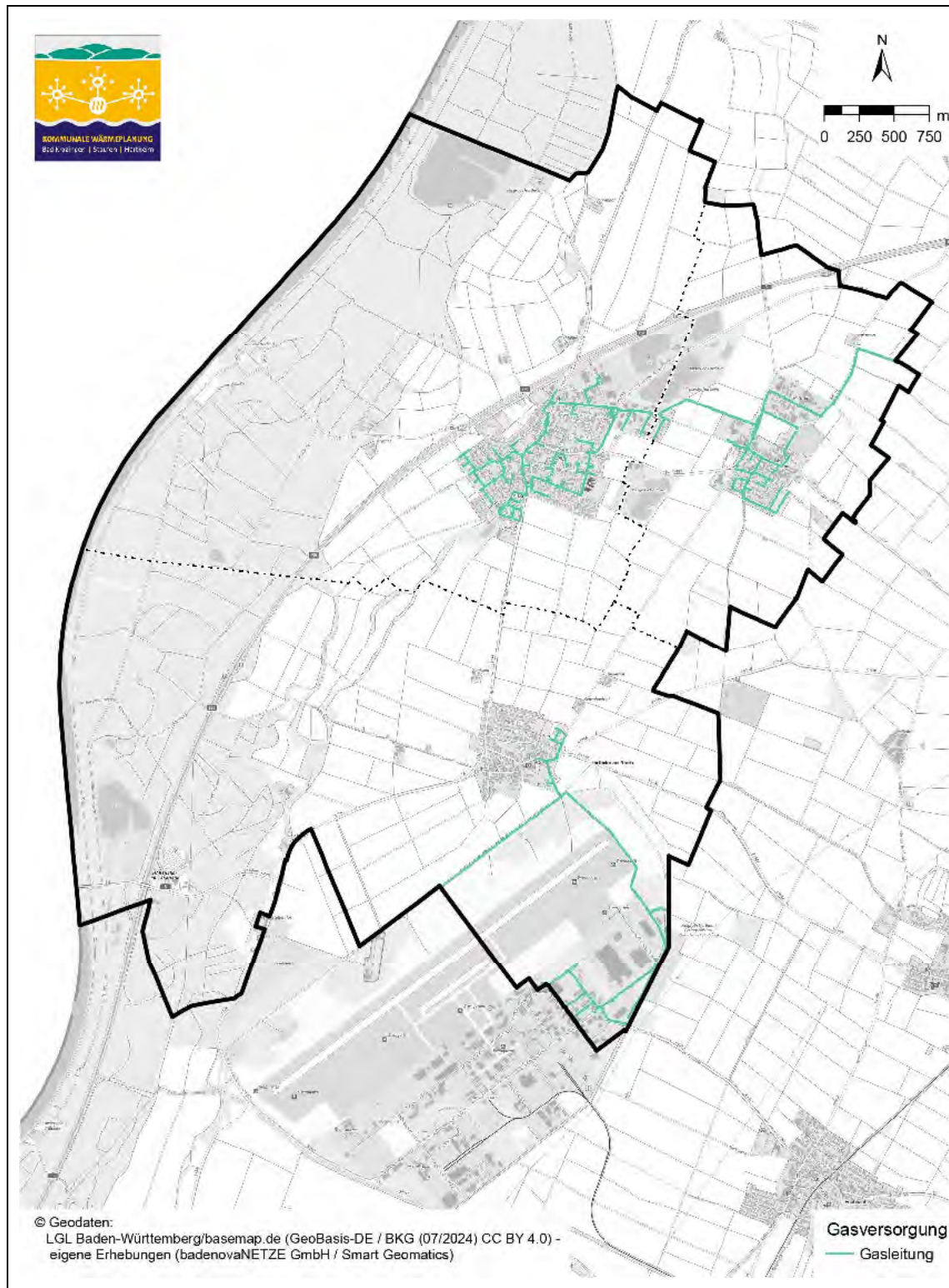
Die Energieinfrastruktur gibt Hinweise zu Art und Menge der zur Wärmeversorgung eingesetzten Energieträger. Zusätzlich werden aus diesen Daten Effizienz- und Einsparpotenziale

berechnet. Im folgenden Abschnitt wird der aktuelle Stand der Wärmeenergieversorgung der Gemeinde Hartheim beschrieben. Zunächst wird der Ausbaustand der Gasnetz- und Wärmenetzinfrastruktur dargestellt. Anschließend folgt eine Auswertung der Heizanlagen Daten.

2.3.1 Gasinfrastruktur, Wärmenetze und Sektorkopplung

Die Gemeinde Hartheim ist größtenteils durch ein Erdgasnetz erschlossen, wobei der Ortsteil Bremgarten nur zum Teil damit erschlossen ist. Die Karte 5 gibt einen Überblick über den aktuellen Ausbaustand der Gasnetzinfrastruktur in Hartheim. Insgesamt sind 2021 ca. 9.897 MWh Erdgas (H) abgesetzt worden.

Heizöl hat mit 46 % den höchsten Anteil an allen Energieträgern, die zur Wärmeerzeugung in der Gemeinde dienen.



Karte 5 – Gasnetzinfrastruktur in Hartheim und Feldkirch (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2024)

Die Alemannenschule in Hartheim wird über ein gasbetriebenes BHKW versorgt. Außerdem sind wenige Gebäude im Gewerbepark Breisgau auf der Gemarkung von Hartheim an das dortige Wärmenetz angeschlossen. Die Heizzentrale befindet sich allerdings nicht auf der Gemarkung von Hartheim.

Im Bilanzjahr 2021 haben Wärmepumpen ca. 6 % zur Haushaltswärme beigetragen. Der Anteil der Stromerzeugung durch zusammen 3 KWK-Anlagen liegt bei nur 1 %.

2.3.2 Breitbandinfrastruktur

Während das Breitbandnetz überwiegend in den Gehwegen verlegt wird, findet der Bau der Fernwärmeleitungen im Straßenkörper statt. Der Ausbau der Breitbandinfrastruktur bietet daher nur gelegentlich Synergieeffekte mit einem potenziellen Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur. In beiden Fällen ist aber der Tiefbau ein wesentlicher Kostenfaktor und zugleich auch eine Belastung für die Anwohner. Synergieeffekte können unter günstigen Bedingungen demnach in der Minimierung der Belastung durch einen zeitgleichen Ausbau beider Systeme erreicht werden.

Der Glasfaserausbau in der kompletten Gemeinde Hartheim erfolgte durch die Firma Stiegeler und wurde Mitte 2024 abgeschlossen.

2.3.3 Erzeugungsanlagen

Wesentlicher Bestandteil der lokalen Wärmeinfrastruktur sind die vor Ort installierten Heizanlagen. Hierzu wurden Daten durch eine Abfrage bei den örtlichen Schornsteinfegern ermittelt und ausgewertet. Diese enthalten Angaben zur installierten Leistung, zu Energieträgern und Einbaujahr der Anlagen. Die Daten wurden ergänzt durch Angaben des Stromverteilnetzbetreibers zu Nachtspeicherheizanlagen und Wärmepumpen.

Auf Grundlage der Heizanlagenstatistik der Schornsteinfeger wird ein Großteil der Zentralheizanlagen in Hartheim mit Heizöl (46 %) und Erdgas (14 %) betrieben. Es gibt einen erheblichen Kohleverbrauch in Hartheim, der bei 16 % der Wärmeversorgung liegt. Erneuerbare Energieträger werden in 21 % der Heizanlagen verwendet (vgl. Abbildung 5). Karte 6 veranschaulicht die vorwiegenden Energieträger der Zentralheizanlagen auf Baublockebene. Die Anzahl der Wärmepumpen (11 %) und Stromheizungen (3 %) lagen nicht vor und sind aus dem zugehörigen Verbrauch errechnet.

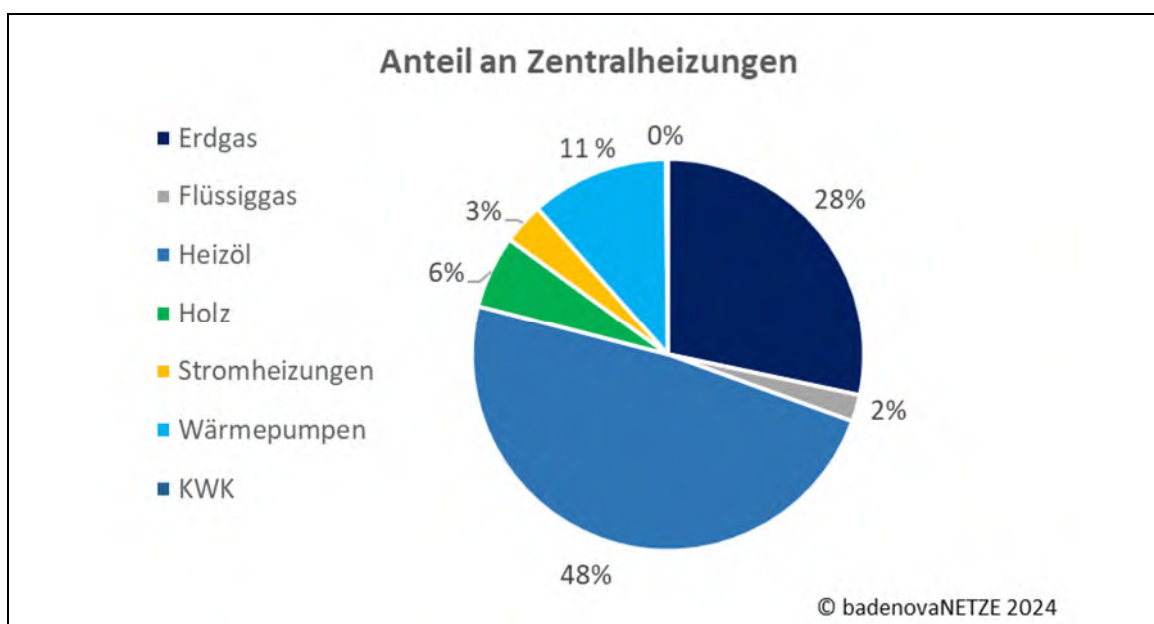


Abbildung 5 – Energieträgerverteilung der Zentralanlagen und KWK-Anteil in Hartheim

Die Auswertung des Einbaujahrs der Heizanlagen zeigt, dass über 46 % der Zentralheizanlagen bereits älter als 20 Jahre sind (Abbildung 6). Karte 7 stellt das vorwiegende Alter der installierten Heizanlagen auf Baublockebene räumlich dar.

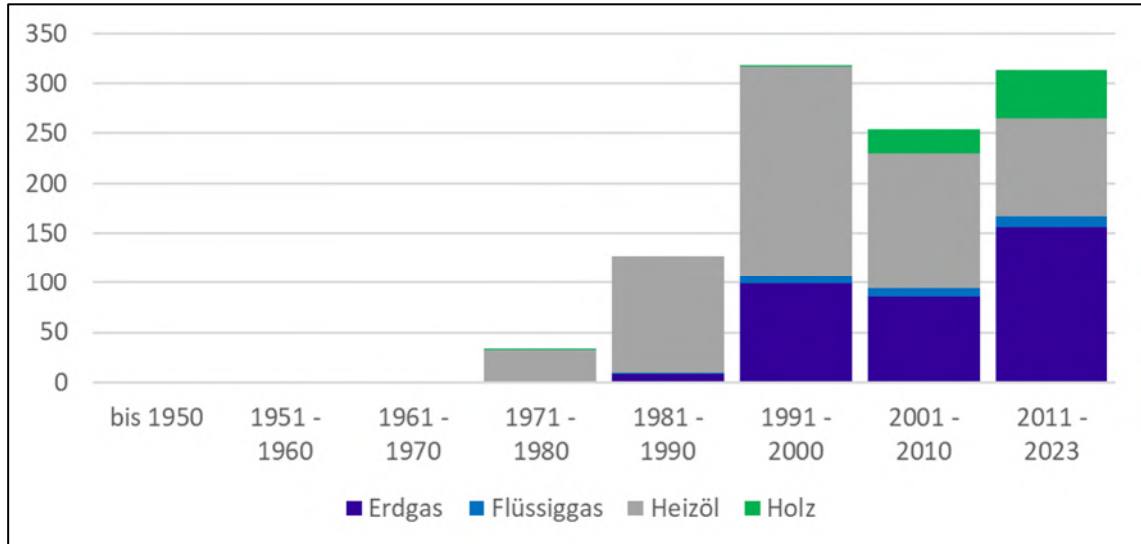
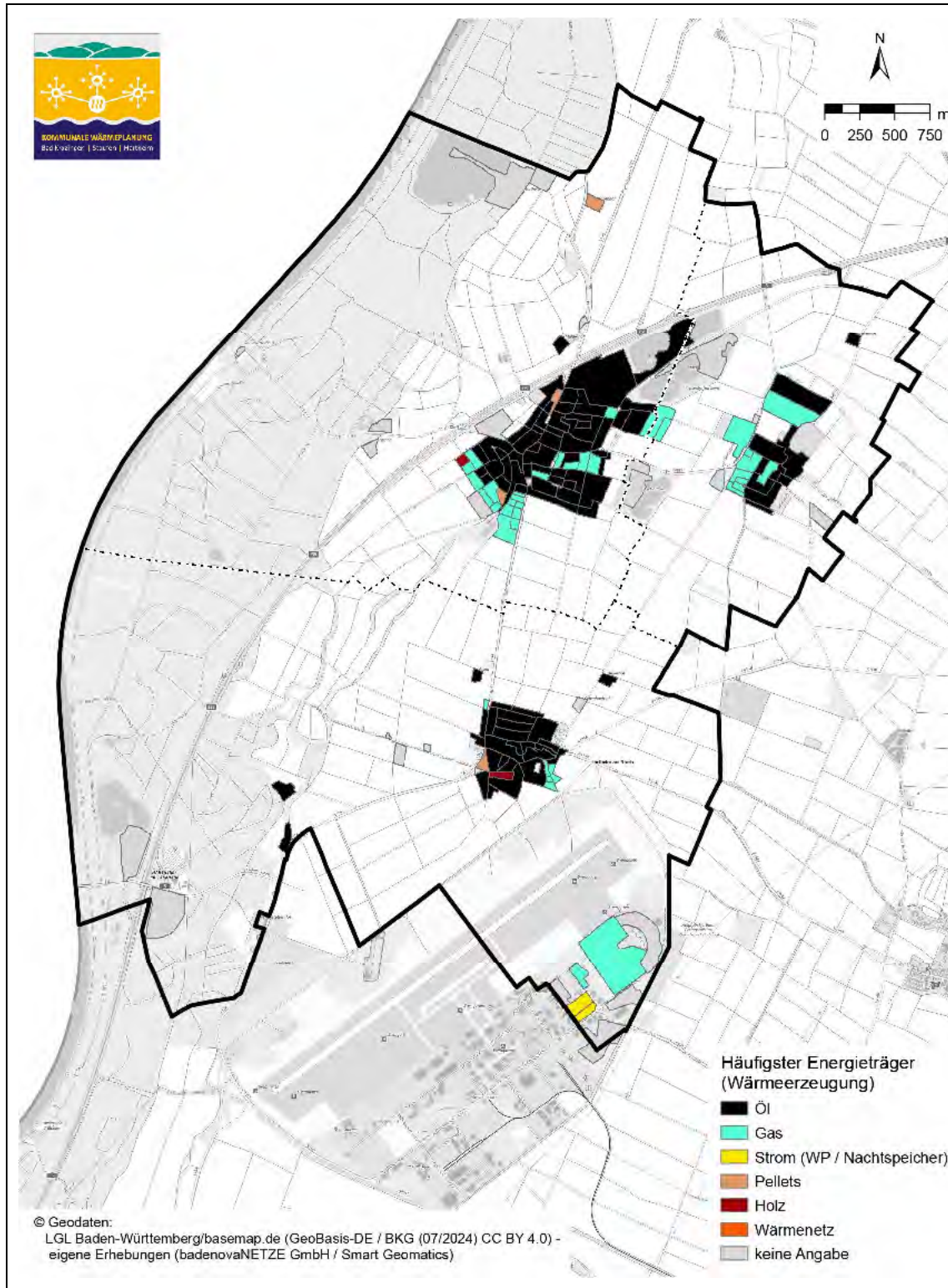
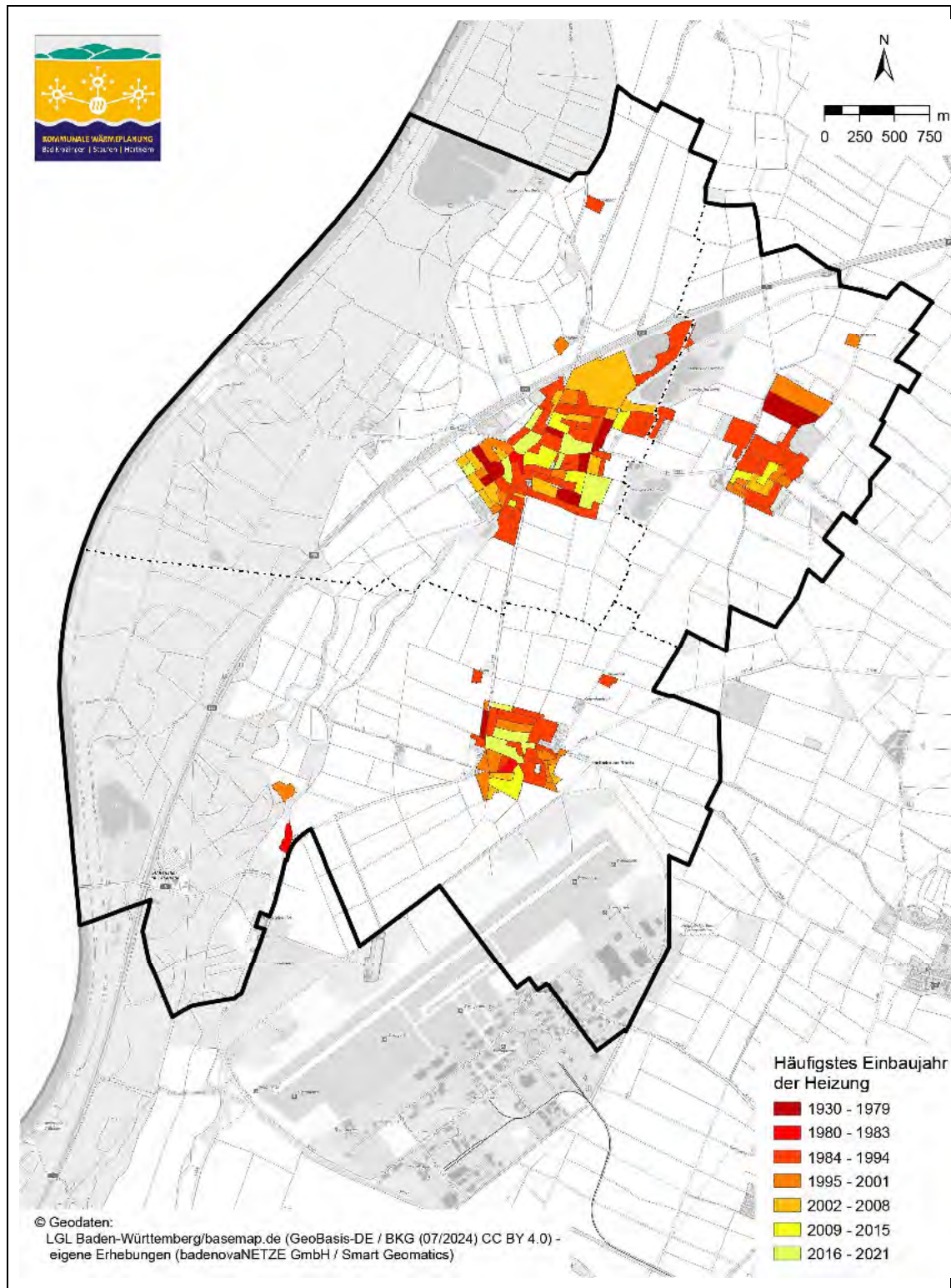


Abbildung 6 – Einbaujahr der Zentralheizkessel in Hartheim nach Energieträger (Datengrundlage: Schornsteinfegerstatistik 2021)



Karte 6 – Vorwiegender Energieträger der Heizanlagen auf Baublockebene (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2024)



Karte 7 – Durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene

2.4 Wärmebedarf der Gebäude

Die Ermittlung des Wärmebedarfs und die Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand basieren auf den Angaben zum Gebäudetyp und einem durchschnittlichen Sanierungszustand, der

aus regionalen Daten für jeden Gebäudetyp ermittelt wurde. Durch die Typologie werden Gebäude mit ähnlichen thermischen Eigenschaften zusammengefasst. Für jeden Gebäudetyp wurden vom IWU entsprechende Kennwerte des Wärmebedarfs statistisch ermittelt. Zudem liegen Kennwerte für die durchschnittliche Energieeinsparung durch energetische Sanierungsmaßnahmen (Wärmeschutzfenster, Außenwanddämmung, Dachdämmung, Kellerdeckendämmung) vor (Hamacher & Hausladen, 2011). Somit können sowohl der Wärmebedarf jedes Gebäudes als auch die möglichen Einsparpotenziale durch Sanierungsmaßnahmen bestimmt werden. Die Vorgehensweise orientiert sich am Leitfaden Energienutzungsplan (Hamacher & Hausladen, 2011).

Der Wärmebedarf der Gebäude stellt den Nutzenergiebedarf des Gebäudes dar. Der tatsächliche Endenergieverbrauch wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst und weicht in der Regel vom Wärmebedarf ab. Hierzu zählen das Nutzerverhalten, die Anzahl der dort lebenden Personen, die passive Wärmenutzung (Erwärmung durch Sonneneinstrahlung), interne Wärmegegewinne (Erwärmung durch Elektrogeräte), die Witterung, der Wirkungsgrad der Heizung und Wärmeverluste im Heizsystem. Der Wärmebedarf der Gebäude ist eine wichtige Grundlage für die Berechnung der Potenziale und des Zielbilds. Zur weiteren Beschreibung des Ist-Zustands der Gemeinde Hartheim wird der Endenergieverbrauch im nächsten Abschnitt näher beschrieben.

2.5 Endenergieverbrauch Wärme

Während der Wärmebedarf aufzeigt, wie viel Energie die Gebäude für Raumwärme und Warmwasser benötigen, um ein konstantes Temperaturniveau zu erreichen, erfasst der Endenergieverbrauch die tatsächlich vor Ort eingesetzte Energiemenge. Damit können Faktoren wie die Wirkungsgrade der Heizanlagen, das Nutzerverhalten und der Energieverbrauch für die Prozesswärme im Gewerbe betrachtet werden. Der Endenergieverbrauch für Wärme (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) der Gemeinde Hartheim, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren, wurde mit einer Energie- und THG-Bilanz für das Jahr 2021 mit dem für das Land Baden-Württemberg konzipierten Tool BiCO₂ BW (Version 3.1) ermittelt (IFEU (2024)).

2.5.1 Datenquellen Endenergieverbrauch Wärme

Folgende Daten wurden für die Berechnung der Energie- und THG-Bilanz der Gemeinde Hartheim zum Energieverbrauch für Wärme erhoben und ausgewertet:

- Der Erdgasnetzbetreiber badenovaNETZE GmbH stellte die aktuellen Gasverbrauchsdaten zur Verfügung.
- Der Stromnetzbetreiber naturenergie lieferte Daten zum Stromverbrauch der gesamten Gemeinde und zum Stromverbrauch für Nachtspeicherheizanlagen und Wärmepumpen.
- Für den nicht-netzgebundenen Verbrauch wurden aggregierte Daten des Landesamtes für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) zur Ermittlung des Energieverbrauchs kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen herangezogen. Diese wurden ergänzt um Daten der örtlichen Schornsteinfeger, die Angaben zu Leistung und eingesetzten Energieträgern beinhalten.
- Der Bestand an Solarthermie wurde von der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW) zur Verfügung gestellt. Die Daten beinhalten allerdings nur Anlagen, die durch das bundesweite Marktanzreizprogramm gefördert wurden.
- Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Gemeindeverwaltung zur Verfügung gestellt.

- Das Tool BiCO₂-BW ergänzt und plausibilisiert die Daten, z.B. mit Auswertungen zu den verursacherbezogenen THG-Emissionen der Gemeinde Hartheim vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg und anhand von Zahlen zu den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten der Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie verarbeitendes Gewerbe der Bundesagentur für Arbeit

2.5.2 Gesamtendenergieverbrauch Wärme

Nach dem Ergebnis der Energie- und THG-Bilanz betrug der Gesamtendenergieverbrauch für Wärme in Hartheim 72.501 MWh im Jahr 2021. Die installierte Leistung zur Wärmebereitstellung liegt entsprechend der Schornsteinfegerstatistik bei ca. 33,4 MW. Nach den Sektoren betrachtet, hatte der Wärmeverbrauch der privaten Haushalte den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch der Gemeinde, gefolgt vom Wirtschaftssektor. Die kommunalen Liegenschaften hatten nur einen geringen Anteil am Wärmeverbrauch.

Nach den vorliegenden Informationen wurden zur Deckung des Wärmebedarfs im Jahr 2021 in Hartheim zu 77 % die fossilen Energieträger Erdgas, Kohle, Heizöl und Flüssiggas eingesetzt (vgl. Abbildung 7). Heizungsstrom ist mit ca. 1 % beteiligt. Weitere 21 % des Wärmeverbrauchs der Gemeinde wurden durch die erneuerbaren Energien Energieholz, Solarthermie und Umweltwärme sowie durch erneuerbare Energien in der Industrie¹ gedeckt. Die Aufteilung und eingesetzte Energiemengen sind in Tabelle 2 dargestellt.

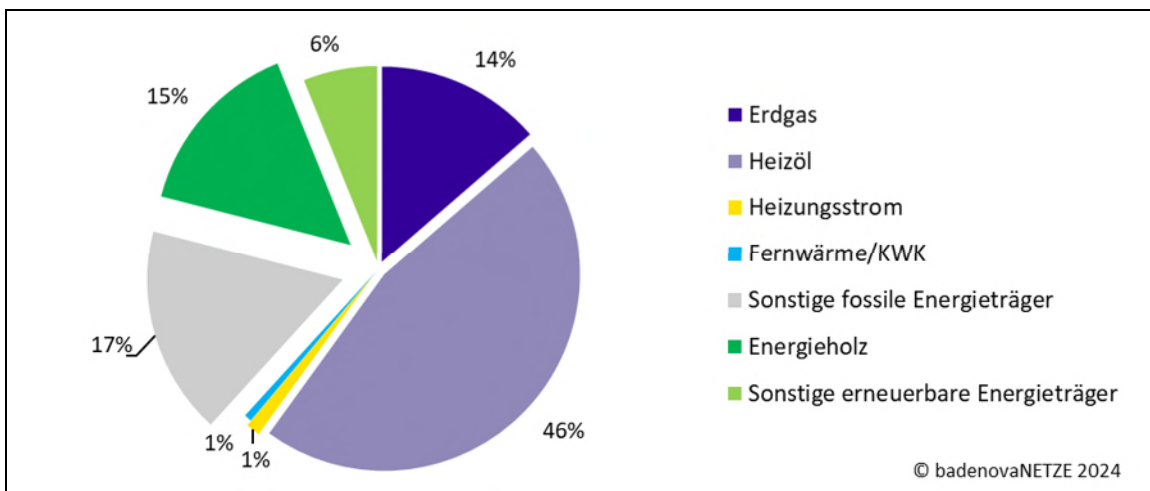


Abbildung 7 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2021)

¹ BiCO₂ BW ermittelt den erneuerbaren Wärmeverbrauch der Industrie anhand statistischer Kennwerte, die keine Aufteilung der einzelnen Energiequellen hergeben.

Tabelle 2 – Endenergieverbrauch für Wärme der Gemeinde Hartheim nach Energieträger in Zahlen (2021)

Energieträger	Wärmeverbrauch (MWh im Jahr 2021)	Anteil am Gesamt- wärmeverbrauch
Erdgas	9.897	14 %
Heizöl	33.606	46 %
Heizungsstrom	854	1 %
Braunkohle	11.419	16 %
KWK	445	1 %
Flüssiggas	1.057	1 %
Energieholz	10.793	15 %
Solarthermie	1.164	2 %
Umweltwärme	2.976	4 %
Erneuerbare Energien in der Industrie	292	0,4 %
Gesamt	72.501	

Abbildung 8 zeigt nochmals detailliert die Aufteilung der Energieträger auf den Wärmeverbrauch der Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und kommunale Liegenschaften. Hierbei ist sichtbar, dass der Sektor private Haushalte mit ca. 64 % den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch hat und dass nach wie vor hauptsächlich die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas eingesetzt werden. Der Sektor Wirtschaft hat einen Anteil von 35 % am Gesamtwärmeverbrauch der Gemeinde. Die übrigen 1,2 % des Wärmeverbrauchs werden für die kommunalen Liegenschaften eingesetzt.

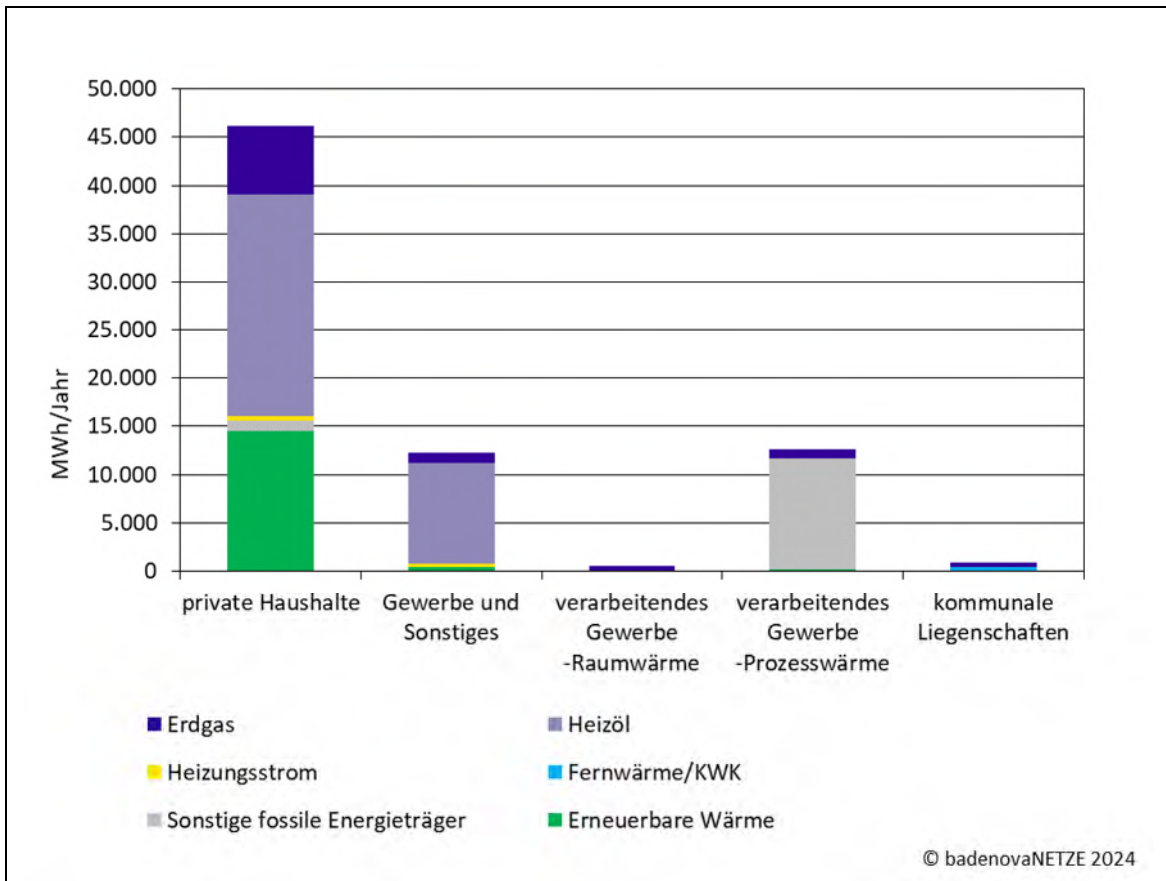


Abbildung 8 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2021)

2.5.3 Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften

Für die kommunalen Liegenschaften wurden im Jahr 2021 897 MWh Energie für die Wärmeversorgung benötigt. Dieser lässt sich fast jeweils zur Hälfte auf Erdgas (422 MWh) und KWK-Anlagen (445 MWh) zuordnen. Nur etwa 30 MWh entfallen auf Heizöl. Eine Aufteilung der wichtigsten beheizten kommunalen Gebäude ist der Abbildung 9 zu entnehmen.

Landesliegenschaften sind in der Gemeinde Hartheim nicht vertreten.

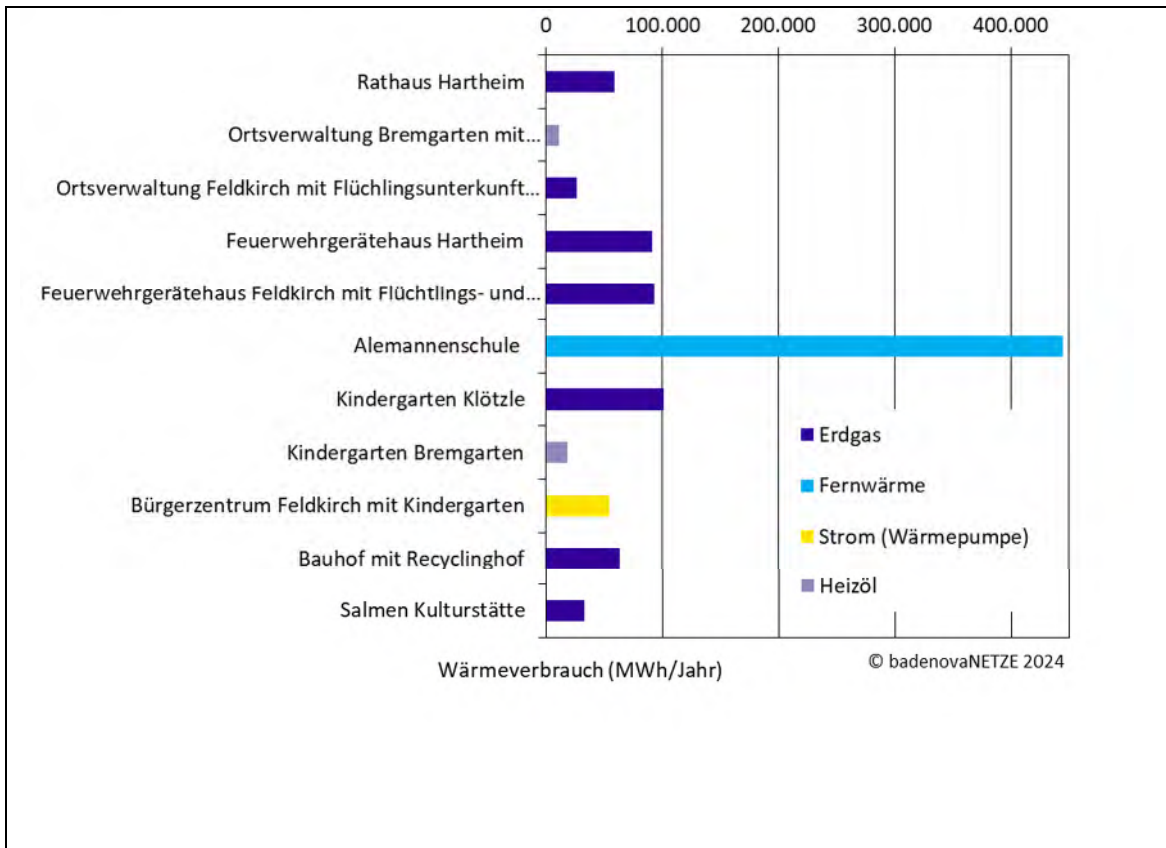


Abbildung 9 – Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften nach Bauwerkszuordnung

2.5.4 Endenergieverbrauch für Prozesswärme/-kälte

Während der Wärmeverbrauch der Sektoren private Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie der kommunalen Liegenschaften dem Bedarf für Raumwärme zuzuordnen ist, benötigt der Sektor verarbeitendes Gewerbe/ Industrie auch Prozesswärme und -kälte. Eine getrennte Betrachtung des Wärmeverbrauchs für die Prozesswärme ist für die Wärmeplanung von Bedeutung, denn die benötigten Mengen, Temperaturen und Lasten unterscheiden sich bei der Prozesswärme und -kälte stark von der Raumwärme. Dadurch sind die Potenziale zur Umstellung auf erneuerbare Energien zur Deckung des Prozesswärmebedarfs begrenzt.

Abwärmerelevante Produktionsunternehmen der Gemeinde Hartheim wurden im Rahmen der Erstellung des kommunalen Wärmeplans von der Gemeindeverwaltung angeschrieben und um die Mitteilung der wichtigsten Daten zum Energieverbrauch und evtl. Potenziale befragt. Da nicht alle Betriebe angeschrieben wurden und eine Zuordnung des Wärmebedarfs auf die Prozesswärme- bzw. Kälte in der Regel auch nicht möglich ist, wurde der Prozesswärmeverbrauch mithilfe einer statistischen Auswertung der Ergebnisse der Energiebilanz berechnet². Demnach lag der Prozesswärmeverbrauch in der Gemeinde Hartheim im Jahr 2021 bei 1.163 MWh und machte somit 3 % des Gesamtwärmeverbrauchs der Gemeinde aus. In Hartheim sind Unternehmen unterschiedlichster Branchen vertreten. Neben zahlreichen kleineren Betrieben sind

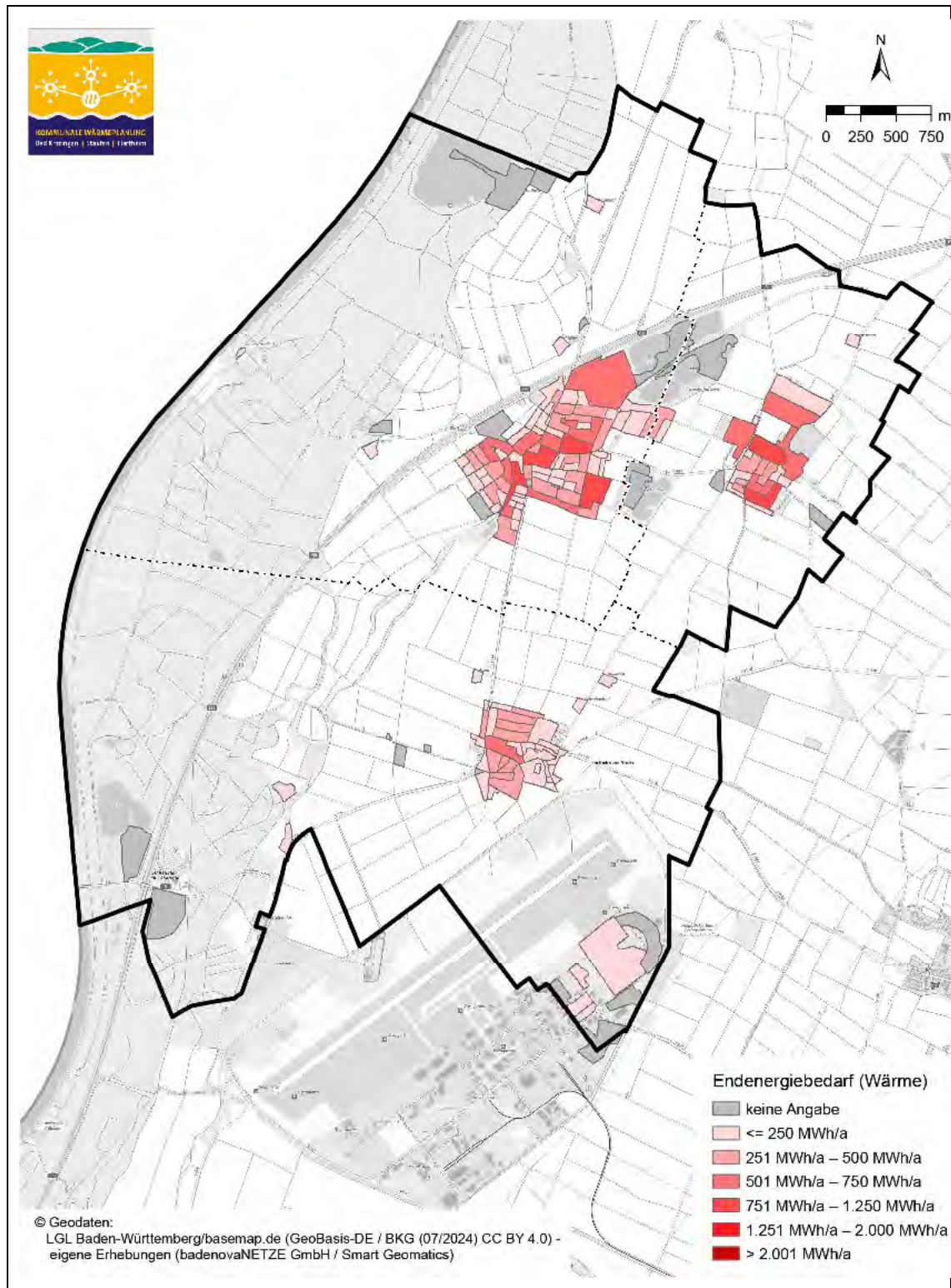
² Der Anteil der Prozesswärme und -kälte am Endenergieverbrauch der Industrie betrug in Deutschland im Jahr 2017 68,6 % (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2019)

größere Unternehmen der Lagerung und Logistik sowie der Kunststoffverarbeitung in Hartheim ansässig.

2.5.5 Räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs

Anhand der Gebäudeeigenschaften, der Heizanlagenstatistik und der Verbrauchsdaten der leitungsgebundenen Energieträger, konnte die räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs im GIS ermittelt werden. Karte 8 zeigt den Wärmeverbrauch der Gebäude und Betriebe in Hartheim aggregiert und bezogen auf Gebäudeblöcke. Dabei ist erkennbar, dass die Wärmedichte sehr heterogen verteilt ist. Die höchsten Wärmedichten liegen in den Ortskernen vor.

Zu beachten ist, dass die aggregierte Wärmedichte stark von der Baublockgröße und den möglicherweise nur punktuell darin befindlichen Großverbrauchern abhängig ist. Für die operative Vorgehensweise bei der Wärmeplanung sind die gebäudescharfen Werte und die Wärmedichte auf Straßenzugsebene von größerer Relevanz.



Karte 8 – Wärmedichte der Gemeinde Hartheim auf Baublockebene (Smart Geomatics GmbH)

2.5.6 Treibhausgasbilanz der Wärmeversorgung

Auf Basis der Verbrauchsmengen der jeweiligen Energieträger, berechnet das Bilanzierungstool BiCO₂ BW anhand der entsprechenden Emissionsfaktoren die THG-Emissionen des Wärmeverbrauchs. Die Deckung des Wärmeverbrauchs der Gemeinde Hartheim führte demnach im Jahr

2021 zu THG-Emissionen in Höhe von 19.602 t CO₂e. Der überwiegende Anteil ist den fossilen Energieträgern Heizöl (55 %), Kohle (26 %) und Erdgas (12 %) zuzuordnen. Abbildung 10 zeigt die Aufteilung der wärmebedingten THG-Emissionen nach Sektor und Energieträger. Die kommunalen Liegenschaften waren mit ihrem Wärmeverbrauch für 171 t CO₂e im Jahr 2021 verantwortlich.

