

Kommunale Wärmeplanung der Stadt Ettenheim

Auftraggeberin: Stadt Ettenheim
Rohanstraße 16
77955 Ettenheim



Erstellt durch: badenovaNETZE GmbH
Tullastraße 61
79108 Freiburg



Verfassende: Dr. Marc Krecher
Marco Schneider
Johannes Drayß
Karla Müller
Manuel Baur

Förderkennzeichen: BWKWP22115
Gefördert durch das
Ministerium für Umwelt, Klima
und Energiewirtschaft Baden-Württemberg



Freiburg, September 2023

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
KARTENVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
ZIELSETZUNG UND VORGEHEN DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG	1
1. BESTANDSANALYSE	3
1.1 STRUKTUR DER STADT ETTENHEIM	3
1.2 ERFASSUNG DES GEBÄUDEBESTANDS	5
1.3 AKTUELLE VERSORGUNGSSTRUKTUR	10
1.4 WÄRMEBEDARF DER GEBÄUDE	15
1.5 ENDENERGIEVERBRAUCH WÄRME	15
1.6 SEKTORENKOPPLUNG UND STROMBEDARFSDECKUNG	22
1.7 ERNEUERBARE GASE	23
1.8 KENNZAHLEN DER BESTANDSANALYSE	26
2. POTENZIALANALYSE	28
2.1 ENERGIEEINSPARUNG	28
2.2 STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ	29
2.3 ERNEUERBARE ENERGIEN FÜR DIE WÄRMEVERSORGUNG	32
2.4 ERNEUERBARE ENERGIEN FÜR DIE STROMERZEUGUNG	44
2.5 ERNEUERBARE GASE	48
2.6 ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE	51
3. ZIELSZENARIO KLIMANEUTRALER GEBÄUDEBESTAND 2040	53
3.1 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN DES ZIELSZENARIOS	53
3.2 ZUKÜNFTIGER WÄRMEBEDARF 2030 UND 2040	54
3.3 DECKUNG DES ZUKÜNFTIGEN WÄRMEBEDARFS NACH ENERGIETRÄGERN	56
3.4 ZUKÜNFTIGE VERSORGUNGSSTRUKTUR 2030 UND 2040	60
3.5 TRANSFORMATION DES ERDGASNETZES	63
3.6 SENKEN FÜR RESTEMISSIONEN	64
3.7 KENNWERTE DES ZIELBILDS	67
4. KOMMUNALE WÄRMEWENDESTRATEGIE	69
4.1 KOMMUNALE HANDLUNGSFELDER FÜR DIE WÄRMEWENDE	70
4.2 MAßNAHMEN DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS 2023	72
4.3 FORTSCHREIBUNG DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS	78
5. AUSBLICK	79
6. METHODIK	80

6.1	ENERGIE- UND THG-BILANZ	80
6.2	SOLARPOTENZIAL	83
6.3	ERDWÄRMESONDENPOTENZIALE	83
6.4	LUFT/WASSER-WÄRMEPUMPENPOTENZIALE	85
6.5	GRUNDWASSERPOTENZIALE	86
6.6	ZIELSZENARIO	87
7.	GLOSSAR	88
8.	LITERATURVERZEICHNIS	92
9.	ANHANG	95
9.1	STECKBRIEFE DER GEMARKUNGEN INKLUSIVE DER BESCHREIBUNG VON FERNWÄRME-EIGNUNGSGEBIETEN SOWIE FÜR DIE DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG	95
9.2	GEBÄUDESTECKBRIEFE	132
9.3	DIGITALER ZWILLING	138

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1- Die Industrie- und Gewerbegebiete der Stadt Ettenheim (Quelle: Stadt Ettenheim)	5
Abbildung 2 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Ettenheim	7
Abbildung 3 – Verteilung der Gebäudearten in Ettenheim.....	9
Abbildung 4 – Energieträgerverteilung der Zentralanlagen und Fernwärmeanteil in Ettenheim	13
Abbildung 5 – Einbaujahr der Zentralheizkessel in Ettenheim nach Energieträger (Datengrundlage: Schornsteinfegerstatistik 2021)	13
Abbildung 6 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2019).....	17
Abbildung 7 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2019)	18
Abbildung 8 – Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften nach Bauwerkszuordnung	19
Abbildung 9 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2019)	20
Abbildung 10 – THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs nach Sektor und Energieträger.....	22
Abbildung 11 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2019.....	23
Abbildung 12 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial	31
Abbildung 13 – Techniken der Oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit	35
Abbildung 14 – Unterscheidung der zwei grundlegenden tiefengeothermischen Verfahren und Lage des Oberen Muschelkalks westlich von Ettenheim (aus GeORG- Kartenviewer)	39
Abbildung 15 – Geologisches Profil durch den Oberrheingraben auf Höhe von Ettenheim (aus GeORG Kartenviewer).....	40
Abbildung 16 – Karte des Gewässernetzes in Ettenheim mit Standorten der Mühlenanlagen	44
Abbildung 17 – Lage der aktuellen und genehmigten Windparks, sowie der Potenzialflächen	46
Abbildung 18 – Stromerzeugungspotenziale mit Photovoltaik in Ettenheim	48
Abbildung 19 – Versorgungssicherheit durch Schließung der Winterlücke (Powerloop, 2020)	49
Abbildung 20 – Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien, 2017).....	50
Abbildung 21 – Entwicklung des Energieverbrauchs für die Wärme nach Sektoren im Zielszenario	55
Abbildung 22 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Erzeugungsart	56
Abbildung 23 – Möglicher Energieträgermix der zentralen Wärmeversorgung im Jahr 2040.....	57
Abbildung 24 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Energieträger	57
Abbildung 25 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen bis zum Jahr 2040	58
Abbildung 26 – Stromverbrauchsszenario unter Berücksichtigung des Eigenerzeugungspotenzials	59
Abbildung 27– Übersicht der Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien (Sternner & Stadler, 2014)	62
Abbildung 28 – Vorgesehener Umsetzungszeitplan der Wärmeprojekte in der Stadt Ettenheim	97
Abbildung 29 – Häufigkeit der jeweiligen Gebäudetypen in der Stadt Ettenheim	132
Abbildung 30 – Häufigkeit der Gebäudealtersklassen in der Stadt Ettenheim	132
Abbildung 31 – Beispielhafter Gebäudesteckbrief für den Typ EFH-E	137

Kartenverzeichnis

Karte 1 – Gliederung der Stadt Ettenheim und Ihrer Ortsteile (Hintergrundkarte: TopPlus-Web-Open/copyright)	4
Karte 2 – Vorwiegendes Baualter der Gebäude auf Baublockebene und Neubaugebiete (M) (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023).....	7
Karte 3 – Gebäudestruktur im Ortsteil Münchweier (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)	9
Karte 4 – Gasnetzinfrastruktur in Altdorf und Ettenheim (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2023)	10
Karte 5 – Wärmenetz der Fernwärme Ettenheim GmbH (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2023).....	11
Karte 6 – Vorwiegender Energieträger der Heizanlagen auf Baublockebene (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023).....	14
Karte 7 – Durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene.....	14
Karte 8 – Wärmedichte der Stadt Ettenheim auf Baublockebene (Smart Geomatics GmbH)	21
Karte 9 – Einsparpotenziale durch energetische Sanierung der Wohngebäude am Beispiel Wallburg (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)	30
Karte 10 – Geologische Profilabfolgen der Gemarkung Ettenheim von W nach Ost nach LGRB	35
Karte 11 – Maximales Wärme-Entzugspotenzial zur Deckung des Gebäudewärmebedarfs mit Erdwärmesonden je Flurfläche	37
Karte 12 – Durchlässigkeit der Grundwasser führenden Gesteine nach LGRB Baden-Württemberg.....	38
Karte 13 – Potenzialflächen für Freiflächen PV-Anlagen (Datenquellen: LUBW, Regionalverband Hochrhein, badenovaNETZE GmbH)	47
Karte 14 – Übersicht der farblich markierten zentralen Fernwärme-Eignungsgebiete	61
Karte 15 - Fernwärme-Eignungsgebiete der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Ettenheim (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2023)	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, (2005)	6
Tabelle 2 – Endenergieverbrauch für Wärme der Stadt Ettenheim nach Energieträger in Zahlen (2019).....	17
Tabelle 3 – Begriffsabgrenzung erneuerbarer Gase (Angelehnt an VKU, (2017)).....	24
Tabelle 4 – Unterscheidung der Bezeichnungen für Wasserstoff nach Produktionsverfahren	24
Tabelle 5 – Wesentliche Kennzahlen der Bestandsanalyse.....	27
Tabelle 6 – Energetisches Potenzial einiger landwirtschaftlichen Reststoffe in der Stadt Ettenheim	33
Tabelle 7 – Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Ettenheim	52
Tabelle 8 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren für das Jahr 2019	67
Tabelle 9 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren abgeschätzt für das Jahr 2030	67
Tabelle 10 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren abgeschätzt für das Jahr 2040	68
Tabelle 11 – Genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung.....	68
Tabelle 12 – THG-Emissionen und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, (2022))	81
Tabelle 13 – Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung (2019) Quelle: IFEU (2022)	82
Tabelle 14 – Bewertung der Datengüte der Energie- und THG-Bilanz nach Sektoren (inkl. Stromverbrauch).....	82
Tabelle 15 – Vorgegebene Untergrundparameter	83
Tabelle 16 – Vorgegebene Sondenparameter	84
Tabelle 17 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte	85
Tabelle 18 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung	85
Tabelle 19 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsdichte	85
Tabelle 20 – Abschätzung des Wärmeerzeugungspotenzial aus Grundwasser	86
Tabelle 21 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Strom nach Erzeugungsart für die Jahre 2030 und 2040	87
Tabelle 22 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Wärme nach Energieträger für die Jahre 2030 und 2040	87

Abkürzungsverzeichnis

BEW	Bundesgesetz zur Förderung effizienter Wärmenetze
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>kommunale 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 auf die ebenso notwendige Wärmewende fokussiert. 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.

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 wie Ettenheim, die keine Kreisstädte sind, können sich freiwillig entscheiden, eine solche Wärmeplanung mit Fördermitteln des Landes 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 Fachgutachten gliedert:

1. Bestandsanalyse

Die Energie- und Gebäudeinfrastruktur sowie der Energieverbrauch und die damit entstehenden Treibhausgasemissionen (THG) werden für das Stadt- oder Stadtgebiet 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.

Im Auftrag der Stadt Ettenheim stellt das folgende Fachgutachten die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung mit dem Stand Quartal II im Jahr 2023 dar. Der kommunale Wärmeplan wurde in Abstimmung mit der kommunalen Verwaltung seit Herbst 2022 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 Stadt zur weiter Bearbeitung übergeben, damit diese fortlaufend angepasst und bearbeitet werden können. Eine Fortschreibung des Wärmeplans der Stadt Ettenheim wird nach gesetzlichen Vorgaben voraussichtlich in fünf bis sieben Jahren erfolgen.

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 Stadt direkt umgesetzt werden können. Gleichzeitig ist hervorzuheben, dass der Zielzustand eines klimaneutralen Gebäudebestands für die Stadt Ettenheim nur durch ein Mitwirken auf bundesweiter politischer Ebene und mit großen Anstrengungen der lokalen Akteure und der Bürgerinnen und Bürger der Stadt gelingen wird. Mit dem Betrieb des Fernwärmenetzes im Stölcker-Areal und im Areal der Heimschule St. Landolin haben die Stadt und ihre Partner bereits wichtige Erfahrungen sammeln können, um den Wärmeplan und dessen langfristige Ziele umsetzen zu können.

Im Rahmen der **Beteiligung** wurden relevante Stakeholder für die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung informiert und in die Diskussionen einbezogen. Dazu gehören die relevanten Bereiche der kommunalen Verwaltung (insbesondere Bürgermeister, Bauamt, Klimaschutzmanagement), die badenovaNETZE GmbH als Gasversorger und die Firma ratio energie GmbH als Wärmenetzbetreiber. Die Windkraftpotenziale wurden vom Projektierer Das Grüne Emissionshaus GmbH, die eine Tochtergesellschaft der badenova AG & Co KG ist, ermittelt. Eine enge Zusammenarbeit erfolgte auch mit der badenovaWÄRMEPLUS GmbH, die momentan im Auftrag der Stadt eine Fernwärme-Machbarkeitsstudie nach BEW durchführt.

Fünf Betriebe wurden als abwärmerrelevant eingestuft und nach energetischen Gesichtspunkten befragt. Nur eines dieser Unternehmen weist wahrscheinlich nutzbare Abwärmepotenziale auf. Es wurde das Interesse bekundet, deren Erschließungsmöglichkeiten durch die badenovaWÄRMEPLUS GmbH professionell prüfen zu lassen.

Die Bürger und Bürgerinnen der Stadt Ettenheim konnten sich am 02. August 2023 auf einer **öffentlichen Veranstaltung** im Ratssaal über die Ergebnisse des Kommunalen Wärmeplans informieren lassen. Die Veranstaltung stieß auf großes Interesse, so dass ca. 80 Personen daran teilnahmen. Alle Bürger und Bürgerinnen der Stadt Ettenheim hatten die Gelegenheit, über eine Mailadresse ihre Vorstellungen und Anmerkungen der Stadt zukommen zu lassen. Dazu wurden die Ergebnisse auf der Stadt-Homepage als Präsentation veröffentlicht. Mehrere eingegangene Anmerkungen oder Fragen wurden im Sinne der Bürgerschaft bearbeitet bzw. beantwortet. Die Vorschläge wurden, wenn möglich, in die kommunale Planung aufgenommen.

1. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wird der energetische Ist-Zustand der Stadt Ettenheim erfasst. Ein wichtiger Baustein der Bestandsanalyse ist die Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz. Diese erfasst sämtliche Energieverbräuche auf der Gemarkungsfläche der Stadt 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 Stadt 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 Stadt Ettenheim 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 Stadt 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 Stadt Ettenheim, 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.

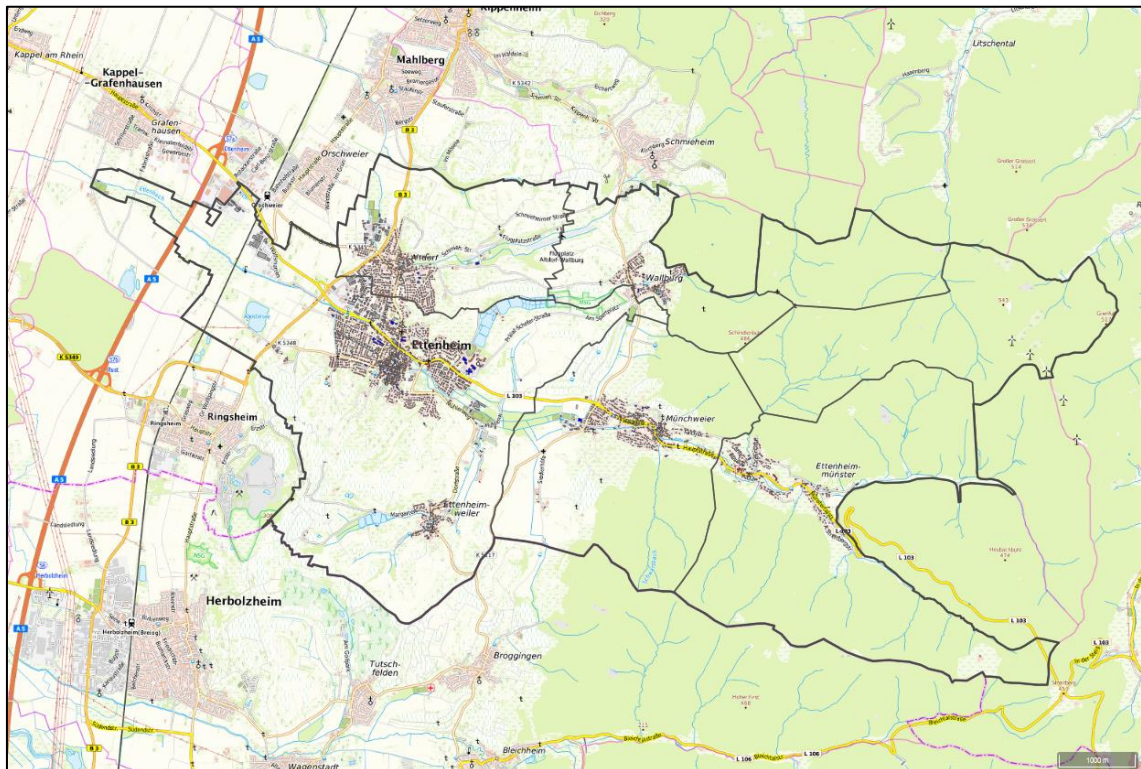
Während die gebäudescharfe Bearbeitung der Daten einen großen Mehrwert bei der Erstellung des Wärmeplans liefert, sind in diesem Fachgutachten und auch in den digitalen Karten/Daten alle sensiblen Daten aggregiert, um den Datenschutz zu gewährleisten. Gebäudescharfe Daten der Schornsteinfeger und der 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 Stadt und der Gebäude ausgewertet und beschrieben. Es folgt eine Übersicht der Energieinfrastruktur der Stadt sowie die Auswertung des Wärmeverbrauchs und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Anschließend wird auf die Themen Sektorenkopplung und Stromerzeugung in der Stadt Ettenheim und die Rollen von erneuerbaren Gasen eingegangen. Abschließend sind die wichtigsten Kennzahlen der Bestandsanalyse tabellarisch festgehalten.

1.1 Struktur der Stadt Ettenheim

Ettenheim ist eine Stadt im Südwesten Baden-Württembergs. Sie liegt im Ortenaukreis, südlich der Stadt Lahr. Nach Offenburg im Norden sind es 25 km Luftlinie, nach Freiburg im Süden ca. 30 km. Im Osten grenzt die Stadt an den mittleren Schwarzwald. Nach Westen hin öffnet sich die Rheinebene.

Die Gemarkungsfläche umfasst ca. 4.890 ha. Davon entfallen Stand 2019 ca. 2.108 ha auf Wald, und 1.999 ha auf Landwirtschaftsfläche. Die Höhe des Ortes wird mit ca. 190 m ü. NN angegeben. In Ettenheim leben 13.885 Menschen (Stand 2023), wobei die Bevölkerungsentwicklung seit Jahrzehnten einen mehr oder weniger linearen Zuwachs aufzeigt. Heute besteht Ettenheim aus den in Karte 1 dargestellten Gemarkungen Ettenheim (zusammen mit Ettenheimweiler), Altdorf, Münchweiler, Ettenheimmünster und Wallburg.



Karte 1 – Gliederung der Stadt Ettenheim und ihrer Ortsteile (Hintergrundkarte: TopPlus-Web-Open/copyright)

Ettenheim ist ein attraktiver Wirtschaftsstandort in der Region, mit einer Vielzahl von Betrieben und fast 3.260 Beschäftigten in verschiedenen Branchen. Insgesamt gibt es rund 174 Unternehmen in der Stadt. Neben zahlreichen kleineren und mittleren Gewerbebetrieben prägen auch große Firmen das wirtschaftliche Geschehen vor Ort. Die Firma Meiko Eisengießerei GmbH, die Firma Georg Fischer Fluorpolymer Products GmbH, der Holzpelletproduzent und -handel JRS-Holzenergie HEW GmbH & Co. KG sind Beispiele bedeutender Akteure in Ettenheim, die auch im Zusammenhang mit der Kommunalen Wärmeplanung interviewt wurden.

In der Abbildung 1 ist die Lage der sieben Industrie- und Gewerbegebiete der Stadt Ettenheim dargestellt. Neben den Gewerbebetrieben spielt auch die Landwirtschaft eine Rolle in Ettenheim. Es gibt sieben größere landwirtschaftliche Betriebe mit einer Fläche von je > 50 ha. Dazu kommen weitere 54 Landwirtschaftsbetriebe unter 50 ha Größe. 23 Bauern betreiben ihren Hof laut Statistischem Landesamt Baden-Württemberg hauptberuflich, 33 im Nebenerwerb. Gehalten werden Rinder, Hühner, Pferde, Schweine und Schafe. Alle Unternehmen tragen zur Vielfalt der wirtschaftlichen Aktivitäten in der Stadt bei.

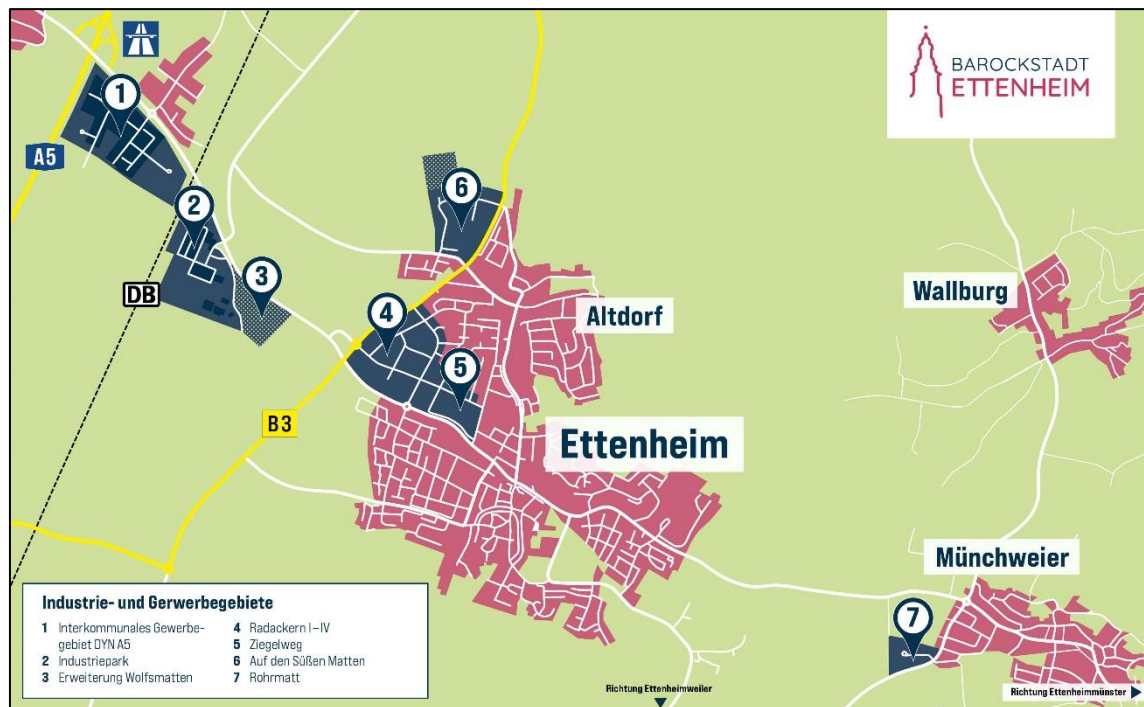


Abbildung 1- Die Industrie- und Gewerbegebiete der Stadt Ettenheim (Quelle: Stadt Ettenheim)

Ettenheim verfügt über eine ausgezeichnete Verkehrsanbindung sowohl über die Autobahn A 5 als auch über den Rheinhafen bei Kehl, der 30 Minuten Autofahrt entfernt liegt. Die Autobahn A 5 bietet eine schnelle Anbindung an die Metropolregionen bei Basel, Freiburg, Offenburg und Karlsruhe. Der regionale Verkehr zu den umliegenden Ortschaften erfolgt über die ca. Nord-Süd verlaufende B 3 und über die ca. Ost-West verlaufende L103. Darüber hinaus besteht ein regelmäßiger und eng getakteter Regionalzug- und Busverkehr zum Beispiel zwischen Freiburg/Basel und Offenburg/Karlsruhe. Allerdings liegt der nächste Bahnhof außerhalb der Gemarkung, im benachbarten Orschweier. Insgesamt ist dennoch ein Zugang zu einem breiten Spektrum an regionalen Transportmöglichkeiten gegeben.

Für Fernverbindungen stehen den Einwohnern von Ettenheim die nahegelegenen Flughäfen Lahr, Basel/Mulhouse und Strasbourg zur Verfügung. Diese bieten eine große Auswahl an nationalen und internationalen Flugverbindungen.

1.2 Erfassung des Gebäudebestands

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur in der Stadt Ettenheim 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 aufweisen (Busch, et al., 2010). Dazu wird der Gebäudebestand nach Baualter sowie nach Gebäudegröße in Klassen eingeteilt. Die Grenzzahlen 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).

1.2.1 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

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

In der Abbildung 2 sind die Anzahl der Wohngebäude in der Stadt Ettenheim nach Baualter dargestellt. Demnach sind 69 % 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 2 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäude nach den Baualtersklassen, bezogen auf Baublöcke. Außerdem sind in dieser Karte auch die in jüngster Zeit erschlossenen und noch zu erschließenden Neubaugebiete lokalisiert (mit M gekennzeichnet).

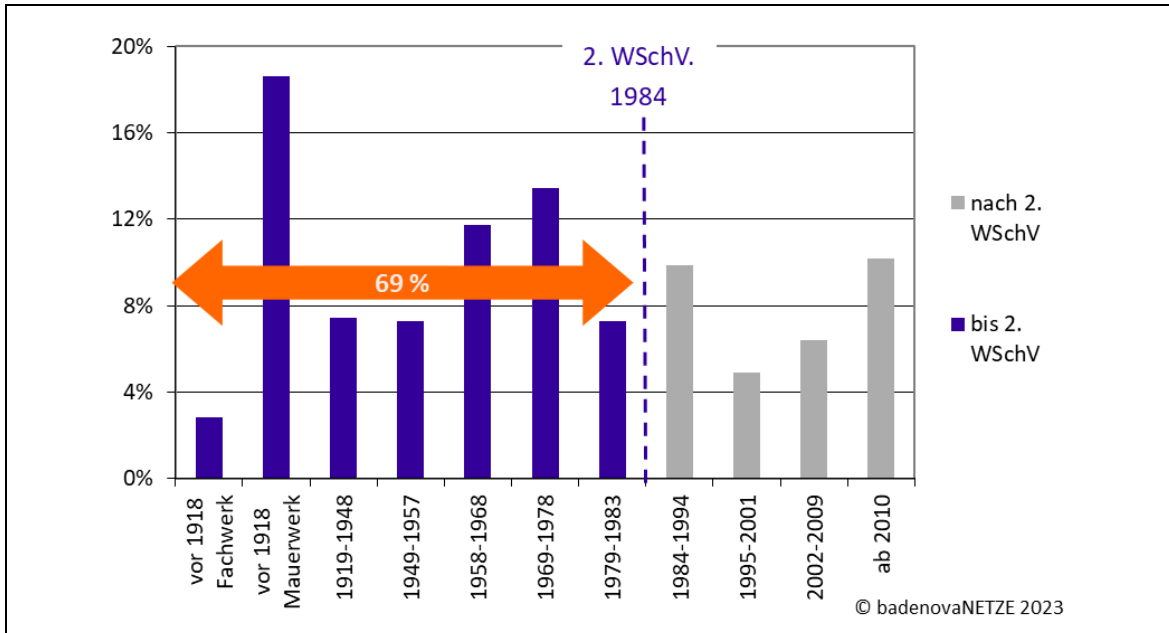
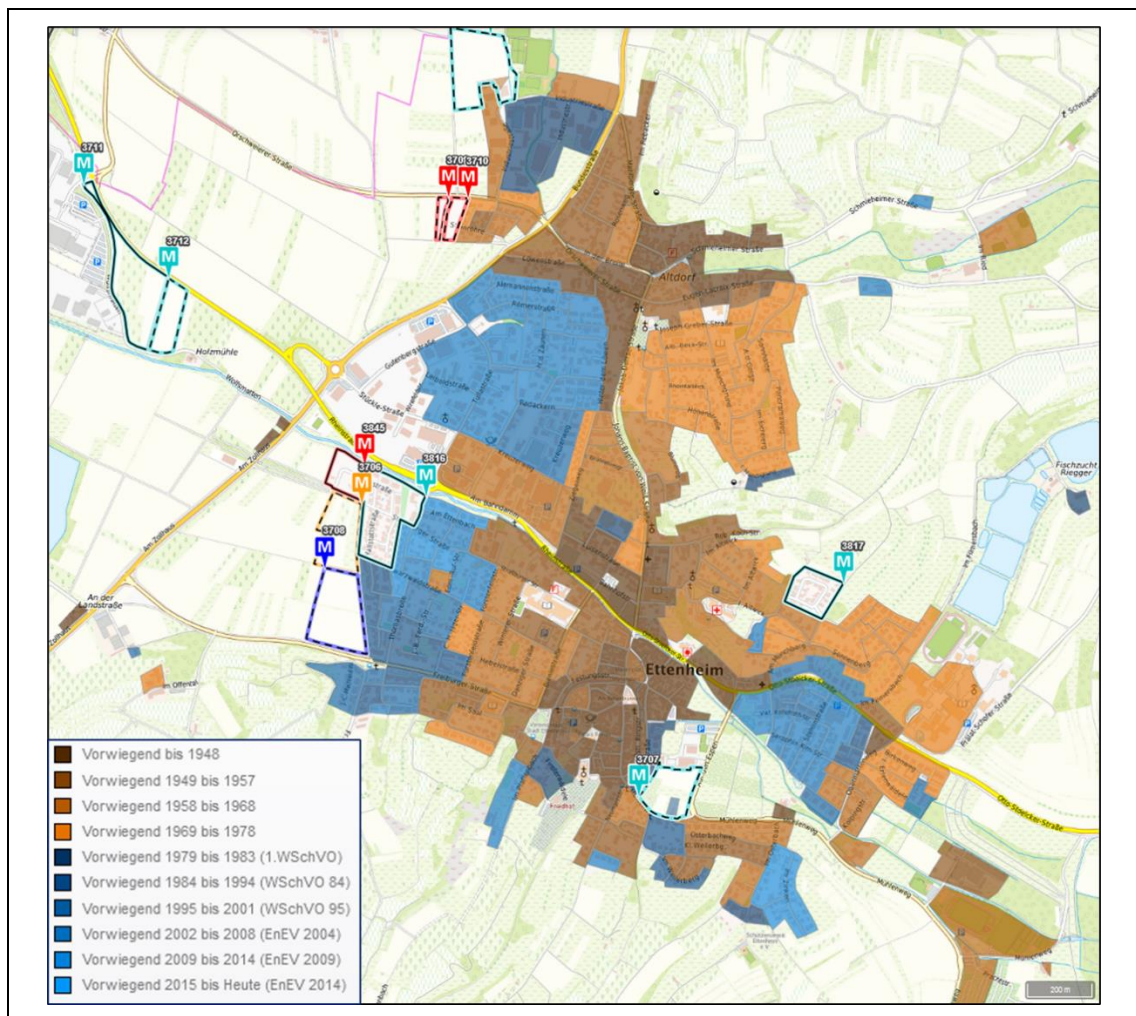


Abbildung 2 – Anteil der Wohngebäude nach Baulter und WSchV in Ettenheim



Karte 2 – Vorwiegendes Baulter der Gebäude auf Baublockebene und Neubaugebiete (M) (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)

Aus der Einordnung der Gebäude in die Gebäudetypologie lassen sich Aussagen über die Siedlungsstruktur von Ettenheim 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 Ettenheim befinden sich zahlreiche Gebäude, die noch vor oder zwischen den beiden Weltkriegen erbaut wurden. Deutlich wird, dass besonders in den 1960er und 1970er Jahren viele neue Wohngebiete erschlossen wurden. Immer wieder sind in der Stadt neue Gebäude hinzugekommen, sowohl in neu ausgewiesenen Wohngebieten als auch als Nachverdichtung, sodass heute oftmals eine gemischte Gebäudestruktur aufzufinden ist. Aufgrund der stetig steigenden Bevölkerungszahlen der Stadt wurden in den letzten beiden Jahrzehnten und werden auch aktuell neue Baugebiete ausgewiesen.

In der Karte 2 zeigen sich zwei Zentren (Altdorf und die Barockstadt), in denen sich die älteren Gebäude mit Baualtern von vor 1948 konzentrieren. Von diesen Zentren ausgehend hat sich in den Folgejahren die heutige Gesamtstadt entwickelt. Die Stadt Ettenheim hat sich in den letzten drei Jahrzehnten vor allem nach Westen, in Richtung zur Rheinebene hin ausgedehnt. Die neuesten Baugebiete dort sind Supperten I und II. Mit Supperten III ist ein weiteres großes Baugebiet im Flächennutzungsplan ausgewiesen. Genauso werden im Nordwesten von Altdorf die Neubauf Flächen „Auf den Süßen Matten“ und „Steinröhre“ erschlossen. Kleinere Neubauareale bestehen östlich der Barockstadt („Auf den Espen“) und nordwestlich von Münchweier („Hundsrück-West“). Ganz im Westen der Gemarkung werden auch mit dem Gebiet Wolfsmatten die Gewerbefläche ausgedehnt. Diese Bauentwicklung ist zusammen mit einer linearen Zunahme der Wohneinheiten in die Energiebedarfs- und Szenarienberechnung integriert (siehe Kapitel 3).

1.2.2 Gebäudetypen

Neben dem Gebäudealter, ist auch der Gebäudetyp für die Ermittlung der Energiebedarfswerte und der Energieeinsparpotenziale relevant. In Ettenheim wurde daher zur Bestimmung des Raumwärmebedarfs pro m² zwischen folgenden 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

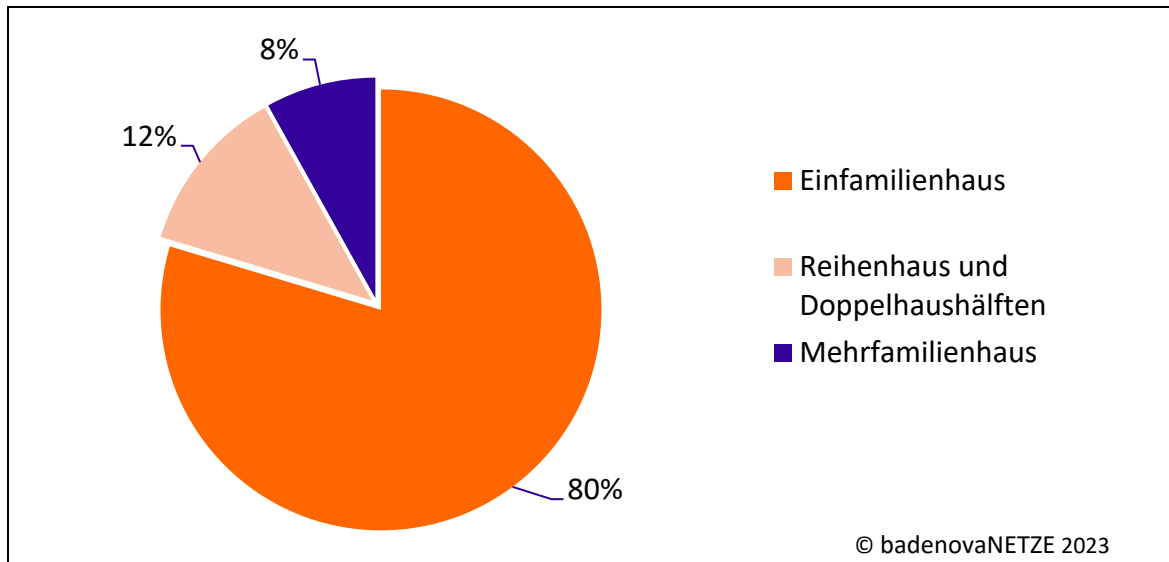
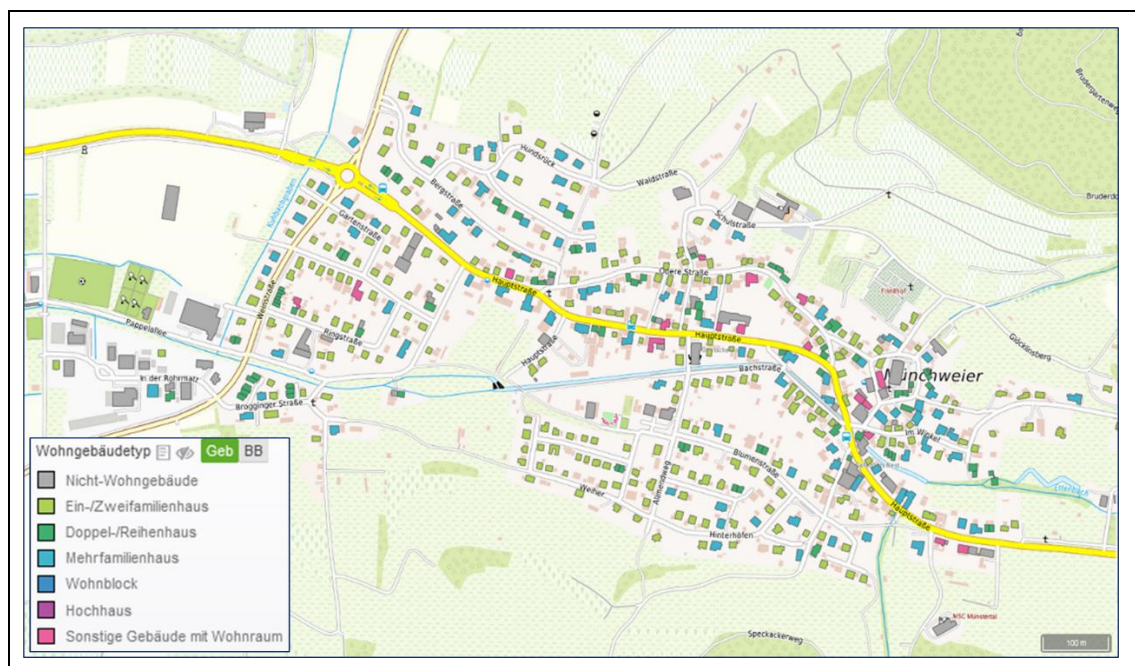


Abbildung 3 – Verteilung der Gebäudearten in Ettenheim

Charakteristisch für kleinere Städte sind freistehende Einfamilienhäuser, die in Ettenheim 80 % des Wohnbestandes ausmachen (Abbildung 2). Diese Einfamilienhäuser spielen bei der Erschließung der Einsparpotenziale eine wichtige 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. Andererseits verteilen sich aber auch ca. 49 % aller Wohneinheiten in Ettenheim auf Mehrfamilienhäuser und 51 % auf Einfamilienhäuser, so dass auch das Einsparpotenzial für die Mehrfamilienhäuser eine nicht weniger entscheidende Rolle spielt. Karte 3 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäudetypen.



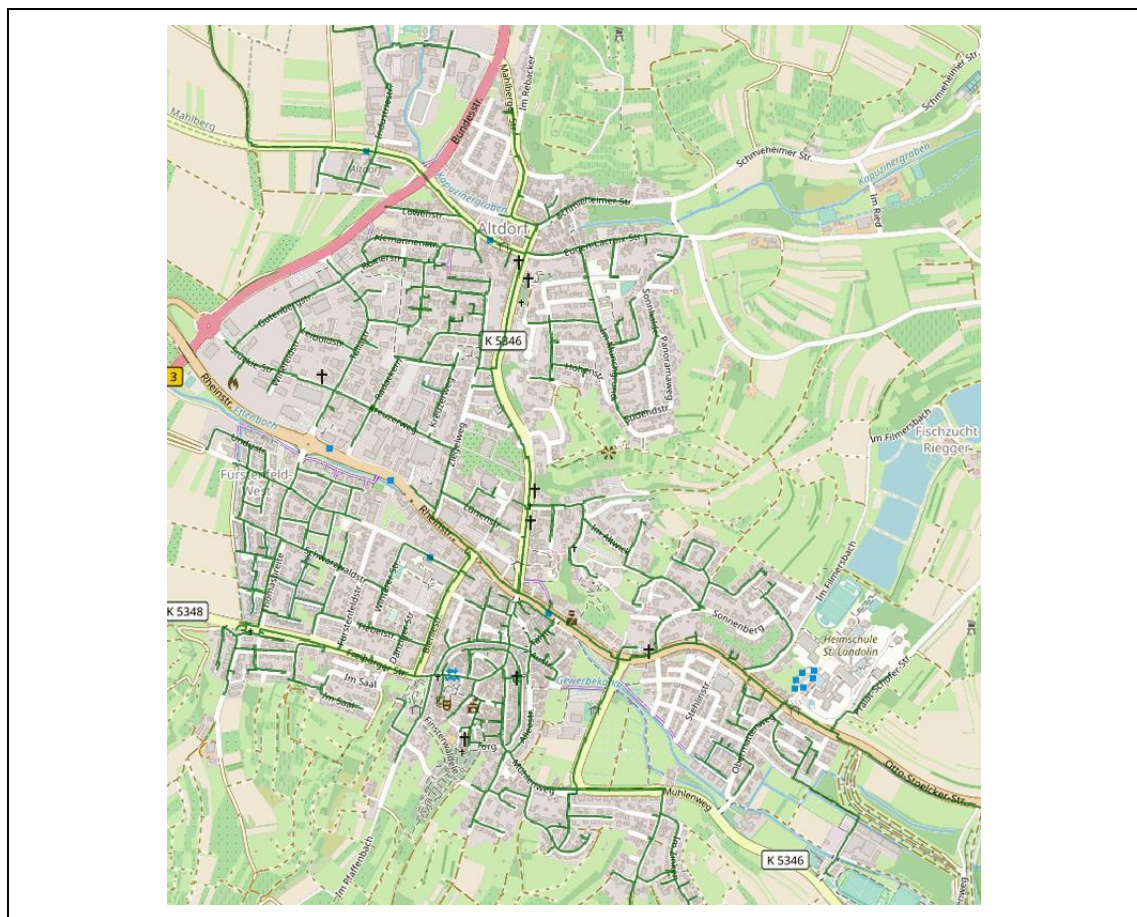
Karte 3 – Gebäudestruktur im Ortsteil Münchweier (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)

1.3 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 Stadt Ettenheim beschrieben. Zunächst wird der Ausbaustand der Gasnetz- und Wärmenetzinfrastruktur dargestellt. Anschließend folgt eine Auswertung der Heizanlagendaten.

1.3.1 Gasinfrastruktur, Wärmenetze und Sektorkopplung

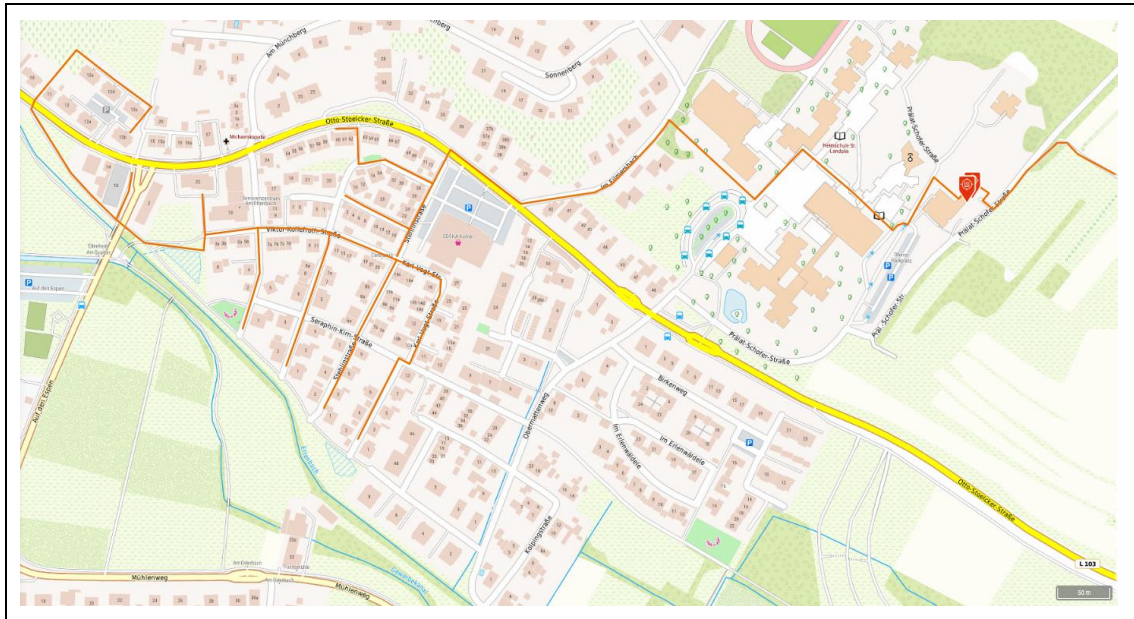
Die Stadt Ettenheim ist durch ein Erdgasnetz erschlossen. Die Kommune weist eine mäßig hohe Leitungsdichte aus. Erweiterungen sind aktuell nicht geplant. Erdgas hat den höchsten Anteil an allen Energieträgern, die zur Wärmeerzeugung in der Stadt dienen. Die Karte 4 gibt einen Überblick über den aktuellen Ausbaustand der Gasnetzinfrastruktur in Ettenheim. Insgesamt sind 2019 ca. 41.500 MWh Erdgas (H_i) abgesetzt worden.



