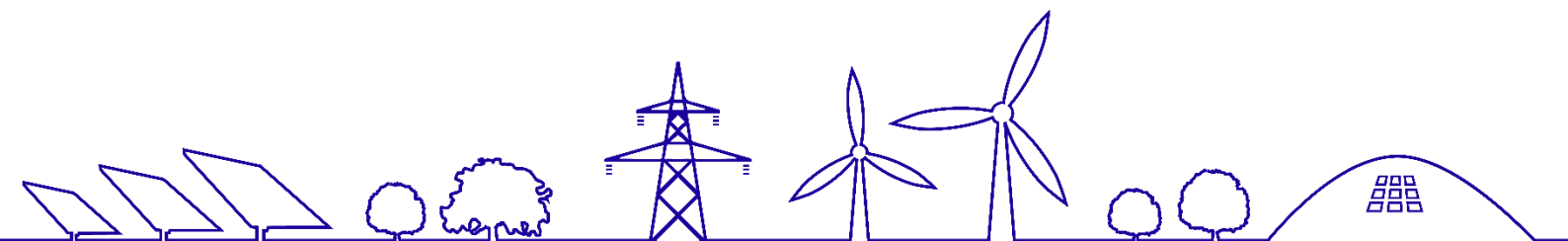


Kommunale Wärmeplanung der Stadt Waldshut-Tiengen



Fachgutachten
November 2023



Auftraggeberin: Stadt Waldshut-Tiengen
Kaiserstraße 28-32
79761 Waldshut-Tiengen



Erstellt durch: badenovaNETZE GmbH
Tullastraße 61
79108 Freiburg i. Br.



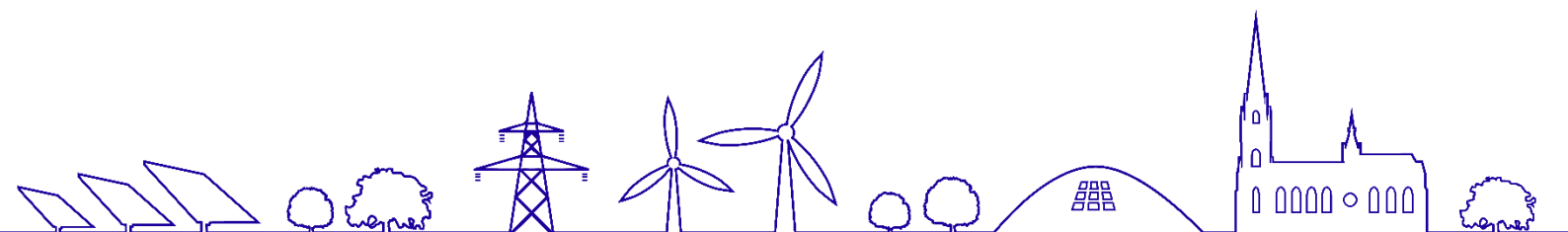
Projektteam: Daniel Baumann (Projektleiter)
Simone Stöhr-Stojakovic
Philip Lotte
Manuel Gehring

In Zusammenarbeit mit: Stadtwerke Waldshut-Tiengen GmbH
Peter-Thumb-Str. 1
79761 Waldshut-Tiengen



Freiburg, November 2023

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



Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
KARTENVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
ZIELSETZUNG UND VORGEHEN DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG	1
1. AKTEURSBETEILIGUNG	3
1.1 AKTEURSANALYSE	3
1.2 BETEILIGUNGSKONZEPT	3
2. BESTANDSANALYSE	6
2.1 STRUKTUR DER STADT WALDSHUT-TIENGEN	6
2.2 ERFASSUNG DES GEBÄUDEBESTANDS	8
2.3 AKTUELLE VERSORGUNGSSTRUKTUR	12
2.4 WÄRMEBEDARF DER GEBÄUDE	19
2.5 ENDENERGIEVERBRAUCH WÄRME	19
2.6 SEKTORENKOPPLUNG UND STROMBEDARFSDECKUNG	25
2.7 ERNEUERBARE GASE	26
2.8 KENNZAHLEN DER BESTANDSANALYSE	29
3. POTENZIALANALYSE	31
3.1 ENERGIEEINSPARUNG	31
3.2 STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ	32
3.3 ERNEUERBARE ENERGIE FÜR DIE WÄRMEVERSORGUNG	36
3.4 ERNEUERBARE ENERGIE FÜR DIE STROMERZEUGUNG	48
3.5 ERNEUERBARE GASE	52
3.6 ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE	55
4. ZIELBILD: KLIMANEUTRALER GEBÄUDEBESTAND 2040	59
4.1 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN DES ZIELSZENARIOS	59
4.2 ZUKÜNFTIGER WÄRMEBEDARF 2030 UND 2040	61
4.3 DECKUNG DES ZUKÜNFTIGEN WÄRMEBEDARFS NACH ENERGIETRÄGERN	62
4.4 ENTWICKLUNG DER WÄRMEBEDINGTEN THG-EMISSIONEN IM ZIELSZENARIO	66
4.5 STROMBEDARFSDECKUNG ZUR WÄRMEERZEUGUNG IM ZIELSZENARIO	67
4.6 ZUKÜNFTIGE VERSORGUNGSSTRUKTUR 2030 UND 2040	67
4.7 TRANSFORMATION DES ERDGASNETZES	71
4.8 SENKEN FÜR RESTEMISSIONEN	74
4.9 KENNWERTE DES ZIELBILDS	76

5. WÄRMEWENDESTRATEGIE	80
5.1 HANDLUNGSFELDER UND ÜBERSICHT	80
5.2 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG	81
5.3 INFORMATION DER ÖFFENTLICHKEIT	83
5.4 KOMMUNALE INFRASTRUKTUR	87
5.5 AUSBAU ERNEUERBARER ENERGIEN	89
5.6 GREMIEN UND PERSONAL	91
6. FORTSCHREIBUNG	94
7. METHODIK.....	95
7.1 ENERGIE- UND THG-BILANZ	95
7.2 SOLARPOTENZIAL	98
7.3 ERDWÄRMESONDENPOTENZIALE	98
7.4 LUFT/WASSER-WÄRMEPUMPENPOTENZIALE	101
7.5 GRUNDWASSERPOTENZIALE	101
7.6 ZIELSZENARIO.....	102
8. GLOSSAR	104
9. LITERATURVERZEICHNIS	108
10. ANHANG.....	112
10.1 EIGNUNGSGEBIETSSTECKBRIEFE	112
10.2 STECKBRIEFE DER ORTSTEILE MIT ZENTRALER VERSORGUNG.....	112
10.3 STECKBRIEFE DER ORTSTEILE MIT DEZENTRALER VERSORGUNG	130
10.4 GEBÄUDESTECKBRIEFE FÜR MUSTERSANIERUNGEN	154
10.5 DIGITALER ZWILLING.....	158

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Übersicht des Projektablaufs und der Akteursbeteiligung des kommunalen Wärmeplans der Stadt Waldshut-Tiengen.....	2
Abbildung 2 – Logo für die kommunale Wärmeplanung in Waldshut-Tiengen	4
Abbildung 3 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Waldshut-Tiengen	9
Abbildung 4 – Verteilung der Gebäudearten in Waldshut-Tiengen	11
Abbildung 5 – Hauptenergieträger der Heizanlagen in Waldshut-Tiengen nach Anzahl der Anlagen.....	15
Abbildung 6 – Einbaujahr der Heizanlagen in Waldshut-Tiengen	18
Abbildung 7 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2019).....	20
Abbildung 8 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2019)	22
Abbildung 9 – Wärmeverbrauch der 20 größten Verbraucher der kommunalen Liegenschaften im Jahr 2019.....	23
Abbildung 10 – THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs nach Sektor und Energieträger.....	25
Abbildung 11 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2019.....	26
Abbildung 12 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial	34
Abbildung 13 – Techniken der Oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit	39
Abbildung 14 – Solarpotenzial auf Dachflächen in Waldshut-Tiengen	50
Abbildung 15 – Versorgungssicherheit durch Schließung der Winterlücke (Powerloop, 2020)	53
Abbildung 16 – Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien, 2017).....	55
Abbildung 17 – Erneuerbare Strompotenziale in Waldshut-Tiengen	56
Abbildung 18 – Erneuerbare Wärmepotenziale in Waldshut-Tiengen	56
Abbildung 19 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Sektoren im Zielszenario	62
Abbildung 20 – Entwicklung des Energieträgermixes der zentralen Wärmeversorgung in Waldshut-Tiengen (Fernwärme).....	63
Abbildung 21 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Energieträger im Zielszenario	64
Abbildung 22 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Erzeugungsart im Zielszenario	64
Abbildung 23 – Energieverbrauch für Wärme nach Sektor und Energieträger im Jahr 2030	65
Abbildung 24 – Energieverbrauch für Wärme nach Sektor und Energieträger im Jahr 2040	65
Abbildung 25 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen im Zielszenario bis zum Jahr 2040	66
Abbildung 26 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen, summiert nach Erzeugungsart.....	67
Abbildung 27– Übersicht der Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien (Sternier & Stadler, 2014)	69
Abbildung 28 – Zu erwartende Zeiträume für Wasserstoff-Umstellzonen der Gasnetze (DVGW, 2022).....	72
Abbildung 29 – Schematische Darstellung des H2-Clusters (RWE AG, 2023)	73

Abbildung 30 – Schematische Darstellung des H2@Hydro-Projekts (badenovaNETZE, 2023).....	73
Abbildung 31 – Wärmewendestrategie mit Handlungsfeldern (blau), Top-Maßnahmen (gold) und weiteren Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs (orange)	80
Abbildung 32 - Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 1/4).....	154
Abbildung 33 – Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 2/4).....	155
Abbildung 34 - Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 3/4).....	156
Abbildung 35 – Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 4/4).....	157

Kartenverzeichnis

Karte 1 – Gliederung der Stadt Waldshut-Tiengen und ihrer Ortsteile (Hintergrundkarte: openstreetmap.org/copyright)	7
Karte 2 – Vorwiegendes Baualter der Gebäude auf Rasterebene (100x100m)	10
Karte 3 – Vorwiegender Gebäudetyp in der Stadt Waldshut-Tiengen auf Rasterebene (100x100m)	12
Karte 4 – Gasleitungen in der Stadt Waldshut-Tiengen (Quelle: badenovaNETZE GmbH, 2023)	13
Karte 5 – Wärmenetze in der Stadt Waldshut-Tiengen (Quelle: badenovaNETZE auf Basis von Daten der Stadtwerke Waldshut-Tiengen, 2023)	14
Karte 6 – Vorwiegender Energieträger der Heizanlagen (ohne Nahwärme und Wärmepumpen) auf Rasterebene (100x100m)	15
Karte 7 – Anzahl Wärmeanschlüsse auf Rasterebene (100x100m)	16
Karte 8 – Anzahl Wärmepumpen auf Rasterebene (100x100m)	17
Karte 9 – Vorwiegendes Heizungsalter auf Rasterebene (100x100m)	18
Karte 10 – Wärmeverbrauch der Stadt Waldshut-Tiengen auf Rasterebene (100x100m)	24
Karte 11 – Einsparpotenziale durch energetische Sanierung der Wohngebäude in der Stadt Waldshut-Tiengen	33
Karte 12 – Wasserschutzzonen und Ergiebigkeit der hydrogeologischen Einheiten im Gebiet der Gemarkung Waldshut-Tiengen (Quelle: LGRB, (2022)).	40
Karte 13 – Technisch-wirtschaftliches Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs mit Erdwärmesonden (EWS) auf Rasterebene (100x100m)	41
Karte 14 – Wärmepumpen-Eignung in Waldshut-Tiengen auf Rasterebene (100x100m)	44
Karte 15 – Abwasserleitungen größer DN500 und Kläranlagen in Waldshut-Tiengen	47
Karte 16 – Wasserkraftanlagen in Waldshut-Tiengen: Bestand. Quelle: LUBW	48
Karte 17 – Potenzialflächen für Freiflächen PV-Anlagen (Datenquellen: LUBW, badenovaNETZE GmbH)	52
Karte 18 – Einteilung der Stadt Waldshut-Tiengen in zentrale und dezentrale Eignungsgebiete	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH (2005)	8
Tabelle 2 – Endenergieverbrauch für Wärme der Stadt Waldshut-Tiengen nach Energieträger in Zahlen (2019)	21
Tabelle 3 – Begriffsabgrenzung erneuerbarer Gase (Angelehnt an VKU, (2017))	27
Tabelle 4 – Unterscheidung der Bezeichnungen für Wasserstoff nach Produktionsverfahren	27
Tabelle 5 – Wesentliche Kennzahlen der Bestandsanalyse.....	30
Tabelle 6 – Energetisches Potenzial einiger landwirtschaftlicher Reststoffe in Waldshut-Tiengen	37
Tabelle 7 – Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Waldshut-Tiengen.....	58
Tabelle 8 – Jahresendenergiebedarf (MWh) für die Wärmeversorgung im Jahr 2019, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren	76
Tabelle 9 – Szenario Jahresendenergiebedarf (MWh) für die Wärmeversorgung im Jahr 2030, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren.....	77
Tabelle 10 – Szenario Jahresendenergiebedarf (MWh) für die Wärmeversorgung im Jahr 2040, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren.....	78
Tabelle 11 – Energieträgerverteilung der zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze	79
Tabelle 12 – THG-Emissionen und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, (2020))	96
Tabelle 13 – Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung 2019, (Quelle: IFEU (2020))	97
Tabelle 14 – Bewertung der Datengüte der Energie- und THG-Bilanz nach Sektoren	98
Tabelle 15 – Vorgegebene Untergrundparameter	99
Tabelle 16 – Vorgegebene Sondenparameter	99
Tabelle 17 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte	100
Tabelle 18 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung	100
Tabelle 19 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsdichte	100
Tabelle 20 – Abschätzung des Wärmeerzeugungspotenzial aus Grundwasser	102
Tabelle 21 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Strom nach Erzeugungsart für die Jahre 2030 und 2040 (Peters, et al., 2022).....	102
Tabelle 22 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Wärme nach Energieträger für die Jahre 2030 und 2040 (Peters, et al., 2022).....	103