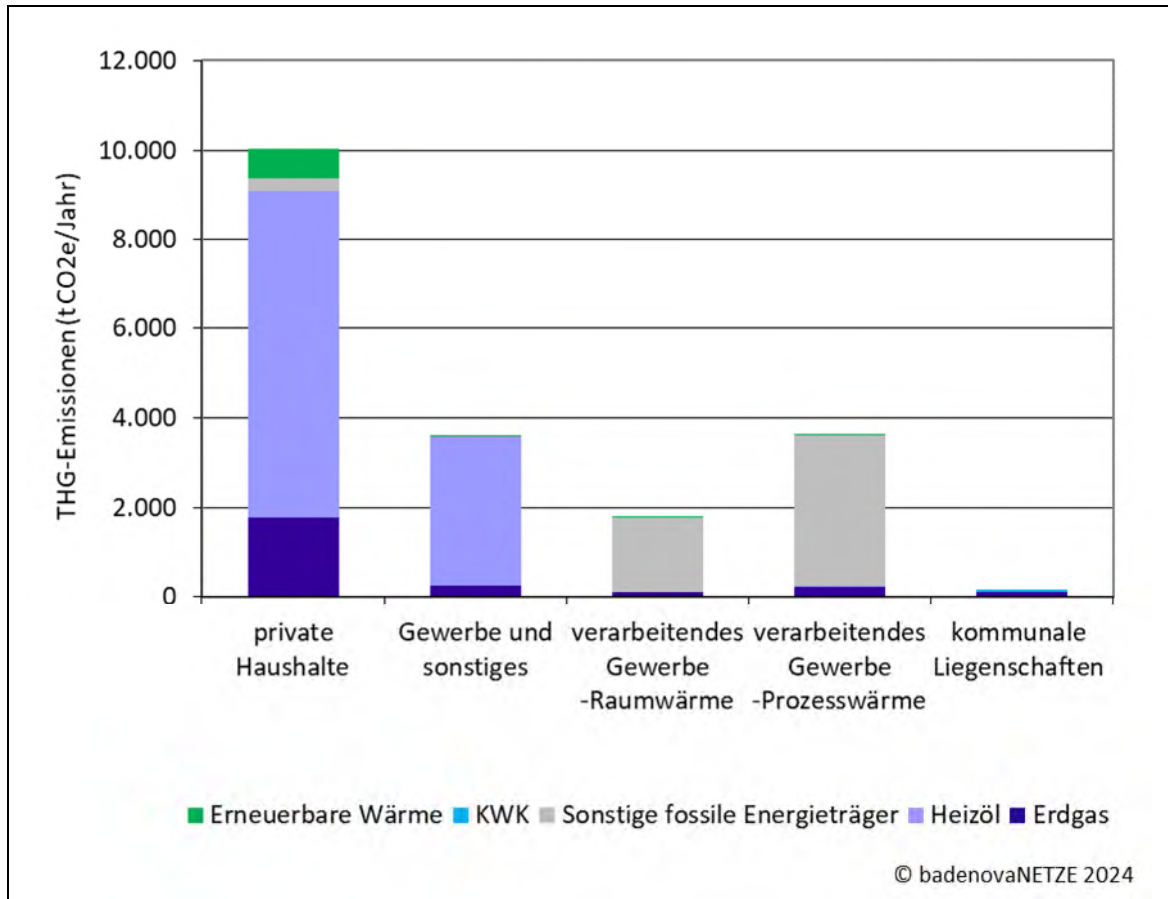


Abbildung 10 – THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs nach Sektor und Energieträger

2.6 Sektorenkopplung und Strombedarfsdeckung

Bei der kommunalen Wärmeplanung liegt der Fokus auf eine möglichst klimaneutrale Wärmeversorgung. Dabei werden die zwei anderen großen Bereiche der Energiebilanz einer Gemeinde, Stromverbrauch und Mobilität, größtenteils ausgeblendet. Allerdings sind diese drei Bereiche nicht gänzlich voneinander zu trennen, denn die Bereiche Mobilität (durch die Verbreitung von Elektroantrieben) und Wärme (durch den Einsatz von Wärmepumpen) werden zunehmend durch Strom gedeckt. Vor diesem Hintergrund wurde auch die lokale Stromerzeugung und der lokale Stromverbrauch bei der Bestandsanalyse betrachtet.

Die für die Gemeinde Hartheim erstellte Energie- und Treibhausgasbilanz enthielt Daten zu den erzeugten Strommengen aus erneuerbaren Energien für das Jahr 2021. Diese wurden ergänzt um die Stromerzeugungsmengen aus KWK-Anlagen. Folgende Strommengen wurden demnach in der Gemeinde Hartheim im Jahr 2021 lokal erzeugt:

- Photovoltaik (PV) -Anlagen erzeugten 4.824 MWh Strom.

- KWK-Anlagen erzeugten 233 MWh Strom.

Insgesamt wurden demnach im Jahr 2021 ca. 5.057 MWh Strom mit gemarkungsinternen Anlagen erzeugt. Diese deckten somit 29 % des gesamten Stromverbrauchs der Gemeinde (Abbildung 11). Damit liegt Hartheim im Landesdurchschnitt (30 % in 2021).

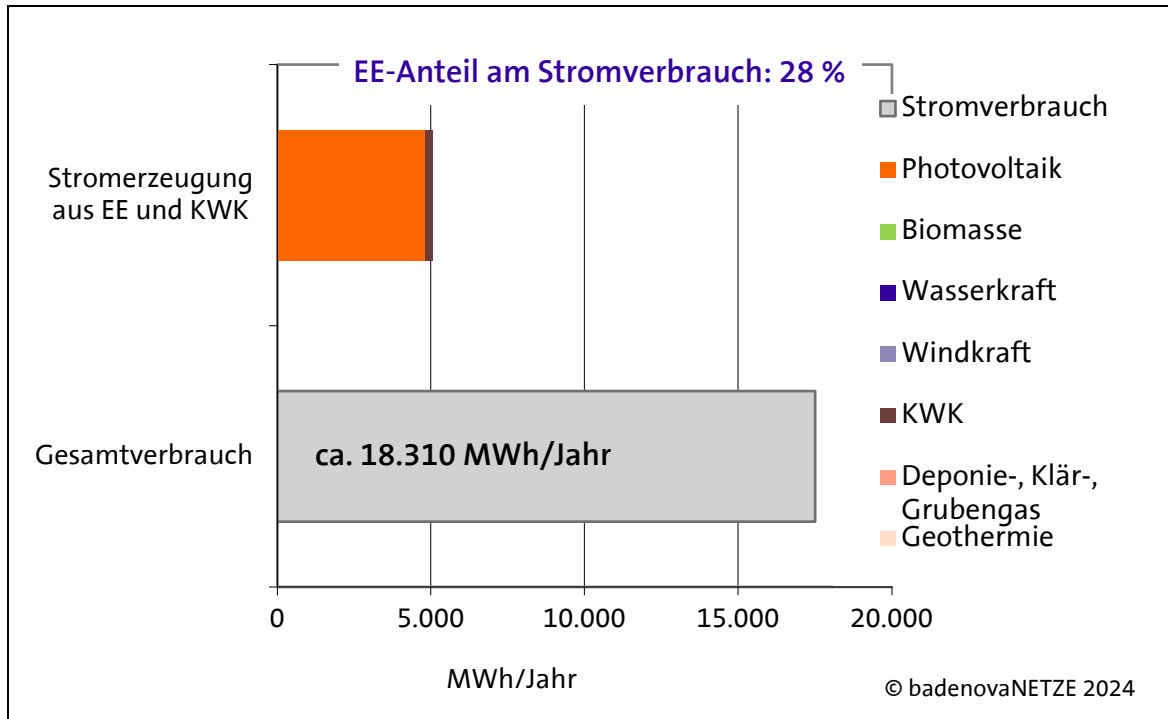


Abbildung 11 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2021

2.7 Erneuerbare Gase

Im Zuge der Energiewende und dem damit verbundenen Zuwachs einer fluktuierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bedarf es neuer Möglichkeiten, diese Energie zu speichern. Zusätzlich wird durch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen der Stromverbrauch im Winter deutlich steigen, während davon auszugehen ist, dass in den Sommermonaten Überschüsse an Strom aus Photovoltaikanlagen erzeugt werden. Um das Energieangebot mit der Nachfrage zu decken und dadurch Versorgungssicherheit zu gewährleisten, werden in Zukunft sowohl die kurzfristige als auch die saisonale Speicherung von Überkapazitäten notwendig sein (siehe auch Kapitel Speicher).

Während Batteriespeicher kurzfristige Überkapazitäten decken können und in der Elektromobilität eingesetzt werden, können auch saisonale Speicher für die Wärmewende entscheidend sein. In diesem Zusammenhang sollen in Zukunft erneuerbare Gase eine zentrale Rolle spielen. Bei der Energie- bzw. Wärmewende werden vor allem drei erneuerbare Gase betrachtet: Wasserstoff, synthetisches Methan und Biomethan (Synonym Bioerdgas). Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Herstellungsverfahren, Aufbereitungsschritte und Einsatzmöglichkeiten dieser drei Gase.

Insbesondere bei Wasserstoff wird durch eine zusätzliche Bezeichnung die Herkunft bzw. Gewinnungsart gekennzeichnet (siehe Tabelle 4).

Momentan gilt Wasserstoff als einer der zentralen Hoffnungsträger der deutschen und europäischen Energiewende. Wasserstoff kann im Gegensatz zu Strom und Wärme sehr gut über einen langen Zeitraum gespeichert werden und weist eine relativ hohe Energiedichte auf. Wird Wasserstoff aus erneuerbarem Strom erzeugt, ist er zudem nahezu klimaneutral.

	Biomethan	Power to Gas (PtG)	
		synthetisches Methan	Wasserstoff
Herstellung/ Gewinnung	Vergärung verschiedener Substrate zu Biogas	Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse unter Einsatz (überschüssigen EE-) Stroms	
Aufbereitung	Aufbereitung des Biogases	Methanisierung u. a. mit CO ₂ zu erneuerbarem Methan	keine weitere Verarbeitung
Einsatz im Erdgasnetz	Kann zu 100 % in das Erdgasnetz eingespeist und wie herkömmliches Erdgas eingesetzt werden		anteilige Einspeisung in Erdgasnetz möglich

Tabelle 3 – Begriffsabgrenzung erneuerbarer Gase (Angelehnt an VKU, (2017))

Bezeichnung	Definition/Gewinnung
Grauer Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gewinnung aus fossilen Brennstoffen ▪ am häufigsten angewandtes Verfahren: Umwandlung von Erdgas in Wasserstoff und CO₂ (Dampfreformierung)
Grüner Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung durch Elektrolyse von Wasser ▪ Deckung des elektrischen Energiebedarfs durch erneuerbaren Strom
Blauer Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ▪ grauer Wasserstoff, dessen CO₂ bei der Entstehung abgeschieden und mittels Carbon Capture and Storage (Abk. CCS) gespeichert wird ▪ bilanziell THG-neutrale Wasserstoffproduktion
Türkiser Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung durch thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) ▪ Weiteres Reaktionsprodukt ist fester Kohlenstoff ▪ Voraussetzungen für die THG-Neutralität des Verfahrens: <ul style="list-style-type: none"> ○ Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors aus erneuerbaren Energiequellen ○ dauerhafte Bindung des Kohlenstoffs

Tabelle 4 – Unterscheidung der Bezeichnungen für Wasserstoff nach Produktionsverfahren

Die Bestandsanalyse zeigt, dass erneuerbare Gase im Sinne der Tabelle 4 in Hartheim noch keine Rolle spielen. Derzeit sind Energieüberschüsse aus den erneuerbaren Gasen nicht in dem Maße vorhanden, um eine Nutzung der PtG-Technologie in großem Stil wirtschaftlich und energetisch sinnvoll zu gestalten.

Zum heutigen Zeitpunkt gibt es deutschlandweit etwa 35 regenerative PtG-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 30 MW. Die meisten dieser Anlagen sind Pilotanlagen und dienen zu Demonstrations- und Forschungszwecken in kleinem Maßstab.

2.8 Kennzahlen der Bestandsanalyse

In Tabelle 5 sind die wesentlichen Kennzahlen und Ergebnisse der Bestandsanalyse festgehalten. p

Beschreibung Kennwert	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Datenquelle
Endenergieverbrauch für Wärme der Haushalte	10,94	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen für Wärmeverbrauch der Haushalte	2,79	t CO _{2e} /gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
Endenergieverbrauch für Wärme der kommunalen Liegenschaften	0,27	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen für Wärme der kommunalen Liegenschaften	0,07	t CO _{2e} /gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
Endenergiebedarf Wärme für Wohngebäude	0,21	MWh/m ² Wohnfläche	2021	Energie- und THG-Bilanz
Stromverbrauch zur Wärmeversorgung der Haushalte	0,27	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
Endenergieverbrauch in GHD und Industrie	7,06	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen in GHD und Industrie	2,74	t CO _{2e} /gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
Einsatz erneuerbarer Energien nach Energieträgern				
• Energieholz	2,22	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
• Solarthermie	0,24	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
• Umweltwärme	0,61	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
• Sonstige Erneuerbare (Industrie)	0,06	MWh/gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	95	%	2021	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Wärmeerzeugung	21,00	% (+EE-Fernwärme)	2021	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien Strombedarf	27,58	%	2021	Energie- und THG-Bilanz

Beschreibung Kennwert	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Datenquelle
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf	21,00	%	2021	Energie- und THG-Bilanz
Nutzung synthetischer Brennstoffe (PtX)	0	MWh/gem. Person	2021	
Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung	1.674	MWh	2021	Energie- und THG-Bilanz
Fläche solarthermischer Anlagen	0	m ² /gem. Person	2021	Energie- und THG-Bilanz
Fläche PV-Anlagen	0	m ² /gem. Person	2021	³
Installierte KWK-Leistung pro Kopf (elektrisch)	0,01	kW/gem. Person	2021	Stromversorger
Installierte KWK-Leistung pro Kopf (thermisch)	0	kW/gem. Person	2021	⁴
Installierte Speicherkapazität Strom	k.A.	kW		naturenergie netze GmbH
Installierte Speicherkapazität Wärme	k.A.	MWh		naturenergie netze GmbH
Hausanschlüsse in Gasnetzen	303	Anzahl	2021	badenovaNETZE
Länge der Transport- und Verteilleitungen in Gasnetzen	k.A.	m	BN	badenovaNETZE

Tabelle 5 – Wesentliche Kennzahlen der Bestandsanalyse

³ Berechnet anhand der Installierten Leistung für PV- Anlagen (Datenquellen: naturenergie netze GmbH) und Annahmen zu PV-Modulgröße und Leistung nach dem Energieatlas-BW.

⁴ Thermische Leistung ermittelt anhand installierter elektrischer Leistung (Datenquellen: naturenergie netze GmbH) und durchschnittliche Wirkungsgrade für KWK-Anlagen (38% elektrisch und 54% thermisch).

3. Potenzialanalyse

Bei der Wärmewende hat die Senkung des Wärmebedarfs durch die Energieeinsparung und die Erhöhung der Energieeffizienz eine hohe Priorität. Für eine klimaneutrale Wärmeversorgung muss der verbleibende Wärmeverbrauch durch Energie aus erneuerbaren Quellen bzw. synthetischen Brennstoffen, die aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, gedeckt werden.

In den folgenden Abschnitten werden diese Potenziale zur klimaneutralen Wärmeversorgung in der Gemeinde Hartheim beschrieben und nach Möglichkeit beziffert. Dabei werden zunächst Potenziale der Energieeinsparung und Energieeffizienz erläutert, die den Energieverbrauch für Wärme senken können. Anschließend werden Potenziale zur Deckung des Wärmeverbrauchs durch lokale erneuerbare Energien erläutert. Da davon auszugehen ist, dass in diesem Zusammenhang der Stromverbrauch für Wärmeerzeugung steigen wird, werden zusätzlich die Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufgezeigt. Abschließend werden Potenziale zur Anwendung und Erzeugung von synthetischen Brennstoffen erläutert.

3.1 Energieeinsparung

Bei der Energieeinsparung geht es darum, durch einen bewussten Umgang mit Energie weniger zu verbrauchen. Obwohl die Potenziale bereits gut bekannt sind, ist die Umsetzung solcher Maßnahmen teils schwer zu beeinflussen, da sie nicht durch erprobte technische Maßnahmen schnell umzusetzen sind, sondern vom täglichen Verhalten aller Nutzerinnen und Nutzern abhängen. Das Verhalten wird wiederum stark von Gewohnheiten sowie sozialen und psychologischen Faktoren beeinflusst, was eine Verhaltensänderung erschwert. Trotzdem wird die Energieeinsparung ein wichtiger Baustein der Wärmewende sein. Im folgenden Abschnitt werden einige Möglichkeiten beschrieben, durch die der Wärmebedarf gesenkt werden kann.

3.1.1 Senkung des Wärmebedarfs durch Nutzerverhalten

Eine der effektivsten Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs ist das Absenken der Raumtemperatur. Für jedes Grad der Absenkung sinkt der Energieverbrauch um 6 %. Zusätzlich kann ein zonenweises Heizen bei geschlossenen Zimmertüren ca. 1-3 % Energie einsparen. Das korrekte Lüften in Form von Stoßlüften reduziert Wärmeverluste, allerdings lassen sich die erreichbaren Einsparungen nur schwer abschätzen, weil das Ergebnis sehr vom individuellen Nutzerverhalten abhängig ist. Die Umsetzung solcher Maßnahmen kann zudem durch diverse technische Lösungen erleichtert werden, bspw. mit programmierbaren, digitalen und/oder ferngesteuerten Heizreglern. Einige Sensoren erkennen auch offene Fenster und schalten beim Lüften die Heizung selbstständig aus. Wassersparende Duschbrausen und Armaturen können bis zu 20 % des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung einsparen und mit einem bewussten und sparsamen Verbrauchsverhalten mit Warmwasser können bis zu 10 % Energie eingespart werden (Rehmann, et al., 2022).

Mit Hilfe von organisatorischen Veränderungen bei der Gebäudenutzung (z.B. beim mobilen Arbeiten) lassen sich bei geringer Auslastung und entsprechender Umverteilung der Mitarbeitenden einzelne Gebäudegeschosse teilweise mit abgesenkter Raumtemperatur betreiben und somit unter normalen Randbedingungen bis zu 10 % Energie einsparen. Je größer die Fläche ist, die mit abgesenkten Raumtemperaturen betrieben wird, desto größer kann die Energieeinsparung ausfallen (Rehmann, et al., 2022).

3.2 Steigerung der Energieeffizienz

3.2.1 Effizienz der Heizungssysteme

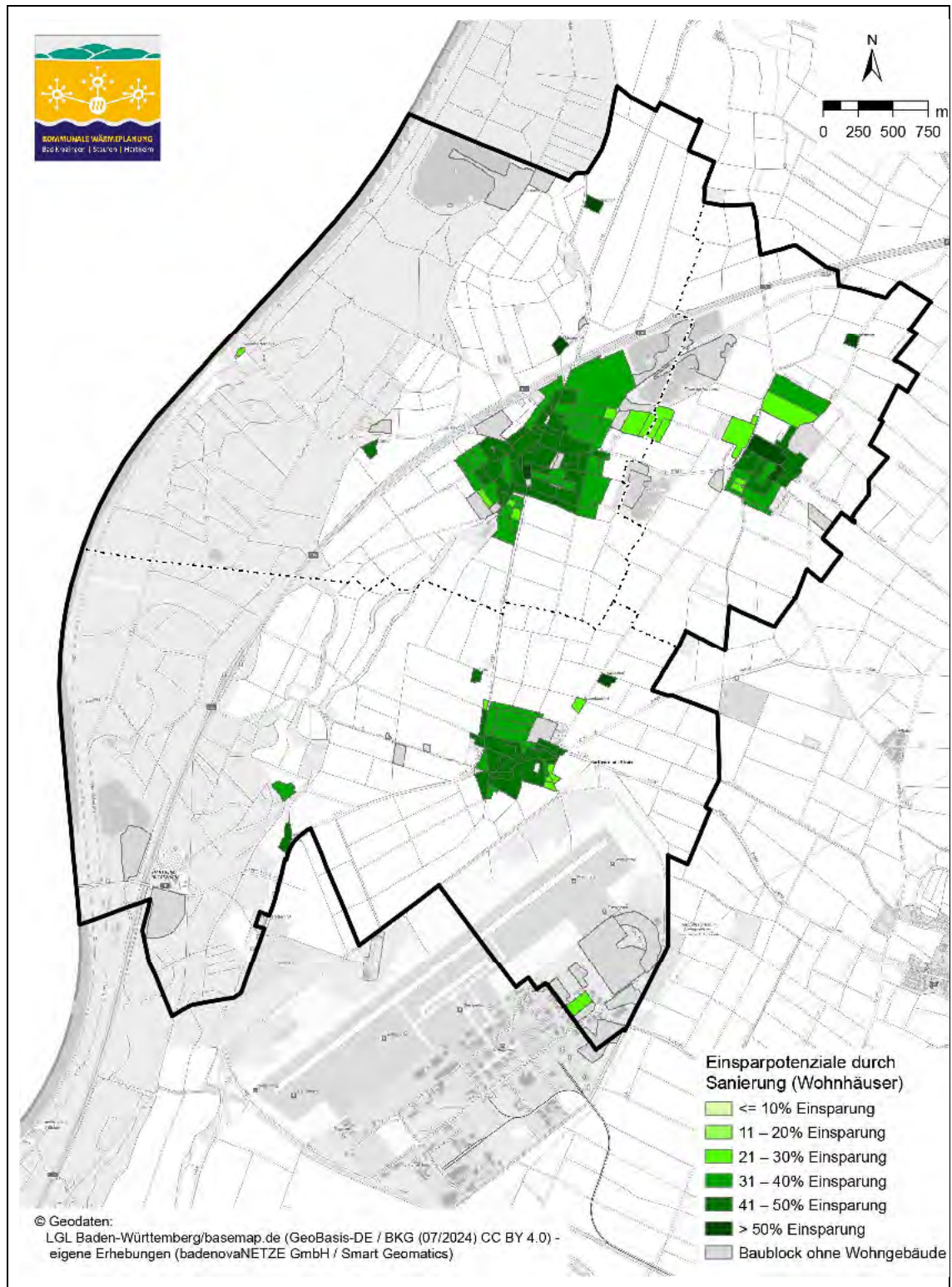
Eine Studie des Instituts für technische Gebäudeausrüstung (ITG) Dresden hat verschiedene Optionen zur Steigerung der Effizienz von Heizsysteme kombiniert und kommt insgesamt auf ein Einsparpotenzial von durchschnittlich 8-15 % (Rehmann, et al., 2022). Durch die Absenkung der Vorlauftemperatur mittels Einstellung von Anlagenparametern zur Steigerung der Effizienz durch Reduktion von Wärmeverlusten kann eine Energieeinsparung von bis zu 5 % erzielt werden. Auch mit Hilfe einer Nachtabsenkung können die Temperaturen im Gebäude gesenkt und somit eine Energieeinsparung zwischen 4- 10 % erreicht werden. Infolge einer Überprüfung und Berücksichtigung der Anwesenheitszeiten und der anschließenden Anpassung von Zeitplänen, lassen sich bis zu 10 % der Endenergie einsparen. Der hydraulische Abgleich ist erforderlich, damit durch alle Heizkörper die notwendige Wassermenge fließen kann. Ist der hydraulische Abgleich durchgeführt worden, lassen sich bis zu 3 % Energie einsparen. Alle diese Maßnahmen sind vor allem auch für einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden unverzichtbar. Die Vergrößerung von Heizflächen durch neue und größenangepasste Heizkörper kann in manchen Fällen ausreichen, um auch ältere Gebäude für einen Betrieb von Wärmepumpen zu ertüchtigen. Teilweise wird diese Maßnahme nicht nötig sein, da gerade in alten Gebäuden die Heizkörper bereits überdimensioniert sind, so dass sie jetzt schon für den Wärmepumpenbetrieb geeignet sind.

3.2.2 Monitoring und Optimierung der technischen Anlagen

Bei Nichtwohngebäuden (Gewerbe, verarbeitendes Gewerbe oder öffentliche Liegenschaften) kann die Effizienz und Funktionsweise von technischen Anlagen mit Hilfe eines Monitorings durch engmaschige Kontrollen überprüft und mit geeigneten Gegenmaßnahmen bis zu 10 % Energie eingespart werden. Die Nutzung einer Gebäudeautomation ermöglicht es die vorhandenen Informationen zur tatsächlichen Nutzung des Gebäudes heranzuziehen und den Energieverbrauch um ca. 10-30 % zu senken. Beispielsweise lässt sich mit Hilfe von Sensoren die Präsenz in Räumen erfassen und somit eine bedarfsgerechte Beleuchtung ermöglichen. Darüber hinaus kann mit Hilfe von Temperaturfühlern die Heizung außentemperaturgeführt betrieben werden. Durch die Nutzung einer automatischen Einzelraumregelung unter Verwendung von programmierbaren elektronischen Thermostatventilen sind Einsparungen zwischen 9-15 % möglich (Rehmann, et al., 2022).

3.2.3 Energetische Sanierung der Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Die energetische Sanierung von Gebäuden bietet einen großen Hebel, um den Raumwärmebedarf der Gebäude zu senken. In der Gemeinde Hartheim wurden 64 % des Wohngebäudebestands vor der zweiten Wärmeschutzverordnung 1984 erbaut, d.h. zu einer Zeit, als Energieeffizienz noch keine wesentliche Rolle spielte. Anhand der Klassifizierung der Gebäude in Gebäudetypen (Gebäudealtersklasse und Gebäudeart) wurde das Potenzial durch die energetische Sanierung berechnet. Konkret heißt das, dass im digitalen Zwilling für jedes Gebäude das Einsparpotenzial berechnet wurde. Dabei wurden den einzelnen Bauteilen (Dach, Fenster, Außenwand und Keller) gängige Dämmmaßnahmen der jeweiligen Gebäudetypen hinterlegt und der Wärmebedarf nach einer Sanierung anhand übliche Bauteilflächen des Gebäudetyps ermittelt. Karte 9 zeigt ausgehend vom Gebäudewärmebedarf die Einsparpotenziale durch energetische Sanierung am Beispiel des Kernorts von Hartheim.



Karte 9 – Einsparpotenziale durch energetische Sanierung der Wohngebäude in Hartheim (Ausschnitt; Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)

In Summe könnten 40% des aktuellen Wärmebedarfs der Wohngebäude eingespart werden, wenn alle Wohngebäude auf den aktuellen Stand des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) modernisiert werden. In der folgenden Abbildung 12 sind sowohl der momentane Wärmeverbrauch der Wohngebäude (links) sowie das mögliche Einsparpotenzial (rechts) nochmals für die gesamte

Gemeinde Hartheim grafisch zusammengefasst. Durch die weitere Sanierung der Wohngebäude und der damit einhergehenden Energieeinsparung, könnte die Gemeinde Hartheim die THG-Emissionen um 3.816 t CO_{2e} jährlich senken (5 % der wärmebedingten THG-Emissionen der Gemeinde im Jahr 2021).

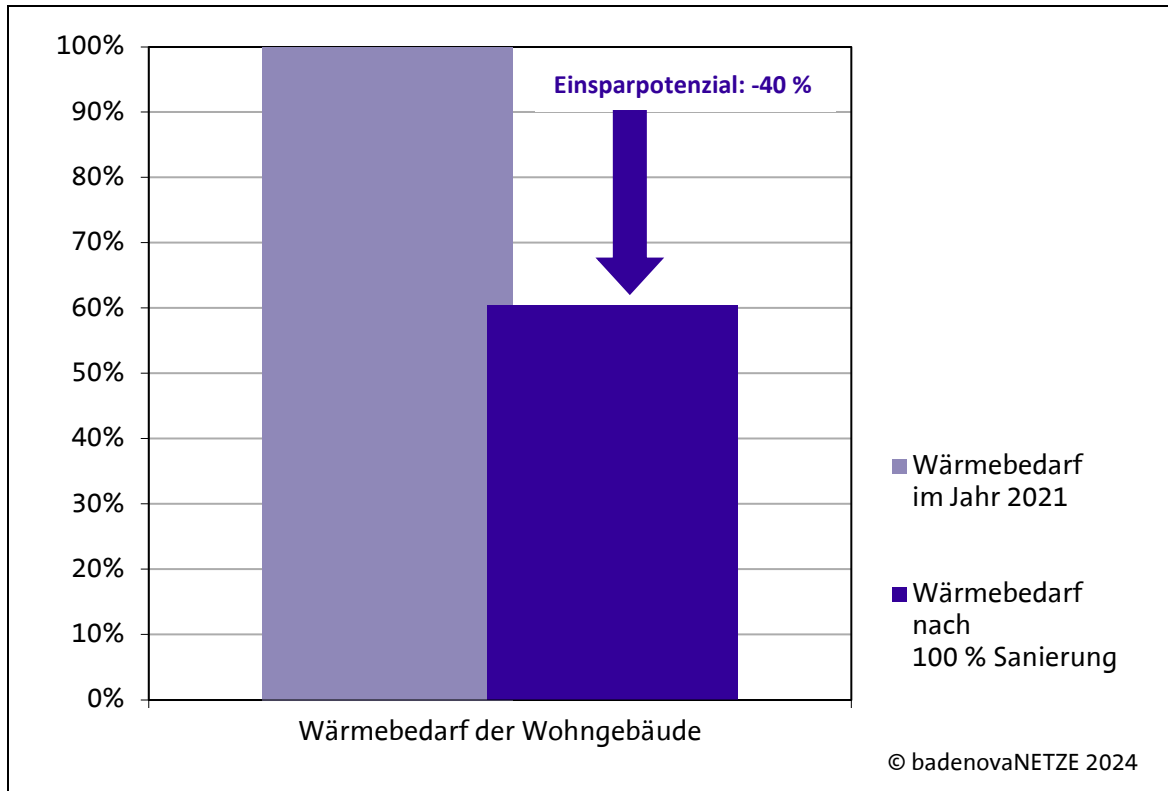


Abbildung 12 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial

3.2.4 Gebäudesteckbriefe für Mustersanierungen

Zur Ermittlung von Einsparpotenzialen im Wohngebäudebereich bei energetischen Sanierungsmaßnahmen wurde eine Gebäudetypisierung der Wohngebäude der Gemeinde durchgeführt. Diese Gebäudetypisierung ermöglicht eine vereinfachte Abbildung des Wohngebäudebestands der Gemeinde und dient als Grundlage zur Berechnung der Einsparpotenziale. Konkret wurden dafür alle Wohngebäude nach den Kategorien Gebäudetyp und Gebäudealter eingeteilt nach der Methodik des IWU (IWU, 2005).

Die häufigsten Gebäudetypen der Wohngebäude in Hartheim sind:

- 1) Einfamilienhaus Baualtersklasse G (Baujahr zw. 1979 – 1983)
- 2) Einfamilienhaus Baualtersklasse F (Baujahr zw. 1969 - 1978)
- 3) Einfamilienhaus Baualtersklasse H (Baujahr zw. 1984 – 1994)
- 4) Einfamilienhaus Baualtersklasse C (Baujahr zw. 1919 – 1948)
- 5) Einfamilienhaus Baualtersklasse J (Baujahr zw. 2002 – 2009)
- 6) Reihenhaushaus Baualtersklasse H (Baujahr zw. 1984 – 1994)
- 7) Reihenhaushaus Baualtersklasse G (Baujahr zw. 1979 – 1983)
- 8) Einfamilienhaus Baualtersklasse E (Baujahr zw. 1958 – 1968)
- 9) Reihenhaushaus Baualtersklasse J (Baujahr zw. 2002 – 2009)
- 10) Mehrfamilienhaus Baualtersklasse G (Baujahr zw. 1979 – 1983)
- 11) Reihenhaushaus Baualtersklasse F (Baujahr zw. 1969 - 1978)

- 12) Reihenhaushaus Baualtersklasse C (Baujahr zw. 1919 – 1948)
- 13) Reihenhaushaus Baualtersklasse E (Baujahr zw. 1958 – 1968)
- 14) Einfamilienhaus Baualtersklasse I (Baujahr zw. 1995 – 2001)

Die oben genannten Wohngebäudetypen decken insgesamt 972 Wohngebäude in der Gemeinde und damit ca. 80% des Wohngebäudebestands in Hartheim ab.

Um die Sanierungspotenziale am eigenen Gebäude für Gebäudeeigentümer greifbar und nutzbar zu machen, wurden für vierzehn dieser Gebäudetypen der Gemeinde (die neuen Baualtersklassen J, K und L werden aufgrund des ausbleibenden Sanierungsbedarf hier ausgespart) sogenannte Gebäudesteckbriefe erstellt (vgl. Kapitel 10.2). Die Gebäudesteckbriefe zeigen beispielhaft Mustersanierungen am jeweiligen Gebäudetyp auf und beschreiben somit die Potenziale zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle und zur Optimierung bzw. Umstellung der Wärmeversorgung konkret für den jeweiligen Gebäudetyp.

Die jeweils vierseitigen Gebäudesteckbriefe stellen die wichtigsten Daten der einzelnen Beispielgebäude zusammen und bieten eine übersichtliche Darstellung des Ist-Zustands und der durch energetische Modernisierung erzielbaren Energieeinsparungen. Darüber hinaus werden beispielhafte technische Anlagenlösungen und die damit einhergehenden Investitionskosten dargestellt. Auf der letzten Seite sind abschließend entsprechende Hinweise zu Förderprogrammen und gesetzlichen Rahmenbedingungen zu finden.

Ziel der Steckbriefe ist es, eine Hilfestellung für die energetische Klassifizierung von Bestandsgebäuden zu geben und hierfür systematische Ansätze, Kriterien und typische Kennwerte zu liefern. Die Wirksamkeit von energetischen Maßnahmen wird exemplarisch demonstriert. Ausgehend von Beispielgebäuden verschiedener Größen und Altersklassen werden typische Energiekennwerte sowie das Einsparpotenzial dargestellt. Das Niveau des rechnerischen Energiebedarfs wird dabei abgeglichen, um typischerweise in Bestandsgebäuden auftretende Verbrauchskennwerte abzubilden.

Die in den Gebäudesteckbriefen dargestellten Gebäude stellen Fallbeispiele dar, deren Eigenschaften exemplarisch für den jeweiligen Gebäudetyp sind. Die von der IWU erstellte Gebäudetypologie ermöglicht einige grundsätzliche Aussagen, die Vereinfachungen und exemplarische Betrachtungen voraussetzen, dabei jedoch die Bandbreite der Praxis nicht wiedergeben können. Viele Details der möglichen Umsetzung von Energiesparmaßnahmen am konkreten Objekt lassen sich nur mit einem Experten vor Ort klären. Deshalb eignen sich die Gebäudesteckbriefe als erste Übersicht für Eigentümer und für den Einstieg in die Themen Energieeffizienz des Gebäudes und des Heizsystems, die im optimalen Fall von einer Energieberatung durch einen neutralen Energieeffizienzexperten vor Ort gefolgt werden.

Im Anhang 10.2 ist beispielhaft der Gebäudesteckbrief für ein Einfamilienhaus mit einem Baualter zwischen 1958 und 1968 (Baualtersklasse E) abgebildet. Alle zwölf im Rahmen des kommunalen Wärmeplans der Gemeinde Hartheims erarbeiteten Gebäudesteckbriefe werden der Gemeinde digital zur Verfügung gestellt. So können diese auf der Homepage der Gemeinde veröffentlicht oder im Rahmen von Veranstaltungen und Sanierungskampagnen verwendet werden.

3.2.5 Raumwärme der kommunalen Liegenschaften

Die Energie- und Treibhausgasbilanz der Gemeinde Hartheim weist einen Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften von ca. 897 MWh/a aus. Unter Anwendung der Studie des Instituts für technische Gebäudeausrüstung (ITG) Dresden zur Steigerung der Effizienz von Heizsystemen kann ein Einsparpotenzial von durchschnittlich 8-15 % (Rehmann, et al., 2022) angesetzt

werden, so dass ohne Gebäudesanierungen der Verbrauch um mindestens 71 bis 134 MWh/a gesenkt werden kann.

3.2.6 Prozesswärme

Wesentliche Effizienzpotenziale bieten bei der Prozesswärme diverse Modernisierungs- und Optimierungsmaßnahmen, durch die der Energieverbrauch im Schnitt um bis zu 15 % gesenkt werden kann. Der Einsatz von energieeffizienten Anlagenkomponenten wie drehzahlgeregelte Pumpen und Ventilatoren, regelbarer Brenner und großer Wärmeübertragungsflächen stellen schnelle und wirksame Maßnahmen dar. Zudem können Wärme- und Dampferzeugungsanlagen modernisiert werden. Immerhin sind 80 % der industriellen Wärmeanlagen in Deutschland älter als zehn Jahre und entsprechen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.

Weitere Potenziale bietet die Wärmerückgewinnung. Bei der industriellen Wärmeerzeugung werden durchschnittlich 40 % der Abwärme an die Umgebung abgegeben. Die bisher ungenutzte Abwärme kann für das Heizen von Gebäuden, das Aufbereiten von Warmwasser oder zur Vorwärmung von Verbrennungs- und Trocknungsluft verwendet werden. Kann die Wärme nicht im Betrieb genutzt werden, kann sie zudem ausgekoppelt und über ein Wärmenetz weitere Gebäude beheizen (siehe auch Abschnitt 3.3.6).

Eine weitere Senkung des Energieverbrauchs gelingt durch den Umstieg auf effiziente Umwandlungs- und Erzeugertechnologien. Ein Blockheizkraftwerk folgt beispielsweise dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung und erzeugt gleichzeitig Wärme und Strom. Dadurch wird die Abwärme nicht ungenutzt an die Umwelt abgegeben, sondern direkt genutzt. Auch mit Hilfe moderner Wärmepumpen, Wärmespeicher oder Solarthermie kann vorhandene Energie effizienter genutzt werden.

Die Potenziale zur Senkung des Prozesswärmebedarfs lassen sich nur durch eine Untersuchung der bestehenden Anlagen und Prozesse der jeweiligen Betriebe genau beziffern. Eine solche Erhebung übersteigt den Rahmen des kommunalen Wärmeplans.

3.3 Erneuerbare Energien für die Wärmeversorgung

Zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands muss der nach Einspar- und Effizienzmaßnahmen verbleibende Wärmebedarf möglichst treibhausgasarm über erneuerbaren Energieträger gedeckt werden. Im folgenden Abschnitt werden die in der Gemeinde Hartheim verfügbaren Potenziale zur Wärmeerzeugung aus den folgenden erneuerbaren Quellen beschrieben: Biomasse, Oberflächennahe und Tiefengeothermie, Umweltwärme, Solarthermie und Abwärme aus Gewerbe und Abwasser.

3.3.1 Biomasse

Bei der energetischen Nutzung der Biomasse kann zwischen Energieholz und Biogas unterschieden werden. Energieholz in Form von Stückholz, Holzpellets oder Holzhackschnitzel wird aus der Forstwirtschaft sowie der Holzverarbeitenden Industrie gewonnen und wird hauptsächlich für die Wärmeerzeugung genutzt, während Biogas aus verschiedenen Substraten, vor allem aus der Landwirtschaft, erzeugt werden kann und sowohl für die Erzeugung von Strom als auch von Wärme genutzt wird.

Im Rahmen dieser Studie wurde das Potenzial an Biomasse (Biogas und Energieholz) für die energetische Nutzung im Gemarkungsgebiet der Gemeinde Hartheim durch eine empirische Erhebung ermittelt. Es wird zunächst das technische Potenzial anhand des Massenaufkommens der Biomasse beziffert und anschließend die aktuellen Verwertungspfade berücksichtigt.

Eine effektive Nutzung von Biomasse wird durch eine Kaskadennutzung erreicht. An der Spitze dieser Pyramide steht die Nutzung von Biomasse als Nahrungsmittel. In einer zweiten Nutzungsstufe wird eine stoffliche Nutzung der Biomasse, wie beispielsweise die Herstellung von Baustoffen oder Verpackungsmaterialien, überprüft. Erst im Anschluss ist eine energetische Nutzung sinnvoll. In dieser Studie wird daher der Schwerpunkt auf das Energiepotenzial von Reststoffen gelegt, die bisher keinem Verwertungspfad unterliegen oder durch einen kosteneffizienten und ökologischen Verwertungspfad ersetzt werden können.

3.3.1.1 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Landwirtschaft

Die Ermittlung der Biogaspotenziale für die Gemeinde Hartheim erfolgte mithilfe statistischer Kennzahlen. Laut dem Statistischen Landesamt wurde im Jahr 2021 in der Gemeinde Hartheim eine Fläche von 1.312 ha landwirtschaftlich genutzt (STALA (2022)). Bei der Bewirtschaftung dieser Flächen entstehen unterschiedliche Reststoffe, die sich für den Betrieb einer Biogasanlage eignen. Tabelle 6 gibt eine Übersicht dieser Reststoffe und deren energetischen Potenziale in der Gemeinde Hartheim.

Die Nutzung von tierischen Exkrementen als Biogassubstrat ist ökologisch sinnvoll, denn die vergorene Gülle bzw. der ausgefaulte Festmist kann nach der Nutzung in einer Biogasanlage in Form von Biogasgülle als hochwertiger organischer Dünger auf das Feld ausgebracht werden. Die von dem statistischen Landesamt angegebenen Tierbestände in der Gemeinde Hartheim ergeben ein verfügbares energetisches Potenzial der tierischen Exkremente von ca. 99 MWh/Jahr.

Reststoff Quelle	Anbaufläche (ha) Quelle: STALA 2020	Energetisches Potenzial (MWh/Jahr)
Ackerpflanzen ⁵	2409	9.157
Dauergrünlandflächen	119	389
Obst-/Weinanbau	139	97

Tabelle 6 – Energetisches Potenzial einiger landwirtschaftlichen Reststoffe in der Gemeinde Hartheim

⁵ Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich in Hartheim auf 20 Haupterwerbslandwirte und 12 Nebenerwerbslandwirte. Eine ökologische Bewertung der Nutzung dieser Biomasse ist abhängig von der Tatsache, ob diese Reststoffe als organischer Dünger oder zur Tierernährung genutzt werden. Im ersten genannten Fall stellt die Nutzung dieser Reststoffe in einer Biogasanlage eine Wertschöpfung dar, da am Ende des Biogasprozesses erneut ein hochwertiger Dünger entsteht. Bei Letzterem ist eine Falluntersuchung notwendig, ob die als Tierfutter genutzte Biomasse kostengünstig und unter ökologischen Gesichtspunkten äquivalent substituiert werden kann.

3.3.1.2 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen

Eine energetische Nutzung von Rest- und Abfallstoffen ist aus ökologischer Sicht sehr attraktiv, da keine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln besteht und es sich teilweise um Abfallstoffe handelt, die bisher entsorgt werden müssen.

Die Nutzung der organischen Abfälle der Haushalte der Gemeinde Hartheim birgt zwar ein energetisches Potenzial von ca. 459 MWh/Jahr. Die Verwertung in einer Biogasanlage in Hartheim wird in dieser Studie jedoch ausgeschlossen, da die Entsorgung dieser Abfälle in der Verantwortung des Landkreises Breisgau-Hochschwarzwald liegt.

Betriebe mit organischen Reststoffen haben der Erfahrung nach bereits bestehende Verwertungspfade oder die Abfälle werden außerhalb der Gemeinde weiterverarbeitet.

3.3.1.3 Gesamterzeugungspotenzial Biogas

Ausgehend von den vor Ort erzeugten organischen Reststoffen, ergibt sich ein der landwirtschaftlichen Biogasproduktion hinzuaddiertes technisches Potenzial für die Gemeinde Hartheim von 9.742 MWh/Jahr, was im Rahmen einer Stromerzeugung einem elektrischen Erzeugungspotenzial von ca. 3.702 MWh/Jahr und einer Leistung mit ca. 544 kW_{el} entsprechen würde⁶.