Karte 4 – Gasnetzinfrastruktur in Altdorf und Ettenheim (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2023)

Wärmenetze spielen bei der aktuellen Wärmeversorgung der Stadt Ettenheim bisher noch keine gewichtige Rolle, befinden sich aber bereits im Ausbaustand. In der Stadt wird aktuell ein Fernwärmenetz der Fernwärme Ettenheim GmbH betrieben.

In der Karte 5 ist das Wärmenetz der Fernwärme Ettenheim GmbH dargestellt. Die zentrale Versorgung erfolgt über eine Heizanlage in der Heimschule St. Landolin, wo ein 1,5 MW Holzpelletkessel zusammen mit einer 200 kW Kondensationsanlage zur Wärmerückgewinnung installiert ist. Als zweiter Energieträger wird Solarwärme einer Freiflächenanlage mit 1,2 MW thermischer Leistung eingespeist. Zur Spitzenlastabdeckung dienen zwei Heizkessel, die noch ca. 6 % der Wärme beisteuern. Der aktuelle Ausbau des Wärmenetzes ist in Richtung des Neubaugebietes „Auf den Espen“ geplant, in der Diskussion steht zudem der Ausbau nach Westen in Richtung Zentrum für Gesundheit des Ortenaukreises und nach Osten entlang der Otto-Stoelcker-Straße hin.



Karte 5 – Wärmenetz der Fernwärme Ettenheim GmbH (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2023)

In der Stadt waren bis zum Jahr 2019 laut dem Stromnetzbetreiber NetzeBW GmbH 385 Nachtspeicherspeicherheizungen installiert. Bis 2021 waren außerdem 332 Wärmepumpen registriert. Im Bilanzjahr 2019 haben Wärmepumpen ca. 3,4 % zur Haushaltswärme beigetragen.

Der Anteil der Stromerzeugung durch zusammen sechs KWK-Anlagen liegt bei nur 0,8 %.

Auch die Elektromobilität hat seit 2019 in Ettenheim stark zugenommen. Dabei stieg die Anschlussleistung von ca. 0,3 auf 2,2 MW im Jahr 2022 deutlich an.

1.3.2 Breitbandinfrastruktur

Der Ausbau der Breitbandinfrastruktur bietet Synergieeffekte mit einem potenziellen Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur, da bei beiden der Tiefbau ein wesentlicher Kostenfaktor ist.

In Ettenheim ist das hybride Glasfaser-Ausbaumodell vorgesehen. Die Versorgung im eigenwirtschaftlichen Bereich erfolgt von O₂ oder Stiegeler IT und im geförderten Bereich durch die Vodafone. Der Partner für den eigenwirtschaftlichen Ausbau ist „Unsere Grüne Glasfaser“ (UGG), die für die Breitband-Ortenau GmbH & Co KG bereits Leerrohre mitverlegt.

Das gesamte Glasfaser-Projekt in der Ortenau wird mit einer Investitionshöhe von ca. 300 Millionen Euro geschätzt. Bauherr und zukünftiger Eigentümer ist die Breitband Ortenau GmbH & Co

KG. In einem europaweiten Ausschreibungsverfahren konnten sich Telekommunikationsunternehmen darauf bewerben, dieses neue kommunale Netz zu betreiben. In mehreren Verhandlungsrunden konnte die Firma Vodafone GmbH als zukünftiger Netzbetreiber gefunden werden. Das errichtete Glasfasernetz bleibt aber in der Hand des Zweckverbands und der jeweiligen Gesellschafter (Kommunen und Landkreis). Netzbetreiber und Pächter des Netzes ist dann die Vodafone GmbH. Den Netzbetrieb übernimmt die Vodafone GmbH Zug um Zug nach Überlassung fertiggestellter, funktionaler Netzabschnitte.

Der Vermarktungszeitraum für noch nicht angeschlossene Gebiete in Ettenheim, die eine Ausbau-Förderung erhalten („Dunkelgraue Flecken“), hat bereits im 2. Quartal 2023 begonnen. Der Bau des öffentlichen Netzes soll 2024 bis 2026 stattfinden. Der eigenwirtschaftliche Ausbau für die Kommune erfolgt durch „Unsere Grüne Glasfaser“ und hat bereits in diesem Jahr (2023) begonnen.

Damit ergeben sich zeitliche Diskrepanzen zum Ausbau eines Fernwärmenetzes. Eine von der badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co KG durchgeführte Machbarkeitsstudie nach BEW wird voraussichtlich erst im 2. Quartal 2024 fertiggestellt. Die Entscheidungsfindung durch die Kommune, die Lösung rechtlicher Fragestellungen und das Ausschreibungsverfahren für den Bau und den Betrieb eines Fernwärmenetzes werden ebenfalls mehrere Monate in Anspruch nehmen. Aus diesen Gründen ist eine erste Verlegung einer Fernwärmeleitung vor 2026 fraglich. Eine zeitliche Rückstellung des Glasfaser-Ausbaus bis 2026 bei ungewisser Zeitplanung für den Fernwärmeausbau erscheint jedoch unrealistisch. Insbesondere im Siedlungsgebiet der peripheren Ortschaften von Ettenheim, die im Zuge der „Dunkelgraue Flecken“-Förderung zügig bis 2026 mit Glasfaseranschlüssen versehen werden sollen und wo zugleich der Bau von Fernwärmenetzen zeitlich aus heutiger Sicht noch sehr schwierig zu planen ist, werden sich die Synergieeffekte vermutlich nicht nutzen lassen. Es sei denn, der Ausbau des Glasfasernetzes verzögert sich wesentlich, was momentan nicht zu erkennen ist.

Für die zentralen Siedlungsgebiete zwischen der Barockstadt, den Neubaugebieten Supperten II und III und Altdorf könnten sich zumindest theoretisch noch zeitliche Überschneidungen mit der Verlegung der Glasfaserrohre ergeben, wenn das Fernwärmenetz tatsächlich ab 2026 gebaut würde und die Verlegung von Glasfaser dann noch nicht abgeschlossen ist. Dazu wäre es notwendig, die Synergieeffekte im Rahmen der Machbarkeitsstudie bis 2024 zu berücksichtigen.

1.3.3 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. Angaben zu Erdwärmesonden wurden über die Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg i. Br. (2022) ermittelt.

Auf Grundlage der Heizanlagenstatistik der Schornsteinfeger wird ein Großteil der Zentralheizanlagen (inkl. Nebenkessel mit > 10 kW Nennleistung) in Ettenheim mit Erdgas (39 %) und Heizöl (34 %) betrieben. Holz wird in 16 % der Heizanlagen verwendet. In 4 % der Fälle erfolgt die Wärmeversorgung über Fernwärmeübergabestationen (vgl. Abbildung 4). In Ettenheim werden außerdem mit Stand 2021 vom Stromnetzbetreiber insgesamt 385 Nachtspeicher-Stromheizungen (davon 60 oder 2 % mit mehr als 8 kW Anschlussleistung), 332 Wärmepumpen und 4 KWK-Anlagen verzeichnet. In der Karte 6 sind Strom- und Wärmepumpenanlagen zusammen erfasst. Nach der Bohrdatenbank des LGRBs sind für die Stadt Ettenheim mindestens 24 Erdwärmeson-

denanlagen mit insgesamt 79 Sonden registriert (2022). Kumulativ wurden für die Erdwärmesonden mindestens 4.951 m erbohrt. Darüber hinaus existieren mindestens 11 Grundwasserbrunnen, mit denen Wasser/Wasser-Wärmepumpen betrieben werden. Karte 6 veranschaulicht die vorwiegenden Energieträger der Zentralheizanlagen auf Baublockebene.

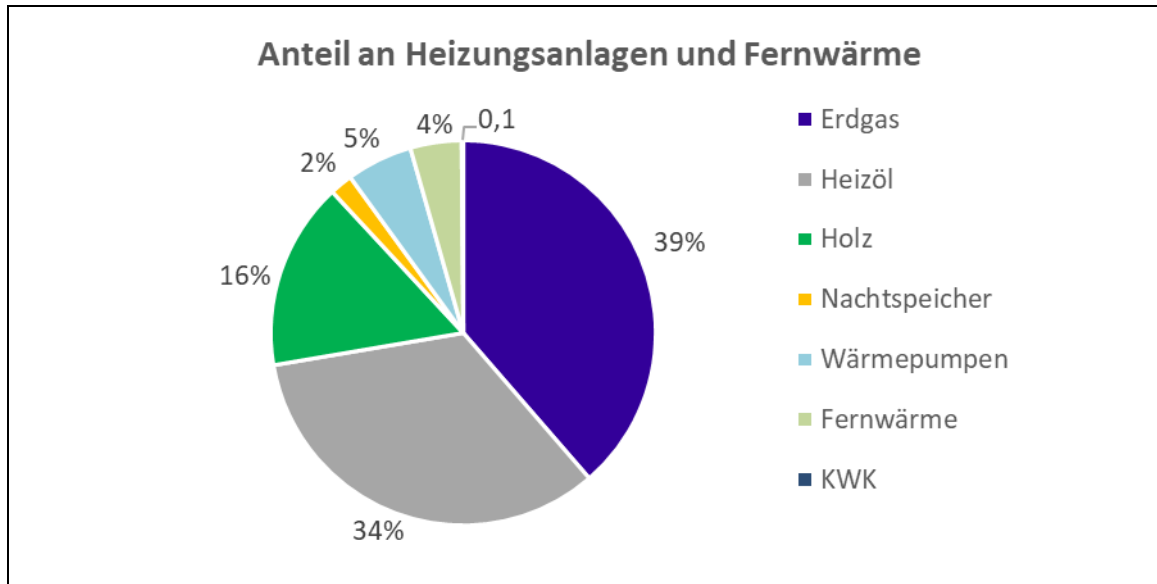


Abbildung 4 – Energieträgerverteilung der Zentralanlagen und Fernwärmeanteil in Ettenheim

Die Auswertung des Einbaujahrs der Heizanlagen zeigt, dass knapp über 50 % der Zentralheizanlagen bereits älter als 20 Jahre sind (Abbildung 5). Karte 7 stellt das vorwiegende Alter der installierten Heizanlagen auf Baublockebene räumlich dar.

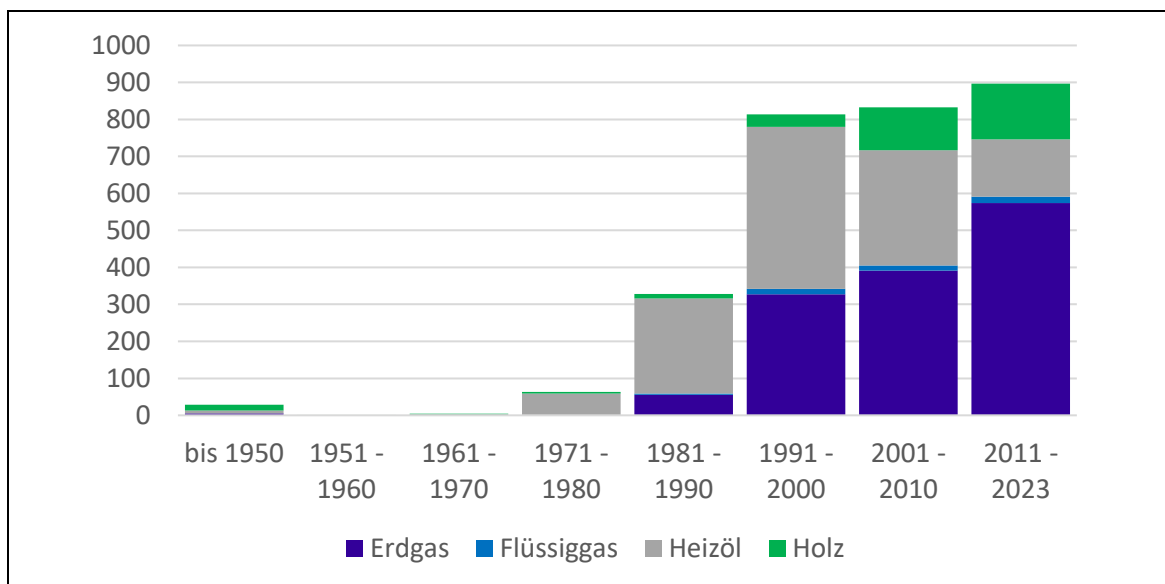
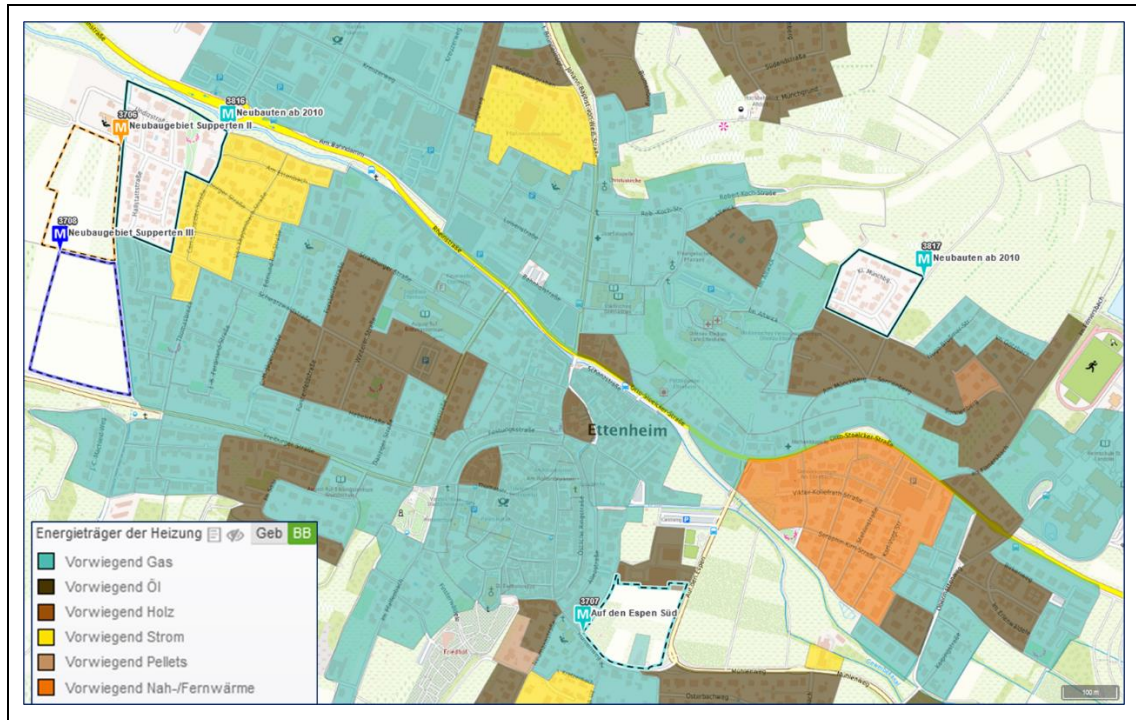
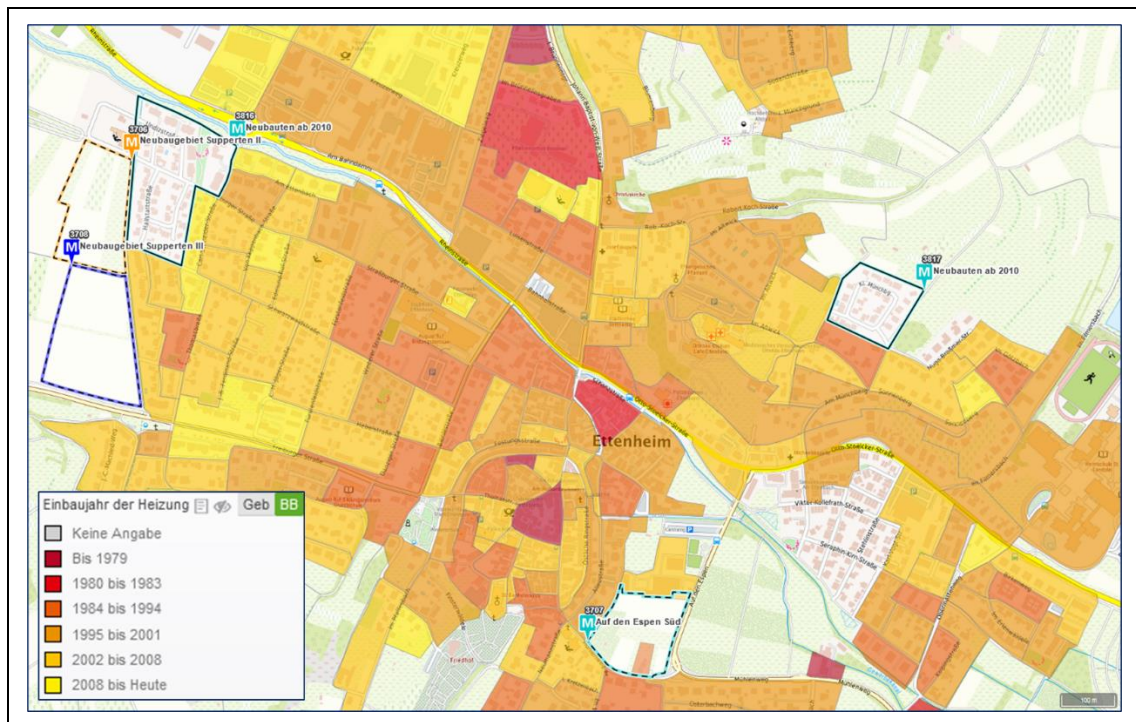


Abbildung 5 – Einbaujahr der Zentralheizkessel in Ettenheim nach Energieträger (Datengrundlage: Schornsteinfegerstatistik 2021)



Karte 6 – Vorwiegender Energieträger der Heizanlagen auf Baublockebene (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)



Karte 7 – Durchschnittliches Heizungsalter auf Baublockebene

1.4 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 Wärmegevinne (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 Stadt Ettenheim wird der Endenergieverbrauch im nächsten Abschnitt näher beschrieben.

1.5 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 Stadt Ettenheim, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren, wurde mit einer Energie- und THG-Bilanz für das Jahr 2019 mit dem für das Land Baden-Württemberg konzipierten Tool BiCO₂ BW (Version 2.10) ermittelt (IFEU (2022)).

1.5.1 Datenquellen Endenergieverbrauch Wärme

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

- Der Erdgasnetzbetreiber badenovaNETZE GmbH stellte die aktuellen Gasverbrauchsdaten zur Verfügung.
- Der Wärmenetzbetreiber Fernwärme Ettenheim GmbH stellte die Wärmeerzeugungs- und Verbrauchsmengen der jeweiligen Anlagen und des Wärmenetzes zur Verfügung.
- Der Stromnetzbetreiber NetzeBW GmbH lieferte Daten zum Stromverbrauch der gesamten Stadt 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 Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt.
- Das Tool BiCO₂-BW ergänzt und plausibilisiert die Daten, z.B. mit Auswertungen zu den verursacherbezogenen THG-Emissionen der Stadt Ettenheim 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

1.5.2 Gesamtendenergieverbrauch Wärme

Nach dem Ergebnis der Energie- und THG-Bilanz betrug der Gesamtendenergieverbrauch für Wärme in Ettenheim 110.346 MWh im Jahr 2019. Die installierte Leistung zur Wärmebereitstellung liegt entsprechend der Schornsteinfegerstatistik bei ca. 107 MW. Nach den Sektoren betrachtet, hatte der Wärmeverbrauch der privaten Haushalte den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch der Stadt, gefolgt vom Wirtschaftssektor. Die kommunalen Liegenschaften hatten nur einen geringen Anteil am Wärmeverbrauch.

Nach den vorliegenden Informationen wurden zur Deckung des Wärmebedarfs im Jahr 2019 in Ettenheim zu drei Vierteln die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl eingesetzt (vgl. Abbildung 6). Heizungsstrom ist daran mit ca. 4 % beteiligt. Einen Anteil von 6 % hatten die sonstigen Energieträger, wobei darin auch die Fernwärmeerzeugung und die KWK-Wärme enthalten ist, die insgesamt zu 94 % durch die Energieträger Holz und Solarthermie bereitgestellt wird. Weitere 11 % des Wärmeverbrauchs der Stadt 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.

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

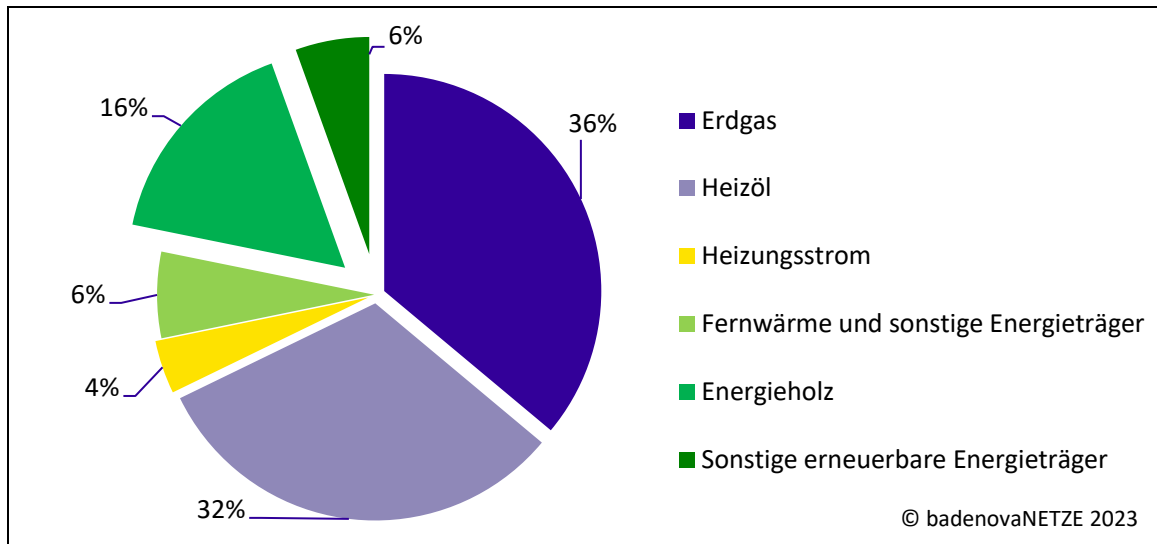


Abbildung 6 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2019)

Tabelle 2 – Endenergieverbrauch für Wärme der Stadt Ettenheim nach Energieträger in Zahlen (2019)

Energieträger	Wärmeverbrauch (MWh im Jahr 2019)	Anteil am Gesamt-wärmeverbrauch
Erdgas	39.810	36 %
Heizöl	35.010	32 %
Heizungsstrom	4.389	4 %
Kohle	188	0,2 %
KWK/Fernwärme	5.720	5 %
Flüssiggas	1.142	1 %
Sonstige fossile Energieträger	21	0,02 %
Energieholz	18.001	16 %
Solarthermie	2.944	2,7 %
Umweltwärme	3.049	2,8 %
Erneuerbare Energien in der Industrie	72	0,07 %
Gesamt	110.346	

Abbildung 7 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 75 % den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch hat und dass nach wie vor hauptsächlich die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl eingesetzt werden. Der Sektor Wirtschaft hat einen Anteil von 22 % am Gesamtwärmeverbrauch der Stadt. Die übrigen 3 % des Wärmeverbrauchs werden für die kommunalen Liegenschaften eingesetzt.

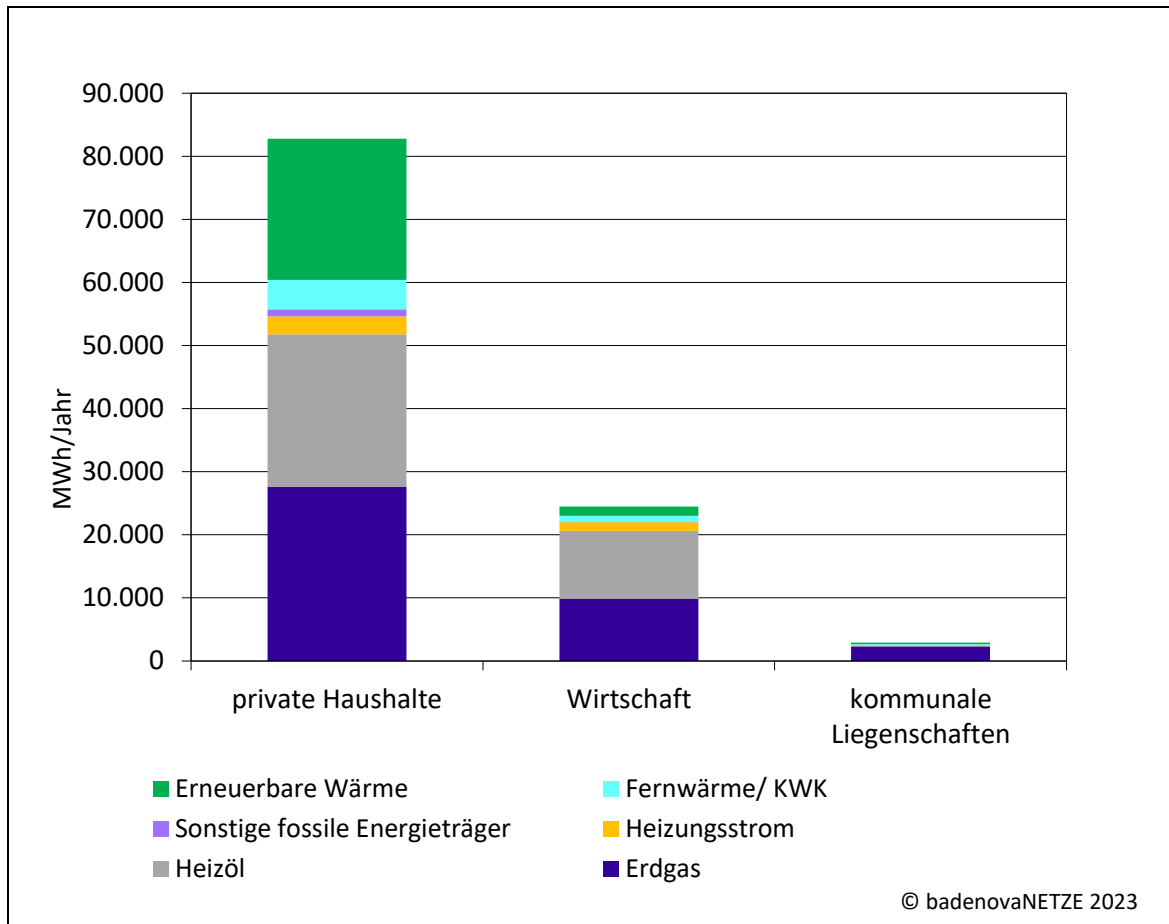


Abbildung 7 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2019)

1.5.3 Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften

Für die kommunalen Liegenschaften wurden im Jahr 2019 2.896 MWh Energie für die Wärmeversorgung benötigt. 2.297 MWh davon sind dem Erdgasverbrauch zuzuordnen, über erneuerbare Wärme werden 231 MWh gedeckt. Heizöl trägt mit 141 MWh bei und mit Fernwärme oder KWK-Anlagen werden 85 MWh gedeckt. Etwa 90 MWh Wärme werden als Umweltwärme beigetragen, 143 MWh entfallen auf Wärme durch Strom. Eine Aufteilung der wichtigsten beheizten kommunalen Gebäude ist der Abbildung 8 zu entnehmen.

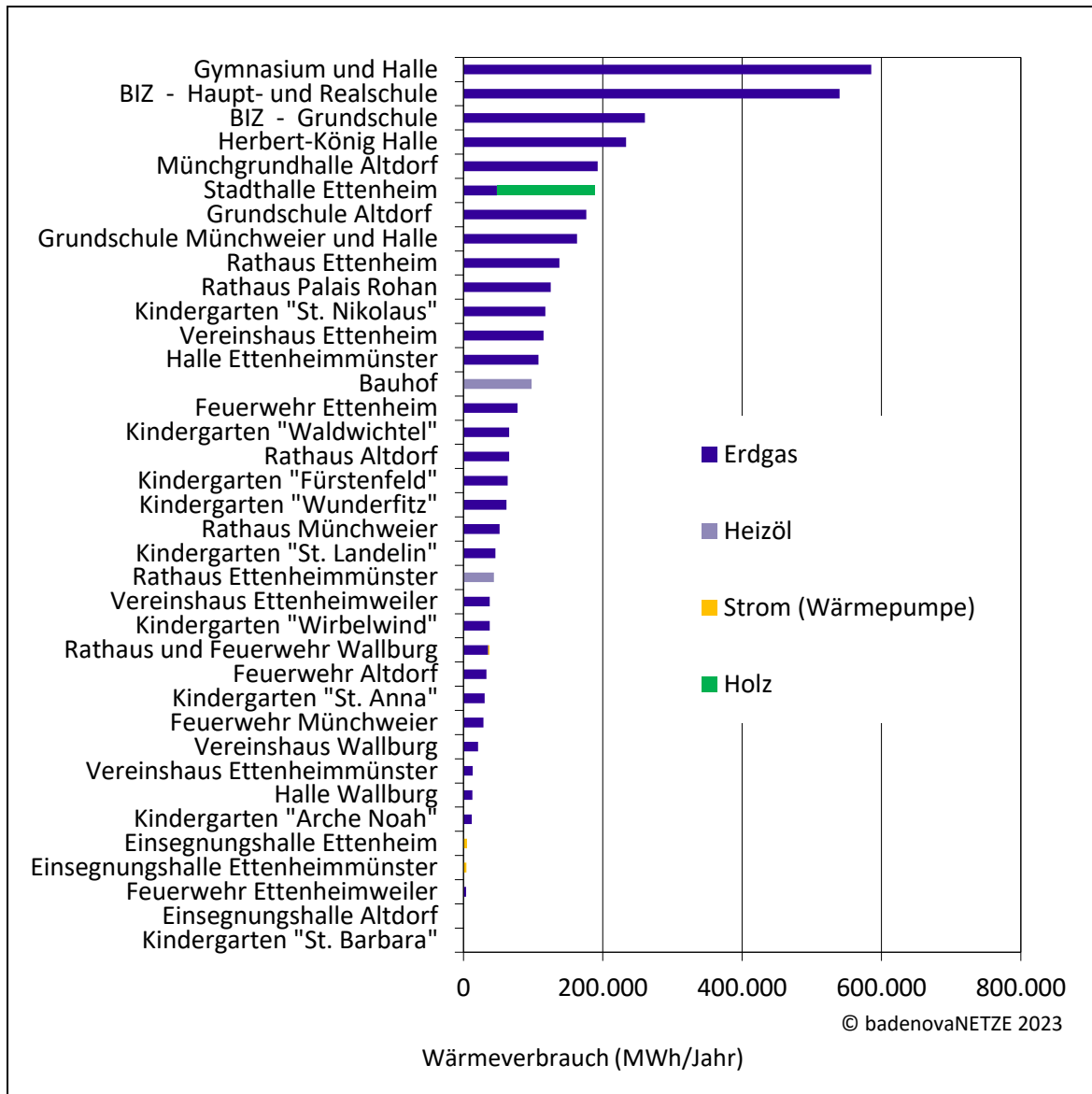


Abbildung 8 – Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften nach Bauwerkszuordnung

1.5.4 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.

Abwärme relevante Produktionsunternehmen der Stadt Ettenheim wurden im Rahmen der Erstellung des kommunalen Wärmeplans von der Stadtverwaltung angeschrieben und um die Mitteilung der wichtigsten Daten zum Energieverbrauch und evtl. Potenziale befragt². 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 berechnet³. Demnach lag der Prozesswärmeverbrauch in der Stadt Ettenheim im Jahr 2019 bei 1.250 MWh und machte somit 1,1 % des Gesamtwärmeverbrauchs der Stadt aus. In Ettenheim sind Unternehmen unterschiedlichster Branchen vertreten. Neben zahlreichen kleineren Betrieben sind größere Unternehmen der Fluor-Polymer-Verarbeitung und der Holzpelletproduktion in Ettenheim ansässig, des Weiteren auch Unternehmen, die mit Induktionsstrom arbeiten.

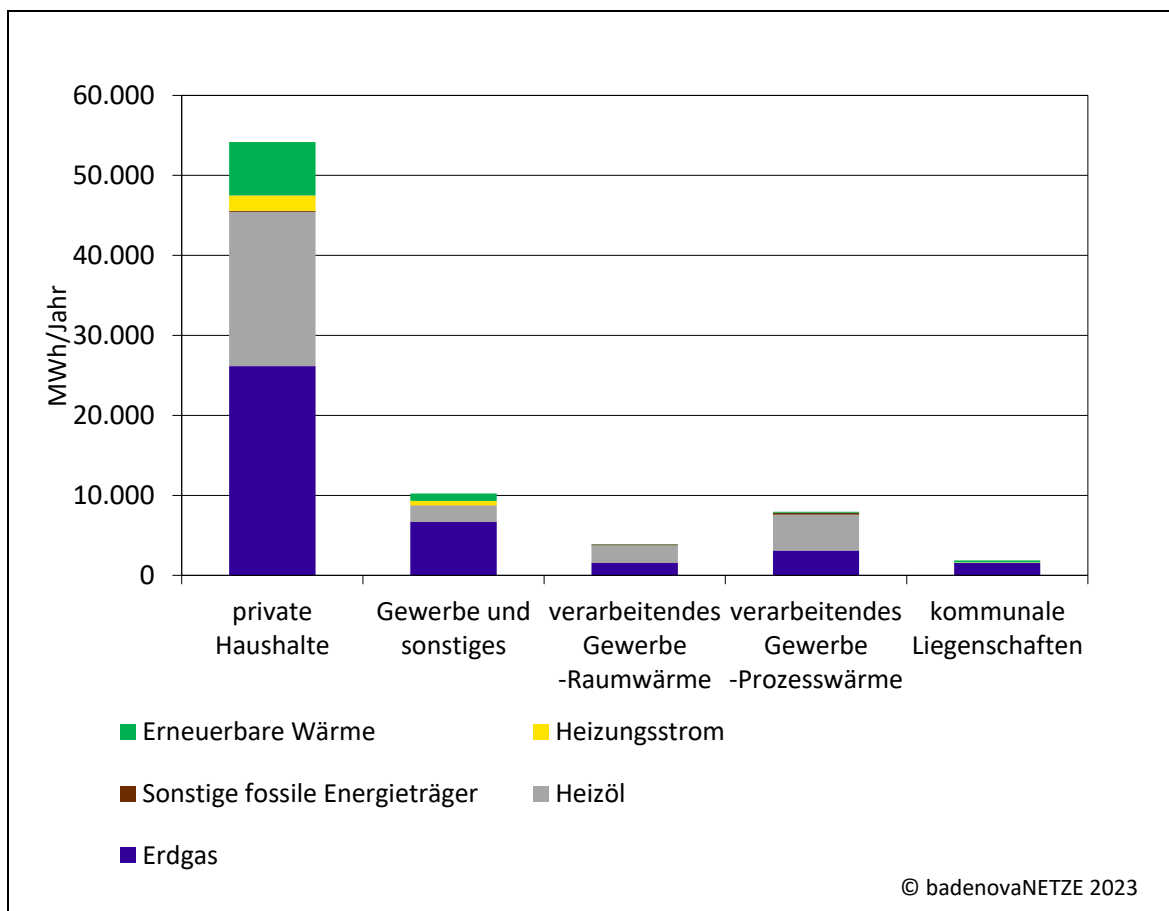


Abbildung 9 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2019)

1.5.5 Räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs

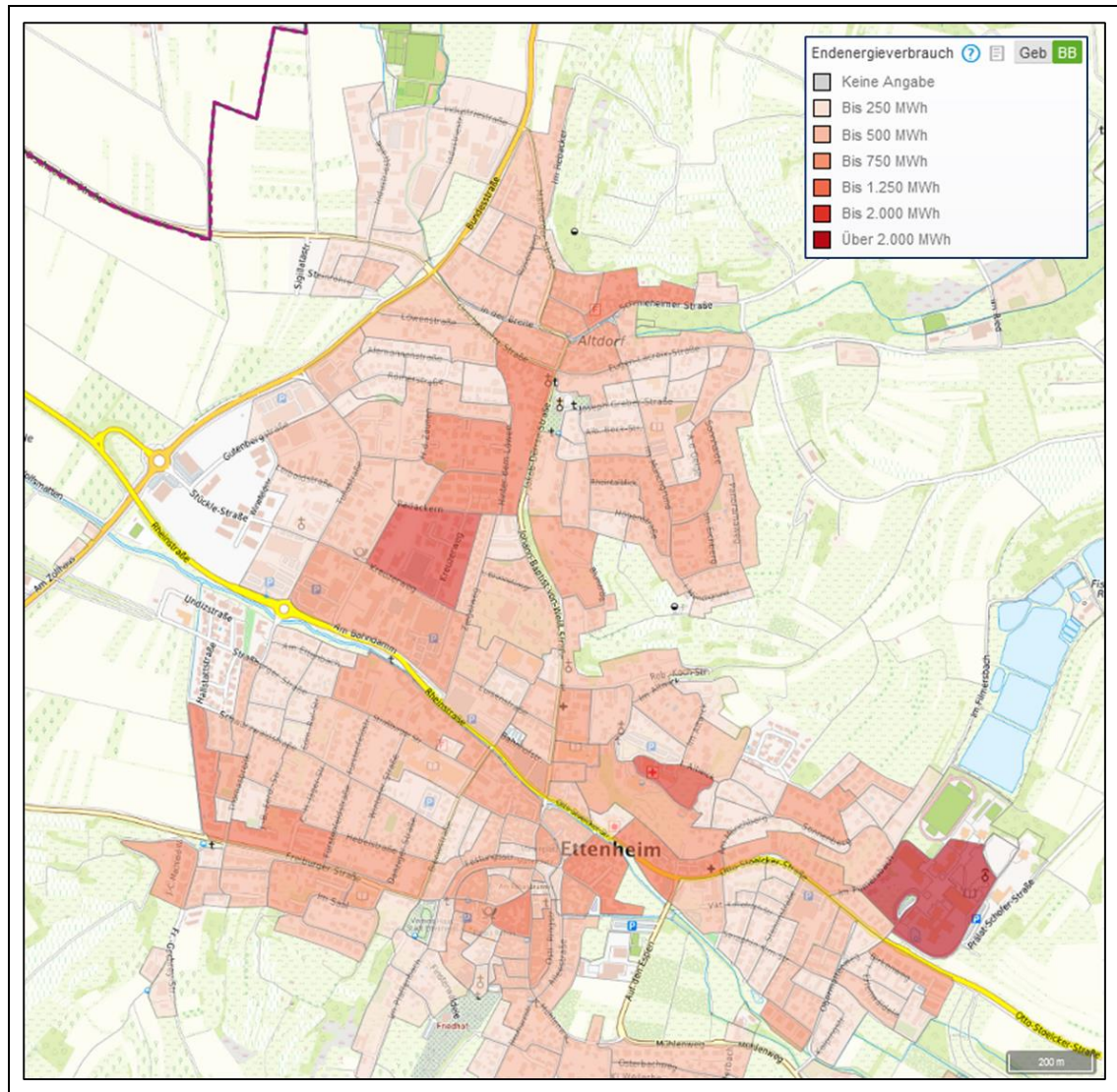
Anhand der Gebäudeeigenschaften, der Heizanlagenstatistik und der Verbrauchsdaten der leitungsgebundenen Energieträger, konnte die räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs im GIS

² Angeschrieben = 5 Produktionsbetriebe. Rücklauf = 5 Betriebe

³ 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)

ermittelt werden. Karte 8 zeigt am Beispiel der Stadt Ettenheim den Wärmeverbrauch der Gebäude, aggregiert auf Baublockebene. Insgesamt ist erkennbar, dass die Wärmedichten sehr heterogen verteilt sind. Die höchsten Wärmedichten liegen im Gebiet der Barockstadt, im nördlichen Gewerbegebiet Ziegelweg (Altdorf), im Bereich der Heimschule St. Landolin sowie lokal in Zentren der peripheren Ortschaften von Ettenheim.

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



Karte 8 – Wärmedichte der Stadt Ettenheim auf Baublockebene (Smart Geomatics GmbH)

1.5.6 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 Stadt Ettenheim führte demnach im Jahr 2019

zu THG-Emissionen in Höhe von 24.733 t CO_{2e}. Der überwiegende Anteil ist den fossilen Energieträgern Erdgas (40 %) und Heizöl (45 %) zuzuordnen. Abbildung 10 zeigt die Aufteilung der wärmebedingten THG-Emissionen nach Sektor und Energieträger. Die kommunalen Liegenschaften waren mit ihrem Wärmeverbrauch für 702 t CO_{2e} im Jahr 2019 verantwortlich.

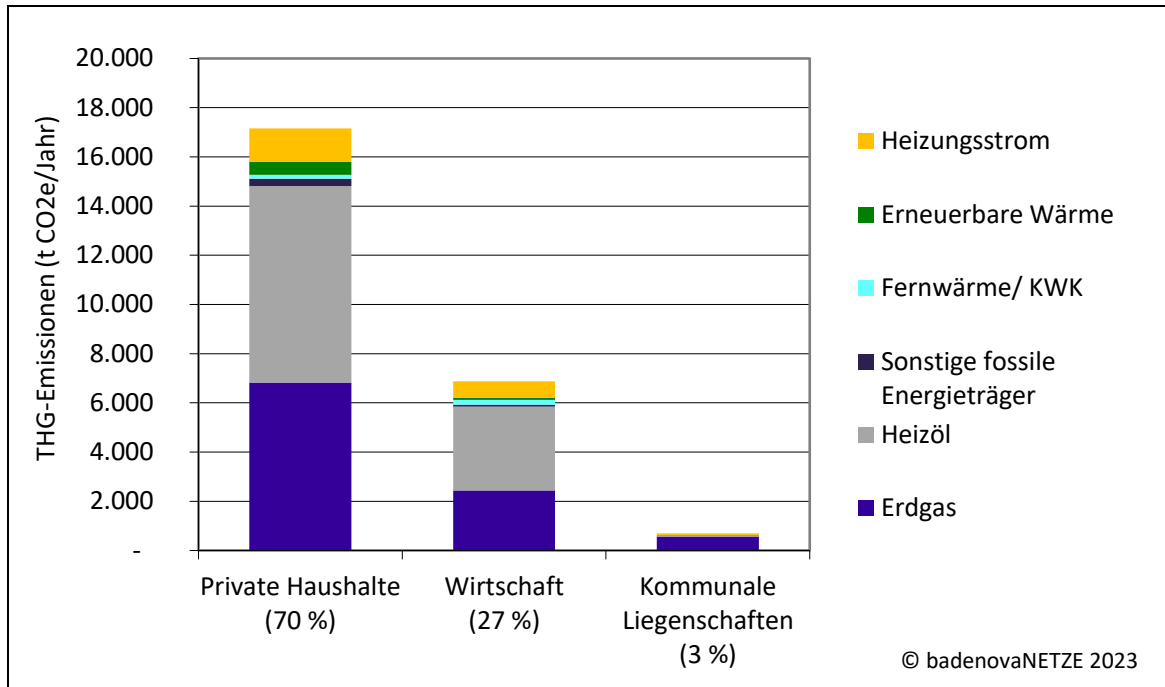


Abbildung 10 – THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs nach Sektor und Energieträger

1.6 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 Stadt, 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 von der Stadt Ettenheim erstellte Energie- und Treibhausgasbilanz enthielt Daten zu den erzeugten Strommengen aus erneuerbaren Energien für das Jahr 2019. Diese wurden ergänzt um die Stromerzeugungsmengen aus KWK-Anlagen. Folgende Strommengen wurden demnach in der Stadt Ettenheim im Jahr 2019 lokal erzeugt:

- Photovoltaik (PV) -Anlagen erzeugten 7.098 MWh Strom.
- Windkraft-Anlagen erzeugten 26.810 MWh
- Wasserkraftanlagen erzeugten 8 MWh Strom.
- KWK-Anlagen erzeugten 487 MWh Strom.