Abkürzungsverzeichnis

BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
CCS.....	Carbon Capture and Storage
CO _{2e}	CO ₂ -Äquivalente
COP	Coefficient of Performance
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEQ.....	erneuerbare Energiequellen
EU	Europäische Union
FFÖ-VO	Freiflächenöffnungsverordnung
GEG.....	Gebäudeenergiegesetz
GeORG.....	Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben
GIS	Geographisches Informationssystem
GWP.....	Global Warming Potential
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
ISONG-BW	Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg
ITG	Institut für technische Gebäudeausrüstung
IWU.....	Institut für Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahlen
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KWK.....	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LQS EWS	Leitlinien Qualitätssicherung für Erdwärmesonden
LUBW.....	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MWh.....	Megawattstunde
PtG.....	Power-to-Gas
PV	Photovoltaik
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
THG.....	Treibhausgas
TWW.....	Trinkwarmwasser
WSchV	Wärmeschutzverordnung

Zielsetzung und Vorgehen der kommunalen Wärmeplanung

Die Bekämpfung des Klimawandels ist in Deutschland und in Baden-Württemberg in den letzten Jahren zu einem prioritären Ziel ausgerufen worden. Dabei ist vor allem die Dekarbonisierung der Energieversorgung von zentraler Bedeutung. Während die Stromwende durch den Ausbau der erneuerbaren Stromquellen, wie z.B. Windenergie, Photovoltaik oder Wasserkraft schon vorangeschritten ist, kommt die ebenso notwendige Wärmewende nur schleppend voran. 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 auf die schleppende Wärmewende mit einer Novellierung des Landes-Klimaschutzgesetz im Jahr 2020 reagiert und für alle großen Kreisstädte im Land eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung (KWP) festgesetzt. Das Klimaschutzgesetz wurde im Jahr 2021 weiter novelliert und das Ziel des klimaneutralen Gebäudebestands auf das Jahr 2040 vorgezogen. Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) ersetzt seit 2023 das Klimaschutzgesetz.

Die kommunale Wärmeplanung dient als strategischer Fahrplan zur Erreichung des klimaneutralen Gebäudebestands und 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 Stadtgebiet möglichst gebäudescharf erfasst und ein sogenannter digitaler Zwilling der jeweiligen Stadt wird erstellt.

2. Potenzialanalyse

Die lokalen Potenziale zur Versorgung der Stadt 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, 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

Als Resultat des Wärmeplans beschreibt die Wärmewendestrategie wie das erstellte Zielszenario 2040 erreicht werden soll. Der zu erstellende Maßnahmenkatalog beinhaltet zielgerichtete Maßnahmen, mit denen die Wärmeversorgung der Stadt bis zum Jahr 2040 dekarbonisiert werden soll. Von diesen Maßnahmen müssen fünf Maßnahmen bereits in den ersten fünf Jahren nach Erstellung in die Umsetzung kommen. Der kommunale Wärmeplan wird alle sieben Jahre fortgeschrieben.

Der kommunale Wärmeplan der Stadt Waldshut-Tiengen wurde in enger Abstimmung mit der kommunalen Verwaltung und den Stadtwerken Waldshut-Tiengen seit Frühjahr 2022 erstellt und wurde unter Beteiligung der relevanten Akteure vor Ort erarbeitet. Dazu gehören neben der Verwaltung besonders die Energieversorger, die politischen Gremien, die Bürgerinnen und Bürger, Akteursgruppen sowie örtliche Industriebetriebe. Im Rahmen des Beteiligungsprozesses wurden unterschiedliche Informations- und Workshopveranstaltungen durchgeführt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über den Ablauf des kommunalen Wärmeplans und über die Akteursbeteiligung, die in der Stadt Waldshut-Tiengen durchgeführt wurde.

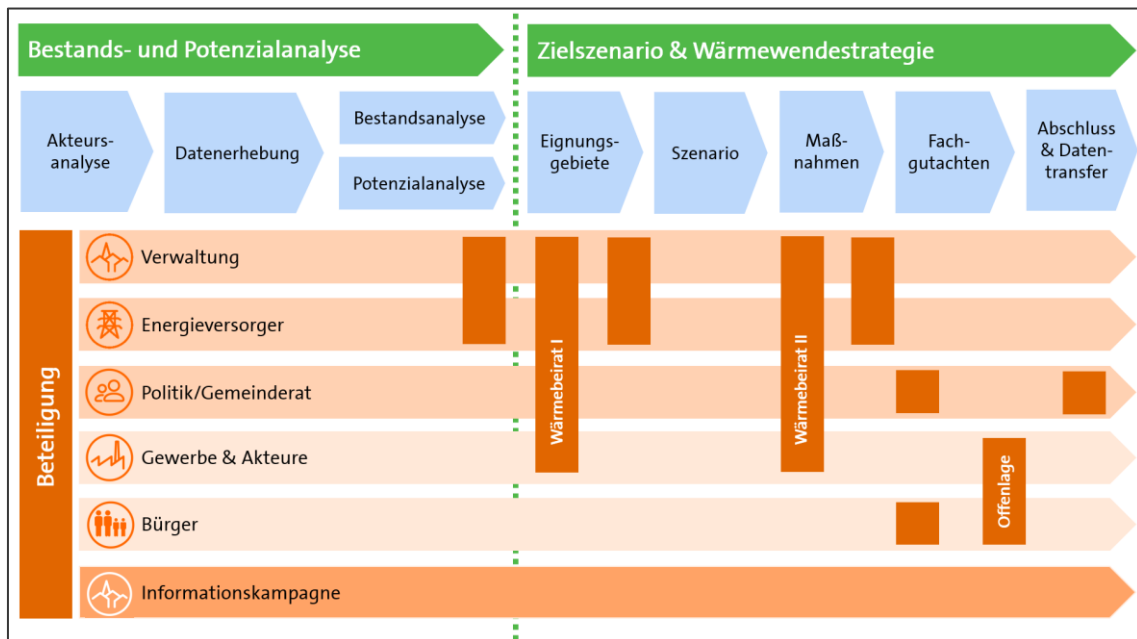


Abbildung 1 – Übersicht des Projektablaufs und der Akteursbeteiligung des kommunalen Wärmeplans der Stadt Waldshut-Tiengen

Im Auftrag der Stadt Waldshut-Tiengen stellt dieses Fachgutachten die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung dar.

Beim Wärmeplan sind die geografisch zugeordneten Daten des Wärmeverbrauchs (der sogenannte digitale Zwilling), der Potenziale und der zukünftigen Infrastruktur ein wichtiges Ergebnis. Diese werden der Stadt zur weiteren Bearbeitung übergeben, damit diese fortlaufend angepasst und bearbeitet werden können. Spätestens in sieben Jahren, bei der Fortschreibung des Wärmeplans der Stadt Waldshut-Tiengen, werden diese Daten eine wichtige Grundlage für die Beurteilung des bisherigen Fortschritts sein und sie werden Grundlage für die Ausarbeitung neuer Maßnahmen zur Erreichung des Ziels eines klimaneutralen Gebäudebestands sein.

Der kommunale Wärmeplan richtet sich zunächst an das Wirkungsfeld der Kommune. Ziel ist es, Maßnahmen zu definieren, die von der Stadt direkt umgesetzt werden können. Gleichzeitig ist klar, dass der Zielzustand eines klimaneutralen Gebäudebestands für die Stadt Waldshut-Tiengen nur durch ein Mitwirken auf verschiedenen politischen Ebenen und mit großen Anstrengungen der lokalen Akteure sowie der Bürgerinnen und Bürger der Stadt gelingen wird. In den kommenden Monaten und Jahren wird es für die Stadt Waldshut-Tiengen zunächst wichtig sein, strategische und organisatorische Maßnahmen umzusetzen, um den Wärmeplan und dessen langfristige Ziele in der Verwaltung und in den politischen Gremien zu festigen.

1. Akteursbeteiligung

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

1.1 Akteursanalyse

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

Folgende Akteure wurden in Waldshut-Tiengen identifiziert:

- > Stadtverwaltung
- > Energieversorger
- > Gemeinderatsgremium
- > Bürger
- > Industriebetriebe
- > Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
- > Wohnungsbaugenossenschaften
- > Verbände (Nabu, BUND)

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

1.2 Beteiligungskonzept

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

Ein wichtiger Baustein ist dabei der sogenannte Wärmebeirat, dessen Gründung zu Projektbeginn initiiert wurde. Er dient dem effizienten Informationsaustausch und der Vernetzung relevanter Akteure zur Wärmewende in Waldshut-Tiengen. Das Gremium soll auch nach Abschluss der Konzepterarbeitung bestehen bleiben und die Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen treiben und begleiten. Außerdem kann der Wärmebeirat ein Controllingkonzept etablieren, bei dem die Maßnahmenumsetzung in regelmäßigen Zeitabständen auf Fortschritt überprüft und ggf. angepasst wird sowie bestehende Hemmnisse identifiziert und abgebaut werden sollen.

1.2.1 Regelmäßige Abstimmungen mit Stadtverwaltung und Stadtwerke Waldshut-Tiengen

Im Rahmen des Projektmanagements wurden regelmäßige Abstimmungstermine zwischen dem Projektteam und dem Klimaschutzmanagement durchgeführt. Je nach Sachstand und Themen wurden dabei weitere Beteiligte der Verwaltung und der Stadtwerke hinzugezogen. Dabei wurde der Fokus vor allem auf die Lösung operativer Herausforderungen sowie auf die Abstimmung der zu erarbeitenden Inhalte gelegt. Nach jeder Abstimmung wurde ein Protokoll verfasst und dem zuständigen Personenkreis aus Stadt, Stadtwerken und Dienstleister übermittelt.

1.2.2 Wärmebeirat

In Waldshut-Tiengen wurde zur Beteiligung der relevanten Akteursgruppen ein Gremium mit dem Namen „Wärmebeirat“ gegründet. Zweck dieses Gremiums war die Einbindung der lokalen Entscheidungsträger und Multiplikatoren in die Erstellung des kommunalen Wärmeplans. Der Wärmebeirat bestand aus Vertretern der Stadtverwaltung, allen Gemeinderatsfraktionen, des Naturschutzes, der Wohnungswirtschaft und dem Oberbürgermeister.

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

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

1.2.3 Logo

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



Abbildung 2 – Logo für die kommunale Wärmeplanung in Waldshut-Tiengen

1.2.4 Bürgerinformationsveranstaltung

Die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans muss von der Bevölkerung mitgetragen werden. Aus diesem Grund wird zum Ende des Projekts eine Bürgerveranstaltung durchgeführt, bei welcher der kommunale Wärmeplanung den Bürgern vorgestellt wurde. Um die Hemmschwelle zur Teilnahme gering zu halten, wird die Veranstaltung digital durchgeführt. Den Teilnehmenden wird zudem die Möglichkeit eingeräumt Fragen zu stellen. Der Zeitpunkt der Veranstaltung wurde so ausgewählt, dass dieser sich mit der Offenlage des Berichts überschneidet. Durch die Entscheidung zur Offenlage in Kombination mit der Bürgerveranstaltung wurde maximale Transparenz und Beteiligung sichergestellt und der Wärmeplan gesetzeskonform erarbeitet.