3.3.1.4 Energieholz

Die Quantifizierung der kommunalen Energieholzpotenziale konnte einerseits durch konkrete Holzeinschlagsdaten, andererseits auf Basis von Erfahrungsberichten der zuständigen Forstverwaltung durchgeführt werden.

In der Gemeinde Hartheim beläuft sich die Waldfläche auf 515 ha. Das eingeschlagene Holz wird teilweise energetisch genutzt und als Brennholz (1251,45 fm/Jahr) verwendet. Zusätzlich werden 139 fm/Jahr stofflich genutzt. Auf Grundlage der Informationen des zuständigen Forstamtes kann festgestellt werden, dass die Waldfläche in Hartheim bereits nachhaltig bewirtschaftet wird. Der ungenutzte Zuwachs unterliegt in aller Regel den Wiederaufforstungsprogrammen. Zusätzliche energetische Potenziale sind daher nicht vorhanden.

3.3.2 Oberflächennahe Geothermie

Bei der oberflächennahen Geothermie werden solche Erdwärmepotenziale betrachtet, die in bis zu 400 m Tiefe erschließbar sind. Sie wird ausschließlich zur Wärmeversorgung und nicht zur Stromerzeugung genutzt. Dabei wird die in oberflächennahen Erdschichten vorhandene niedrigtemperierte Wärme mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gehoben, welches dann das Heizen eines Gebäudes ermöglicht. In Abbildung 13 sind die verschiedenen Techniken zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden mit Erdwärme dargestellt. Welches System Anwendung findet, hängt wesentlich vom Bedarf, von den Untergrundverhältnissen und von der zur Verfügung stehenden Fläche ab. Für gewerbliche Zwecke, größere Gebäude und

⁶ Für die Berechnung des Erzeugungspotenzials für Wärme und Strom wurden folgenden Annahmen getroffen: Mit den verfügbaren Substratpotenzialen wird eine Anlage für 6.800 Volllaststunden ausgelegt. Elektrischer Wirkungsgrad von 38 %, thermischer Wirkungsgrad von 54 %. Dabei werden 40 % der erzeugten Wärme für den Eigenbedarf der Anlage benötigt.

Gebäudegruppen bieten sich Erdwärmesonden und Grundwasserbrunnen an. Einfamilienhäuser können vor allem die Erdwärmesonde oder auch Kollektorsysteme nutzen.

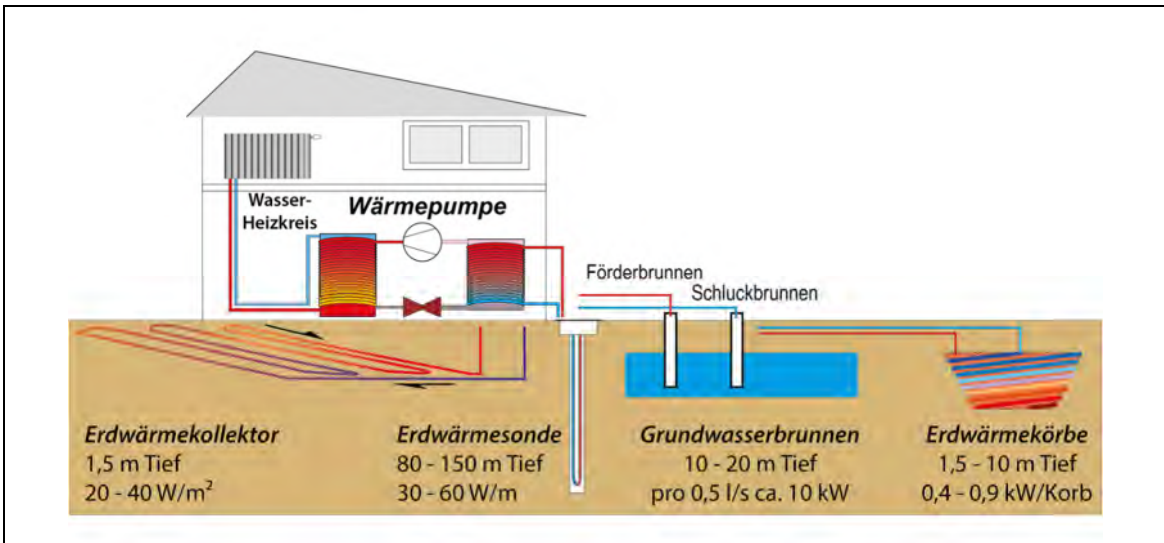


Abbildung 13 – Techniken der Oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit

Das nutzbare Potenzial der Oberflächennahen Geothermie kann wesentlich durch Wasser-schutzzonen eingeschränkt werden, da in diesen Gebieten die Nutzung nur sehr bedingt, bis gar nicht möglich ist. In Hartheim sind in den Siedlungsbereichen keine Wasserschutz-zonen ausge-wiesen. Die oberflächennahe Geologie und ihre wesentlichen Elemente sind schematischen in der Abbildung 14 als Profilabfolgen im Süden (links) und im Westen (rechts) dargestellt. Zwischen den Profilen liegen größere Verwerfungen, die das Grundgebirge jeweils nach Westen hin abschieben.

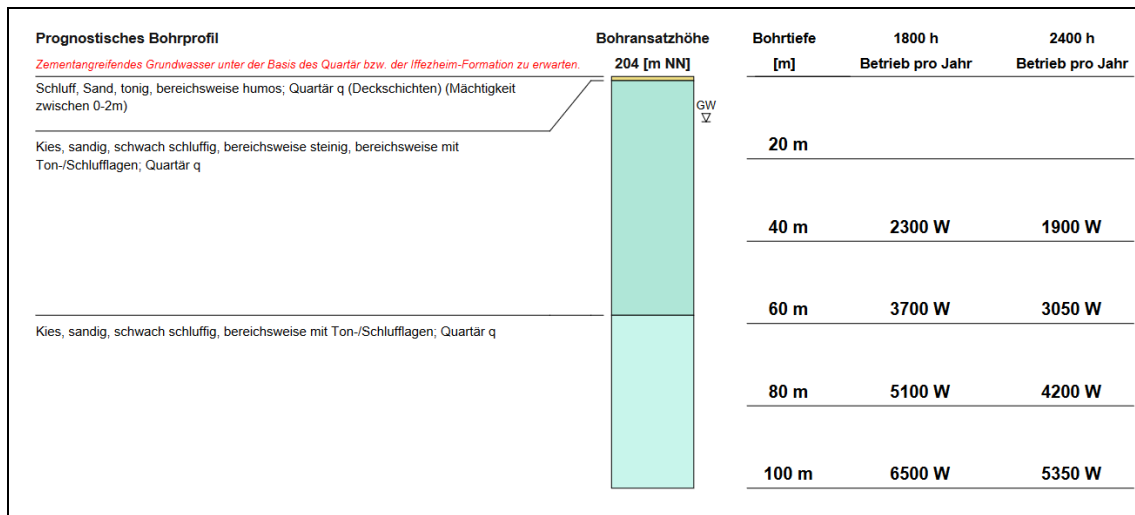


Abbildung 14 Geologische Profilabfolge der Gemarkung Hartheim nach LGRB - ISONG BW

3.3.2.1 Erdwärmesonden

Geologisch und rechtlich betrachtet bietet der Untergrund von Hartheim hohes Potenzial für die Anwendung von Erdwärmesonden. Die Wärmeleitfähigkeiten des Untergrundes und die

geologisch bedingten thermischen Entzugsleistungen werden vom Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG-BW) zwar nicht angegeben, dürften aber weitestgehend im geeigneten Bereich liegen.⁷ Im allgemeinen ist der Untergrund in Hartheim für die Abteufung von Erdwärmesonden geeignet.

Auf der Grundlage der thermischen Werte und der Daten zum Wärmebedarf der Bestandsgebäude konnten die Potenziale zur Nutzung von Erdwärmesonden ermittelt werden. Zunächst wurde das technische Potenzial für jedes Wohngebäude ermittelt. Dabei wird berechnet, wie viele Erdwärmesonden⁸ benötigt werden, um den Wärmebedarf des Gebäudes zu decken. Es wird sowohl mit dem aktuellen Wärmebedarf (2021), als auch mit dem Wärmebedarf nach energetischer Sanierung der Gebäudehülle für die Jahre 2030 und 2040 gerechnet. Dabei wird eine Sanierungsquote angenommen, die ab 2028 einen Sanierungsanteil von 2 % pro Jahr einspart. Wichtige Kriterien sind zudem, ob ausreichend Platz auf dem Grundstück für die entsprechende Anzahl der Bohrungen vorhanden ist. Gebäude die mehr als vier Sonden benötigen, um den Wärmebedarf zu decken, werden bei der Betrachtung des wirtschaftlichen Potenzials ausgeschlossen. Die Potenzialberechnung gründet folglich auf dem berechneten Wärmeentzug mit bis zu vier Erdwärmesonden bei jeweils 120 m Sondenlänge. Die zugrundeliegenden Berechnungsformeln sind in (Miocic & Krecher, 2022) hinterlegt und berücksichtigen jedes Wohngebäude.

Das technisch-energetische Potenzial zur Deckung des Wärmeverbrauchs der Wohngebäude mit Erdwärmesonden liegt in Hartheim bei ca. 19.049 MWh/Jahr, was 41 % des Wärmebedarfs aller Wohngebäude entspricht. Bis zum Jahr 2040 ändert sich dieser Anteil aufgrund der Gebäudesanierung auf 36 % des dann erwarteten Wärmebedarfs. Eine geothermische Bedarfsdeckung konzentriert sich vor allem auf die Wohngebiete mit überwiegend Einfamilienbehausung. Im älteren Gemeindegebiet ist ebenfalls Potenzial vorhanden, obwohl das Alter und der hohe Wärme- bzw. Leistungsbedarf der Gebäude einer effizienten und wirtschaftlichen Anwendung im Wege stehen. In den eng bebauten Arealen sind die Grundstücksflächen oft zu klein, um mehrere Erdwärmesonden abzuteufen.

3.3.2.2 Grundwasser

Ein weiteres Potenzial bietet die Installation von Grundwasserbrunnen. Voraussetzung für die Nutzung von Grundwasserwärme ist zunächst, dass das Grundwasser in einer Tiefe von ca. 10 bis 20 m in ausreichenden Mengen förderbar ist. Da die Gemarkung Hartheim nahe des Rheines liegt, sind sehr gute Bedingungen für die Nutzung des Grundwassers gegeben. In den meisten Fällen wird dort die Erlaubnis zur Nutzung des Grundwassers erteilt werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht ergibt die Nutzung der Grundwasserwärme mittels Grundwasserbrunnen und Grundwasser-Wasser-Wärmepumpe vor allem bei größeren Gewerbegebäuden Sinn. Bei niedrigen Heizungsvorlauftemperaturen (Flächenheizungen) kann der Raumwärmebedarf dieser Gebäude in der Regel mit je 1 bis 2 Förder- und Schluckbrunnen gedeckt werden. Zusätzlich kann Grundwasser als Hauptwärmequelle für Wärmenetze sowohl mit niedriger Vorlauf-temperatur (sog. kalte Nahwärme, wie z.B. bei Neubaugebieten) als auch mit hoher Vorlauf-temperatur effizient eingesetzt werden. Letzteres bedarf einer Großwärmepumpe, um die nötige Heiztemperatur zu erreichen. Bei konventionellen Fernwärmenetzen mit hohen

⁷ Geologisch bedingte thermische Entzugsleistungen liegen üblicherweise im Bereich von 45 bis 65 W/m Sondenlänge bei 100 m Gesamtlänge. Für Potenzialberechnungen von Einzelsonden werden Werte bis maximal 50 W/m benötigt, für die von Erdwärmesondenfeldern maximal 30 W/m.

⁸ Es wurde mit der technisch-ökonomisch optimalen Länge von 120 m gerechnet

Vorlauftemperaturen kann Grundwasser ein Teil der Grundlast abdecken. Für Einfamilienhäuser ist es in der Regel nicht wirtschaftlich, Grundwasserwärme zur Wärmebedarfsdeckung zu nutzen.



Karte 10 – Ergiebigkeit der Grundwasser führenden Gesteine nach LGRB Baden-Württemberg

Ausreichende Grundwasser-Förderleistungen bei 10 bis 20 m tiefen Brunnen sind laut ISONG-BW auf der Gemarkung Hartheim überall zu erwarten. Karte 10 zeigt die vom LGRB erfasste Ergiebigkeit des Grundwasserleiters, wobei dieser mit einer hohen Durchlässigkeit (dunkelblau) und mit einem hohen technischen Grundwasserpotenzial zu bewerten ist. Die Durchlässigkeitsbeiwerte liegen flächendeckend bei mindestens $1 - 2 \times 10^{-3}$ m/s. Schüttungsmengen von über 10 l/s je Brunnen sind auf der Gemarkung je nach erschlossener Aquifermächtigkeit als realistisch anzunehmen. Effizienzverluste könnten sich bei der Wiedereinleitung des Wassers aufgrund von hohen Grundwasserständen ergeben. Dies ist vor-Ort zu prüfen.

Das lokale Potenzial lässt sich nur grob über eine Berechnungsformel zum Grundwasserandrang quantifizieren. (vgl. Abschnitt 7.5). Bei einer Fördermenge von 10 l/s liegt die Entzugsleistung in Abhängigkeit von der Temperaturspreizung am Wärmetauscher bei ca. 167 kW je Brunnen. Bei einem Grundwasserförderbrunnen könnte somit eine effiziente Wärmeleistung von 209 kW bei einem Leistungskoeffizienten von COP = 5,0 in Neubauten generiert werden. Eine genaue Angabe des kumulierten Potenzials zur Wärmeerzeugung aus dem Grundwasser lässt sich nicht berechnen, ist aber als sehr hoch einzustufen. 10 Brunnen können auf der Gemarkung 2.511 kW Leistung im Bestandsgebäudebereich und ca. 8.788 MWh Wärme generieren.

3.3.2.3 Risiken der Oberflächennahen Geothermie

Das Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 LGRB, verweist auf folgende Bohrrisiken:

- Es werden keine Bohrrisiken angegeben.

Bei der Nutzung des Grundwassers sollten zudem folgende Hinweise berücksichtigt werden:

- Die Gewässerchemie muss vor einer Nutzung des Grundwassers untersucht werden.
- Voruntersuchungen zur Grundwasser-Ergiebigkeit sind nötig.
- Zu beachten sind zudem hydraulische Sicherungen von Grundwasser-Schadensfällen im Nahbereich von Grundwasserbrunnen, welche beim ggf. anstehenden Wasserrechtsverfahren zu berücksichtigen sind.
- Die gegenseitige thermische Beeinflussung durch benachbarte Brunnen ist numerisch zu bestimmen
- Der Wiedereintritt in den Grundwasserleiter ist zu bemessen und bestimmt die nutzbare Wassermenge pro Zeiteinheit.

3.3.3 Tiefengeothermische Potenziale

Die Tiefengeothermie wird grob unterschieden in eine hydrothermale und in eine petrothermale Tiefengeothermie. Die Abbildung 15 stellt den Unterschied zwischen den beiden grundlegenden Verfahren dar. Bei der hydrothermalen Tiefengeothermie werden thermalwasserführende Gesteinshorizonte angebohrt und zur Wärmeversorgung genutzt. Mit der petrothermalen Geothermie wird ein natürliches Wärmereservoir in großer Tiefe durch hydraulische Stimulierungsverfahren erschlossen.

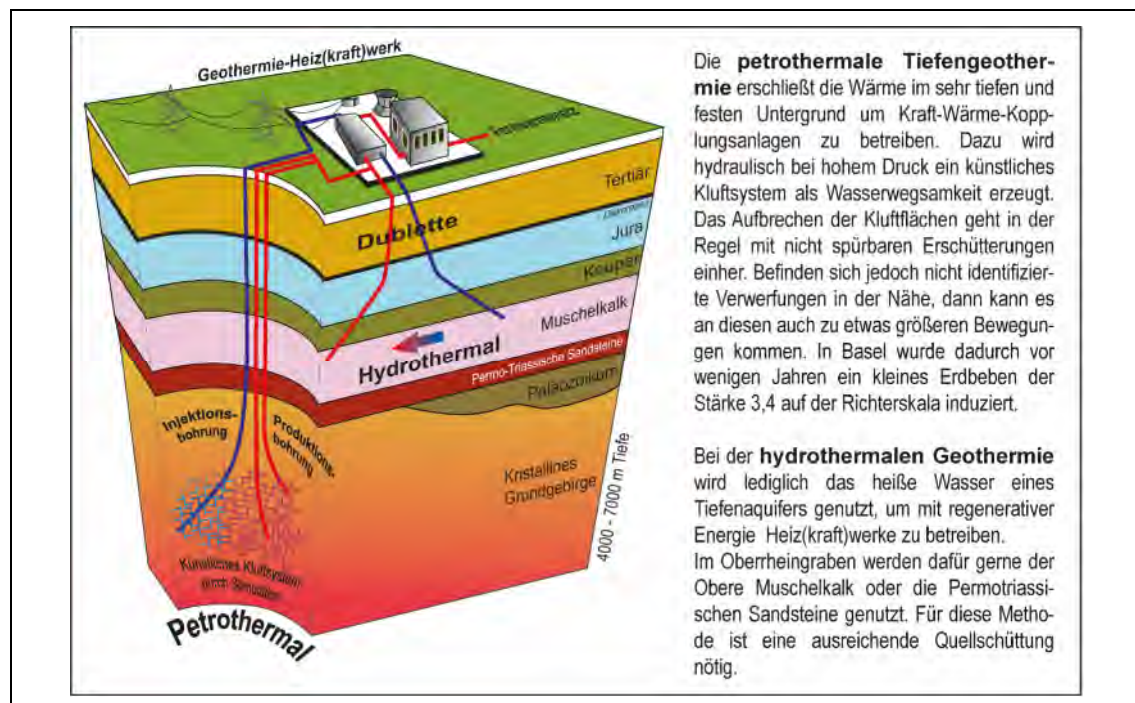


Abbildung 15 – Unterscheidung der zwei grundlegenden tiefengeothermischen Verfahren

Der Obere Muschelkalk als wichtigster potenzieller Thermalwasserhorizont liegt westlich und nördlich von Hartheim in ausreichend großer Tiefe, um die heiße Sole energetisch nutzen zu

können. In dieser Situation ist mit einem günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis für eine geothermische Exploration zu rechnen.

Petrothermale Geothermie wird im tiefen Untergrund und in Gesteinen durchgeführt, in denen Grundwasser nicht frei zirkuliert. Es müssen Klüfte (Risse) im Gestein erzeugt werden, damit Wasser darin zirkulieren kann. Dies wird mit hydraulischen Stimulationsverfahren erreicht. Dabei wird kaltes Wasser mit hohem Druck in das Zielgebiet in den Untergrund gepresst, so dass durch Druck und durch Temperaturabschreckung Klüfte entstehen. Die Stimulation erfolgt modulierend und unter Kontrolle. Es entstehen sogenannte induzierte Mikrobeben, die i.d.R. nicht spürbar sind und die auf die Klüftbildung zurückzuführen sind.

In den östlichen und nördlichen Randgebieten der Gemarkung Hartheim, zu den Nachbarkommunen Bad Krozingen und Breisach, liegen erhebliche tiefengeothermische Potenziale vor, die derzeit im Rahmen einer geothermischen Explorationskampagne bemessen werden. Auf der Grundlage von Vorstudien, die im Auftrag der badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co. KG aktuell durchgeführt wurden, liegen diese netto zwischen 82 und 105 GWh/a für den oberen Muschelkalk als Tiefenaquifer. Sollten diese Potenziale gehoben werden, dann könnte auch für Hartheim die Möglichkeit bestehen, gewisse Anteile der Wärmeversorgung zentral mit Erdwärme zu bedienen. Der Großteil der Erdwärme soll allerdings mit einer Fernwärmeleitung für die Stadt Freiburg i. Br. bereitgestellt werden. Petrothermale Geothermie wird im tiefen Untergrund und in Gesteinen durchgeführt, in denen Grundwasser nicht frei zirkuliert. Es müssen Klüfte (Risse) im Gestein erzeugt werden, damit Wasser darin zirkulieren kann. Dies wird mit hydraulischen Stimulationsverfahren erreicht. Dabei wird kaltes Wasser mit hohem Druck in das Zielgebiet in den Untergrund gepresst, so dass durch Druck und durch Temperaturabschreckung Klüfte entstehen. Die Stimulation erfolgt modulierend und unter Kontrolle. Es entstehen sogenannte induzierte Mikrobeben, die i.d.R. nicht spürbar sind und die auf die Klüftbildung zurückzuführen sind.

Notwendig wären dafür tiefreichende Bohrungen in mindestens 2.500 m Tiefe. Da in dieser Tiefe in der Umgebung von Hartheim Tiefenaquifere zu erwarten sind, macht die Anwendung der Petrothermalen Geothermie wenig Sinn.

3.3.4 Umweltwärme

Neben der Nutzung von Geothermie als Wärmequelle kann auch die enthaltene Wärmeenergie der Umgebungsluft genutzt werden. Sogenannte Luft-Wasser-Wärmepumpen entziehen der Umgebungsluft Wärme und geben sie auf einem höheren Temperaturniveau an das Heizsystem ab. Je niedriger der Temperaturhub zwischen Quelle und Vorlauftemperatur, desto effizienter arbeiten Luft-Wasser-Wärmepumpen. Im Vergleich zu Erdwärmepumpen, die das ganze Jahr über eine gleichbleibende Wärmequelle verfügen, sind Luft-Wasser-Wärmepumpen weniger effizient, aber bei den Anschaffungskosten günstiger. Zudem sind die baulichen Voraussetzungen geringer und dadurch die Installation nahezu in jedem Gebäude möglich. Diese Technologie kann nicht nur in energetisch effizienten Neubauten, sondern auch im Bestand eingesetzt werden. Ein ökologischer und ökonomischer Betrieb wird bei dieser Technologie durch möglichst niedrige Heizsystemtemperaturen bestimmt. Dabei müssen nicht unbedingt Flächenheizsysteme eingesetzt werden, sondern oftmals reichen die vorhandenen, überdimensionierten Heizkörper bereits aus. Eine energetische Sanierung der Gebäudehülle unterstützt den effizienten Einsatz einer Wärmepumpe. Eine weitere Einschränkung bzw. Ausschlusskriterium ist der Lärmschutz. Für benachbarte Grundstücke müssen die Grenzwerte der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) für die jeweiligen Gebiete eingehalten werden. Bezogen auf die Gemeinde Hartheim wird die Wärmepumpe, insbesondere der Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen, vor allem im privaten Bereich eine entscheidende Rolle bei der Umstellung von fossil betriebenen Heizanlagen auf erneuerbare Energien spielen. Die Eignung der einzelnen Gebäude muss gesondert betrachtet werden. Das auf Basis eines Wärmepumpenkatasters der

badenovaNETZE GmbH berechnete Potenzial für Luft/Wasser-Wärmepumpen beträgt ca. 11.010 MWh/a bezogen auf den heutigen Gebäudewärmebedarf. Das entspricht einer potenziellen Abdeckung des Wohngebäude-Wärmeverbrauchs von ca. 24 %. Bis ins Jahr 2040 kann dieser Anteil durch die Gebäudesanierung auf ca. 15.342 MWh/a gesteigert werden, was dann einen Deckungsanteil von bis zu 33 % bedeuten könnte. Dabei werden nur Wärmepumpen berücksichtigt, die bei der Wärmeversorgung der bis zum Jahr 2040 teilsanierten Gebäude eine Jahresarbeitszahl von dann mindestens 2,8 erreichen. Damit wird die Bedeutung der Gebäudesanierung nochmals hervorgehoben.

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung von Umweltwärme sind Oberflächengewässer wie Flüsse und Seen, die hier allerdings nicht in unmittelbarer Nähe zu den Siedlungsgebieten liegen.

3.3.5 Solarthermie

Die Gemeinde Hartheim hat aufgrund ihrer Lage in Süddeutschland eine günstige Solareinstrahlung, welche für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Laut Globalstrahlungsatlas der LUBW liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei 1.142 kWh/m² und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt (LUBW, (2023)). Im Jahr 2020 wurden in Hartheim ca. 1,6 % des Wärmeverbrauchs der Gemeinde durch Solarthermieanlagen gedeckt.

Bei der Ermittlung der Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus Solarenergie stehen Dachflächenpotenziale im Vordergrund, da bei der Erschließung dieser Potenziale kein zusätzlicher Flächenverbrauch bzw. keine Versiegelung von Flächen erforderlich ist. Zudem kann die erzeugte Wärme direkt im Gebäude genutzt werden. Solche Anlagen sind bereits etabliert und Richtwerte für das Erzeugungspotenzial und die Wirtschaftlichkeit verfügbar, so dass sich das Potenzial auch zuverlässig ermitteln lässt. Unter der Annahme, dass 60 % des Brauchwarmwasser-Bedarfs in Hartheim durch Solarthermie gedeckt werden soll, werden 1.543 MWh/a Solarwärme benötigt. Dazu müsste auf ca. 4 % des Photovoltaikpotenzials verzichtet werden.

3.3.5.1 Wärmeerzeugungspotenziale auf bestehende Dachflächen

Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden. Bei der Berechnung des solarenergetischen Potenzials der LUBW wird davon ausgegangen, dass das zur Verfügung stehende Dachflächenpotenzial vollständig zur Erzeugung von Strom durch PV-Module genutzt wird. Um die Potenziale zur Erzeugung von Wärme zu berücksichtigen, wurde in dieser Studie davon ausgegangen, dass das Dachflächenpotenzial nicht vollständig mit PV-Modulen belegt wird, sondern zusätzlich Wärme durch Solarthermie erzeugt wird. Etwa 60 % des Warmwasserbedarfs eines Wohngebäudes kann in der Regel durch Solarthermieanlagen erzeugt werden. Zur Berechnung des wirtschaftlichen Potenzials zur Wärmeerzeugung mit Solarthermie auf Dachflächen, wurde anhand dieser Kennzahl berechnet. Für die Berechnung der Potenziale zur Stromerzeugung auf Dachflächen (siehe Abschnitt 3.4.3) wurden dementsprechend die Potenzialflächen für die Wärmeerzeugung vom Gesamtpotenzial abgezogen.

Die Potenziale zur anteiligen Deckung des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitstellung durch Solarthermie belaufen sich zusätzlich zu den Bestandsanlagen (1.164 MWh) auf 2.707 MWh und damit auf insgesamt rund 3,7 % des Wärmeverbrauchs der Gemeinde Hartheim. Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der erhöhten Erzeugung von Solarwärme könnten, im Vergleich zum mittleren Emissionsfaktor des Wärmeverbrauchs, insgesamt 470 t CO_{2e} /Jahr vermieden werden.

3.3.5.2 Wärmeerzeugungspotenziale auf Freiflächen

Wärme aus Solarenergie auf Freiflächen wird in der Regel nur dort eingesetzt, wo in der direkten Umgebung auch eine Wärmeabnahme oder die Einspeisung in ein Wärmenetz möglich ist. Beim Ausbau von zentraler Wärmeversorgung sollten in Zukunft solche Anlagen als eine potenzielle Wärmequelle in Betracht gezogen werden, da sie einen Beitrag zur klimaneutralen und erneuerbaren Versorgung darstellen. Um die Versiegelung neuer Flächen zu vermeiden, können auch bereits versiegelte Flächen, wie Parkplätze als Potenziale betrachtet werden. Ein wirtschaftliches Potenzial lässt sich erst abschätzen, wenn genauere Angaben zu den einzelnen Wärmenetzen und der zur Verfügung stehenden Flächen bekannt sind. Letztere sollten – im Gegensatz zu Photovoltaik-Freiflächen - in der direkten Nachbarschaft zur Wärmesenke errichtet werden. Daraus resultieren deutlich größere Einschränkungen für die Freiflächen-Solarthermie als für die Stromerzeugung auf Photovoltaik-Freiflächen.

3.3.6 Abwärmepotenziale

3.3.6.1 Abwärmepotenziale im Gewerbe

Im Rahmen des kommunalen Wärmeplans wurden Betriebe in Hartheim, die ein relevantes Abwärmepotenzial aufweisen könnten, angeschrieben und befragt. Daraus ergab sich, dass ein relevantes Wärmepotenzial nicht zu erwarten ist. Zwei Unternehmen haben mitgeteilt, dass es Abwärme hat und auch bereit wäre, diese zur Verfügung zu stellen. Um diesbezüglich sichere Aussagen machen zu können, ist eine professionelle Analyse zur Bemessung der innerbetrieblichen Optimierungspotenziale und der exakten Abwärmebeträge notwendig. Diese sollte in Absprache mit dem Unternehmen durchgeführt werden, falls es zu einer zentralen Wärmeversorgung kommen sollte.

Alle weiteren Unternehmen haben keine Abwärmepotenziale angegeben.

3.3.6.2 Abwärmepotenziale aus dem Abwasser

In Deutschland stehen etwa 600.000 km Kanalnetz (Statista 2021) mit temperiertem Abwasser zur Verfügung, welches ein Potenzial für die Wärmewende bietet. Diesem in jeder Kommune vorhandenen Kanalnetz können im Abwasserkanal oder im Auslauf einer Kläranlage Wärme entnommen werden. Im Winter liegt die Temperatur in konventionellen Abwasserkanälen mit 10 bis 12 °C deutlich höher als bei anderen Wärmequellen. Im Sommer liegt die Temperatur in den Kanälen bei ca. 15 bis 20 °C und ist damit meist kühler als die Außenluft. Somit bietet sich die Abwasserwärmenutzung nicht nur zum Heizen im Winter, sondern auch zum Kühlen im Sommer an. Die Verfügbarkeit von Abwasser als Wärmequelle bzw. -senke liegt sowohl zeitlich als auch räumlich günstig. Denn größere Mengen an Abwasser fallen in Ballungsräumen und Industriebetrieben an, wo man gleichzeitig einen hohen Energiebedarf hat. Das Angebot (Abwasserwärme) deckt sich dort zeitlich mit dem Bedarf (Wärmeenergiebedarf).

Um Wärme oder Kälte aus dem Abwasserkanal gewinnen zu können gibt es verschiedene Systeme. Die gängigsten sind direkt im Kanal installierte Kanalwärmetauscher sowie Bypasswärmetauscher.

Ein Kanalwärmetauscher kann nachträglich in Kanälen ab einer Nennweite von DN 400 installiert werden. Bei Neubau eines Abwasserkanals können Kanalelemente mit einem integrierten Wärmetauscher eingesetzt werden. Die Wärmetauscher Flächen bestehen aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit und sind meist doppelagig, um das Durchströmen eines Zwischenmediums zu ermöglichen. Bei diesem Prozess kann dem Abwasser eine Leistung zwischen 2 und 4

kW pro m² entnommen werden (DBU (2005)). Die Länge eines Kanalwärmetauschers kann ohne weiteres 200-300 m betragen (DWA (2005)). Ein Bypasswärmetauscher entnimmt nur einen Teil des Abwasserstroms. Die Wärme wird hierbei über Doppelrohr- oder Plattenwärmetauscher übertragen.

Der Vorteil gegenüber einem Kanalwärmetauscher ist der nicht notwendige Eingriff in die bestehende Kanalleitung und die Unabhängigkeit von Kanalgröße und Geometrie. Jedoch sind Bypasswärmetauscher aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen nur für größere Systeme geeignet (Christ & Mitsdoerffer, 2008).

Nutzbar wird die Wärme mittels einer Wärmepumpe, die die Abwasserwärme auf ein höheres Temperaturniveau bringt. Die Abwasserwärme kann aber mittlerweile auch für die Einspeisung in kommunale Wärmenetze genutzt werden. Wichtige Faktoren bei der Abwasserwärmenutzung sind nach Einschätzungen der Studie des Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU) die Größe des Abwasserkanals, die Durchflussrate des Abwassers im Kanal (mindestens 15 l/s), die Temperatur, die Mindestabnahme, die Verfügbarkeit des Abwassers (Jahreszeitliche Schwankungen oder konstante Verfügbarkeit) und die Distanz zwischen Abwasserwärmequelle und Verbraucher (Dr. Sara Fritz, 2018).

Auch eine ortsansässige Kläranlage bietet, im Bereich des Kläranlagenauslauf, die Möglichkeit, die Abwärme des Abwassers mit einer Groß-Wärmepumpe zu nutzen, sofern dieser Prozess nicht den Ablauf der Anlage stört.

Die in Hartheim anfallenden und durchgeleiteten Abwassermengen reichen in der Regel nicht aus, um dieses zur Wärmeversorgung in wirtschaftlicher und bezahlbarer Art und Weise zu nutzen. Im Rahmen der Umsetzung des Fernwärmenetzes sollte dies aber dennoch im Speziellen vor-Ort geprüft werden.

3.4 Erneuerbare Energien für die Stromerzeugung

Da Wärmepumpen in der Zukunft eine große Rolle bei der Wärmewende spielen sollen, wurden für den kommunalen Wärmeplan auch erneuerbare Potenziale für die Stromerzeugung betrachtet, die den zusätzlichen Stromverbrauch lokal decken könnten. Die Potenziale zur Stromerzeugung aus Biogas wurden bereits im Abschnitt 3.3.1 erläutert. Im folgenden Abschnitt werden die Potenziale zur Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windkraft und mit Photovoltaikanlagen auf Dachflächen, Freiflächen und Baggerseen dargestellt.

3.4.1 Wasserkraft

Der aktuelle Stand der Stromerzeugung aus Wasserkraft, sowie deren Potenziale, wurden auf Basis von Daten aus dem Energieatlas BW (LUBW (2020)), die aus einer Erhebung im Jahr 2016 stammen, sowie aus den Angaben des Verteilnetzbetreibers entnommen. Diese Informationen wurden ergänzt und aktualisiert durch Informationen von der Verwaltung der Gemeinde Hartheim.

Die Ermittlung von Wasserkraft-Anlagenpotenzialen ist über den Energieatlas des Landesamtes für Umwelt und Messung in Baden-Württemberg (Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2020) möglich. Die Ermittlung von Ausbaupotenzialen beruht auf der Auswertung dieser Daten.

In Hartheim befindet sich laut Netzbetreiber keine Wasserkraftanlage. Laut Energieatlas der LUBW befindet sich innerhalb der Gemarkung von Hartheim auch kein Standort für Wasserkraftpotenzial.

3.4.2 Windkraft

Bei der Erfassung von Windkraftpotenzialen wurde die Offenlage der Teilfortschreibung „Windenergie“ des Regionalverbands Südlicher Oberrhein herangezogen, der als erste Planungsgrundlage für die Suche nach wirtschaftlichen Standorten dient. Das 2022 neu eingeführte und am 01.02.2023 in Kraft getretene Windenergieflächenbedarfsgesetz des Bundes sieht künftig im Bereich der Windenergie verbindliche Flächenziele (Flächenbeitragswerte) für die jeweiligen Bundesländer vor. Demnach sind in Baden-Württemberg bis zum 31.12.2027 mindestens 1,1 % und bis zum 31.12.2032 mindestens 1,8 % der Landesfläche für Windkraftanlagen auszuweisen.

Dies bedeutet, dass jeder Regionalverband in Baden-Württemberg mindestens 1,8 % der Regionsfläche planerisch für die Windenergienutzung zu sichern hat (zu der vom Land hierfür eingeführten Frist s. u.). Für die Region Südlicher Oberrhein sind demnach Vorranggebiete für Standorte regionalbedeutsamer Windkraftanlagen mit einer Gesamtgröße von mindestens rund 7.300 ha festzulegen.

Windvorranggebiete nach Regionalverbänden sind potenzielle Suchräume für Windkraftanlagen, die von Regionalverband südliche Oberrhein ausgewiesen wurden und sich derzeit in der Offenlage befinden. Für konkrete Standorte muss in jedem Fall eine genaue Einzelfallbegutachtung stattfinden.

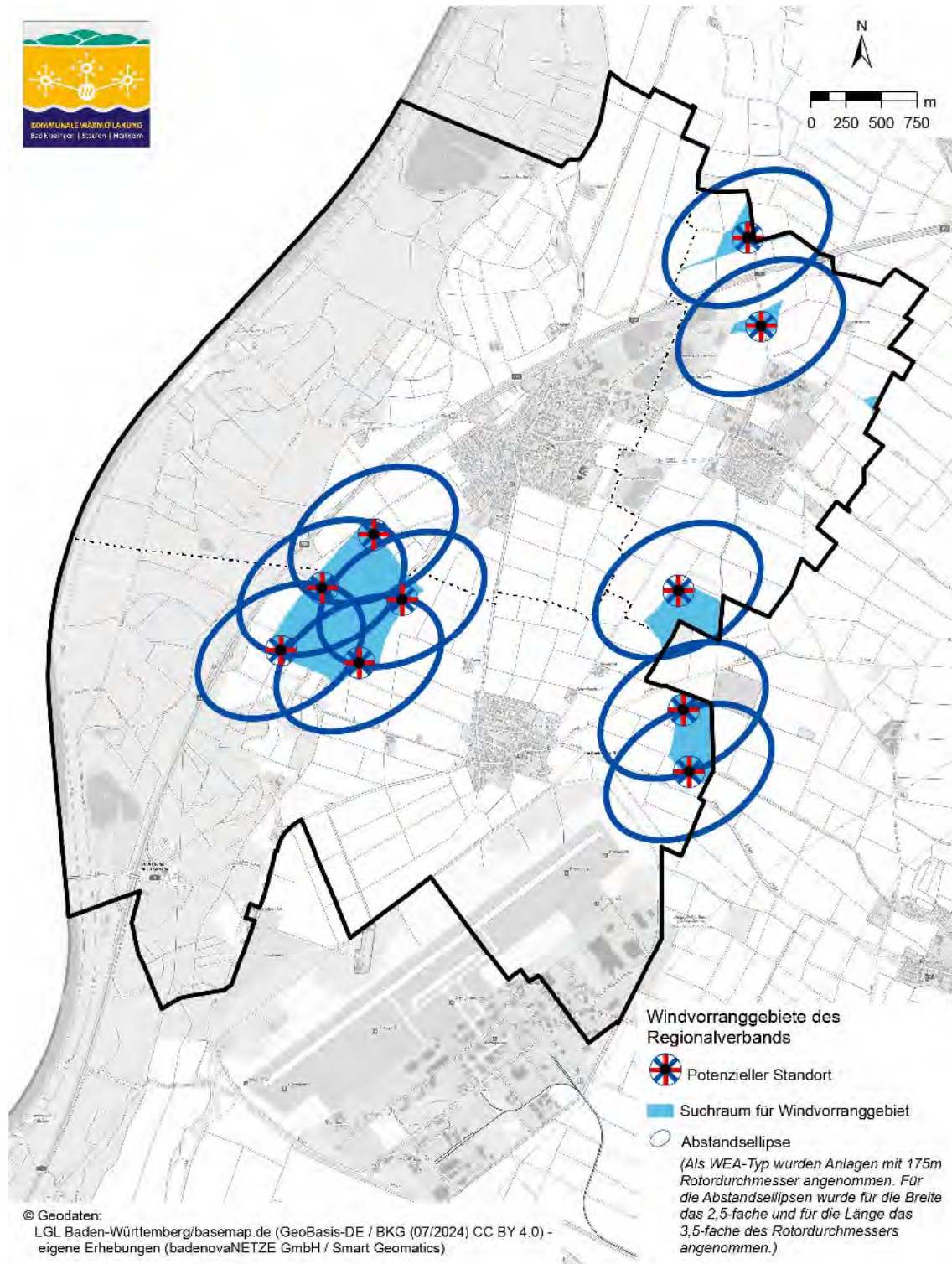
Die in Karte 11 aufgeführten potenziellen Standorte für Windkraftanlagen stellen die maximale Ausnutzung der vom RSVO definierten Potenzialflächen dar und sind unter der Annahme einer südwestlichen Hauptwindrichtung (240°) gesetzt. Als Referenzanlagen wurden Anlagen mit 175 m Rotordurchmesser verwendet. Für die Abstandsellipsen wurde für die Breite der 2,5-fache und für die Länge der 3,5-fache Rotordurchmesser angenommen.

Bei der Auswertung potenzieller Standorte werden neben der Windgeschwindigkeit, auch immissionsschutzrechtliche Themen wie Schall und Schattenwurf, Naturschutz- und Raumordnungsbelange berücksichtigt. Aus diesem Grund wurden folgende Flächen der Gemeinde als Potenzialgebiet ausgeschlossen:

- Flächen, die < 1000 m von reinen Wohngebieten entfernt sind
- Flächen, die < 500 m von Einzelgebäuden entfernt sind
- Wasserschutzgebiete der Zonen I & II
- Auenflächen der Kategorie 1

Als wirtschaftlich interessant für die Entwicklung von Windkraftanlagen gelten in der Regel Standorte mit hohen mittleren Windleistungsdichten. Für die Bewertung der technisch-wirtschaftlichen Potenzialgebiete wurde der Windatlas Baden-Württemberg (LUBW (2020)) herangezogen und bei der Windhöflichkeit ein Grenzwert von mindestens 215 W/m² in 160 m Höhe vorausgesetzt.

Aufgrund dieser Annahmen bietet die Gemeinde Hartheim Platz für bis zu 10 Windenergieanlagen, die ein Nettostromerzeugungspotenzial von ca. 100 GWh/Jahr aufweisen.



Karte 11 Lage der Potenzialflächen für Windenergieanlagen (blaue Flächen) auf der Gemarkung Hartheim (Planentwurf des Regionalverbandes Südlicher Oberrhein, 2024) sowie potenzielle Anlagenstandorte (Das Grüne Emissionshaus)

3.4.3 Photovoltaik

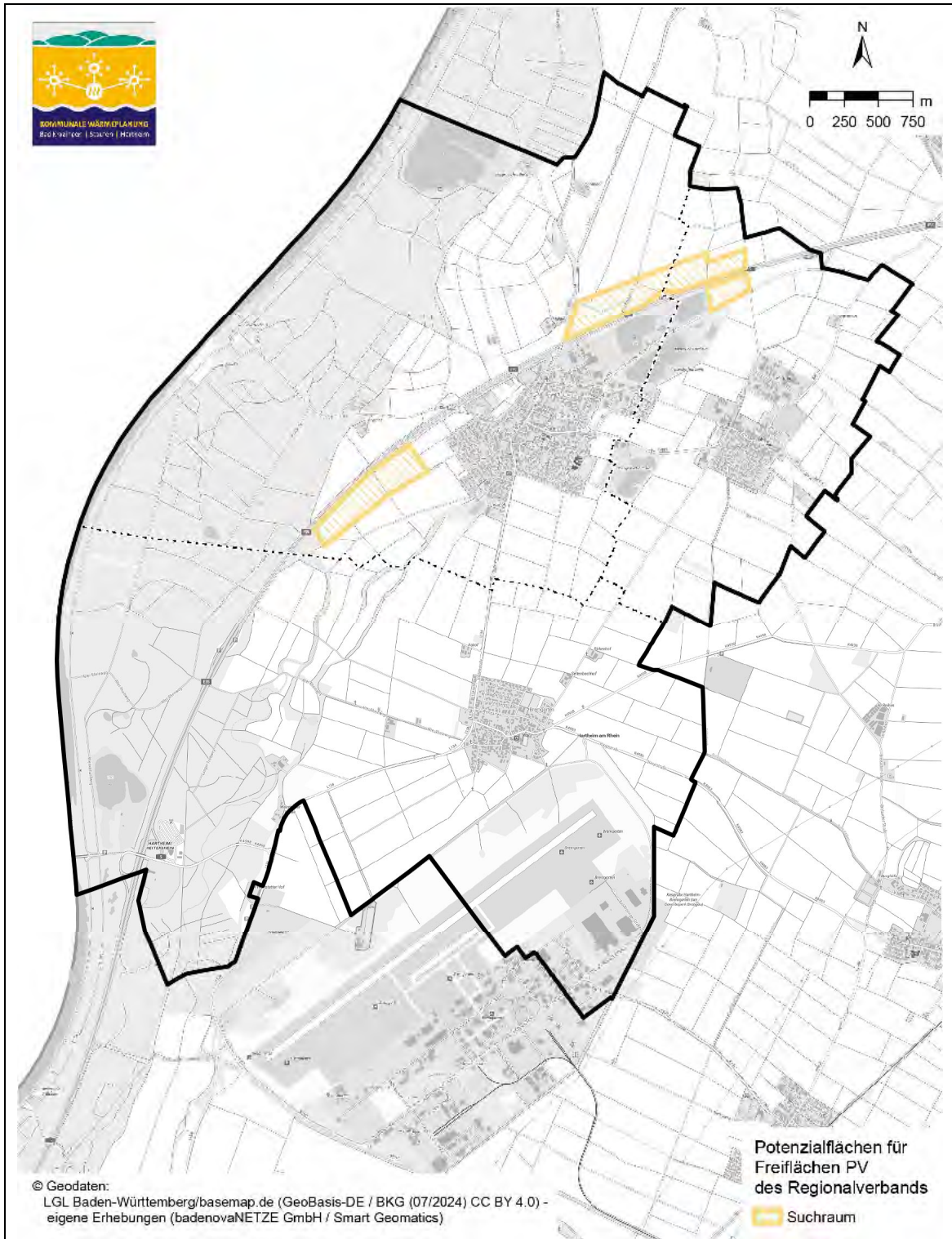
Für die Ermittlung der Potenziale zur Stromerzeugung wurde auf die Offenlage des Regionalverbandes Südlicher Oberrhein (RSVO) zurückgegriffen (vgl. Karte 12). Das darin ausgewiesene Flächenpotenzial beträgt 53 ha. Werden nur 70 % dieser Potenzialfläche veranschlagt, dann lassen

sich dort ca. 37.100 MWh Strom produzieren, sofern sich diese nach der Offenlage bestätigen lassen und Teilflächen nicht auch für die Solarthermie genutzt werden.