Insgesamt wurden demnach im Jahr 2019 ca. 34.403 MWh Strom mit gemarkungsinternen Anlagen erzeugt. Diese deckten somit 57,4 % des gesamten Stromverbrauchs der Stadt (56,6 % aus

erneuerbaren Energien; Abbildung 11). Zum Vergleich: Im Jahr 2019 wurden in Baden-Württemberg 23 % des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien erzeugt. Damit liegt Ettenheim weit über dem Durchschnitt der erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland.

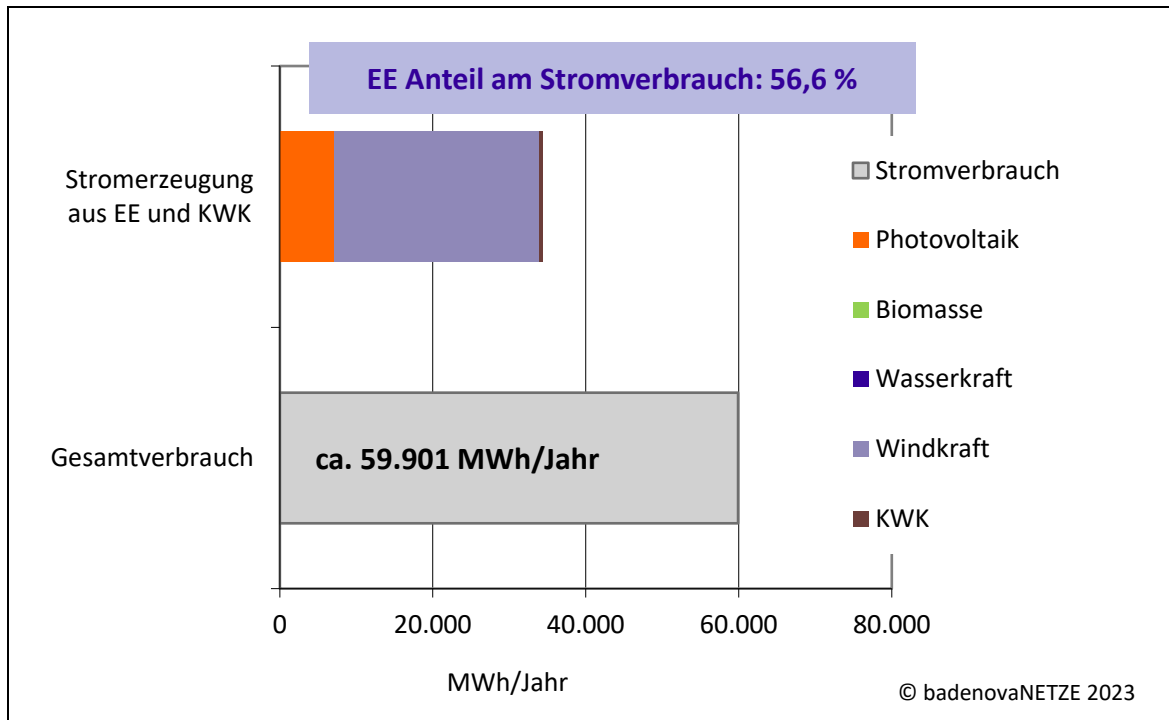


Abbildung 11 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2019

1.7 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 Ettenheim noch keine Rolle spielen. Die Biogasanlagen erzeugen zwar Biogas sowie Kläranlagen Klärgas erzeugen, diese werden jedoch, wenn vorhanden direkt verwertet und nicht zu Bestandsnetzfähigem Biomethan aufbereitet.

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.

1.8 Kennzahlen der Bestandsanalyse

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

Beschreibung Kennwert	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Datenquelle
Endenergieverbrauch für Wärme der Haushalte	6,19	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen für Wärmeverbrauch der Haushalte	1,32	t CO _{2e} /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Endenergieverbrauch für Wärme der kommunalen Liegenschaften	0,22	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen für Wärme der kommunalen Liegenschaften	0,05	t CO _{2e} /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Endenergiebedarf Wärme für Wohngebäude	0,13	MWh/m ² Wohnfläche	2019	Energie- und THG-Bilanz
Stromverbrauch zur Wärmeversorgung der Haushalte	0,39	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Endenergieverbrauch in GHD und Industrie	1,71	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen in GHD und Industrie	0,51	t CO _{2e} /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Einsatz erneuerbarer Energien nach Energieträgern				
• Energieholz	1,35	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
• Solarthermie	0,4	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
• Umweltwärme	0,23	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
• Sonstige Erneuerbare (Industrie)	0,01	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	98,6	%	2019	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Wärmeerzeugung	96,1	% (+EE-Fernwärme)	2019	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien Strombedarf	56,6	%	2019	Energie- und THG-Bilanz

Beschreibung Kennwert	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Datenquelle
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf	26,0	%	2019	Energie- und THG-Bilanz
Nutzung synthetischer Brennstoffe (PtX)	0	MWh/gem. Person	2019	
Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung	5.070	MWh	2019	Energie- und THG-Bilanz
Fläche solarthermischer Anlagen	0,4	m ² /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Fläche PV-Anlagen	3,2	m ² /gem. Person	2019	⁴
Installierte KWK-Leistung pro Kopf (elektrisch)	0,015	kW/gem. Person	2019	Stromversorger
Installierte KWK-Leistung pro Kopf (thermisch)	0,081	kW/gem. Person	2019	⁵
Installierte Speicherkapazität Strom	k.A.	kW		NetzeBW GmbH
Installierte Speicherkapazität Wärme	k.A.	MWh		NetzeBW GmbH
Hausanschlüsse in Gasnetzen	1.361	Anzahl	BN	badenovaNETZE
Länge der Transport- und Verteilleitungen in Gasnetzen	k.A.	m	BN	badenovaNETZE
Hausanschlüsse in Wärmenetzen	135	Anzahl	2019	Fernwärme Ettenheim GmbH
Länge der Transport- und Verteilleitungen in Wärmenetzen	Ca. 2.490	m	2019	Fernwärme Ettenheim GmbH

Tabelle 5 – Wesentliche Kennzahlen der Bestandsanalyse

⁴ Berechnet anhand der Installierten Leistung für PV- Anlagen (Datenquellen: Stromnetzbetreiber Überlandwerk Mittelbaden) und Annahmen zu PV-Modulgröße und Leistung nach dem Energieatlas-BW.

⁵ Thermische Leistung ermittelt anhand installierter elektrischer Leistung (Datenquellen: Stromnetzbetreiber Überlandwerk Mittelbaden) und durchschnittliche Wirkungsgrade für KWK-Anlagen (38% elektrisch und 54% thermisch).

2. 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 Stadt Ettenheim 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.

2.1 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.

2.1.1 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 Mitarbeiter einzelne Gebäudegeschosse teilweise abgesenkt 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).

2.2 Steigerung der Energieeffizienz

2.2.1 Effizienz der Heizungssysteme

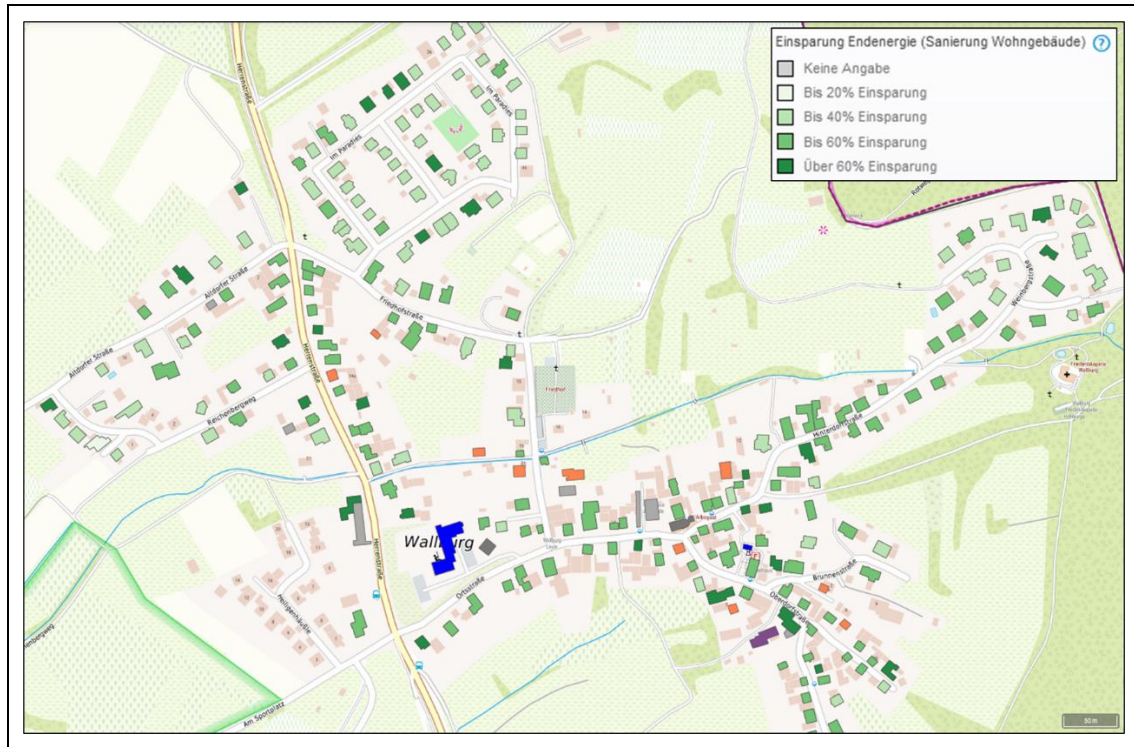
Eine Studie des Instituts für technische Gebäudeausrüstung (ITG) Dresden hat verschiedene Optionen zur Steigerung der Effizienz von Heizsysteme kombiniert und kommt insgesamt auf ein Einsparpotenzial von durchschnittlich 8-15 % (Rehmann, et al., 2022). Durch die Absenkung der Vorlauftemperatur mittels 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. Andererseits sind gerade in alten Gebäuden die Heizkörper für den Heizkesselbetrieb bereits überdimensioniert, so dass sie für den Wärmepumpenbetrieb gerade passend sind.

2.2.2 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).

2.2.3 Energetische Sanierung der Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Die energetische Sanierung von Gebäuden bietet einen großen Hebel, um den Raumwärmebedarf der Gebäude zu senken. In der Stadt Ettenheim wurden 69 % 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 der Ortschaft Wallburg.



Karte 9 – Einsparpotenziale durch energetische Sanierung der Wohngebäude am Beispiel Wallburg (Quelle: Smart Geomatics GmbH 2023)

In Summe könnten 50 % 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 Stadt Ettenheim grafisch zusammengefasst. Durch die weitere Sanierung der Wohngebäude und der damit einhergehenden Energieeinsparung, könnte die Stadt Ettenheim die THG-Emissionen um 8.355 t CO_{2e} jährlich senken (34 % der wärmebedingten THG-Emissionen der Stadt im Jahr 2019).

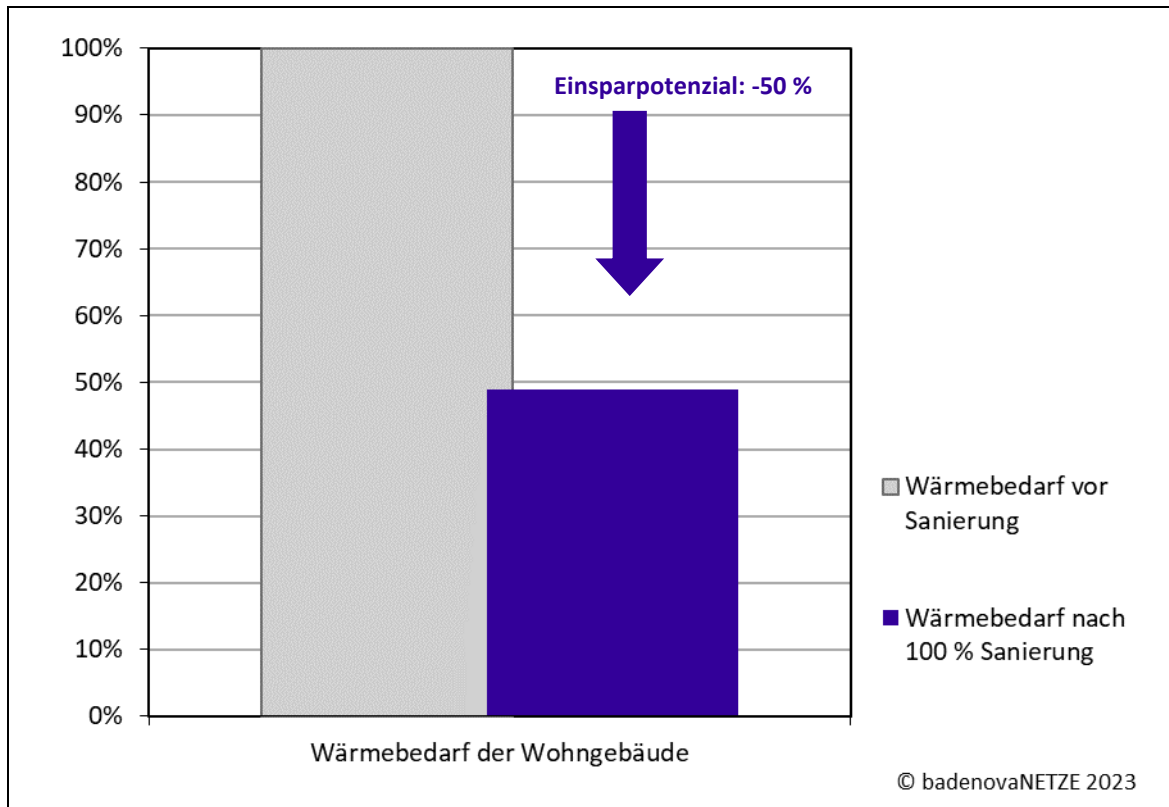


Abbildung 12 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial

2.2.4 Raumwärme der kommunalen Liegenschaften

Die Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Ettenheim weist einen Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften von ca. 2.896 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 232 bis 434 MWh/a gesenkt werden kann.

2.2.5 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 2.3.6).

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. Im Austausch mit den potenziell in Frage kommenden Unternehmen hat sich ergeben, dass es nur bei einer Firma in Ettenheim ein voraussichtlich nutzbares industrielles Abwärmepotenzial gibt. Im Rahmen der aktuellen Machbarkeitsanalyse nach BEW, die von der badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co KG durchgeführt wird, soll dieses Potenzial professionell und zeitnah ermittelt werden. Bisher liegt somit nur ein grob überschlägiges Abwärmepotenzial vor, welches jedoch nicht gesichert ist.

Festzuhalten ist, dass dieses Potenzial gehoben werden sollte, da es einen wichtigen Wärmebeitrag für den Ausbau der Wärmenetze im Zentrum von Ettenheim liefern kann.

2.3 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 Stadt Ettenheim verfügbaren Potenziale zur Wärmeerzeugung aus den folgenden erneuerbaren Quellen beschrieben: Biomasse, Oberflächennahe und Tiefengeothermie, Umweltwärme, Solarthermie und Abwärme aus Gewerbe und Abwasser.

2.3.1 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 Stadt Ettenheim 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.

2.3.1.1 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Landwirtschaft

Die Ermittlung der Biogaspotenziale für die Stadt Ettenheim erfolgte mithilfe statistischer Kennzahlen sowie einer Befragung bei einigen Betrieben. Laut dem Statistischen Landesamt wurden im Jahr 2019 in der Stadt Ettenheim eine Fläche von 520 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 Stadt Ettenheim.

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 Stadt Ettenheim ergeben ein energetisches Potenzial der tierischen Exkremente von ca. 135 MWh/Jahr.

Reststoff Quelle	Anbaufläche (ha) Quelle: STALA 2022	Energetisches Potenzial (MWh/Jahr)
Ackerpflanzen ⁶	814	5.512
Dauergrünlandflächen	209	968
Obstanbau	23	102
Weinanbau	150	196

Tabelle 6 – Energetisches Potenzial einiger landwirtschaftlichen Reststoffe in der Stadt Ettenheim

2.3.1.2 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 Stadt Ettenheim birgt zwar ein energetisches Potenzial von ca. 76 MWh/Jahr. Die Verwertung in einer Biogasanlage in Ettenheim wird in dieser Studie jedoch ausgeschlossen, da die Entsorgung dieser Abfälle in der Verantwortung des Ortenaukreises liegt.

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

⁶ Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich in Ettenheim auf 23 Haupterwerbslandwirte und 33 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.

2.3.1.3 Gesamterzeugungspotenzial Biogas

Ausgehend von den vor Ort erzeugten organischen Reststoffen, ergibt sich ein der landwirtschaftlichen Biogasproduktion hinzuaddiertes technisches Potenzial für die Stadt Ettenheim von 6.913 MWh/Jahr, was im Rahmen einer Stromerzeugung einem elektrischen Erzeugungspotenzial von ca. 2.600 MWh/Jahr und einer Leistung mit ca. 386 kW_{el} entsprechen würde⁷.

2.3.1.4 Energieholz

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

In der Stadt Ettenheim beläuft sich die Gemeindewaldfläche auf 1.190 ha. Das eingeschlagene Holz wird teilweise energetisch genutzt und als Hackschnitzel (500 fm/Jahr) und Brennholz (1.500 fm/Jahr) verwendet. Zusätzlich werden 6.500 fm/Jahr stofflich genutzt. Auf Grundlage der Informationen des zuständigen Forstamtes kann festgestellt werden, dass die Waldfläche in Ettenheim bereits nachhaltig bewirtschaftet wird und der ungenutzte Zuwachs dem Wiederaufforstungsprogramm unterliegt. Zusätzliche energetische Potenziale sind daher nicht vorhanden.

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

⁷ 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.

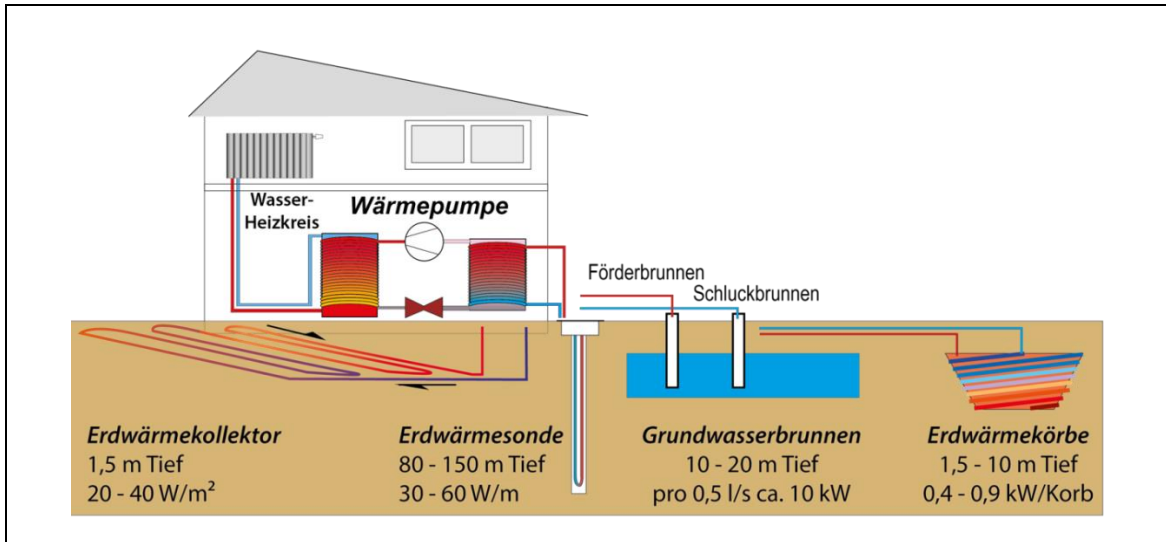
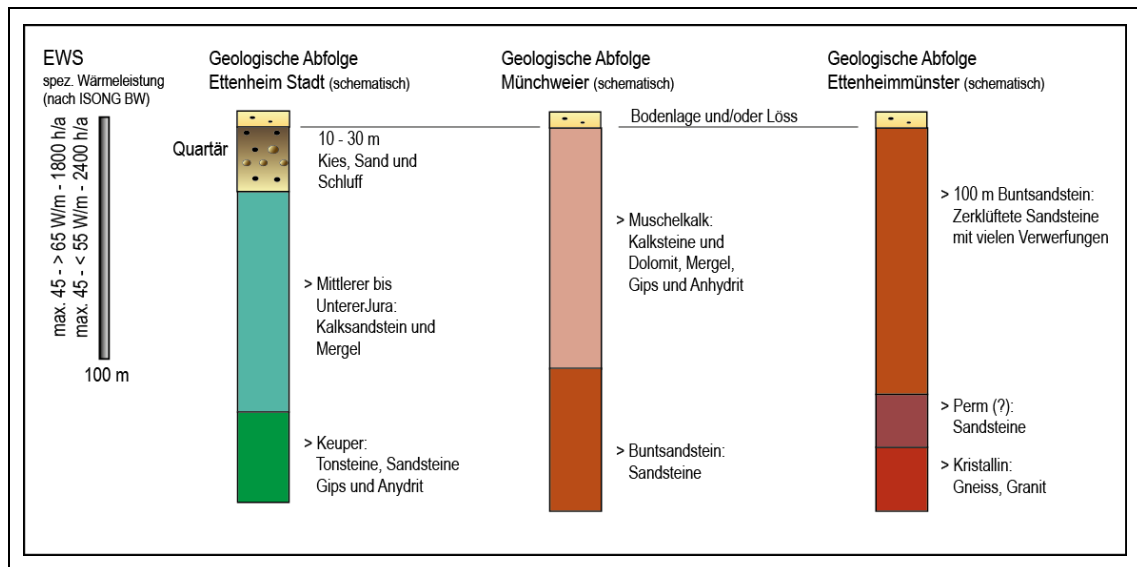


Abbildung 13 – Techniken der Oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit

Das nutzbare Potenzial der Oberflächennahen Geothermie kann wesentlich durch Wasserschutz-zonen eingeschränkt werden, da in diesen Gebieten die Nutzung nur sehr bedingt, bis gar nicht möglich ist. In Ettenheim sind in den Siedlungsbereichen jedoch keine Wasserschutz-zonen eingerichtet. Die oberflächennahe Geologie und ihre wesentlichen Elemente sind in der Karte 10 als Profilabfolgen von Ost (rechts) nach West (links) dargestellt. Zwischen den Profilen liegen größere Verwerfungen, die das Deckgebirge jeweils nach Westen hin abschieben. Das Gebiet der barocken Altstadt wird durch die westliche Verwerfung vom westlichen Stadtsiedlungs-be-reich getrennt. Der Untergrund in der Umgebung von Ettenheimmünster wird von zahlreichen NE-SW verlaufenden Verwerfungen durchzogen, die dort ein gewisses Bohrrisiko bergen.



Karte 10 – Geologische Profilabfolgen der Gemarkung Ettenheim von W nach Ost nach LGRB

2.3.2.1 Erdwärmesonden

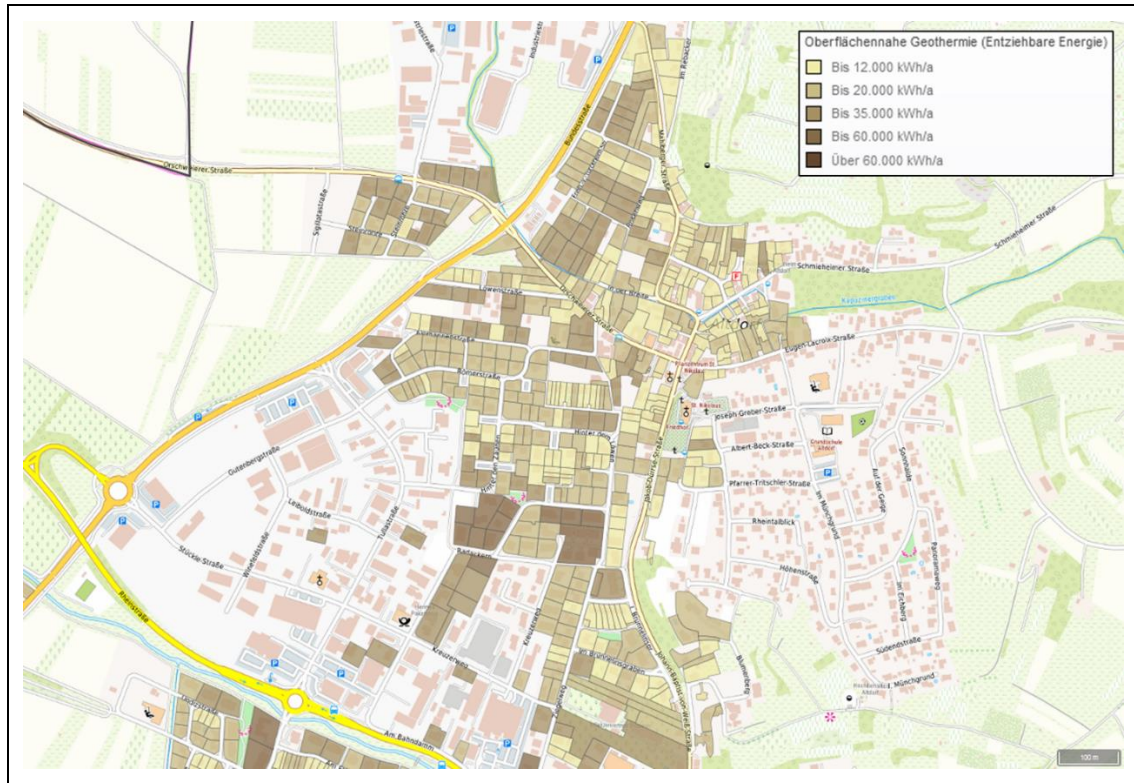
Geologisch betrachtet bietet der Untergrund von Ettenheim ausreichend Potenzial für die Anwendung von Erdwärmesonden. Die Wärmeleitfähigkeiten des oberflächennahen Untergrundes und die geologisch bedingten thermischen Entzugsleistungen von Sonden, so wie sie von dem Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG-BW) angegeben werden, liegen weitestgehend im geeigneten Bereich, zum Teil aber auch im weniger geeigneten Gebieten.⁸ Im allgemeinen ist der Untergrund in Ettenheim für die Abteufung von Erdwärmesonden geeignet. Registriert sind momentan ca. 24 Anlagen mit zusammen 79 Erdwärmesonden bei einer mittleren Länge von 63 m und einer kumulierten Länge von 4.951 m.

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 Erdwärmesonden⁹ 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 Wärmebedarfsanteil 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, welches nicht in einer Wasserschutzzone liegt, da für jede Sondenbohrung eine Bohrerlaubnis vorliegen muss, die im Einzelfall der Prüfung durch die Behörde unterliegt.

Das technische Potenzial zur Deckung des Wärmeverbrauchs der Wohngebäude über Erdwärmesonden liegt in Ettenheim bei ca. 40.467 MWh/Jahr, was 41 % des Wärmebedarfs der Wohngebäude entspricht. Bis zum Jahr 2040 erhöht sich dieser Anteil aufgrund der Gebäudesanierung auf 56 % des dann erwarteten Wärmebedarfs. Karte 11 zeigt einen Ausschnitt des Wärmeentzugspotenzials für Erdwärmesonden je Flurfläche. Die Werte liegen überwiegend im Bereich zwischen 12.000 und 35.000 MWh/Flur. Die nicht-farbigen Flächen unterliegen unbestimmten Einschränkungen durch die Behörde. Eine geothermische Bedarfsdeckung konzentriert sich vor allem auf die Wohngebiete mit überwiegend Einfamilienbehausung. Im älteren Stadtgebiet ist das Potenzial geringer, da das Alter und der hohe Wärme- bzw. Leistungsbedarf der Gebäude einer effizienten und wirtschaftlichen Anwendung im Wege stehen. In den eng bebauten Arealen sind dazu auch die Grundstücksflächen oft zu klein, um mehrere oder auch nur eine Erdwärmesonde abzuteufen.

⁸ Die Wärmeleitfähigkeiten des Bodens 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.

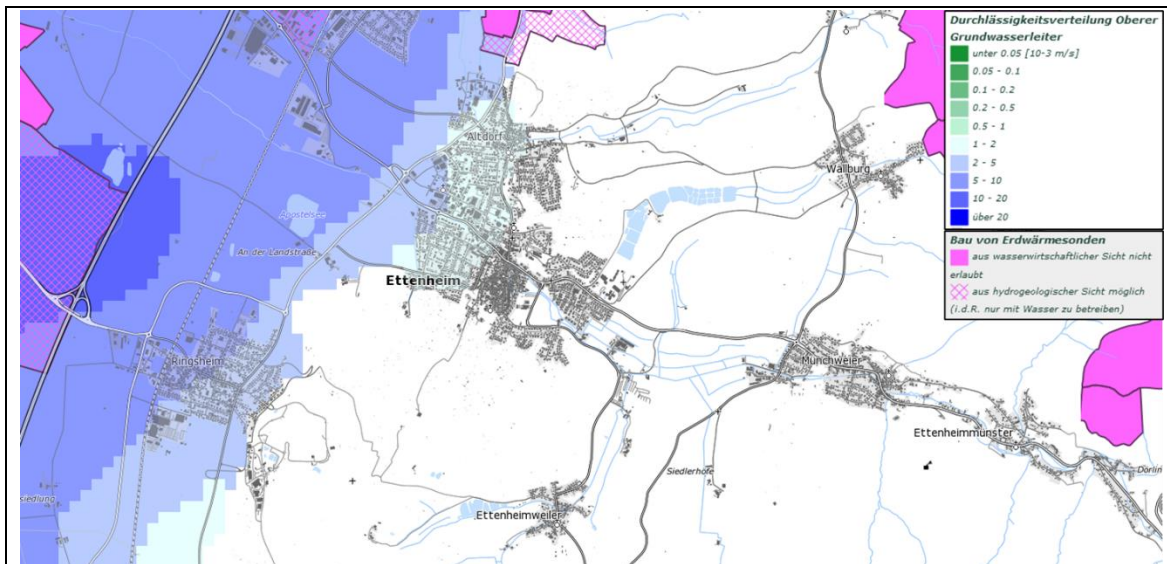
⁹ Es wurde mit einer technisch-ökonomisch optimalen Länge von 120 m gerechnet



Karte 11 – Maximales Wärme-Entzugspotenzial zur Deckung des Gebäudewärmebedarfs mit Erdwärmesonden je Flurfläche

2.3.2.2 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. 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 Vorlauftemperatur (sog. kalte Nahwärme, wie z.B. bei Neubaugebieten) als auch mit hoher Vorlauftemperatur effizient eingesetzt werden. Letzteres bedarf einer Großwärmepumpe, um die nötige Heiztemperatur zu erreichen. Bei konventionellen Fernwärmenetzen mit hohen Vorlauftemperaturen kann Grundwasser ein Teil der Grundlast abdecken. Für Einfamilienhäuser ist es in der Regel nicht wirtschaftlich, Grundwasserwärme zur Wärmebedarfsdeckung zu nutzen.



Karte 12 – Durchlässigkeit 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 Ettenheim in den westlichen Stadtgebieten zu erwarten. Karte 12 zeigt die vom LGRB erfasste Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, wobei hier eine hohe Durchlässigkeit (dunkelblau) mit einem hohen technischen Grundwasserpotenzial zu bewerten ist. In den westlichen Stadtgebieten, z.B. am August-Ruf-Bildungszentrum können bei Durchlässigkeitsbeiwerten um $1,0$ bis $2,0 \times 10^{-3}$ m/s Schüttungsmengen von 6 bis 12 l/s je Brunnen und je erschlossener Aquifermächtigkeit als realistisch angenommen werden.

Das lokale Potenzial lässt sich nur grob über eine Berechnungsformel zum Grundwasserandrang quantifizieren. (vgl. Abschnitt 6.5). Bei einer Fördermenge von 12 l/s liegt die Entzugsleistung in Abhängigkeit von der Temperaturspreizung am Wärmetauscher bei ca. 200 kW je Brunnen. Bei 10 Grundwasserförderbrunnen könnte somit eine Wärmeleistung von bis zu 2,8 MW bei einem Leistungskoeffizienten von COP = 3,5 in Bestandsgebäuden generiert werden. Eine genaue Angabe des kumulierten Potenzials zur Wärmeerzeugung aus dem Grundwasser westlichen Stadtgebiet lässt sich nicht berechnen, ist aber insgesamt als mäßig bis hoch einzustufen. Aufgrund der Tatsache, dass in den letzten 10 Jahren mehrere Grundwasserbrunnen in den jüngeren Baugebieten zur Wärmeversorgung installiert wurden, kann es zu erheblichen Beeinflussungen für benachbarte Brunnen durch die Wiedereinleitung des abgekühlten Wassers in den Aquifer kommen. Diese Einflüsse sowie die Grundwasserqualitäten selbst sind von Fachleuten und Brunnenbauern bei Bedarf zu begutachten.

2.3.2.3 Risiken der Oberflächennahen Geothermie

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

- Bohrtechnische Schwierigkeiten durch Karsthohlräume und –spalten
- Sulfathaltige, aggressive Wässer
- Erdgasaustritt

Insgesamt dürfen diese Bohrrisiken im Einzelfall nicht überbewertet werden. In den weitaus meisten Fällen sind diese technisch handhabbar. Ein Abteufen von Bohrungen in Anhydrit führenden Gesteinsschichten bei gleichzeitig erhöhtem Porenwasserdruck (Arteser) wird von der

Behörde allerdings zu Recht sehr restriktiv gehandhabt, weshalb die Wahrscheinlichkeit für einen erzwungenen Bohrabbruch durch Anhydrit/Gips insbesondere bei ganzen Sondenfeldern relativ hoch ist.

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

2.3.3 Tiefengeothermische Potenziale

Die Tiefengeothermie wird grob unterschieden in eine hydrothermale und in eine petrothermale Tiefengeothermie. Die Abbildung 14 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.

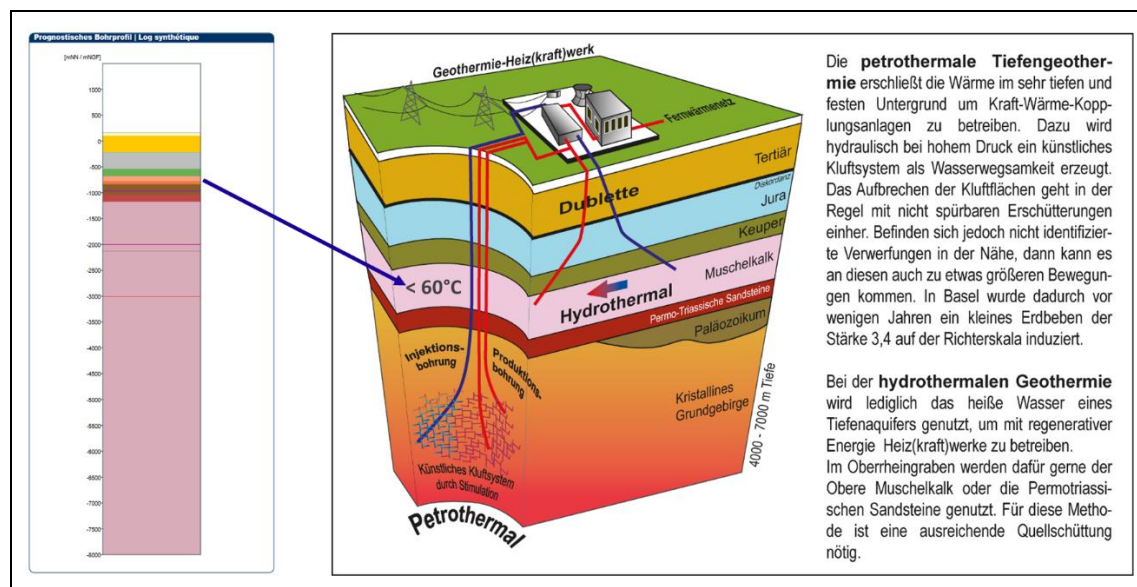


Abbildung 14 – Unterscheidung der zwei grundlegenden tiefengeothermischen Verfahren und Lage des Oberen Muschelkalks westlich von Ettenheim (aus GeORG-Kartenviewer)

Der Obere Muschelkalk als wichtigster potenzieller Thermalwasserhorizont liegt bei Ettenheim-Stadt in zu niedriger Tiefe und streicht bei Münchweier bereits an der Oberfläche aus. Westlich der Stadt, zwischen der Firma Georg Fischer Polymer GmbH und der B3, liegt der Horizont in ca. 650 m Tiefe, wo eine Thermalwassertemperatur von deutlich unter 60°C zu erwarten ist (Abbildung 14). In dieser Situation ist mit einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis für eine geothermische Exploration bei zu niedrigen Thermalwassertemperaturen zu rechnen.

Noch etwas weiter westlich, jenseits der Autobahn am äußersten Rand der Gemarkung, erreicht der Obere Muschelkalk auch nur maximal eine Tiefe von ca. 800 m, so dass auch dort nicht mit deutlich höheren Temperaturen zu rechnen ist, es sei denn, die Bohrung trifft auf eine starke Wärmeanomalie im Bereich der großen Verwerfung zwischen Orschweier und der Autobahn A5 (Abbildung 15). Das Temperaturniveau sollte mindestens 70-90°C erreichen, um ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis zu ermöglichen. Dies kann hier als unwahrscheinlich erachtet werden.

Die eigentlichen Potenzialgebiete finden sich erst auf der französischen Seite des Oberrheingrabens unter der Kommune Rossfeld, wo die Thermalwasserhorizonte in bis zu 2.100 m Tiefe liegen und dort Temperaturen von sicher über 100°C aufweisen.

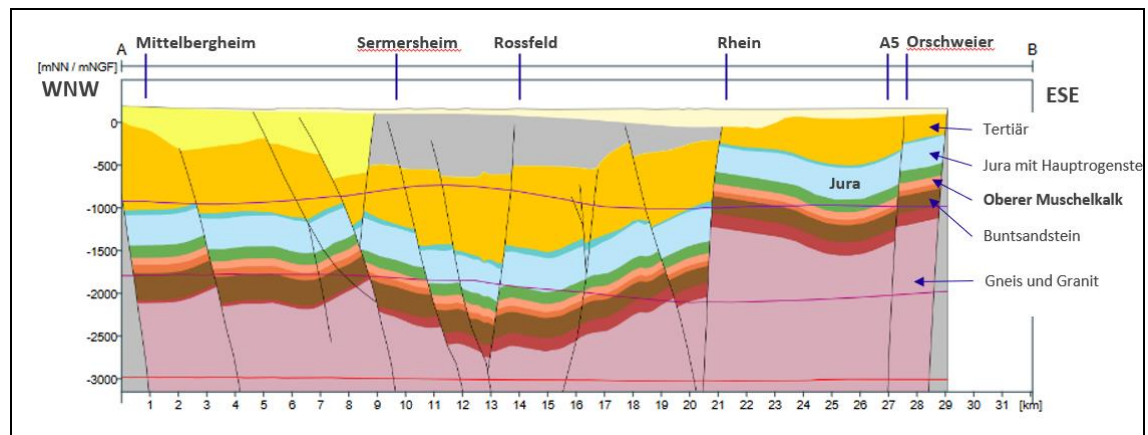


Abbildung 15 – Geologisches Profil durch den Oberrheingraben auf Höhe von Ettenheim (aus GeORG Kartenviewer)

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 gewollte Klüftbildung zurückzuführen sind.

Notwendig wären dafür tieferreichende Bohrungen in bis zu 2.500 m Tiefe. Insbesondere in der dicht bebauten barocken Altstadt könnten die denkmalgeschützten Gebäude durch etwas größere induzierte Mikrobeben, die nicht immer zu vermeiden sind, Schaden nehmen. Insgesamt ist daher eine tiefe geothermische Exploration auf der Gemarkung Ettenheim nicht zu empfehlen.

2.3.4 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 Stadt Ettenheim 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. 22.312 MWh/a bezogen auf den heutigen Gebäudewärmebedarf. Das entspricht einer potenziellen Abdeckung des Wohngebäude-Wärmeverbrauchs von ca. 22 %. Bis ins Jahr 2040 kann dieser Anteil durch die Gebäudesanierung auf ca. 38.032 MWh/a gesteigert werden, was dann einen Deckungsanteil von bis zu 50 % 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. Der das Stadtgebiet durchfließende Ettenbach bietet aufgrund der eher geringen Wasserführung kein Potenzial, um z.B. Neubaugebiete über eine Großwärmepumpe mit Wärme zu versorgen.

2.3.5 Solarthermie

Die Stadt Ettenheim hat aufgrund ihrer Lage in Süddeutschland eine günstige Solareinstrahlung, welche für die Strom- und Wärmeenergieerzeugung genutzt werden kann. Laut Globalstrahlungsatlas der LUBW liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei 1.133 kWh/m² und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt (LUBW, (2023)). Im Jahr 2019 wurden in Ettenheim ca. 2,7 % des Wärmeverbrauchs der Stadt durch Solarthermieanlagen gedeckt. Hinzu kommt mit ca. 850 MWh/a der Ertrag einer Solar-Freiflächenanlage, die das Netz der Fernwärme-Ettenheim GmbH mitversorgt.

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.

2.3.5.1 Wärmeenergiepotenziale 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 2.4.3) 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 (2.944 MWh) auf 8.759 MWh und damit auf insgesamt rund 8 % des Wärmeverbrauchs der Stadt Ettenheim. Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der erhöhten Erzeugung von Solarwärme könnten, im Vergleich zum mittleren Emissionsfaktor des Wärmeverbrauch, insgesamt 1.158 t CO_{2e} /Jahr vermieden werden.

2.3.5.2 Wärmeerzeugungspotenziale auf Freiflächen

Wärme aus Solarenergie auf Freiflächen wird in der Regel nur dort eingesetzt, wenn 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.

2.3.6 Abwärmepotenziale

2.3.6.1 Abwärmepotenziale im Gewerbe

Im Rahmen des kommunalen Wärmeplans wurden die fünf Betriebe in Ettenheim, die ein relevantes Abwärmepotenzial aufweisen können, angeschrieben und befragt. In einem weiteren Schritt wurden die Betriebe telefonisch in Hinsicht auf spezifische Fragestellungen interviewt. Gemeinsam mit der badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co. KG konnte dann mit einem der Unternehmen ein intensives Gespräch über die wärmerrelevanten Produktionsprozesse bzw. über die Abwärmepotenziale geführt werden. Daraus ergab sich, dass ein relevantes Wärmepotenzial zu erwarten ist. Allerdings ist bisher nicht bekannt, inwiefern die Wärme zur Hauptbedarfszeit während der Heizperiode tatsächlich zur Verfügung steht. Um diesbezüglich sichere Aussagen machen zu können, ist eine weitergehende Analyse zur Bemessung der innerbetrieblichen Optimierungspotenziale und der exakten Abwärmebeträge notwendig. Diese soll in Absprache mit dem Unternehmen zeitnah durchgeführt werden.