1.2.5 Offenlage

Gemeinsam mit den Stadtwerken und der Stadt Waldshut-Tiengen wurde entschieden, dass der Bericht vor Beschluss durch den Gemeinderat der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollte, sodass die Bürgerschaft die Möglichkeit hat, sich über die geplanten Maßnahmen im Detail zu informieren und bei Bedarf Kommentare bei der Stadt einzureichen. Der Bericht wurde sowohl auf der Webseite als auch in gedruckter Version im Rathaus bereitgestellt. Zu diesen Kommentaren und Anmerkungen wurde dann Stellung bezogen.

1.2.6 Gemeinderatssitzungen

Neben der Einbindung des Gemeinderats im Wärmebeirat hat sich der Gemeinderat in insgesamt zwei Gemeinderatssitzungen mit dem kommunalen Wärmeplan befasst. In der ersten Sitzung wurden die vorläufigen Ergebnisse des Wärmeplans im Gremium vorgestellt, während in der zweiten Sitzung der Wärmeplan beschlossen werden soll.

2. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wird der energetische Ist-Zustand der Stadt Waldshut-Tiengen 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 Städten und Gemeinden vergleichbar ist (vgl. Kapitel 7.1).

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 KlimaG BW in Baden-Württemberg ist die Stadt Waldshut-Tiengen im Rahmen der Erstellung des kommunalen Wärmeplans berechtigt, Daten des Energieverbrauchs und der Energieinfrastruktur der lokalen Netzbetreiber und Schornsteinfeger zu erheben. Diese Daten wurden um Informationen zum Gebäudebestand und um statistische 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. Das Ergebnis ist ein digitaler Zwilling der Energieinfrastruktur von Waldshut-Tiengen, bei dem Energiemengen nicht nur beziffert, sondern auch räumlich verortet 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, wird bei der Veröffentlichung von Daten und Karten sichergestellt, dass der Datenschutz gewährleistet ist. In diesem Fachgutachten und in den digitalen Karten werden dazu sämtliche sensible Daten auf Baublockebene aggregiert. Gebäudescharfe Daten der Schornsteinfeger und der Energieversorger müssen zudem nach Erstellung des Wärmeplans gelöscht werden.

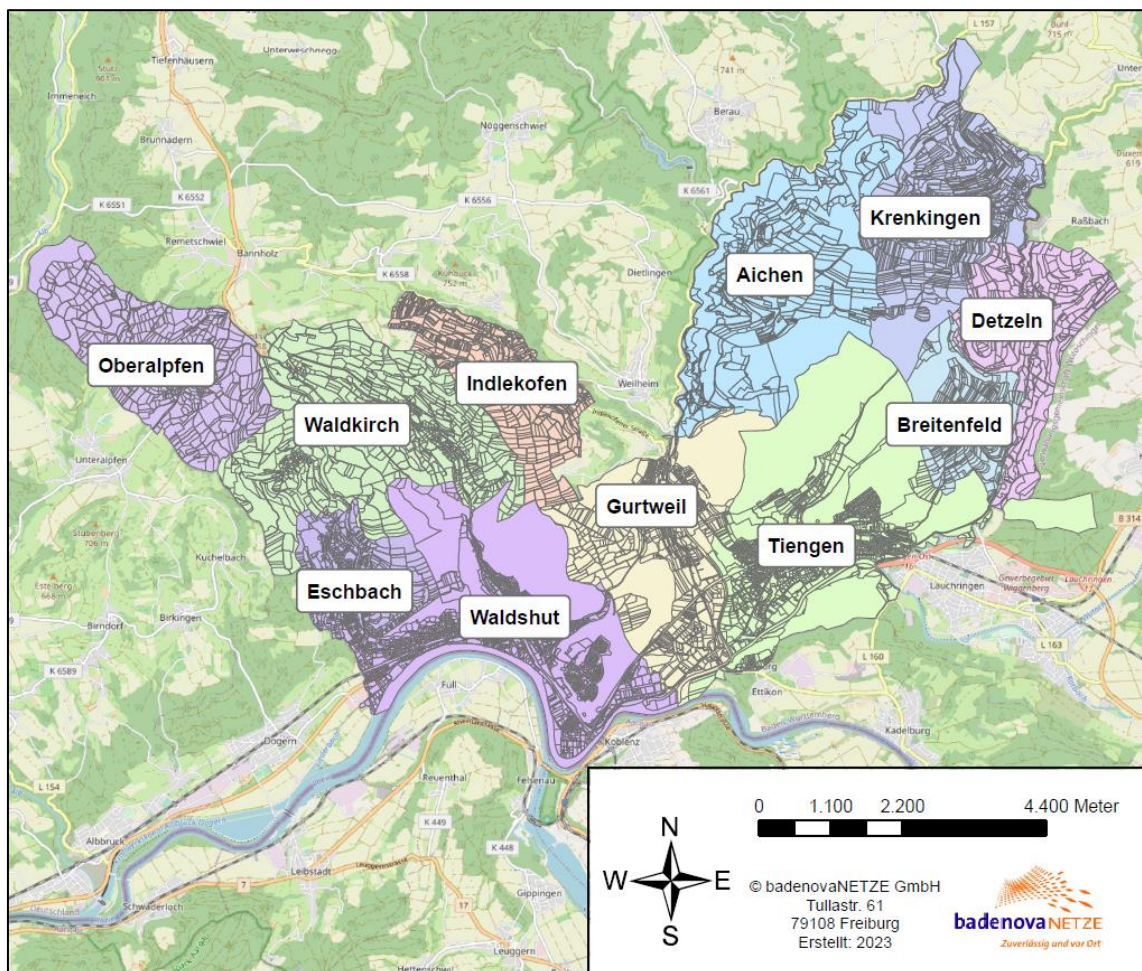
Im folgenden Kapitel werden die wesentlichen Methoden und Ergebnisse der Bestandsanalyse festgehalten. Zunächst werden Strukturmerkmale der Stadt und der Gebäude ausgewertet und beschrieben. Es folgt eine Übersicht der Energieinfrastruktur der Stadt sowie die Auswertung des Wärmeverbrauchs und den damit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

2.1 Struktur der Stadt Waldshut-Tiengen

Waldshut-Tiengen ist eine Doppelstadt im äußersten Südwesten von Baden-Württemberg und befindet sich unmittelbar an der Grenze zur Schweiz. Sie fungiert als Kreisstadt und ist zugleich die größte Stadt im Landkreis Waldshut. Zudem dient sie als Mittelzentrum für die umliegenden Gemeinden. Einige nördliche Ortsteile erstrecken sich in den südlichen Schwarzwald. Etwa zwei Kilometer nordwestlich der Einmündung der Aare in den Rhein erstreckt sich die Kernstadt von

Waldshut entlang der Grenze zum schweizerischen Kanton Aargau. Tiengen hingegen befindet sich in der Nähe der Mündung der Wutach in den Rhein, an der Stelle, wo der Übergang in den Klettgau erfolgt. Zudem ist die Stadt in den Naturpark Südschwarzwald integriert.

Die Gemarkungsfläche umfasst 7.796 ha. Davon entfallen 2.925 ha auf Wald, 3125 ha auf Landwirtschaftsfläche. Die Höhen fallen von 763 m über NN an der Nordgrenze auf 310 m zum Rheinlauf ab. In Waldshut-Tiengen leben 25.409 Menschen (Stand 2022), wobei die Bevölkerungsentwicklung einen stetigen Zuwachs aufzeigt. Heute besteht die Stadt aus den zwei Kernstädten Waldshut und Tiengen sowie den neun angrenzenden Ortsteilen Eschbach, Waldkirch, Oberalpfen, Indlekofen, Gurtweil, Aichen, Krenkingen, Detzeln und Breitenfeld. In Karte 1 ist die Gliederung der Stadt in ihre elf Gemarkungen bzw. Ortsteile dargestellt.



Karte 1 – Gliederung der Stadt Waldshut-Tiengen und ihrer Ortsteile (Hintergrundkarte: openstreet-map.org/copyright)

Mit den vielen Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen ist Waldshut-Tiengen ein wichtiger Erwerbsstandort in der Region. Zu den größten in Waldshut-Tiengen ansässigen Unternehmen gehören FAB, Inotec, Kühne Kunststoffwerk, Magna Electronics, Delta Components, Gutex und Villiger. Die Klinikum Hochrhein GmbH betreibt das Krankenhaus in Waldshut in öffentlicher Trägerschaft. Die Gewerbegebiete verteilen sich überwiegend entlang des Rheins. Die Große Kreisstadt ist Sitz des Landratsamtes und nimmt mit ihren Behörden, ihrem Dienstleistungs-, Kultur- und stark differenzierten Bildungssektor die Funktion eines Mittelzentrums für den östlichen Landkreis Waldshut wahr. Zu den wichtigsten Straßenverbindungen zählen neben der

B500 die B34, von der aus in Waldshut ein Brückenübergang zum Straßennetz der Schweiz besteht. Beide Kernstädte werden von der Hochrheinbahn bedient. Waldshut ist zudem über die bestehende Rheinbrücke in das Zürcher S-Bahnnetz integriert.

2.2 Erfassung des Gebäudebestands

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur in der Stadt Waldshut-Tiengen 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 Grenzzahre der Baualtersklassen orientieren sich an historischen Einschnitten, an statistischen Erhebungen und an Veröffentlichungen neuer Wärmeschutzverordnungen. In diesen Zeiträumen wird der Gebäudebestand in Hinsicht auf energetische Baustandards als homogen angenommen, sodass für die einzelnen Baualtersklassen durchschnittliche Energieverbrauchskennwerte der verschiedenen Gebäudetypen bestimmt werden können. Die Gebäudegröße dagegen beeinflusst die Fläche der thermischen Hülle. Mit den mittleren Energieverbrauchskennwerten der jeweiligen Gebäudetypen kann so der energetische Zustand eines gesamten Gebäudebestands ermittelt werden (Busch, et al., 2010).

2.2.1 Baualtersklassen

Die Einteilung nach Baualter erfolgt in dieser Typologie in elf 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 folgenden Abbildung 3 sind die Anzahl der Wohngebäude in der Stadt Waldshut-Tiengen nach Baualter dargestellt. Demnach sind 73 % 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 energetische Einsparpotenzial durch Sanierungsmaßnahmen bei diesen Gebäuden besonders hoch ist. Karte 2 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäude nach den Baualterklassen, bezogen auf die Baublöcke der Stadt.