Auch die Flächen, die vom RVSO für die Windenergie ausgewiesen sind, können für PV-Freiflächenanlagen in der Nachbarschaft von Windenergieanlagen genutzt werden.

Weitere Potenziale für die Nutzung von Solarenergie bieten Anlagen über Parkplätzen (beim Neubau eines Parkplatzes ab 35 Stellplätzen ist dies in Baden-Württemberg Pflicht), Balkonanlagen und Anlagen über Agrarflächen. Relevante Potenziale konnten im Rahmen der Studie nicht ermittelt werden.

Der Energieatlas Baden-Württemberg enthält außerdem Angaben zum Potenzial für PV-Anlagen auf Baggerseen (LUBW (2020)), die für PV-Nutzung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geeignet sind. Demnach gibt es für die Gemarkung Hartheim ein weiteres PV-Potenzial von 6.050 MWh.



Karte 12 – Potenzialflächen für Freiflächen-PV-Anlagen (Datenquellen: Regionalverband Südlicher Oberrhein)

Das auf dieser Basis berechnete Gesamtpotenzial für Photovoltaik liegt in Hartheim bei ca. 344 % des Stromverbrauchs von 2021. Weitere Potenziale für die Nutzung von Solarenergie bieten Anlagen über Parkplätzen (beim Neubau eines Parkplatzes ab 35 Stellplätzen ist dies in Baden-Württemberg Pflicht), Balkonanlagen und Anlagen über Agrarflächen. Relevante Potenziale konnten im Rahmen der Studie nicht ermittelt werden.

Durch die Ausschöpfung der Potenziale könnten, im Vergleich zum deutschen Strommix des Jahres 2021 und im Verhältnis zum derzeitigen Stromverbrauch in Hartheim, insgesamt 31.076 t CO_{2e}/Jahr (= 39 %) vermieden werden.

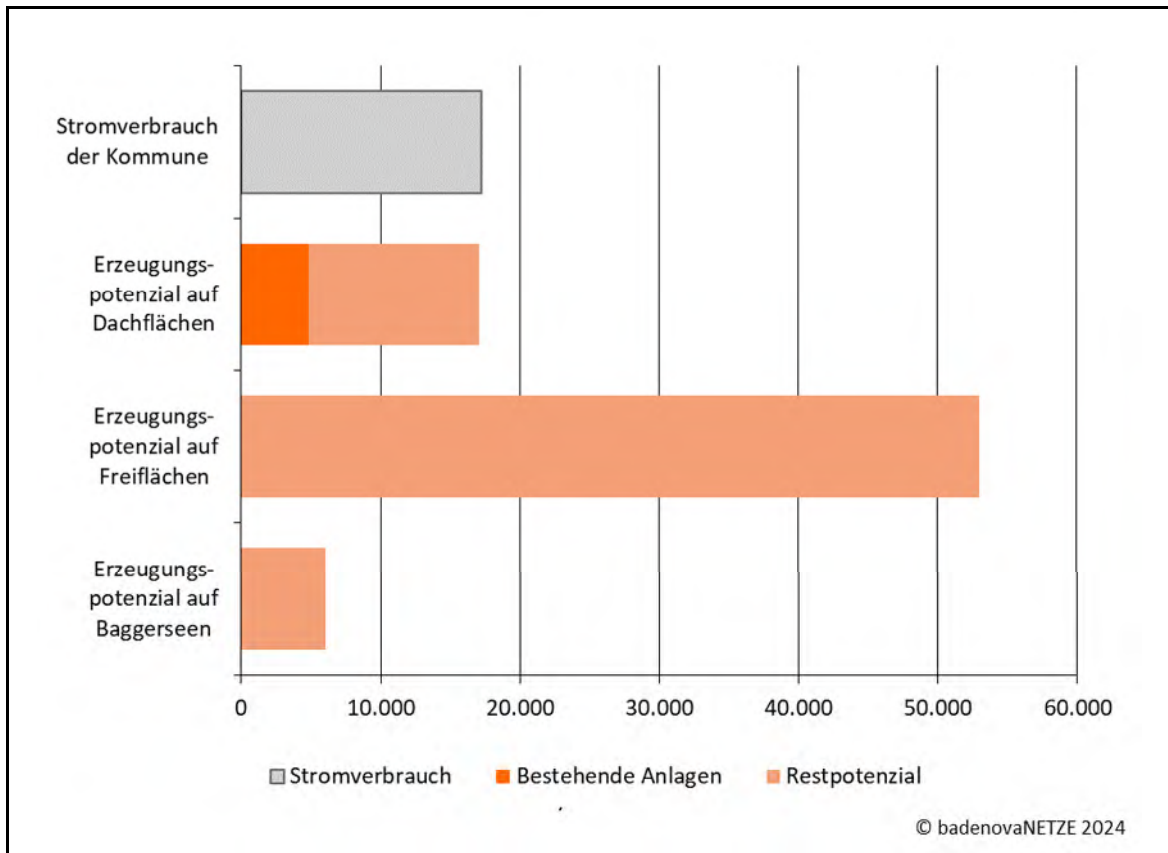


Abbildung 16 – Stromerzeugungspotenziale mit Photovoltaik in Hartheim

3.5 Erneuerbare Gase

Der Power-to-Gas Technologie (PtG) wird eine entscheidende Rolle bei der Energiewende beigemessen. In Zeiten hoher Einspeisemengen von Wind- und Solarenergie bei gleichzeitig niedrigem Bedarf, kann es zu einem Überangebot an Strom kommen. Durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die Abschaltung konventioneller Grundlastkraftwerke (Kern- und Kohlekraftwerke) wird dieses Missverhältnis noch größer werden. PtG-Anlagen machen die überschüssige Energie durch die Umwandlung von elektrischer in chemische Energie speicherbar.

Da grüner Wasserstoff aktuell noch sehr rar ist und auch in naher Zukunft nicht unbegrenzt verfügbar sein wird, gilt es zunächst Wasserstoff in die Bereiche zu bringen, in denen er am sinnvollsten eingesetzt werden kann. Dies betrifft vor allem die energieintensiven industriellen Prozesse, welche auf hohe Energiedichten und hohe Temperaturen angewiesen sind. Auch im Schwerlastverkehr ist Wasserstoff eine sehr gute Alternative. Über Brennstoffzellen lässt sich der getankte Wasserstoff in Strom umwandeln, der für den elektrischen Antrieb sorgt. Brennstoffzellenfahrzeuge weisen im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen eine deutlich kürzere „Tankzeit“ und eine höhere Reichweite auf.

Außerdem ist die Speicherfähigkeit von Wasserstoff von zentraler Bedeutung für den Ausgleich der Stromnetzlast. An sonnigen und windigen Tagen kann Überschussstrom per Elektrolyse in

Wasserstoff umgewandelt und gespeichert werden. Dieser Wasserstoff kann dann wiederum an Tagen, in denen Strommangel herrscht, wieder in Strom umgewandelt und in das Stromnetz eingespeist werden (Abbildung 17). Zudem lässt sich Wasserstoff auch in das bestehende Gasnetz integrieren.

Die Verfügbarkeit von erneuerbaren Gasen könnte vor allem für das verarbeitende Gewerbe in Hartheim von Bedeutung sein. Um diese hohen Temperaturniveaus zu erreichen, bedarf es molekülbasierter Energieträger, da hier der Elektrifizierung technische Grenzen gesetzt sind.

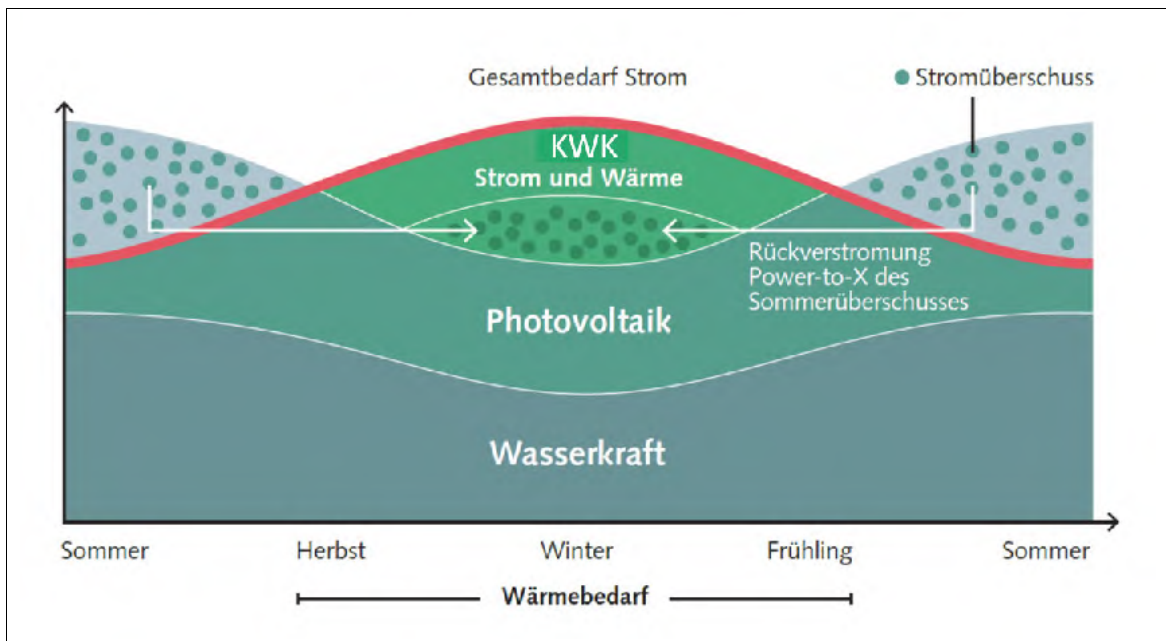


Abbildung 17 – Versorgungssicherheit durch Schließung der Winterlücke (Powerloop, 2020)

3.5.1 Zukünftige Verfügbarkeit von synthetischen Gasen

Wasserstoff und synthetisches Methan sind ebenso vielseitig einsetzbar wie Erdgas. Auch andere Vorteile wie die Speicherbarkeit und die vorhandene Erdgasverteilinfrastruktur können durch den Einsatz dieser Gase genutzt werden. Synthetische-Gase werden jedoch voraussichtlich auch langfristig im Zeithorizont bis 2050 ein knappes Gut bleiben, da auch erneuerbarer Strom nur in begrenzten Mengen zur PtG-Erzeugung zur Verfügung steht bzw. stehen wird. Der Vergleich zwischen der notwendigen Elektrolyseleistung für einen vollständigen Erdgasersatz in Deutschland durch Wasserstoff und die bis 2030 vorgesehenen Elektrolyseleistung, die mit staatlicher Förderung in Deutschland bzw. in der Europäischen Union (EU) aufgebaut werden soll, macht deutlich, dass mittelfristig nicht mit einer deutlichen Dekarbonisierung im Gasbereich durch Wasserstoff zu rechnen ist, auch wenn bis 2030 der Gasabsatz u.a. durch Effizienzmaßnahmen sinkt. Auch die langfristigen Perspektiven sind von hoher Unsicherheit geprägt.

3.5.2 Zukünftige Rolle von erneuerbaren Gasen

Bei der Diskussion um die Rolle von PtG in der zukünftigen Energieversorgung spielen daher Überlegungen zur sinnvollen Zuteilung eines knappen Energieträgers eine zentrale Rolle. Die höchste Priorität liegt in den Bereichen, wo Alternativen nur begrenzt oder nicht verfügbar sind. Demnach wird der Einsatz in der Industrie für die stoffliche Nutzung am höchsten priorisiert, gefolgt vom Einsatz für Hochtemperatur-Anwendungen in der Industrie und den Teilen

des Verkehrssektors, die nicht durch Elektrifizierung dekarbonisiert werden können (Schiffs-, Schwerlast- und Flugverkehr). Für Niedertemperaturanwendungen wie Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten und Gewerbe können Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse eingesetzt werden. Dadurch besteht eine niedrigere Priorität für den Einsatz erneuerbarer Gase, so dass kein flächendeckender Einsatz von erneuerbaren Gasen bis zum Jahr 2040 zu erwarten ist. Zu dieser Einschätzung kommen auch folgende zwei Studien:

- RESCUE-Studie des Umweltbundesamtes (Purr, et al., 2019)
- Langfristszenarien des Bundeswirtschaftsministeriums (Fraunhofer ISI, Consentec GmbH, ifeu, 2017).

Die jeweiligen Prozesse und die damit verbundenen Temperaturanforderungen unterscheiden sich stark von Branche zu Branche. Abbildung 18 zeigt typische Temperaturanforderungen verschiedener Wirtschaftszweige.

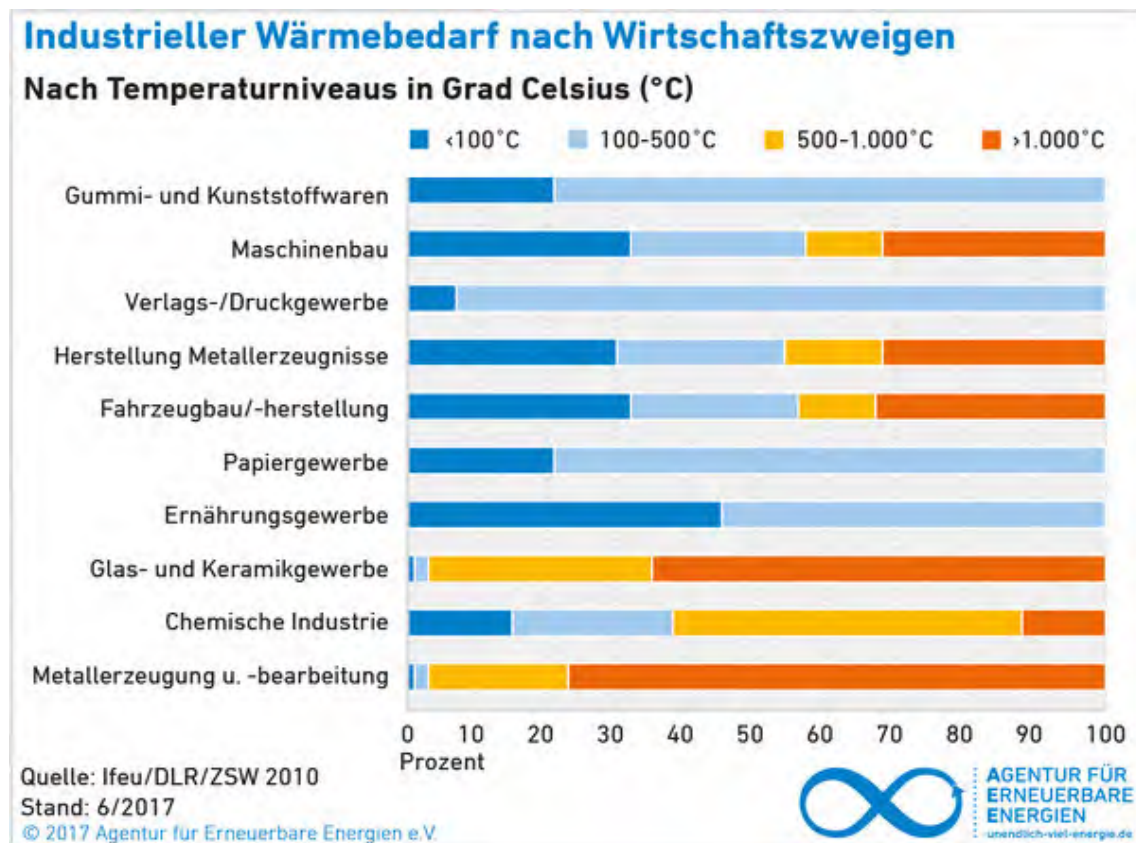


Abbildung 18 – Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien, 2017)

3.6 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenzialanalyse zeigt, die Gemeinde Hartheim verfügt über Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz, zur Energieeinsparung und zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien. In der Tabelle 7 sind die Potenziale der Gemeinde Hartheim zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien übersichtlich zusammengefasst.

Die Potenziale für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen sowie die Potenziale für erneuerbare Wärme sind in Abbildung 19 und Abbildung 20 dargestellt. Es lässt sich daraus ableiten, dass die Potenziale im Strombereich theoretisch um ein Vielfaches ausreichend sind, um den heutigen Strombedarf in Hartheim erneuerbar zu decken.

Auf der anderen Seite sind die in der Grafik zur Wärmeerzeugung dargestellten Potenziale mit 191 % theoretisch ebenfalls ausreichend, um die aktuell benötigte Wärmemenge bereitzustellen. Da allerdings der Anteil Tiefengeothermie zum Großteil für die Wärmeversorgung der Stadt Freiburg reserviert ist, beläuft sich das für die Gemeinde Hartheim nutzbare Potenzial auf ca. 34.000 MWh/Jahr und somit nur ca. 50 % des heutigen Wärmeverbrauchs. Das bedeutet, dass der Wärmebedarf der Gemeinde trotz der theoretischen Potenziale deutlich gesenkt werden muss, um das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung zu gewährleisten. Zum anderen müssen weitere Potenziale herangezogen werden, die in dieser Grafik bisher nicht auftauchen. Ein wesentlicher Schlüssel bei der Umstellung der Wärmeversorgung könnte auch die thermische Nutzung des Grundwassers mittels einer Großwärmepumpe sein. Diese Technologie bietet große Potenziale, da sie größere Mengen an Wärmeenergie bereitstellen kann. Für energieintensive Unternehmen können grüne Gase und Wasserstoff zukünftig eine Alternative zu fossilen Energieträgern darstellen.

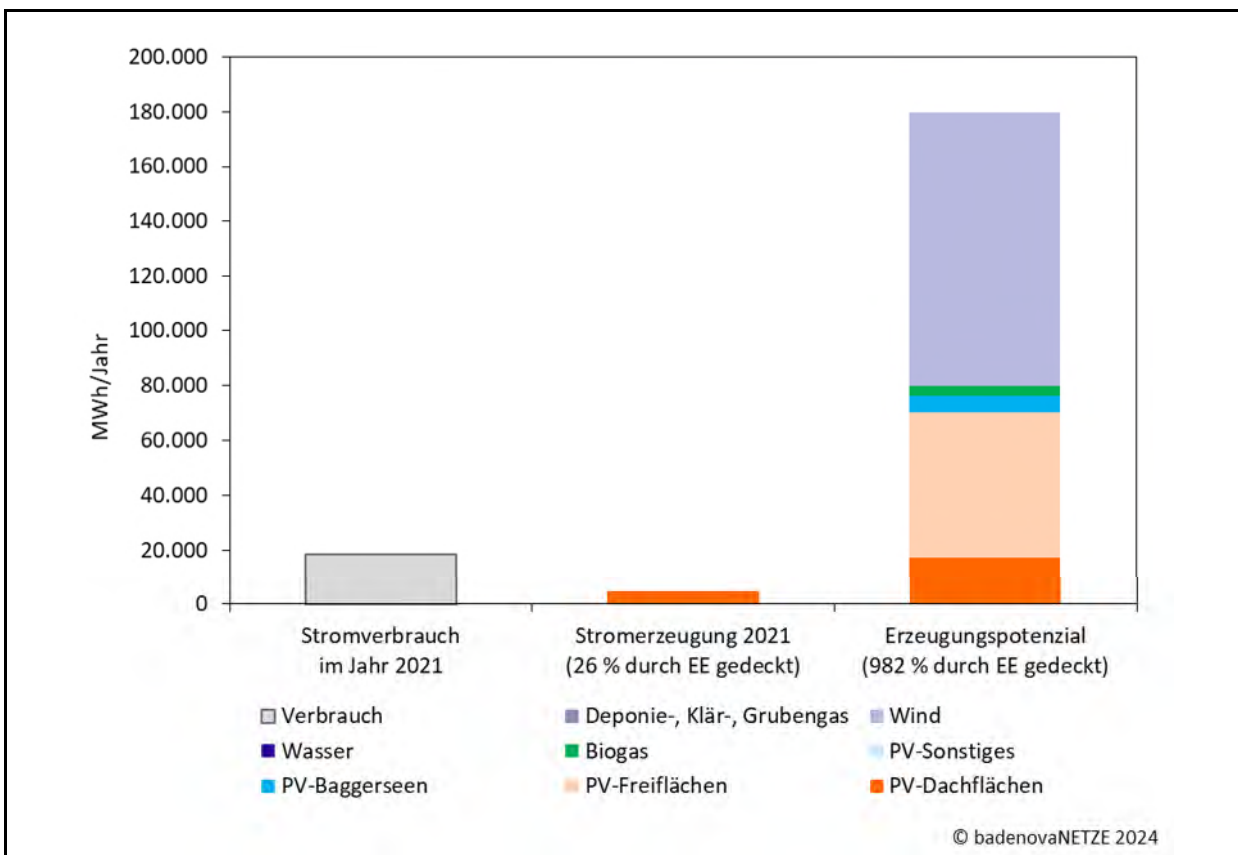


Abbildung 19 – Erneuerbare Strompotenziale in Hartheim

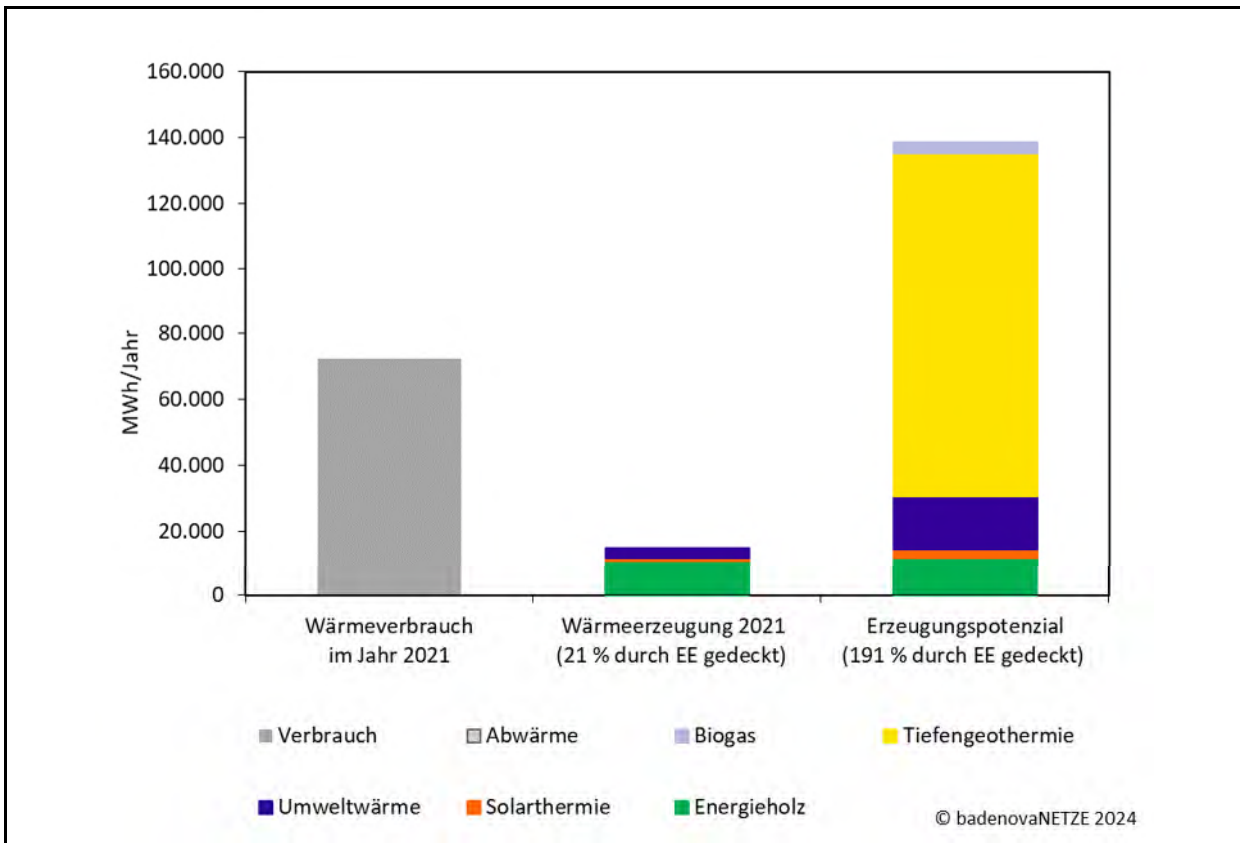


Abbildung 20 – Erneuerbare Wärmepotenziale in Hartheim

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Biomasse	Biogas	Stromerzeugung Zentrale/dezentrale Wärmeversorgung	3.702 MWh/Jahr 3.173 MWh/Jahr
	Energieholz	Zentrale/dezentrale Wärmeversorgung	1.108 MWh/a
Oberflächennahe Erdwärme	Erdwärmesonden	Dezentrale Wärmeversorgung (nicht kumulierbar mit Umweltwärme!)	19.049 MWh heute (26 %) 18.117 MWh ab 2030 (25 % der Gesamtwärme) 16.675 MWh ab 2040 (23 % der Gesamtwärme)
	Grundwasserbrunnen	Zentrale/dezentrale Wärmeversorgung	167 kW Entzugsleistung je Brunnen. Bis zu 2,3 MW Wärmeleistung bei COP 3,5 in Bestandsgebäuden
Tiefengeothermie	Hydrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung	104.663 MWh/a (allerdings zum Großteil für die Stadt Freiburg reserviert)
	Petrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung bei gleichzeitiger Stromerzeugung	k.A.
Solarthermie	Solarthermie auf Dachflächen	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	1.543 MWh/Jahr
	Solarthermie auf Freiflächen	Zentrale Wärmeversorgung	In Konkurrenz zur Stromerzeugung; keine Wärmesenke/lokales Wärmenetz verfügbar
Umweltwärme	Luft	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung (nicht kumulierbar mit Erdwärme-WP)	11.010 MWh heute (15 % der Gesamtwärme) 17.378 MWh ab 2030 (24% der Gesamtwärme) 15.342 MWh ab 2040 (21% der Gesamtwärme)
Abwärme	Gewerbe	Zentrale Wärmeversorgung	Kein Potenzial technisch-wirtschaftlich nutzbar
	Abwasser	Zentrale Wärmeversorgung	Kein Potenzial technisch-wirtschaftlich nutzbar
Windkraft	Wind	Stromerzeugung	Ca. 100.000 MWh/Jahr

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Wasserkraft	Fließgewässer	Stromerzeugung	Kein Potenzial
Photovoltaik	Dachflächen	Stromerzeugung	12.224 MWh/Jahr
	Freiflächen	Stromerzeugung	53.000 MWh/Jahr
	Parkplatzflächen	Stromerzeugung	Kein Potenzial vorhanden
	Baggerseen	Stromerzeugung	6.050 MWh/Jahr

Tabelle 7 – Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Hartheim

Im nächsten Kapitel wird das Zielbild zur Klimaneutralen Wärmeversorgung der Gemeinde Hartheim beschrieben. Dabei wird auf den hier beschriebenen Potenzialen aufgebaut und es werden auch Wechselwirkungen und Abhängigkeiten der verschiedenen Potenziale auf einer Zeitschiene bis zum Jahr 2040 betrachtet.

4. Zielszenario Klimaneutraler Gebäudebestand 2040

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse (Energie- und THG-Bilanz) und der ermittelten Potenziale wird im folgenden Kapitel ein Zielszenario zur perspektivischen Entwicklung des Wärmeverbrauchs und der daraus entstehenden THG-Emissionen auf der Gemarkung der Gemeinde Hartheim bis zum Jahr 2040 beschrieben. Dabei gilt das Ziel des Landes Baden-Württemberg, bis zum Jahr 2040 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Das Zielszenario stellt jene Entwicklung dar, die notwendig ist, um bis zum Jahr 2040 weitgehende Treibhausgasneutralität zu erreichen. Es fließen die klimapolitischen Zielsetzungen des Landes und der Gemeinde Hartheim ein, mit welchen dieser Status erreicht werden soll. Es wird angenommen, dass die lokalen Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz, zur Energieeinsparung und zum Einsatz von erneuerbaren Energien, bestmöglich bis zum Jahr 2040 ausgeschöpft werden. In dem Zielszenario wird außerdem das Ziel der Gemeinde Hartheim von einer klimaneutralen Verwaltung bis zum Jahr 2035, erreicht. Somit stellt das Zielszenario keine Prognose der zukünftigen Entwicklung dar, sondern zeigt den Pfad auf, der in der Gemeinde Hartheim notwendig ist, um die klimapolitischen Ziele zu erreichen.

In den folgenden Abschnitten werden allgemeine methodische Hinweise zur Berechnung des Zielbilds beschrieben. Anschließend wird das Zielszenario beschrieben. Dabei werden zunächst die zugrundeliegenden Annahmen skizziert und die Ergebnisse dargestellt.

Dabei werden zunächst die Entwicklungen des Wärmebedarfs und der dazu eingesetzten Energieträger betrachtet, gefolgt von der daraus berechneten THG-Bilanz bis zum Jahr 2040. Wichtiger Bestandteil des Zielszenarios ist auch die räumliche Beschreibung der zukünftigen Wärmenetzaufbaustruktur der Gemeinde Hartheim. Hierzu wurde das Gemeindegebiet in Eignungsgebiete für die zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung eingeteilt. Zudem wird die bevorstehende Transformation des bestehenden Erdgasnetzes erläutert. Zum Schluss wird noch das Thema THG-Kompensation erläutert, da selbst bei größter Anstrengung, die Deckung des Wärmebedarfs der Gebäude in Hartheim auch im Jahr 2040 Restemissionen verursachen wird.

4.1 Berechnungsgrundlagen des Zielszenarios

Das Zielszenario baut auf die Energie- und THG-Bilanz aus der Bestandsanalyse auf. Deshalb liegt auch hier der Fokus auf den energiebedingten Treibhausgasemissionen. Die Ergebnisse des Zielbilds sind ebenfalls in die Sektoren private Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistung, verarbeitendes Gewerbe und kommunale Liegenschaften aufgeteilt. Außerdem werden der Energieverbrauch und die THG-Emissionen nach den eingesetzten Energieträgern ausgewiesen. Das Basisjahr ist das Jahr 2017 und das Zieljahr ist analog zum Ziel in Baden-Württemberg das Jahr 2040 (mit Zwischenziel 2030).

Höchste Priorität bei der Erstellung des Zielbilds hatte die Einbindung und Verwendung lokaler Daten aus Hartheim. Außerdem wurden die Bedarfsentwicklungen aus den angewendeten Studien an eine Prognose der Gemeinde zur Bevölkerungsentwicklung angepasst. Bei der Entwicklung und der Deckung des Wärmebedarfs nach Energieträger wurden die Ergebnisse der Potenzialanalyse eingesetzt. Zudem wurden die bisher vorhandenen Planungen zum Bau bzw. Erweiterung von Wärmenetzen in der Gemeinde Hartheim in die Szenarienberechnung eingebunden. Die lokalen Daten wurden durch Werte aus der Studie *Baden-Württemberg Klimaneutral 2040* (Nitsch & Magosch, 2021) ergänzt. Diese Studie wurde ausgewählt, da sie

- eine weitreichende und zugängliche Datenbasis enthält
- sämtliche Energieträger betrachtet
- das Ziel der Klimaneutralität für 2040 aufweist
- spezifisch auf das Land Baden-Württemberg ausgerichtet ist und
- eine hohe Aktualität aufweist

4.1.1 Definition der Klimaneutralität

Das Europäische Parlament gibt folgende Definition der Klimaneutralität:

- „Klimaneutralität bedeutet, ein Gleichgewicht zwischen Kohlenstoffemissionen und der Aufnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in Kohlenstoffsenken herzustellen. Um Netto-Null-Emissionen zu erreichen, müssen alle Treibhausgasemissionen weltweit durch Kohlenstoffbindung ausgeglichen werden.“ (Europäisches Parlament, 2022)

Bei der Entwicklung des Zielbilds wird davon ausgegangen, dass die Reduktion der THG-Emissionen zur Erreichung der Klimaneutralität oberste Priorität hat. Da eine Reduktion auf null sehr unwahrscheinlich ist (auch bis 2040 haben die erneuerbaren Energieträger einen geringen THG-Emissionsfaktor), müssten für eine Klimaneutralität Rest-Emissionen kompensiert werden. Konkret heißt das, dass sie an einer anderen Stelle einer Kohlenstoffsenke zugeführt werden müssten.

4.1.2 Berechnungsgrundlagen zur Entwicklung des Wärmebedarfs

Folgende Annahmen wurden bei der Szenarienentwicklung für die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Hartheim getroffen:

- Der Wärmebedarf der Bestandsgebäude sinkt durch die energetische Sanierung der Gebäudehüllen. Der zukünftige Wärmebedarf der Wohngebäude im Bestand wurde anhand der in der Potenzialanalyse ermittelten Sanierungspotenziale für Wohngebäude berechnet. Dabei wurde eine jährliche Sanierungsrate von 2 % angesetzt. Konkret heißt das, dass jährlich 2 % der möglichen Einsparungen durch Sanierungsmaßnahmen erreicht werden.
- Die Gemeinde Hartheim wächst und damit wird in Zukunft die beheizte Gebäudefläche in der Gemeinde ebenfalls wachsen. Anhand einer Prognose für die Gemeinde Hartheim zur Bevölkerungsentwicklung und konkreten Neubauprojekten wurde dieses Wachstum berücksichtigt. Da die energetischen Anforderungen für Neubauten bereits recht hoch sind, machen diese Neubauten, im Vergleich zum Bestand, einen geringen Anteil des zukünftigen Wärmebedarfs aus.
- Der Wärmebedarf für die Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Industrie sinkt in Zukunft aufgrund energetischer Sanierung der Gebäude und durch Effizienzmaßnahmen. Letztere reduzieren den Energieeinsatz für die Prozesswärme wird (Nitsch & Magosch, 2021).

4.1.3 Berechnungsgrundlagen zur Deckung des Wärmebedarfs

- Im Zielszenario werden im Jahr 2040 keine fossilen Brennstoffe mehr verwendet. Dies entspricht einem möglichst klimaneutralen Zustand und ist auch eine der Grundannahmen in der Studie *Baden-Württemberg Klimaneutral 2040* (Nitsch & Magosch, 2021).
- Der Einsatz von Energieholz und Solarthermie steigt um 150 % bzw. um 200 %, da sich sonst die durch fossile Energieträger bereitgestellten Energiemengen nicht decken lassen.

- Wasserstoff wird bis zum Jahr 2040 v.a. im Sektor verarbeitendes Gewerbe zur Deckung des Prozesswärmebedarfs eingesetzt und Öl und Gas ersetzen. Inklusive angenommener Reduktion des Verbrauchs im Sektor Wirtschaft (s.o.) wird der benötigte Wasserstoffbedarf im Wärmebereich auf ca. 12.387 MWh/Jahr geschätzt. Dieser muss entweder vor Ort mit Überschuss-Strom hergestellt oder von außerhalb importiert werden.
- In den Eignungsgebieten für dezentrale Wärmeversorgung werden Wärmepumpen (Luft-Luft und Luft-Wasser) in Zukunft einen Großteil des Wärmebedarfs decken. Im Jahr 2040 werden in Hartheim ca. 26.212 MWh Umweltwärme benötigt, wovon ca. 18.556 MWh/a primär in Wohngebäuden zum Einsatz kommt und dezentrale, fossile Energieerzeuger ersetzt werden. Auf Grundlage des Wärmepumpenkatasters ist dieses Potenzial für die Wohngebäude gegeben.
- Gebiete mit Eignung für zentrale Wärmeversorgung werden zukünftig über Fernwärme versorgt. Für das Eignungsgebiet wurde ein zukünftiger Anschlussgrad von 70 % angenommen.

4.1.4 Berechnung der Treibhausgasemissionen

Analog zur THG-Bilanz der Bestandsanalyse werden die zukünftigen THG-Emissionen in den Szenarien anhand der Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger berechnet. Die hier angewendeten Emissionsfaktoren stammen aus dem Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg der KEA-BW (Peters, et al., 2022). Diese stehen für die Strom- und Wärmeerzeugung zur Verfügung. Ursprünglich angedacht für das Zieljahr 2050, sollen nun nach Angaben der KEA-BW die angegebenen Werte für das Jahr 2050 bereits im Jahr 2040 erreicht werden. Demnach wurden die Emissionsfaktoren für das Jahr 2050 bei dem Szenario auf das Jahr 2040 übertragen. Die Werte für das Zwischenjahr 2030 wurde linear interpoliert. Werte für Energieträger, die nicht im Technikkatalog enthalten waren, wurden anhand weiterer Quellen ergänzt. Die für das Zielszenario der Gemeinde Hartheim verwendeten Emissionsfaktoren sind in Abschnitt 7.6 dargestellt.

4.2 Zukünftiger Wärmebedarf 2030 und 2040

Im Rahmen der Wärmewende lassen sich Emissionen effektivsten durch eine Senkung des Energiebedarfs reduzieren. Dies gelingt zunächst durch Wärmeenergieeinsparung und die Erhöhung der Energieeffizienz. Bei den Gebäuden liegen die größten Potenziale bei der energetischen Sanierung der Gebäudehülle. Im ersten Schritt zur Entwicklung des Zielszenarios wurde deshalb der Wärmebedarf der Gemeinde Hartheim bis zum Jahr 2040 unter folgende Annahmen berechnet:

Durch umfangreiche Effizienz- und Einsparmaßnahmen im Gebäudebestand und im Wirtschaftssektor sinkt der Wärmebedarf im Zielszenario bis zum Jahr 2040 um 17 % gegenüber dem Jahr 2021. Der Wärmebedarf der Bestandsgebäude sinkt durch die energetische Gebäudesanierung, erhöht sich aber durch den Zubau neuer Gebäude, so dass bis 2040 eine Einsparung von ebenfalls ca. 15 % erwartet wird. Beim Sektor verarbeitendes Gewerbe sinkt der Wärmebedarf für Prozesswärme bis zum Jahr 2040 um 0 %. Bei den kommunalen Liegenschaften wird der Wärmebedarf bereits bis zum Jahr 2035 um 29 % und bis 2040 um 40 % gesenkt.

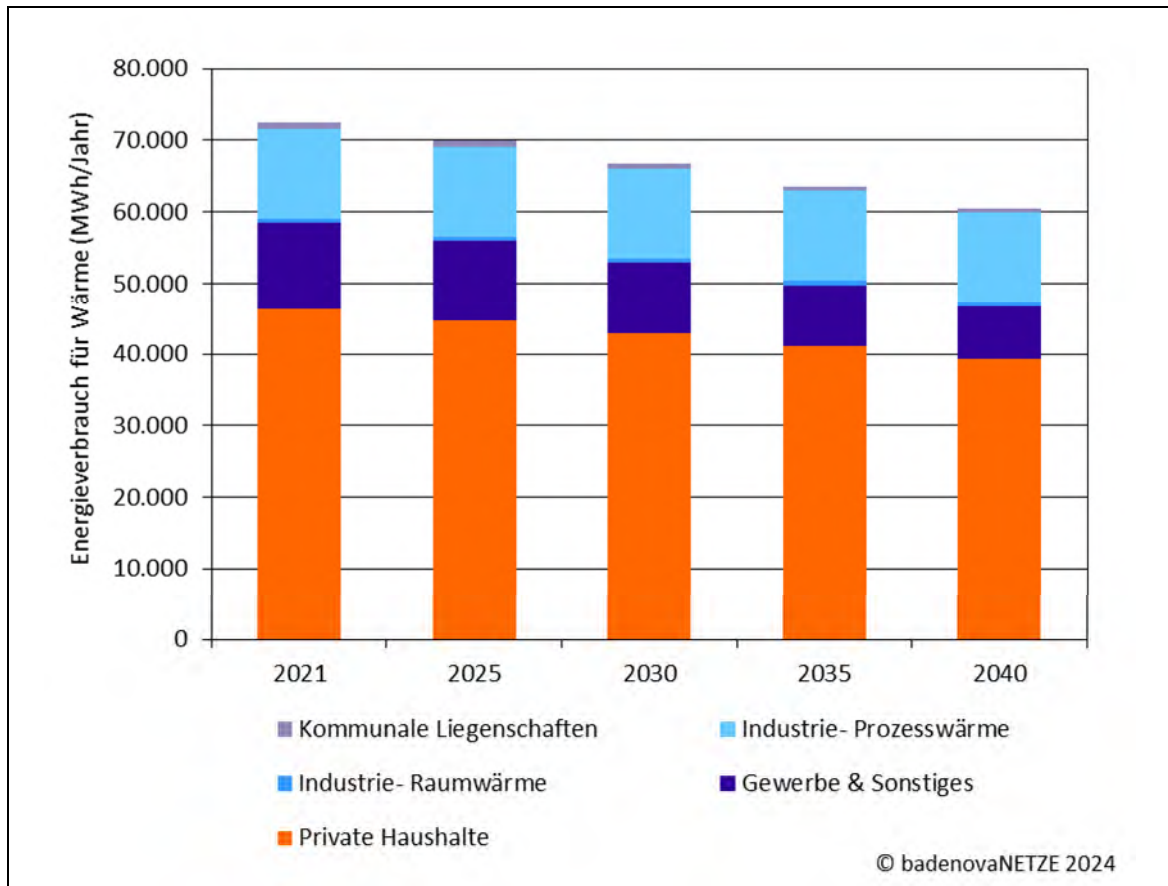


Abbildung 21 – Entwicklung des Wärmeverbrauchs nach Sektoren im Zielszenario

4.3 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern

Nach der Darstellung des zukünftigen Wärmeverbrauchs aller Sektoren wurden die zur Deckung benötigten Energiemengen nach Energieträgern ermittelt. Wesentliche Grundlage waren hierbei die lokalen Potenziale zur erneuerbaren Wärmeerzeugung. Um auch die räumliche Verteilung dieser Potenziale zu berücksichtigen, wurden die Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung für die Aufteilung der Wärmemengen auf die Energieträger herangezogen (siehe Kapitel 4.4.). Auch die hier angenommenen Ausbauszenarien der Fernwärmeversorgung, sowie Konzepte des Netzbetreibers zum Ausbau der Fernwärme wurden berücksichtigt.