Bei allen anderen Unternehmen hat sich kein Abwärmepotenzial in den Betrieben ergeben. Dabei spielten neben den energetischen Gegebenheiten auch betriebswirtschaftliche Gründe eine Rolle.

Im Rahmen der Eignungsgebiete für die zentrale Wärmeversorgung und bei der Umsetzung der Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans sollte geprüft werden, ob die anfallende Abwärme eines der Betriebe technisch-wirtschaftlich für ein Wärmenetz zu erschließen ist. Das Thema

sollte in Bezug auf die Nutzung der Abwärme im östlichen Stadtgebiet von der Stadtverwaltung weiterhin hohe Priorität haben.

2.3.6.2 Abwärmepotenziale aus dem Abwasser

In Deutschland stehen etwa 600.000 km Kanalnetz (Statista 2021) mit temperiertem Abwasser zur Verfügung, welches ein großes Potenzial für die Wärmewende darstellt. 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 Kanalwärmetauscher, die direkt im Kanal installiert werden und 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 doppellagig, um das Durchströmen eines Zwischenmediums zu ermöglichen. Bei diesem Prozess kann eine Leistung zwischen 2 und 4 kW pro m² dem Abwasser 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.

Der Stromnetzbetreiber der Stadt Ettenheim hat eine Potenzialuntersuchung zur Abwasserwärmenutzung im Stadtgebiet untersucht. Das vorhandene Potenzial fällt jedoch auf sehr niedrigem Temperaturniveau und bei insgesamt geringer Wasserführung an, so dass laut Dienstleister unter Umständen ein sehr kleines Neubaugebiet versorgt werden könnte. Allerdings fallen Bedarf

und Senken nicht zusammen. Auch die städtischen Angaben hinsichtlich der zu den Rohrdurchmessern bemessenen Abflussmengen bieten kein relevantes Potenzial, welches sich für eine spezifische Wärmesenke nutzen ließe.

2.4 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 2.3.1 erläutert. Im folgenden Abschnitt werden die Potenziale zur Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windkraft und mit Photovoltaikanlagen auf Dachflächen, Freiflächen und Baggerseen dargestellt.

2.4.1 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, entnommen. Diese Informationen wurden ergänzt und aktualisiert durch Informationen des Stromnetzbetreibers NetzeBW, der für die Jahre 2013 bis 2019 eine aktive Wasserkraftanlage mit insgesamt 4 kW elektrischer Leistung am Standort „Fuchsmühle“ verzeichnet.

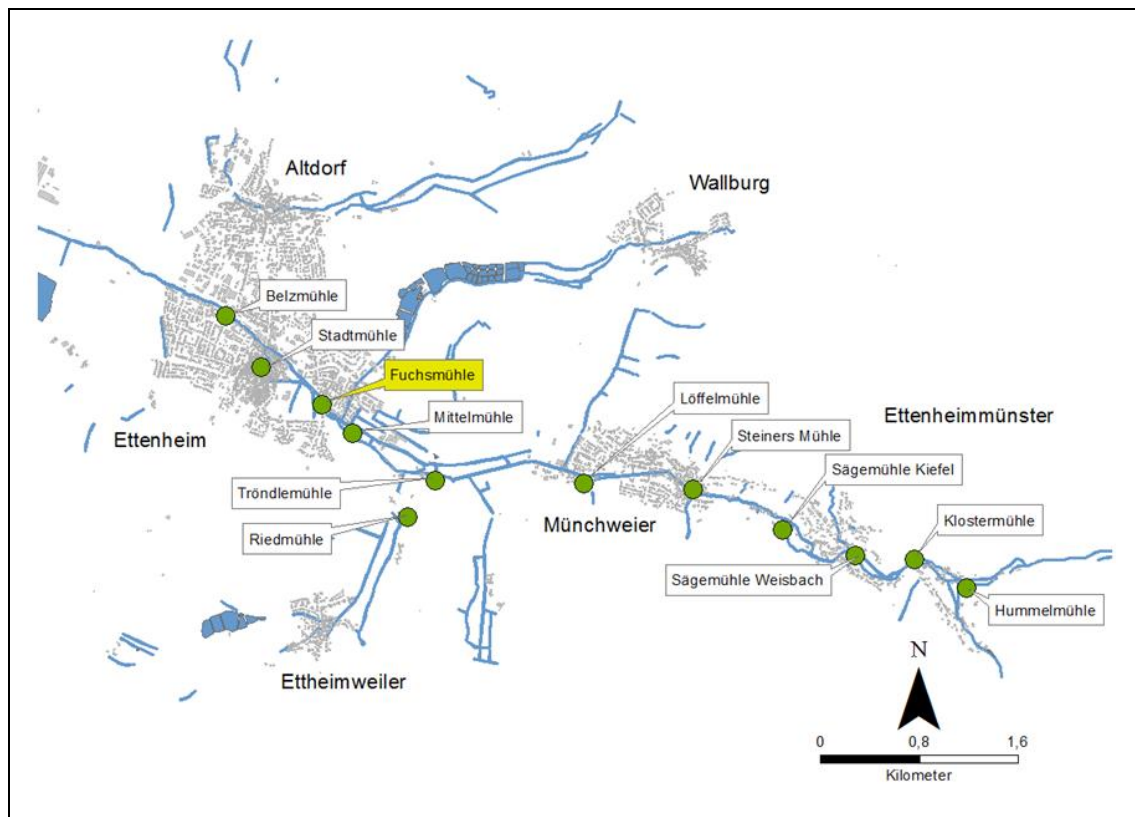


Abbildung 16 – Karte des Gewässernetzes in Ettenheim mit Standorten der Mühlenanlagen

Diese Anlage ist in der Abbildung 16 gelb hervorgehoben. Das Gesamtpotenzial der Fuchsmühle kann auf Basis der verfügbaren Daten zu ca. 8 bis 11 MWh pro Jahr angegeben werden. Laut Energieatlas der LUBW ist innerhalb der Gemarkung von Ettenheim kein weiteres Wasserkraftpotenzial entlang des vorhandenen Fließgewässers „Ettenbach“ vorhanden, auch wenn es dort zahlreiche alte Mühlenbauwerke gibt (Abbildung 16).

Mindestens seit dem Mittelalter wird der Ettenbach für den Antrieb von verschiedensten Mühlen genutzt. Dazu gehören Mahlmühlen, Sägemühlen, Lohmühlen zur Lederverarbeitung und Ölmühlen. Für die Stromerzeugung wurden bisher nur die Fuchsmühle in Ettenheim und die Tröndlemühle in Münchweier betrieben. Letztere wurde 1976 stillgelegt. Mit der Fuchsmühle konnte bereits seit 1930 mit einer Wasserkraftturbine Strom erzeugt werden. Entlang des Mühlenwanderweges werden von der Stadt Ettenheim zwölf Mühlen beschrieben. Zehn davon sind im Energieatlas Baden-Württemberg (LUBW, 2020) verzeichnet.

2.4.2 Windkraft

Bei der Erfassung von Windkraftpotenzialen wurde der Energieatlas des LUBWs herangezogen, der als erste Planungsgrundlage für die Suche nach wirtschaftlichen Standorten dient (LUBW (2020)). 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 Stadt als Potenzialgebiet ausgeschlossen:

- Flächen, die < 1000 m von geschlossenen Ortschaften entfernt sind
- Flächen, die < 500 m von Einzelgebäuden entfernt sind
- Flächen, die < 100 m von Autobahnen entfernt sind
- Flächen, die < 50 m von Hochspannungsleitungen oder Landstraßen 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.

Zurzeit besteht der Bürgerwindpark Südliche Ortenau, der auf Ettenheimer Gemarkung im Jahr 2016 mit vier Anlagen in Betrieb gegangen ist. Drei ältere Anlagen mit 3,9 MW Leistung sind aktuell außer Betrieb und werden durch den bereits genehmigten Windpark Schnürbuck ersetzt, der ca. 13,8 MW Leistung bieten wird. Beide Windparks sind in Abbildung 17 verortet.

Laut Aussagen des Investors „Das Grüne Emissionshaus GmbH“ besteht ein weiteres Potenzial von fünf Windkraftanlagen mit je 2,5 MW Leistung. Daraus ergibt sich insgesamt ein zukünftiges Potenzial von ca. 37 MW installierter Anlagenleistung und einem voraussichtlichen Stromjahresertrag von ca. 75.000 MWh/a.

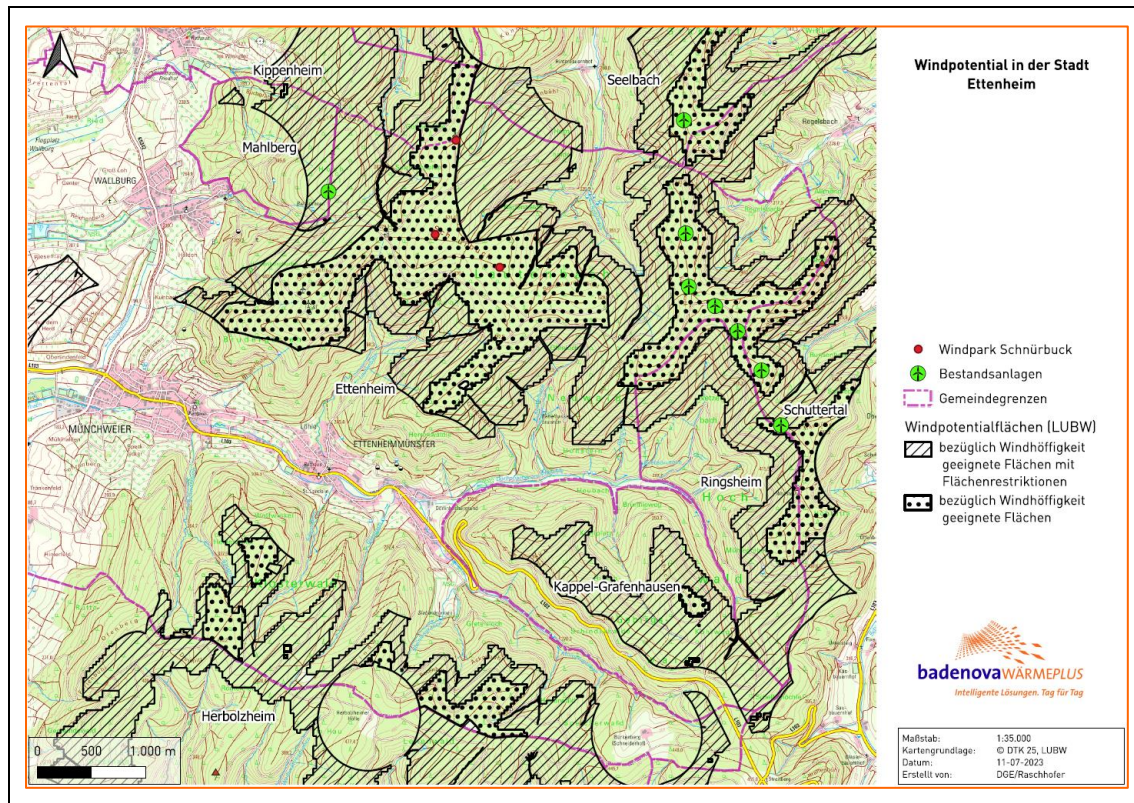


Abbildung 17 – Lage der aktuellen und genehmigten Windparks, sowie der Potenzialflächen

2.4.3 Photovoltaik

Für die Ermittlung der Potenziale zur Stromerzeugung wurde auf den Energieatlas Baden-Württemberg der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) zurückgegriffen (LUBW (2023)); vgl. Abschnitt 6.2). Dabei wird zwischen folgenden drei Potenzialflächen unterschieden:

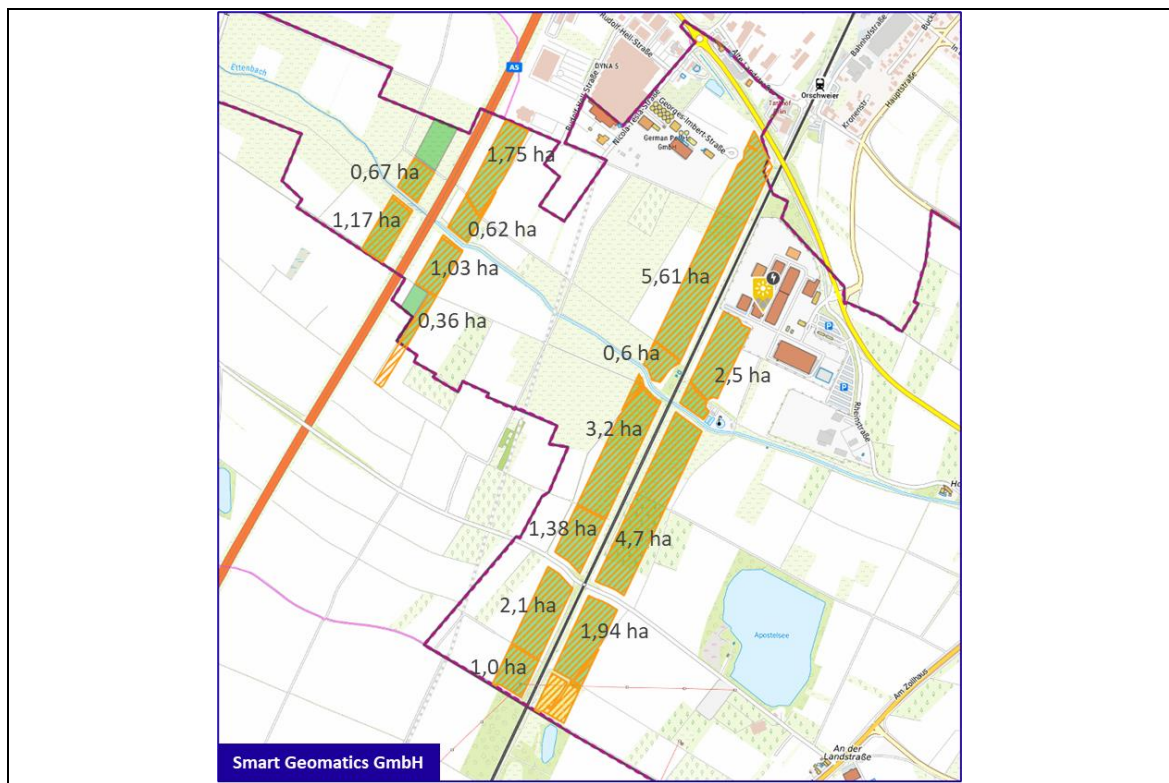
- Stromerzeugungspotenzial auf bestehende Dachflächen: Das Dachflächenpotenzial für die Stromerzeugung mit Photovoltaik wurde, wie auch das Solarthermiepotezial, anhand des Dachflächenkatasters der LUBW ermittelt. Der Altstadtbereich wurde herausgerechnet, da hier - trotz der im Jahr 2023 beschlossenen Öffnung der Altstadtsatzung - weiterhin Restriktionen für die Nutzung der Photovoltaik auf denkmalgeschützten Gebäuden möglich sind. Die Genehmigung zum Bau von PV-Aufdachanlagen liegt demnach im Ermessen des Denkmalamtes. Durch die Ausschöpfung des Dachflächenpotenzials in Ettenheim können nach diesen Berechnungen jährlich insgesamt ca. 57.000 MWh Strom mit PV-Anlagen erzeugt werden. Dies entspricht 95 % des Stromverbrauchs im Jahr 2019.
- Stromerzeugungspotenziale auf Freiflächen: Der Energieatlas Baden-Württemberg listet, zusätzlich zum PV-Potenzial auf Dächern, Angaben zum Potenzial für PV-Anlagen auf Freiflächen auf (LUBW (2020)), die theoretisch für PV-Nutzung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) geeignet sind. Im Vergleich mit Angaben des Regionalverbands Südlicher Oberrhein wurden Flächen, die durch Restriktionen aus dem Regionalplan für PV-Anlagen nicht genehmigungsfähig wären, abgezogen. Daraus ergeben sich für Ettenheim mehrere Flächenabschnitte entlang der Bahnlinie und der Autobahn für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen mit einer Fläche von insgesamt ca. 28,6 ha (vgl. Karte 13). Würden 70 % der geeigneten Freiflächen für PV-Anlagen genutzt, könnten damit theoretisch 50 % des Stromverbrauchs im Jahr 2019, also 30.060 MWh/Jahr erzeugt 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 Ettenheim kein weiteres PV-Potenzial.

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 auf zusammen ca. 1,3 ha ermittelt werden. Bei einer Belegung von 70 % könnten damit 1.937 MWh Strom pro Jahr erzeugt werden.

Bei einer angemessenen linearen Hochrechnung des derzeitigen Bestandes an Aufdachanlagen, addiert zu den verfügbaren Freiflächen-PV-Anlagen bei 70 % Belegung, ergibt sich bis 2040 ein Stromerzeugungspotenzial von ca. 51.000 MWh/a oder 85 % des heutigen Verbrauchs.

Die Abbildung 18 zeigt das Stromerzeugungspotenzial mit Photovoltaik auf Dachflächen und Freiflächen im Verhältnis zum Gesamtstromverbrauch der Stadt Ettenheim im Jahr 2019. Mit den zur Verfügung stehenden Potenzialflächen könnte die Stadt Ettenheim den heutigen Stromverbrauch zu 143 % decken. Durch die Ausschöpfung des Dachanlagen-, des PV-Freiflächenpotenzials entlang der Bahnlinie und des Parkplatzflächenpotenzials könnten, im Vergleich zum deutschen Strommix des Jahres 2019, insgesamt 34.029 t CO_{2e} /Jahr (= 48 %) vermieden werden.



Karte 13 – Potenzialflächen für Freiflächen PV-Anlagen (Datenquellen: LUBW, Regionalverband Hochrhein, badenovaNETZE GmbH)

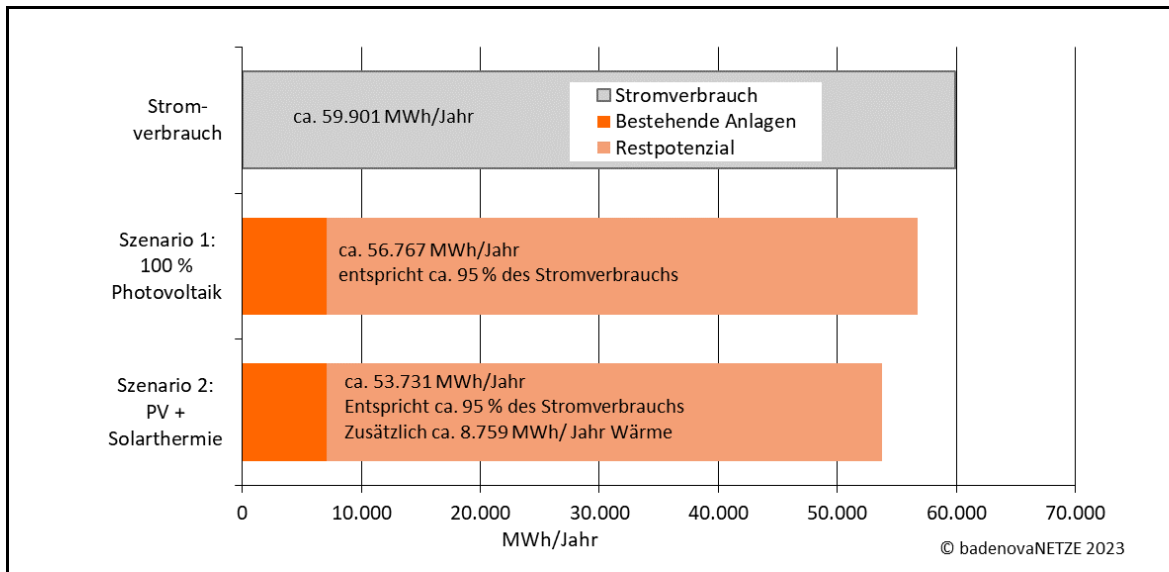


Abbildung 18 – Stromerzeugungspotenziale mit Photovoltaik in Ettenheim

2.5 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 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 Speichermöglichkeit 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 19). Zudem lässt sich Wasserstoff auch in das bestehende Gasnetz integrieren.

Die Verfügbarkeit von erneuerbaren Gasen könnte vor allem für den Industriezweig der Metall-erzeugnisse bzw. -bearbeitung in Ettenheim essenziell sein. Einzelne Prozessschritte benötigen Wärme auf Temperaturniveaus über 300°C. Um diese hohen Temperaturniveaus zu erreichen, bedarf es molekülbasierter Energieträger, da hier der Elektrifizierung technische Grenzen gesetzt sind.

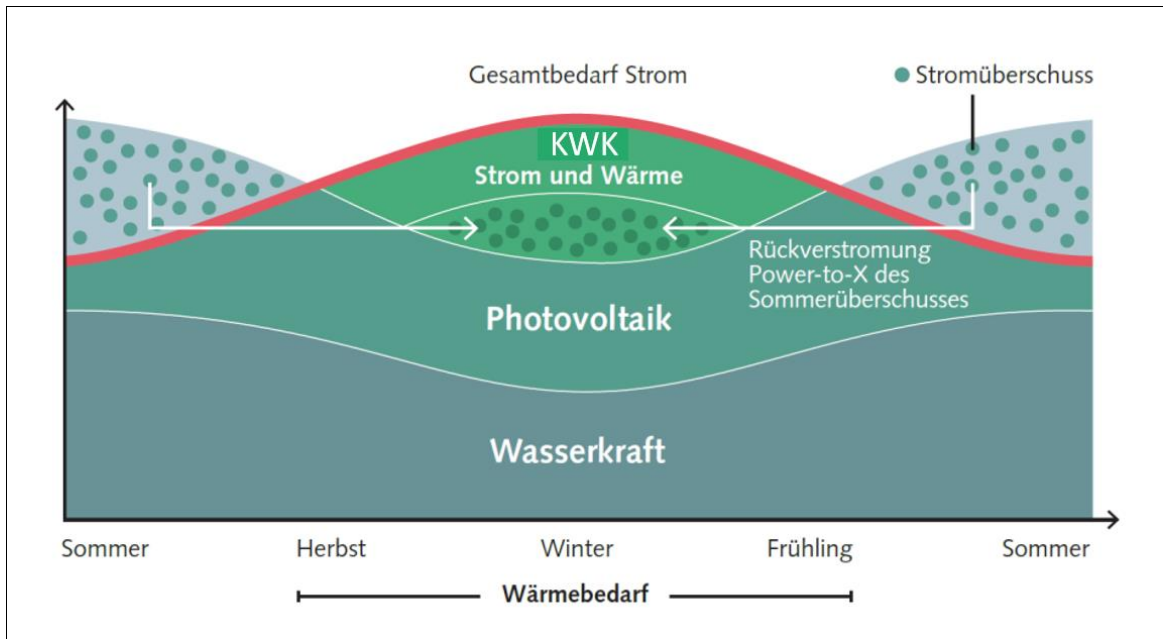


Abbildung 19 – Versorgungssicherheit durch Schließung der Winterlücke (Powerloop, 2020)

2.5.1 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.

2.5.2 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 20 zeigt typische Temperaturanforderungen verschiedener Wirtschaftszweige.

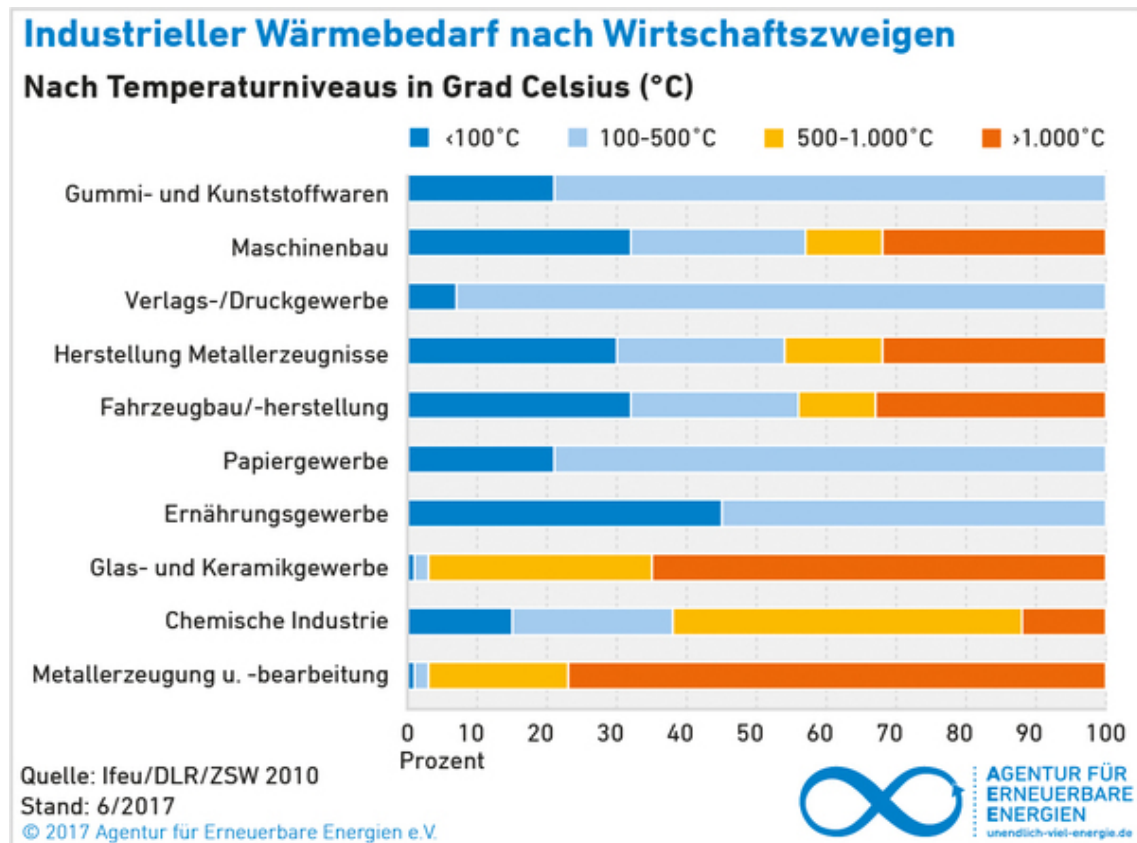


Abbildung 20 – Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien, 2017)

2.6 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenzialanalyse zeigt, die Stadt Ettenheim verfügt über Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz, zur Energieeinsparung und zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien. In der folgenden Tabelle sind die Potenziale der Stadt Ettenheim zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien übersichtlich zusammengefasst. Im nächsten Kapitel wird das Zielbild zur Klimaneutralen Wärmeversorgung der Stadt Ettenheim 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.

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Biomasse	Biogas	Stromerzeugung Zentrale/dezentrale Wärmeversorgung	2.627 MWh/Jahr 2.251 MWh/Jahr
	Energieholz	Zentrale/dezentrale Wärmeversorgung	0 MWh/a
Oberflächennahe Erdwärme	Erdwärmesonden	Dezentrale Wärmeversorgung (nicht kumulierbar mit Umweltwärme!)	40.467 MWh heute (41 % der Gesamtwärme) 42.117 MWh ab 2030 (48 % der Gesamtwärme) 42.177 MWh ab 2040 (56 % der Gesamtwärme)
	Grundwasserbrunnen	Zentrale/dezentrale Wärmeversorgung	Zwischen 100 und 200 kW Entzugsleistung je Brunnen: bis zu 2,8 MW bei COP 3,5 in Bestandsgebäuden
Tiefengeothermie	Hydrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung	Kein wirtschaftlich nutzbares Potenzial
	Petrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung bei gleichzeitiger Stromerzeugung	Induzierte Mikrobeben könnten der Barockstadt als Kulturstandort größeren Schaden zufügen
Solarthermie	Solarthermie auf Dachflächen	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	8.759 MWh/Jahr (inkl. Bestandsanlagen)
	Solarthermie auf Freiflächen	Zentrale Wärmeversorgung	In Konkurrenz zur Stromerzeugung; Bestandsanlage ist nicht ausbaubar

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Umweltwärme	Luft	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	22.312 MWh heute (22,5 % der Gesamtwärme) 41.462 MWh ab 2030 (47 % der Gesamtwärme) 38.032 MWh ab 2040 (50 % der Gesamtwärme)
Abwärme	Gewerbe	Zentrale Wärmeversorgung	0,5 bis 1,5 MW thermisch erwartet (noch nicht professionell analysiert)
	Abwasser	Zentrale Wärmeversorgung	Kein Potenzial technisch-wirtschaftlich nutzbar
Windkraft	Wind	Stromerzeugung	Ca. 50.000 MWh/Jahr Stromertrag ab 2030 Ca. 75.000 MWh/Jahr Stromertrag ab 2040
Wasserkraft	Fließgewässer	Stromerzeugung	Kein zusätzliches Potenzial
Photovoltaik	Dachflächen	Stromerzeugung	53.731 MWh/Jahr (Potenzial ohne Altstadt) 19.000 MWh/Jahr (linear extrapoliert bis 2040)
	Freiflächen	Stromerzeugung	30.069 MWh/Jahr (Gesamtpotenzial)
	Parkplatzflächen	Stromerzeugung	1.937 MWh/Jahr
	Baggerseen	Stromerzeugung	Kein Potenzial vorhanden

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

3. 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 Stadt Ettenheim 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 Stadt Ettenheim 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 Stadt Ettenheim 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 Stadt Ettenheim 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 Wärmeinfrastruktur der Stadt Ettenheim. Hierzu wurde das Stadtgebiet 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 Ettenheim auch im Jahr 2040 Restemissionen verursachen wird.

3.1 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 Ettenheim. Außerdem wurden die Bedarfsentwicklungen aus den angewendeten Studien an eine Prognose der Stadt 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 Stadt Ettenheim 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

3.1.1 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 Kohlenstoffsinken 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 Kohlenstoffsinke zugeführt werden müssten.

3.1.2 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 Stadt Ettenheim verwendeten Emissionsfaktoren sind in Abschnitt 6.6 dargestellt.

3.2 Zukünftiger Wärmebedarf 2030 und 2040

Bei der Wärmewende gilt die oberste Priorität das Vermeiden von THG-Emissionen. Dies gelingt zunächst durch die Energieeinsparung 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 Stadt Ettenheim 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 16 % gegenüber dem Jahr 2019. 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. 16 % erwartet wird. Beim Sektor verarbeitendes Gewerbe sinkt der Wärmebedarf für Prozesswärme bis zum Jahr 2040 um 26 %. Bei den kommunalen Liegenschaften wird der Wärmebedarf bereits bis zum Jahr 2035 um 39 % gesenkt.

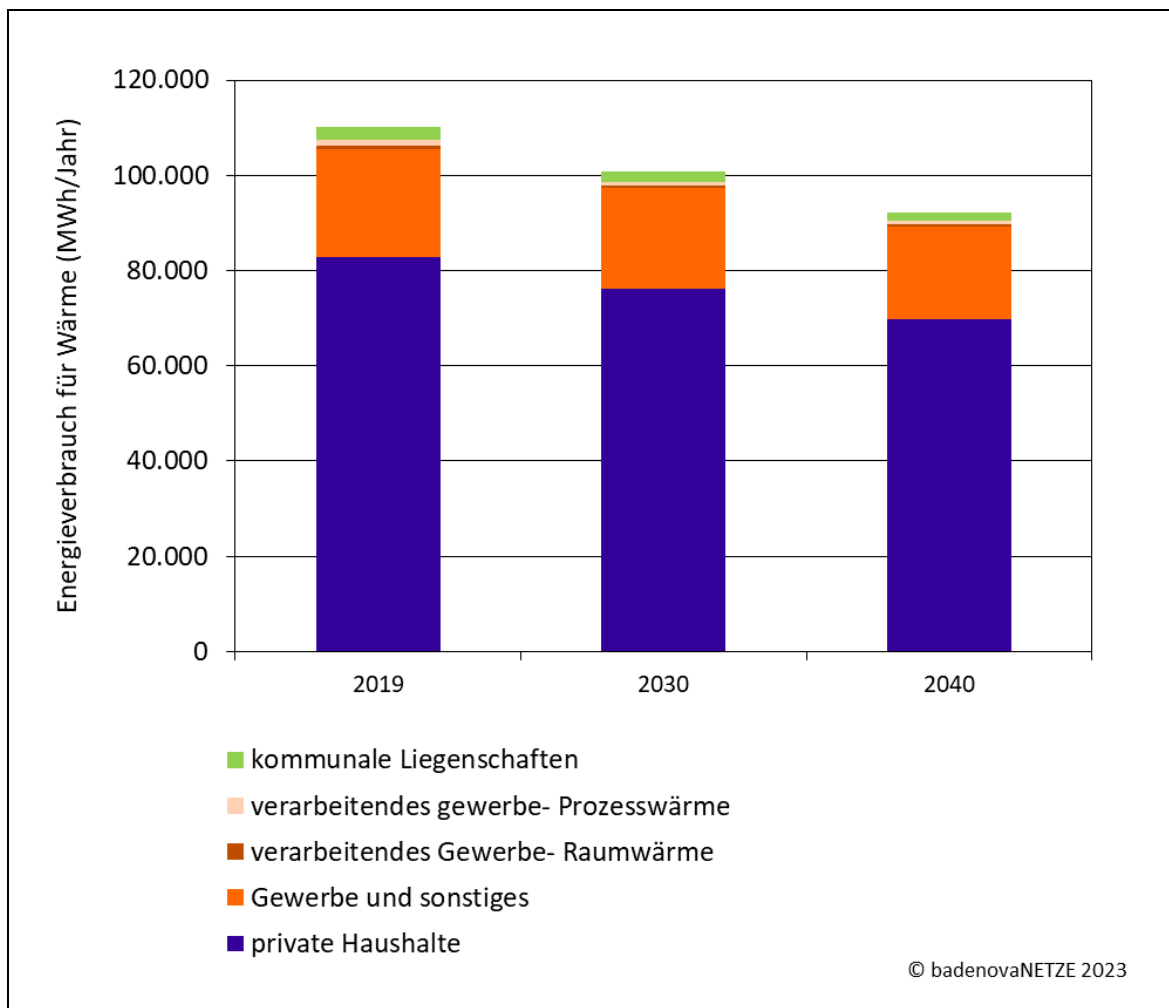


Abbildung 21 – Entwicklung des Energieverbrauchs für die Wärme nach Sektoren im Zielszenario

3.2.1 Berechnungsgrundlagen zur Entwicklung des Wärmebedarfs

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 Stadt Ettenheim wächst und damit wird in Zukunft die beheizte Gebäudefläche in der Stadt ebenfalls wachsen. Anhand einer Prognose für die Stadt Ettenheim 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).

3.3 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern

Nachdem der zukünftige Wärmeverbrauch der Sektoren ermittelt wurde, wurden die hierzu benötigten Energiemengen nach Energieträger 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 3.4.). 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 voranging 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 29 % (zum Vergleich, im Jahr 2019 wurden 5 % des Wärmeverbrauchs über Wärmenetze versorgt). Abbildung 24 zeigt die Entwicklung des Wärmeverbrauchs nochmals nach Energieträger.

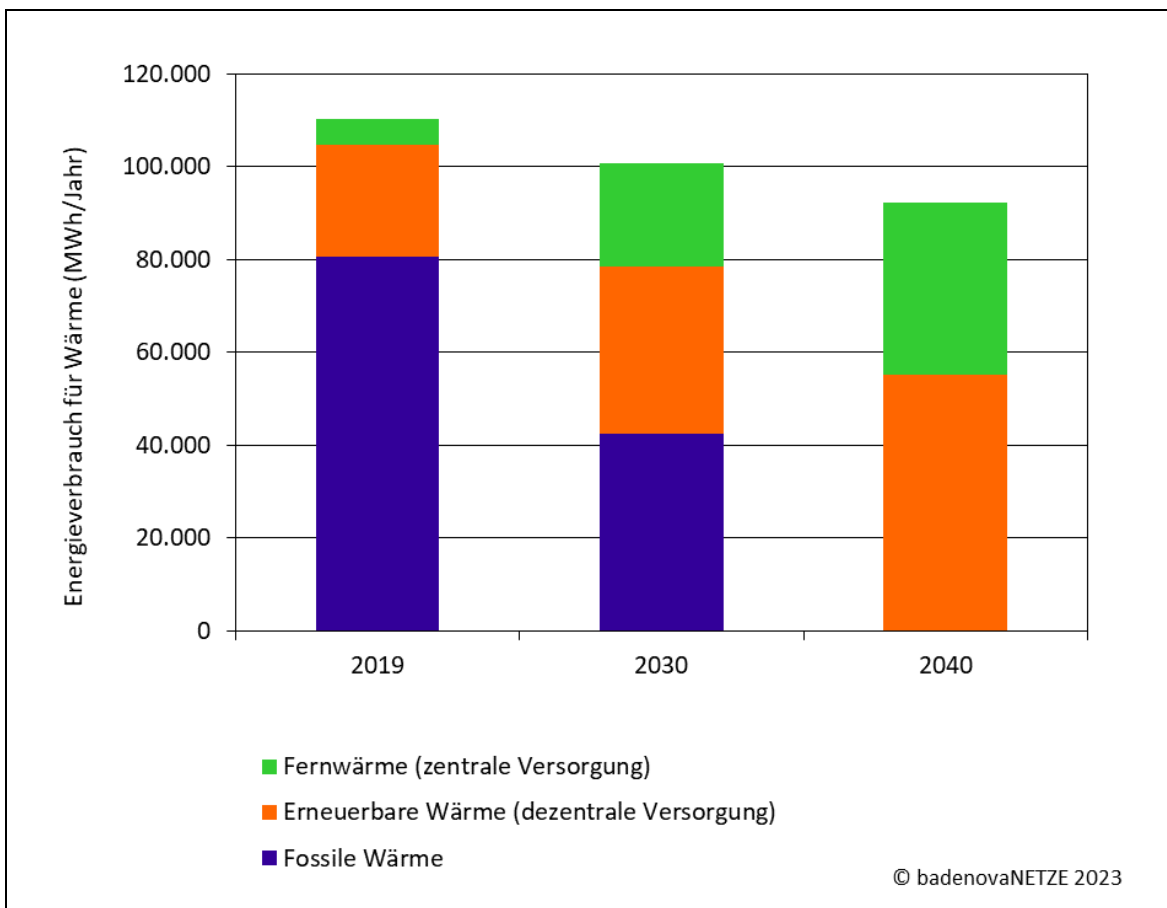


Abbildung 22 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Erzeugungsart

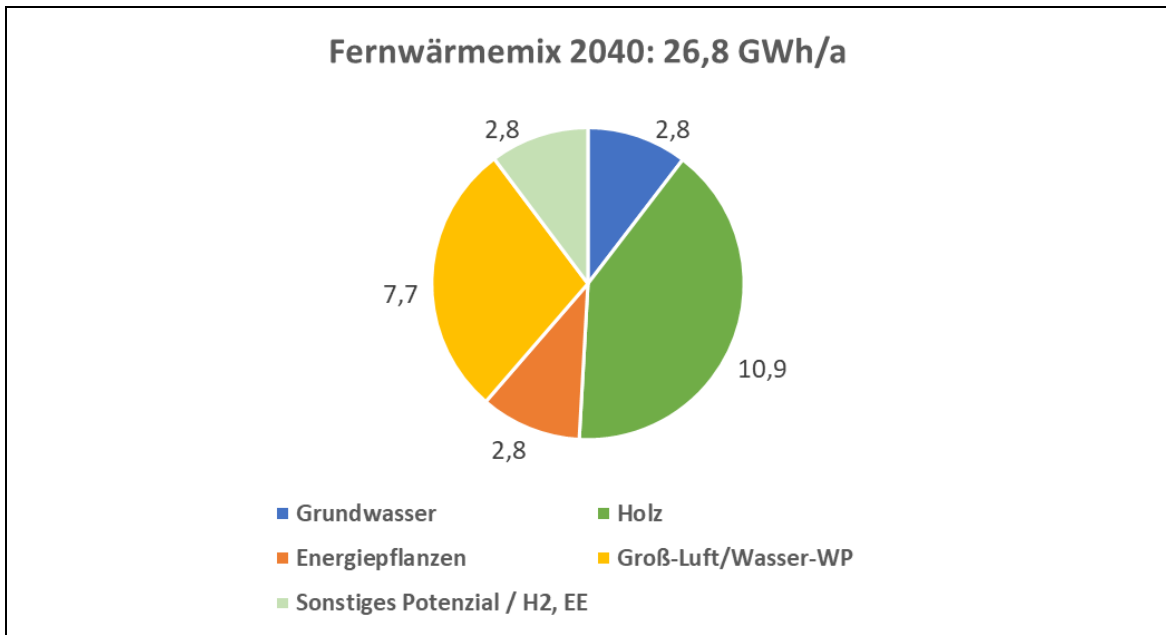


Abbildung 23 – Möglicher Energieträgermix der zentralen Wärmeversorgung im Jahr 2040

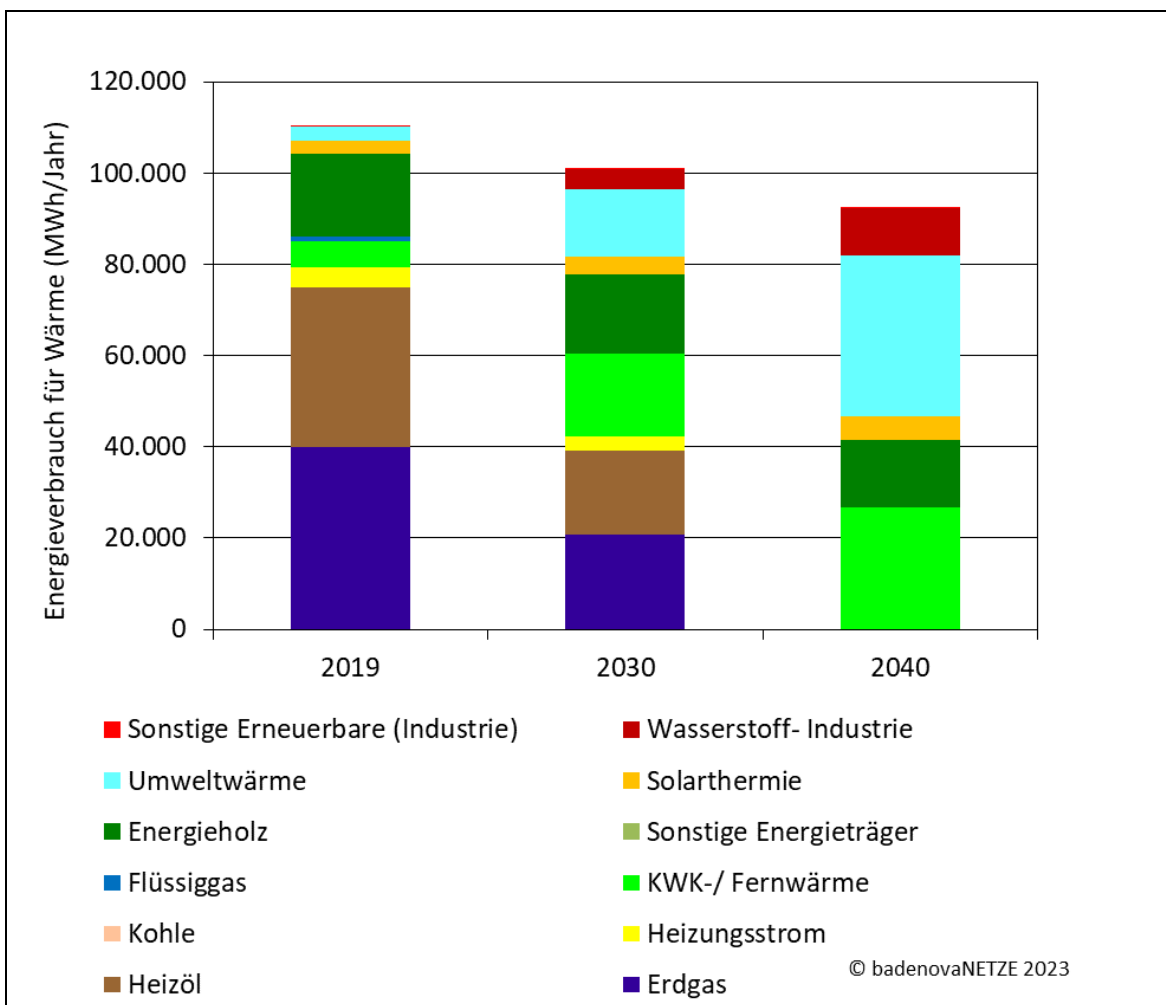


Abbildung 24 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Energieträger

3.3.1 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 Stadt Ettenheim im Jahr 2040 THG-Emissionen von insgesamt 1.795 t CO_{2e} (Wärmebedingte THG-Emissionen im Jahr 2019: 24.733 t CO_{2e}). Zusammen mit dem Strombedarf und der Deckung des Strombedarfs durch erneuerbare Energien verbleibt bis 2040 im Szenario eine Restemission von 463 t CO_{2e}. Das bedeutet, dass im Vergleich zum Jahr 2019 die Emissionen in der Stadt Ettenheim um insgesamt 99 % sinken müssen bzw. um jährlich knapp 2.634 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 wärmebedingten Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern bis 2040 dar.