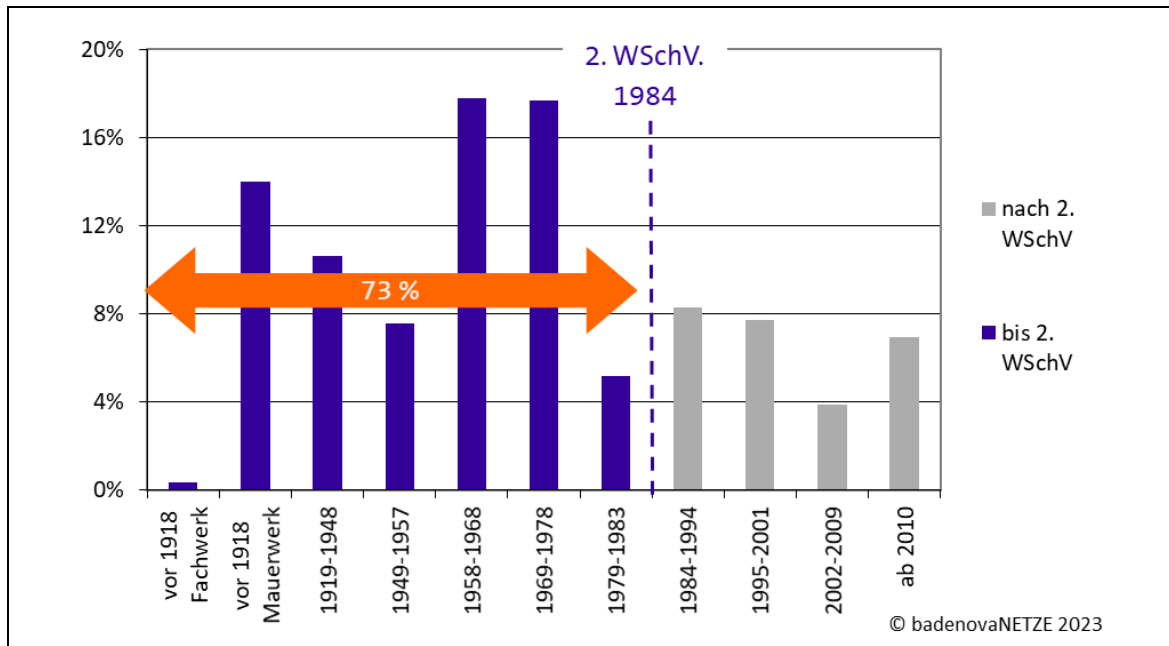
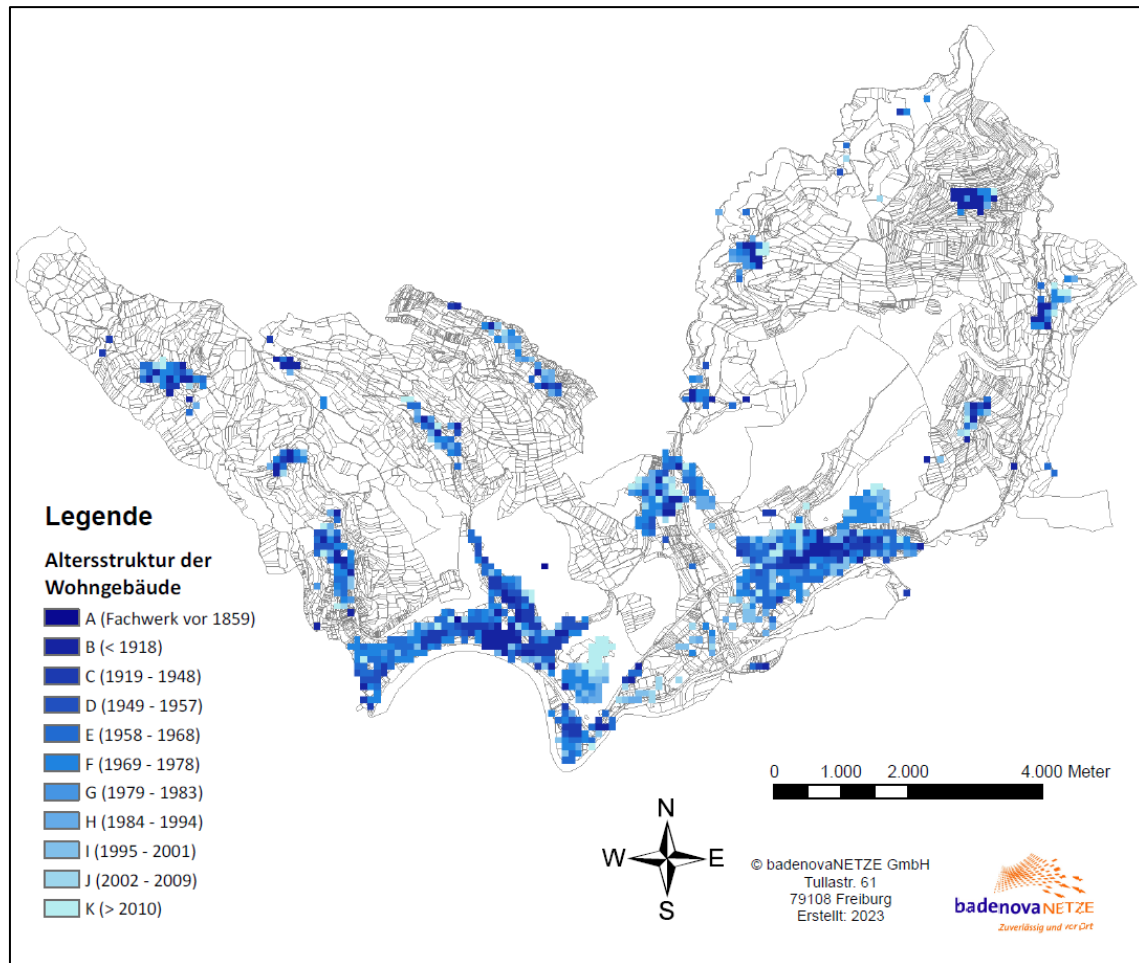


Abbildung 3 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Waldshut-Tiengen



Karte 2 – Vorwiegendes Baualter der Gebäude auf Rasterebene (100x100m)

2.2.2 Gebäudetypen

Neben dem Gebäudealter, ist auch der Gebäudetyp für die Ermittlung der Energiebedarfswerte und der Energieeinsparpotenziale relevant. In Waldshut-Tiengen wurde daher zur Bestimmung des Raumwärmebedarfs pro m² zwischen den folgenden Gebäudearten unterschieden: Einfamilien- und Doppelhäuser, Reihenhäuser, kleine Mehrfamilienhäuser, große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser/Blockbebauung. Diese weisen aufgrund ihrer Gebäudegröße jeweils ähnliche thermische Eigenschaften auf. Die Anzahl der Wohneinheiten gibt Aufschluss über den Gebäudetypen. 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

Charakteristisch für städtische Bereiche sind kleinere und größere Mehrfamilienhäuser, während in den ländlicheren Bereichen freistehende Einfamilienhäuser den größten Teil des Wohnbestandes ausmachen. Waldshut-Tiengen weist einerseits in Rheinnähe eine hohe Siedlungsdichte mit vielen Reihen- und Mehrfamilienhäusern und andererseits in den nördlichen Tallagen sehr ländliche Strukturen mit einem hohen Anteil an Einfamilienhäusern auf (vgl. Abbildung 4). Die Karte 3 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäudetypen auf Baublockebene.

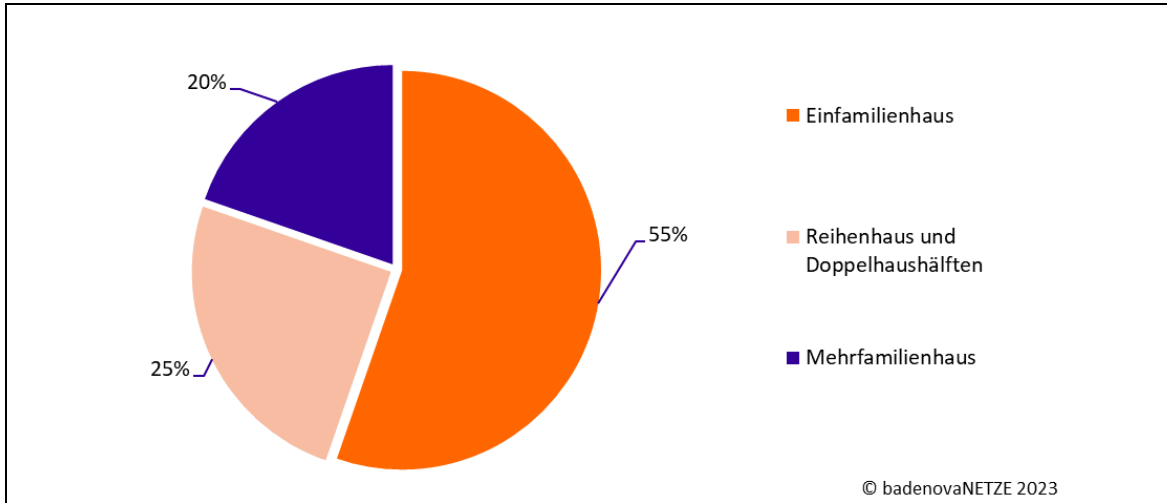
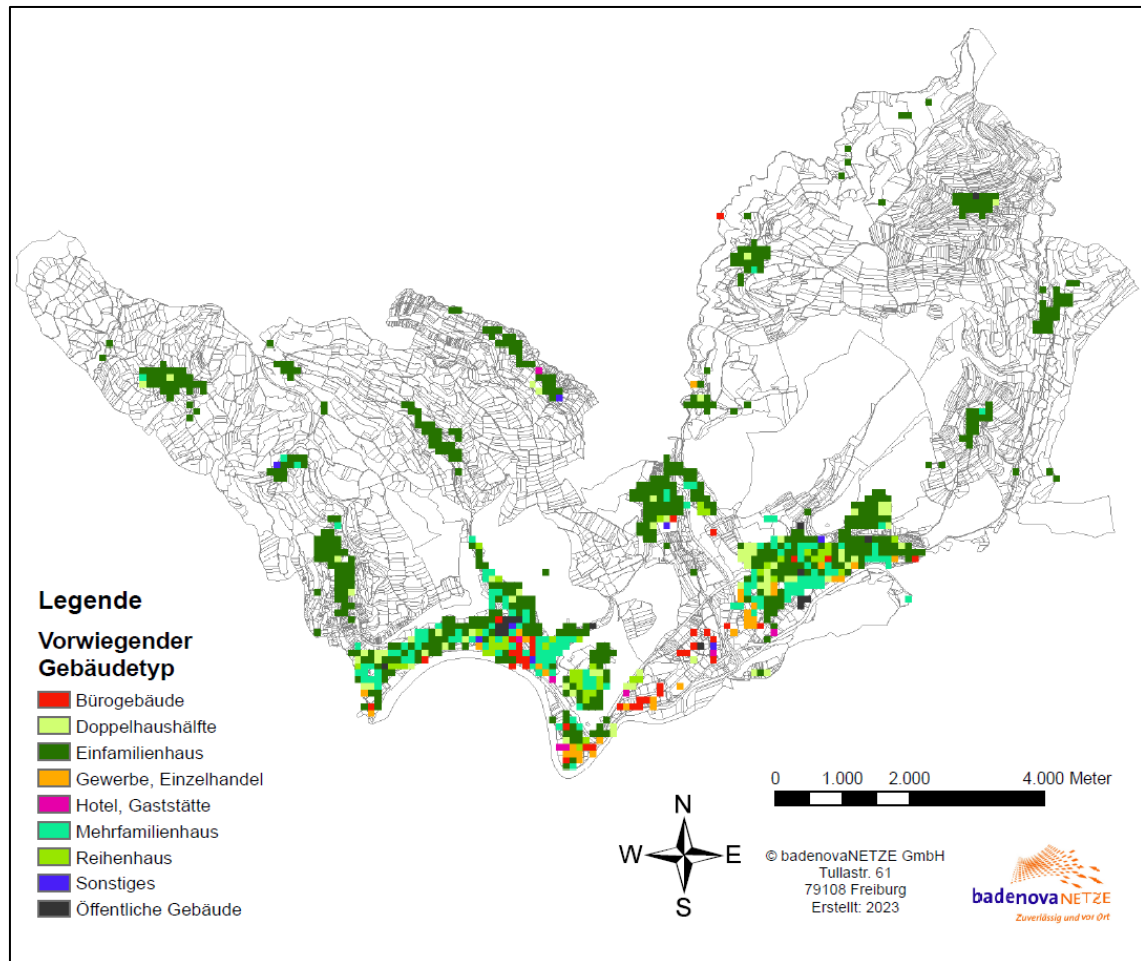


Abbildung 4 – Verteilung der Gebäudearten in Waldshut-Tiengen



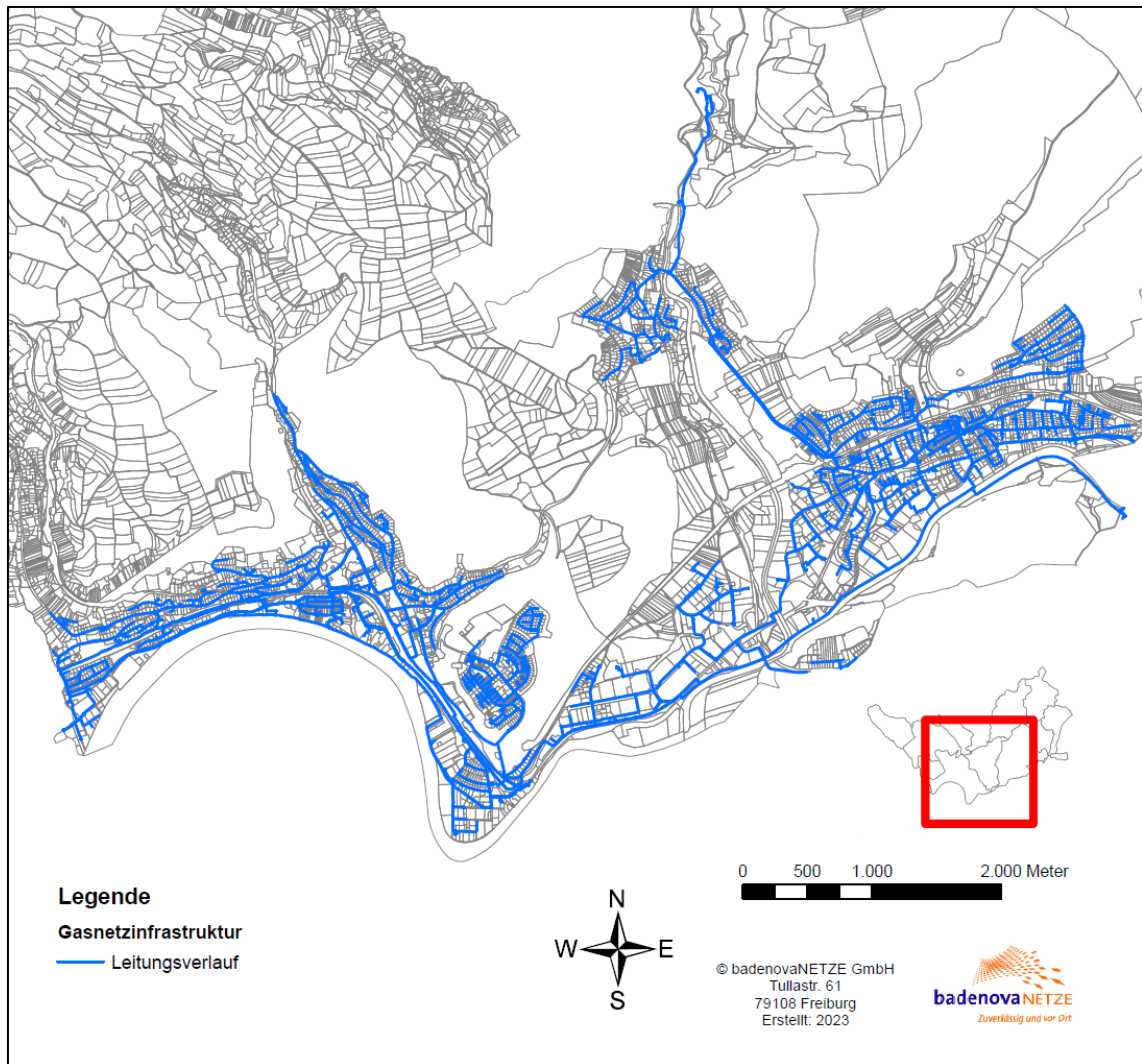
Karte 3 – Vorwiegender Gebäudetyp in der Stadt Waldshut-Tiengen auf Rasterebene (100x100m)