Demnach werden im Zielszenario die fossilen Energieträger Erdgas, Heizöl und Kohle im Jahr 2040 nicht mehr eingesetzt und vollständig durch erneuerbare Energieträger ersetzt (vgl. Abbildung 22). Bei der dezentralen Wärmeversorgung sind dies vorrangig Wärmepumpen, während die zentrale Wärmeversorgung aus verschiedenen Energiequellen gedeckt wird (vgl. Abbildung 23). Bis 2040 steigt der Anteil der Wärme, der mittels einer zentralen Wärmeversorgung bereitgestellt wird, auf 4,4 %. Abbildung 24 zeigt die Entwicklung des Wärmeverbrauchs nochmals nach Energieträger.

Abbildung 22 fasst die Energieträger für einen besseren Überblick zusammen und zeigt die Entwicklung des Wärmeverbrauchs im Zielszenario nach Erzeugungsart. Hierbei wird zwischen fossiler und erneuerbarer Wärmeversorgung mit Einzelheizungen (dezentrale Wärmeversorgung) sowie der Wärmeversorgung aus Wärmenetzen (zentrale Wärmeversorgung) unterschieden.

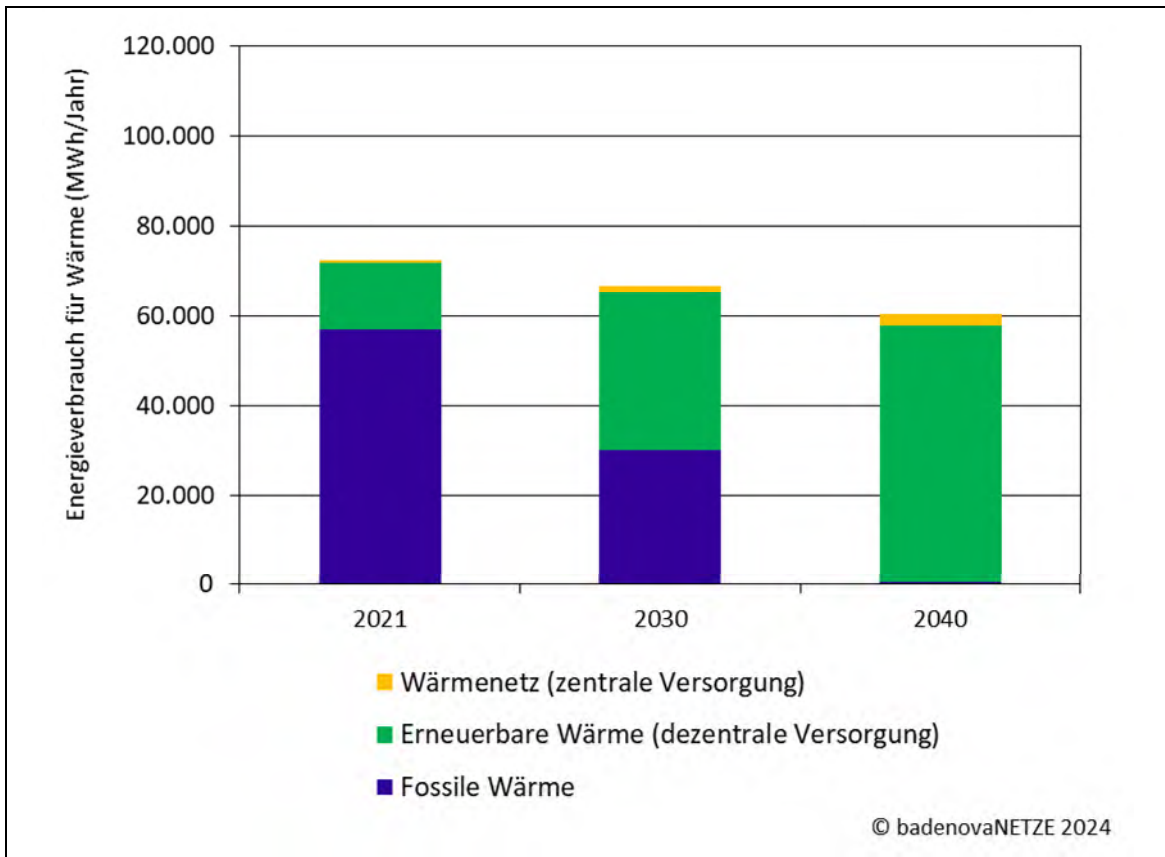


Abbildung 22 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Erzeugungsart

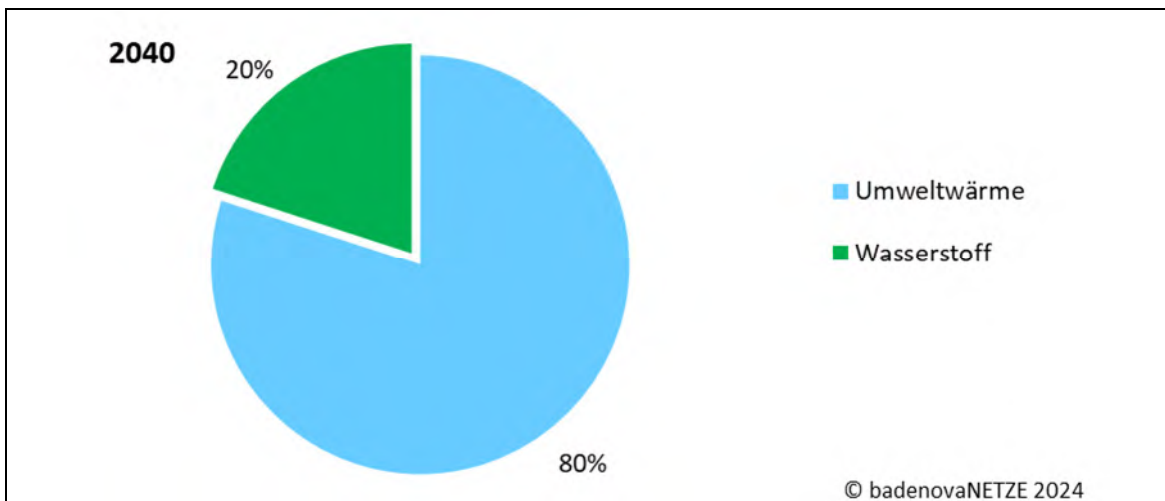


Abbildung 23 – Möglicher Energieträgermix der zentralen Wärmeversorgung im Jahr 2040

Abbildung 24 zeigt die Entwicklung des zentralen Wärmeverbrauchs der Gemeinde nach Energieträger. Neben der Senkung des Wärmeverbrauchs wird deutlich, dass die Wärmeversorgung in Zukunft dekarbonisiert wird. Hierzu werden unterschiedliche lokale erneuerbare Energieträger eingesetzt, während die Anteile der fossilen Energieträger, z.B. Erdgas und Heizöl, im Verlauf sinken.

Im Jahr 2040 liegt laut des Zielszenarios der gesamte Fernwärmeverbrauch bei ca. 2.975 MWh/Jahr. Der Einsatz von Energieholz wird in Privathaushalten bis zum Zieljahr leicht steigen.

Im Jahr 2040 werden in Hartheim ca. 26.212 MWh Umweltwärme benötigt, die einerseits in Wohngebäuden zum Einsatz kommt und dezentrale, fossile Energieerzeuger ersetzen wird. Andererseits stellt Umweltwärme auch eine Grundsäule im Energieträgermix der zentralen Wärmeversorgung. Auf Grundlage des Wärmepumpenkatasters ist dieses Potenzial bis 2040 gegeben. Außerdem wird der benötigte Wasserstoffbedarf im Wärmebereich auf ca. 12.387 MWh/Jahr geschätzt. Dieser muss entweder von außerhalb importiert oder vor Ort mit Überschussstrom hergestellt werden.

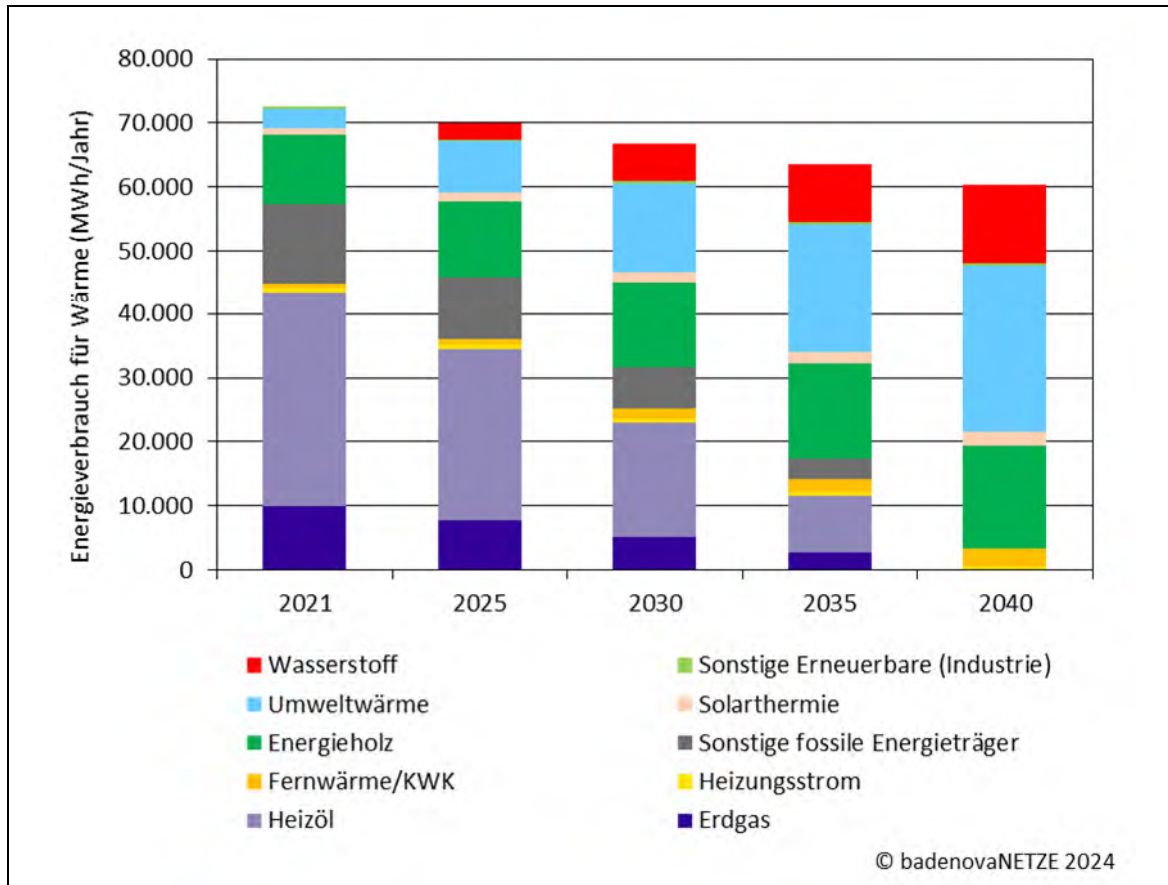


Abbildung 24 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Energieträger

4.3.1 Entwicklung der Wärmebedingten THG-Emissionen im Zielszenario

Anhand der Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger wurden die THG-Emissionen für die Wärmeerzeugung im Zielbild ermittelt. Demnach verursacht die Wärmeversorgung der Gemeinde Hartheim im Jahr 2040 THG-Emissionen von insgesamt 1.436 t CO_{2e} (Wärmebedingte THG-Emissionen im Jahr 2021: 19.602 t CO_{2e}). Das bedeutet, dass im Vergleich zum Jahr 2021 die Emissionen in der Gemeinde Hartheim um insgesamt 93 % sinken müssen bzw. um jährlich knapp 956 t CO_{2e} gesenkt werden müssen, um das Ziel bis zum Jahr 2040 zu erreichen. Dies kann nur im erheblichen Maße durch den Zubau von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung erreicht werden.

Die Abbildung 25 stellt die szenarische Entwicklung der Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern bis 2040 dar.

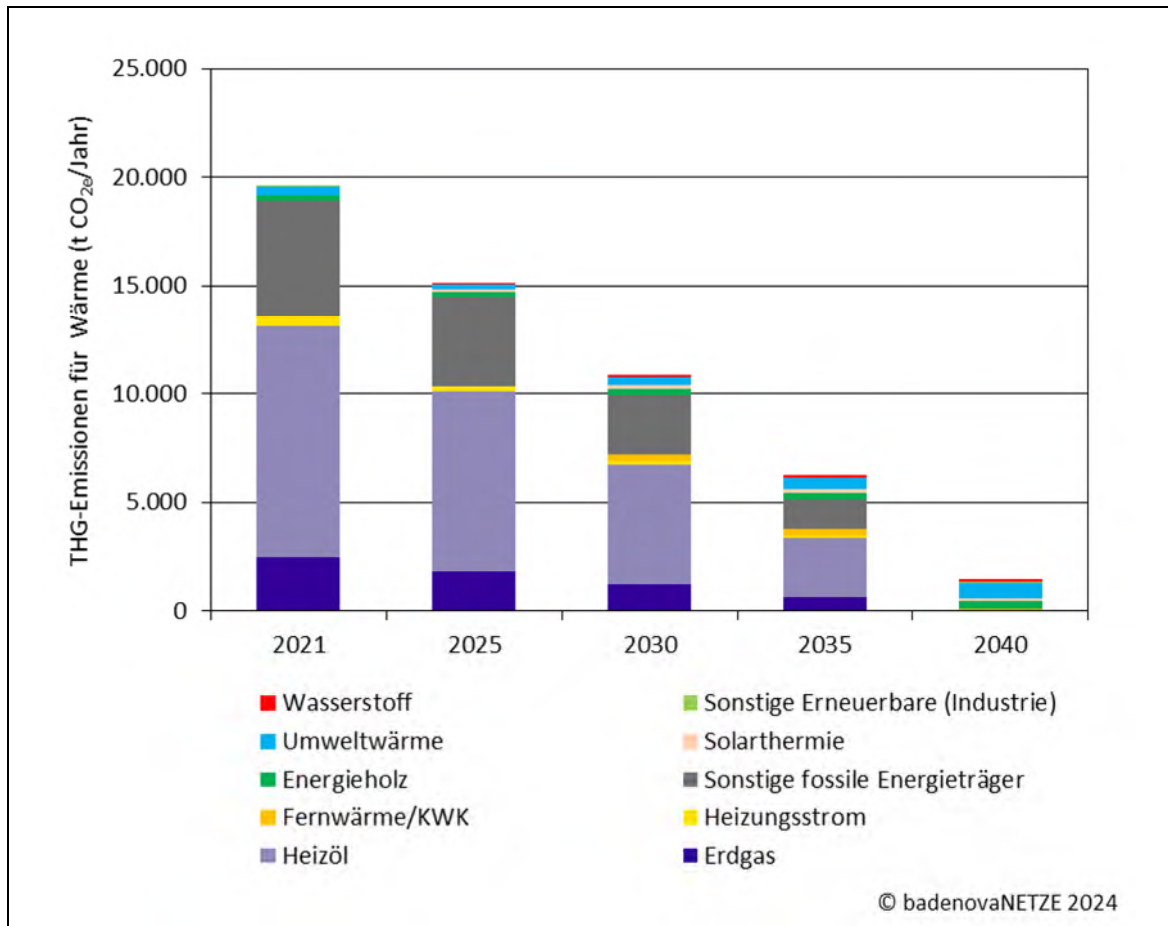


Abbildung 25 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen bis zum Jahr 2040

4.3.2 Strombedarfsdeckung zur Wärmeerzeugung im Zielszenario

Das Zielszenario zeigt, dass der Strombedarf für die Wärmeerzeugung durch den zukünftigen Einsatz von Wärmepumpen steigen wird, von 821 MWh im Jahr 2021 auf rund 7.727 MWh im Jahr 2040. Zugleich wird der Nachtspeicherstrombedarf der Bestandsgebäude bis 2040 im Szenario bei 569 MWh/a konstant bleiben, so dass der Gesamtanstieg des Wärmestromverbrauchs nur deutlich steigen wird. Um den zusätzlichen Strombedarf im Jahr 2040 von zusammen 27.759 MWh/a bilanziell zu decken, muss das Stromerzeugungspotenzial zu 39 % ausgeschöpft werden.

Unter Einbeziehung der Potenziale der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung kann folgendes Stromverbrauchsszenario für die Jahre 2021 – 2030 – 2040 dargestellt werden.

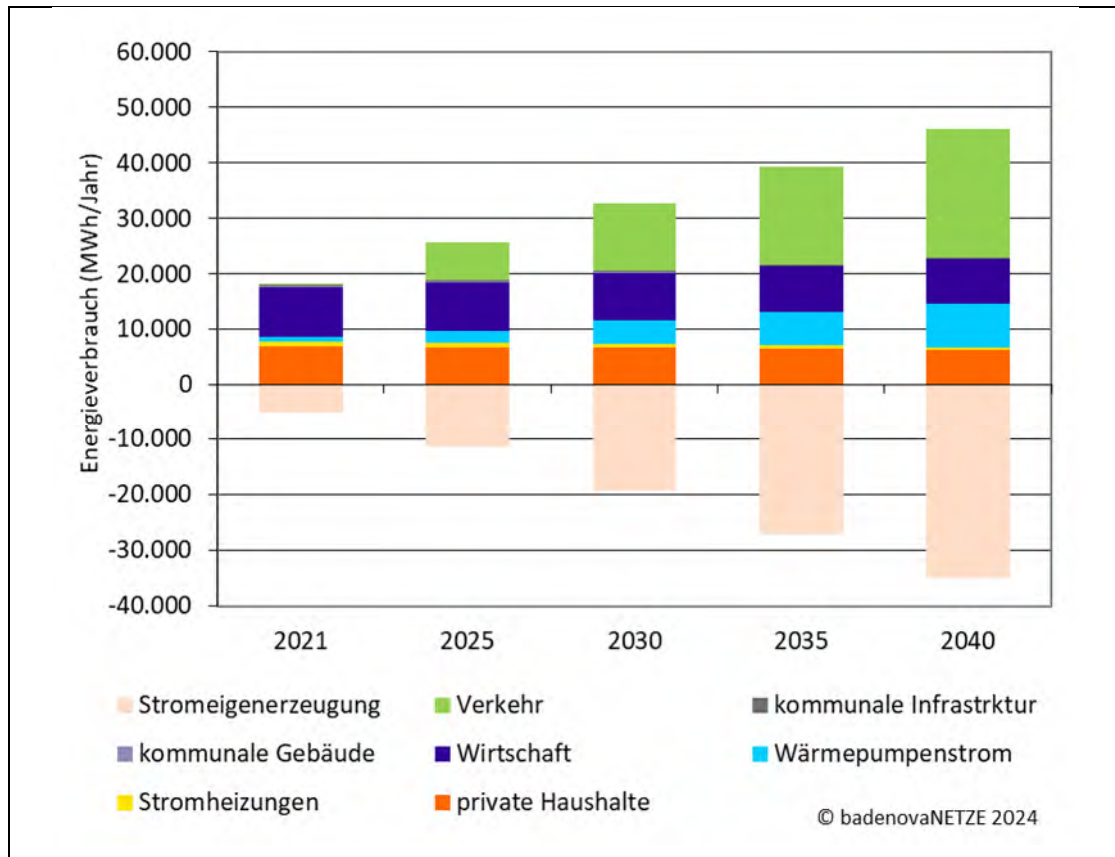


Abbildung 26 – Stromverbrauchsszenario unter Berücksichtigung des Eigenerzeugungspotenzials

In der Summe steigt der Strombedarf bis 2040 von 18,3 GWh/Jahr auf mindestens 46,1 GWh/Jahr an. Treiber dieser Entwicklung sind die Elektromobilität und die Elektrowärme, inklusive der Wärmepumpen. Der Stromverbrauch für die Wirtschaft und für den Haushaltsbedarf sinkt in diesem Szenario über die Jahre um ca. 10 %.

Für die Eigenstromerzeugung wurde das bis 2040 hochgerechnete Stromerzeugungspotenzial genutzt, bei einer linearen Zunahme der Dachflächen-PV-Potenziale gegenüber den vergangenen 10 Jahren und der Ausschöpfung aller anderen Strompotenziale in Tabelle 7. Im Ergebnis zeigen diese Schätzungen, dass bis 2040 unter den hier dargelegten Annahmen der Strombedarf mindestens zu 76 % durch die Eigenstromerzeugung gedeckt werden kann.

4.4 Zukünftige Versorgungsstruktur 2030 und 2040

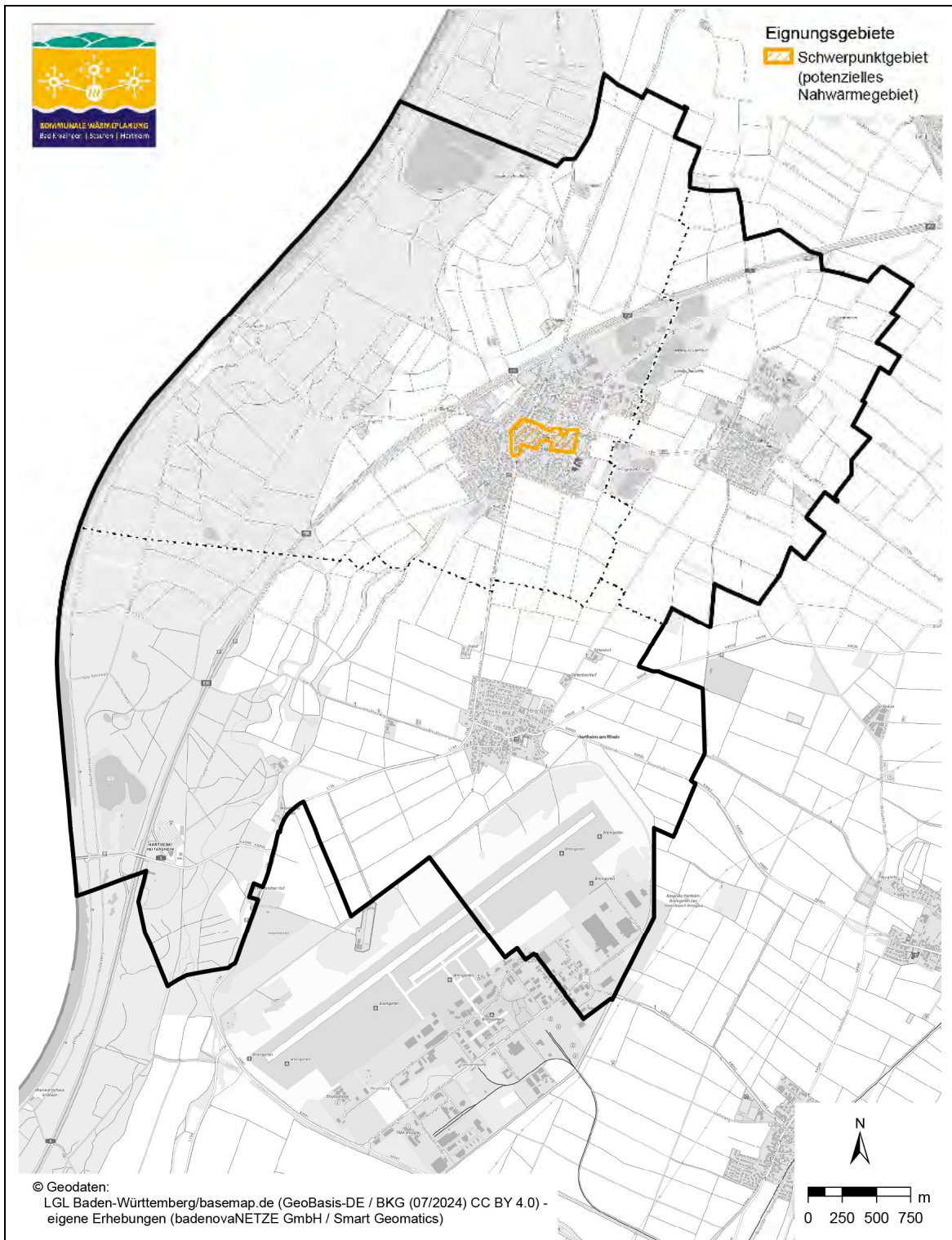
Für eine zielgerichtete Beschreibung der zukünftigen Versorgungsstruktur für die Jahre 2030 und 2040 wurde die gesamte Gemeinde Hartheim in Eignungsgebiete zur zentralen bzw. dezentralen Versorgung aufgeteilt. Eignungsgebiete für zentrale Wärmeversorgung sind als Gebiete mit Fokus auf eine wirtschaftliche, ökologische und effiziente Wärmeversorgung sowie einer guten Eignung für Wärmenetze zu interpretieren. Für die Einteilung der zentralen Eignungsgebiete wurden verschiedene Kriterien herangezogen:

- Hohe Wärmedichte auf Straßenzugsebene
- Passender Sanierungszyklus der Heizanlagen
- Passende Energieträgerverteilung (z.B. wenige Wärmepumpen)
- Lokale Abwärmepotenziale
- Lokale Potenziale erneuerbarer Energien

- Großverbraucher als Ankerkunden
- Siedlungs- und Besitzstrukturen (z.B. viele öffentliche Gebäude)
- Potenzielle Heizzentralenstandorte

Bei der Eignungsgebietsfestlegung wurden alle Gebiete, die sich außerhalb des zentralen Eignungsgebietes befanden, den Gebieten für eine zukünftig dezentrale Versorgung zugewiesen. Die Eignungsgebiete wurden bei einem Workshop mit der Gemeindeverwaltung und bei einer öffentlichen Veranstaltung mit Bürgern und Bürgerinnen vorgestellt und diskutiert.

Die Eignungsgebiete für eine zentrale und dezentrale Wärmeversorgung sind in Karte 13 dargestellt. Im Anhang sind zudem Steckbriefe der Ortsteile zu finden, in denen der energetische Ist-Zustand beschrieben wird und die Umsetzungspotenziale in den dezentralen und zentralen Eignungsgebieten erläutert werden.



Karte 13 – Übersicht des farblich markierten zentralen Fernwärme-Eignungsgebietes

4.4.1 Energiespeicher

Die Entwicklung des zukünftigen Energieverbrauchs wird im Zielszenario bilanziell über den Zeitraum von einem Jahr berechnet und dargestellt. Saisonale und tagesbedingte Schwankungen, wie beispielsweise der erhöhte Wärmebedarf im Winter und der daraus resultierende höherer Strombedarf durch Wärmepumpe oder die höheren Stromerträge, welche PV-Anlagen im

Sommer erzeugen, werden zunächst nicht berücksichtigt. Allerdings stellen solche Schwankungen des Verbrauchs und der Verfügbarkeit durchaus große Hürden für das Gelingen der Wärmewende dar. Diese Hürden müssen bei der zukünftigen Umsetzung von Maßnahmen in Hartheim durchaus berücksichtigt werden. In den folgenden Abschnitten werden deshalb solche Speicher, die in Hartheim zur Umsetzung der Wärmewende und zum Erreichen des Zielbilds eingesetzt werden könnten, erläutert und deren Einsatzbereiche geschildert. Welche Technologie bei einer Maßnahme eingesetzt wird, muss anhand wirtschaftlicher und technischer Kriterien im Einzelfall bewertet werden. In der Abbildung 27 werden verschiedene Speichertechnologien nach ihrer Speicherkapazität und der Dauer der Speicherung dargestellt. Zusätzlich sind oben Beispiele für die entsprechenden Kapazitäten genannt. Bei hohen Kapazitäten (sprich großen Energiemengen), wie Sie zum Beispiel eine Großstadt benötigt, müssten erneuerbare Gase (rot: Power-to-Gas) zum Einsatz kommen. Die zukünftige Rolle dieser Gase wird in Abschnitt 4.5 erläutert. Für die Wärmewende in Hartheim werden vor allem kleine bis große Wärmespeicher (orange), so wie auf Grund der Sektorenkopplung, Stromspeicher entscheidend sein.

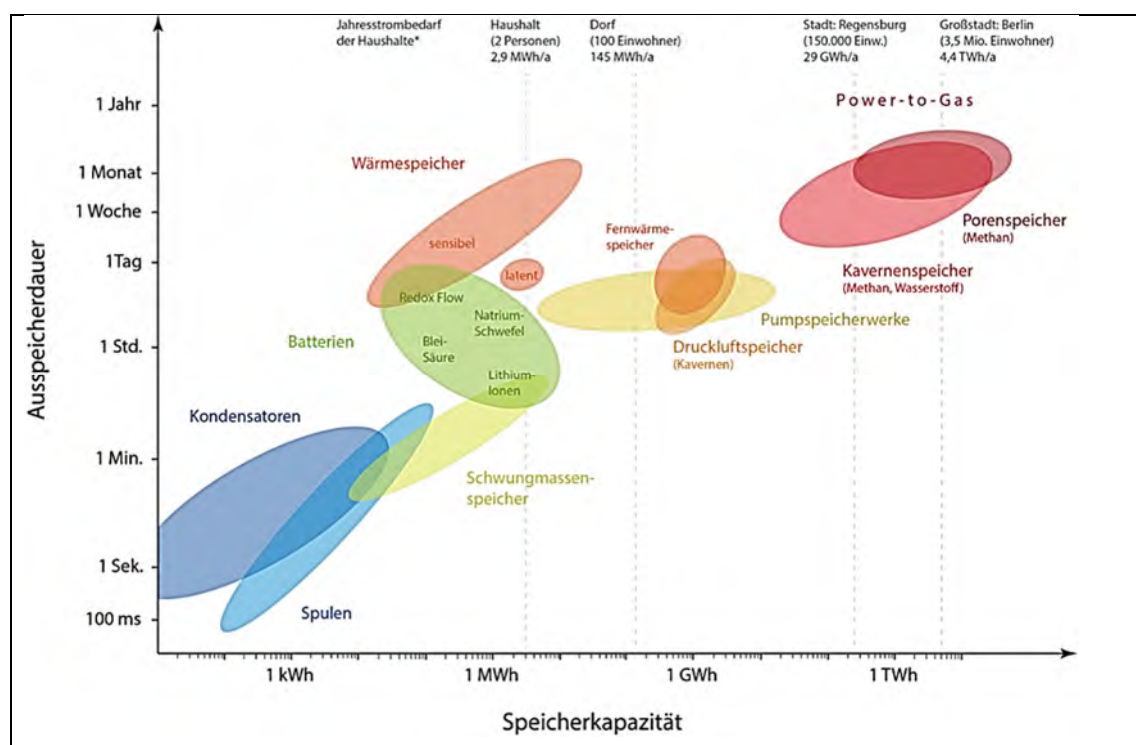


Abbildung 27– Übersicht der Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien (Sterner & Stadler, 2014)

4.4.1.1 Thermische Energiespeicher (Wärmespeicher)

Die thermischen Energiespeicher können in verschiedene Speicherkonzepte unterteilt werden. Bei sensiblen Speichern erfolgt die Wärmespeicherung durch Temperaturveränderung des Speichermediums. Latente Speicher hingegen nutzen zur Wärmespeicherung hauptsächlich den Phasenwechsel von fest zu flüssig. Bei thermochemischen Wärmespeichern erfolgt die Wärmespeicherung in Form einer reversiblen thermo-chemischen Reaktion. (dena, (2023)).

- **Heißwasser-Speicher**

Beim Heißwasser-Speicher (Pufferspeicher) befindet sich das Wasser in einem isolierten Behälter, der je nach Anwendungsfall von kleinen Speichern mit wenigen Kubikmetern

in Gebäuden bis hin zu Großwasserspeichern für die saisonale Wärmespeicherung in Wärmenetzen eingesetzt werden kann.

- **Kies-Wasser-Speicher**

Bei einem Kies-Wasser-Speicher dient ein Gemisch aus Kies und Wasser als Speichermedium. Kies-Wasser-Speicher werden bisher überwiegend als Langzeitwärmespeicher oder Zwischenspeicher für solare Nahwärmenetze bzw. Gebäudekomplexe eingesetzt.

- **Eisspeicher**

Der Eisspeicher besteht in der Regel aus einer Betonzisterne, die komplett unter der Erdoberfläche vergraben und nicht isoliert wird. Der erste Wärmetauscher entzieht dem Wasser seine Wärmeenergie, wodurch die Temperatur mit jedem Durchlauf sinkt und das Wasser mit der Zeit gefriert. Der Regenerationswärmetauscher führt der Zisterne hingegen Wärme zu, die er beispielsweise über eine Erdsonde oder durch eine Solarthermie-Anlage bezieht. Eisspeicher dienen sowohl als Wärmequelle als auch als saisonale Wärmespeicher. Es existieren technische Lösungen für kleine Gebäude (Ein- und Zweifamilienhäuser) und größere Gebäude sowie für die Einbindung in ein kaltes Nahwärmenetz.

- **Sorptionsspeicher**

Die Wärmespeicherung erfolgt durch chemisch reversible Reaktionen oder den Sorptionsprozess (Ab- und Adsorptionsprozess) und zeichnet sich besonders durch eine hohe Energiedichte aus.

4.4.1.2 Stromspeicher

Den Stromspeichern kommt neben dem Ausbau der Stromnetze eine bedeutende Rolle in der Energiewende zu. Denn sie können grundsätzlich Schwankungen bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ausgleichen: Werden Photovoltaik- oder Windanlagen mit Speichersystemen kombiniert, wird nicht integrierbarer Strom gespeichert und steht bei Bedarf jederzeit zur Verfügung. Dadurch sind Stromspeicher in der Lage: (dena, (2022))

- Angebot und Nachfrage auszugleichen
- zahlreiche Systemdienstleistungen (z. B. Regelleistungen und Blindenergie) bereitzustellen, die die Systemstabilität unterstützen,
- inländische Wertschöpfung zu erhöhen, da nicht integrierbare Strommengen nicht exportiert werden müssen
- die Integration von Strom aus erneuerbaren Energien in den Markt zu fördern.

Durch die Nutzung eines Stromspeichers lässt sich der Eigenverbrauchquote des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms erhöhen und somit einen Großteil der Stromkosten einsparen. Batteriespeicher können sowohl dezentral in Ein- und Mehrfamilienhäusern, aber auch zentral in Quartieren zum Einsatz kommen.

4.5 Transformation des Erdgasnetzes

Die im Zielbild abgebildeten Entwicklungen zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Gemeinde Hartheim würden auch erhebliche Auswirkungen auf die bestehende Gasinfrastruktur implizieren. Faktisch spielt Erdgas in dem Szenario keine Rolle mehr im Jahr 2040. Wie sich die Gasnachfrage entwickeln wird, kann derzeit niemand vorhersagen. Derzeit gibt es drei wesentliche Szenarien, die bei der Erdgasnetztransformation als wahrscheinlich gelten:

- **Szenario 1: Das Erdgasnetz wird weiterhin in der Fläche benötigt**

Dies bedeutet, dass weiterhin eine Versorgung mit Wasserstoff (oder einer Alternative zu Wasserstoff), über das bestehende Erdgasnetz möglich sein wird und die Endverbraucher diesen durch Umrüstung des bestehenden Heizkessels oder Installation eines neuen Heizkessels (hybrid) verwerten können. Der Wasserstoff muss entweder über das geplante H₂-Backbone in Deutschland bis zu den Netzen transportiert werden, oder durch den Anschluss an die geplante Trasse in Frankreich/Schweiz erfolgen. Die leitungsgebundene Versorgung der Endverbraucher, über die bestehenden Erdgasnetze ist der effizienteste Weg.

- **Szenario 2: Punktuelle Erhaltung des Erdgasnetzes für zentrale Wärmenetze und die Industrie**

Im zweiten Szenario geht man davon aus, dass die Erdgasnetzinfrasturktur teilweise einen Rückzug erfährt und nur ein Teil der bisherigen Struktur erhalten bleibt. Mit dieser Struktur möchte man dann zentrale Wärmenetze und große energieintensive Betriebe mit Wasserstoff (oder einer Alternative zu Erdgas) versorgen. Anders als in Szenario 1, kann die Versorgung dieser zentralen Wärmenetze oder auch der Industrie über ein bestehendes Versorgungsnetz, wie das H₂-Backbone, oder aber auch mit zentralen Einspeisepunkten an den bisherigen Gasübergabestellen erfolgen.

Bei den Szenarien 1 und 2 gibt es wiederum zwei mögliche Varianten. Den Wasserstoff pur in das Erdgasnetz einzuspeisen, erfordert nach aktuellem Kenntnisstand das Umrüsten der bestehenden Heizkessel der Endverbraucher. Die andere Variante ist die Beimischung von Wasserstoff zu einem anderen Medium, z.B. Biogas. Bei der zweiten Variante kommen die sogenannten Hybridheizungen zum Einsatz.

- **Szenario 3: Geordneter Rückzug des Erdgasnetzes**

In Szenario 3 gibt es einen geordneten Rückzug des bestehenden Erdgasnetzes und die am Erdgasnetz hängenden Endverbraucher schließen entweder an ein zentrales Wärmenetz an oder rüsten auf eine dezentrale Lösung um. Auch in diesem Szenario ist eine Versorgung mit Wasserstoff durch dezentrale Lösungen wie Elektrolyseure, die regionalen Strom in Wasserstoff umwandeln und diesen dann entweder Einzelhaushalten oder kleinen Wärmenetzen zur Verfügung stellen, möglich.

Die vielen Unbekannten und die Vielfalt an Entwicklungsperspektiven, die von einem kompletten Stilllegen des Erdgasnetzes bis hin zu einem weiterhin flächigen Betrieb der Netze mit erneuerbaren Gasen reicht, stellen die Erdgasnetzbetreiber vor eine große Herausforderung hinsichtlich der Frage der aktuellen Investitionen und Erweiterungspläne.

Kommunen haben gegenüber ihren Bürgern eine Daseinsvorsorge. Dies bedeutet, dass sie ihre Bürger mit Energie versorgen muss. Erdgasnetzbetreiber können, sofern sie eine Gaskonzession in einer Kommune erfüllen, aus diesem Grund keine Netze zurückbauen. Für das Szenario drei müsste sich also die Rechtslage ändern.

Der nationale Gesetzgeber hat die Erdgaskonzessionäre hierbei als entscheidende Akteure beim Hochlauf der Wasserstoffinfrastruktur erkannt und den Geltungsbereich der wegerechtlichen Gestattungsverträge nach § 46 EnWG in § 113a EnWG auf Wasserstoff „erweitert“. Somit können vorbereitende Maßnahmen zum Wasserstofftransport ergriffen und die Zielnetzplanung an diese angepasst werden. Ein Gaskonzessionsvertrag ist somit zugleich ein Wasserstoffgestattungsvertrag.

Die Rahmenbedingungen, die die Transformation des Erdgasnetzes formen werden, liegen zum größten Teil weder in der Hand der Gemeinde noch in der Hand der Erdgasnetzbetreiber. Um geeignete Maßnahmen mit Blick auf die Transformation des Erdgasnetzes zu erarbeiten und an

die sich noch in Entwicklung befindenden und sich wandelnden Rahmenbedingungen zu adaptieren, wird in den kommenden Jahren ein regelmäßiger Austausch zwischen der Gemeinde Hartheim und dem Netzbetreiber notwendig sein. Zusätzlich müssen die Entwicklungen im Erdgasnetz frühzeitig mit den Bürgerinnen und Bürgern und den Betrieben der Gemeinde abgestimmt und kommuniziert werden, damit diese die Perspektiven zur Energieversorgung über das Erdgasnetz bei Investitionsentscheidungen berücksichtigen können bzw. unter Umständen auch rechtzeitig mit Alternativen planen können.

4.6 Senken für Restemissionen

Der Ausbau der erneuerbaren Energien bietet zwar deutliche Potenziale zur Senkung der Treibhausgasemissionen, allerdings sind aktuell keine Energiequellen gänzlich ohne Emissionen verfügbar. Durch den Bau und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Wärme und Strom werden heute und in Zukunft weiterhin Treibhausgase in die Atmosphäre emittiert. Auch das Zielszenario in Hartheim zeigt; selbst wenn die Wärmeversorgung komplett durch erneuerbare Wärme, Strom und Gase gedeckt wird, sinken die Treibhausgasemissionen nicht vollständig auf null. Um die Klimaneutralität, wie von der EU definiert, zu erreichen, würde es deshalb in Zukunft notwendig sein, verbleibende Emissionen einer Senke zuzuführen.

Es gibt bereits verschiedene Ansätze zur Treibhausgaskompensation. Ein häufig angewandter Ansatz besteht darin, in Projekte zu investieren, die zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen beitragen. Dazu gehören beispielsweise erneuerbare Energien, Energieeffizienzprojekte oder Aufforstungs- und Waldschutzprojekte. Diese Projekte tragen dazu bei, den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern oder CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen.

THG-Kompensation kann sowohl durch lokale Maßnahmen als auch durch technische Verfahren erfolgen. Die folgenden Auflistungen beschreiben einige der gängigen Maßnahmen:

- Lokal realisierbare Projekte:
 - **Waldschutzprojekte:** Einige Organisationen setzen sich aktiv für den Schutz und die Bewirtschaftung von Wäldern ein, um die biologische Vielfalt zu erhalten und die Freisetzung von CO₂ aus Wäldern zu verhindern. Solche Projekte beinhalten oft Maßnahmen wie die Förderung nachhaltiger Forstwirtschaft und die Wiederherstellung von geschädigten Waldgebieten.
 - **Aufforstungsprojekte:** Die Anpflanzung neuer Bäume ist eine effektive Methode, um CO₂ aus der Atmosphäre zu binden und die biologische Vielfalt zu fördern. Es gibt Initiativen, die die Aufforstung von brachliegenden Flächen, ehemaligen landwirtschaftlichen Gebieten oder gerodeten Waldflächen fördern. Diese Projekte helfen, den Waldbestand zu erweitern und gleichzeitig einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.
 - **Agroforstwirtschaftliche Projekte:** Agroforstwirtschaft kombiniert landwirtschaftliche Nutzpflanzen mit Baumbeständen, um sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile zu erzielen. Solche Projekte können zur Kompensation von Treibhausgasen beitragen, indem sie Kohlenstoff in den Boden und die Bäume binden, die Bodenfruchtbarkeit verbessern und die Artenvielfalt fördern.
 - **Renaturierung von Feuchtgebieten:** Die Wiederherstellung und der Schutz von Feuchtgebieten wie Mooren und Sumpfgebieten haben das Potenzial, große Mengen an CO₂ zu binden und gleichzeitig wertvolle Lebensräume für Pflanzen und Tiere zu schaffen. Durch die Unterstützung von Projekten zur Renaturierung von Feuchtgebieten können Sie zur Treibhausgaskompensation beitragen.