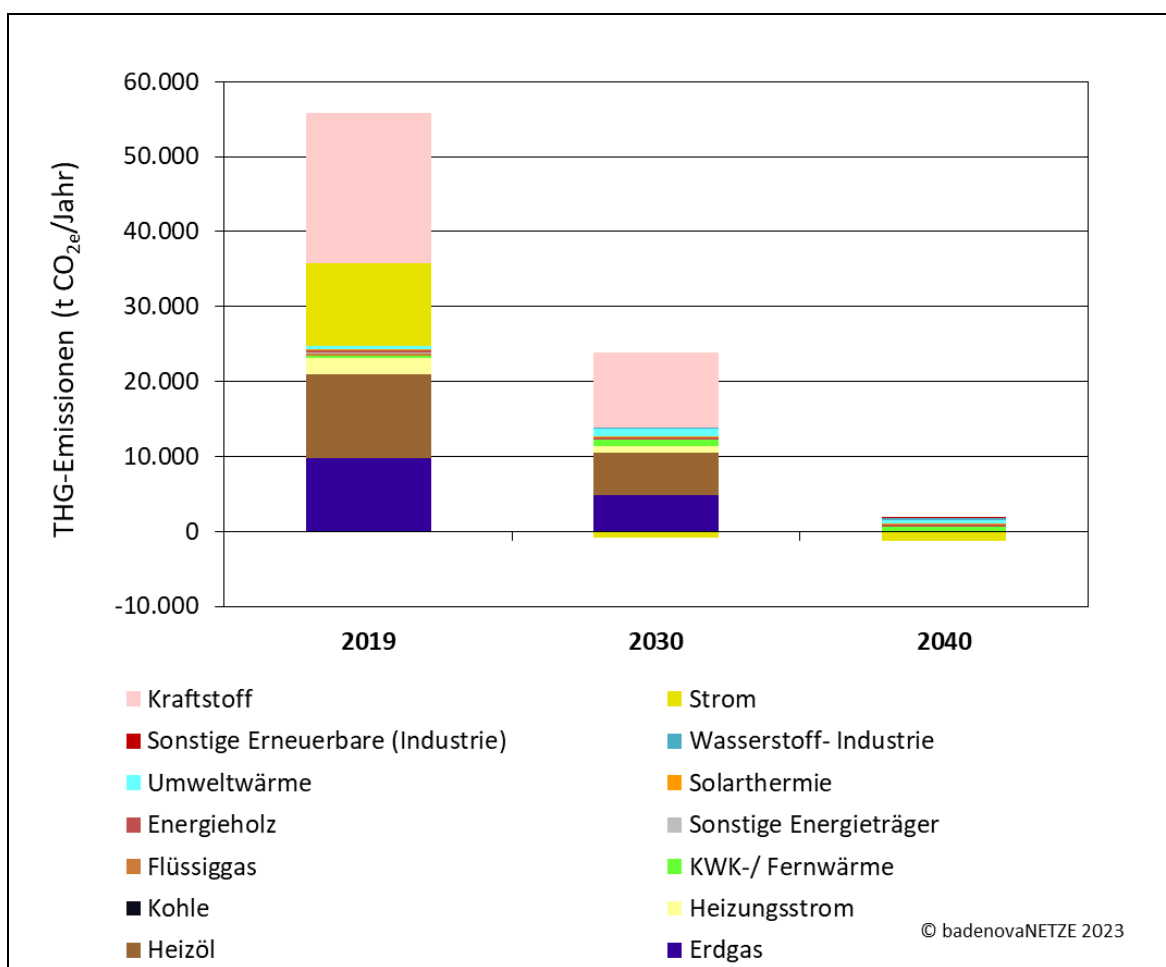


Abbildung 25 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen bis zum Jahr 2040

3.3.2 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 entwickeln sich gemäß dem Trend aus der Studie *Baden-Württemberg Klimaneutral 2040* (Nitsch & Magosch, 2021).

- 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. 10.227 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 Ettenheim ca. 35.408 MWh Umweltwärme benötigt, die primär in Wohngebäuden zum Einsatz kommt und dezentrale, fossile Energieerzeuger ersetzen wird. Auf Grundlage des Wärmepumpenkatasters ist dieses Potenzial bis 2040 gegeben.
- Gebiete mit Eignung für zentrale Wärmeversorgung werden zukünftig über Fernwärme versorgt. Für jedes Eignungsgebiet wurde ein zukünftiger Anschlussgrad von 70 % angenommen.

3.3.3 Strombedarfsdeckung zur Wärmeerzeugung im Zielszenario

Das Zielszenario zeigt, dass der Strombedarf für die Wärmeerzeugung durch den zukünftigen Einsatz von Wärmepumpen steigen wird, von 824 MWh im Jahr 2019 auf rund 14.848 MWh im Jahr 2040. Zugleich wird der Nachtspeicherstrombedarf der Bestandsgebäude bis 2040 im Szenario von 4.389 MWh/a auf 0 sinken, so dass der Gesamtanstieg des Wärmestromverbrauchs nur mäßig steigen wird. Um den zusätzlichen Strombedarf im Jahr 2040 von zusammen 9.611 MWh/a zu decken, müssten 32 % des PV-Freiflächenpotenzial oder rund 6,4 ha Fläche mit PV-Anlagen zusätzlich installiert werden.

Unter Einbeziehung der Potenziale der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung kann folgendes Stromverbrauchsszenario für die Jahre 2019 – 2030 – 2040 dargestellt werden.

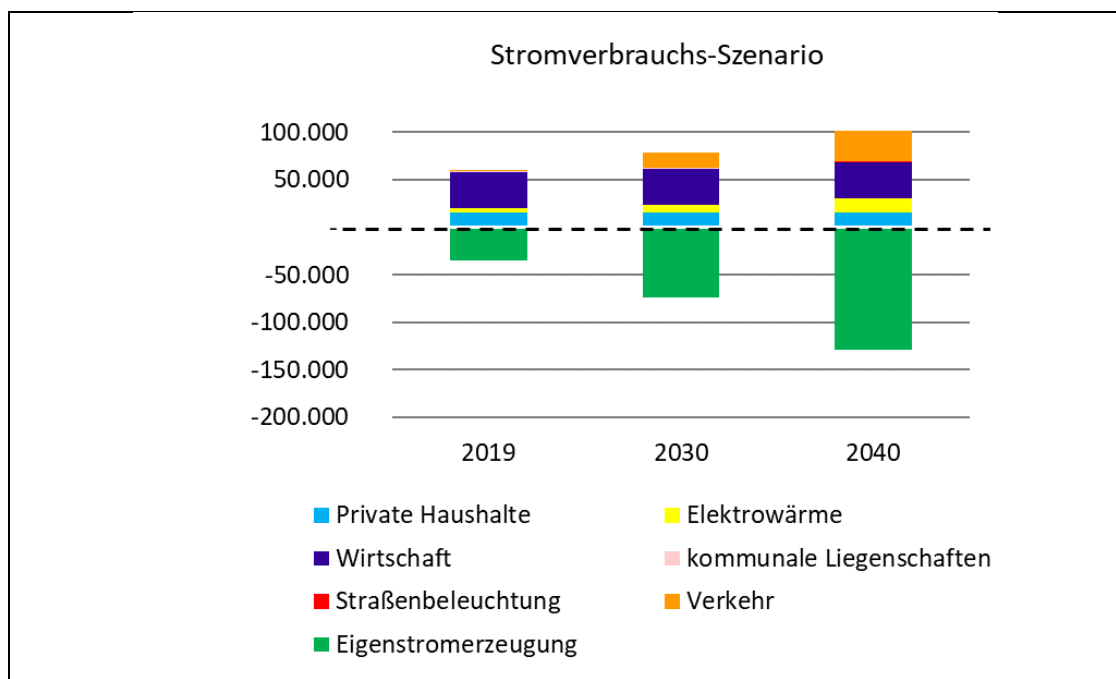


Abbildung 26 – Stromverbrauchsszenario unter Berücksichtigung des Eigenerzeugungspotenzials

In der Summe steigt der Strombedarf bis 2040 von fast 60 GWh/Jahr auf mindestens 102 GWh/Jahr an. Treiber dieser Entwicklung sind die Elektromobilität und die Elektrowärme, inklusive der Wärmepumpen. Der Stromverbrauch für die Wirtschaft und für den Haushaltsbedarf

bleiben in diesem Szenario über die Jahre stabil, so dass vor allem bei weiterem Wirtschaftswachstum sich der Anstieg noch vergrößern kann.

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 ein Stromüberschuss von bis zu 126 % durch die Eigenstromerzeugung erreicht werden könnte.

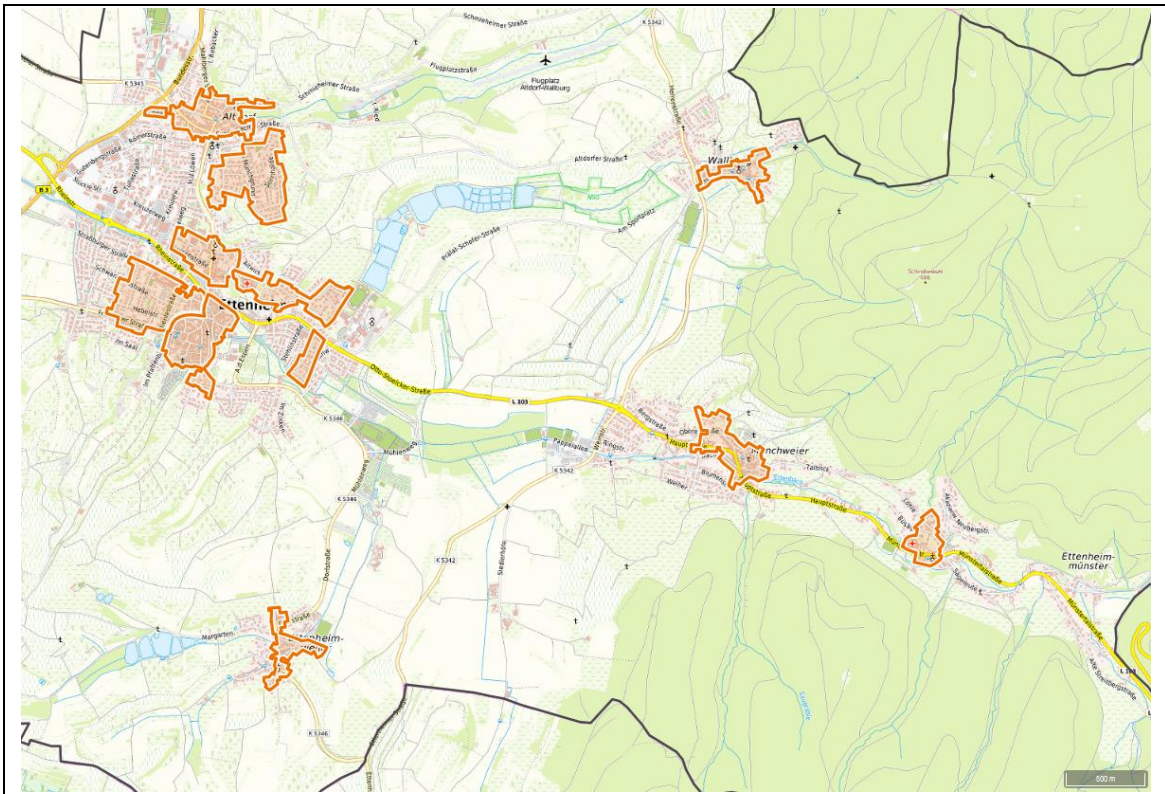
3.4 Zukünftige Versorgungsstruktur 2030 und 2040

Für eine zielgerichtete Beschreibung der zukünftigen Versorgungsstruktur für die Jahre 2030 und 2040 wurde die gesamte Stadt Ettenheim in Eignungsgebiete zur zentralen bzw. dezentralen Versorgung aufgeteilt. Die 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 von zentralen Eignungsgebieten befanden, den Gebieten für eine zukünftig dezentrale Versorgung zugewiesen. Die Eignungsgebiete wurden bei einem Workshop mit der Stadtverwaltung und bei einer öffentlichen Veranstaltung mit Bürgern und Bürgerinnen vorgestellt und diskutiert.

Die Eignungsgebiete für eine zentrale und dezentrale Wärmeversorgung sind in Karte 14 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 14 – Übersicht der farblich markierten zentralen Fernwärme-Eignungsgebiete

3.4.1 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 höhere 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 Ettenheim durchaus berücksichtigt werden. In den folgenden Abschnitten werden deshalb solche Speicher, die in Ettenheim 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 3.5 erläutert. Für die Wärmewende in Ettenheim werden vor allem kleine bis große Wärmespeicher (orange), sowie auf Grund der Sektorenkopplung, Stromspeicher entscheidend sein.

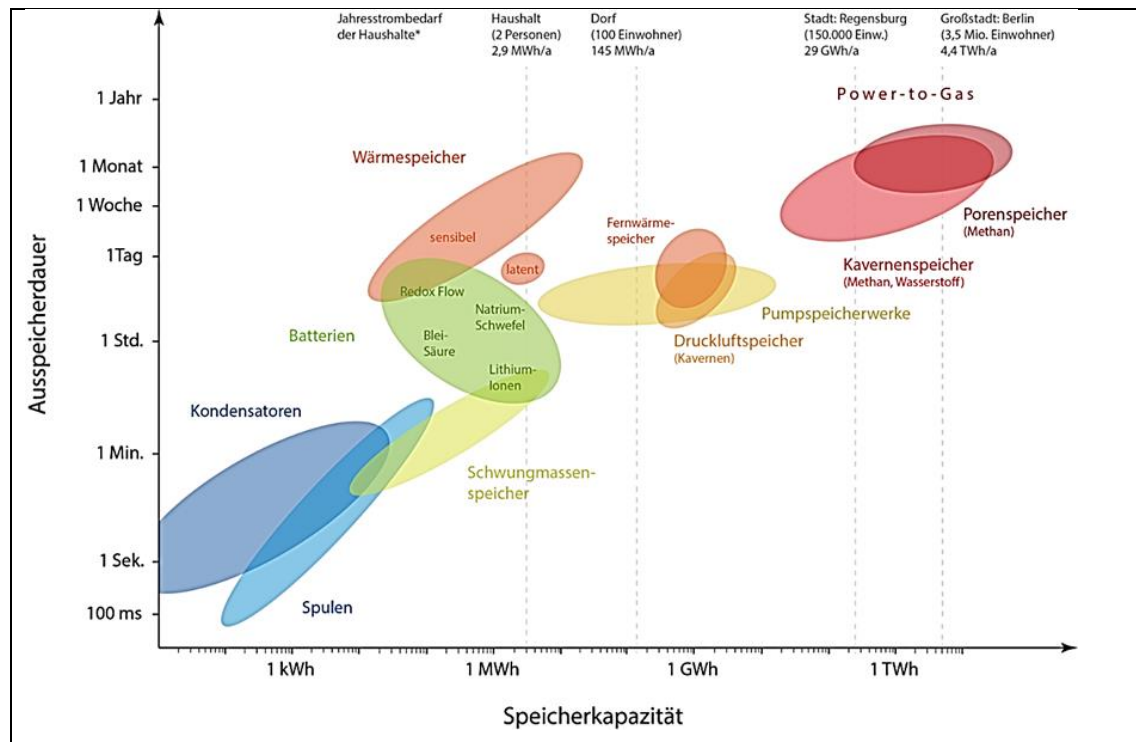


Abbildung 27– Übersicht der Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien (Sterner & Stadler, 2014)

3.4.1.1 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.

3.4.1.2 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.

3.5 Transformation des Erdgasnetzes

Die im Zielbild abgebildeten Entwicklungen zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Stadt Ettenheim 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 Erdgasnetzinfrastruktur 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 Stadt 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 Stadt Ettenheim und dem Netzbetreiber notwendig sein. Zusätzlich müssen die Entwicklungen im Erdgasnetz frühzeitig mit den Bürgerinnen und Bürgern und den Betrieben der Stadt 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.

3.6 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 Ettenheim 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 Salzwasserreservoirs 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

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.

3.7 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	27.633	24.143	2.831	2.686	19.691	4.642	0	0
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	9.319	10.693	1.415	273	1.113	0	0	0
Verarbeitendes Gewerbe	561	33	0	0	72	908	0	0
Kommunale Liegenschaften	2.297	141	143	90	141	85	0	0
Gesamt	39.810	35.010	4.389	3.049	21.017	5.635	0	0

Tabelle 8 – Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren für das Jahr 2019

Sektor	Erdgas	Heizöl	Direkt-Strom	Umweltwärme	Erneuerbare Energien	Fernwärme	PtX	H2
Private Haushalte	14.475	12.646	2.364	10.646	19.589	16.560	0	0
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	4.882	5.601	741	4.107	1.403	88	0	4.203
Verarbeitendes Gewerbe	315	6	0	89	0	908	0	0
Kommunale Liegenschaften	1.203	0	104	90	141	565	0	0
Gesamt	20.874	18.253	3.209	14.908	21.157	18.121	0	4.203

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	0	27.874	17.874	24.120	0	0
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	0	0	0	7.319	1.703	236	0	10.000
Verarbeitendes Gewerbe	0	0	0	125	187	908	0	227
Kommunale Liegenschaften	0	0	0	90	141	1.536	0	0
Gesamt	0	0	0	35.408	19.781	26.800	0	6.296

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

Energieträger	2019	2030	2040
Biomasse	18.001	17.188	14.772
Geothermie	0	0	0
Photovoltaik	0	0	0
Umweltwärme (zentral und dezentral)	3.049	14.908	35.408
Solarthermie (Dachflächen & Freiflächen)	2.944	3.945	4.984
Abwärme aus Gewerbe	0	0	0
Abwärme aus Abwasser	0	0	0
KWK / Fernwärme (inklusive Biogas, Holz, Grundwasser und industrielle Abwärme)	5.635	18.821	26.800

Tabelle 11 – Genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung

4. Kommunale Wärmewendestrategie

Nachdem das Zielszenario den Pfad aufzeigt, wie die Stadt Ettenheim 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 Stadt. 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 Ettenheim Gebäude Steckbriefe erstellt (siehe Anhang 9.2). 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 es zudem die Einbindung anderer erneuerbaren Wärmequellen brauchen, 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 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 Ettenheim 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.

4.1 Kommunale Handlungsfelder für die Wärmewende

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

4.1.1 Strategie, Organisation und Verankerung in der Verwaltung

Der kommunale Wärmeplan wurde in Abstimmung mit der Stadt Ettenheim erstellt, so dass das Thema und die Inhalte bereits in den bestehenden Strukturen integriert und die Zuständigkeiten innerhalb der Verwaltung geordnet sind. 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 in der Stadtplanung, beim Tiefbau, bei der Entwicklung von Neubaugebieten und bei den städtischen Liegenschaften integriert werden.

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

4.1.2 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 2.1 und 2.2 beschrieben. Die Reduktion der Energieverbräuche durch Effizienzsteigerung und Modernisierung der Gebäude ist der Grundstein für eine erfolgreiche Umstellung zur effizienten Nutzung erneuerbarer Energien.

4.1.3 Ausbau der zentralen Wärmeversorgung

Der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung ist ein essenzieller Bestandteil der Wärmewendestrategie der Stadt Ettenheim. Bei der Umsetzung von Wärmenetzen für die zentrale Wärmeversorgung in Ettenheim kann die Stadt den Ausbau durch die Erstellung von geförderten Machbarkeitsstudien oder Quartierskonzepten 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 und mit der empfohlenen Fernwärmeversorgung verglichen.

Die Stadt Ettenheim finanziert und koordiniert aktuell zusammen mit der badenovaWÄRMEPLUS GmbH die Machbarkeitsstudie für ein Wärmenetz im städtischen Bereich. Für diese Studie stellen die Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans eine erste wichtige Grundlage dar. Das Untersuchungsgebiet der badenovaWÄRMEPLUS GmbH umfasst mehrere Eignungsgebiete, die im Wärmeplan beschrieben werden. Mit der Machbarkeitsstudie werden auch wertvolle Erfahrungen gesammelt, die für zukünftige Ausbaustufen genutzt werden können.

4.1.4 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 westlichen Stadtgebiet in ca. 10 bis 15 m Tiefe befinden. Grundwasserwärme kann im westlichen Stadtgebiet von Ettenheim und Altdorf 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 Stadt 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 Ettenheim ergibt ein Standortpotenzial von mindestens 20 ha. Die Stadt kann hierbei die Voraussetzungen für den Ausbau auf Freiflächenabschnitten wie entlang der Bahnlinie und der Autobahn schaffen und deren Umsetzung koordinieren. Zudem sollten Parkplatzflächen auf deren PV-Überdachungspotenzial untersucht werden. Insgesamt kommt dafür eine Fläche von ca. 1,3 ha im Bereich des nördlichen Stadtgebietes potenziell in Frage.

4.1.5 Kommunikation und Information

Mit dem kommunalen Wärmeplan schafft die Stadt Ettenheim 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 Stadt 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 Ettenheim, liegen nicht in der Hand der Stadtverwaltung. 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 Stadteigenen 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 Stadtverwaltung bereitgestellt werden.

Bei den Bürgern sollte ein Verständnis geschaffen werden, was Energie ist und wie mit dieser nachhaltig umgegangen werden kann. Dies kann über gezielte Tipps und Maßnahmen über die stadteigenen Medien abgerundet werden.

Als konkrete Maßnahme kann in einem dezentral versorgten Eignungsgebiet eine Wärmepumpeninitiative durchgeführt werden. Hierfür sollte die Stadt eine Informationsveranstaltung für alle Gebäudeeigentümer initiieren.

Gleichzeitig sollte die Stadt Ettenheim 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.

4.2 Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans 2023

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

1. Koordination der zentralen Wärmeversorgung für die Stadt Ettenheim und für Altdorf
2. Informationskampagnen zur Gebäudesanierung privater Haushalte
3. Informationskampagnen für die Anwendung der Wärmepumpe zur dezentralen Wärmeversorgung
4. Veranlassung einer geförderten Machbarkeitsuntersuchung zur zentralen Wärmeversorgung von einem der peripheren Fernwärme-Eignungsgebieten
5. Hebung von Effizienzpotenzialen innerhalb der Stadtverwaltung zur Umsetzung der Maßnahmen und zur koordinierenden Begleitung des Aufbaus der zentralen Wärmeversorgung

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?
- Welche Kosten wird die Maßnahme verursachen?
- CO₂-Einsparung: Abschätzung, wie viel CO₂ durch die Maßnahmen jährlich eingespart wird.
- Energieeinsparung: Abschätzung, wie viel Energie durch die Maßnahmen jährlich eingespart wird
- Zielwert: Welcher Mehrwert soll mit der Maßnahme konkret erreicht werden?

4.2.1 Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung für die Stadt Ettenheim (Altstadt und angrenzende Siedlungsgebiete inklusive Zentrum für Gesundheit und geriatrische Klinik)

In Ettenheim soll ein neues Wärmenetz verlegt werden. Teilweise könnte dieses Wärmenetz auch durch den Ausbau des bestehenden Netzes der Fernwärme-Ettenheim GmbH entstehen. Ziel ist es, in mehreren Stufen den gesamten Altstadtbereich, das Gebiet nördlich der Altstadt (Johann-von Baptist-Straße) und das westlich der Altstadt angrenzende Siedlungsareal mit dem August-Ruf-Bildungszentrum anzuschließen. Perspektivisch könnte dann das Wärmenetz auch in Richtung Altdorf ausgebaut werden. Eine zentrale Wärmeversorgung im abgegrenzten städtischen Gebiet (ohne Altdorf) benötigt mindestens 3,2 MW an thermischer Leistung. Grundwasserwärme und Umweltwärme in Verbindung mit einer Großwärmepumpe können hier zwei Drittel der Wärme beitragen. Ein Holzkessel mit 1,25 MW und ein Blockheizkraftwerk mit 350 kW übernehmen die Grundlast im Winter. Eine Herausforderung wird die Lokalisierung einer oder mehrerer Zentralen sein. Möglicherweise müssen dafür Flurstückspartellen aufgekauft werden, wenn sich keine bestehenden Räumlichkeiten finden lassen.

Seit einiger Zeit finden erste Planungen statt, mit denen das Netz der Fernwärme-Ettenheim GmbH weiter nach Westen über die Sonnenberg-Straße zum Zentrum für Gesundheit und geriatrische Klinik hin ausgebaut werden soll. Dabei ist zu diskutieren, inwiefern die Anbindung des Zentrums für Gesundheit und der geriatrischen Klinik besser von Westen oder von Osten her erfolgen kann. Letztere Möglichkeit ist zeitlich schneller durchzuführen, da lediglich das Netz auszubauen ist. Die zentrale Wärmeversorgungsanlage in der Heimschule St. Landolin weist ausreichend Kapazität auf, um das Zentrum für Gesundheit und geriatrische Klinik sowie Teile der Siedlung am Sonnenberg und am Münchberg mit Wärme zu versorgen. Ein Ausbau hin zum Baugebiet „Auf den Espen“ ist bereits geplant und steht kurz vor Baubeginn.

Der Steckbrief 9.1.1 enthält in Bezug auf die Maßnahme weitergehende Informationen, so dass der Umfang des Steckbriefes ausgedehnt wurde.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, Netzbetreiber, Anlagenbau
Zeithorizont	Machbarkeitsstudie begonnen, Ausführungszeitraum bis Anfang 2028
CO₂-Einsparung	5.511 t/a durch nachhaltigen Fernwärme-Energieträgermix (mit Altdorf: 7.578 t/a)
Energieeinsparung	5.009 MWh/a durch Gebäudesanierung bei 2 % Sanierungsquote möglich (mit Altdorf: 6.927 MWh/a)
Zielwert	Fernwärmeversorgung der Altstadt und der angrenzenden städtischen Siedlungsgebiete

4.2.2 Informationskampagnen zur Gebäudesanierung privater Haushalte

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 diese Vorgabe. Mit der Europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD) könnten außerdem viele Eigentümer alter Gebäude gezwungen sein, Teilsanierungen vorzunehmen, um bis 2033 den vorgegebenen Zielwert des spezifischen Nutzwärmebedarfs von 100 bis 130 kWh/m² Wohnfläche (Effizienzklasse D) einzuhalten. 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 (9.2) 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	Stadtverwaltung, Bauplaner, Gebäudeeigentümer
Zeithorizont	2024 bis 2040
CO₂-Einsparung	16.019 t/Jahr bis 2040 bei einer Sanierungsquote von 2 %
Energieeinsparung	Ca. 12.900 MWh Wärmeverbrauch/ Jahr
Zielwert langfristig	Erreichung eines sanierten Gebäudebestands und
mittelfristig	Erreichung einer Sanierungsquote von mindestens 2 %/a

4.2.3 Informationskampagnen für die Anwendung der Wärmepumpe zur dezentralen Wärmeversorgung

Zur Erreichung der Ziele des kommunalen Wärmeplans ist es von besonderer Bedeutung, die fossilen Heizungsanlagen 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 die meisten Anlagen durch Wärmepumpen zu ersetzen sind, entweder als monovalente oder als hybride Anlagenkomponente. Viele Bürger sind diesbezüglich verunsichert, da technische Unwägbarkeiten und hohe Stromkosten für den Betrieb der Wärmepumpe befürchtet werden. Mit detaillierten und fachkundlichen Informationen muss den Bürgern die Verunsicherung genommen werden oder es muss 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 müssen Fachleute informieren. Die Kommune sollte diesen Fachleuten eine „Bühne“ dafür bieten.

Die Steckbriefe in Kapitel 9.1 (Anhang) enthalten für jede Gemarkung weitere Informationen, die zur Umsetzung der Maßnahme hilfreich sind.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, Energieberater
Zeithorizont	2024-2040
CO₂-Einsparung	7.092 t, bemessen am Szenario (Kapitel 3.3) und am Emissionsfaktor für Umweltwärme für 2040 bei Privathaushalten
Endenergieeinsparung	16.792 MWh/a (Privathaushalte; Jahresarbeitszahl 3,0)
Zielwert	Zwei bis Vier Veranstaltungen pro Jahr über moderne und effiziente Heizungstechniken, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Der Fokus der Informationen sollte auf die Wärmepumpe gerichtet werden.

4.2.4 Veranlassung einer weiteren geförderten Machbarkeitsuntersuchung zur zentralen Wärmeversorgung in den peripheren Stadtteilen von Ettenheim

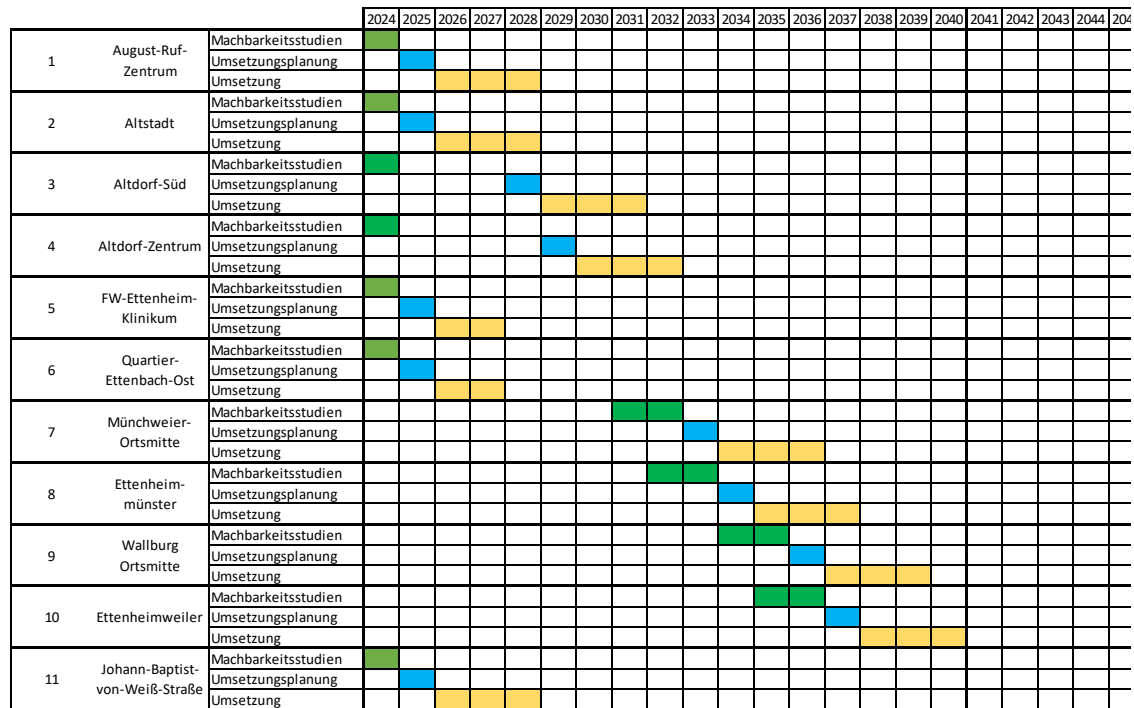
Die Dichtekarte zum absoluten Wärmebedarf der Wohngebäude in Ettenheim und andere Daten zeigen, dass mehrere zentrale Ortsgebiete hohe Wärmedichten aufweisen und damit das Potenzial haben, die Wärmeversorgung langfristig über Wärmenetze günstiger zu gestalten. Der Gebäudebestand ist auch in den peripheren Ortsteilen oft mehr als 45 Jahre alt. Der Großteil der Bestandsgebäude wurde vor 1979 errichtet. Dadurch wird ein erheblicher Teil der Gesamtwärme in den Kerngebieten der Ortsteile verbraucht. Bei vielen Gebäuden wird es schwierig werden, einen effizienten und damit kostengünstigen Betrieb der Wärmepumpe zu ermöglichen. Häufig werden Hybridsysteme zum Einsatz kommen müssen, die dann weiterhin auch Erdgas als Energieträger nutzen. 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. Auch kommen Energiepflanzen, landwirtschaftliche Reststoffe und langfristig Wasserstoff in Frage. Hier wird es besonders wichtig sein, die Möglichkeiten vorher professionell bemessen zu lassen. Dazu sollte frühzeitig eine Machbarkeitsstudie initiiert werden, die nach der Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW) mit 50 % der Kosten bezuschusst wird. Aufgrund der Komplexität muss mit zwei Jahren Bearbeitungszeit gerechnet werden. Der eigentliche Bau des Wärmenetzes und dessen Ausbau in alle Straßen hinein wird ebenfalls ein bis drei Jahre in Anspruch nehmen, je nach Anschluss-Akquise-Erfolg und Baukomplifikationen. Zugute kommt einem solchen Projekt, das in den nächsten 10 Jahren damit zu rechnen ist, dass an die 50 % aller Heizungsanlagen ihre technische Nutzungsdauer zum Teil weit überschritten haben werden.

Die Steckbriefe sind in Bezug auf die Fernwärme-Eignungsgebiete umfassend ausgelegt und enthalten weitere relevante Informationen zur Umsetzung einer solchen Maßnahme.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, Energieversorger, Wärmenetzbetreiber
Zeithorizont	Spätestens ab 2028
CO₂-Einsparung 2040	Bis zu 1.102 t/a, je nach Eignungsgebiet
Endenergieeinsparung 2040	Durch den Einsatz von Groß-Wärmepumpen und durch Gebäudesanierung
Zielwert	Auftragsvergabe für eine nach BEW geförderte Machbarkeitsstudie zur Planung eines Fernwärmenetzes für einen peripheren Ortsteil von Ettenheim

4.2.5 Strukturanpassungen innerhalb der Stadtverwaltung zur Umsetzung der Maßnahmen und zur koordinierenden Begleitung des Aufbaus der zentralen Wärmeversorgung

Die Stadt Ettenheim hat sich das ambitionierte Ziel gesetzt, den Bau von Wärmenetzen in allen Fernwärme-Eignungsgebieten bis zum Jahr 2040 umzusetzen oder zumindest zu planen und zu beginnen. In der folgenden Abbildung ist ein möglicher Umsetzungszeitplan für die Wärmenetzprojekte dargestellt:



Innerhalb der Verwaltung wird es zu einer erheblichen Aufgabenlast kommen, der mit einer sinnvollen Strukturierung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten zu begegnen ist. Organisationsaufgaben, Koordinierung, Informationseinholung und Transparenz werden bei dem vorgenommenen Zeitplan ausreichend Arbeitskraft-Ressourcen benötigen, die effizient und effektiv zu verteilen sind.

Die Stadtverwaltung ist daher gefordert, sich frühzeitig Gedanken hinsichtlich der internen Organisation zu machen, einerseits um Lastspitzen für einzelne Mitarbeiter zu vermeiden, andererseits um den Arbeitsprozess reibungslos zu gestalten (z.B. Ansprechpartner für diverse Aufgaben zu bestimmen). Mit der Maßnahme gilt es, rechtzeitig ein entsprechendes Controlling aufzubauen.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, u.U. Managementberater
Zeithorizont	2024-2028
CO₂-Einsparung	k.A.
Energieeinsparung	k.A.
Zielwert	Aufbau einer effizienten Verwaltungsstruktur zur Bearbeitung der Wärmeprojekte

4.3 Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans

Das KlimaG BW gibt vor, dass der kommunale Wärmeplan spätestens nach 7 Jahren fortgeschrieben werden muss. Es spricht allerdings einiges dafür, die Fortschreibung nicht erst nach 7 Jahren anzugehen, zumal der Referentenentwurf für das neue Wärmeplanungsgesetz des Bundes ein Fortschreibungsintervall von 5 Jahren vorsieht. Mit einer kontinuierlichen Fortschreibung können laufende Entwicklungen in der Stadt 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 der Abwärme oder andere Potenziale sind nach näherer Betrachtung nicht wirtschaftlich nutzbar. Zudem ist in Bezug auf Energie 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 Tool für die Stadtverwaltung, der Akteure und der Bürgerinnen und Bürger der Stadt entwickeln.

Folgende Bausteine könnten bei der Fortschreibung umgesetzt werden:

- Eignungsgebiete und Umsetzung der Maßnahmen - Nach Bedarf anpassen.
- Digitaler Zwilling - Daten Pflegen und aktualisieren. Neue Gebäude aufnehmen. Aktualisierung der Heizanlagenstatistik und Gas und Stromverbrauchsdaten alle fünf bis sieben Jahre.
- Aktualisierung der Energie- und THG-Bilanz der Stadt alle drei bis fünf Jahre
- Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans

5. Ausblick

Der Wärmeverbrauch der Gebäude macht in Deutschland einen großen Anteil der energiebedingten Treibhausgasemissionen aus. Deshalb ist die Wärmewende eine wichtige Säule beim Klimaschutz. Mit dem hier vorliegenden kommunalen Wärmeplan wird die Stadt Ettenheim ihre Verpflichtung gerecht auch diese Herausforderung in den kommenden Jahren gezielt und aktiv anzugehen. Mit dem kommunalen Wärmeplan wird der Weg der Stadt bis hin zu einem klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2040 aufgezeigt:

- Durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen (vordergründig die Gebäudedämmung) 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 Stadt Ettenheim im Rahmen ihrer Handlungsmöglichkeiten nun die Wärmewende vor Ort konkret umsetzen. Zudem sorgt Sie mit Ihrem Handeln dafür, dass die Akteure und Bürgerinnen und Bürger der Stadt ebenfalls die Wärmewende voranbringen können.

6. Methodik

6.1 Energie- und THG-Bilanz

Die THG-Bilanz beinhaltet alle klimawirksamen Emissionen der in der Stadt 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 2.10). 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 Öl 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 Öl, Gas, 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 Energiebilanz 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.

6.1.1 THG-Bilanzierung des Stromverbrauchs

Die Stromdaten, die für diese Studie vom Verteilnetzbetreiber zur Verfügung gestellt wurden, beinhalten lediglich die Stromverbrauchsmengen in kWh. Diese Daten wurden vom Netzbetreiber unterteilt in Standardlastprofil-Kunden, Lastganzählungs-Kunden und Heizungs-/Wärmepumpen. Für die öffentlichen Liegenschaften und Straßenbeleuchtung wurden die Verbräuche mit den Angaben der Stadt abgeglichen. Der Stromverbrauch der Großverbraucher (Lastganzählung) 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 2019 0,478 t CO_{2e}/MWh beträgt (IFEU, (2022)).

6.1.2 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 Stadt 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 Stadt 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	0,040	0,438
Wasserkraft	0,003	0,475
Biomasse	0,097	0,381
Windkraft	0,010	0,468

Tabelle 12 – THG-Emissionen und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, (2022))

6.1.3 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 2019 sowie zu Anlagen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) für das Jahr 2016 für die Auswertung des Wärmeverbrauchs herangezogen.

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

Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Stadtverwaltung 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 (2022)).

Energieträger	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh)
Erdgas	0,247
Heizöl	0,318
Braunkohle	0,411
Fernwärme	0,261 (Lokal 0,059)
Flüssiggas	0,267
Energieholz	0,022
Solarthermie	0,025
Umweltwärme	0,149

Tabelle 13 – Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung (2019) Quelle: IFEU (2022)

6.1.4 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, (2022)).

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 der Stadt Ettenheim erstellten Energie- und THG-Bilanz für das Jahr 2017 liegt bei 71 %, womit die Ergebnisse belastbar sind. Tabelle 14 zeigt den jeweiligen Anteil und die Datengüte der Sektoren.

Sektor	Anteil	Datengüte	Belastbarkeit
Private Haushalte	42 %	70 %	belastbar
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	17 %	31 %	bedingt belastbar
Verarbeitendes Gewerbe	12 %	37 %	bedingt belastbar
Kommunale Liegenschaften	2 %	100 %	gut belastbar
Verkehr	28 %	51 %	relativ belastbar

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

6.2 Solarpotenzial

Das Solarpotenzial für Dachflächen wurde durch das LUBW im Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt, welcher öffentlich im Internet zur Verfügung steht (LUBW (2020)).

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 eingestuft 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 (2020)), die theoretisch für PV-Nutzung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖVO) geeignet sind. Im Vergleich mit Angaben des Regionalverbands Südlicher Oberrhein wurden Flächen, die durch Restriktionen aus dem Regionalplan für PV-Anlagen nicht genehmigungsfähig wären, abgezogen. Das Potenzial wird auf Basis eines Erfahrungswertes für Freiflächenanlagen berechnet. Dieser Faktor liegt bei 1,5 MW/ha und wird mit 1.000 Volllaststunden/a multipliziert. Letztere bemessen sich durch die ungefähre Globaleinstrahlung in Süddeutschland.

6.3 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 Geothermiefpotenzial 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.

6.4 Luft/Wasser-Wärmepumpenpotenziale

Das Luft/Wasser-Wärmepumpenpotenzial wird in einem von der badenovaNETZE GmbH 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)

- e. 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.

6.5 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

6.6 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	10
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	11
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	12

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

¹⁰ 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.

¹¹ Berechnung aus BiCO₂-BW

¹² Eigene Berechnung anhand der Entwicklung des Emissionsfaktors für den deutschen Strommix

7. 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.
CO₂-neutral	Es 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. Zum Beispiel durch eine Photovoltaikanlage.
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 meistens den Verbrauch von Energieträgern wie den Brenn- und Kraftstoffen Benzin, Heizöl und Erdgas, also von materiellen Substanzen, oft aber auch von elektrischer Energie, im letzteren Fall also von einer durchaus abstrakten (nicht direkt sinnlich erfassbaren) Größe.
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 im EEG 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 Öl, Gas, 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/ Abnehmern gebracht wird.
Festmeter	Abkürzung für 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 (regenerativer) 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	Megawattstunde. Eine 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, kürzer als bei Fernwärme), spricht man von Nahwärme. (Rechtlich handelt es sich aber auch hier um Fernwärme.)
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 EE-Gas (z. B. Wasserstoff oder Methan) mit Hilfe elektrischer Energie ist.
Power-to-Heat	Power to Heat bedeutet zunächst einmal nur die Erzeugung von Wärme aus elektrischer Energie. Allerdings wird er 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 Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle, Kernenergie, Wasserkraft und Windenergie.
Prozesswärme	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	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, Erdöl) 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.

8. 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 Stadt 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), 2022. *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/freiflachen>
- 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/m-um/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>
- 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., Streblov, 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.