2.3 Aktuelle Versorgungsstruktur

Die Energieinfrastruktur gibt Hinweise zu Art und Menge der zur Wärmeversorgung eingesetzten Energieträger. Zusätzlich werden aus diesen Daten Effizienz- und Einsparpotenziale berechnet. Im folgenden Abschnitt wird der aktuelle Zustand der Wärmeenergieversorgung der Stadt Waldshut-Tiengen beschrieben. Zunächst wird der Ausbaustand der Gasnetz-, Wärmenetz- und Breitbandinfrastruktur dargestellt. Anschließend folgt eine Auswertung der Heizanlagendaten.

2.3.1 Gasnetzinfrastruktur

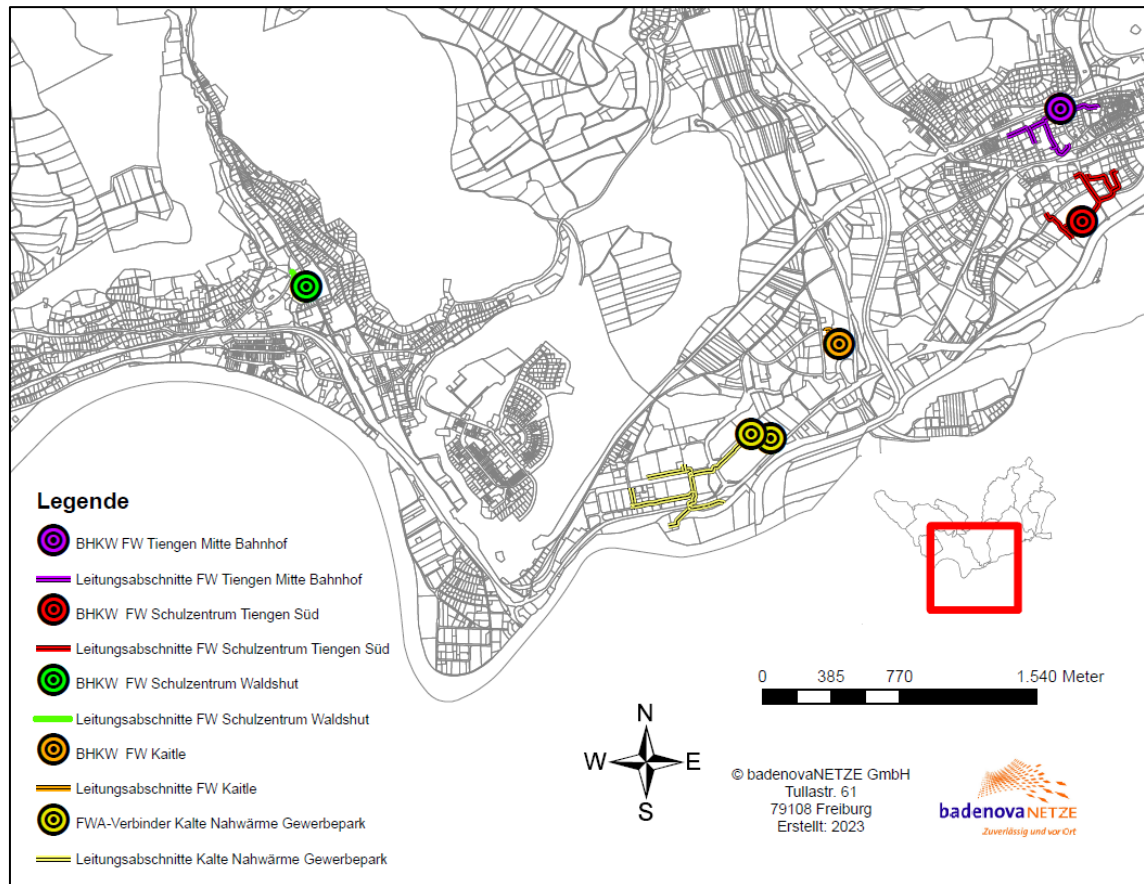
Das Gasnetz ist ein zentraler Bestandteil der lokalen Wärmeversorgungsinfrastruktur der Stadt Waldshut-Tiengen. Das Stadtgebiet ist vor allem im Süden in der Kernstadt Waldshut und in Tiengen engmaschig ausgebaut. Die nördlichen Ortsteile sind vom Gasnetz nicht abgedeckt. Hier findet v.a. eine dezentrale Wärmeversorgung statt. Die Karte 4 gibt einen Überblick über den aktuellen Leitungsverlauf der Gasnetzinfrastruktur.



Karte 4 – Gasleitungen in der Stadt Waldshut-Tiengen (Quelle: badenovaNETZE GmbH, 2023)

2.3.2 Wärmenetzinfrastruktur

Wärmenetze sind v.a. in den dicht besiedelten südlichen Stadtteilen vorhanden. Im Gegensatz zum Gasnetz jedoch in deutlich reduzierterer Art und Weise. Ein Großteil der vorhandenen Wärmenetze wird von den Stadtwerken Waldshut-Tiengen betrieben. Bisher wird die Wärme der Netze überwiegend in erdgasbetriebenen BHKWs erzeugt. Aktuell wird in Tiengen eine Heizzentrale gebaut, deren Wärme aus einer Hackschnitzelanlage generiert werden soll.



Karte 5 – Wärmenetze in der Stadt Waldshut-Tiengen (Quelle: badenovaNETZE auf Basis von Daten der Stadtwerke Waldshut-Tiengen, 2023)

2.3.3 Erzeugungsanlagen

Wesentlicher Bestandteil der lokalen Wärmeinfrastruktur sind die vor Ort installierten Heizanlagen. Hierzu wurden Daten durch eine Abfrage bei den örtlichen Schornsteinfegern ermittelt und ausgewertet. Diese enthalten Angaben zur installierten Leistung, zu Energieträgern und Einbaujahr der Anlagen. Die Daten wurden ergänzt durch Angaben des Stromverteilnetzbetreibers zu Nachtspeicherheizanlagen und Wärmepumpen. Aus diesen Daten konnte die Anzahl der mit dem jeweiligen Heizungstyp beheizten Gebäuden ermittelt werden, es lagen jedoch keine Informationen zu Leistung oder Baualter der strombasierten Anlagen vor. Angaben zu Erdwärmesonden wurden über die Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg i. Br. (2022) ermittelt.

2.3.3.1 Energieträger der Heizanlagen

Nach den Daten aus der Schornsteinfegerstatistik sowie aus den Daten der zuständigen Netzbetreiber wird ein Großteil der ca. 5.000 beheizten Gebäude¹ in Waldshut-Tiengen mit Erdgas (58 %) betrieben (vgl. Abbildung 5). Darauf folgen die Heizölheizungen mit 20 % der Heizungs-

¹ In dieser Statistik ist die Hauptheizung jedes Gebäudes berücksichtigt. Zweitheizungen wie Kachelöfen, Schwedenöfen etc. sind nicht berücksichtigt.

anlagen. In Waldshut-Tiengen werden 240 Gebäude mit Strom beheizt, davon ca. 90 mit Wärmepumpen und ca. 150 mit Stromdirektheizungen. Ca. 1 % aller Gebäude beziehen ihre Wärmeenergie über ein Wärmenetz.

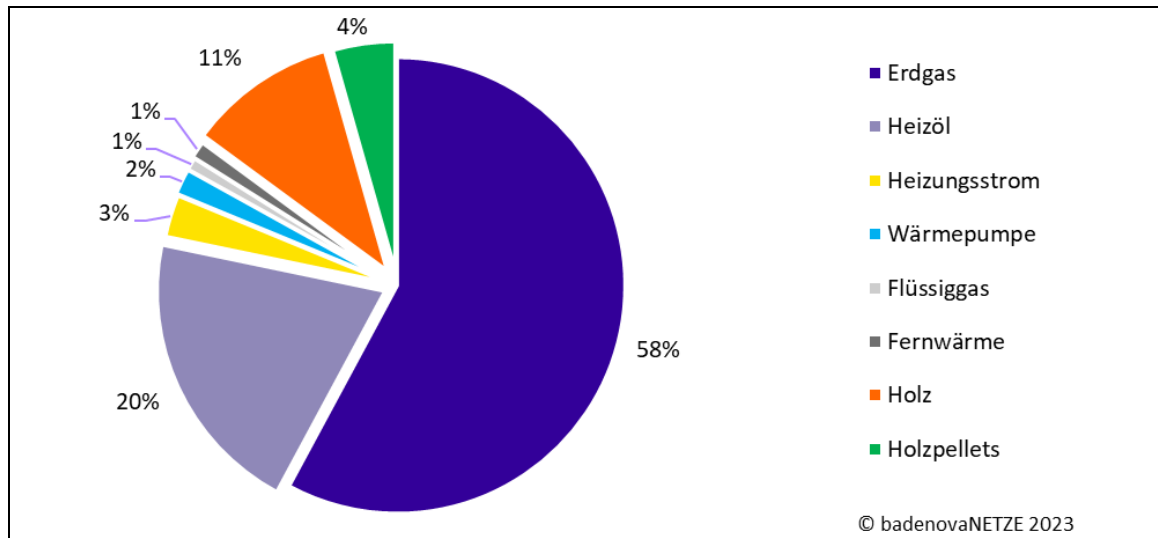
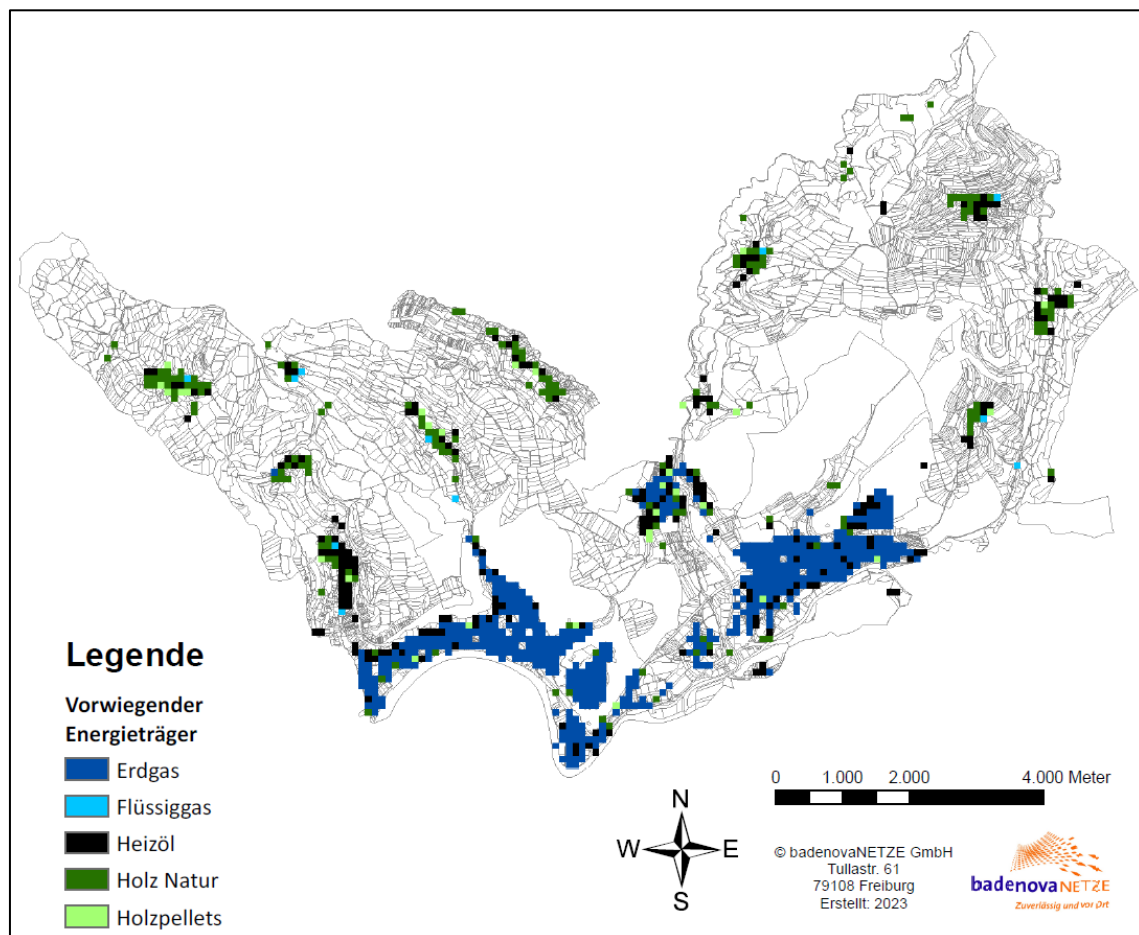