- Technische Lösungen:
 - **Carbon Capture and Storage:** CO₂ wird aus Industrieprozessen oder Kraftwerksabgasen abgeschieden und anschließend unterirdisch gespeichert, um zu verhindern, dass es in die Atmosphäre gelangt. Das CO₂ wird in geologischen Formationen wie tiefen Salzwasserreservoirien oder leeren Öl- und Gasfeldern gespeichert.
 - **Carbon Capture and Utilization:** CO₂ wird abgeschieden und anschließend für industrielle Prozesse oder die Herstellung von Produkten verwendet. Beispiele hierfür sind die Verwendung von CO₂ als Rohstoff in der chemischen Industrie, die Produktion von künstlichen Kraftstoffen oder die Mineralisierung von CO₂ zu festen Karbonaten.
 - **Direct Air Capture:** CO₂ wird direkt aus der Umgebungsluft gefiltert und anschließend entweder gespeichert oder als Treibstoff oder in chemische Prozesse weiterverwendet.
 - **Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung:** Biomasse oder Energiepflanzen werden angebaut und verbrannt, wobei das entstehende CO₂ abgeschieden und gespeichert wird. Dadurch wird nicht nur CO₂ aus der Atmosphäre entfernt, sondern auch erneuerbare Energie erzeugt.
 - **Enhanced Weathering:** Diese Methode nutzt natürliche chemische Reaktionen, um CO₂ zu binden. Dabei werden beispielsweise bestimmte Gesteine zertrümmert und auf Ackerland verteilt, wo sie mit CO₂ reagieren und stabilen Kohlenstoff erzeugen.

Momentan ist noch unklar, ob oder wie verbleibende THG-Emissionen in Zukunft kompensiert werden müssen. Eine Studie zu Entwicklungsszenarien der CO₂-Preise, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, geht von einer starken Steigerung des CO₂-Preises bis 2040 aus (von 30 €/t im Jahr 2022 auf mind. 250€/t im Jahr 2040). Vor diesem Hintergrund würde die Umsetzung von lokalen Kompensationsmaßnahmen die lokale Wertschöpfung unterstützen. Zudem haben solche Maßnahmen auch weitere Vorteile, in dem z.B. Flächen ökologisch aufgewertet werden und die lokale Biodiversität steigern.

4.7 Kennwerte des Zielbilds

Die in den folgenden Tabellen sind wesentliche Kennwerte des Zielbilds übersichtlich festgehalten.

Sektor	Erdgas	Heizöl	Direkt-Strom	Umweltwärme	Erneuerbare Energien	Fernwärme /KWK	PtX	H2
Private Haushalte	7.127	23.009	569	2.827	11.645	0	0	0
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	983	10.496	285	149	311	0	0	0
Verarbeitendes Gewerbe	1.364	71	0	0	292	0	0	0
Kommunale Liegenschaften	422	30	0	0	0	445	0	0
Gesamt	9.867	33.606	854	2.976	12.249	445	0	0

Tabelle 8 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren für das Jahr 2021

Sektor	Erdgas	Heizöl	Direkt-Strom	Umweltwärme	Erneuerbare Energien	Fernwärme	PtX	H2
Private Haushalte	3.751	12.110	569	10.278	14.651	1.017	0	0
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	517	5.524	150	3.460	311	0	0	0
Verarbeitendes Gewerbe	718	37	0	227	293	0	0	5.867
Kommunale Liegenschaften	222	16	0	17	0	471	0	0
Gesamt	5.209	17.687	719	13.982	15.255	1.488	0	5.867

Tabelle 9 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren abgeschätzt für das Jahr 2030

Sektor	Erdgas	Heizöl	Direkt-Strom	Umweltwärme	Erneuerbare Energien	Fernwärme	PtX	H2
Private Haushalte	0	0	569	18.556	17.991	2.146	0	0
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	0	0	0	7.140	311	0	0	0
Verarbeitendes Gewerbe	0	0	0	479	293	0	0	12.387
Kommunale Liegenschaften	0	0	0	37	0	501	0	0
Gesamt	0	0	569	26.212	18.595	2.647	0	12.387

Tabelle 10 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren abgeschätzt für das Jahr 2040

Energieträger	2019	2030	2040
Biomasse	10.793	13.302	16.091
Geothermie	0	0	0
Photovoltaik	0	0	0
Umweltwärme (zentral und dezentral)	2.976	13.982	26.212
Solarthermie (Dachflächen & Freiflächen)	1.164	1.660	2.211
Abwärme aus Gewerbe	0	0	0
Wasserstoff	0	5.867	12.387
KWK / Fernwärme (inklusive Biogas, Holz, Grundwasser und industrielle Abwärme)	445	1.488	2.647

Tabelle 11 – Genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung

5. Kommunale Wärmewendestrategie

Nachdem das Zielszenario den Pfad aufzeigt, wie die Gemeinde Hartheim bis zum Jahr 2040 einen klimaneutralen Gebäudebestand erreichen kann, wird mit der kommunalen Wärmewendestrategie dieser Pfad mit konkreten Maßnahmen hinterlegt. Die Maßnahmen richten sich nach dem Handlungsraum, den Rollen und dem Wirkungsfeld der Gemeinde. Dabei wird es zunächst wichtig sein, die Organisation der Umsetzung des Wärmeplans sicherzustellen und den Wärmeplan in bestehende Strukturen und den Planungsalltag der Verwaltung zu integrieren.

Die wichtigsten Ziele der Wärmewendestrategie sind:

- Energieverbrauch senken

Um den Energieverbrauch entscheidend zu senken, müssen die Gebäude energetisch saniert werden. Darüber hinaus sollten Einsparpotenziale durch Effizienzsteigerungen der Heizungsanlagen und durch korrektes Nutzerverhalten genutzt werden. Um diese Potenziale der Wohngebäude nochmals differenzierter darzustellen, wurden für die sieben häufigsten Gebäudetypen in Hartheim Gebäude Steckbriefe erstellt (siehe Anhang 10.2). Die Steckbriefe zeigen nochmals detailliert, welche Maßnahmen an Gebäudehülle und -technik für ein typisches Gebäude des jeweiligen Gebäudetyps technisch und wirtschaftlich sinnvoll sind. Bei der Prozesswärme kann der Energieverbrauch durch Modernisierungs- und Optimierungsmaßnahmen im Schnitt um bis zu 15 % gesenkt werden. Die Nutzbarmachung der Abwärme über die Wärmerückgewinnung aus industriellen Prozessen sollte in den einzelnen Prozessen geprüft und wenn möglich umgesetzt werden, um so den Primärenergieeinsatz zu reduzieren.

- Dekarbonisierung der Wärmeversorgung

Um die Wärmeversorgung vollständig zu dekarbonisieren, müssen fossile Versorgungsstrukturen durch verschiedene erneuerbare Energiequellen ersetzt werden. Hier müssen je nach Gegebenheit vorhandene erneuerbare Potenziale sinnvoll genutzt werden. Eine zentrale Rolle wird hierbei die Nutzung der Umweltwärme für Heizzwecke über Wärmepumpen sowohl in zentralen als auch dezentralen Versorgungsgebieten einnehmen. Neben der Wärmequelle Luft, die überall zur Verfügung steht, müssen geothermische Potenziale aus Erdwärme und Grundwasserwärme in den jeweiligen Einzelfällen geprüft und erschlossen werden. Neben der Umweltwärme wird die Einbindung anderer erneuerbaren Wärmequellen benötigt, damit die Transformation gelingen kann. In zentralen Versorgungsgebieten betrifft dies vor allem die Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen bzw. aus dem Abwasser und mit Biogas oder anderen grünen Gasen betriebene KWK-Anlagen, in dezentralen Gebieten die Einbindung von Solarthermie und Energieholz. Erneuerbare Gase wie Biomethan bzw. Wasserstoff werden voraussichtlich zunächst nur dort eingesetzt, wo das Temperaturniveau nicht abgesenkt werden kann. Dies betrifft vor allem industrielle Prozesse, die auf hohe Temperaturen angewiesen sind.

- Dekarbonisierung der Stromversorgung

Das Gelingen der Wärmewende, mit Blick auf die Wichtigkeit der strombetriebenen Wärmepumpe, ist dadurch direkt an die Dekarbonisierung der Stromversorgung gekoppelt. In Hartheim müssen dazu die vorhandenen PV-Potenziale ausgebaut werden. Die identifizierten Potenziale reichen für eine klimaneutrale Stromversorgung der Kommune aus. Um die Fluktuation der erneuerbaren Energiequellen und die Winterlücke auszugleichen, werden Energiespeicher in Form von Stromspeichern und in Zukunft PtG-Anlagen benötigt.

5.1 Kommunale Handlungsfelder für die Wärmewende

Die kommunale Wärmewendestrategie wird durch die Zusammenarbeit aller relevanten Akteure in der Gemeinde Hartheim und mit den entsprechenden Rahmenbedingungen, die bspw. auf Bundes- und Landesebene vorgegeben werden, umgesetzt. In den nächsten Abschnitten werden fünf wesentliche Handlungsfelder der Gemeinde erläutert.

5.1.1 Strategie, Organisation und Verankerung in der Verwaltung

Der kommunale Wärmeplan wurde in Abstimmung mit der Gemeinde Hartheim erstellt, so dass das Thema und die Inhalte leichter in die bestehenden Strukturen integriert und die Zuständigkeiten innerhalb der Verwaltung geordnet werden kann. Durch regelmäßiges Monitoring soll in Zukunft über den Fortschritt und evtl. auftretende Hemmnisse beraten werden. Zudem können neue Maßnahmen aufgenommen werden. Nach und nach soll der Wärmeplan als wichtiges Tool in den Planungsalltag der Gemeindeverwaltung, bei der Entwicklung von Neubaugebieten und bei den kommunalen Liegenschaften integriert werden.

Darüber hinaus muss auch der Gemeinderat die Maßnahmen und die Strategie des kommunalen Wärmeplans mittragen und bei relevanten Entscheidungen entsprechend abwägen.

5.1.2 Klimaneutrale Wärmeversorgung der Liegenschaften

Für eine klimaneutrale Wärmeversorgung der Liegenschaften ist es erforderlich, die bestehenden Gebäude zu sanieren bzw. zu modernisieren. Hierbei gilt es für die Kommune einen Plan zu entwickeln, um frühzeitig geeignete Maßnahmen abzuleiten und die dafür notwendigen Finanzmittel für die zukünftigen Investitionsmaßnahmen in ihrem Haushalt berücksichtigen zu können. Sinnvolle Maßnahmen werden beispielsweise in Zusammenarbeit mit Energieberatern in Form von Sanierungskonzepten für Nichtwohngebäude ausgearbeitet. Eventuell mögliche Förderprogramme können seitens des Energieberaters im Zuge der Beratung dargestellt und vor der Realisierung der Maßnahme beantragt werden. Darüber hinaus sind auch Einspar- und Effizienzmaßnahmen ein zusätzlicher Schritt, um den Energieverbrauch der Liegenschaften zu senken. Entsprechende Maßnahmen sind in Kapitel 3.1 und 3.2 beschrieben. Die Reduktion der Energieverbräuche durch Effizienzsteigerung und Modernisierung der Gebäude ist der Grundstein für eine erfolgreiche Umstellung zur effizienten Nutzung erneuerbarer Energien.

5.1.3 Ausbau der zentralen Wärmeversorgung

Der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung ist ein wichtiger Bestandteil der Wärmewendestrategie der Gemeinde Hartheim. Bei der Umsetzung des Wärmenetz für die zentrale Wärmeversorgung in Hartheim kann die Gemeinde den Ausbau durch die Erstellung von geförderten Machbarkeitsstudien oder Quartierskonzepten oder einer Vorstudie vorantreiben. Dabei werden in der Regel Varianten von Trassenverlauf, Anschlussdichten und Versorgungsvarianten mit Hinsicht auf der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit untersucht und gegenübergestellt. Auf dieser Basis können Wärmenetze entwickelt werden und in die Umsetzung kommen. Als richtungsweisende Leitplanken sollen die im Wärmeplan ausgearbeiteten Steckbriefe der Teilorte dienen (siehe Anhang). Diese Steckbriefe geben zunächst den aktuellen Stand der Wärmeversorgung und des Gebäudebestandes wieder. Im Weiteren werden darin die Eignungsgebiete der Fernwärmeversorgungen dargestellt, die mit einem Mix aus erneuerbaren

Energiequellen versorgt werden können. Zusätzlich wird auch das Potenzial einer dezentralen Wärmeversorgung betrachtet.

5.1.4 Ausbau erneuerbarer Energien

Der nach den Einspar- und Effizienzmaßnahmen verbleibende Wärmebedarf muss möglichst treibhausgasarm gedeckt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen neben dem Ausbau und der Anpassung der Energieinfrastruktur (Strom- und Gasnetz) die lokalen Potenziale aus erneuerbaren Energien erschlossen und genutzt werden.

Dazu müssen zunächst die wärmeseitig vorhandenen Potenziale erschlossen werden. Über Wärmepumpen kann Umweltwärme aus Luft, Grundwasser und Erdreich zur dezentralen Gebäudebeheizung nutzbar gemacht werden. Des Weiteren sollten Grundwasserpotenziale erkundet werden, die sich im gesamten Gemeindegebiet in ca. 10 bis 20 m Tiefe befinden. Grundwasserwärme kann einen wichtigen Beitrag zur klimaneutralen Wärmeversorgung über zentrale Wärmenetze leisten. Zudem sollten professionelle Analysen für die Erschließung von Abwärmequellen in der Industrie durchgeführt werden. Die Gemeinde kann darauf durch Kommunikation mit den relevanten Unternehmen einwirken. In einem Fall wurde das Interesse an einer entsprechenden Auftragsvereinbarung zwischen Unternehmen und dem potenziellen Wärmeversorger bekundet.

Zur Deckung des zusätzlichen Stromverbrauchs durch Wärmepumpen müssen auch stromseitig vorhandene Potenziale im Rahmen einer klimaneutralen Wärmeversorgung erschlossen werden. Die Betrachtung der Potenzialgebiete für PV-Freiflächen in Hartheim ergibt ein Standortpotenzial von mindestens 53 ha. Die Gemeinde kann hierbei die Voraussetzungen für den Ausbau auf Freiflächenabschnitten entlang der Autobahn schaffen und deren Umsetzung koordinieren. Zudem sollten Parkplatzflächen Baggerseen auf deren PV-Überdachungspotenzial untersucht werden.

5.1.5 Kommunikation und Information

Mit dem kommunalen Wärmeplan schafft die Gemeinde Hartheim die Grundlage für einen klimaneutralen Gebäudebestand. Um dieses Ziel bis 2040 angehen und umsetzen zu können, ist die Kommunikation und Information aller relevanten Akteure in diesem Prozess essenziell. Die Gemeinde selbst kann im Gebäudebereich nur die Sanierung und den Einsatz der erneuerbaren Energien in ihren eigenen Liegenschaften real umsetzen. Alle anderen Gebäude, sei es Privatgebäude, Gewerbebetriebe oder Liegenschaften von Wohnbaugesellschaften in Hartheim, liegen nicht in der Hand der Gemeindeverwaltung. Darum ist hier eine gezielte Information der einzelnen Zielgruppen wichtig, um diese zu motivieren.

Im ersten Schritt bedeutet dies, die Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans öffentlich zu kommunizieren und über die Gemeindeeigenen Medien den Bürgern, Interessensgruppen und dem Gewerbe zur Verfügung zu stellen.

Für Gebäudeeigentümer sind alle Informationen, rund um die energetische Gebäudesanierung relevant. Hier sollten Beispiele für umgesetzte Maßnahmen zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig sollten Informationen zu den aktuellen Fördermöglichkeiten auf der Internetseite oder über eine gezielte Beratung durch die Gemeindeverwaltung bereitgestellt werden.

Gleichzeitig sollte die Gemeinde Hartheim in engem Austausch mit dem örtlichen Gewerbe, der Wohnungswirtschaft und auch dem Bund, Land und Kreis treten und auch hier Maßnahmen zur Gebäudesanierung und zur Energieeinsparung besprechen und unterstützend zur Seite stehen.

Nur wenn alle Zielgruppen über die Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans informiert sind und alle Zielgruppen Kenntnis darüber haben, welche Maßnahmen möglich sind, kann eine erfolgreiche Umsetzung des Wärmeplans gelingen.

5.2 Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans 2024

Gemeinsam mit der Gemeinde Hartheim wurden folgende Maßnahmen als prioritär bewertet. Laut Gesetz sollen diese Maßnahmen spätestens innerhalb von fünf Jahren begonnen werden.

1. Erstellung von Sanierungsstrategie für die öffentlichen Liegenschaften
2. Informationskampagnen für Sanierungen in dezentralen Wärmeversorgungsgebieten
3. Informationskampagne für Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen
4. Vorstudie für ein zentrales Wärmenetz
5. Ausbau von PV-Freiflächenanlagen

In den folgenden Abschnitten werden die Maßnahmen einzeln erläutert. Neben einer kurzen Beschreibung der Maßnahme werden folgende Eckpunkte übersichtlich dargestellt:

- Verantwortliche Akteure: Wer ist zuständig für die Umsetzung der Maßnahme?
- Zeithorizont: Wann soll begonnen werden? Wie lange läuft die Maßnahme? Bis wann sollte die Maßnahme abgeschlossen sein?
- CO₂-Einsparung: Abschätzung, wie viel Treibhausgase durch die Maßnahmen jährlich eingespart wird.
- Zielwert: Welcher Mehrwert soll mit der Maßnahme konkret erreicht werden?

5.2.1 Erstellung einer Sanierungsstrategie für die öffentlichen Liegenschaften

Die Gemeindeverwaltung nimmt eine Vorreiterrolle und Vorbildfunktion im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit ein. Um das Ziel einer klimaneutralen Verwaltung erreichen zu können, müssen die kommunalen Liegenschaften möglichst schnell auf einen hohen Sanierungsstand gebracht werden.

Neben der energetischen Sanierung der Gebäudehülle (Fassadendämmung, Fenster, Dach oder Dachgeschoß und Kellerdecke oder Bodenplatte) kann der Energieverbrauch durch Effizienzmaßnahmen am Heizsystem und durch moderne Gebäudetechnik reduziert werden.

Für eine strukturierte Vorgehensweise wäre es sinnvoll, zunächst eine Sanierungsstrategie mit Prioritäten zu erstellen. Die Erstellung von Sanierungsfahrplänen bzw. Sanierungskonzepten für die kommunalen Liegenschaften könnte hierbei ein grundlegender Baustein sein, um Sanierungsmaßnahmen und deren Umsetzung für einzelne Gebäude planen zu können. Bei der Priorisierung gilt es verschiedene Faktoren abzuwägen, bspw.:

- Bestehender oder absehbarer, dringender Handlungsbedarf
- Synergieeffekte: Bereits geplante Maßnahmen am Gebäude oder Projekte im Quartier
- Energieeffizienzklasse: Gebäude mit einem besonders hohen spezifischen Wärmeverbrauch
- Wirksamkeit: Gebäude mit einem besonders hohen absoluten Wärmeverbrauch
- Vorhandene Potenziale zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energien

Die Umsetzung der Maßnahmen sollte zudem durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden, um auch die Vorbildfunktion dieser Maßnahmen zum Tragen zu bringen.

Die Gemeinde kann zudem bei eigenen Neubauten über Bauweise und Wärmeversorgung entscheiden. Mit einem Beschluss kann die Gemeinde den Bau klimaneutraler Gebäude (z.B. auf den EU-Standard „Nullemissionsgebäude“) und den Einsatz erneuerbaren Energien bei Ihren eigenen Neubauten festsetzen (vgl. auch Maßnahme 2).

Verantwortliche Akteure	Gemeindeverwaltung, Bauamt
Zeithorizont	ab sofort, kontinuierlich
CO₂-Einsparung	68 t/Jahr durch Ausschöpfung des Sanierungspotenzials
Zielwert	Für die kommunalen Liegenschaften werden kontinuierlich Sanierungsfahrpläne erstellt. Die vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen aus den Sanierungsfahrplänen werden zeitnah umgesetzt.

5.2.2 Informationskampagnen zur Gebäudesanierung privater Haushalte in dezentralen Wärmeversorgungsgebieten

Um die Ziele der Wärmeplanung zu erreichen, ist es nötig, die Gebäudesanierungsquote bis 2028 auf mindestens 2 % pro Jahr zu erhöhen. Die Berechnungen des Zielbildes basieren auf dieser Vorgabe. Mit der Europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD) könnten außerdem viele Eigentümer alter Gebäude gezwungen sein, Teilsanierungen vorzunehmen. Daher ist es jetzt von großer Bedeutung, den Bürgern ausreichend Informationen an die Hand zu geben, um sich für Sanierungsmaßnahmen entscheiden zu können. Hier sollte die Kommune in Vorleistung gehen. Der kommunale Wärmeplan der badenovaNETZE GmbH beinhaltet eine Anzahl an sorgfältig ausgearbeiteten Gebäudesteckbriefen, über welche die Bürger eine erste wichtige Orientierung zu den technischen Möglichkeiten, den Einsparpotenzialen und zu den Kosten der Maßnahmen erhalten. Diese Steckbriefe, die im Anhang (10.2) des Fachgutachtens dargestellt sind, können in Informationsveranstaltungen an die interessierten Bürger verteilt werden. Dazu wurden 12 Gebäudesteckbriefe für die häufigsten Gebäudetypen und Altersklassen ausgewählt.

Verantwortliche Akteure	Gemeindeverwaltung, Bauplaner, Gebäudeeigentümer
Zeithorizont	2024 bis 2040
CO₂-Einsparung	1551 t/Jahr bis 2040 bei einer Sanierungsquote von 2 %
Zielwert langfristig mittelfristig	Erreichung eines sanierten Gebäudebestands und Erreichung einer Sanierungsquote von mindestens 2 %/a

5.2.3 Informationskampagnen für Wärmepumpen und PV zur dezentralen Wärmeversorgung

Zur Erreichung der Ziele des kommunalen Wärmeplans ist es von besonderer Bedeutung, die fossilen Heizanlagen durch neue und moderne Anlagen zu ersetzen. Mit der anstehenden Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes wird innerhalb der nächsten Dekade verlangt, dass dezentrale Heizungsanlagen zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Dies bedeutet, dass viele Anlagen durch Wärmepumpen zu ersetzt werden, entweder als monovalente oder als hybride Anlagenkomponente. Idealerweise werden Wärmepumpen gemeinsam mit PV-Dachanlagen kombiniert. Durch die Kombination kann der vor Ort erzeugte erneuerbare Strom auch direkt vor Ort eingesetzt werden. Viele Bürger sind diesbezüglich verunsichert, da technische Unwägbarkeiten und hohe Stromkosten für den Betrieb der Wärmepumpe befürchtet werden. Mit detaillierten und fachkundlichen Informationen kann den Bürgern die Verunsicherung genommen werden oder es kann ihnen eine Alternative geboten werden. Der effiziente und sparsame Betrieb einer Wärmepumpe setzt tatsächlich unter Umständen Maßnahmen an der Gebäudehülle, Sanierungen im Gebäudeinneren oder aber eine Optimierung der Wärmeverteilung voraus. Hierüber können Fachleute informieren. Die Kommune sollte diesen Fachleuten eine „Bühne“ dafür bieten. Eine weitere Möglichkeit ist, dass im Rahmen von Nachbarschaftsrundgängen bereits umgesetzte Projekte vor Ort in Hartheim besichtigt und so ggf. Vorbehalte im direkten Gespräch abgebaut werden können.

Verantwortliche Akteure	Gemeindeverwaltung/Gebäudemanagement, Wärmenetzbetreiber
Zeithorizont	2024-2040
CO₂-Einsparung	3.506 t, bemessen am Szenario (Kapitel 4.3) und am Emissionsfaktor für Umweltwärme für 2040 bei Privathaushalten
Zielwert	Zwei bis Vier Veranstaltungen pro Jahr über moderne und effiziente Heizungstechniken, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Der Fokus der Veranstaltungen sollte auf die Wärmepumpe gerichtet werden.

5.2.4 Veranlassung einer Vorstudie für ein zentrales Wärmenetz

Auf Grund der ländlichen Struktur der Gemeinde, der vielen Einfamilienhäusern und dadurch niedrigen absoluten Wärmebedarfen der Gebäude, kann im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung lediglich für den Ortskern rund um das Rathaus ein Wärmenetz-eignungsgebiet ausgewiesen werden.

In dem Bereich befinden sich überwiegend Gebäude, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung (bis 1983) gebaut wurden und dementsprechend ist der Wärmebedarf hoch. Außerdem kann das Rathaus als Ankerkunde dienen. Dadurch kann die Gemeinde selbst die Realisierung steuern.

Bei einigen Gebäuden wird es schwierig werden, einen effizienten und damit kostengünstigen Betrieb der Wärmepumpe zu ermöglichen. Der Ausbau eines Wärmenetzes wäre daher von großem Vorteil. Die nachhaltige Wärmeversorgung eines entsprechenden Wärmenetzes muss sich voraussichtlich auf einen Energieträgermix stützen, der Großwärmepumpen nutzt, die mit Grundwasser- oder mit Luftwärme gespeist werden. Hier wird es besonders wichtig sein, die Möglichkeiten vorher bemessen zu lassen. Daher sollte die Gemeinde eine Vorstudie zur Prüfung eines zentralen Wärmenetzes in dem Bereich beauftragen. Ein zukünftiges Netz muss über einen entsprechend erneuerbaren Energieträgermix versorgt werden, welcher verschiedene Last- und Temperaturniveaus abdeckt.

Dafür können die Daten aus der kommunalen Wärmeplanung eine Grundlage bilden, die durch weitere zu erarbeitende Daten wie z.B. Anschlussinteresse oder Trassenplanung ergänzt werden müssen. Die Eignungsgebiets-Steckbriefe im Anhang enthalten weitere relevante Informationen zur Umsetzung einer solchen Maßnahme.

Verantwortliche Akteure	Gemeindeverwaltung, Energieversorger, Wärmenetzbetreiber
Zeithorizont	Spätestens ab 2028
CO₂-Einsparung 2040	Bis zu 783 t/a, je nach Ausgestaltung des Eignungsgebiets und Anschlussquote
Zielwert	Vorstudie

5.2.5 Ausbau von Photovoltaikfreiflächenanlagen

Der aktuell in der Offenlage befindliche Planentwurf „Solarenergie“ des Regionalverbands südlicher Oberrhein weist für Hartheim ein erhebliches Potenzial für Freiflächenphotovoltaikanlagen aus (vgl. Kapitel 3.4.3).

Erneuerbarer Strom ist im Hinblick auf die Sektorkopplung auch für die Wärmeversorgung der Zukunft ein wichtiger Faktor. Für die Ermittlung der Potenziale zur Stromerzeugung wurde auf die Offenlage des Regionalverbandes Südlicher Oberrhein (RSVO) zurückgegriffen (**Karte 12**). Das darin ausgewiesene Flächenpotenzial beträgt für Hartheim ca. 53 ha. Werden nur 70 % dieser Potenzialfläche veranschlagt, dann lassen sich dort ca. 37.100 MWh Strom produzieren, sofern nicht auch Teilflächen für die Solarthermie genutzt werden.

Für den Ausbau der Photovoltaik auf Freiflächen könnte eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden. Auch eine gemeinsame Nutzung von Photovoltaik und Landwirtschaft ist im Rahmen sogenannter Agri-PV möglich. Weitere Potenziale für die Nutzung von Solarenergie bieten Anlagen über Parkplätzen (beim Neubau eines Parkplatzes ab 35 Stellplätzen ist dies in Baden-Württemberg Pflicht).

Als Alternative könnte auch auf öffentlichen Flächen gezielt Photovoltaik genutzt werden. Auch einzelne Landwirte könnten auf ihren Flächen mit Hilfe von Projektierern Solaranlagen errichten und von erhöhten Pachteinnahmen profitieren.

Verantwortliche Akteure	Gemeindeverwaltung, Bauplaner, Grundstückseigentümer
Zeithorizont	2024 bis 2040
CO₂-Einsparung	16.510t/Jahr bis 2040
Zielwert	Nutzung des Freiflächenpotenzials und Bau von PV-Freiflächenanlagen

6. Fortschreibung und Ausblick

6.1 Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans

Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg gibt vor, dass der kommunale Wärmeplan spätestens nach sieben Jahren fortgeschrieben werden muss. Es spricht allerdings einiges dafür, die Fortschreibung nicht erst nach sieben Jahren anzugehen. Mit einer kontinuierlichen Fortschreibung können laufende Entwicklungen in der Gemeinde und aus der Umsetzung regelmäßig in den digitalen Zwilling und in den Maßnahmenkatalog eingepflegt werden. Beispielsweise könnten sich durch nähere Untersuchungen die Grenzen der Eignungsgebiete verschieben, es ergeben sich neue Potenziale aus Abwärme oder andere Potenziale sind nach näherer Betrachtung nicht wirtschaftlich nutzbar. Zudem ist in der aktuellen Klimaschutzpolitik momentan viel in Bewegung. Politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen ändern sich, wodurch sich die Handlungsmöglichkeiten der Akteure ebenfalls ändern können. Ist der kommunale Wärmeplan stets gepflegt und öffentlich zugänglich, kann er sich zu einem wichtigen Werkzeug für die Gemeindeverwaltung, der Akteure und der Bürger der Gemeinde entwickeln.

Folgende Bausteine könnten bei der Fortschreibung umgesetzt werden:

- Aktualisierung der Energie- und THG-Bilanz der Gemeinde, z.B. alle drei bis fünf Jahre
- Digitaler Zwilling
 - Daten pflegen und aktualisieren
 - Neue Gebäude aufnehmen
 - Heizanlagenstatistik sowie Erdgas- und Stromverbrauchsdaten alle fünf bis sieben Jahre aktualisieren
- Eignungsgebiete und Umsetzung der Maßnahmen
 - Nach Bedarf und aktuellen Gegebenheiten anpassen
 - Etablierung eines Controllingkonzepts zur Überprüfung des Maßnahmenfortschritts und zur Identifizierung von Umsetzungshemmnissen
- Veröffentlichung der aktualisierten Fassung des kommunalen Wärmeplans

6.2 Ausblick

Die Wärmewende ist eine wichtige Säule des kommunalen Klimaschutzes. Mit dem hier vorliegenden kommunalen Wärmeplan wird die Gemeinde Hartheim ihrer Verpflichtung gerecht, diese Herausforderung in den kommenden Jahren gezielt und aktiv anzugehen. Mit dem kommunalen Wärmeplan wird der Weg der Gemeinde bis hin zu einem klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2040 aufgezeigt:

- Durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen, z.B. der energetischen Gebäudesanierung, wird der Wärmebedarf stetig gesenkt.
- Der verbleibende Wärmebedarf wird mit möglichst lokalen erneuerbaren Energien gedeckt. In diesem Zusammenhang wurden Eignungsgebiete für die zentrale und dezentrale Wärmeversorgung beschrieben, die eine möglichst effiziente und wirtschaftliche Nutzung der lokalen Potenziale zum Ziel haben.

Mit den definierten prioritären Maßnahmen kann die Gemeinde Hartheim im Rahmen ihrer Handlungsmöglichkeiten nun die Wärmewende vor Ort konkret umsetzen. Zudem sorgt Sie mit ihrem Handeln dafür, dass die Akteure und Bürger der Gemeinde ebenfalls die Wärmewende voranbringen können.

7. Methodik

7.1 Energie- und THG-Bilanz

Die Energie- und THG-Bilanz beinhaltet alle klimawirksamen Emissionen der in der Gemeinde eingesetzten Energien. Emissionen anderer Treibhausgase wurden gemäß Ihrer Wirksamkeit „Global Warming Potential“ (GWP) in sogenannte CO₂-Äquivalente (CO_{2e}) umgerechnet. Im Text stehen die CO_{2e}-Werte synonym für die gesamten Treibhausgasemissionen.

Anmerkungen zur angewandten Methodik

- Die Energie- und THG-Bilanz wurde mit dem Tool BICO2 BW erstellt (Version 3.1). Dieses Tool wurde vom IFEU im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft als Standardverfahren für Baden-Württemberg erstellt. Somit kann die Bilanz regelmäßig fortgeschrieben werden, um die Wirksamkeit der Klimaschutzmaßnahmen in den kommenden Jahren zu überprüfen.
- In der THG-Bilanz wurden sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen berücksichtigt. Direkte Emissionen entstehen vor Ort bei der Nutzung der Energie (z.B. beim Verbrennen von Heizöl in der Heizung), während die indirekten Emissionen bereits vor der Nutzung entstehen (z.B. durch Abbau und Transport von Ressourcen oder den Bau und die Wartung von Anlagen).
- Für den Stromverbrauch basieren alle Aussagen auf der Endenergie, also der Energie, die vor Ort im Wohnhaus eingesetzt wird bzw. über den Hausanschluss geliefert wird.
- Für den Wärmeverbrauch werden Endenergie und Nutzenergie unterschieden. Endenergie ist die Menge Heizöl, Erdgas, Holz etc., mit der die Heizung „betankt“ wird. Nutzenergie stellt dagegen die Energie dar, die unabhängig vom Energieträger vom Wärmeverbraucher genutzt werden kann. Die Nutzenergie ist also gleich der Endenergie abzüglich der Übertragungs- und Umwandlungsverluste. Hierbei spielt beispielsweise der Wirkungsgrad der Heizanlage eine entscheidende Rolle. Die Berechnungen zum Wärmebedarf und zum Sanierungspotenzial basieren auf der Nutzenergie. Berechnungen zum Wärmeverbrauch stellen den Endenergieverbrauch dar.
- Bei der Bilanzierung für die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr wurde das Territorialprinzip angewendet. Es werden also nur die Energiepotenziale auf kommunalem Gebiet und die Energieverbräuche und THG-Emissionen berücksichtigt, die durch den Verbrauch innerhalb der Gemarkungsgrenzen ihre Ursache haben. Verursachen z.B. die Bürgerinnen und Bürger der Stadt durch Fahrten in die nächste Stadt oder Stadt Emissionen, sind diese in der Bilanz nicht enthalten, wenn sie über die Gemarkungsgrenzen hinausgehen.

7.1.1 THG-Bilanzierung des Stromverbrauchs

Die Stromdaten, die für diese Studie vom Verteilnetzbetreiber zur Verfügung gestellt wurden, beinhalten die Stromverbrauchsmengen in kWh. Diese Daten wurden vom Netzbetreiber unterteilt in Standardlastprofil-Kunden, Lastgangzählungs-Kunden und Heizungs-/Wärmepumpen. Für die öffentlichen Liegenschaften und Straßenbeleuchtung wurden die Verbräuche mit den Angaben der Gemeinde abgeglichen. Der Stromverbrauch der Großverbraucher (Lastgangzählung) wird in der Regel der Industrie zugeordnet.

Die vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellten Stromdaten geben keinen Hinweis auf die Zusammensetzung des Stroms, also der Energiequellen, aus denen der Strom erzeugt wird. Bei der

Bilanzierung wurde deshalb der Emissionsfaktor des deutschen Strommix verwendet, der im Jahr 2021 0,472 CO_{2e}/MWh beträgt (IFEU, (2024)).

7.1.2 Stromeinspeisung

Da die Nutzung erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung gegenüber der Erzeugung aus fossilen Brennstoffen erhebliche THG-Einsparungen mit sich bringt, wurde für die THG-Bilanz ein kommunaler Strommix berechnet, bei dem der eingespeiste Strom berücksichtigt wurde. Konkret bedeutet das, dass die THG-Einsparungen der Kommune durch die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien von der THG-Bilanz abgezogen wurden. So wird der Beitrag dieser Anlagen zum Klimaschutz in der THG-Bilanz der Kommune berücksichtigt. Die THG-Emissionsfaktoren der einzelnen erneuerbaren Energiequellen, die in den hier vorliegenden Berechnungen angesetzt wurden, sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Erzeugungsart	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh)	THG-Einsparung (t CO _{2e} /MWh) gegenüber dem deutschen Strommix
Photovoltaik	0,056	0,416
Wasserkraft	0,003	0,469
Biomasse	0,110	0,362
Windkraft	0,018	0,454

Tabelle 12 – THG-Emissionen und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, (2024))

7.1.3 Energie und THG-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs

Zur Berechnung der THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs wurden Daten des Erdgasnetzbetreibers badenovaNETZE GmbH (für Erdgas) verwendet. Zusätzlich wurden Daten des LUBWs zum Energieverbrauch kleiner und mittlerer Heizanlagen im Jahr 2021 für die Auswertung des Wärmeverbrauchs herangezogen und Anlagen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) abgefragt.

Bei den örtlichen Schornsteinfegern wurde die Heizanlagenstatistik der Kommune abgefragt. Die Heizanlagenstatistik unterscheidet zwischen den Heizenergieträgern Heizöl, Flüssiggas, Erdgas und Feststoffe (Energieholz) und gibt jeweils die Leistung und das Alter der in der Kommune vorhandenen Heizanlagen an.

Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Gemeindeverwaltung zur Verfügung gestellt.

Die für die Berechnung der THG-Bilanz angewendeten Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Wärmeenergieträger können der Tabelle 13 entnommen werden. Die Faktoren stellt das Bilanzierungstool BICO2 BW (IFEU (2024)).

Energieträger	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh)
Erdgas	0,247
Heizöl	0,318
Braunkohle	0,445
Fernwärme	0,259 (Lokal 0,128)
Flüssiggas	0,270
Energieholz	0,022
Solarthermie	0,023
Umweltwärme	0,148

Tabelle 13 – Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung (2021) (Quelle: IFEU (2024))

7.1.4 Datengüte der Energie- und THG-Bilanz

Eine THG-Bilanz kann nach unterschiedlichen Methoden und mit unterschiedlicher Datentiefe erstellt werden, abhängig vom Zweck der Bilanzierung und der Datenverfügbarkeit. Um die Aussagekraft einer Energie- und THG-Bilanz zu bewerten, wird deshalb im Bilanzierungstool BICO2 BW eine Datengüte ermittelt (IFEU, (2024)).

Die Datengüte zeigt die Datenqualität, auf welcher die erstellte Bilanz basiert. Ziel ist es, eine hohe Datengüte zu erreichen, um fundierte Aussagen und daraus wirksame Handlungsempfehlungen treffen zu können. Für jede Eingabe in das BICO2 BW-Tool werden die Datenquelle und die daraus resultierende Datengüte bewertet. Die Datengüte des Verbrauchs pro Energieträger wird anhand des jeweiligen prozentualen Anteils am Gesamtverbrauch gewichtet, wodurch schließlich eine Gesamtdatengüte für die Sektoren und für die Gesamtbilanz ermittelt wird. Die beste zu erreichende Datengüte beträgt 100 % und liegt dann vor, wenn alle angegebenen Daten „aus erster Hand“ sind, also lokale Primärdaten darstellen, z.B. Energieversorgungsdaten für leitungsgebundene Energieträger. Die Datengüte verringert sich, wenn gewisse Werte auf Basis von Hochrechnungen ermittelt werden oder rein statistische Angaben verwendet werden. Je mehr regionale (statt lokale) Kennwerte verwendet werden, desto niedriger ist die Datengüte (IFEU (2012)).

Die Datengüte, der für die Gemeinde Hartheim erstellten Energie- und THG-Bilanz für das Jahr 2021 liegt bei 55 %, womit die Ergebnisse relativ belastbar sind. Tabelle 14 zeigt den jeweiligen Anteil und die Datengüte der Sektoren.

Sektor	Anteil	Datengüte	Belastbarkeit
Private Haushalte	21 %	53 %	relativ belastbar
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	7 %	40 %	bedingt belastbar
Verarbeitendes Gewerbe	6 %	51 %	relativ belastbar
Kommunale Liegenschaften	1 %	100 %	gut belastbar
Verkehr	65 %	50 %	relativ belastbar

Tabelle 14 – Bewertung der Datengüte der Energie- und THG-Bilanz nach Sektoren (inkl. Stromverbrauch)

7.2 Solarpotenzial

Das Solarpotenzial für Dachflächen wurde durch das LUBW im Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt, welcher öffentlich im Internet zur Verfügung steht (LUBW (2024)).

Im Solaratlas werden die freien Dachflächen in folgende Dachkategorien eingeteilt: Sehr gut geeignete, gut geeignete und bedingt geeignete Dächer. Standortanalyse und Potenzialberechnung des Solaratlas werden auf der Grundlage von hochaufgelösten Laserscandaten durchgeführt. Die Potenzialanalyse bezieht sich auf Standortfaktoren wie Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solare Einstrahlung. Die Berechnung dieser Faktoren erfolgt über ein digitales Oberflächenmodell. Auf dieser Basis sind sehr gut geeignete Modulflächen solche Dachflächen, auf denen mehr als 95 % der lokalen Globalstrahlung auftreffen. Dabei handelt es sich um überwiegend nach Süden ausgerichtete Dächer, die kaum oder keiner Verschattung unterliegen. Geeignete Modulflächen sind solche Dachflächen, auf die 80-94 % der lokalen Globalstrahlung auftreffen und bedingt geeignete Flächen nehmen 75-79 % der Globalstrahlung auf.

Für die Abschätzung des Strom- und Wärmeerzeugungspotenzials aus Solarenergie wurde angenommen, dass alle diese unbebauten und im Solaratlas als mindestens bedingt geeignet eingestuften Dachflächen mit Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen belegt werden. Dieser theoretische Wert wird sich in der Praxis sicher nicht vollständig umsetzen lassen, er gibt jedoch einen guten Hinweis auf die Größenordnung des Solarenergieausbaupotenzials.

Der Energieatlas Baden-Württemberg listet, zusätzlich zum PV-Potenzial auf Dächern, Angaben zum Potenzial für PV-Anlagen auf Freiflächen auf (LUBW (2024)), die theoretisch für PV-Nutzung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖVO) geeignet sind. Mit der Teilfortschreibung Solar (zur Zeit der Erstellung dieses Fachgutachtens in der Offenlage befindlich) wurde erstmals Gebiete für Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Regionalplan Südlicher Oberrhein festgelegt. Diese Flächen wurden bei der hier vorliegenden Wärmeplanung verwendet. Das aus den ausgewiesenen Flächen entstehende Potenzial wird auf Basis eines Erfahrungswertes für Freiflächenanlagen berechnet. Dieser Faktor liegt bei 1 MW/ha und wird mit 1.000 Volllaststunden pro Jahr multipliziert. Letztere bemessen sich durch die ungefähre Globaleinstrahlung in Süddeutschland.

7.3 Erdwärmesondenpotenziale

Zur Darstellung des Erdwärmesondenpotenzials wurde der Wärmeentzug des Untergrundes durch Erdwärmesonden auf Basis der Berechnungssoftware „GEOHANDlight V. 2.2“ ermittelt (Hochschule Biberach a.d.R.). Folgende vorgegebene Wärmeparameter wurden dabei zugrunde gelegt:

Wärmeparameter	Vorgegebener Wert
Ø Oberflächentemperatur	10,2 °C (Klimazone 12 nach DIN 4710)
Wärmeleitfähigkeit λ	2,25 W/mK
Volumenbezogene Wärmekapazität $c_{p(V)}$	2,18 MJ/m ³ K

Tabelle 15 – Vorgegebene Untergrundparameter

Die Wärmeleitfähigkeiten des Untergrundes liegen im Bereich von 0,8 bis > 1,6 W/mK. Geologisch bedingte thermische Entzugsleistungen liegen im Bereich von 45 bis > 65 W/m Sondenlänge bei 100 m Gesamtlänge. Für Potenzialberechnungen von Einzelsonden werden Werte bis maximal 50 W/m benötigt, für die von Erdwärmesondenfeldern maximal 30 W/m.

Das Geothermiefotenzial wurde mit standardmäßigen Erdwärmesonden bei einem gängigen Bohrlochwiderstand R_b berechnet. Zur Potenzialberechnung wird eine Sondenlänge von 120 m zu Grunde gelegt. Alle Sondenabstände sind so gewählt, dass eine behördliche Genehmigung nach Bergrecht möglichst vermieden wird, wenn der Abstand zur Grundstücksgrenze jeweils die Hälfte dieser Werte beträgt. In der GIS-Anwendung wird dieser Abstand berücksichtigt. Alle vorgegebenen Sondenparameter sind in folgender Tabelle 16 gelistet.