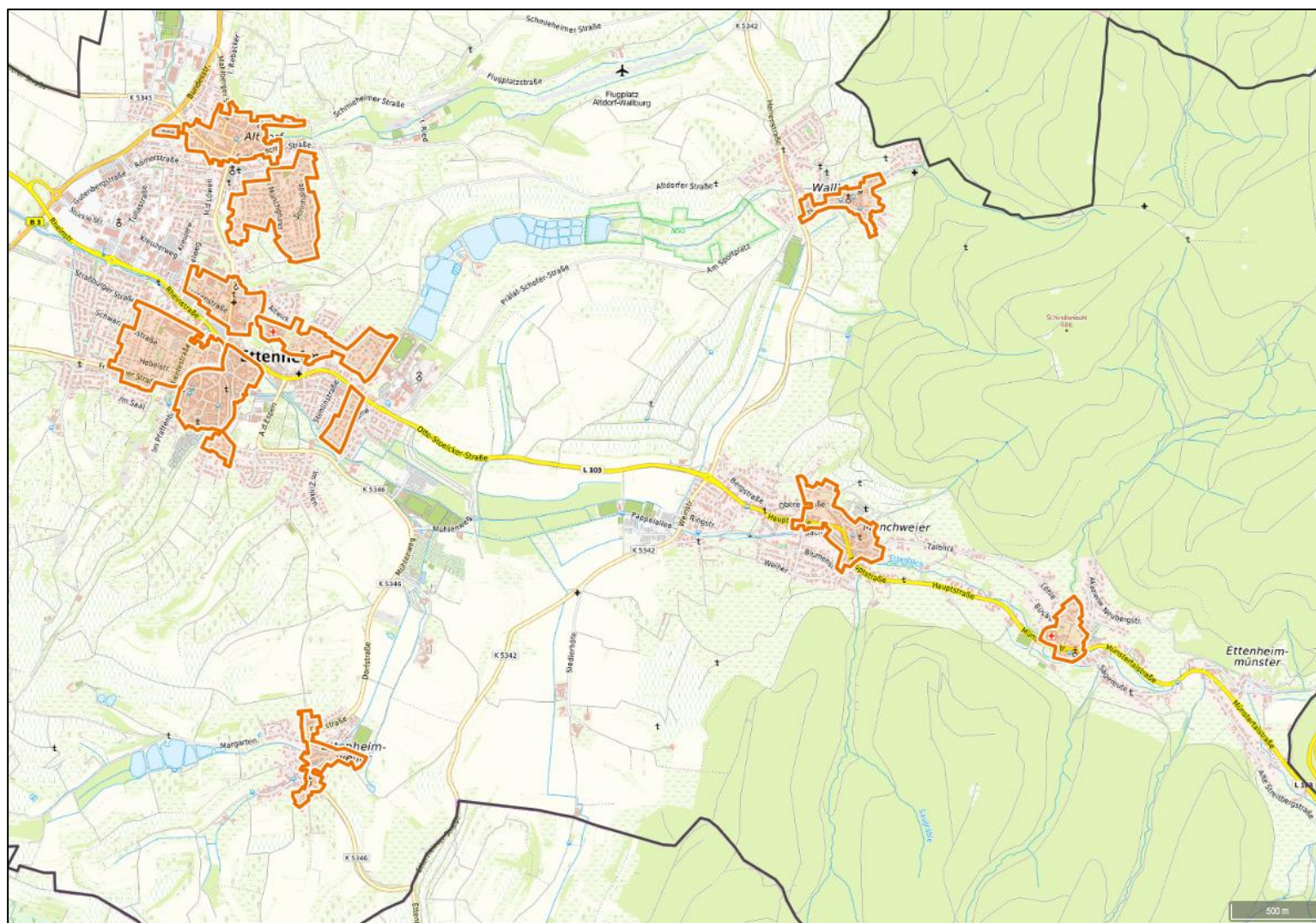
WBGU, 2011. *Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*, Berlin: WBGU.

9. Anhang

9.1 Steckbriefe der Gemarkungen inklusive der Beschreibung von Fernwärme-Eignungsgebieten sowie für die dezentrale Wärmeversorgung

Zur Übersicht stellt die Karte 15 nochmals die Fernwärme-Eignungsgebiete dar, die in der kommunalen Wärmeplanung auf Grundlage aller vorhandenen Daten gewissenhaft definiert wurden.

In Abbildung 28 ist der von der Stadt vorgesehene Umsetzungsplan dargestellt. Auf Bundesebene ist eine klimaneutrale Wärmerversorgung ab 2045 vorgesehen, auf Ebene des Landes Baden-Württemberg ab 2040.



Karte 15 - Fernwärme-Eignungsgebiete der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Ettenheim (Quelle: badenovaNETZE GmbH 2023)

			2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	
1	August-Ruf-Zentrum	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung		■																					
		Umsetzung			■	■	■																		
2	Altstadt	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung		■																					
		Umsetzung			■	■	■																		
3	Altdorf-Süd	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung					■																		
		Umsetzung						■	■	■	■														
4	Altdorf-Zentrum	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung					■																		
		Umsetzung							■	■	■														
5	FW-Ettenheim-Klinikum	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung		■																					
		Umsetzung			■	■																			
6	Quartier-Ettenbach-Ost	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung		■																					
		Umsetzung			■	■																			
7	Münchweier-Ortsmitte	Machbarkeitsstudien								■	■														
		Umsetzungsplanung										■													
		Umsetzung											■	■	■	■									
8	Ettenheim-münster	Machbarkeitsstudien									■	■													
		Umsetzungsplanung											■												
		Umsetzung												■	■	■									
9	Wallburg Ortsmitte	Machbarkeitsstudien										■	■												
		Umsetzungsplanung												■											
		Umsetzung													■	■	■	■							
10	Ettenheimweiler	Machbarkeitsstudien												■	■										
		Umsetzungsplanung														■									
		Umsetzung																■	■	■					
11	Johann-Baptist-von-Weiß-Straße	Machbarkeitsstudien	■																						
		Umsetzungsplanung		■																					
		Umsetzung			■	■	■																		

Abbildung 28 – Vorgesehener Umsetzungszeitplan der Wärmeprojekte in der Stadt Ettenheim

9.1.1 Steckbrief Gemarkung Ettenheim

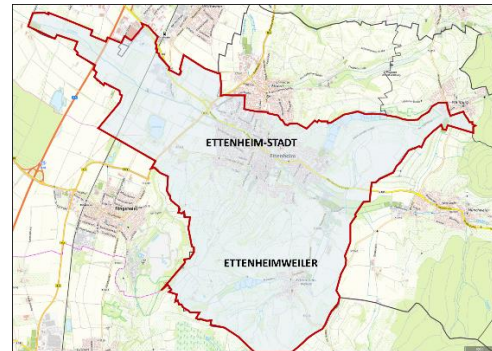
Anzahl beheizter Gebäude / nur Wohnhäuser	1.694 / 1.522
Endenergiebedarf / nur Wohngebäude	52.849 / 47.141 MWh/a
Theoretisches Einsparpotenzial durch Sanierung der Wohngebäude	22.102 MWh (= 47 %)

Beschreibung der Gemarkung

Lage:

Die Gemarkung Ettenheim besteht aus den Teilortschaften Ettenheim und Ettenheimweiler.

Innerhalb der Gemarkung liegen 17 von ca. 37 kommunalen Gebäuden. Die Altstadt besteht aus vielen denkmalgeschützten Gebäuden der Barockzeit. Ettenheimweiler hingegen ist ländlich geprägt. Die Bebauung besteht zusammen aus 1.522 reinen Wohngebäuden, ca. 100 Wohn-Mischgebäuden, mindestens 39 reinen Gewerbegebäuden, 17 öffentlichen Gebäuden und sonstige Gebäude.



Lage der Gemarkung

Wärmebedarf und -verbrauch nach Energieträgern

Der Wärmebedarf aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb der Gemarkung Ettenheim beträgt ca. 52.849 MWh/a. Die installierte Zentral-Heizanlagen-Nennleistung liegt bei 67,8 MW, der Endenergieverbrauch bei ca. 54,3 GWh/a. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 48 % der Hauptheizungen sind über 20 Jahre alt.

Nur ca. 17 % des Wärmeverbrauchs konzentrieren sich innerhalb der Gemarkung auf die barocke Altstadt.

Die Gasnetzinfrastruktur ist gut ausgebaut. Die Hälfte aller Heizanlagen sind Erdgasheizungen. 26 % werden mit Heizöl betrieben und 11 % mit Holz als Brennstoff. Insgesamt wird der Wärmeverbrauch zu über 70 % durch fossile Energieträger bereitgestellt. In ganz Ettenheim sind ca. 43 % aller fossil beheizten Zentralanlagen Brennwertheizungen.

Von ca. 1.684 Zentral-Heizungsanlagen werden ca. 29 Direktstromheizungen mit mehr als 8 kW Leistung, 119 Wärmepumpen und wenigen KWK-Anlagen innerhalb der Gemarkung betrieben. 135 Gebäude werden über Fernwärme versorgt.

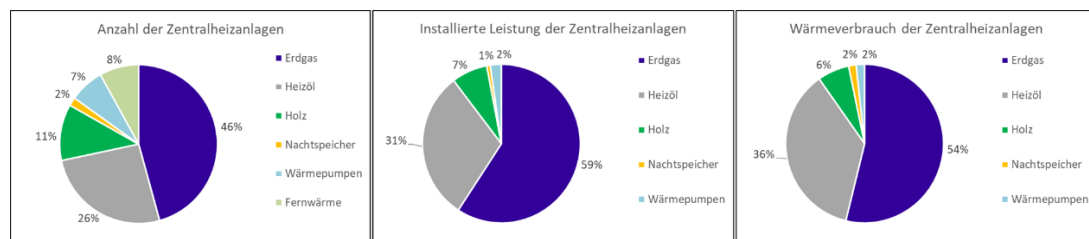
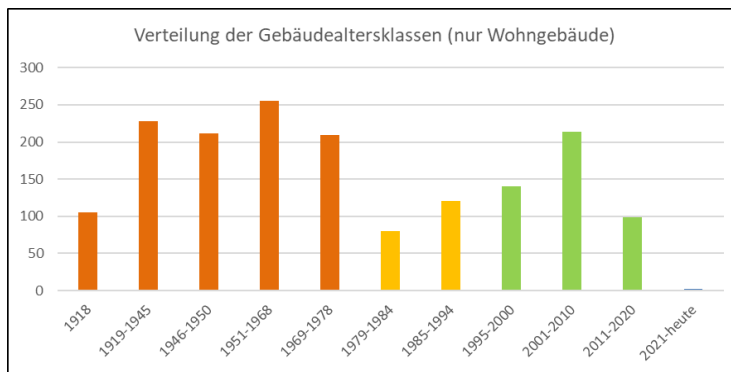


Abbildung: Aktuelle Heizanlagenstatistik im Eignungsgebiet

Gebäudealter in der Gemarkung Ettenheim



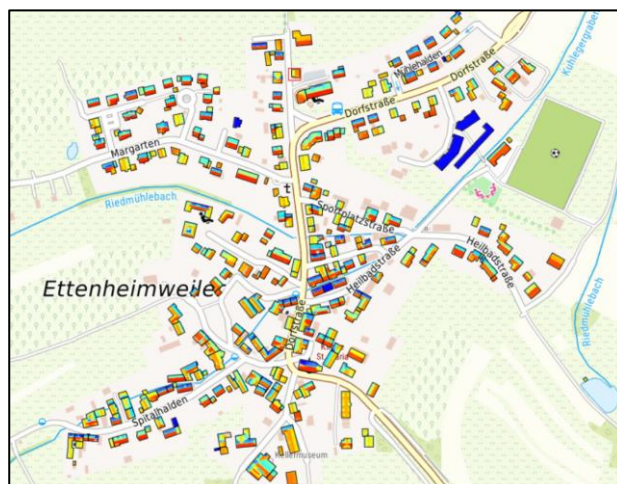
Alter	Klasse	Energie-VO
1918	A/B	
1919-1945	C	
1946-1950	D	
1951-1968	E	
1969-1978	F	
1979-1984	G	1. WSchV 1979
1985-1994	H	2. WSchV 1984
1995-2000	I	3. WSchV 1995
2001-2010	J	EnEV ab 2002
2011-2020	K	
2021-heute	L	GEG ab 2020

Fast drei Viertel aller Gebäude der Gemarkung Ettenheim wurden vor der 3. WSchV von 1995 erbaut und über zwei Drittel sind noch vor der 1. WSchV von 1979 errichtet worden. Dementsprechend ist in diesen Ortsteilen ein hoher Wärmebedarf pro Wohnfläche anzutreffen. Der Mittelwert über alle Gebäude liegt bei 148 kWh/m² Endwärmebedarf. Bei einer Sanierungsquote von 2 % ist bis 2040 für Wohngebäude, die vor 1995 errichtet wurden, mit einer Reduzierung des Wärmebedarfs um 27 bis 22 % zu rechnen. Der spezifische Endwärmebedarf reduziert sich für diese Gebäudeklassen damit auf durchschnittlich 129 kWh/m². Für einen großen Teil dieser Gebäude bedeutet dies, dass sie die offizielle Effizienzklasse D – „Gut sanierter Altbau“ - bei 100 bis 130 kWh/m² Endwärmebedarf bis zum Zieljahr 2033 nicht erreichen. Das heißt, dass zur Erreichung der anvisierten EU-Vorgaben, laut aktuellem Entwurf der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), die Sanierungsquote bei den Gebäudeklassen A bis F deutlich über 2 % liegen muss.

Gebäudenutzung für solare Energie

Die Dachflächen der Gebäude bieten ein großes Potenzial für die Stromerzeugung mit PV-Anlagen. Insgesamt können ca. 32 MWp PV-Leistung installiert werden, wobei die Dachflächen der Altstadt hier ausgenommen sind, da hier die PV-Belegung von Dachflächen zwar möglich, aber im Ermessen des Denkmalamtes liegt. Der potenzielle Ertrag liegt bei ca. 30 GWh Strom pro Jahr. Das maximale Einsparpotenzial an CO_{2eq} beträgt ca. 11.500 t pro Jahr.

Insgesamt werden in Ettenheim aktuell ca. 13 % des PV-Potenzials genutzt. Der Anteil der der PV-Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch lag 2019 bei 12 %.



- Solare Eignung der Dachflächen
- Eignungskategorien
- geeignet, sehr hohe Einstrahlung
 - geeignet, hohe Einstrahlung
 - geeignet, mittlere Einstrahlung
 - weniger geeignet, geringe Einstrahlung
 - keine Daten vorhanden

Abbildung: Solarpotenzial Gemarkung Ettenheim (Ausschnitt Ettenheimweiler)

Wärmeversorgungsmöglichkeiten in den Fernwärme-Eignungsgebieten

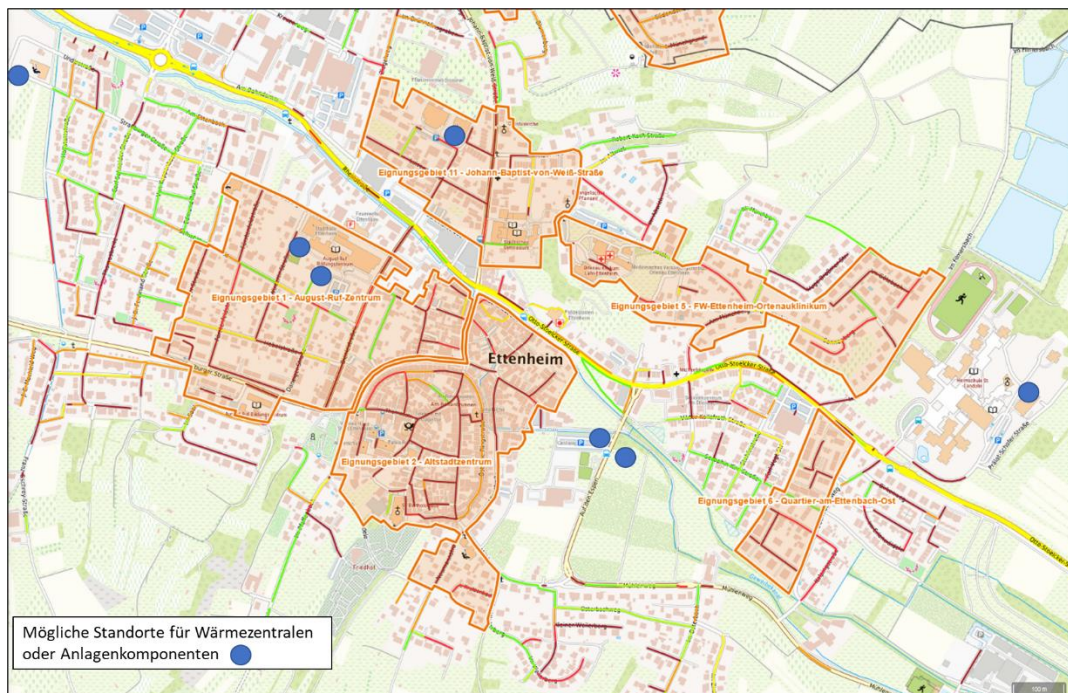


Abbildung: Fernwärme-Eignungsgebiete im Stadtbereich von Ettenheim mit Wärmedichte im Straßenzug

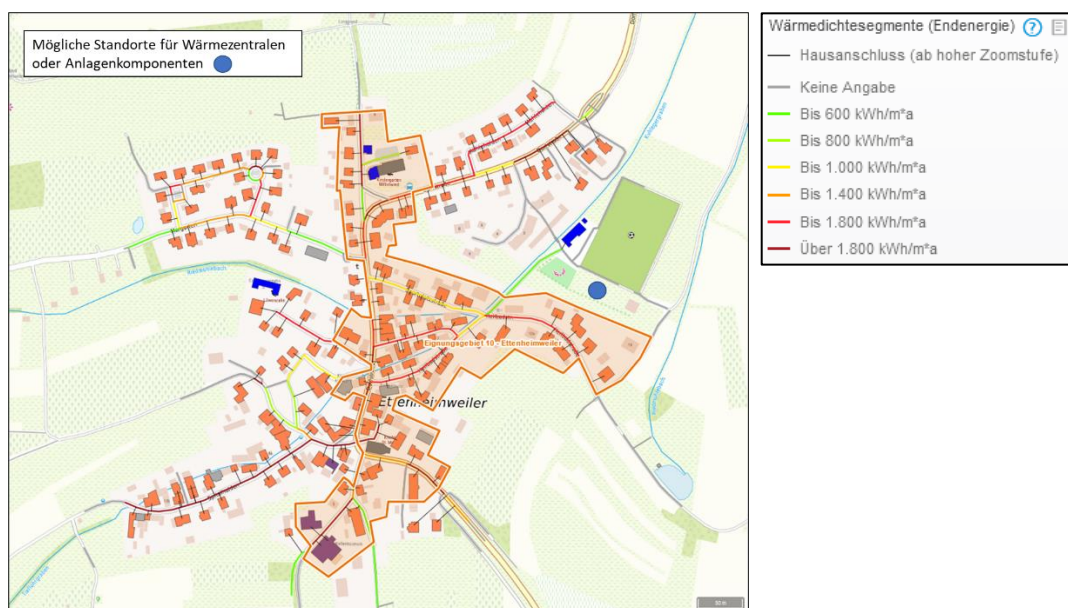


Abbildung: Fernwärme-Eignungsgebiet Ettenheimweiler mit Wärmedichte im Straßenzug

Zentrale Wärmeversorgung und zukünftige Energieinfrastruktur der Eignungsgebiete

Auf der Gemarkung Ettenheim könnten sechs Eignungsgebiete zur zukünftigen Fernwärmeversorgung ausgewiesen werden (siehe Karte 15 und Abbildung oben, „Fernwärme-Eignungsgebiete im Stadtbereich von Ettenheim bzw. Ettenheimweiler“). Diese können in Zukunft weitestgehend klimaneutral mit Wärme versorgt werden. Die Wärmedichten je Trassenmeter begünstigen einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes gegenüber einer

dezentralen Eigenversorgung, wenn deren Werte über 1,0 MWh/m betragen (siehe Abbildung oben: „Wärmedichte im Straßenzug“). Dies ist in 4 der 6 Eignungsgebiete der Fall.

Bei den zwei Gebieten mit geringeren Wärmedichtewerten handelt es sich jedoch um potenzielle Fernwärmeausbauggebiete, Quartier am Ettenbach und Johann-Baptist-von-Weiß-Straße, die aus verschiedenen Gründen dennoch hervorgehoben werden. Im Folgenden werden die Eignungsgebiete hinsichtlich energetischer und wärmetechnischer Erkenntnisse charakterisiert:

1. Ettenheim Altstadt

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Ettenheim-Altstadt** beträgt ca. 9.026 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 9,4 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 60°C und mehr. 49 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 5.260 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,7 MWh/m.

Flächen für den Bau einer Fernwärmezentrale müssten im Gebiet östlich der Altstadt, entlang der Straße „Auf den Espen“ erschlossen werden. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet mit Holz, Umweltwärme und mit KWK-Anlagen generiert werden. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke genutzt werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 6,3 GWh zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 4,9 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen.

Die Nutzung von Großwärmepumpen für den Betrieb des Fernwärmenetzes ist vorstellbar. Diese könnten zum Beispiel einen Wärmebeitrag von 2,32 GWh/a bereitstellen. Einsatz und Wärmebeitrag sind jedoch von bestimmten technischen und hydraulischen Parametern abhängig. Eine Anwendung von Großwärmepumpen bedarf bei älteren Bestandsgebäuden im Netzgebiet einer Teilsanierung und technischer Optimierungen der Wärmeverteilung, um zum Beispiel die Heizungs-Rücklauftemperaturen zu senken. Weitere Wärmequellen könnten Holzkessel in der Größenordnung von 750 kW Heizleistung sein (ca. 50 %), sowie ein BHKW (H2-Ready) mit ca. 250 kW thermischer Leistung (16 %). Dieser rein szenarische Wärmemix dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Durch eine sanierungsbedingte Absenkung des Gebäudewärmebedarfs bis 2040 kann zunehmend auf die Wärmeleistung des Holzkessels verzichtet werden.

Ein Wärmebeitrag kann auch die Fernwärme-Ettenheim GmbH leisten, die ihre Fernwärmeleitung zur Versorgung des neuen Seniorenheims im Gebiet „Auf den Espen“, einer neuen Kita und des Bauhofs ausbauen wird und die Rohrdimension dabei so bemessen wurde, dass weitere Gebäude des Altstadtbereiches versorgt werden könnten.

Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gesichert. Potenziale bestehen möglicherweise bei der Firma Meiko Eisengießerei GmbH. Dieses müsste über eine Fernwärmeleitung von bis zu 1 km Länge ins Eignungsgebiet geführt werden.

2. Ettenheim BIZ – Zwischen Bildungszentrum und August-Ruf-Grundschule

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Ettenheim-BIZ** beträgt ca. 7.485 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 10,2 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 53 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 5.000 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,5 MWh/m.

Eine mögliche Fernwärmezentrale könnte im Bereich des Bildungszentrums entstehen. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet mit Grundwasserwärme, Holz und mit KWK-Anlagen generiert werden. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke genutzt werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 5,2 GWh zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 4,0 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen.

Die Nutzung von Großwärmepumpen für den Betrieb des Fernwärmenetzes ist vorstellbar. Diese könnten zum Beispiel einen Wärmebeitrag von 2,8 GWh/a, also die Hälfte des Netzwärmebedarfs bereitstellen. Einsatz und Wärmebeitrag sind jedoch von bestimmten technischen und hydraulischen Parametern abhängig. Eine Anwendung von Großwärmepumpen bedarf bei älteren Bestandsgebäuden im Netzgebiet einer Teilsanierung und technischer Optimierungen der Wärmeverteilung, um zum Beispiel die Heizungs-Rücklauftemperaturen zu senken. Weitere Wärmequellen könnten Holzkessel in der Größenordnung von 500 kW Heizleistung sein (ca. 40 %), sowie ein BHKW (H₂-Ready) mit ca. 100 kW thermischer Leistung (7,5 %). Dieser rein szenarische Wärmemix dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Durch eine sanierungsbedingte Absenkung des Gebäudewärmebedarfs bis 2040 kann zunehmend auf die Wärmeleistung des Holzkessels verzichtet werden. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben.

3. Ettenheim Johann-Baptist-von-Weiß-Straße

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Ettenheim-Johann-Baptist-von-Weiß-Straße** beträgt ca. 1.822 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 3,1 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-65°C. 57 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten.

Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet mit Luft-Wasser-Großwärmepumpen generiert werden. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke genutzt werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 1,3 GWh zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 1,0 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge

beträgt ca. 480 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 0,78 MWh/m.

Die Wärmeversorgung kann als eine Ausbauphase des Altstadt-Wärmenetzes nach Norden in Richtung auf Altdorf zu entwickelt werden, so dass die Wärme möglicherweise von den bereits entsprechend genutzten Anlagen bezogen werden kann. Daher wird dieses Gebiet trotz geringer Wärmedichte je Trassenmeter mit einbezogen. Aktuell gibt es weder Gebäude noch ausreichend kommunale Freiflächen, die sich im Eignungsgebiet Joh.-Bapt.-von-W.-Straße für eine Fernwärmezentrale eignen würden.

4. Zentrum für Gesundheit und geriatische Klinik sowie Sonnenberg-Areal

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Zentrum für Gesundheit und geriatische Klinik sowie Sonnenberg-Areal** beträgt ca. 3.465 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 3,0 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 64 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die Heizungsanlage des Klinikums soll innerhalb der nächsten drei Jahre erneuert werden. Der Gebäudekomplex wird zurzeit umgebaut und saniert.

Für die Versorgung des Zentrums für Gesundheit gibt es drei Möglichkeiten. Eine der Lösungen, das Klinikum an das Netz der Fernwärme-Ettenheim GmbH anzuschließen, hat technische Vorteile. Zum einen ist die installierte Anlagenleistung der Gesellschaft ausreichend dimensioniert, um das Klinikum und die Wohngebäude im Sonnenberg-Areal mit Wärme zu versorgen. Das momentan nicht mehr eingesetzte Erdgas-BHKW kann durch ein neues mit variabler Leistung ersetzt werden, so dass die zusätzliche Anschlusskapazität flexibel ist. Das Wärmenetz kann ausgehend von der St. Landolin-Heimschule innerhalb der nächsten drei Jahre direkt bis zum Klinikum verlegt werden. Alternativ zu dieser Lösung müsste eine neue Zentrale im Gebiet westlich des Klinikums oder nördlich auf der bestehenden Parkplatzfläche errichtet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht im Ausbau des Altstadtwärmenetzes und einer Versorgung des Klinikums durch die entsprechenden Anlagen. Beide Alternativen weisen erhebliche Hemmnisse auf und werden sich möglicherweise nicht in den nächsten drei Jahren verwirklichen lassen.

Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 2.450 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,4 MWh/m.

Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann durch die Wärmeerzeugungsanlagen der Fernwärme-Ettenheim GmbH generiert werden. Diese beinhalten einen Holzkessel mit 1,5 MW Wärmeleistung, eine Freiflächen-Solarthermieanlage mit 1,2 MW Wärmeleistung und ein aktuell nicht eingesetztes BHKW.

Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gesichert. Potenziale bestehen möglicherweise bei der Firma Meiko Eisengießerei GmbH. Dieses müsste über eine Fernwärmeleitung von bis ca. 0,5 km Länge zum Anschlusspunkt geführt werden.

5. Quartier am Ettenbach (Ost)

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Ettenheim - Quartier am Ettenbach (Ost)** beträgt ca. 1.950 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 1,5 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 63 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten.

Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann durch die Wärmeerzeugungsanlagen der Fernwärme-Ettenheim GmbH generiert werden.

Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gesichert. Potenziale bestehen möglicherweise bei der Firma Meiko Eisengießerei GmbH. Dieses müsste über eine Fernwärmeleitung von bis ca. 0,3 km Länge zum Anschlusspunkt geführt werden.

Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 2.814 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 0,69 MWh/m. Für den Netzbetreiber Fernwärme-Ettenheim GmbH ist dieses Quartier aus Effizienz- und Wirtschaftlichkeitsgründen in den eigenen Planungen enthalten.

6. Ettenheimweiler

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Ettenheimweiler** beträgt ca. 938 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 1,0 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 53 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten.

Eine mögliche Fernwärmezentrale könnte im Bereich der Sportanlagen entstehen und die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 728 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,3 MWh/m.

Die Nutzung von Großwärmepumpen für den Betrieb des Fernwärmenetzes ist vorstellbar, aber ihr Einsatz und Wärmebeitrag ist von mehreren technischen und hydraulischen Parametern abhängig. Eine Anwendung von Großwärmepumpen bedarf bei älteren Bestandsgebäuden im Netzgebiet einer Teilsanierung und technischer Optimierungen der Wärmeverteilung, um zum Beispiel die Heizungs-Rücklauftemperaturen zu senken. Weitere Wärmequellen könnten Holzkessel oder ein BHKW (H₂-Ready) mit ca. 165 kW thermischer Leistung sein. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 0,66 GWh zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 0,51 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe oder aber mit einem Holzpelletkessel versorgen.

Zusammenfassung der Ergebnisse für die Fernwärme-Eignungsgebiete

Die Gesamtanschlussleistung für alle Fernwärme-Eignungsgebiete auf der Gemarkung Ettenheim beträgt ca. 4,0 MW, die eine thermische Energie von 17,2 GWh/a bereitstellen müssen. Eine Wärmeeinsparung durch Gebäudesanierungen kann den Bedarf auf 13,3 GWh/a reduzieren, wenn eine Sanierungsquote von 2 % pro Jahr ab 2028 erreicht wird. Die jährliche CO₂-Einsparungen durch die Fernwärmenetze kann bis zu **6.222 t CO_{2e}** betragen, was ca. 40 % der Emissionen in der Gemarkung Ettenheim oder knapp 9 % der Gesamtemissionen von Ettenheim ausmacht.

Bau des Wärmenetzes und Fördermittel

Es werden in den Wohngebieten überwiegend Wärmedichten von über 1,0 MWh/m Trassenlänge (ohne Hausanschlusslängen) erreicht, wobei die tatsächliche Wärmedichte im

Netzbetrieb auf die Gebäude-Anschlussquote ankommt. Bei einer Anschlussquote von 70 % werden in den relevanten Eignungsgebiete immer noch Werte von ca. 0,9 bis 1,2 MWh/m erreicht. Sollten die Gebäude jedoch kontinuierlich saniert werden, so wird bei einer Sanierungsquote von ca. 2 % bis 2040 die untere Wirtschaftlichkeitsgrenze konventioneller Wärmenetze unterschritten werden.

Eine Wirtschaftlichkeit ist bei geringeren Anschlussquoten als 70 % überwiegend nur mit Fördermitteln möglich. Unter Ausnutzung der Fördermittel nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) kann daher der Wärmepreis im Vergleich zu einer dezentralen Wärmeversorgung weiterhin konkurrenzfähig sein. Dazu wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie durch professionelle Unternehmen vorausgesetzt.

Eine Machbarkeitsstudie nach der Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) wird mit 50 Prozent gefördert. In der Förderung abgedeckt ist die Planungsleistung in Anlehnung an die HOAI Leistungsphasen I-IV. Bei einer Realisierung des Nahwärmenetzes auf Grundlage der Machbarkeitsstudie wird die Umsetzung des Wärmenetzes dann mit maximal 40 % gefördert.

Dezentrale Wärmeversorgung innerhalb der Gemarkung Ettenheim:

Die Wohngebäude, die im Bereich des Siedlungsgebietes, aber außerhalb des potenziellen Wärmenetzgebietes liegen, können v.a. im Nachgang zu einer Gebäude-Teilsanierung und eventuell in Kombination mit PV-Anlagen eine Wärmepumpe als effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung nutzen. Diese Aussage gründet auf den Berechnungen zur Effizienz von Luft/Wasser-Wärmepumpen nach Teilsanierung im Siedlungsgebiet.

Eine Nutzung von Erdwärme in Form von Erdwärmesonden ist ebenfalls möglich, sofern die Grundstücksverhältnisse im eng bebauten Raum und die Untergrundverhältnisse dies zulassen (siehe Kapitel 2.3.2). Das Erdwärmepotenzial erreicht für die Gemarkung Ettenheim bis 2030 bei einer Sanierungsquote der Wohngebäude von 2 % pro Jahr einen Betrag von 17,9 GWh/Jahr, was dann ca. 20 % des Gesamtwärmebedarfs entspricht und ca. 40 % des Wärmebedarfs der Gemarkung.

Als Alternative ist die Nutzung hybrider Heizungssysteme möglich, bei denen Wärmepumpen mit integrierten Erdgaskesseln oder Biomasseheizungen mit solarthermischen Anlagen in Anwendung kommen. Die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes müssen dabei eingehalten werden.

Innerhalb der Gemarkung sind vor dem Hintergrund eines effizienten Betriebes, beim heutigen Zustand, von 1.522 Wohngebäuden mindestens ca. 589 Gebäude für die Anwendung der Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet. Im Jahr 2030, bei einer angenommenen Sanierungsquote von 2 %, sind dann ca. 925 Gebäude für eine Luft/Wasser- und/oder für eine Sole/Wasser-Wärmepumpe geeignet. Diese könnten ca. 18,8 GWh/a Wärme liefern, benötigen dafür aber 6,3 GWh Strom pro Jahr. Der Strombedarf kann jahresbilanziell innerhalb des Eignungsgebietes mit der Stromerzeugung der Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Die maximale Anschlussleistung aller Luft/Wasser-Wärmepumpen würde bei ca. 12,7 MW liegen. Der Großteil der Gebäude im Eignungsgebiet wird aber auch im Jahr 2030 weiterhin noch einen hohen Anschlussleistungsbetrag aufweisen, was mit hohen Anschaffungskosten für die Wärmepumpe einhergeht.

Die Abbildung „Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Ettenheim“ (unten) zeigt die Verteilung von Gebäuden, die bis heute, bis 2030 und bis 2040 einen effizienten Betrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpen wahrscheinlich zulassen (in den Neubaugebieten sind alle Gebäude für den Betrieb der Wärmepumpe geeignet, was teilweise jedoch wegen der fehlenden Gebäuderegistrierung in der Abbildung nicht dargestellt ist). Die meisten Gebäude,

die in den Eignungsgebieten für Fernwärme liegen, lassen sich erst nach einer Teilsanierung und/oder nach einer technischen Optimierung der Wärmeverteilung im Haus mit einer Wärmepumpe kosteneffizient beheizen. Der Aufwand dafür kann stark variieren, nicht selten sind nur geringe technische Anpassungen wie z.B. ein hydraulischer Abgleich oder der Tausch einzelner Heizkörper nötig. Neben den gebäudetechnischen Einschränkungen wird der Betrieb der Wärmepumpe in der Altstadt von Ettenheim auch durch die enge Bebauung eingeschränkt, da die Grenzwerte der Schallemissionen nach der TA-Lärm vielfach nicht eingehalten werden können.

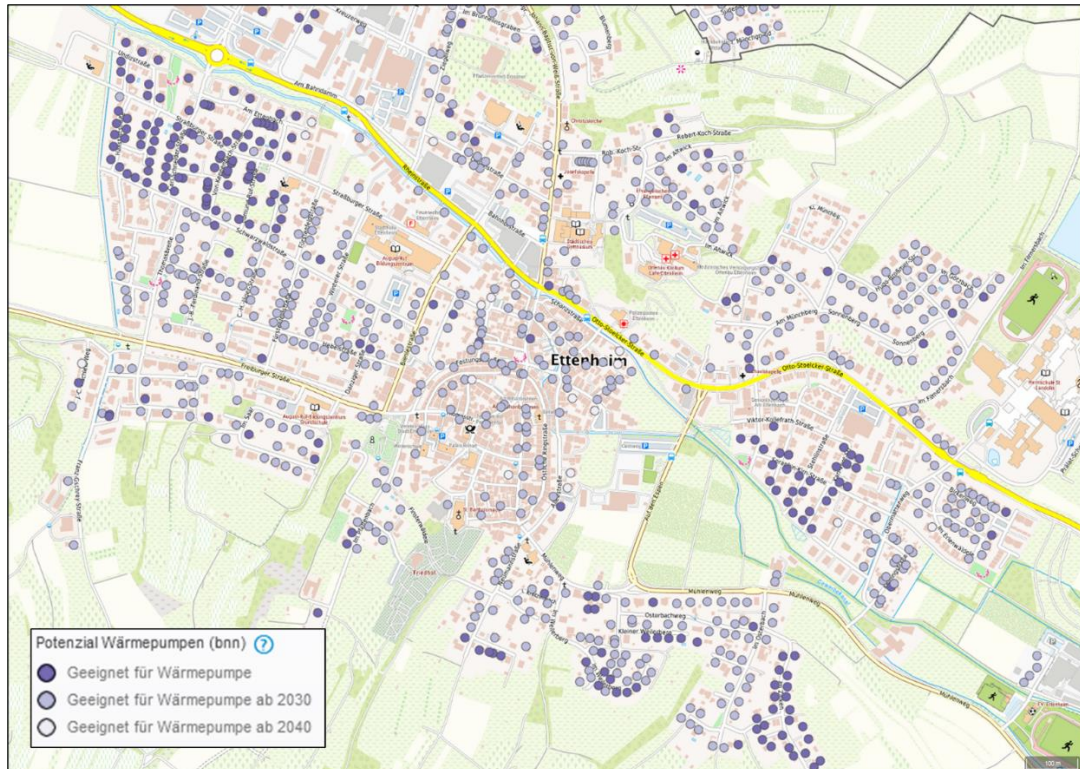


Abbildung: Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Ettenheim (Ausschnitt)

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erkenntnisse zur energetischen Ausgangssituation erscheint eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz mit zentralen Heizquellen für die hier beschriebenen Eignungsgebiete in der Gemarkung Ettenheim sinnvoll.

9.1.2 Steckbrief Gemarkung Altdorf

Anzahl beheizter Gebäude / nur Wohnhäuser	633 / 622
Endenergiebedarf / nur Wohngebäude	21.239 / 20.533 MWh/a
Theoretisches Einsparpotenzial durch Vollsanierung der Wohngebäude	9.307 MWh (= 55 %)

Beschreibung der Gemarkung

Lage:

Die Gemarkung Altdorf schließt sich nördlich der Stadt Ettenheim an.

Innerhalb der Gemarkung liegen 9 von ca. 37 kommunalen Gebäuden. Altdorf ist in Bezug auf die Gebäudealter dreigeteilt: Das Zentrum von Altdorf besteht aus vielen älteren Gebäuden der Vorkriegszeit und ist sehr eng bebaut. Das Siedlungsgebiet östlich der Jakob-Dürrese-Straße wurde überwiegend in den 1970er und in den frühen 1980er Jahren bebaut. Eine deutlich jüngere Bebauung aus den 2000er Jahren liegt westlich der Jakob-Dürrese-Straße. Die Bebauung besteht aus 622 reinen Wohngebäuden, ca. 13 Wohn-Mischgebäuden, mindestens 57 reinen Gewerbegebäuden, 9 öffentlichen Gebäuden und sonstige Gebäude.



Lage der Gemarkung

Wärmebedarf und -verbrauch nach Energieträgern

Der Wärmebedarf aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb der Gemarkung Altdorf beträgt ca. 21.239 MWh/a. Der installierte Zentral-Heizanlagen-Nennleistung liegt bei 17,8 MW, der Endenergieverbrauch bei ca. 16.635 MWh/a. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 57 % der Hauptheizungen sind über 20 Jahre alt.

Die Gasnetzinfrastruktur ist gut ausgebaut. 37 % aller Heizanlagen sind Erdgasheizungen. 39 % werden mit Heizöl betrieben und 19 % mit Holz als Brennstoff. Insgesamt wird der Wärmeverbrauch zu über 90 % durch fossile Energieträger bereitgestellt. In ganz sind ca. 43 % aller fossil beheizten Zentralanlagen Brennwertheizungen.

Von ca. 647 Zentral-Heizungsanlagen werden ca. 11 Direktstromheizungen mit mehr als 8 kW Leistung und 20 Wärmepumpen innerhalb der Gemarkung betrieben.

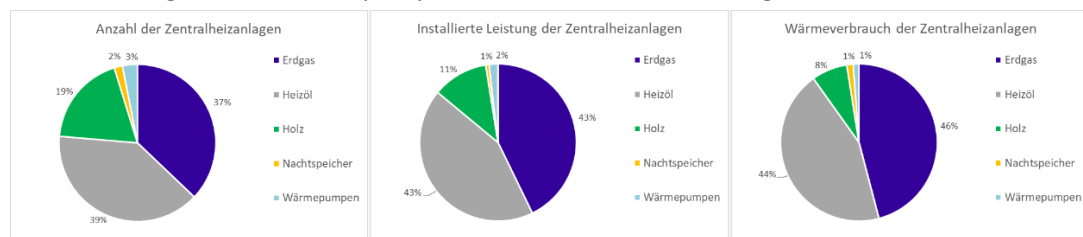
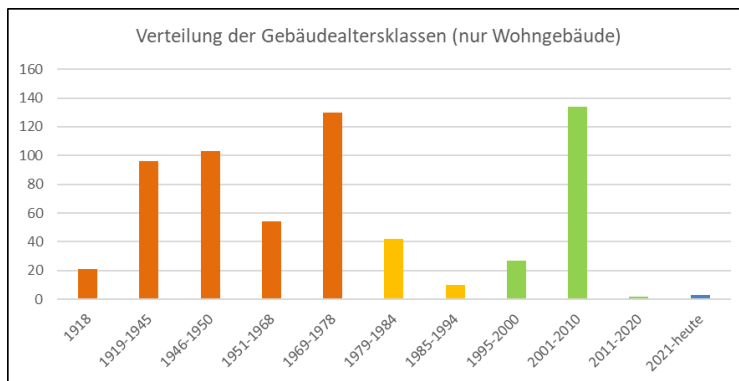


Abbildung: Aktuelle Heizanlagenstatistik im Gemarkungsgebiet

Gebäudealter in der Gemarkung Altdorf



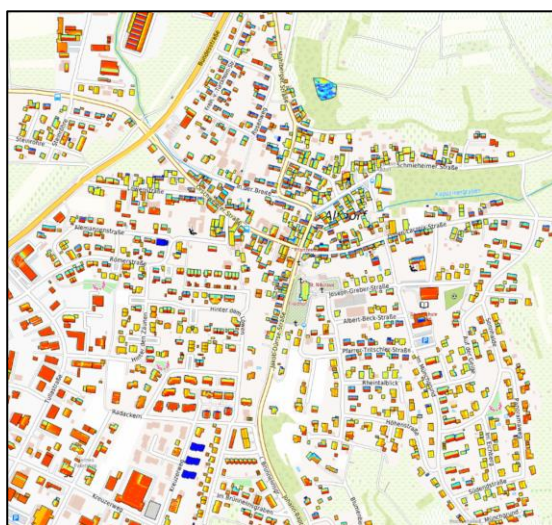
Alter	Klasse	Energie-VO
1918	A/B	
1919-1945	C	
1946-1950	D	
1951-1968	E	
1969-1978	F	
1979-1984	G	1. WSchV 1979
1985-1994	H	2. WSchV 1984
1995-2000	I	3. WSchV 1995
2001-2010	J	EnEV ab 2002
2011-2020	K	
2021-heute	L	GEG ab 2020

Über 70 % aller Gebäude der Gemarkung Altdorf wurden vor der 3. WSchV von 1995 erbaut und 65 % sind noch vor der 1. WSchV von 1979 errichtet worden. Dementsprechend ist in diesen Ortsteilen ein hoher Wärmebedarf pro Wohnfläche anzutreffen. Der Mittelwert über alle Gebäude liegt bei 156 kWh/m^2 Endwärmebedarf. Bei einer Sanierungsquote von 2 % ist bis 2040 für Wohngebäude, die vor 1995 errichtet wurden, mit einer Reduzierung des Wärmebedarfs um 27 bis 22 % zu rechnen. Der spezifische Endwärmebedarf reduziert sich für diese Gebäudeklassen damit auf durchschnittlich 132 kWh/m^2 . Für einen großen Teil dieser Gebäude bedeutet dies, dass sie die offizielle Effizienzklasse D – „Gut sanierter Altbau“ - bei 100 bis 130 kWh/m^2 Endwärmebedarf bis zum Zieljahr 2033 nicht erreichen. Das heißt, dass zur Erreichung der anvisierten EU-Vorgaben, laut aktuellem Entwurf der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), die Sanierungsquote bei den Gebäudeklassen A bis F deutlich über 2 % liegen muss.