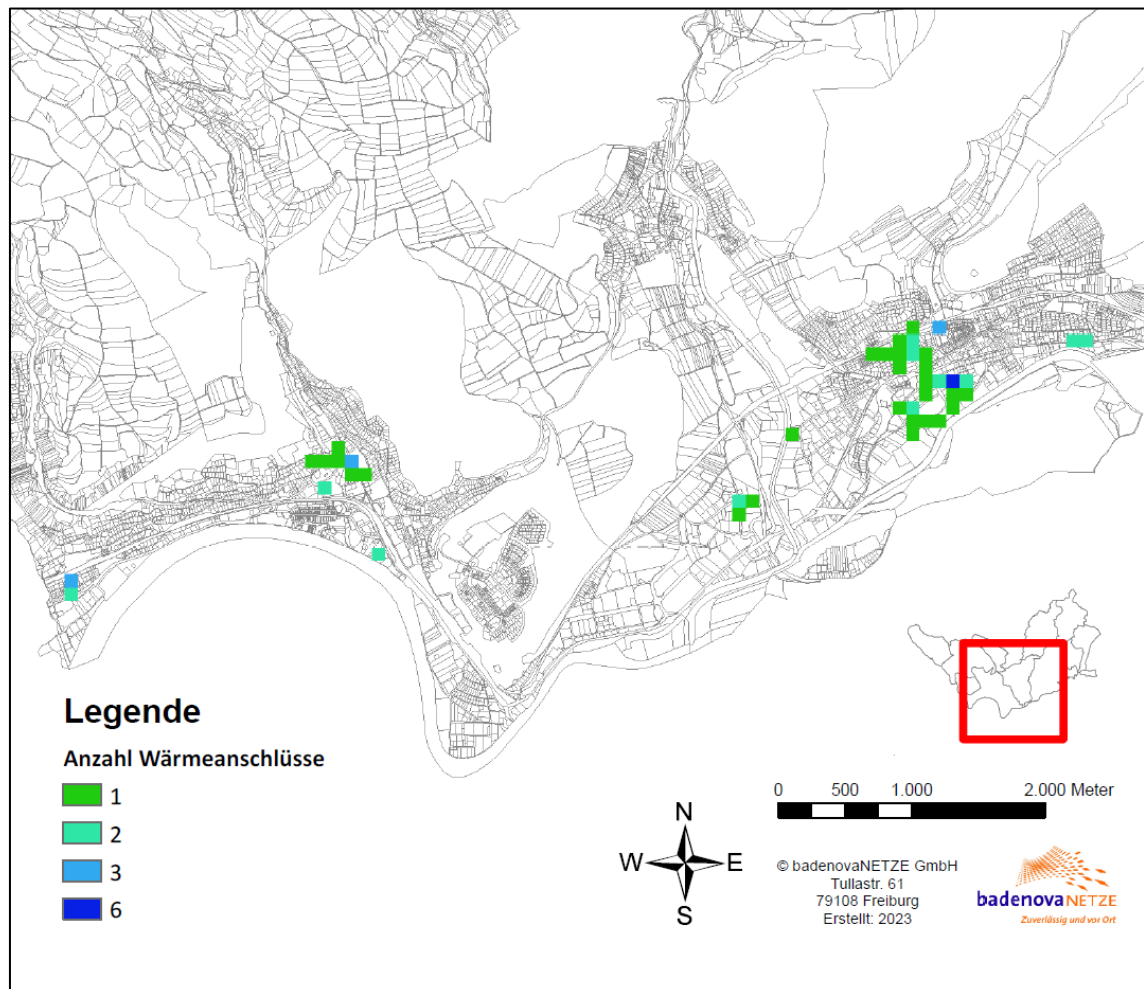
Abbildung 5 – Hauptenergieträger der Heizanlagen in Waldshut-Tiengen nach Anzahl der Anlagen



Karte 6 – Vorwiegender Energieträger der Heizanlagen (ohne Nahwärme und Wärmepumpen) auf Rasterebene (100x100m)

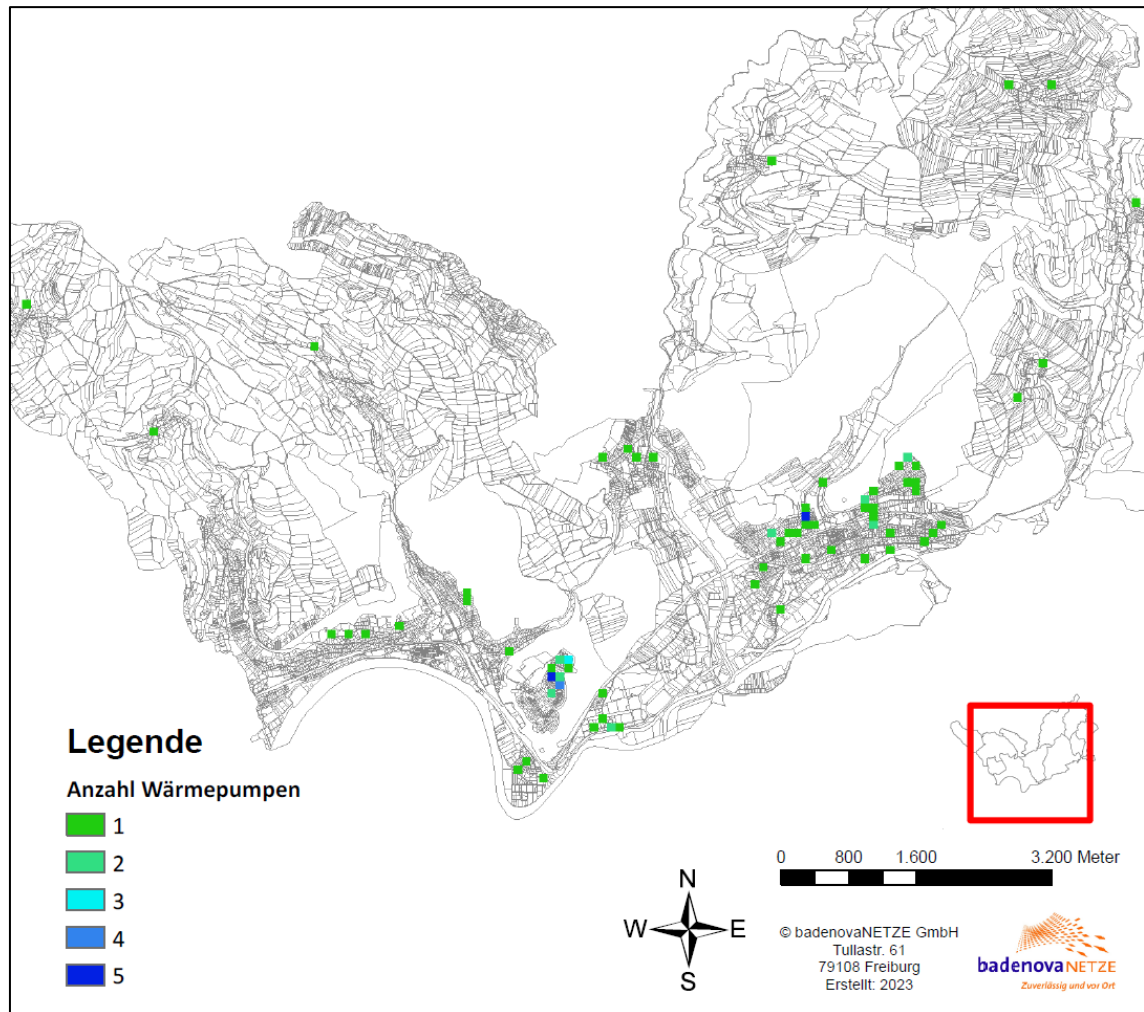
Karte 6 zeigt die räumliche Verteilung der Heizanlagen nach Energieträger auf Rasterebene. Dort ist sichtbar, dass vor allem die Stadtteile Waldshut und Tiengen sowie Gurtweil überwiegend mit Erdgas versorgt werden, während in den Ortsteilen vorrangig mit Heizöl und Biomasse in Form von Energieholz geheizt wird.

In Karte 7 wird nur der Ausschnitt der Stadt Waldshut-Tiengen dargestellt, in welchem Gebäude über einen Wärmenetzanschluss verfügen. Diese Gebäude wurden in der Darstellung ebenfalls auf Rasterebene dargestellt. Die farbliche Kennzeichnung spiegelt hier die Anzahl an Wärmeanschlüssen pro Rasterzelle wider.



Karte 7 – Anzahl Wärmeanschlüsse auf Rasterebene (100x100m)

Für eine übersichtlichere Darstellung wurden die angeschlossenen Wärmepumpen separat in Karte 8 visualisiert. Vor allem in den ländlicheren Ortsteilen sind Wärmepumpen aktuell noch selten eingebaut. In den dicht besiedelten Gebieten am Rhein sind Wärmepumpen schon häufiger zu finden. Da nicht jede Wärmepumpe einen eigenen Stromzähler besitzt, werden derzeit nicht alle auf dem Gebiet befindlichen Wärmepumpen erfasst.



Karte 8 – Anzahl Wärmepumpen auf Rasterebene (100x100m)

2.3.3.2 Alter der Heizanlagen

Die Auswertung des Einbaujahrs der Heizanlagen aus Daten der Schornsteinfeger zeigt, dass mehr als die Hälfte der Heizanlagen bereits älter als 20 Jahre sind (vgl. Abbildung 6). Dies ist insofern relevant, als dass Anlagen in der Regel nach 20 bis 30 Jahren austauschwürdig sind. Das aktuell gültige Gebäudeenergiegesetz (GEG) schreibt für bestimmte Heizungen einen Austausch nach spätestens 30 Jahren vor.