Sondenparameter	Vorgegebener Wert
Bohrlochradius r_b	0,0675 m
Sondenlänge H	120 m
Sondentyp	DN 40, Doppel-U
Bohrlochwiderstand R_b	0,1 mK/W
Sondenabstand bei 2 Sonden / 3 – 4 Sonden	6 m / 7,5 m
Korrigierte g-Werte für r_b/H bei 1 Sonde / 2 Sonden / 4 Sonden	6,38 / 8,48 / 11,78
Temperaturspreizung der Sole in den Sonden	3 K

Tabelle 16 – Vorgegebene Sondenparameter

Tabelle 17 gibt die Ergebnisse der Kalkulation wieder. Technisch nach VDI 4640 und behördlich nach LQS EWS (Ministerium für Umwelt, 2018) geforderte Temperaturwerte wurden eingehalten. Dabei liegt den Werten der eingeschwungene Zustand zwischen Sondenaktivität und Untergrundreaktion zugrunde, was zu einer konservativen Betrachtung führt.

Zur Berechnung der potenziellen Wärmebedarfsabdeckung wurden die in Tabelle 18 genannten Werte genutzt. Der Jahreszeitabhängige Leistungskoeffizient der Wärmepumpe muss mindestens einen Wert von 3,375 aufweisen, um eine Förderberechtigung nach BAFA zu erhalten.

Berechneter Untergrundparameter	Wert
Wärmeentzugsleistung in W/m bei 1 Sonde / 2 Sonden / 4 Sonden à 150 m	42,0 / 38,5 / 33,7
Wassereintrittstemperatur in die Sonde	$\geq -3,0$ °C im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz bei Spitzenlast	$\leq 15,0$ K im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz im Monatsmittel	$\leq 10,3$ K im eingeschwungenen Zustand

Tabelle 17 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte

Parameter zur Wärmebedarfsdeckung	Vorgegebener Wert
Leistungskoeffizient der Wärmepumpe (SCOP)	3,375 (n_s bei 55°C Vorlauf = 135 %)
Vollbenutzungsstunden h	1.800
Maximale Monatslast	16 % der Jahreslast

Tabelle 18 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung

Um die Flächenverfügbarkeit zum Einrichten der Erdwärmesonde(n) zu berechnen, müssen pauschale Seitenverhältnisse der Flurfläche und der Gebäudegrundfläche angenommen werden. Dadurch können sowohl eine nicht nutzbare Gebäudeperipherie (Garage, Garageneinfahrt, Leitungen, Schuppen, Bäume etc.) als auch der nötige Abstand zwischen Sonden und Flurgrenze berücksichtigt werden (vgl. Tabelle 19).

Parameter für Sondenbelegungsichte	Vorgegebener Wert
Seitenverhältnis der Flurfläche / Gebäudegrundfläche	1 : 2,5 / 1 : 1,5
Berechnung der nicht nutzbaren Fläche bei 3 m Abstand zum Gebäude	$A_{\text{Gebäude}} + 12,3 \cdot \sqrt{A_{\text{Gebäude}}} + 36$
Belegungsfläche für 1 Sonde / 2 Sonden / 3 – 4 Sonden	18 m ² / 36 m ² / 169 m ²

Tabelle 19 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsichte

Die Potenzialkarten zeigen auf dieser Grundlage an, welches Gebäude seinen Wärmebedarf mit ein, zwei oder bis zu vier Sonden bei der zur Verfügung stehenden Flurfläche decken kann, ohne auf die sonstige Nutzfläche verzichten zu müssen.

7.4 Luft/Wasser-Wärmepumpenpotenziale

Das Luft/Wasser-Wärmepumpenpotenzial wird in einem von der badenovaNETZE entwickelten Wärmepumpenkataster auf der Grundlage folgender Parameter berechnet:

- Gebäudewärmebedarf auf Basis von Daten der Deutschen Gebäudetypologie
- Gebäudeheizlast ohne TWW-Bedarf zur Bemessung der Wärmepumpenleistung bei Bestandsgebäuden (bei Neubauten ab 2010 mit TWW-Bedarf berechnet)
- Schallemissionsberechnungen in Bezug auf Kennwerte ausgewählter und markttypischer Anlagen, Gebäudeabstand und kommunaler Flächennutzung sowie deren Abgleich mit den Immissionsgrenzwerten der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)
- Bemessung der elektrischen Anschlussleistung im Auslegungsfall anhand von Kennwerten ausgewählter und markttypischer Wärmepumpen (COP inkl. E-Stabeinsatz)
- Zugrundelegung von Jahresarbeitszahlen (JAZ) anhand empirischer Daten aus öffentlich zugänglichen Studien (Günther, D. et al., 2020)

- f. Strombedarfsberechnung auf Basis des Gebäudewärmebedarfs und der Zugrunde gelegten JAZ (in Abhängigkeit vom Gebäudealter; inkl. TWW-Bedarf)
- g. Wärmepotenzialbetrachtung anhand der erreichten JAZ mit Betrag 2,9 im Jahr 2030 bei einer steigenden Gebäudesanierungsquote von bis zu 2 % ab 2028. Bei Wohngebäuden, die eine WP-Leistung von maximal 12,5 kW benötigen, soll die Eignung bereits bei JAZ 2,8 erreicht werden, was einem derzeitigen fossilen Primärenergiebedarf von 64 % der erzeugten kWh Wärme entspricht.

7.5 Grundwasserpotenziale

Folgende Annahmen wurden für die Berechnung des Grundwasserpotenzials angesetzt:

- Die Schüttungsmenge liegt bei ca. 6 bis 12 l/s.
- Die jahreszeitlich differenzierte Leistungszahl der Wärmepumpe wird für die Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden mit mindestens 3,75 angesetzt.
- die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf des Brunnenwassers soll im Fall W10/W35 maximal 4 K betragen.

Das lokale Potenzial lässt sich nur grob über eine Berechnungsformel zum Grundwasserandrang V' in m^3/s quantifizieren.

- Es wird mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $kF = 0,002$ m/s gerechnet.
- Die Grundwasserabsenkung bei Entnahme wird mit $s = 1,5$ m angesetzt.
- Die erschlossene Mächtigkeit (hM) des Grundwasserführenden Lockergesteins soll 4 m betragen.
- Unter der Bedingung, dass das Grundwasser im gespannten Zustand vorliegt, gilt für den Leistungsbereich des Brunnens $V' = kF * hM * s = 0,002$ m/s * 4 m * 1,5 m = 0,012 m^3/s = 12 l/s Entnahmeleistung.

Die nachfolgende Tabelle 20 fasst das daraus ermittelte Potenzial für je einen einzelnen Brunnen übersichtlich zusammen.

Grundwasser Potenziale	Wert	Einheit
Einzelner Brunnen		
Tiefe (m)	12	m
Fördermenge	0,012	m^3/s
Temperatur	10	°C
Delta	4	K
Potenzial je Brunnen	200	kW
1 Brunnen		
Gesamtwärmeleistung bei COP 3,75	0,274	MW
Gesamtwärme bei 2.400 h/a	657,4	MWh/a

Tabelle 20 – Abschätzung des Wärmeerzeugungspotenzial aus Grundwasser

7.6 Zielszenario

Folgende THG-Emissionsfaktoren wurden für die Berechnung des Zielbilds angesetzt.

Erzeugungsart	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh)		Quelle
	2030	2040	
Strommix Deutschland	0,270	0,032	9
Photovoltaik	0,036	0,030	10
Wasserkraft	0,003	0,003	10
Biogas	0,092	0,087	10
Klärgas	0,048	0,046	10
Windkraft	0,009	0,008	10

Tabelle 21 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Strom nach Erzeugungsart für die Jahre 2030 und 2040

Energieträger	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh) im Jahr		Quelle
	2030	2040	
Erdgas	0,233	0,233	10
Heizöl	0,311	0,311	10
Braunkohle	0,473	0,473	10
Fernwärme	0,061	0,061	10
Energieholz	0,022	0,022	10
Solarthermie	0,025	0,025	10
Abwärme	0,038	0,036	10
Geothermie	0,078	0,071	10
Wasserstoff	0,081	0,040	10
Umweltwärme	0,066	0,010	11

Tabelle 22 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Wärme nach Energieträger für die Jahre 2030 und 2040

⁹ Eigene Berechnung basierend auf dem Technikkatalog für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg von der KEA-BW (Peters, et al., 2022). Die Zielwerte für das Jahr 2040 sind im Technikkatalog noch als Wert für das Jahr 2050 notiert. Die Werte für das Jahr 2030 wurden als Mittelwert des Istwertes und des Zielwertes berechnet.

¹⁰ Berechnung aus BICO2-BW

¹¹ Eigene Berechnung anhand der Entwicklung des Emissionsfaktors für den deutschen Strommix

8. Glossar

Abwärme	Die bei einem wärmetechnischen Prozess entstehende, aber bei diesem nicht genutzte Wärme bezeichnet man als Abwärme. Sie ist ein Nebenprodukt eines Herstellungsprozesses.
Batterie	Ein Erzeuger, in dem elektrochemische Energie kleiner Elemente in elektrische Energie umgewandelt wird, so dass ein elektrisches Gerät auch ohne Netzanschluss betrieben werden kann.
Biomethan	Biomethan (auch Bioerdgas genannt) ist ein auf Erdgasqualität aufbereitetes Gasmisch, welches aus Biogas gewonnen wird. Es entsteht durch die Aufbereitung von Rohbiogas mittels CO ₂ -Abscheidung und Reinigung. Das so aufbereitete Biomethan kann dann ins Erdgasnetz eingespeist werden.
Blockheizkraftwerk	Ein Blockheizkraftwerk ist eine Anlage zur Gewinnung elektrischer Energie und Wärme. Ein Verbrennungsmotor treibt einen Generator an wodurch Energie erzeugt wird. Die dabei entstehende Wärme erhitzt Wasser, dies kann wiederrum genutzt werden.
Brennstoffzelle	Ein technisches Gerät, das aus Wasserstoff und (dem in der Luft enthaltenen) Sauerstoff Wasser erzeugt, wobei bei diesem Prozess nutzbare elektrische Energie in Form von Strom erzeugt wird.
CO₂-neutral	Dieser Begriff sagt aus, dass die Verwendung eines Brennstoffs oder auch eine menschliche Aktivität keinen Einfluss auf die Kohlendioxid-Konzentration der Atmosphäre hat und insofern nicht klimaschädlich ist.
Dezentrale Energieversorgung	Privathaushalte versorgen sich selbstständig mit Strom oder Wärme. Zum Beispiel durch eine Photovoltaikanlage oder eine Wärmepumpe.
Eigenverbrauch	Der Eigenverbrauch ist der Anteil, der in einer eigenen Anlage erzeugten elektrischen Energie, die selbst verbraucht wird.
Emission	Ist der Ausstoß von gasförmigen Stoffen, welche Luft, Boden und Wasser verunreinigen.
Energieholz	Altholz oder jegliches andere Holz, welches zu Hackschnitzeln oder Holzpellets verarbeitet werden, um diese wiederrum in Heizungsanlagen in Energie umzuwandeln.
Energieverbrauch	Unter Energieverbrauch versteht man den Verbrauch von Energieträgern, z.B. Brenn- und Kraftstoffe, Benzin, Heizöl und Erdgas, und von elektrischer Energie.
Erdwärmesonde	Dies ist eine Sonde, welche zur Gewinnung von Erdwärme in den Boden eingelassen wird, um oberflächennahe Geothermie zu nutzen.
Erneuerbare-Energien-Gesetz	Das deutsche Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) soll den Ausbau von Energieversorgungsanlagen vorantreiben, die aus sich erneuernden (regenerativen) Quellen gespeist werden. Grundgedanke ist, dass den Betreibern der zu fördernden Anlagen über einen bestimmten Zeitraum ein festgelegter Vergütungssatz für den eingespeisten Strom gewährt wird. Dieser orientiert sich an den Erzeugungskosten der

	jeweiligen Erzeugungsart, um so einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen zu ermöglichen.
Endenergie	Endenergie ist die Energie, die vor Ort z.B. im Wohnhaus eingesetzt wird. Im Fall von Strom ist dies die Menge Strom, die über den Hausanschluss an einen Haushalt geliefert wird. Im Fall von Wärme ist es die Menge an Heizöl, Erdgas, Holz, etc., mit der die Heizung „betankt“ wird. Die Endenergie unterscheidet sich von der Nutzenergie (s.u.).
Fernwärme	Zentral erzeugte Wärme, die über ein Leitungsnetz zu den jeweiligen Gebäuden bzw. Abnehmern gebracht wird. Die Begriffe Nahwärme und Fernwärme werden in diesem Fachgutachten synonym verwendet.
Festmeter	Ein Festmeter ist ein Raummaß für Festholz und entspricht 1 m ³ fester Holzmasse.
Fossile Energie	Sind Braunkohle, Steinkohle, Erdöl usw.
Gebäudetypologie	Bei dieser Typologie wird der Wohngebäudebestand nach Baualter und Gebäudeart in Klassen eingeteilt, so dass Analysen über Energieeinsparpotenziale eines größeren Gebäudebestands möglich sind.
Geothermische Energie	Die direkte oder indirekte Nutzung von Wärme aus dem Erdreich (Erdwärme) wird als Geothermie bezeichnet. Es handelt sich um eine Form erneuerbarer Energie, die insbesondere in Form von Niedertemperaturwärme bereits heute verbreitet genutzt wird.
Heizwärmebedarf	Beziffert die Menge an Heizwärme, die ein Gebäude über einen bestimmten Zeitraum benötigt
Kilowatt	Ein Kilowatt (kW) entspricht 1.000 Watt. Dies ist die Einheit der Leistung, mit der unter anderem die Leistungsfähigkeit von Photovoltaikanlagen gemessen wird.
Kilowattstunde	Der Verbrauch elektrischer Energie wird in Kilowattstunden angegeben (Leistung über eine Zeitspanne hinweg). Eine Kilowattstunde entspricht der Nutzung von 1.000 Watt über einen Zeitraum von einer Stunde. Für eine Stunde bügeln wird etwa 1 kWh Strom benötigt.
Kohlendioxid	Kohlendioxid ist ein Gas, welches bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Kraft- und Brennstoffe entsteht. In der Regel wird nahezu der gesamte Kohlenstoffgehalt von Brennstoffen und Kraftstoffen bei der Verbrennung in Kohlendioxid umgesetzt; allenfalls kleine Anteile werden zu Ruß oder zum sehr giftigen Kohlenmonoxid.
Kraft-Wärme-Kopplung	Dies ist die gleichzeitige Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie in einem Kraftwerk. Die thermische Energie ist dabei ein Nebenprodukt bei der Herstellung von elektrischer Energie.
Megawattstunde	Eine Megawattstunde (MWh) entspricht 1.000 kWh (s.o.)
Nahwärme	Wenn Wärme von einem zentralen Wärmeerzeuger zu Verbrauchern transportiert wird, die Entfernungen aber relativ klein sind (meist unter 1 km), spricht man von Nahwärme. Die Begriffe Nahwärme und Fernwärme werden in diesem Fachgutachten synonym verwendet.
Nutzenergie	Nutzenergie stellt die Energie dar, die unabhängig vom Energieträger vom Wärmeverbraucher genutzt werden kann. Die Nutzenergie ist also gleich der Endenergie (s.o.) abzüglich der Übertragungs- und

	Umwandlungsverluste. Hierbei spielt bspw. der Wirkungsgrad der Heizanlage eine Rolle. Die Berechnungen zum Wärmekataster und zum Sanierungspotenzial basieren auf der Nutzenergie.
oberflächennahe Geothermie	Die oberflächennahe Geothermie ist die Nutzung von Erdwärme (Geothermie) aus geringen Tiefen bis zu einigen hundert Metern.
Ökostrom	Elektrische Energie, die nachweisbar auf ökologisch vertretbare Weise aus erneuerbaren Energiequellen hergestellt wird.
Pelletheizung	Eine Heizungsanlage, die mit festem Brennstoff in Pelletform betrieben wird.
Photovoltaik	Die Photovoltaik (oder Fotovoltaik) ist ein technisches Verfahren, um Energie von Licht (also eines Teils der Strahlung der Sonne) mit Hilfe von Solarzellen direkt in elektrische Energie umzuwandeln.
Power-to-Gas	Power-to-Gas ist ein Konzept, dessen zentraler Bestandteil die Erzeugung von erneuerbaren Gasen (z. B. Wasserstoff oder Methan) mit Hilfe elektrischer Energie ist.
Power-to-Heat	Power-to-Heat bedeutet die Erzeugung von Wärme aus elektrischer Energie. Der Begriff wird üblicherweise nicht für jede Erzeugung von Elektrowärme benutzt, sondern nur im Zusammenhang mit der Nutzung von zeitweise anfallenden Überschüssen an elektrischer Energie.
Primärenergieverbrauch	Der Primärenergieverbrauch, abgekürzt PEV, gibt an, wie viel Energie in einer Volkswirtschaft eingesetzt wurde, um alle Energiedienstleistungen wie zum Beispiel Produzieren, Heizen, Bewegen, elektronische Datenverarbeitung, Telekommunikation oder Beleuchten zu nutzen. Es ist also die gesamte einer Volkswirtschaft zugeführte Energie. Eingesetzte Energieträger sind bisher vor allem Heizöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle, Kernenergie, Wasserkraft und Windenergie.
Prozesswärme	Prozesswärme ist die Wärme, die für die Durchführung von bestimmten technischen Prozessen (insbesondere in der Industrie) benötigt wird.
Solarkataster	Solarkataster sind Landkarten, die aufzeigen, wie gut vorhandene Dachflächen für die Installation von Photovoltaikanlagen oder Solarthermieanlagen geeignet sind.
Solarthermie	Solarthermie bezeichnet die Gewinnung von Wärme aus der Sonneneinstrahlung mit Hilfe von Sonnenkollektoren.
Stickstoffoxide	Stickstoffoxide ist ein Sammelbegriff für zahlreiche gasförmige Stickoxide. Eine der Hauptquellen für Stickoxide in der Atmosphäre sind Abgase, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, z.B. Kohle oder Kraftstoff, entstehen. Der Verkehr gilt als der größte Verursacher von NO _x -Emissionen.
Strommix	Der Strommix beschreibt die Kombination verschiedener Energiequellen, die für die Erzeugung von Strom eingesetzt werden. Derzeit werden deutschlandweit überwiegend fossil befeuerte Kraftwerke (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Heizöl) sowie Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke, Windkraft-, Biogas- und Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung eingesetzt.

Technisches Potenzial	Das technische Potenzial ist der Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist.
Über Normal Null	Dabei handelt es sich in der Geodäsie um die Bezeichnung für eine bestimmte Niveaufläche, die in einem Land als einheitliche Bezugsfläche bei der Ermittlung der Erdoberfläche vom mittleren Meeresniveau dient. Das Normalnull in Deutschland repräsentiert das Mittelwasser der Nordsee, „0 m ü. NN.“ ist also gleichbedeutend mit „mittlerer Meereshöhe“.
Umgebungswärme	Energie, die sich durch tägliche Sonneneinstrahlung und den Wärmefluss im Erdinneren, natürlicherweise in der Umwelt, befindet. Sie wird zum Beispiel in Flüssen, Seen sowie in der Luft oder dem Erdreich gespeichert. Sie wird zum Teil als erneuerbare Energiequelle genutzt.
Volatilität	Die Anfälligkeit eines bestimmten Gutes für Schwankungen. In der Energiebranche spricht man von Volatilität der erneuerbaren Energien, da die Stromerzeugung aus bestimmten erneuerbaren Energien witterungsbedingt sowie Jahres- und tageszeitlich bedingt Schwankungen unterworfen ist.
Wärmebedarf	Ist der Bedarf der Wärme welches ein Haus verbraucht.
Wärmebrücke	Bezeichnung für eine Stelle in der Bausubstanz, die mehr Wärme ableitet als ihre umgebenden Flächen.
Wärmekataster	Ein Wärmekataster gibt Auskunft über den Wärmebedarf von Gebäuden und die Lage der Wärmequellen und -verbraucher in einer Kommune. Es kann als Grundlage für die Auslegung eines Nahwärmenetzes verwendet werden.
Wärmeschutzverordnung	Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden seit 1983. Durch die folgenden Novellierungen und verschärften gesetzlichen Anforderungen wird das Gebäude immer mehr als ein „Gesamtsystem“ mit ganzheitlichen Planungen begriffen.
Wirtschaftliches Potenzial	Das wirtschaftliche Potenzial ist der Anteil des technischen Potenzials, den man erhält, wenn die Gesamtkosten (Investition, Betrieb und Entsorgung einer Anlage) für die Energieumwandlung einer erneuerbaren Energiequelle berechnet und in der gleichen Bandbreite liegen wie die Gesamtkosten konkurrierender Systeme.

9. Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen e. V. (AGEB), 2022. *Stromerzeugung nach Energieträgern (Strommix) von 1990 bis 2022 (in TWh) Deutschland insgesamt.* [Online] Available at: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/09/STRERZ22_Abgabe-12-2022_inkl-Rev-EE.pdf

Agentur für erneuerbare Energien, 2017. *INDUSTRIELLER WÄRMEBEDARF NACH WIRTSCHAFTSZWEIGEN.* [Online].

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2019. *Energieeffizienz in Zahlen Entwicklungen und Trends in Deutschland 2019*, Berlin: s.n.

Busch, M., Botzenhart, F., Hamacher, T. & Zölitz, R., 2010. GIS-gestützte Abbildung der Wärmenachfrage auf kommunaler Ebene am Beispiel der Gemeinde Greifswald mit besonderem Blick auf die Fernwärme. In *gis.SCIENCE*, 3/2010 S. 117-125.

Christ, O. & Mitsdoerffer, R., 2008. *Regenerative Energie nutzen - Wärmequelle Abwasser. WWT - Wasserwirtschaft Wassertechnik (05/2008): M6 - M12.* [Online].

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), 2005. *Energie aus Abwasser - Leitfaden für Ingenieure und Planer*, Bern/Osnabrück.: s.n.

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena), 2023. *Thermische Energiespeicher für Quartiere - Aktualisierung, Überblick zu Rahmenbedingungen,* [Online] Available at: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/Thermische_Energiespeicher_fuer_Quartiere_-_Aktualisierung.pdf [Zugriff am März 2023].

Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2022. *Erneuerbare Energien integrieren – Versorgungssicherheit gewährleisten.* [Online] Available at: <https://www.dena.de/themen-projekte/energiesysteme/flexibilitaet-und-speicher/> [Zugriff am 28 Februar 2023].

Dr. Sara Fritz, D. M. P. i., 2018. *Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende*, Heidelberg: ifeu.

Europäisches Parlament, 2022. *Was versteht man unter Klimaneutralität und wie kann diese bis 2050 erreicht werden?.* [Online] Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20190926STO62270/was-versteht-man-unter-klimaneutralitaet> [Zugriff am 27 01 2023].

Fraunhofer ISI, Consentec GmbH, ifeu, 2017. *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Module 0-3*, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Günther, D. et al., 2020. *Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Version 2.1*, Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

Hamacher, T. & Hausladen, G., 2011. *Leitfaden Energienutzungsplan, s.l.:* s.n.

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU), 2012. *Pilotphase zum kommunalen Energie- und CO₂-Bilanzierungstool BiCO₂ BW: Endbericht. Heidelberg.* [Online].

Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH (IFEU), 2024. *BiCO2 BW: Version 2.10*. Heidelberg: s.n.

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT (IWU), 2005. *Deutsche Gebäudetypologie - Systematik und Datensätze*, Darmstadt, Darmstadt: s.n.

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB) IM REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, 2022. *Bohrdatenbank: Thematische Suche von Aufschlussdaten*, s.l.: s.n.

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB) IM REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, 2022. *Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (I-SONG)*, s.l.: s.n.

Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2020. *Energieatlas - Ermitteltes Wasserkraftpotenzial*. [Online]

Available at: <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial>

Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2020. *Windenergie in Baden-Württemberg*. [Online]

Available at: <https://www.energieatlas-bw.de/wind/anlagen-und-potenziale>

Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2023. *Solarenergie in Baden-Württemberg*. [Online]

Available at: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne>

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2020. *Freiflächen*. [Online]

Available at: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/freiflaechen>

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022. *Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2021*. Stuttgart.. [Online]

Available at: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Erneuerbare-Energien-2021-barrierefrei.pdf

Ministerium für Umwelt, K. u. E. B.-W., 2018. *Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS)*. [Online]

Available at: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/geothermie/lqs-ews>

Miocic, J. M. & Krecher, M., 2022. *Estimation of shallow geothermal potential to meet heating building demand on a regional scale*, s.l.: Renewable Energy, 185, 629-640.

Nitsch, J. & Magosch, M., 2021. *Plattform Erneuerbare Energien - BADEN-WÜRTTEMBERG KLIMANEUTRAL 2040*. [Online]

Available at: https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user_upload/pee/Startseite/Magazin/Projekt/PDF/20211027_Studie_EE-Ausbau_fuer_klimaneutrales_BW.pdf

[Zugriff am 28 Februar 2023].

Peters, D. M. et al., 2022. *Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg*. Stuttgart: Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH.

Powerloop, K. L. -, 2020. *Wärme-Kraft-Kopplung - Der Schlüssel für eine sichere, saubere und bezahlbare Energiezukunft*. [Online]

Available at: <https://powerloop.ch/wp-content/uploads/2020/07/POWERLOOP-Standardpr%C3%A4sentation-v20200703c-1.pdf>

[Zugriff am 27 Februar 2023].

Purr, K., Günther, J., Lehmann, H. & Nuss, P., 2019. *Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie, 36/2019*, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Rehmann, F., Streblow, R. & Müller, D., 2022. *KURZFRISTIG UMZUSETZENDE MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ VON GEBÄUDEN UND QUARTIEREN*, *Whitepaper*, Berlin: s.n.

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (STALA BW), 2022. *Struktur- und Regionaldatenbank*. [Online]
Available at: <https://www.statistik-bw.de/SRDB/?E=GS>
[Zugriff am 2022].

Sterner, M. & Stadler, I., 2014. *Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.

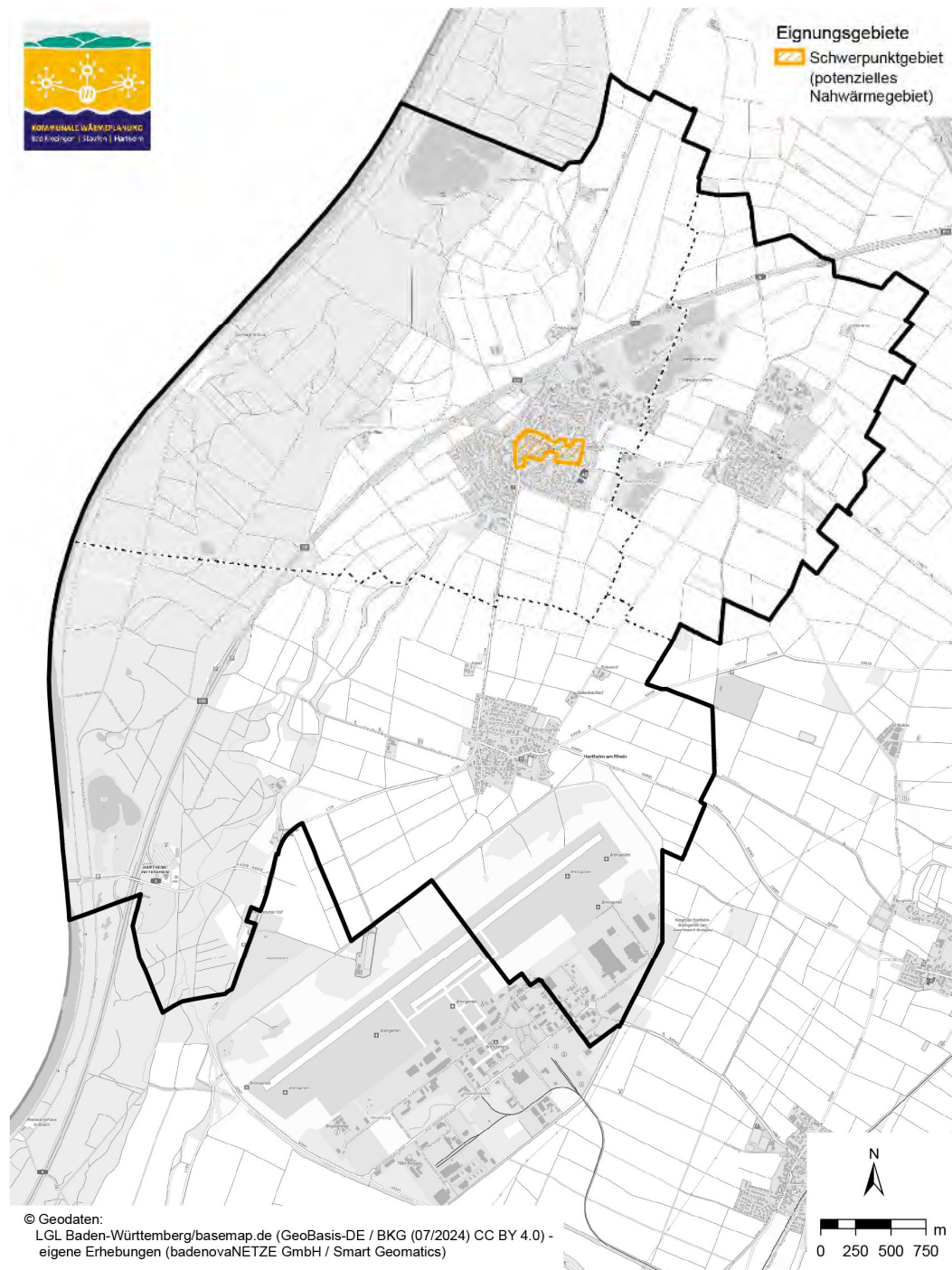
Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU), 2017. *Erdgasinfrastruktur in der Zukunft: Darauf können wir aufbauen*, Berlin: VKU Verlag GmbH.

WBGU, 2011. *Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*, Berlin: WBGU.

10. Anhang

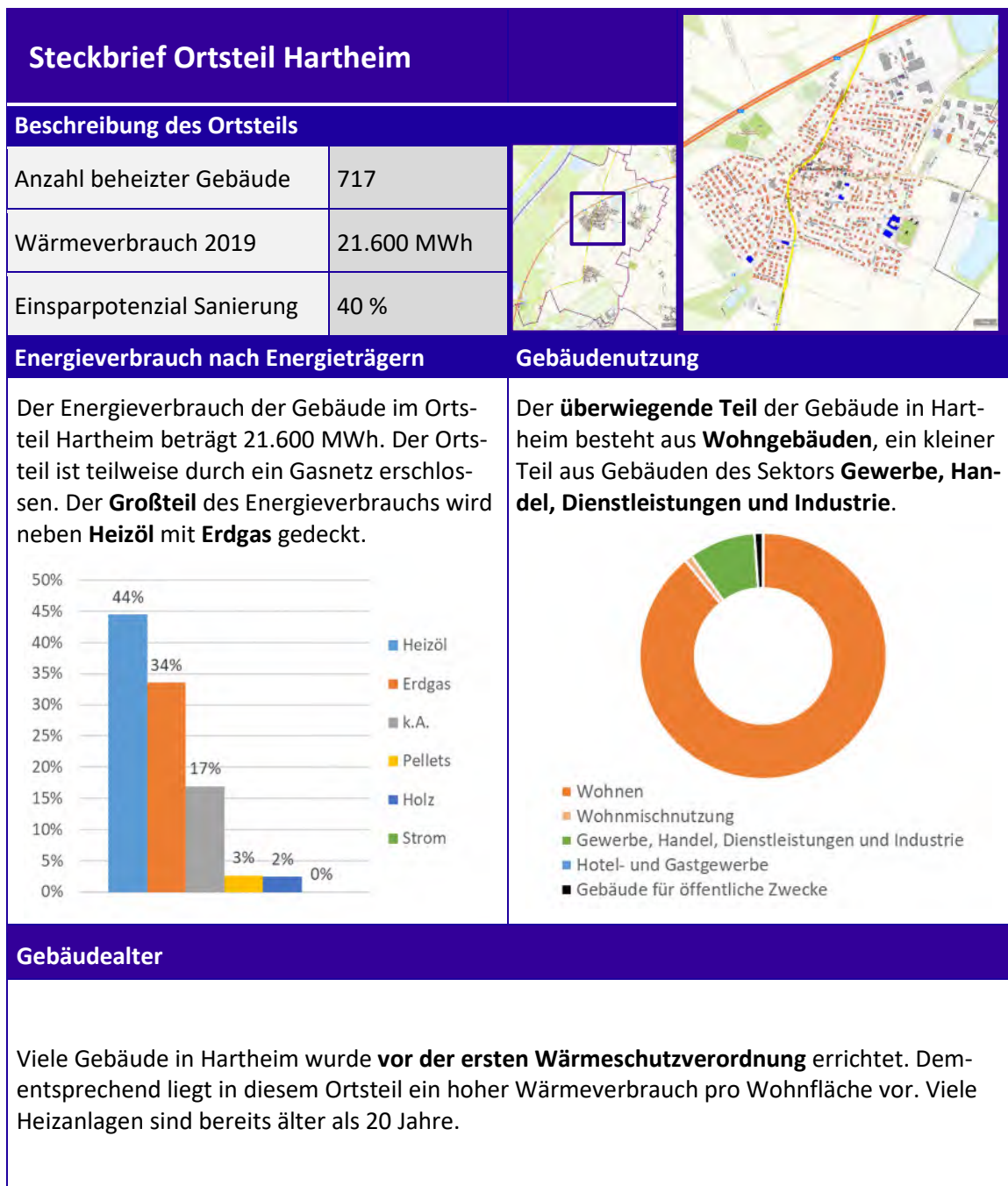
10.1 Steckbriefe der Fernwärme-Eignungsgebiete und für die dezentrale Wärmeversorgung

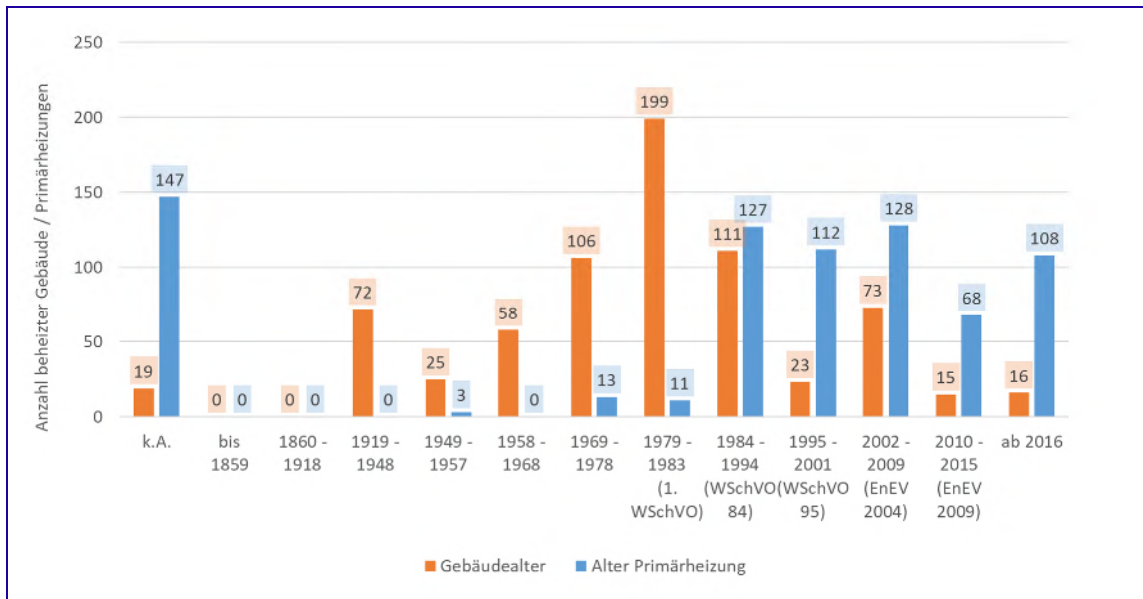
Zur Übersicht stellt die Karte 14 nochmals die Fernwärme-Eignungsgebiete dar, die in der kommunalen Wärmeplanung auf Grundlage aller vorhandenen Daten gewissenhaft ausgewiesen wurden.



Karte 14 - Fernwärme-Eignungsgebiet der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Hartheim (Quelle: badenoVA NETZE GmbH 2024)

10.1.1 Hartheim





Eignungsgebiet in Hartheim

Zentrale Wärmeversorgung:

Der zentrale Bereich Hartheims rund um das Rathaus zeichnet sich durch eine überwiegend alte Wohnbebauung (die meisten Häuser wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet) und ist gerade im Bereich der Feldkircher- und Rheinstraße relativ dicht bebaut.

Aktuell werden in diesem Gebiet ca. 3.100 MWh Wärme jährlich verbraucht. Dabei kommt primär Erdgas und Heizöl zum Einsatz.



Die Wärmedichte je Trassenmeter begünstigt einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes gegenüber einer dezentralen Eigenversorgung, wenn dessen Wert über 1,5 MWh/m liegt. Dies ist im Eignungsgebiet knapp der Fall. Es muss daher bei Bedarf geprüft werden, ob der Bau mit Hilfe von Fördermitteln und bei einer hohen Anschlussquote wirtschaftlich betrieben werden kann.

Ein zukünftiges Netz muss über einen entsprechend erneuerbaren Energieträgermix, welcher verschiedene Last- und Temperaturniveaus abdeckt, versorgt werden. Zu berücksichtigen ist, dass auch die dezentrale Wärmeversorgung vor dem Hintergrund des alten Gebäudebestandes zukünftig mit hohen Kosten einhergehen wird.

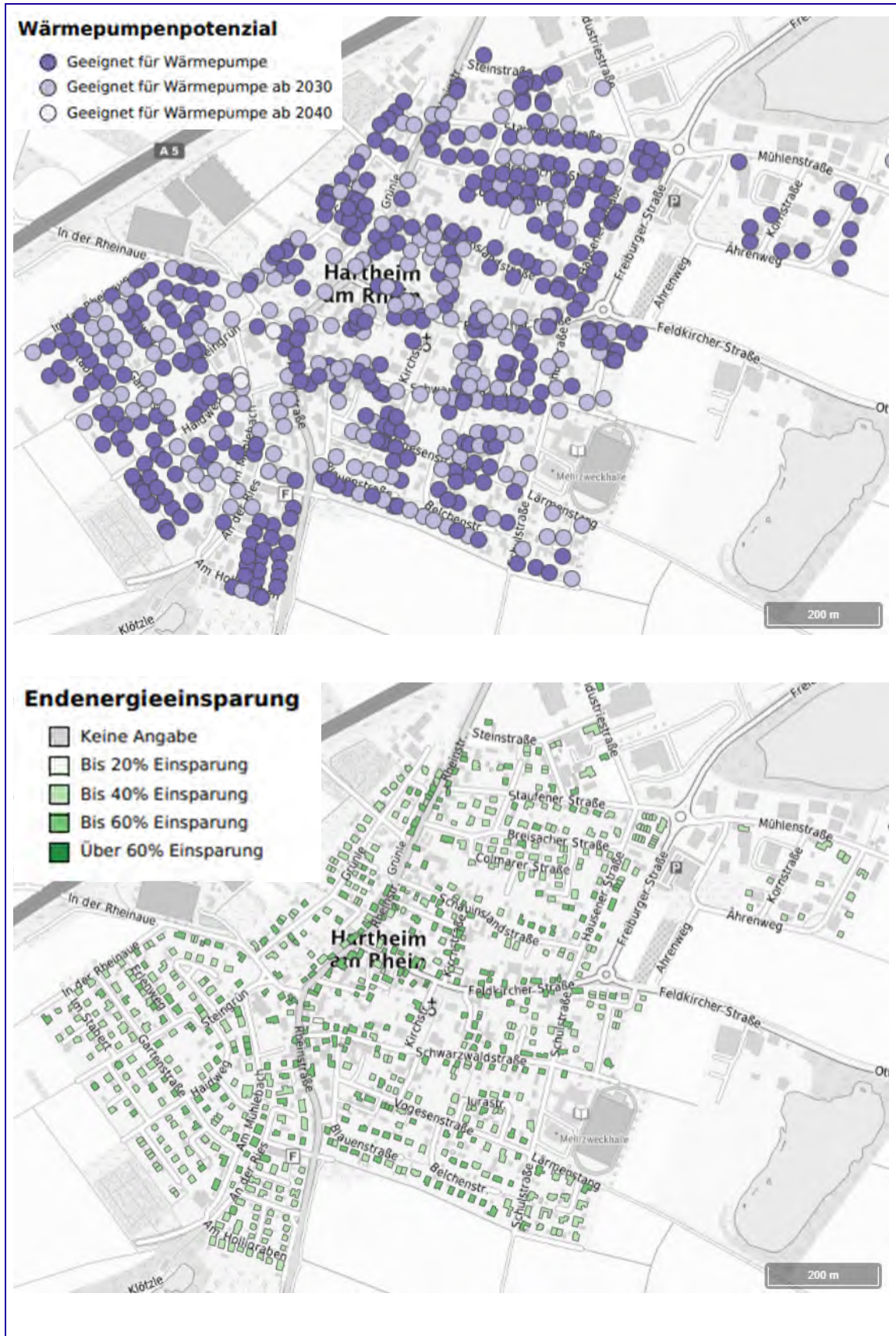
Endenergieverbrauch im Eignungsgebiet: 3.122 MWh/a

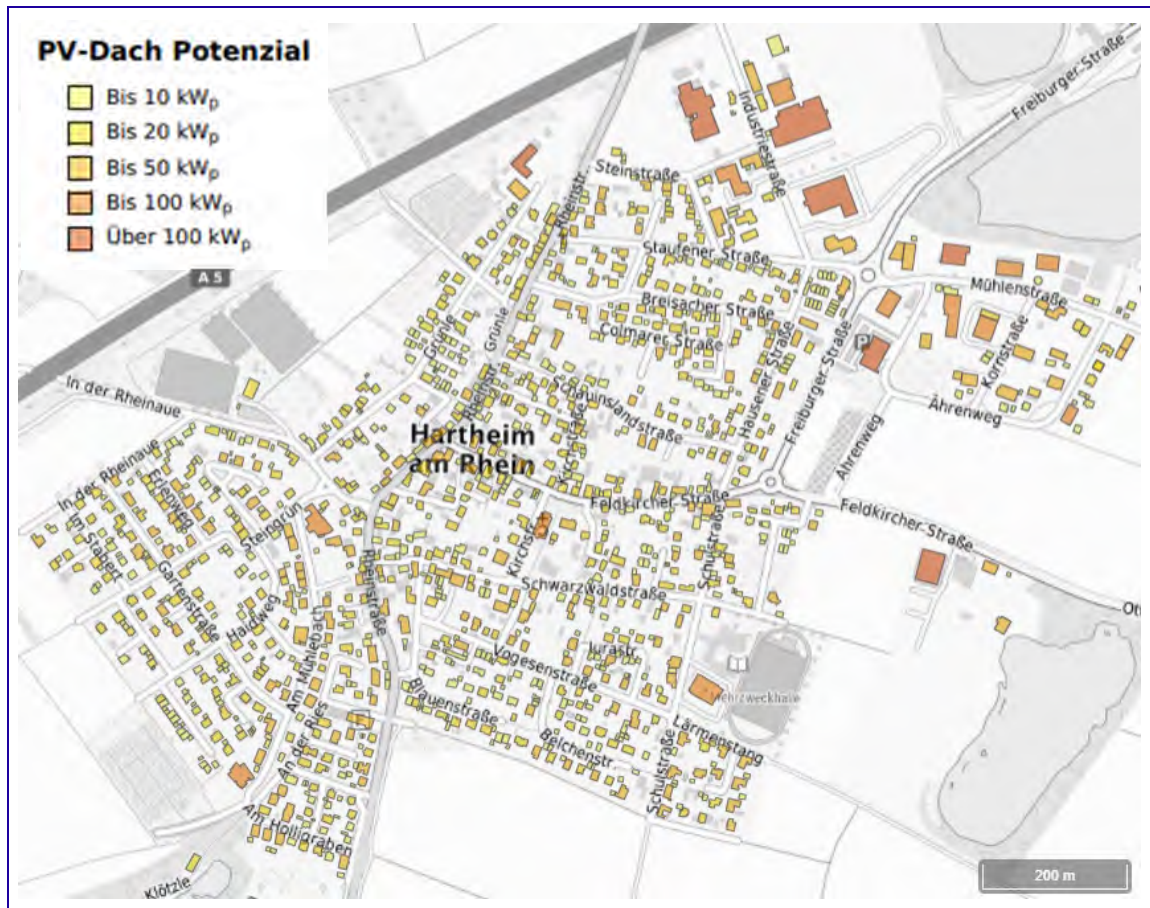
Anzahl Gebäude im Eignungsgebiet: 99

Dezentrale Wärmeversorgung:

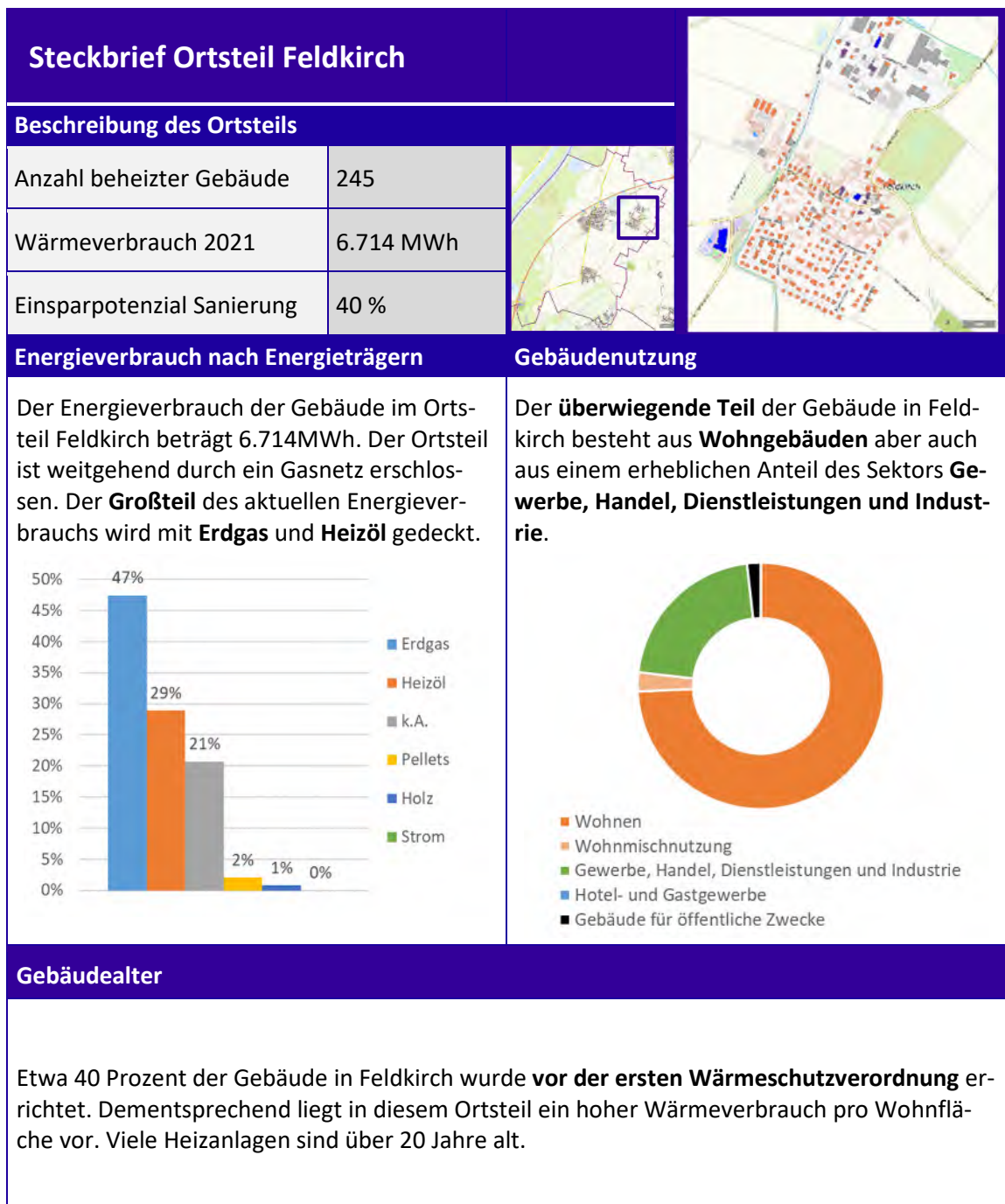
Auf Grund der geringeren Wärmedichte in den Randbereichen, abseits des zentralen Eignungsgebietes, wird in Hartheim eine dezentrale Wärmeversorgung durch eine Kombination aus PV-Anlagen und Wärmepumpen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung als sinnvoll erachtet. Dies kann v.a. mit Hilfe von Gebäudesanierung erleichtert werden, da eine höhere Energieeffizienz des Gebäudes die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe erhöht. Das Sanierungspotenzial der Gebäude beläuft sich auf ca. 7.980 MWh (Endenergieeinsparung von 40%). Lokale Wärmepotenziale bestehen ebenfalls im Rahmen einer Nutzung von Erdwärmesonden, Solarthermie und Luft-Wasser Wärmepumpen. Das PV-Dachflächenpotenzial beläuft sich auf ca. 15.390 MWh/Jahr.