Gebäudenutzung für solare Energie

Die Dachflächen der Gebäude bieten ein großes Potenzial für die Stromerzeugung mit PV-Anlagen. Insgesamt können ca. 12,1 MWp PV-Leistung installiert werden. Der potenzielle Ertrag liegt bei ca. 11 GWh Strom pro Jahr. Das maximale Einsparpotenzial an $\text{CO}_{2\text{eq}}$ beträgt ca. 4.187 t pro Jahr.

Insgesamt werden in Ettenheim aktuell ca. 13 % des PV-Potenzials genutzt. Der Anteil der der PV-Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch lag 2019 bei 12 %.



- Solare Eignung der Dachflächen
Eignungskategorien
- geeignet, sehr hohe Einstrahlung
 - geeignet, hohe Einstrahlung
 - geeignet, mittlere Einstrahlung
 - weniger geeignet, geringe Einstrahlung
 - keine Daten vorhanden

Abbildung: Solarpotenzial Gemarkung Altdorf (Ausschnitt)

Wärmeversorgungsmöglichkeiten in den Fernwärme-Eignungsgebieten

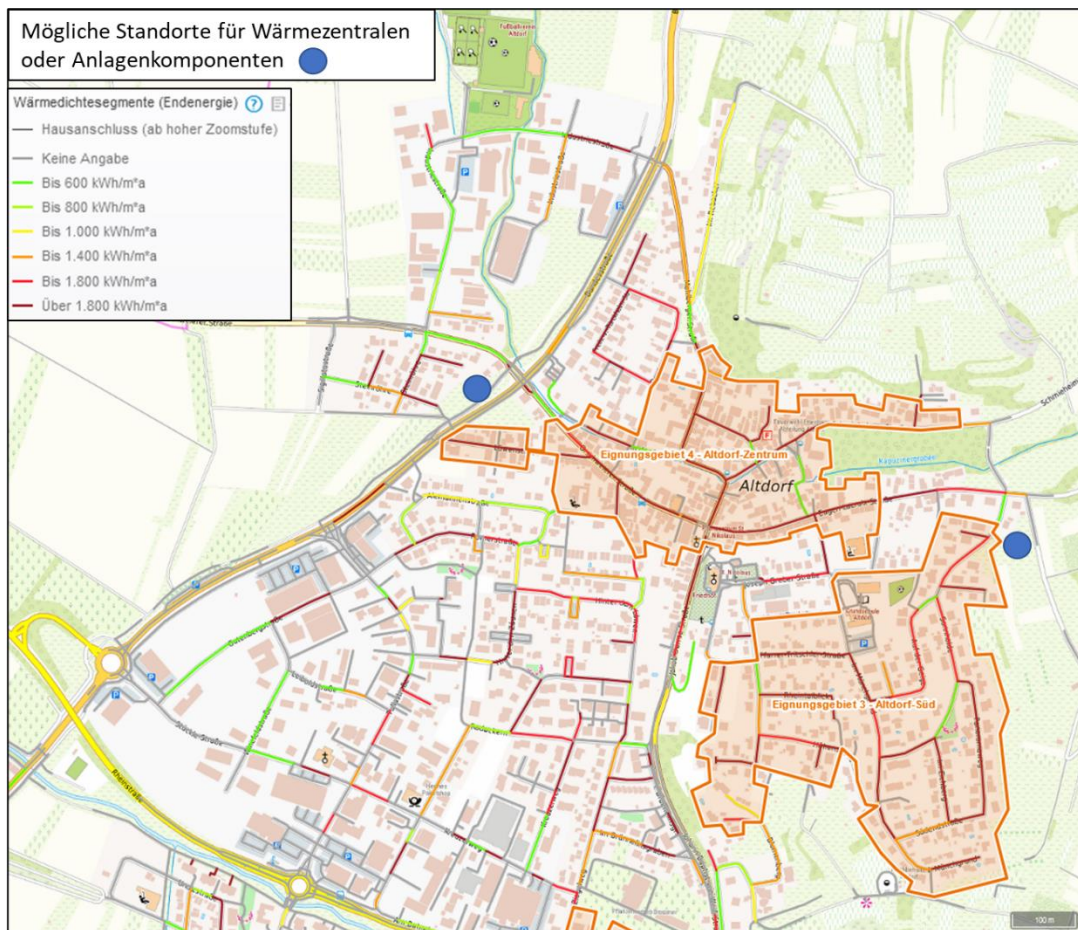


Abbildung: Fernwärme-Eignungsgebiet in Altdorf mit Wärmedichte im Straßenzug

Zentrale Wärmeversorgung und zukünftige Energieinfrastruktur der Eignungsgebiete

Auf der Gemarkung Altdorf könnten zwei Eignungsgebiete zur zukünftigen Fernwärmeversorgung ausgewiesen werden (siehe Karte 15 und Abbildung oben, „Fernwärme-Eignungsgebiet in Altdorf mit Wärmedichte im Straßenzug“). Diese können in Zukunft weitestgehend klimaneutral mit Wärme versorgt werden. Die Wärmedichten je Trassenmeter begünstigen einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes gegenüber einer dezentralen Eigenversorgung, wenn deren Werte über 1,0 MWh/m betragen (siehe Abbildung oben: „Wärmedichte im Straßenzug“). Dies ist in beiden Eignungsgebieten mit 1,13 bzw. 1,4 MWh/m der Fall.

Im Folgenden werden die Eignungsgebiete hinsichtlich energetischer und wärmetechnischer Erkenntnisse charakterisiert:

1. Fernwärme-Eignungsgebiet Altdorf-Zentrum

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Altdorf-Zentrum** beträgt ca. 4.100 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 4,24 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 49 % der Anlagen haben ihre technische

Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 2.864 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,4 MWh/m.

Eine mögliche Fernwärmezentrale könnte im Bereich Orschweier-Straße, westlich der B3 entstehen, falls keine kommunalen Flächen zur Verfügung stehen. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet mit Holz, Umweltwärme oder mit KWK-Anlagen generiert werden. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke genutzt werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 2,9 GWh zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 2,2 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen.

Die Nutzung von Großwärmepumpen für den Betrieb des Fernwärmenetzes ist vorstellbar. Diese könnten zum Beispiel einen Wärmebeitrag von 2,1 GWh/a (72 %) bereitstellen. Einsatz und Wärmebeitrag sind jedoch von mehreren technischen und hydraulischen Parametern abhängig. Eine Anwendung von Großwärmepumpen bedarf bei älteren Bestandsgebäuden im Netzgebiet einer Teilsanierung und technischer Optimierungen der Wärmeverteilung, um zum Beispiel die Heizungs-Rücklauftemperaturen zu senken. Weitere Wärmequellen könnten Holzkessel in der Größenordnung von 200 kW Heizleistung sein (ca. 28 %). Dieser rein szenarische Wärmemix dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Durch eine sanierungsbedingte Absenkung des Gebäudewärmebedarfs bis 2040 kann zunehmend auf die Wärmeleistung des Holzkessels verzichtet werden. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben.

2. Fernwärme-Eignungsgebiet Altdorf-Süd (östlich der Jakob-Dürrese-Straße)

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Altdorf-Süd** beträgt ca. 4.237 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 4,8 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 68 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 3.759 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,13 MWh/m.

Eine mögliche Fernwärmezentrale könnte im Bereich Sonnhalde/Kapuzinergraben entstehen, falls sich keine öffentlichen Gebäude eignen oder keine kommunalen Flächen zur Verfügung stehen. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet mit Holz, Umweltwärme und mit KWK-Anlagen generiert werden. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke genutzt werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 2,92 GWh zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 2,25 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen.

Auch ist die Nutzung von Großwärmepumpen vorstellbar, die eine Wärme von 1,3 GWh/a (45 %) des Netzwärmebedarfs bereitstellen könnten (zu den Betriebseinschränkungen

siehe oben). Weitere Wärmequellen könnten Holzkessel in der Größenordnung von 250 kW Heizleistung sein (ca. 34 %), sowie ein BHKW (H2-Ready) mit ca. 150 kW thermischer Leistung (20 %). Dieser rein szenarische Wärmemix dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Durch eine sanierungsbedingte Absenkung des Gebäudewärmebedarfs bis 2040 kann zunehmend auf die Wärmeleistung des Holzkessels verzichtet werden. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben.

Zusammenfassung der Ergebnisse für die Fernwärme-Eignungsgebiete

Die Gesamtanschlussleistung für alle Fernwärme-Eignungsgebiete auf der Gemarkung Altdorf beträgt ca. 1,45 MW, die eine thermische Energie von 5,8 GWh/a bereitstellen müssen. Eine Wärmeeinsparung durch Gebäudesanierungen kann den Bedarf auf 4,5 GWh/a reduzieren, wenn eine Sanierungsquote von 2 % pro Jahr ab 2028 erreicht wird. Die CO₂-Einsparungen durch die Fernwärmenetze kann bis zu **2.067 t CO_{2e}** betragen, was ca. 36 % der Emissionen in der Gemarkung Altdorf oder knapp 3 % der Gesamtemissionen von Ettenheim ausmacht.

Bau des Wärmenetzes und Fördermittel

Es werden in den Wohngebieten überwiegend Wärmedichten von über 1,0 MWh/m Trassenlänge (ohne Hausanschlusslängen) erreicht, wobei die tatsächliche Wärmedichte im Netzbetrieb von der Gebäude-Anschlussquote abhängt. Bei einer Anschlussquote von 70 % werden in den relevanten Eignungsgebiete noch Werte von ca. 0,77 bis 1,0 MWh/m erreicht. Sollten die Gebäude kontinuierlich saniert werden, so wird bei einer Sanierungsquote von ca. 2 % bis 2040 die untere Wirtschaftlichkeitsgrenze konventioneller Wärmenetze deutlich unterschritten werden.

Eine Wirtschaftlichkeit ist bei geringeren Anschlussquoten als 70 % überwiegend nur mit Fördermitteln möglich. Unter Ausnutzung der Fördermittel nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) kann daher der Wärmepreis im Vergleich zu einer dezentralen Wärmeversorgung weiterhin konkurrenzfähig sein. Dazu wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie durch professionelle Unternehmen vorausgesetzt.

Eine Machbarkeitsstudie nach der Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) wird mit 50 Prozent gefördert. In der Förderung abgedeckt ist die Planungsleistung in Anlehnung an die HOAI Leistungsphasen I-IV. Bei einer Realisierung des Nahwärmenetzes auf Grundlage der Machbarkeitsstudie wird die Umsetzung des Wärmenetzes dann mit maximal 40 % gefördert.

Dezentrale Wärmeversorgung innerhalb der Gemarkung Altdorf:

Die Wohngebäude, die im Bereich des Siedlungsgebietes, aber außerhalb des potenziellen Wärmenetzgebietes liegen, können v.a. im Nachgang zu einer Gebäude-Teilsanierung und eventuell in Kombination mit PV-Anlagen eine Wärmepumpe als effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung nutzen. Diese Aussage gründet auf den Berechnungen zur Effizienz von Luft/Wasser-Wärmepumpen nach Teilsanierung im Siedlungsgebiet.

Eine Nutzung von Erdwärme in Form von Erdwärmesonden ist ebenfalls möglich, sofern die Grundstücks- und Untergrundverhältnisse im eng bebauten Raum dies zulassen (siehe Kapitel 2.3.2). Das Erdwärmepotenzial erreicht für die Gemarkung Altdorf bis 2030 bei einer Sanierungsquote der Wohngebäude von 2 % pro Jahr einen Betrag von 9,2 GWh/Jahr, was

dann ca. 10 % des Gesamtwärmebedarfs von Ettenheim entspricht und 58 % des Wärmebedarfs von Altdorf.

Als Alternative ist die Nutzung hybrider Heizungssysteme möglich, bei denen Wärmepumpen mit integrierten Erdgaskesseln oder Biomasseheizungen mit solarthermischen Anlagen in Anwendung kommen. Die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes müssen dabei eingehalten werden.

Innerhalb des Eignungsgebietes sind vor dem Hintergrund eines effizienten Betriebes beim heutigen Zustand von 622 Wohngebäuden mindestens ca. 252 Gebäude für die Anwendung der Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet.

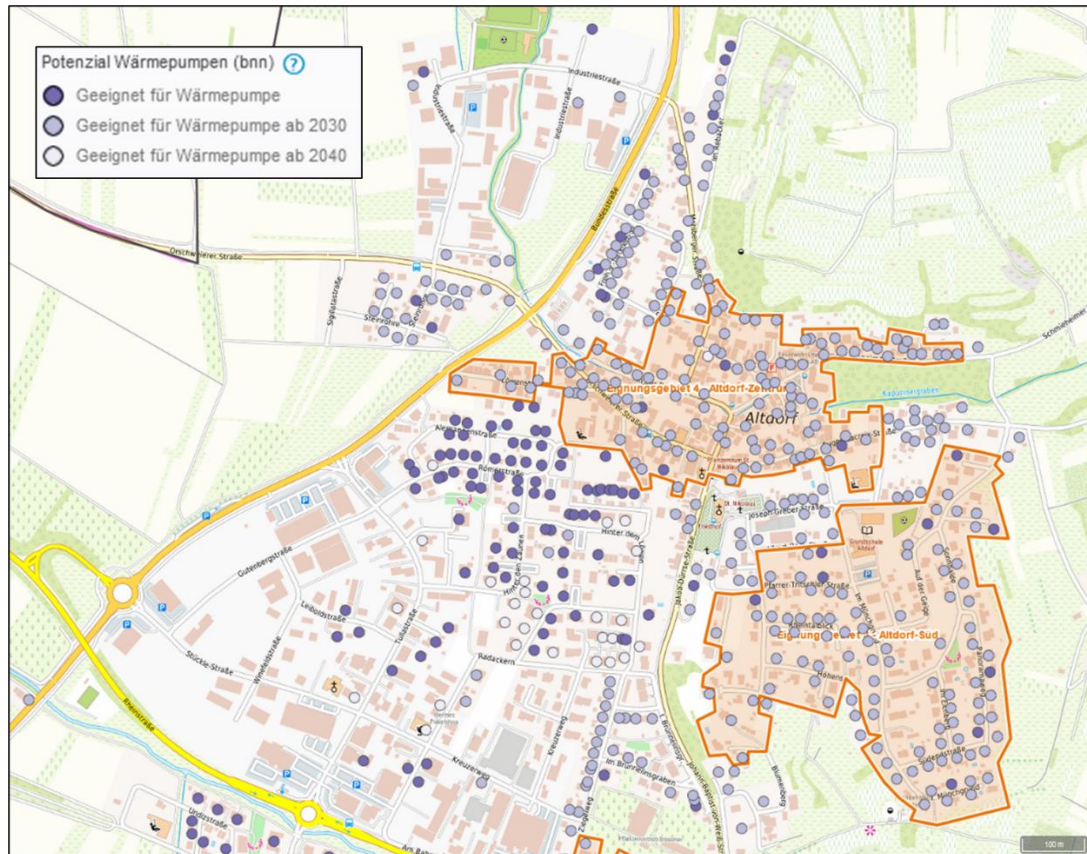


Abbildung: Tendenzuelle Eignung für Wärmepumpen in Altdorf

Im Jahr 2030, bei einer angenommenen Sanierungsquote von 2 %, sind dann ca. 405 Gebäude für eine Luft/Wasser- und/oder für eine Sole/Wasser-Wärmepumpe geeignet. Diese könnten ca. 8,6 GWh/a Wärme liefern, benötigen dafür aber 2,97 GWh Strom pro Jahr. Der Strombedarf kann jahresbilanziell innerhalb des Eignungsgebietes mit der Stromerzeugung der Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Die maximale Anschlussleistung aller nach TA-Lärm anwendbaren Luft/Wasser-Wärmepumpen würde bis 2030 bei ca. 5,1 MW liegen, die der geeigneten Wärmepumpen bei 3,1 MW. Der Großteil der Gebäude im Eignungsgebiet wird aber auch im Jahr 2030 weiterhin noch einen hohen Anschlussleistungsbetrag aufweisen, was mit erhöhten Anschaffungskosten für die Wärmepumpe einhergeht.

Die Abbildung „Tendenzuelle Eignung für Wärmepumpen in Altdorf“ (oben) zeigt die Verteilung von Gebäuden, die bis heute, bis 2030 und bis 2040 einen effizienten Betrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpen wahrscheinlich zulassen (Gebäude in Neubaugebieten sind teilweise noch nicht registriert). Die meisten Gebäude, die in den Eignungsgebieten für Fernwärme liegen, lassen sich erst nach einer Teilsanierung und/oder nach einer technischen

Optimierung der Wärmeverteilung im Haus mit einer Wärmepumpe kosteneffizient beheizen. Der Aufwand dafür kann stark variieren, nicht selten sind nur geringe technische Anpassungen wie z.B. ein hydraulischer Abgleich oder der Tausch einzelner Heizkörper nötig.

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erkenntnisse zur energetischen Ausgangssituation erscheint eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz mit zentralen Heizquellen für die dargestellten Eignungsgebiete in der Gemarkung Altdorf sinnvoll.

9.1.3 Steckbrief Gemarkung Münchweier

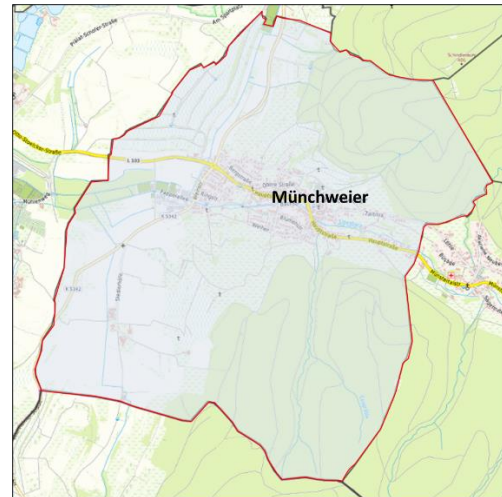
Anzahl beheizter Gebäude / nur Wohnhäuser	545 / 428
Endenergiebedarf / nur Wohngebäude	15.943 / 15.052 MWh/a
Theoretisches Einsparpotenzial durch Sanierung der Wohngebäude	7.366 MWh (= 51 %)

Beschreibung der Gemarkung

Lage:

Die Gemarkung Münchweier liegt östlich von Ettenheim im bereits hügeligen Vorland des Schwarzwaldes und ist ländlich geprägt. Zu beiden Seiten der L103 schließen sich zum Teil steile Hanglagen an, die eine Verlegung von Wärmenetzen erschweren.

Innerhalb der Gemarkung liegen 5 von ca. 37 kommunalen Gebäuden. Die Bebauung besteht aus mindestens 428 beheizten Wohnhäusern, ca. 10 Wohn-Mischgebäuden sowie mehreren Gewerbegebäuden.



Lage der Gemarkung

Wärmebedarf und -verbrauch nach Energieträgern

Der Wärmebedarf aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb der Gemarkung Münchweier beträgt ca. 15.943 MWh/a. Die installierte Zentral-Heizanlagen-Nennleistung liegt bei 10,6 MW, der Endenergieverbrauch bei ca. 9,9 GWh/a. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 57 % der Hauptheizungen sind heute bereits über 20 Jahre alt.

Die Gasnetzinfrastruktur ist nur mäßig ausgebaut. Nur ein Viertel aller Heizanlagen sind Erdgasheizungen. Dementsprechend ist der Anteil an Heizölbetriebenen Anlagen mit 43 % überdurchschnittlich hoch. 25 % der Heizungen werden mit Holz als Brennstoff betrieben. Insgesamt wird der Wärmeverbrauch zu ca. 80 % durch fossile Energieträger bereitgestellt. In ganz sind ca. 43 % aller fossil beheizten Zentralanlagen Brennwertheizungen.

Von ca. 453 Zentral-Heizungsanlagen werden ca. 13 Direktstromheizungen mit mehr als 8 kW Leistung und 9 Wärmepumpen betrieben.

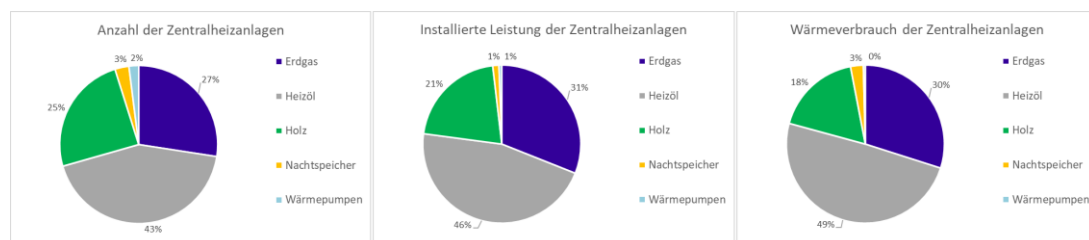
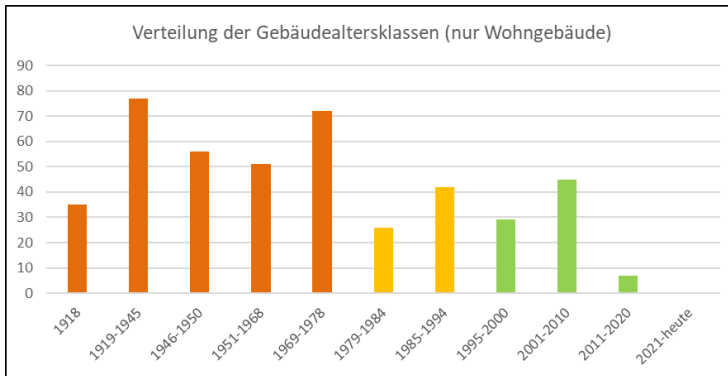


Abbildung: Aktuelle Heizanlagenstatistik im Gemarkungsgebiet

Gebäudealter in der Gemarkung Münchweier



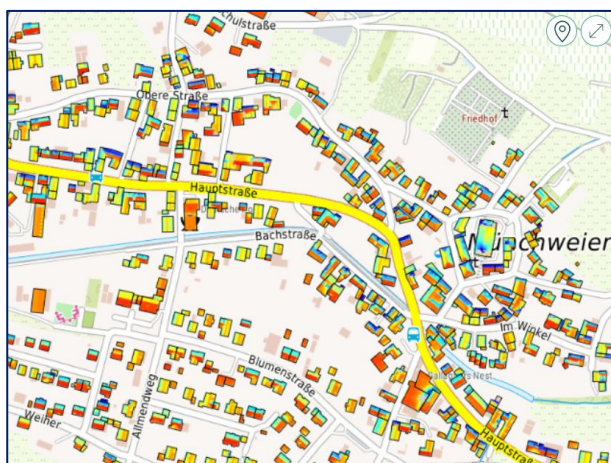
Alter	Klasse	Energie-VO
1918	A/B	
1919-1945	C	
1946-1950	D	
1951-1968	E	
1969-1978	F	
1979-1984	G	1. WSchV 1979
1985-1994	H	2. WSchV 1984
1995-2000	I	3. WSchV 1995
2001-2010	J	EnEV ab 2002
2011-2020	K	
2021-heute	L	GEG ab 2020

Über 80 % aller Gebäude der Gemarkung Münchweier wurden vor der 3. WSchV von 1995 erbaut und über zwei Drittel sind noch vor der 1. WSchV von 1979 errichtet worden. Dementsprechend ist in diesen Ortsteilen ein hoher Wärmebedarf pro Wohnfläche anzutreffen. Der Mittelwert über alle Gebäude liegt bei 158 kWh/m² Endwärmebedarf. Bei einer Sanierungsquote von 2 % ist bis 2040 für Wohngebäude, die vor 1995 errichtet wurden, mit einer Reduzierung des Wärmebedarfs um 27 bis 22 % zu rechnen. Der spezifische Endwärmebedarf reduziert sich für diese Gebäudeklassen damit auf durchschnittlich 126 kWh/m². Für einen großen Teil dieser Gebäude bedeutet dies, dass sie die offizielle Effizienzklasse D – „Gut sanierter Altbau“ - bei 100 bis 130 kWh/m² Endwärmebedarf bis zum Zieljahr 2033 nicht erreichen. Das heißt, dass zur Erreichung der anvisierten EU-Vorgaben, laut aktuellem Entwurf der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), die Sanierungsquote bei den Gebäudeklassen A bis E deutlich über 2 % liegen muss.

Gebäudenutzung für solare Energie

Die Dachflächen der Gebäude bieten ein großes Potenzial für die Stromerzeugung mit PV-Anlagen. Insgesamt können ca. 6,4 MWp PV-Leistung installiert werden. Der potenzielle Ertrag liegt bei ca. 5,8 GWh Strom pro Jahr. Das maximale Einsparpotenzial an CO₂eq beträgt ca. 2.925 t pro Jahr.

Insgesamt werden in Münchweier aktuell ca. 13 % des PV-Potenzials genutzt. Der Anteil der der PV-Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch lag 2019 bei 12 %.



- Solare Eignung der Dachflächen
- Eignungskategorien
- geeignet, sehr hohe Einstrahlung
 - geeignet, hohe Einstrahlung
 - geeignet, mittlere Einstrahlung
 - weniger geeignet, geringe Einstrahlung
 - keine Daten vorhanden

Abbildung: Solarpotenzial Gemarkung Münchweier (Ausschnitt)

Wärmeversorgungsmöglichkeiten im Fernwärme-Eignungsgebiet

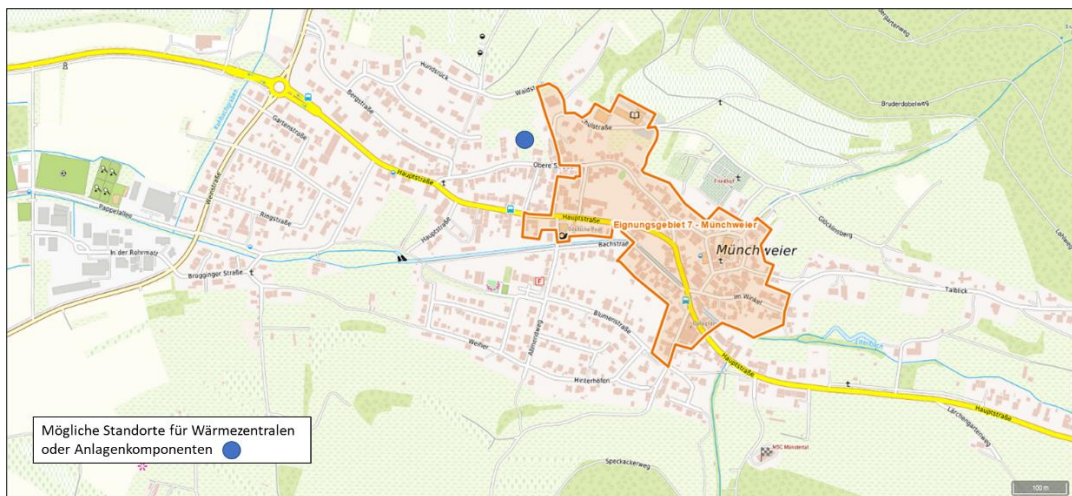


Abbildung: Fernwärme-Eignungsgebiet in Münchweier



Abbildung: Wärmedichte im Straßenzug

Zentrale Wärmeversorgung und zukünftige Energieinfrastruktur der Eignungsgebiete

Auf der Gemarkung Münchweier könnte ein Eignungsgebiet zur zukünftigen Fernwärmeversorgung ausgewiesen werden (siehe Karte 15 und Abbildung oben, „Fernwärme-Eignungsgebiet in Münchweier“). Dieses kann in Zukunft weitestgehend klimaneutral mit Wärme versorgt werden. Die Wärmedichte je Trassenmeter begünstigt einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes gegenüber einer dezentralen Eigenversorgung, wenn dessen Wert über 1,0 MWh/m liegt (siehe Abbildung oben: „Wärmedichte im Straßenzug“). Dies ist im Eignungsgebiet knapp der Fall.

Fernwärme-Eignungsgebiet Münchweier

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Münchweier** beträgt ca. 2.838 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 3,3 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in

den meisten Gebäuden bei ca. 55-60°C. 59 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 2.800 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,02 MWh/m.

Eine mögliche Fernwärmezentrale könnte auf einer freien Fläche im Bereich südlich der Waldstraße entstehen. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet mit Anlagen generiert werden, die Energiepflanzen nutzen. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke verwendet werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 2 GWh bei ca. 0,5 MW thermischer Leistung zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 1,54 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen.

Die Nutzung von Großwärmepumpen für den Betrieb des Fernwärmenetzes ist vorstellbar. Einsatz und Wärmebeitrag sind jedoch von mehreren technischen und hydraulischen Parametern abhängig. Eine Anwendung von Großwärmepumpen bedarf bei älteren Bestandsgebäuden im Netzgebiet einer Teilsanierung und technischer Optimierungen der Wärmeverteilung, um zum Beispiel die Heizungs-Rücklauftemperaturen zu senken. Weitere Wärmequellen könnten Holzkessel sein. Die rein szenarische Wärmeversorgung dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben.

Zusammenfassung der Ergebnisse für das Fernwärme-Eignungsgebiet

Die Gesamtanschlussleistung für das Fernwärme-Eignungsgebiet auf der Gemarkung Münchweier beträgt ca. 0,5 MW, die eine thermische Energie von 2 GWh/a bereitstellen muss. Eine Wärmeeinsparung durch Gebäudesanierungen kann den Bedarf auf 1,54 GWh/a reduzieren, wenn eine Sanierungsquote von 2 % pro Jahr ab 2028 erreicht wird. Die jährliche CO₂-Einsparung durch das Fernwärmenetz kann bis zu **503 t CO_{2e}** betragen, was ca. 12 % der Emissionen in der Gemarkung Münchweier oder 0,7 % der Gesamtemissionen von Ettenheim ausmacht.

Bau des Wärmenetzes und Fördermittel

Planung und Bau des Wärmenetzes könnten im optimalen Zeitablauf der Abbildung 28 mit der Erstellung einer Machbarkeitsstudie ab ca. 2031 beginnen.

Es werden in den Wohngebieten überwiegend Wärmedichten von über 1,0 MWh/m Trassenlänge (ohne Hausanschlusslängen) erreicht, wobei die tatsächliche Wärmedichte im Netzbetrieb auf die Gebäude-Anschlussquote ankommt. Bei einer Anschlussquote von 70 % wird im Eignungsgebiet nur noch ein durchschnittlicher Wert von ca. 0,7 MWh/m erreicht. Sollten die Gebäude zusätzlich noch kontinuierlich saniert werden, dann wird bei einer Sanierungsquote von ca. 2 % bis 2040 die untere Wirtschaftlichkeitsgrenze konventioneller Wärmenetze deutlich unterschritten.

Eine Wirtschaftlichkeit ist selbst bei einer Anschlussquote von 70 % nur mit Fördermitteln möglich. Unter Ausnutzung der Fördermittel nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) kann der Wärmepreis im Vergleich zu einer dezentralen Wärmeversorgung noch knapp konkurrenzfähig sein.

Eine Machbarkeitsstudie nach der Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) wird mit 50 Prozent gefördert. In der Förderung abgedeckt ist die Planungsleistung in Anlehnung an die HOAI Leistungsphasen I-IV. Bei einer Realisierung des Nahwärmenetzes auf Grundlage der Machbarkeitsstudie wird die Umsetzung des Wärmenetzes dann mit maximal 40 % gefördert. Die Fördermittel für den Wärmenetzbau werden nur nach professioneller Durchführung einer Machbarkeitsstudie vergeben.

Dezentrale Wärmeversorgung innerhalb der Gemarkung Münchweier:

Die Wohngebäude, die im Bereich des Siedlungsgebietes, aber außerhalb des potenziellen Wärmenetzgebietes liegen, können im Nachgang zu einer Gebäude-Teilsanierung und eventuell in Kombination mit PV-Anlagen eine Wärmepumpe als effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung nutzen. Diese Aussage gründet auf den Berechnungen zur Effizienz von Luft/Wasser-Wärmepumpen nach Teilsanierung im Siedlungsgebiet.

Eine Nutzung von Erdwärme in Form von Erdwärmesonden ist ebenfalls möglich, sofern die Grundstücks- und Untergrundverhältnisse im eng bebauten Raum dies zulassen (siehe Kapitel 2.3.2). Das Erdwärmepotenzial erreicht für die Gemarkung Münchweier bis 2030 bei einer Sanierungsquote der Wohngebäude von 2 % pro Jahr einen Betrag von 6,8 GWh/Jahr, was dann ca. 57 % des Wärmebedarfs der Gemarkung und ca. 8 % des Gesamtwärmebedarfs von Ettenheim entspricht.

Innerhalb der Gemarkung sind vor dem Hintergrund eines effizienten Betriebes beim heutigen Zustand von 428 Wohngebäuden mindestens ca. 160 Gebäude für die Anwendung der Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet. Im Jahr 2030, bei einer angenommenen Sanierungsquote von 2 %, sind dann ca. 297 Gebäude für eine Luft/Wasser- und/oder für eine Sole/Wasser-Wärmepumpe geeignet. Diese könnten bei einer Gesamt-Anschlussleistung von 2,3 MW ca. 6,35 GWh/a Wärme liefern, benötigen dafür aber 2,18 GWh Strom pro Jahr. Der Strombedarf kann jahresbilanziell innerhalb des Eignungsgebietes mit der Stromerzeugung der Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Die maximale Anschlussleistung aller potenziell nach TA-Lärm anwendbaren Luft/Wasser-Wärmepumpen würde bei ca. 4,1 MW liegen. Ein Großteil der Gebäude im Eignungsgebiet wird aber auch im Jahr 2030 weiterhin noch einen hohen Anschlussleistungsbetrag aufweisen, was hohe Anschaffungskosten für die Wärmepumpe verursachen kann.

Die Abbildung „Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Münchweier“ (unten) zeigt die Verteilung von Gebäuden, die bis heute, bis 2030 und bis 2040 einen effizienten Betrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpen zulassen (Gebäude in Neubaugebiete sind teilweise noch nicht erfasst). Die meisten Gebäude, die in den Eignungsgebieten für Fernwärme liegen, lassen sich erst nach einer Teilsanierung und/oder nach einer technischen Optimierung der Wärmeverteilung im Haus mit einer Wärmepumpe kosteneffizient beheizen. Der Aufwand dafür kann stark variieren, nicht selten sind aber nur geringe technische Anpassungen wie z.B. ein hydraulischer Abgleich oder der Tausch einzelner Heizkörper nötig.

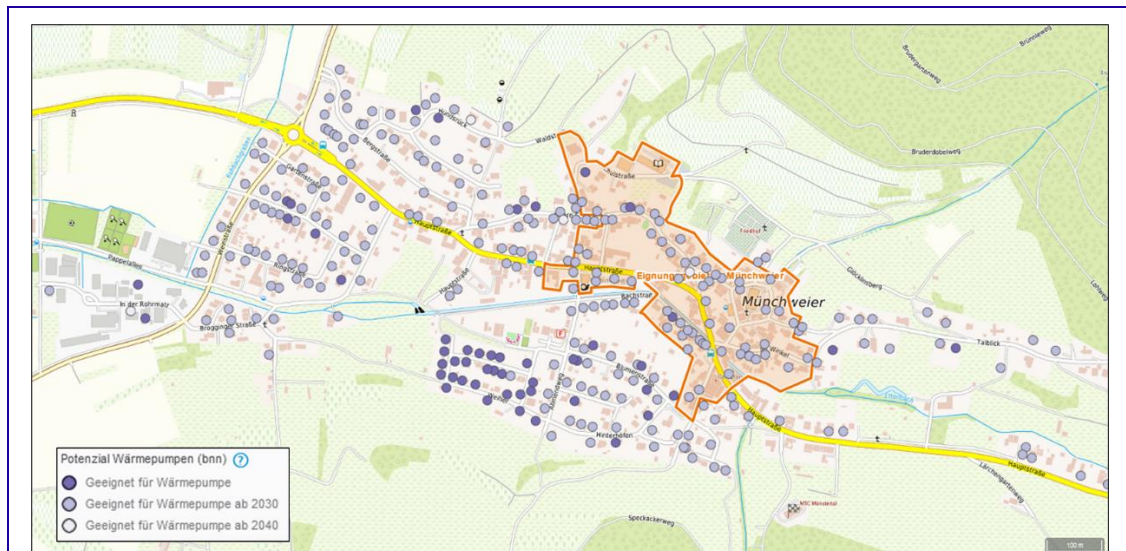


Abbildung: Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Münchweiler

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erkenntnisse zur energetischen Ausgangssituation erscheint eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz mit zentralen Heizquellen für das dargestellte Eignungsgebiet in der Gemarkung Münchweiler sinnvoll.

9.1.4 Steckbrief Gemarkung Wallburg

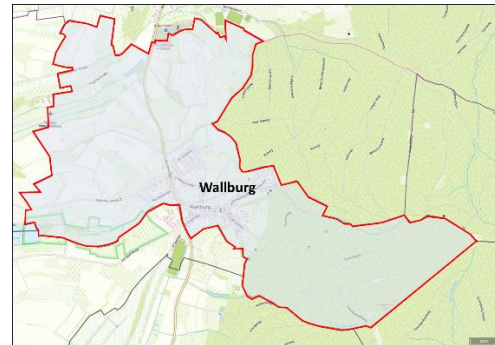
Anzahl beheizter Gebäude / nur Wohnhäuser	221 / 215
Endenergiebedarf / nur Wohngebäude	6.754 / 6.492 MWh/a
Theoretisches Einsparpotenzial durch Sanierung der Wohngebäude	3.141 MWh (= 52 %)

Beschreibung der Gemarkung

Lage:

Die Gemarkung Wallburg liegt nordöstlich von Ettenheim im bereits hügeligen Vorland des Schwarzwaldes und ist ländlich geprägt. Im östlichen Teil des Ortes beginnen steile Hanglagen, die eine Verlegung von Wärmenetzen erschweren.

Innerhalb der Gemarkung liegen 3 von ca. 37 kommunalen Gebäuden. Die Bebauung besteht aus mindestens 215 beheizten Wohnhäusern, ca. 6 Wohn-Mischgebäuden sowie mehreren Gewerbegebäuden.



Lage der Gemarkung

Wärmebedarf und -verbrauch nach Energieträgern

Der Wärmebedarf aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb der Gemarkung Wallburg beträgt ca. 6.754 MWh/a. Die installierte Zentral-Heizanlagen-Nennleistung liegt bei 4,4 MW, der Endenergieverbrauch bei ca. 3,85 GWh/a. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-65°C. 56 % der Hauptheizungen sind heute bereits über 20 Jahre alt.

Die Gasnetzinfrastruktur ist nur mäßig ausgebaut. Nur ein Viertel aller Heizanlagen sind Erdgasheizungen. Dementsprechend ist der Anteil an Heizölbetriebenen Anlagen mit 46 % überdurchschnittlich hoch. 16 % der Heizungen werden mit Holz als Brennstoff betrieben. Insgesamt wird der Wärmeverbrauch zu ca. 86 % durch fossile Energieträger bereitgestellt. In ganz Ettenheim sind ca. 43 % aller fossil beheizten Zentralanlagen Brennwertheizungen. Von ca. 192 Zentral-Heizungsanlagen werden ca. 5 Direktstromheizungen mit mehr als 8 kW Leistung und 14 Wärmepumpen betrieben.

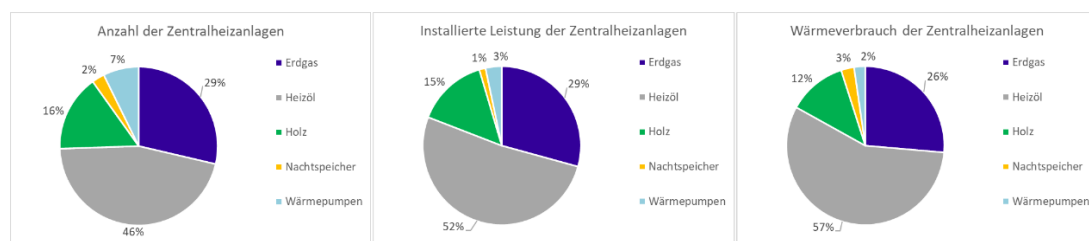
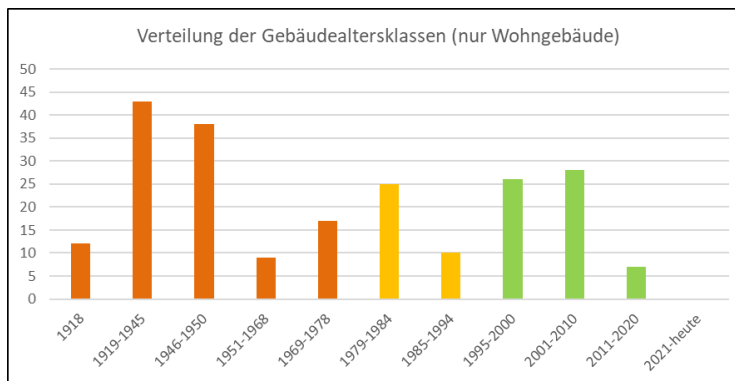


Abbildung: Aktuelle Heizanlagenstatistik im Gemarkungsgebiet

Gebäudealter in der Gemarkung Wallburg



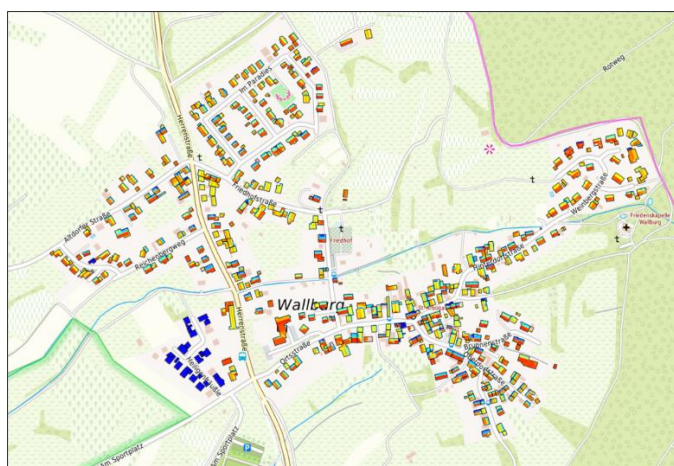
Alter	Klasse	Energie-VO
1918	A/B	
1919-1945	C	
1946-1950	D	
1951-1968	E	
1969-1978	F	
1979-1984	G	1. WSchV 1979
1985-1994	H	2. WSchV 1984
1995-2000	I	3. WSchV 1995
2001-2010	J	EnEV ab 2002
2011-2020	K	
2021-heute	L	GEG ab 2020

72 % aller Gebäude der Gemarkung Wallburg wurden vor der 3. WSchV von 1995 erbaut und die Hälfte sind noch vor der 1. WSchV von 1979 errichtet worden. Dementsprechend ist in diesen Ortsteilen ein hoher Wärmebedarf pro Wohnfläche anzutreffen. Der Mittelwert über alle Gebäude liegt bei 157 kWh/m^2 Endwärmebedarf. Bei einer Sanierungsquote von 2 % ist bis 2040 für Wohngebäude, die vor 1995 errichtet wurden, mit einer Reduzierung des Wärmebedarfs um 27 bis 22 % zu rechnen. Der spezifische Endwärmebedarf reduziert sich für diese Gebäudeklassen damit auf durchschnittlich 125 kWh/m^2 . Für einen großen Teil dieser Gebäude bedeutet dies, dass sie die offizielle Effizienzklasse D – „Gut sanierter Altbau“ - bei 100 bis 130 kWh/m^2 Endwärmebedarf bis zum Zieljahr 2033 nicht erreichen. Das heißt, dass zur Erreichung der anvisierten EU-Vorgaben, laut aktuellem Entwurf der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), die Sanierungsquote bei den Gebäudeklassen A bis E deutlich über 2 % liegen muss.