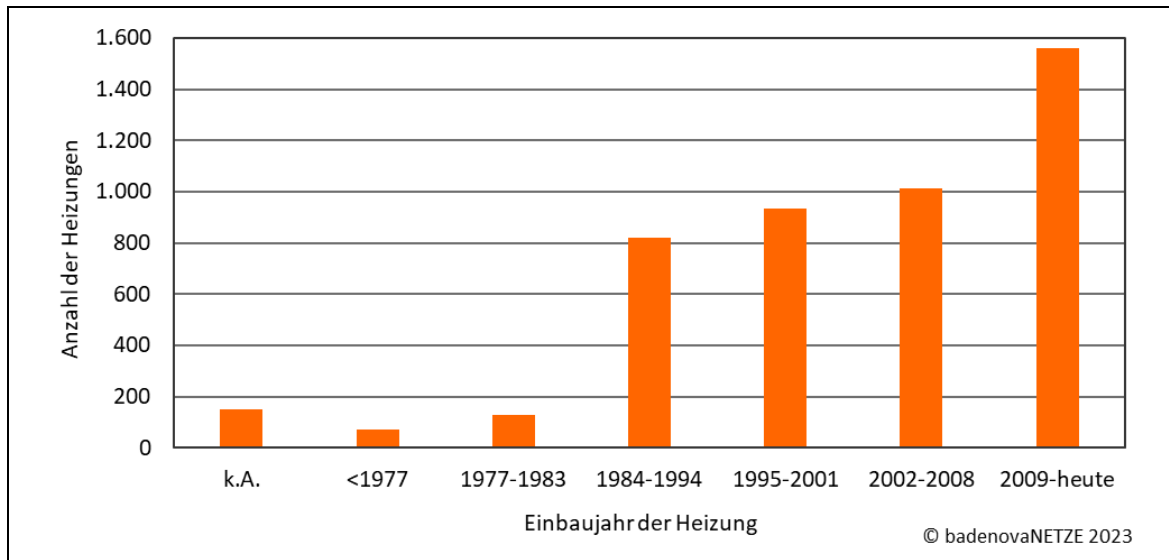
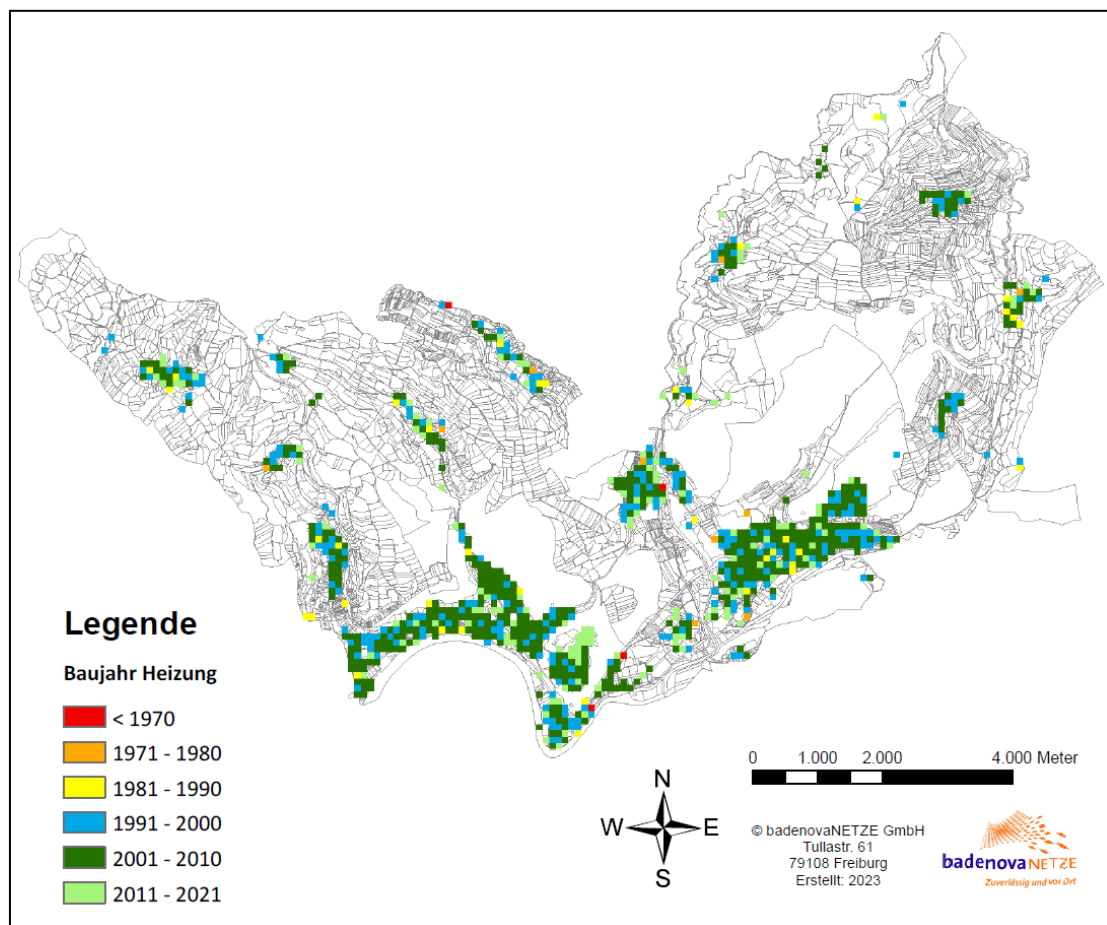


Abbildung 6 – Einbaujahr der Heizanlagen in Waldshut-Tiengen

Karte 9 stellt das vorwiegende Alter der installierten Heizanlagen auf Rasterebene räumlich dar. Hier ist kein klares räumliches Muster zu erkennen. Die Altersstruktur ist sehr heterogen, da der Heizungstausch individuell und nicht nach räumlichen Kriterien durchgeführt wird. Das Heizungsalter und der damit verbundene Heizungstausch sind von zahlreichen Faktoren abhängig.



Karte 9 – Vorwiegendes Heizungsalter auf Rasterebene (100x100m)

2.4 Wärmebedarf der Gebäude

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

Der Wärmebedarf der Gebäude stellt den Nutzenergiebedarf des Gebäudes dar. Der tatsächliche Endenergieverbrauch wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst und weicht in der Regel vom reinen Wärmebedarf des Gebäudes 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 Waldshut-Tiengen wird der Endenergieverbrauch im nächsten Abschnitt näher beschreiben.

2.5 Endenergieverbrauch Wärme

Während der Wärmebedarf aufzeigt, wie viel Energie die Gebäude für Raumwärme und Warmwasser benötigen, um ein konstantes Temperaturniveau zu erreichen, erfasst der Endenergieverbrauch die tatsächlich vor Ort eingesetzte Energiemenge. Dadurch können Faktoren wie die Wirkungsgrade der Heizanlagen, das Nutzerverhalten und der Energieverbrauch für die Prozesswärme im Gewerbe Einfluss auf den Endenergieverbrauch haben. Der Endenergieverbrauch für Wärme (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) der Stadt Waldshut-Tiengen, 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 2.10.1) ermittelt (IFEU (2022)).

2.5.1 Datenquellen Endenergieverbrauch Wärme

Folgende Daten wurden im Rahmen der Erstellung der Energie- und THG-Bilanz der Stadt Waldshut-Tiengen für Wärmeverbrauch (Endenergie) erhoben und ausgewertet:

- Der örtliche Erdgasnetzbetreiber badenovaNETZE GmbH stellte die aktuellen Gasverbrauchsdaten zur Verfügung.
- Der Stromnetzbetreiber Stadtwerke Waldshut-Tiengen lieferte Daten zum Stromverbrauch der gesamten Stadt und zum Stromverbrauch für Stromdirektheizungen und Wärmepumpen.
- Für den nicht-netzgebundenen Verbrauch wurden Daten der örtlichen Schornsteinfeger (Auszüge aus den digitalen Kheirbüchern), die Angaben zu Leistung und eingesetzten Energieträgern sowie Einbaujahr der Heizung beinhalten, herangezogen.
- 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 öffentlichen Liegenschaften der Kommune und des Landkreises wurden von den jeweiligen Verwaltungsebenen zur Verfügung gestellt.
- Das Tool BICO2-BW ergänzt und plausibilisiert die Daten, z.B. anhand von Auswertungen zu verursacherbezogenen THG-Emissionen der Stadt Waldshut-Tiengen des Statistischen Landesamts Baden-Württemberg und anhand von weiteren statistischen Kennwerten, wie z.B. sozialversicherungspflichtige Beschäftigte der Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie verarbeitendes Gewerbe der Bundesagentur für Arbeit.

2.5.2 Gesamtendenergieverbrauch Wärme

Nach dem Ergebnis der Energie- und THG-Bilanz betrug der Gesamtendenergieverbrauch für Wärme in Waldshut-Tiengen ca. 357.400 MWh im Jahr 2019. Nach den Sektoren betrachtet, hatten die privaten Haushalte den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch der Stadt. Die örtlichen Gewerbe- und Industriebetriebe hatten ebenfalls einen wesentlichen Anteil, während die kommunalen Liegenschaften nur einen geringen Anteil des Wärmeverbrauchs ausmachten.

Nach den vorliegenden Informationen wurden zur Deckung des Wärmebedarfs im Jahr 2019 in Waldshut-Tiengen zum größten Teil die fossilen Energieträger Erdgas (73 %) und Heizöl (13 %) eingesetzt. Einen geringen Anteil hatten Heizungsstrom und sonstige fossile Energieträger (Fernwärme und Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Kohle, Flüssiggas) mit insgesamt 9 %.

Insgesamt wurden ca. 5 % des Wärmeverbrauchs der Stadt durch erneuerbare Energiequellen (EEQ) erzeugt: Neben Energieholz wurden auch Solarthermie und Umweltwärme, d.h. Erd- und Luftwärmepumpen, eingesetzt. Die genaue Aufteilung und eingesetzte Energiemengen sind in Abbildung 7 und Tabelle 2 dargestellt.

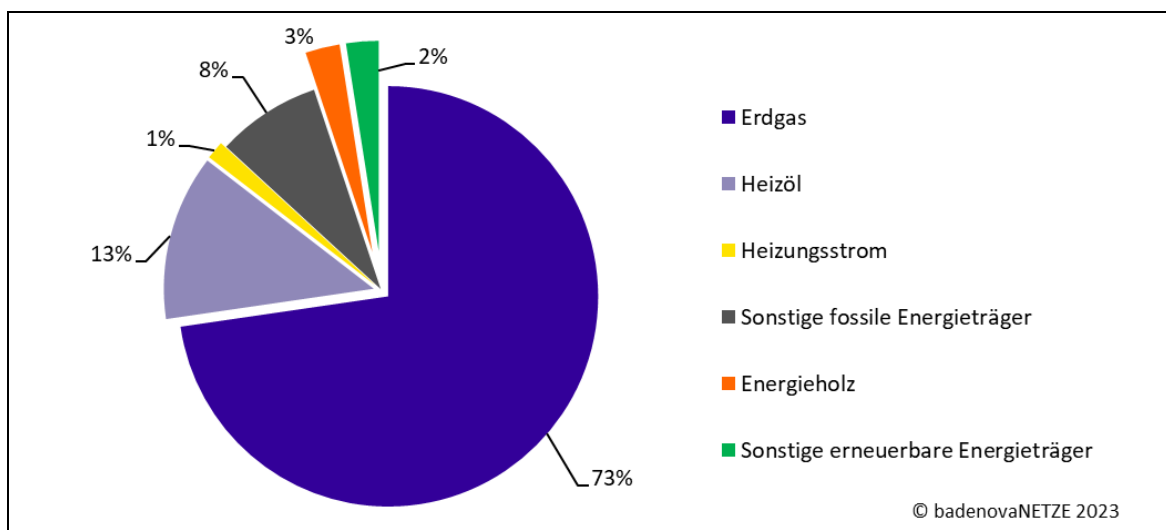


Abbildung 7 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2019)

Energieträger	Wärmeverbrauch (MWh im Jahr 2019)	Anteil am Gesamt- wärmeverbrauch
Erdgas	259.765	73 %
Heizöl	45.551	13 %
Heizungsstrom	4.994	1 %
Kohle	35	<1 %
KWK/Fernwärme	26.746	7 %
Flüssiggas	1.031	<1 %
Sonstige fossile Energieträger	827	<1 %
Energieholz	9.472	3 %
Solarthermie	3.212	1 %
Umweltwärme	4.417	1 %
erneuerbare Energien in der Industrie	1.310	<1 %
Gesamt	357.360	100%

Tabelle 2 – Endenergieverbrauch für Wärme der Stadt Waldshut-Tiengen nach Energieträger in Zahlen (2019)

Abbildung 8 zeigt nochmals detailliert die Aufteilung der Energieträger auf den Wärmeverbrauch der Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und kommunale Liegenschaften. Hierbei wurde der Wirtschaftssektor zum einen nach Gewerbe, Handel und Dienstleistung („Gewerbe und Sonstiges“) sowie zum anderen nach der Industrie („verarbeitendes Gewerbe“) aufgeteilt. Der Sektor verarbeitendes Gewerbe wurde zudem in Raum- und Prozesswärme unterteilt. Diese separate Ausweisung der Prozesswärme ist für die spätere Berechnung des Zielszenarios relevant, da Prozesswärme in der Regel höhere Temperaturen als Raumwärme benötigt. Die Prozesswärme macht hier einen größeren Anteil als die Raumwärme des verarbeitenden Gewerbes aus.

Aggregiert betrachtet hat der Sektor Wirtschaft mit 58 % den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch der Stadt. Gewerbe und Sonstiges sind für 25 % des Energieverbrauchs verantwortlich, während das verarbeitende Gewerbe 33 % ausmacht. Von diesen 33 % entfallen 11 % auf die Raumwärme und 22 % auf die Prozesswärme. Der Sektor private Haushalte hat einen Anteil von 40 % am Gesamtwärmeverbrauch der Stadt. Die restlichen 2 % des Wärmeverbrauchs werden für die kommunalen Liegenschaften eingesetzt. Die Darstellung verdeutlicht den hohen Anteil der fossilen Energieträger zur Wärmebereitstellung.