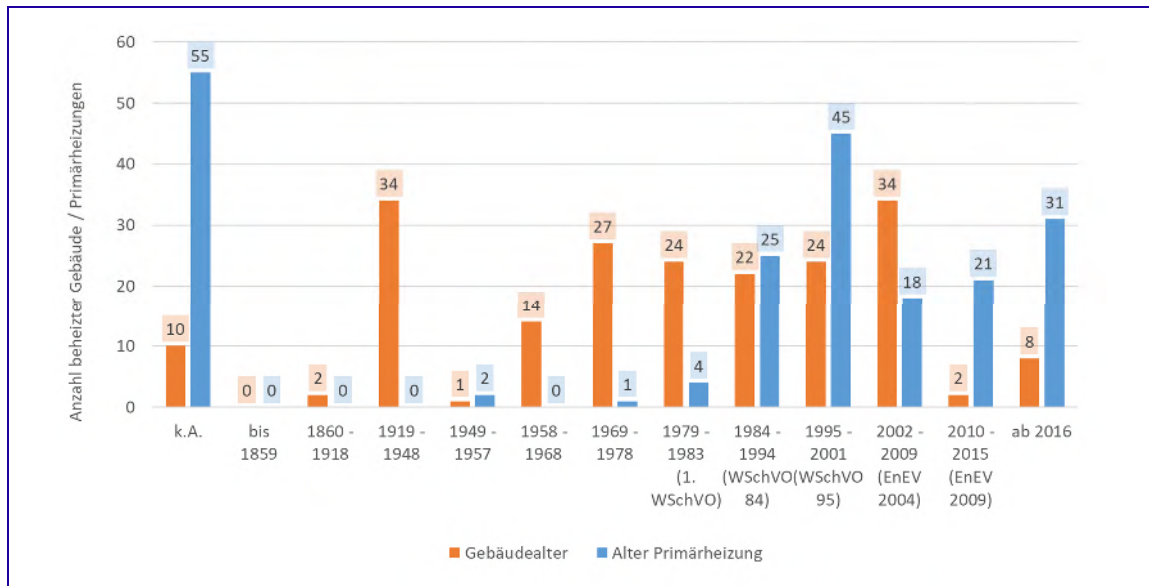
Die untenstehenden Karten zeigen das Wärmepumpenpotenzial in Hartheim sowie das Sanierungs- und PV-Potenzial auf Gebäudeebene. Es wird deutlich, dass viele Gebäude signifikante Einsparpotenziale bzgl. des Wärmeverbrauchs aufweisen. Zudem sind viele Gebäude in Hartheim für die Nutzung einer Luftwärmepumpe geeignet. Durch moderate Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle können viele weitere Gebäude ebenfalls wirtschaftlich sinnvoll mit einer Luft-Wasserwärmepumpe betrieben werden.





10.1.2 Feldkirch





Eignungsgebiet in Feldkirch

Zentrale Wärmeversorgung:

Auf der Gemarkung von Feldkirch befindet sich kein zentrales Eignungsgebiet.

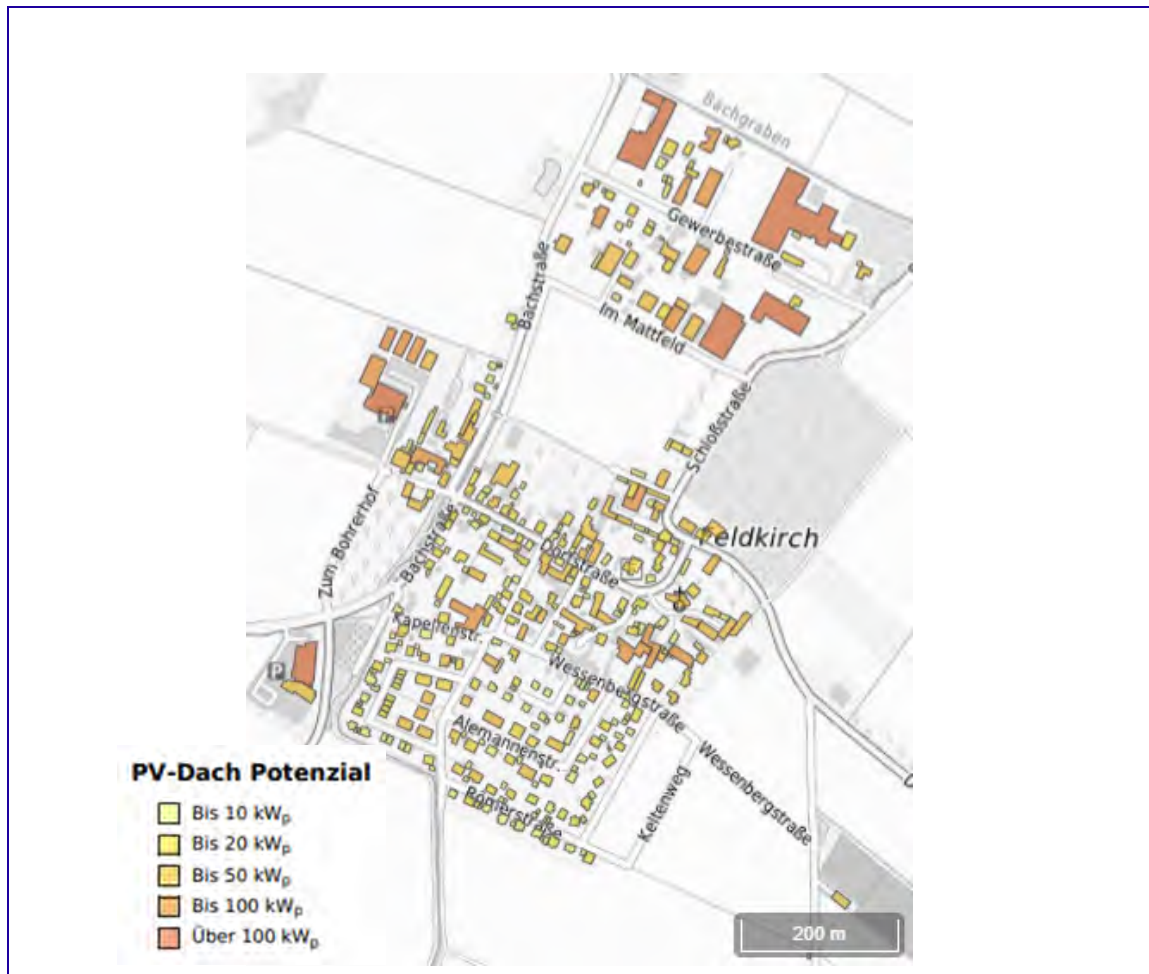
Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Wärmedichte im Ortsteil Feldkirch ist durchgehend gering bis moderat, wodurch die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes wahrscheinlich nicht gegeben wäre. Für die Gebäudeeigentümer und Mieter werden dezentrale Versorgungslösungen, wie z.B. die Luft-Wasser-Wärmepumpe eine große Rolle spielen. Mit zusätzlichen PV-Anlagen oder Gebäudesanierungen lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpen weiter steigern. In manchen Fällen kann auch die Biomasse, beispielsweise in Form von Energieholz, eine sinnvolle Alternative sein.

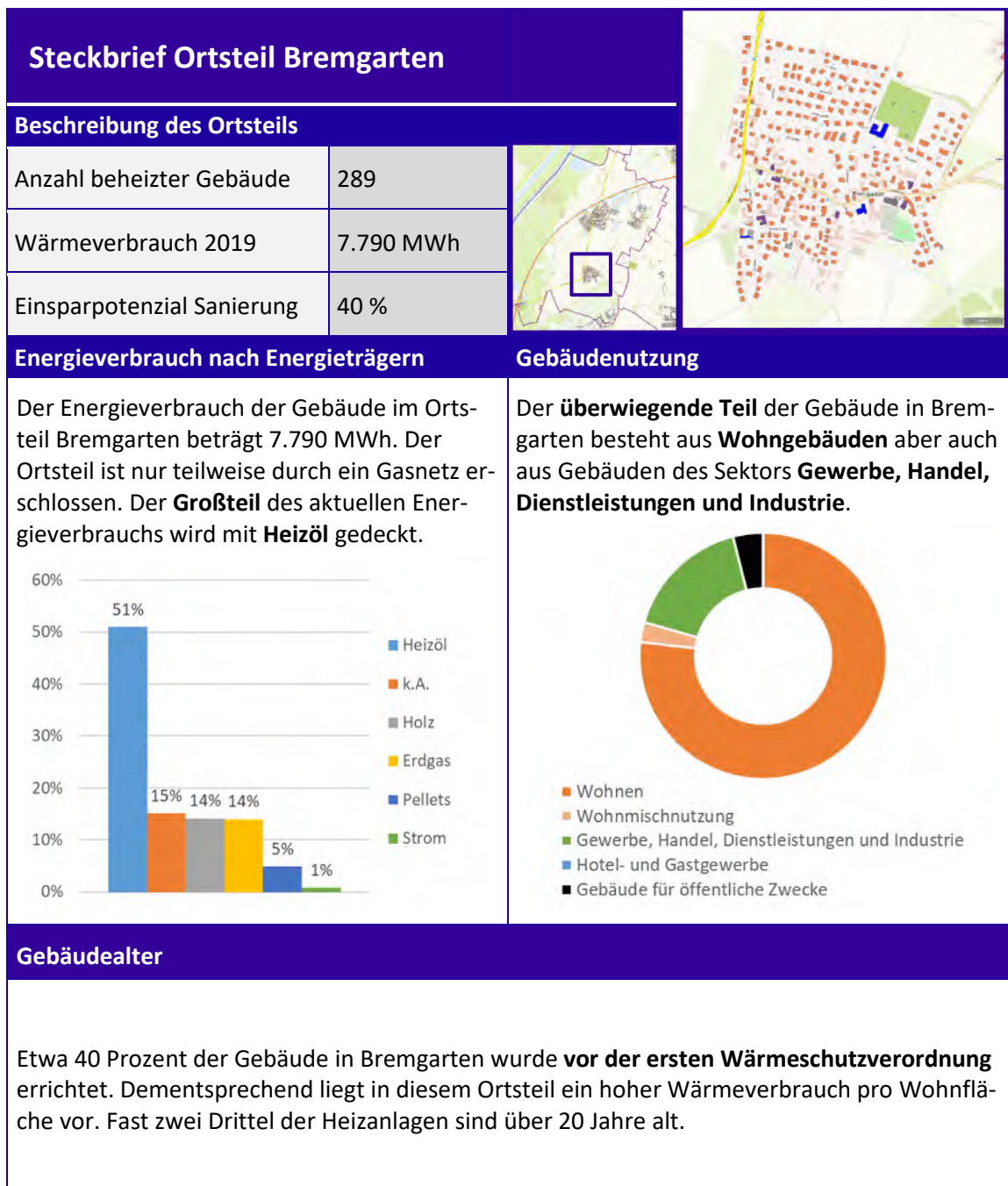
Das Sanierungspotenzial der Gebäude beläuft sich auf ca. 6.714 MWh (Endenergieeinsparung von 41 %). Zudem könnten auf den Dächern 6.264 MWh Solarstrom im Jahr erzeugt werden.

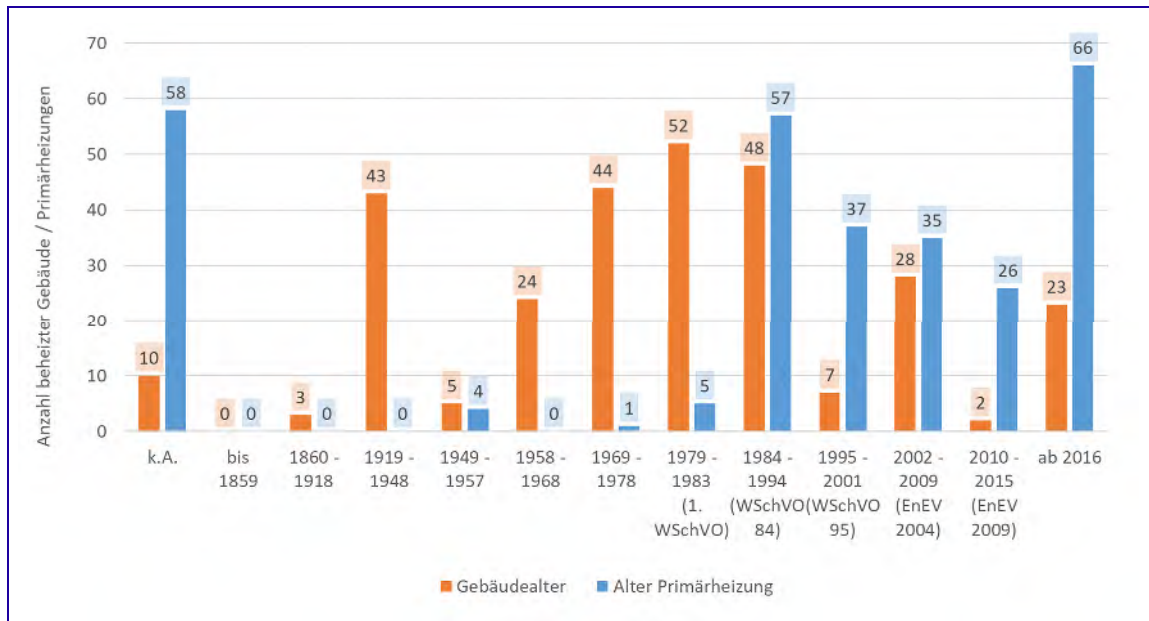
Die untenstehenden Karten zeigen das Wärmepumpenpotenzial in Feldkirch sowie das Sanierungs- und PV-Potenzial auf Gebäudeebene. Es wird ersichtlich, dass sich viele Gebäude für eine Nutzung von Photovoltaik, bzw. Wärmepumpen potenziell geeignet sind. Es ist jedoch bei einigen Gebäuden ratsam, Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen, um den Wärmeverbrauch des Gebäudes zu senken. Dadurch arbeiten die Wärmepumpen wirtschaftlicher, sodass die laufenden Kosten gesenkt werden können.





10.1.3 Bremgarten





Eignungsgebiet in Bremgarten

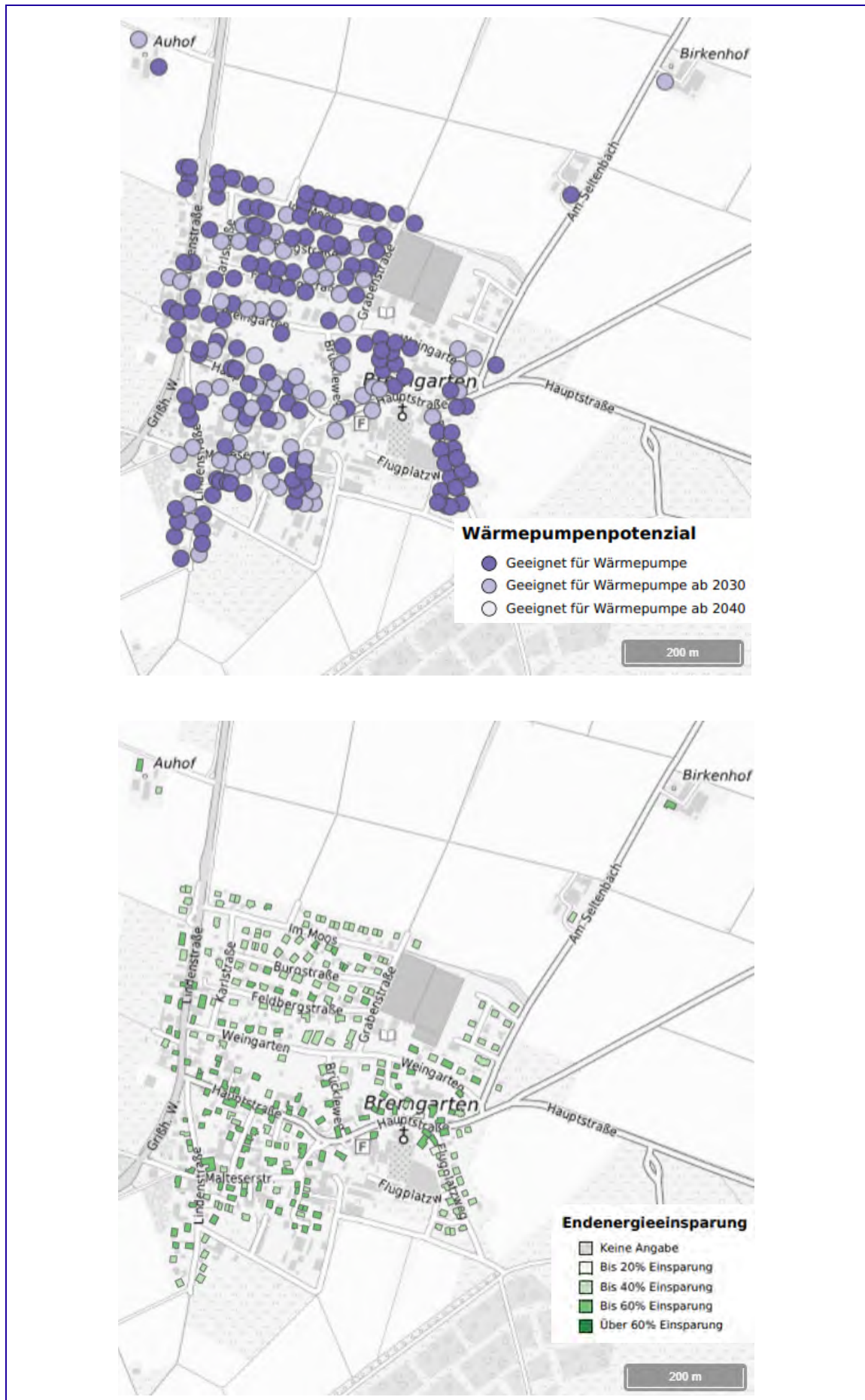
Zentrale Wärmeversorgung:

Auf der Gemarkung von Bremgarten befindet sich kein zentrales Eignungsgebiet.

Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Wärmedichte auf Straßenzugesebene ist in Bremgarten bis auf einige Ausnahmen moderat bis gering. Für ein Wärmenetz ist die Wärmeabnahmemenge zu gering. Bremgarten wurde somit als dezentrales Eignungsgebiet klassifiziert. Der Fokus in Bremgarten sollte auf die Gebäudesanierung gelegt werden. Das Sanierungspotenzial der Gebäude beläuft sich auf ca. 3.069 MWh (Endenergieeinsparung von 40 %). Zudem könnten auf den Dächern 5.566 MWh Solarstrom erzeugt werden. Dieser Strom würde dementsprechend zu einer weiteren Reduzierung der laufenden Kosten der stromgetriebenen Wärmepumpen beitragen. Biomasseheizungen können vor allem eine Alternative für Gebäude darstellen, für welche die erreichten Vorlauftemperaturen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nicht ausreichend ist oder die Wärmepumpe als solche keine wirtschaftliche Alternative bietet. Dies ist jedoch immer eine Einzelfallentscheidung, die auf Gebäudeebene getroffen werden sollte.

Die untenstehenden Karten zeigen das Wärmepumpenpotenzial in Bremgarten sowie das Sanierungs- und PV-Potenzial auf Gebäudeebene. Es ist zu erkennen, dass viele Gebäude bereits heute für eine Wärmepumpe in Frage kommen würden. Bei einigen Gebäuden sollten jedoch vorab moderate Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden, sodass die notwendige Vorlauftemperatur abgesenkt werden kann und die entsprechende Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe steigt.





10.2 Gebäudesteckbriefe

Gebäudesteckbriefe werden für ausgewählte Gebäudekategorien erstellt. Für die Gemeinde Hartheim ergibt sich die Auswahl der Gebäudekategorien aus der Häufigkeitsverteilung der Gebäudetypen (EFH, MFH, etc.) und der vorhandenen Altersklassen (A bis K).

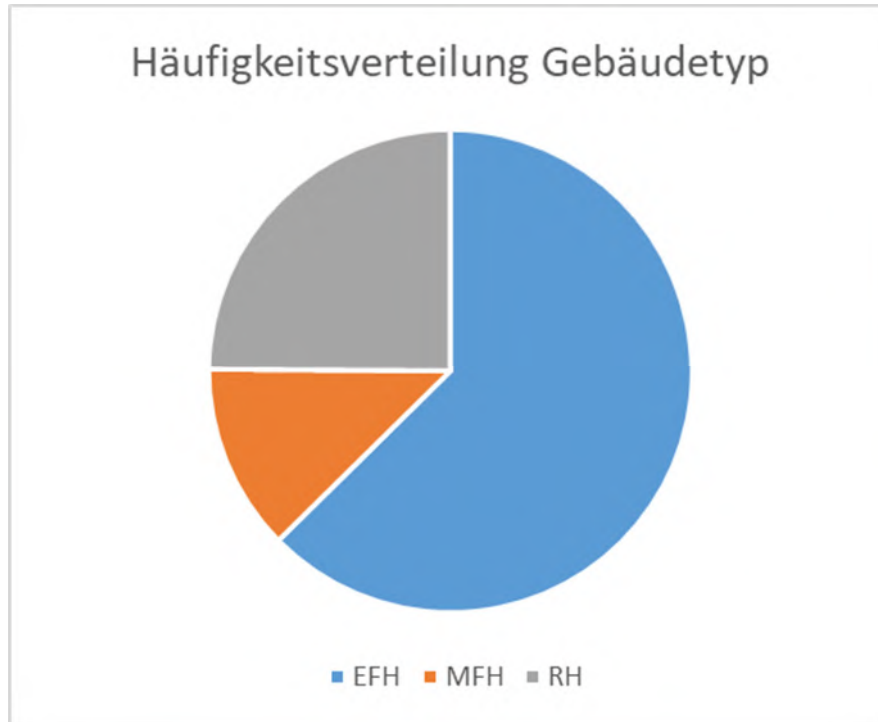


Abbildung 28 – Häufigkeit der jeweiligen Gebäudetypen in der Gemeinde Hartheim

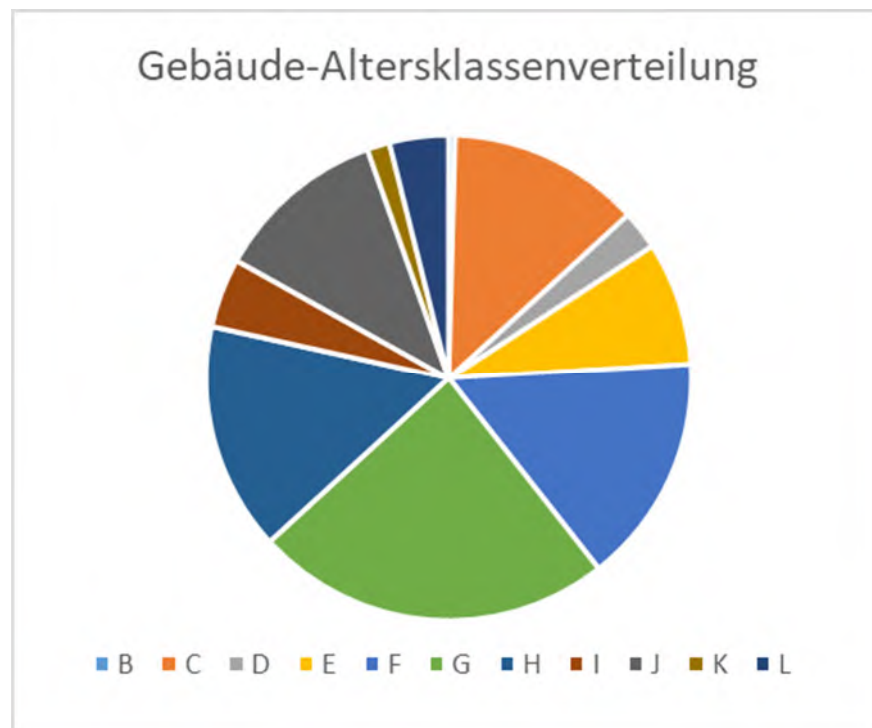


Abbildung 29 – Häufigkeit der Gebäudealtersklassen in der Gemeinde Hartheim

Auf dieser Grundlage werden folgende Steckbriefe für die Informationskampagnen (Maßnahmen 5.2.2 und 5.2.3) bereitgestellt:

EFH:C, E, F, G, H, I; **RH/DHH:**C, E, F, G, H; **MFH:** G

(Siehe auch Tabelle 1 zu den Baualtersklassen und Abbildung 3 zum Gebäudetypen-Anteil).

Im Folgenden wird ein beispielhafter Gebäudesteckbrief für den Typ EFH-E (Einfamilienhaus mit einem Baualter zwischen 1958 und 1968) dargestellt:

Stand: Juli 2023

Gebüdesteckbrief für die Einstiegsberatung



Einfamilienhaus der Baualterklasse E in Anlehnung an die Gebäudetypologie des IWU*

Dieser Steckbrief beschreibt ein typisches unsaniertes Einfamilienhaus der Baualterklasse E.

Es werden beispielhafte Sanierungsmaßnahmen dargestellt, welche für das Typgebäude möglich sind, wie hoch die Investitionskosten sind und wie viel Energie eingespart werden kann. Der Steckbrief zeigt hierzu Größenordnungen auf. Die für das Typgebäude genannten Werte können im konkreten Einzelfall abweichen. Der die Energieberater in geht mit Ihnen den Steckbrief gemeinsam durch und erläutert Ihnen gerne die einzelnen Angaben und Informationen.

Ist-Zustand

Allgemeine Daten

Gebäudetyp	Einfamilienhaus
Baualter	1958 - 1968 (Klasse E)
Wohnfläche	110 m ²
Anzahl Vollgeschosse	1 - 2
Anzahl Wohnungen	1
Keller	unbeheizt
Dachgeschoss	beheizt



Quelle: Deutsche Gebäudetypologie - Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Bauteile Gebäudehülle

Bauteil	Beschreibung	Fläche
Außenwand	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen oder Hochlochziegeln	141 m ²
Außenwand gg. Erdreich	nicht relevant	-
Fenster	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	27 m ²
Dach	Steildach, 5cm Zwischensparrendämmung	169 m ²
oberste Geschossdecke	nicht relevant	-
Kellerdecke	Betondecke mit 1 cm Dämmung	116 m ²
Fußboden gegen Erdreich	nicht relevant	-

Heizungs- und Anlagentechnik

Heizungsart	Gas-Zentralheizung
Warmwasserbereitung	über Zentralheizung
Lüftung	Fensterlüftung

Endenergiebedarf und Energiekosten

Energieart	Endenergiebedarf	Energiekosten ¹⁾
Erdgas	24.000 kWh/a	3.360 €/a
Strom	3.000 kWh/a	1.200 €/a

* Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

¹⁾ Annahmen für die jährlichen Energiekosten (ohne Wartungskosten): Erdgas: 14 Ct/kWh, Strom Haushaltstarif: 40 Ct/kWh, ohne zukünftige Energiepreissteigerung und nicht vergleichbar mit Wärmegestehungskosten.

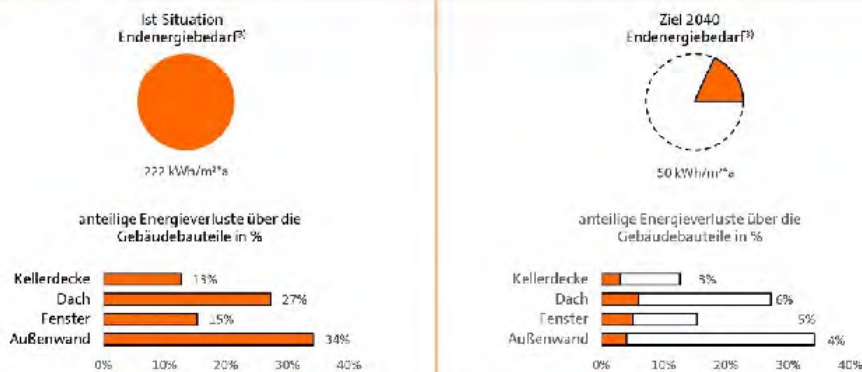
Stand: Juli 2023

Sanierung der Gebäudehülle

Die Sanierung der Bauteile der Gebäudehülle (Fassade, Fenster, Dach, Kellerdecke etc.) wird in der Regel nur alle 30 Jahre (oder noch seltener) vorgenommen und ist mit erheblichen Investitionen verbunden. Wenn Sie sanieren, lohnt es sich langfristig zu denken, gut zu planen und eine möglichst hohe energetische Qualität anzustreben. Die Tabelle zeigt die Kosten und die Energieeinsparung für eine Sanierung der Gebäudehülle - je Bauteil und insgesamt. Alle Sanierungsmaßnahmen wurden so gewählt, dass ein hochwertiger energetischer Standard erreicht wird. Die Nutzung möglicher Förderprogramme und der damit verbundenen Zuschüsse wurden hierbei nicht berücksichtigt. Einen Überblick hierzu finden sie auf der Seite 4.

Sanierung			
Bauteil	Beschreibung	Kosten in € ⁽¹⁾ (Brutto)	Energieeinsparung ⁽²⁾
Außenwand	Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)	64.000 €	30%
Außenwand gg. Erdreich	keine Maßnahme		
Fenster	3 Scheiben Wärmeschutz Verglasung und gedämmtem Rahmen	31.000 €	10%
Dach	18 cm Zwischensparrendämmung und 12 cm Aufsparrendämmung (WLS 035)	68.000 €	22%
oberste Geschossdecke	keine Maßnahme		
Kellerdecke	Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke	14.000 €	9%
Fußboden gegen Erdreich	keine Maßnahme		
Umsetzung aller Maßnahmen	Gesamtkosten und Gesamteinsparung	177.000 €	72%
davon "energiebedingte Mehrkosten"	Anteil der Gesamtkosten, die durch die Dämmung bzw. energetische Maßnahmen verursacht werden (im Gegensatz zur Instandhaltung)	127.000 €	
Nebenkosten	Kosten für Planung und Baubegleitung	30.000 €	
Gesamtinvestition	Maßnahmen und Nebenkosten	207.000 €	

Sanierungsvarianten



Je nach Art und Umfang der Sanierungsvarianten lassen sich bis zu 2.700 € der jährlichen Energiekosten einsparen.

⁽¹⁾ Die hier genannten Werte sind Abschätzungen gem. Baukostenindex für das Beispielgebäude. Kosten und Einsparungen für ein spezielles Gebäude können u.U. deutlich abweichen (je nach Konstruktion, Zustand und Nutzung des Gebäudes).

⁽²⁾ Der Endenergiebedarf eines Gebäudes liefert einen Richtwert über den notwendigen Brennstoffeinsatz in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (abgekürzt: kWh/m²a).



Stand: Juli 2023

Sanierung der Heizung

Die Tabelle gibt einen Überblick über die Systeme, die bei der Heizungssanierung prinzipiell zur Auswahl stehen. Es handelt sich um zentrale Systeme (Zentralheizungen), die sowohl die Raumheizung als auch die Warmwasserbereitung übernehmen. Alle Systeme sind darüber hinaus in der Lage das EWärmeG (Erläuterung siehe letzte Seite) zu erfüllen. Die hier genannten Zahlen gelten für das Beispielgebäude. Für den Einzelfall ist die Wirtschaftlichkeit jeweils individuell zu prüfen!

System	Beschreibung / Hinweise	Investitionskosten in € (Brutto) ⁴⁾
Luft-Wasser-Wärmepumpe	Der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe zur Nutzung von Umweltwärme über die Umgebungsluft kann in gut gedämmten Gebäuden zum Einsatz kommen. Systembedingt können Wärmepumpen sinnvoll in Kombination mit Niedertemperaturheizungen (z.B. Fußbodenheizungen) und einer Frischwasserstation eingesetzt werden. Wärmegestehungskosten ⁵⁾ 23 - 28 ct/kWh	30.000 € - 45.000 €
Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gas-Spitzenlastkessel	Die Luft-Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einem Gas-Spitzenlastkessel wird bevorzugt in Altbauten mit hohen Vorlauftemperaturen im Heizungssystem und in größeren Gebäuden bivalent eingesetzt. Wärmegestehungskosten ⁵⁾ 28 - 34 ct/kWh	42.000 € - 57.000 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	Die Sole/Wasser-Wärmepumpe nutzt die Umweltwärme mit Hilfe von Erdwärmesonden oder Erdkollektoren. Systembedingt können Wärmepumpen sinnvoll in Kombination mit Niedertemperaturheizungen (z.B. Fußbodenheizungen) und einer Frischwasserstation eingesetzt werden. Die Effizienz kann höher sein als die einer vergleichbaren Luft-Wasser-Wärmepumpe. Wärmegestehungskosten ⁵⁾ 22 - 29 ct/kWh	35.000 € - 55.000 €
Holzpelletkessel + ggf. Solarthermie-Anlage	Eine Pelletheizung verbrennt nachwachsende Rohstoffe. Sind Solaranlage, Pelletkessel und Pufferspeicher aufeinander abgestimmt, erhält der Hausbesitzer eine hervorragende Energieeffizienz und den höchstmöglichen Wärmeertrag – und das sehr umweltschonend. Es besteht ein erhöhter Platzbedarf durch Pelletlager und -austragung.	
ohne Solarthermieanlage	Wärmegestehungskosten ⁵⁾ 24 - 30 ct/kWh	30.000 € - 45.000 €
inkl. Solarthermieanlage	Wärmegestehungskosten ⁵⁾ 28 - 37 ct/kWh	42.000 € - 63.000 €
Fernwärme	Bei einem Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz, ist die Verfügbarkeit und die Kostenkalkulation abhängig von den lokalen Angeboten der Fernwärmeanbieter.	
Zusatzsysteme	(Systeme, die nur einen Teil der Wärmebereitstellung übernehmen können)	
Solarthermieanlage	Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung (ca. 10 m ² Kollektorfläche) zur Erfüllung des EWärmeG – 15 % Erneuerbare.	12.000 € - 18.000 €
Photovoltaikanlage + ggf. Stromspeicher	Die Photovoltaikanlage (ca. 10 kWp) wandelt die Sonnenenergie in elektrische Energie um und dient der Eigenstromnutzung. Sinnvoll auch in Kombination mit einer Wärmepumpe.	15.000 € - 35.000 €
Lüftung mit Wärmerückgewinnung	Mechanisches Lüftungssystem (Be- und Entlüftung) mit Wärmerückgewinnung.	10.000 € - 18.000 €

⁴⁾ Investitionskosten inklusive Nebenkosten (Planungskosten), ohne Förderung

⁵⁾ bei unsanierter Gebäudehülle. Die Wärmegestehungskosten sind das Verhältnis der Vollkosten der Wärmeversorgung (Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten) zur gelieferten Wärme. (Betrachtungszeitraum 20 Jahre, 4% Kapitalzins, ohne Energiepreissteigerung und ohne Förderung).

Stand: Juli 2023

Was Sie noch wissen sollten!

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Gebäudeenergiegesetz (GEG):

Ab 01.01.2024 soll die 65 %-EE-Wärmepflicht beim Heizungstausch gelten, sofern eine Wärmeplanung vorliegt. Die Umsetzung der zukünftigen Anforderungen wird im neuen GEG 2024 erfolgen.

Geplante EU-Gebäuderichtlinie

Wohngebäude sollen dem Vorschlag der Europäischen Kommission zufolge spätestens nach Januar 2030 die Klasse F erreichen. Bis zum Jahr 2033 soll dann der Energiestandard D bei allen Gebäuden Standard sein. Die Energieeffizienzklasse D sagt aus, dass ein Wohngebäude eine Endenergie von 100 bis 130 Kilowattstunden pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche im Jahr aufweist. Wenn der Plan zur Realität werden sollte, müssten alle Wohngebäude in Deutschland bis zum Jahr 2033 in Ihrer Energieeffizienz in diesem Bereich liegen.

Energieeffizienzklasse	Endenergiebedarf oder -verbrauch in kWh/m ² a	Haustyp
A+	unter 30	Neubauten mit höchstem Energiestandard z.B. Passivhaus, KfW 40
A	30 bis unter 50	Neubauten, Niedrigenergiehäuser, KfW 55
B	50 bis unter 75	normale Neubauten
C	75 bis unter 100	Mindestanforderung Neubau
D	100 bis unter 130	gut sanierte Altbauten
E	130 bis unter 160	sanierte Altbauten
F	160 bis unter 200	sanierte Altbauten
G	200 bis unter 250	teilweise sanierte Altbauten
H	über 250	unsanierte Gebäude

Ausblick

Steigerung Komfort / Marktwert

Neben der Energieeinsparung steigert eine energetische Sanierung in erheblichem Maße den Raumkomfort. Beeinträchtigungen, wie beispielsweise kalte Wandoberflächen oder Zugscheinungen an Fenstern, werden beseitigt. Dies trägt zu einer höheren Behaglichkeit der Bewohner bei und steigert den Wohn- und Marktwert der Immobilie.

Professionelle Planung und Baubegleitung

Es wird dringend empfohlen, umfangreiche energetische Sanierungen professionell planen und umsetzen zu lassen. Die Aufgabe von Energieeffizienz-Expertinnen und Experten ist es, Gebäude – Wohngebäude, Nichtwohngebäude oder auch Baudenkmäler – energetisch zu bauen oder zu sanieren. Sie beraten vor Ort, planen die Maßnahmen und begleiten den Bau oder die Sanierung nach energiespezifischen Vorgaben – immer individuell und entsprechend der jeweiligen Anforderungen und des Budgets ihrer Kunden. Dabei können sie die größtmöglichen Energieeinsparpotenziale für private Bauherinnen und Bauherren, Kommunen oder Unternehmen erzielen und Fördermittel des Bundes beantragen.



Alle Infos und Details unter:
www.energie-effizienz-experten.de

Förderprogramme

Einzelmaßnahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM)



Alle Infos und Details unter:
www.bafa.de/DF/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG)



Alle Infos und Details unter:
www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesfoerderung-fuer-effiziente-Gebaeude/



Abbildung 30 – Beispielhafter Gebäudesteckbrief für den Typ EFH-E