Gebäudenutzung für solare Energie

Die Dachflächen der Gebäude bieten ein großes Potenzial für die Stromerzeugung mit PV-Anlagen. Insgesamt können ca. 2,7 MWp PV-Leistung installiert werden. Der potenzielle Ertrag liegt bei ca. 2,5 GWh Strom pro Jahr. Das maximale Einsparpotenzial an $\text{CO}_{2\text{eq}}$ beträgt ca. 1.064 t pro Jahr.

Insgesamt werden in Ettenheim aktuell ca. 13 % des PV-Potenzials genutzt. Der Anteil der der PV-Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch lag 2019 bei 12 %.



Solare Eignung der Dachflächen
Eignungskategorien

- geeignet, sehr hohe Einstrahlung
- geeignet, hohe Einstrahlung
- geeignet, mittlere Einstrahlung
- weniger geeignet, geringe Einstrahlung
- keine Daten vorhanden

Abbildung: Solarpotenzial Gemarkung Wallburg (Ausschnitt)

Wärmeversorgungsmöglichkeiten im Fernwärme-Eignungsgebiet

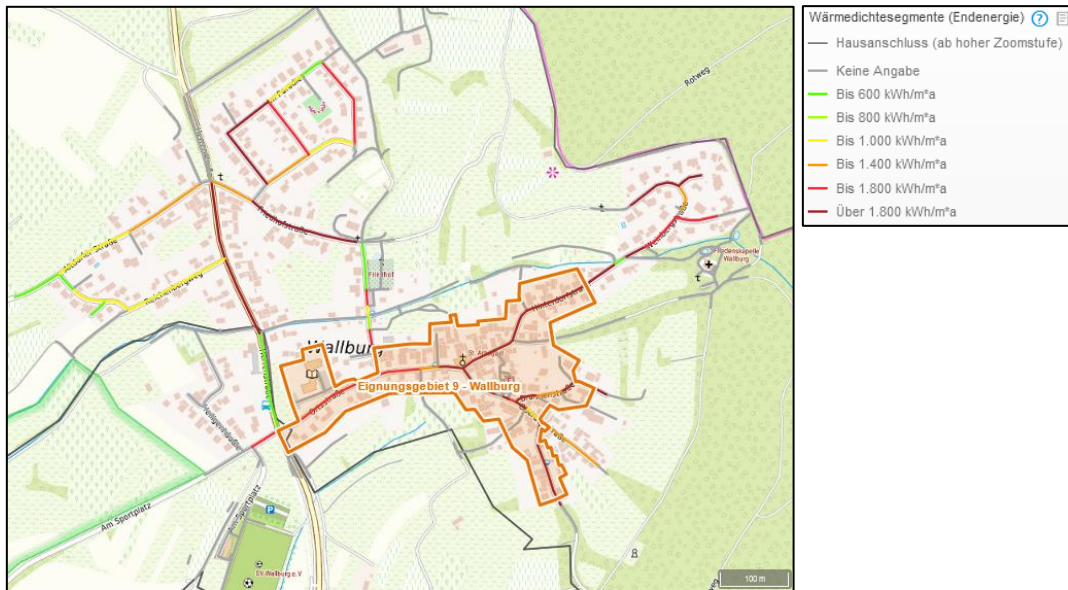


Abbildung: Fernwärme-Eignungsgebiet in Wallburg mit Wärmedichte im Straßenzug

Zentrale Wärmeversorgung und zukünftige Energieinfrastruktur der Eignungsgebiete

Auf der Gemarkung Wallburg wird ein Eignungsgebiet zur zukünftigen Fernwärmeversorgung präsentiert (siehe Karte 15 und Abbildung oben, „Wärmedichte im Straßenzug“). Dieses könnte in Zukunft weitestgehend klimaneutral mit Wärme versorgt werden. Die Wärmedichte je Trassenmeter begünstigt einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes gegenüber einer dezentralen Eigenversorgung, wenn dessen Wert über 1,0 MWh/m liegt. Dies ist im Eignungsgebiet nicht der Fall. Es muss daher bei Bedarf geprüft werden, ob der Bau mit Hilfe von Fördermitteln und bei einer sehr hohen Anschlussquote wirtschaftlich betrieben werden kann. Zu berücksichtigen ist, dass auch die dezentrale Wärmeversorgung vor dem Hintergrund des alten Gebäudebestandes zukünftig mit hohen Kosten einhergehen wird.

Fernwärme-Eignungsgebiet Wallburg

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Wallburg** beträgt ca. 1.208 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 1,4 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-65°C. 64 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 1.530 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 0,8 MWh/m.

Eine Fläche für Errichtung einer möglichen Fernwärmezentrale muss noch gefunden werden. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet zum Beispiel mit Anlagen generiert werden, die Energiepflanzen nutzen. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung von Wasserstoff sein, der als Energieträger zum Beispiel für leistungsfähige Blockheizkraftwerke verwendet werden könnte. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen

Verbrauchs mindestens ca. 0,82 GWh bei ca. 0,2 MW thermischer Leistung zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 0,63 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe versorgen.

Die Nutzung von Großwärmepumpen für den Betrieb des Fernwärmenetzes ist vorstellbar. Einsatz und Wärmebeitrag sind jedoch von mehreren technischen und hydraulischen Parametern abhängig. Eine Anwendung von Großwärmepumpen bedarf bei älteren Bestandsgebäuden im Netzgebiet einer Teilsanierung und technischer Optimierungen der Wärmeverteilung, um zum Beispiel die Heizungs-Rücklauftemperaturen zu senken. Anlagenalternativen könnten Holzkessel sein. Die rein szenarische Wärmeversorgung dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben.

Zusammenfassung der Ergebnisse für das Fernwärme-Eignungsgebiet

Die Gesamtanschlussleistung für das Fernwärme-Eignungsgebiet auf der Gemarkung Wallburg beträgt ca. 0,2 MW, die eine thermische Energie von 0,82 GWh/a bereitstellen muss. Eine Wärmeeinsparung durch Gebäudesanierungen kann den Bedarf auf 0,63 GWh/a reduzieren, wenn eine Sanierungsquote von 2 % pro Jahr ab 2028 erreicht wird. Die CO₂-Einsparungen durch das Fernwärmenetz kann bis zu **262 t CO_{2e}** betragen, was ca. 14 % der Emissionen in der Gemarkung Wallburg oder 0,4 % der Gesamtemissionen von Ettenheim ausmacht.

Bau des Wärmenetzes und Fördermittel

Es werden in den Wohngebieten überwiegend Wärmedichten von über 1,0 MWh/m Trassenlänge (ohne Hausanschlusslängen) erreicht, wobei die tatsächliche Wärmedichte im Netzbetrieb auf die Gebäude-Anschlussquote ankommt. Bei einer Anschlussquote von 70 % wird im Eignungsgebiet nur noch ein durchschnittlicher Wert von ca. 0,54 MWh/m erreicht. Sollten die Gebäude zusätzlich noch kontinuierlich saniert werden, dann wird bei einer Sanierungsquote von ca. 2 % bis 2040 die untere Wirtschaftlichkeitsgrenze konventioneller Wärmenetze deutlich unterschritten.

Eine Wirtschaftlichkeit ist selbst bei einer Anschlussquote von 100 % nur mit Fördermitteln möglich. Unter Ausnutzung der Fördermittel nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) kann der Wärmepreis im Vergleich zu einer dezentralen Wärmeversorgung noch knapp konkurrenzfähig sein.

Eine Machbarkeitsstudie nach der Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) wird mit 50 Prozent gefördert. In der Förderung abgedeckt ist die Planungsleistung in Anlehnung an die HOAI Leistungsphasen I-IV. Bei einer Realisierung des Nahwärmenetzes auf Grundlage der Machbarkeitsstudie wird die Umsetzung des Wärmenetzes dann mit maximal 40 % gefördert. Die Fördermittel für den Wärmenetzbau werden nur nach professioneller Durchführung einer Machbarkeitsstudie vergeben.

Dezentrale Wärmeversorgung innerhalb der Gemarkung Wallburg

Die Wohngebäude, die im Bereich des Siedlungsgebietes, aber außerhalb des potenziellen Wärmenetzgebietes liegen, können im Nachgang zu einer Gebäude-Teilsanierung und

eventuell in Kombination mit PV-Anlagen eine Wärmepumpe als effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung nutzen. Diese Aussage gründet auf den Berechnungen zur Effizienz von Luft/Wasser-Wärmepumpen nach Teilsanierung im Siedlungsgebiet.

Eine Nutzung von Erdwärme in Form von Erdwärmesonden ist ebenfalls möglich, sofern die Grundstücks- und Untergrundverhältnisse im eng bebauten Raum dies zulassen (siehe Kapitel 2.3.2). Das Erdwärmepotenzial erreicht für die Gemarkung Wallburg bis 2030 bei einer Sanierungsquote der Wohngebäude von 2 % pro Jahr einen Betrag von 3,4 GWh/Jahr, was dann ca. 66 % des Wärmebedarfs der Gemarkung und ca. 4 % des Gesamtwärmebedarfs von Ettenheim entspricht.

Innerhalb der Gemarkung sind vor dem Hintergrund eines effizienten Betriebes beim heutigen Zustand von 215 Wohngebäuden mindestens ca. 109 Gebäude für die Anwendung der Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet. Im Jahr 2030, bei einer angenommenen Sanierungsquote von 2 %, sind dann ca. 164 Gebäude für eine Luft/Wasser- und/oder für eine Sole/Wasser-Wärmepumpe geeignet. Diese könnten bei einer Gesamt-Anschlussleistung von 1,1 MW ca. 3,1 GWh/a Wärme liefern, benötigen dafür aber 1,07 GWh Strom pro Jahr. Der Strombedarf kann jahresbilanziell innerhalb des Eignungsgebietes mit der Stromerzeugung der Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Die maximale Anschlussleistung aller potenziell nach TA-Lärm anwendbaren Luft/Wasser-Wärmepumpen würde bei ca. 1,7 MW liegen. Ein Großteil der Gebäude im Eignungsgebiet wird aber auch im Jahr 2030 weiterhin noch einen hohen Anschlussleistungsbetrag aufweisen, was hohe Anschaffungskosten für die Wärmepumpe verursachen kann.

Die Abbildung „Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Wallburg“ (unten) zeigt die Verteilung von Gebäuden, die bis heute, bis 2030 und bis 2040 einen effizienten Betrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpen zulassen (Gebäude in Neubaugebiete sind teilweise noch nicht erfasst). Die meisten Gebäude, die in den Eignungsgebieten für Fernwärme liegen, lassen sich erst nach einer Teilsanierung und/oder nach einer technischen Optimierung der Wärmeverteilung im Haus mit einer Wärmepumpe kosteneffizient beheizen. Der Aufwand dafür kann stark variieren, nicht selten sind aber nur geringe technische Anpassungen wie z.B. ein hydraulischer Abgleich oder der Tausch einzelner Heizkörper nötig.

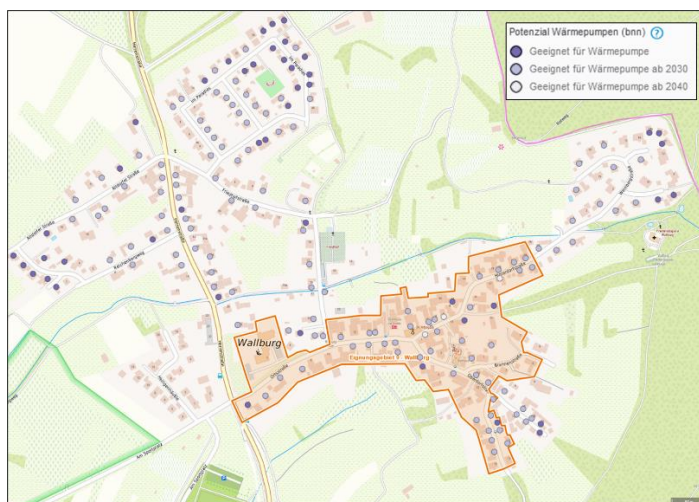


Abbildung: Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Wallburg

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erkenntnisse zur energetischen Ausgangssituation erscheint eine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz mit zentralen Heizquellen für das dargestellte Eignungsgebiet in der Gemarkung Wallburg zukünftig sinnvoll, wenn eine Anschlussquote von 100 % erreicht wird und alle Fördermittel ausgeschöpft werden können.

9.1.5 Steckbrief Gemarkung Ettenheimmünster

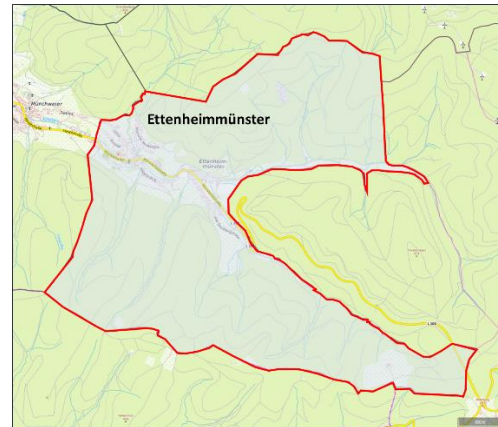
Anzahl beheizter Gebäude / nur Wohnhäuser	241 / 231
Endenergiebedarf / nur Wohngebäude	10.135 / 9.087 MWh/a
Theoretisches Einsparpotenzial durch Sanierung der Wohngebäude	4.414 MWh (= 51 %)

Beschreibung der Gemarkung

Lage:

Die Gemarkung Ettenheimmünster liegt am Schwarzwaldrand und somit am weitesten östlich von Ettenheim. Topografisch können die Hanglagen zu technischen Herausforderungen bei der Verlegung von Leitungen führen.

Innerhalb der Gemarkung liegen 5 von ca. 37 kommunalen Gebäuden. Die Bebauung besteht aus mindestens 231 beheizten Wohnhäusern, ca. 9 Wohn-Mischgebäuden sowie mehreren Gewerbegebäuden.



Lage der Gemarkung

Wärmebedarf und -verbrauch nach Energieträgern

Der Wärmebedarf aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile innerhalb der Gemarkung Ettenheimmünster beträgt ca. 10.135 MWh/a. Die installierte Zentral-Heizanlagen-Nennleistung liegt bei 5,6 MW, der Endenergieverbrauch bei ca. 5,4 GWh/a. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-70°C. 62 % der Hauptheizungen sind heute bereits über 20 Jahre alt.

Die Gasnetzinfrastruktur ist nur mäßig ausgebaut. Nur 15 % aller Heizanlagen sind Erdgasheizungen, die aber 39 % der installierten Nennleistung ausmachen. Der Anteil an Heizölbetriebenen Anlagen liegt bei 52 %. 24 % der Heizungen werden mit Holz als Brennstoff betrieben, die 15 % der Nennleistung liefern. Insgesamt wird der Wärmeverbrauch zu ca. 86 % durch fossile Energieträger bereitgestellt. In ganz Ettenheim sind ca. 43 % aller fossil beheizten Zentralanlagen Brennwertheizungen.

Von ca. 156 Zentral-Heizungsanlagen werden ca. 2 Direktstromheizungen mit mehr als 8 kW Leistung und 12 Wärmepumpen betrieben.

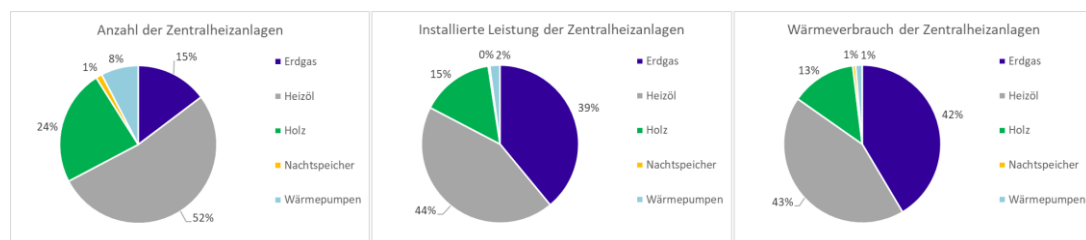
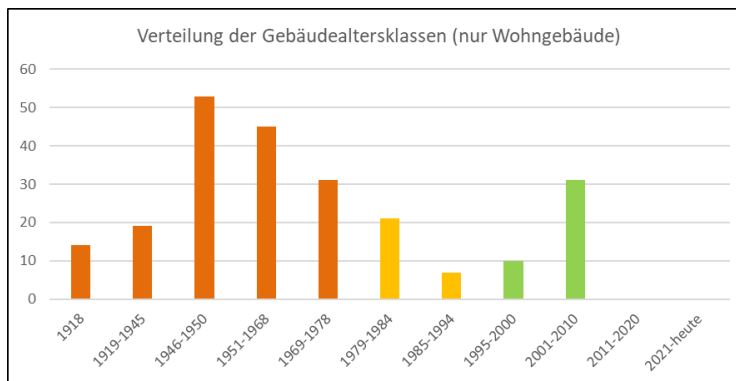


Abbildung: Aktuelle Heizanlagenstatistik im Gemarkungsgebiet

Gebäudealter in der Gemarkung Ettenheimmünster



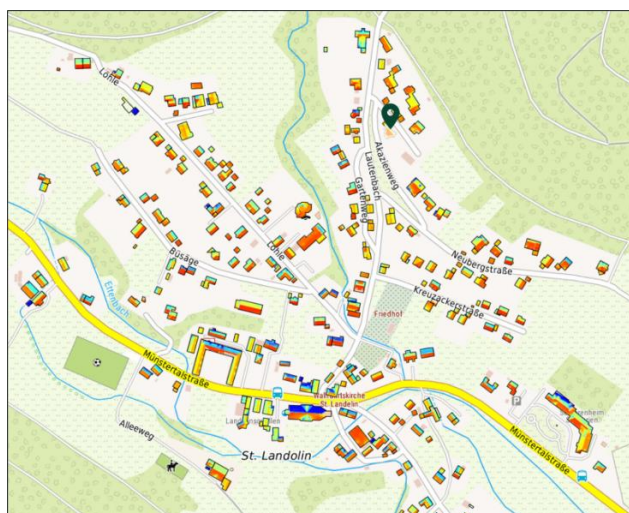
Alter	Klasse	Energie-VO
1918	A/B	
1919-1945	C	
1946-1950	D	
1951-1968	E	
1969-1978	F	
1979-1984	G	1. WSchV 1979
1985-1994	H	2. WSchV 1984
1995-2000	I	3. WSchV 1995
2001-2010	J	EnEV ab 2002
2011-2020	K	
2021-heute	L	GEG ab 2020

83 % aller Gebäude der Gemarkung Ettenheimmünster wurden vor der 3. WSchV von 1995 erbaut und 71 % sind noch vor der 1. WSchV von 1979 errichtet worden. Dementsprechend ist in diesen Ortsteilen ein sehr hoher Wärmebedarf pro Wohnfläche anzutreffen. Der Mittelwert über alle Gebäude liegt bei 160 kWh/m² Endwärmebedarf. Bei einer Sanierungsquote von 2 % ist bis 2040 für Wohngebäude, die vor 1995 errichtet wurden, mit einer Reduzierung des Wärmebedarfs um 27 bis 22 % zu rechnen. Der spezifische Endwärmebedarf reduziert sich für diese Gebäudeklassen damit auf durchschnittlich 126 kWh/m². Für einen großen Teil dieser Gebäude bedeutet dies, dass sie die offizielle Effizienzklasse D – „Gut sanierter Altbau“ - bei 100 bis 130 kWh/m² Endwärmebedarf bis zum Zieljahr 2033 nicht erreichen. Das heißt, dass zur Erreichung der anvisierten EU-Vorgaben, laut aktuellem Entwurf der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), die Sanierungsquote bei den Gebäudeklassen **A bis E** deutlich über 2 % liegen muss.

Gebäudenutzung für solare Energie

Die Dachflächen der Gebäude bieten ein großes Potenzial für die Stromerzeugung mit PV-Anlagen. Insgesamt können ca. 3,9 MWp PV-Leistung installiert werden. Der potenzielle Ertrag liegt bei ca. 3,6 GWh Strom pro Jahr. Das Einsparpotenzial an CO_{2eq} beträgt ca. 1.372 t pro Jahr.

Insgesamt werden in ganz Ettenheim aktuell ca. 13 % des PV-Potenzials genutzt. Der Anteil der der PV-Stromerzeugung am Gesamtstromverbrauch lag 2019 bei 12 %.



- Solare Eignung der Dachflächen
- Eignungskategorien
- geeignet, sehr hohe Einstrahlung
 - geeignet, hohe Einstrahlung
 - geeignet, mittlere Einstrahlung
 - weniger geeignet, geringe Einstrahlung
 - keine Daten vorhanden

Abbildung: Solarpotenzial Gemarkung Ettenheimmünster (Ausschnitt)

Wärmeversorgungsmöglichkeiten im Fernwärme-Eignungsgebiet

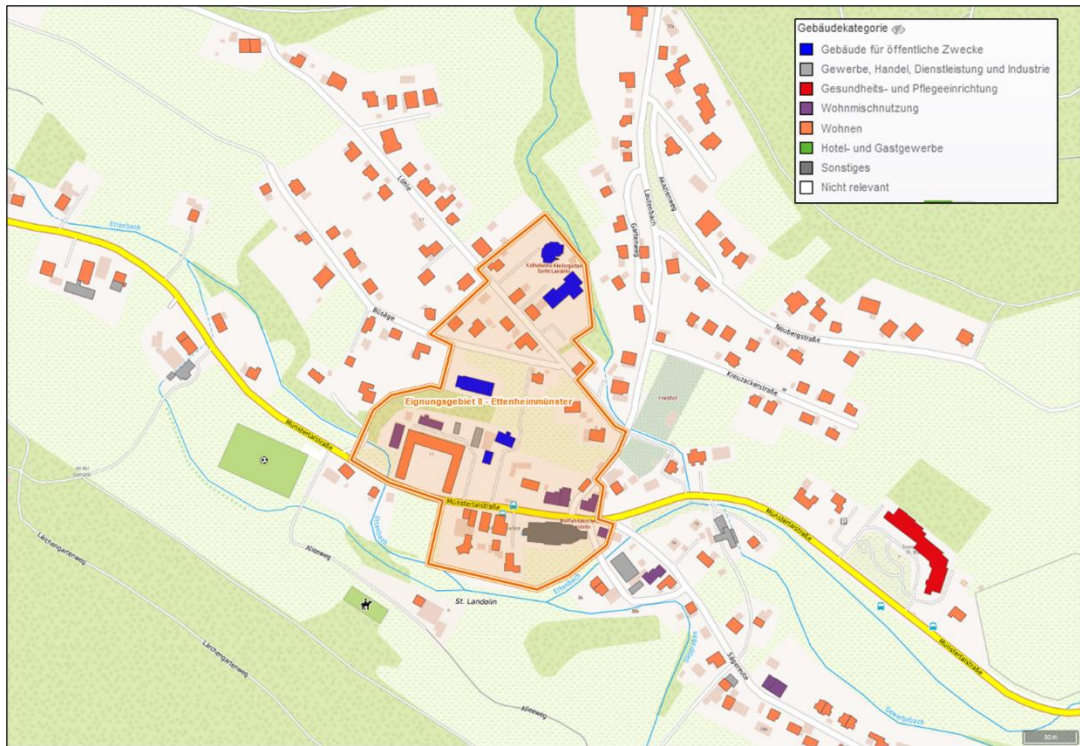


Abbildung: Fernwärme-Eignungsgebiet in Ettenheimmünster

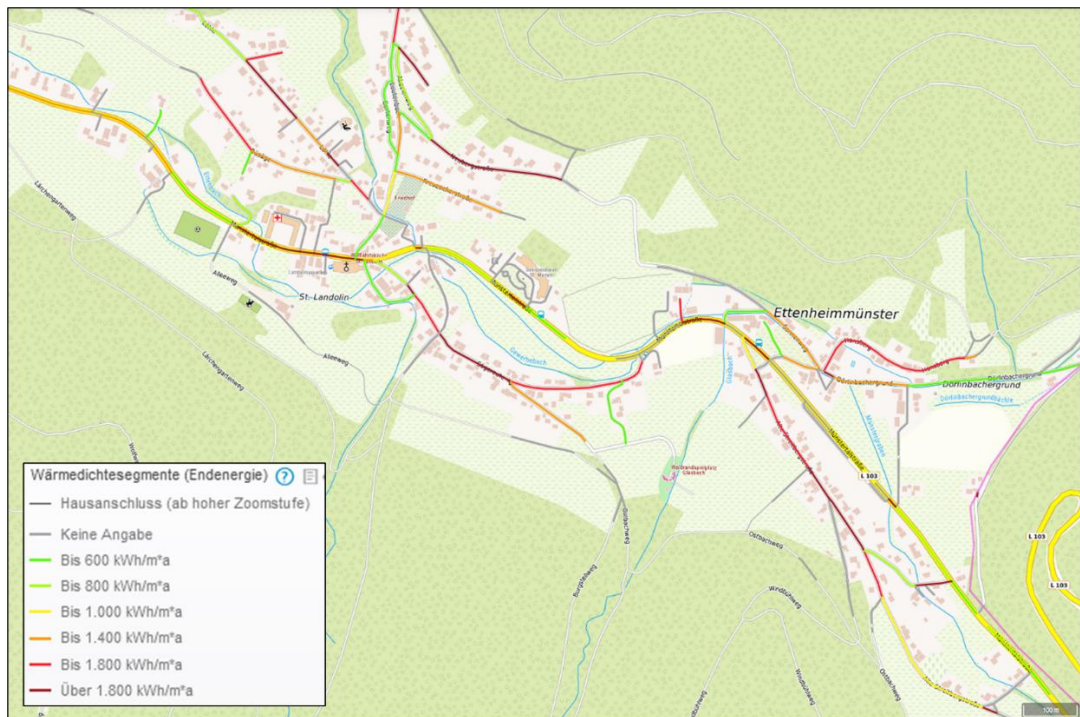


Abbildung: Wärmedichte im Straßenzug

Zentrale Wärmeversorgung und zukünftige Energieinfrastruktur der Eignungsgebiete

Auf der Gemarkung Ettenheimmünster könnte ein Eignungsgebiet zur zukünftigen Fernwärmeversorgung ausgewiesen werden (siehe Karte 15 und Abbildung oben: „Fernwärme-Eignungsgebiet in Ettenheimmünster“). Dieses kann in Zukunft weitestgehend klimaneutral mit Wärme versorgt werden.

Das Gebiet umfasst mehrere kommunale und öffentliche Gebäude, darunter die Ortsverwaltung, die Gemeindehalle, das Pflegeheim Haus Sankt Landelin mit ca. 68 Pflegeplätzen, der katholische Kindergarten und die Wallfahrtskirche St. Landelin. Diese Gebäude nutzen zwei Drittel des gesamten Wärmeverbrauchs im Eignungsgebiet. Damit ist die zukünftige Errichtung des Wärmenetzes vom Anschluss dieser Gebäude abhängig.

Die Wärmedichte je Trassenmeter begünstigt einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes gegenüber einer dezentralen Eigenversorgung, wenn dessen Wert über 1,0 MWh/m liegt. Dies ist im Eignungsgebiet 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. Zu berücksichtigen ist, dass auch die dezentrale Wärmeversorgung vor dem Hintergrund des alten Gebäudebestandes zukünftig mit hohen Kosten einhergehen wird.

Fernwärme-Eignungsgebiet Ettenheimmünster

Der Wärmeverbrauch aller beheizten Gebäude oder Gebäudeteile im Eignungsgebiet **Ettenheimmünster** beträgt ca. 1.957 MWh/a bei einer installierten Zentral-Heizanlagen-Nennleistung von zusammen 1,7 MW. Das normale Temperaturniveau des Heizungsvorlaufs liegt in den meisten Gebäuden bei ca. 55-65°C. 67 % der Anlagen haben ihre technische Nutzungsdauer von 20 Jahren erreicht oder überschritten. Die notwendige Fernwärme-Leitungslänge beträgt ca. 1.067 m ohne Hausanschlussleitungen, bei einer durchschnittlichen Wärmedichte von 1,5 MWh/m.

Eine Fläche für Errichtung einer möglichen Fernwärmezentrale muss noch gefunden werden. Die für den Betrieb eines Fernwärmenetzes notwendige Wärmeleistung kann im Eignungsgebiet zum Beispiel mit Anlagen generiert werden, die Energiepflanzen nutzen. Möglich kann auch die zukünftige Nutzung Holz als Brennstoff sein. Unter der Annahme einer Wärmenetz-Anschlussquote von 70 % werden auf der Grundlage des aktuellen Verbrauchs mindestens ca. 1,12 GWh bei ca. 0,28 MW thermischer Leistung zur Wärmeversorgung benötigt. Bis zum Jahr 2040 kann dieser Netzwärmebedarf durch eine Gebäudesanierung auf ca. 0,86 GWh/a sinken. Gebäude, die sich in den Eignungsgebieten oder in deren Peripherie nicht an das Wärmenetz anschließen, können sich dezentral mit einer Wärmepumpe oder mit alternativen Heizanlagentechniken versorgen (Hybrid- oder Biomasseheizungen).

Ein Wärmeversorgungs-Szenario dient hier als Grundlage für die Berechnung einer THG-Einsparung im Fernwärme-Eignungsgebiet bis zum Jahr 2040. Ein Beitrag aus industrieller Abwärme ist bis zum aktuellen Zeitpunkt nicht gegeben.

Die jährliche CO₂-Einsparungen durch das Fernwärmenetz kann bis zu **383 t CO_{2e}** betragen, was ca. 15 % der Emissionen in der Gemarkung Ettenheimmünster oder 0,5 % der Gesamtemissionen von Ettenheim ausmacht.

Bau des Wärmenetzes und Fördermittel

Es werden in den Wohngebieten überwiegend Wärmedichten von über 1,0 MWh/m Trassenlänge (ohne Hausanschlusslängen) erreicht, wobei die tatsächliche Wärmedichte im Netzbetrieb auf die Gebäude-Anschlussquote ankommt. Bei einer Anschlussquote von 70 %

wird im Eignungsgebiet nur noch ein durchschnittlicher Wert von ca. 1,05 MWh/m erreicht. Sollten die Gebäude zusätzlich noch kontinuierlich saniert werden, dann wird bei einer Sanierungsquote von ca. 2 % bis 2040 die untere Wirtschaftlichkeitsgrenze konventioneller Wärmenetze möglicherweise unterschritten.

Eine Wirtschaftlichkeit ist bei einer Anschlussquote von 70 % nur mit Fördermitteln möglich. Unter Ausnutzung der Fördermittel nach dem Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) kann der Wärmepreis im Vergleich zu einer dezentralen Wärmeversorgung knapp konkurrenzfähig sein.

Eine Machbarkeitsstudie nach der Bundesförderung effizienter Wärmenetze (BEW) wird mit 50 Prozent gefördert. In der Förderung abgedeckt ist die Planungsleistung in Anlehnung an die HOAI Leistungsphasen I-IV. Bei einer Realisierung des Nahwärmenetzes auf Grundlage der Machbarkeitsstudie wird die Umsetzung des Wärmenetzes dann mit maximal 40 % gefördert. Die Fördermittel für den Wärmenetzbau werden nur nach professioneller Durchführung einer Machbarkeitsstudie vergeben.

Dezentrale Wärmeversorgung innerhalb der Gemarkung Ettenheimmünster

Die Wohngebäude, die im Bereich des Siedlungsgebietes, aber außerhalb des potenziellen Wärmenetzgebietes liegen, können im Nachgang zu einer Gebäude-Teilsanierung und eventuell in Kombination mit PV-Anlagen eine Wärmepumpe als effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung nutzen. Diese Aussage gründet auf den Berechnungen zur Effizienz von Luft/Wasser-Wärmepumpen nach Teilsanierung im Siedlungsgebiet.

Eine Nutzung von Erdwärme in Form von Erdwärmesonden ist ebenfalls möglich, sofern die Grundstücks- und Untergrundverhältnisse im eng bebauten Raum dies zulassen (siehe Kapitel 2.3.2). Das Erdwärmepotenzial erreicht für die Gemarkung Ettenheimmünster bis 2030 bei einer Sanierungsquote der Wohngebäude von 2 % pro Jahr einen Betrag von 4,16 GWh/Jahr, was dann ca. 56 % des Wärmebedarfs der Gemarkung und ca. 5 % des Gesamtwärmebedarfs von Ettenheim entspricht.

Innerhalb der Gemarkung sind vor dem Hintergrund eines effizienten Betriebes beim heutigen Zustand von 241 Wohngebäuden mindestens ca. 91 Gebäude für die Anwendung der Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet. Im Jahr 2030, bei einer angenommenen Sanierungsquote von 2 %, sind dann ca. 174 Gebäude für eine Luft/Wasser- und/oder für eine Sole/Wasser-Wärmepumpe geeignet. Diese könnten bei einer Gesamt-Anschlussleistung von 1,44 MW ca. 3,67 GWh/a Wärme liefern, benötigen dafür aber 1,37 GWh Strom pro Jahr. Der Strombedarf kann jahresbilanziell innerhalb des Eignungsgebietes mit der Stromerzeugung der Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Die maximale Anschlussleistung aller potenziell nach TA-Lärm anwendbaren Luft/Wasser-Wärmepumpen würde bei ca. 2,7 MW liegen. Ein Großteil der Gebäude im Eignungsgebiet wird aber auch im Jahr 2030 weiterhin noch einen hohen Anschlussleistungsbetrag aufweisen, was hohe Anschaffungskosten für die Wärmepumpe verursachen kann.

Die Abbildung „Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Ettenheimmünster“ (unten) zeigt die Verteilung von Gebäuden, die bis heute, bis 2030 und bis 2040 einen effizienten Betrieb von Luft-Wasser-Wärmepumpen wahrscheinlich zulassen (Gebäude in Neubaugebieten sind in der Datengrundlage teilweise nicht erfasst). Die meisten Gebäude, die in den Eignungsgebieten für Fernwärme liegen, lassen sich erst nach einer Teilsanierung und/oder nach einer technischen Optimierung der Wärmeverteilung im Haus mit einer Wärmepumpe kosteneffizient beheizen. Der Aufwand dafür kann stark variieren, nicht selten sind aber nur geringe technische Anpassungen wie z.B. ein hydraulischer Abgleich oder der Tausch einzelner Heizkörper nötig.

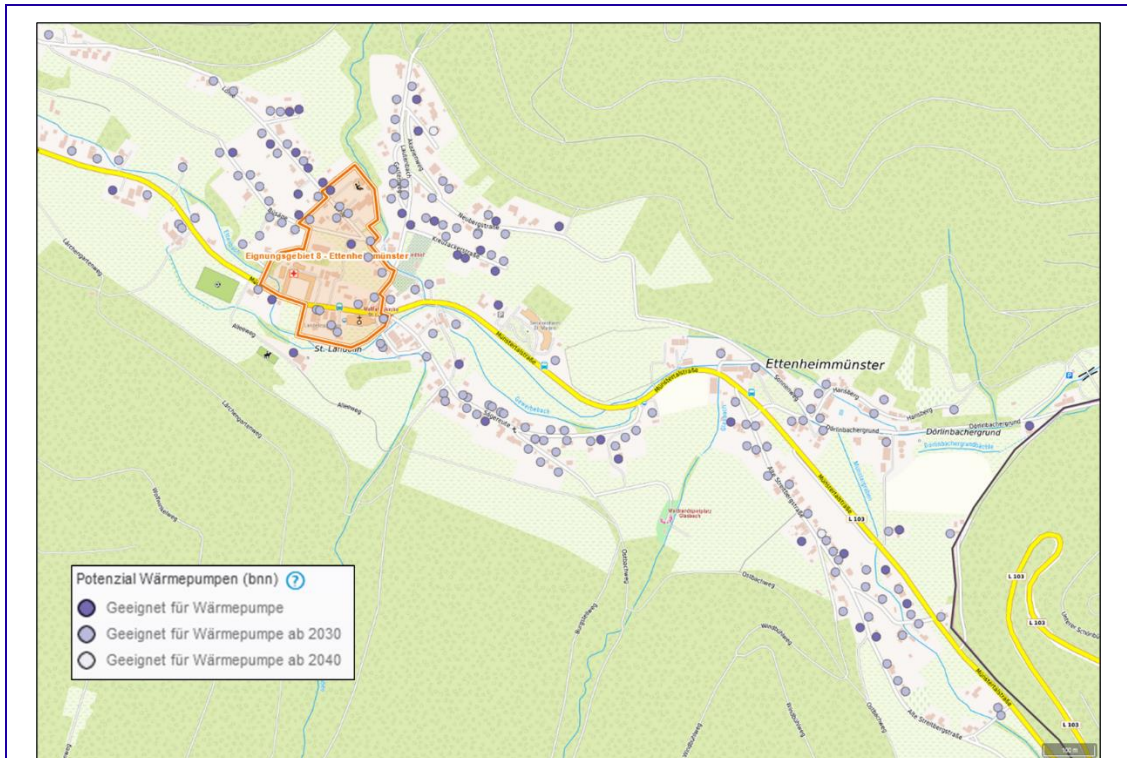


Abbildung: Tendenzielle Eignung für Wärmepumpen in Ettenheimmünster

Vor dem Hintergrund der gesammelten Erkenntnisse zur energetischen Ausgangssituation erscheint eine Wärmeversorgung mit zentraler Heizquelle für das dargestellte Eignungsgebiet in der Gemarkung Ettenheimmünster zukünftig sinnvoll, wenn eine die kommunalen und öffentlichen Gebäude angeschlossen werden und wenn alle Fördermittel ausgeschöpft werden können.

9.2 Gebäudesteckbriefe

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

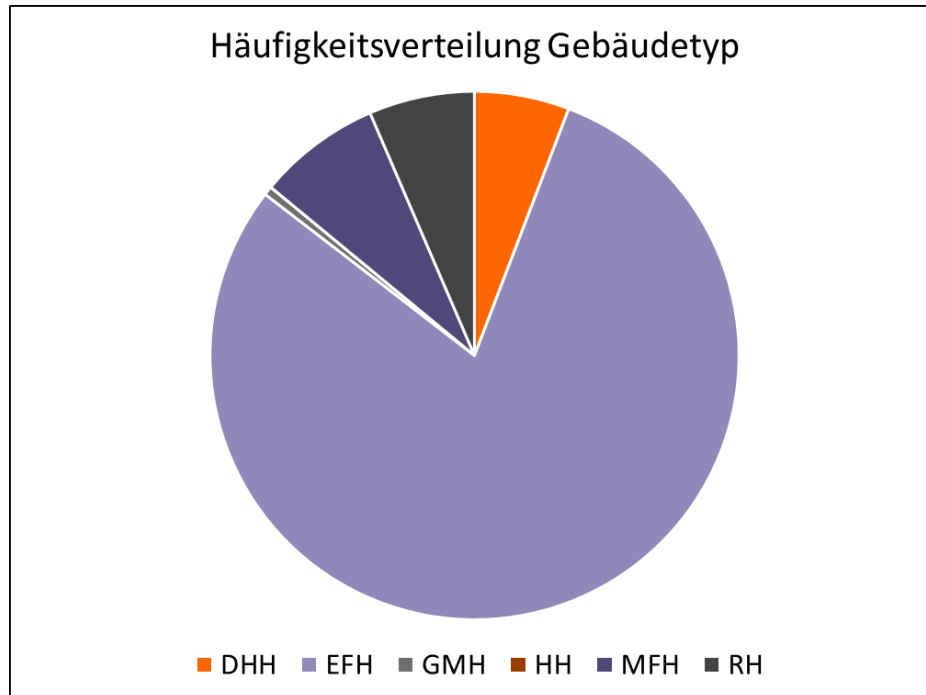


Abbildung 29 – Häufigkeit der jeweiligen Gebäudetypen in der Stadt Ettenheim

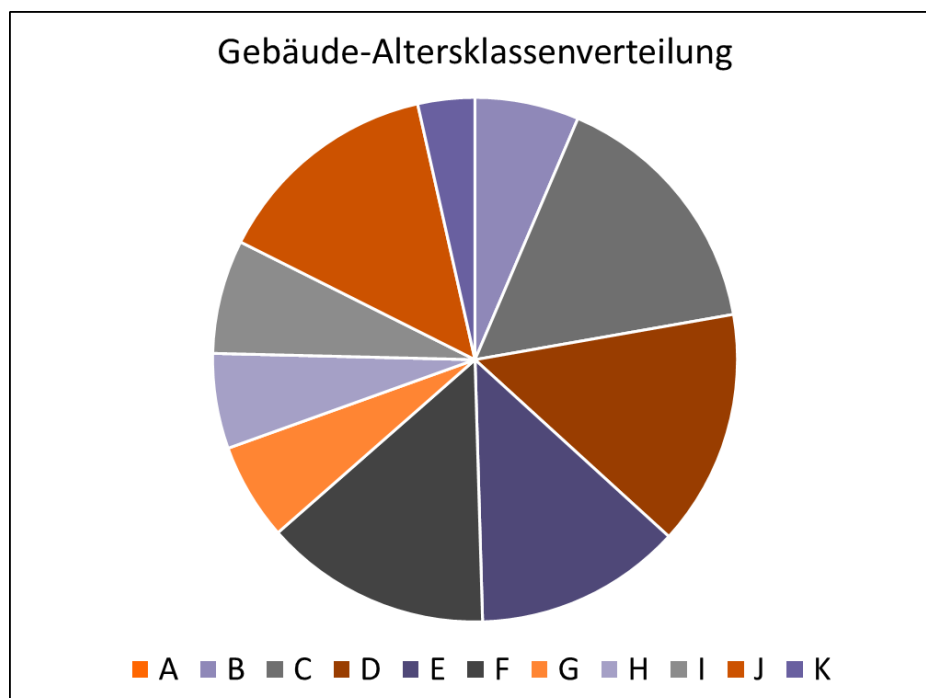


Abbildung 30 – Häufigkeit der Gebäudealtersklassen in der Stadt Ettenheim

Auf dieser Grundlage werden folgende Steckbriefe für die Informationskampagnen (Maßnahmen 4.2.2 und 4.2.3) bereitgestellt:

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

(Siehe auch Tabelle 1 zu den Baualtersklassen und Abbildung 2 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 Baualtersklasse E in Anlehnung an die Gebäudetypologie des IWU*

Dieser Steckbrief beschreibt ein typisches unsaniertes Einfamilienhaus der Baualtersklasse 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.

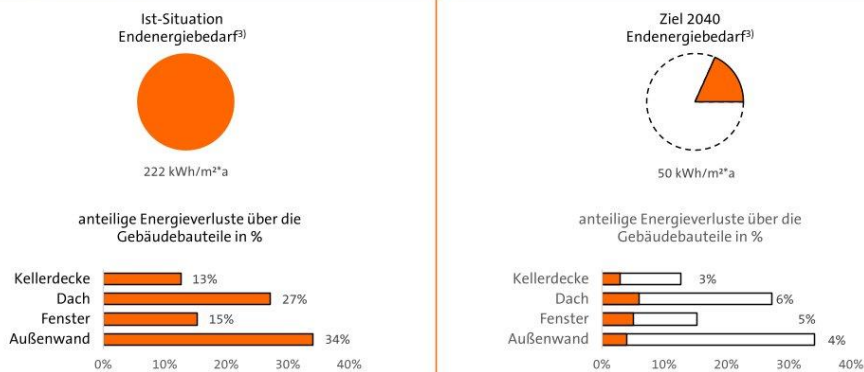
Stand: Juli 2023

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 € ²⁾ (Brutto)	Energie- einsparung 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.

²⁾ 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).

³⁾ 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	Haus typ
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 Zugserscheinungen 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 Bauherrinnen 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/DE/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 31 – Beispielhafter Gebäudesteckbrief für den Typ EFH-E

9.3 Digitaler Zwilling

Folgende georeferenzierte Daten werden der Stadt digital beigefügt:

- Wärmeverbrauch auf Gebäudeblockebene
- Wärmedichte auf Straßenzugsebene
- Einteilung der Eignungsgebiete
- Gebäudeenergie-Einsparpotenziale aggregiert
- Dachflächenpotenziale Solarthermie und PV
- Freiflächenpotenziale Solarthermie und PV