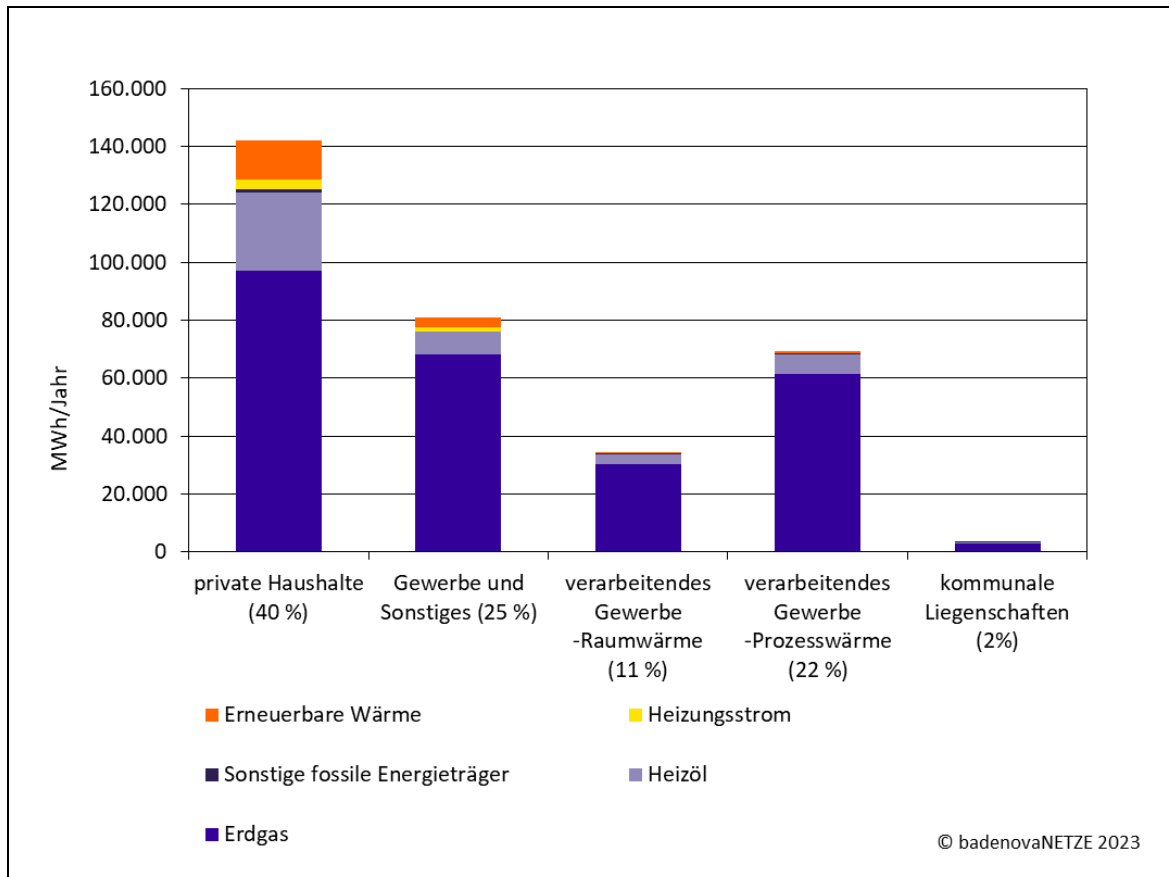


Abbildung 8 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2019)

2.5.3 Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften

Für die kommunalen Liegenschaften wurden im Jahr 2019 ca. 2.800 MWh Erdgas und 540 MWh Heizöl verbraucht. Der größte Teil der Wärme wurde durch KWK/Fernwärme bereitgestellt (ca. 5.100 MWh). Abbildung 9 zeigt den Wärmeverbrauch der 20 kommunalen Liegenschaften mit dem höchsten Wärmeverbrauch.

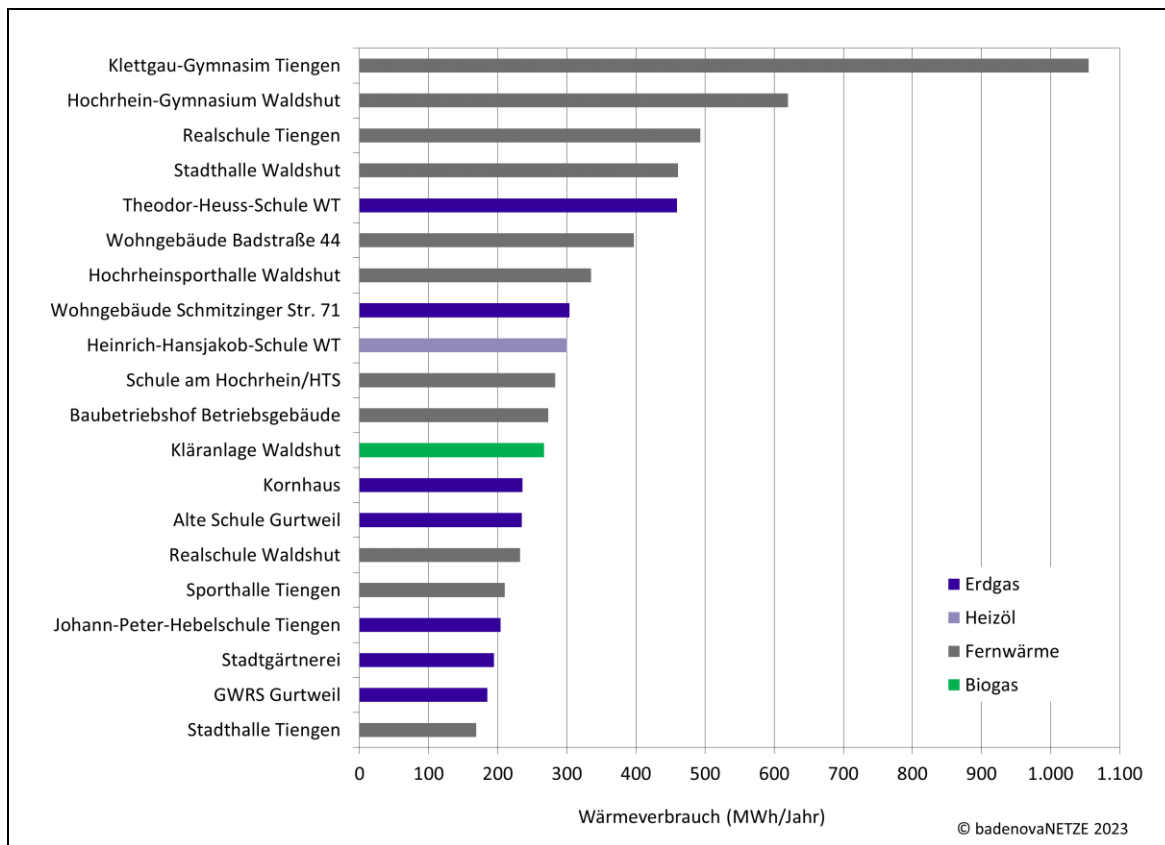


Abbildung 9 – Wärmeverbrauch der 20 größten Verbraucher der kommunalen Liegenschaften im Jahr 2019

2.5.4 Endenergieverbrauch für Prozesswärme/-kälte

Während der Wärmeverbrauch der Sektoren private Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie der kommunalen Liegenschaften dem Bedarf für Raumwärme zuzuordnen ist, benötigt der Sektor verarbeitendes Gewerbe/Industrie auch Prozesswärme. Eine getrennte Betrachtung des Wärmeverbrauchs für die Prozesswärme ist für die Wärmeplanung entscheidend, 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.

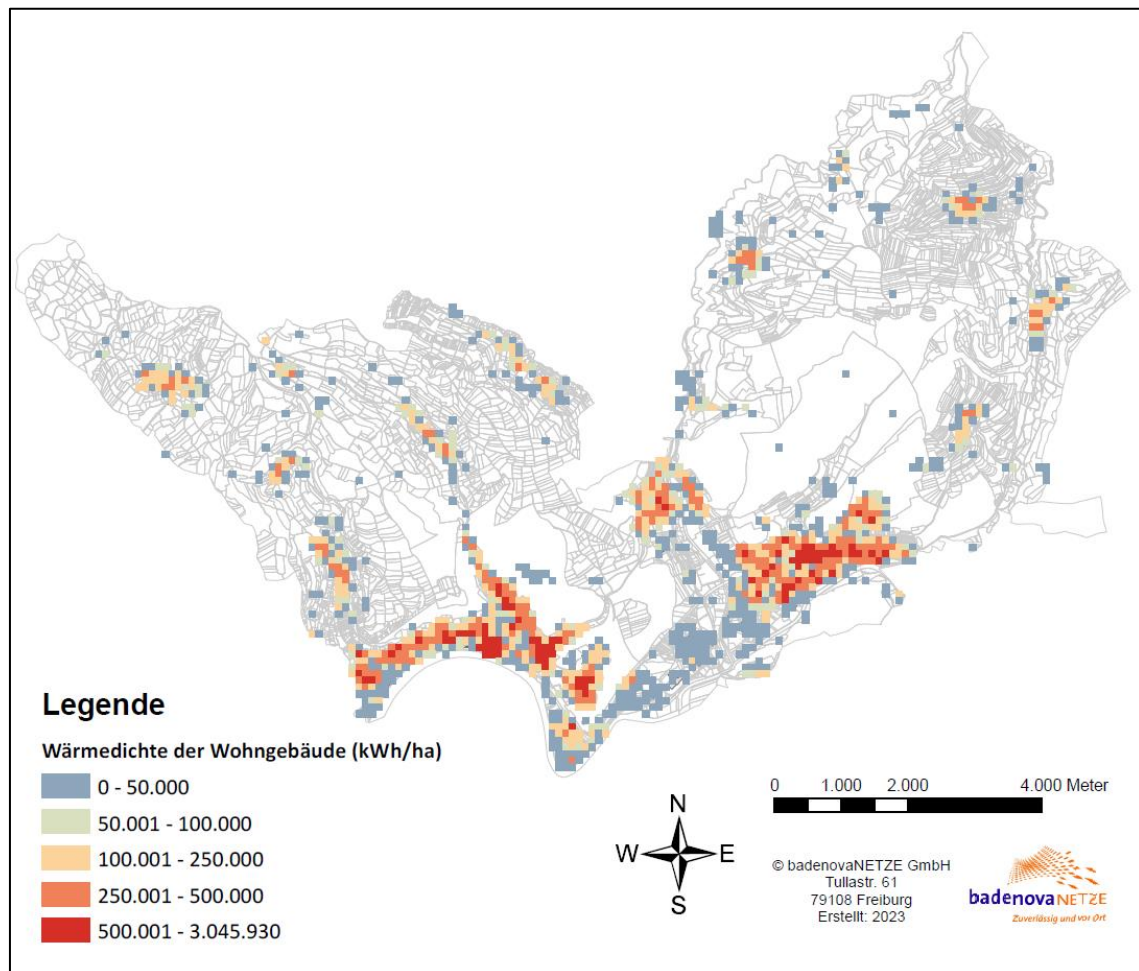
In Waldshut-Tiengen sind viele verschiedene Gewerbebetriebe aus u.a. den Bereichen Lebensmittel, Industrie, Produktion, Groß- und Einzelhandel, Bauen oder Logistik ansässig. Die größten und relevanten Betriebe der Stadt Waldshut-Tiengen wurden im Rahmen der Erstellung des kommunalen Wärmeplans von der Stadtverwaltung angeschrieben und um die Mitteilung der wichtigsten Daten zum Energieverbrauch und möglicher Abwärmepotenziale befragt (vgl. 3.3.6.1). Da nicht alle Betriebe Daten lieferten und auch nicht immer eine Zuordnung des Wärmebedarfs auf die Prozesswärme und -kälte möglich war, wurde der Prozesswärmeverbrauch mithilfe einer statistischen Auswertung der Ergebnisse der Energiebilanz berechnet². Demnach

² Der Anteil der Prozesswärme am Endenergieverbrauch der Industrie betrug in Deutschland im Jahr 2019 66,7 % (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2021)

lag der Prozesswärmeverbrauch in der Stadt Waldshut-Tiengen im Jahr 2019 bei 77.470 MWh und machte somit 22 % des Gesamtwärmeverbrauchs der Stadt aus.

2.5.5 Räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs

Anhand der Gebäudeeigenschaften, der Heizanlagenstatistik und der Verbrauchsdaten der leitungsgebundenen Energieträger, konnte die räumliche Verteilung des Wärmeverbrauchs im GIS ermittelt werden. Karte 10 zeigt den Wärmeverbrauch der Gebäude in Waldshut-Tiengen aggregiert auf Rasterebene.



Karte 10 – Wärmeverbrauch der Stadt Waldshut-Tiengen auf Rasterebene (100x100m)

2.5.6 Treibhausgasbilanz der Wärmeversorgung

Auf Basis der Verbrauchsmengen der jeweiligen Energieträger, berechnet das Bilanzierungstool BICO2 BW anhand der entsprechenden Emissionsfaktoren die THG-Emissionen des Wärmeverbrauchs. Die Deckung des Wärmeverbrauchs der Stadt Waldshut-Tiengen führte demnach im Jahr 2019 zu THG-Emissionen in Höhe von ca. 85.540 t CO_{2e}. Der überwiegende Anteil ist den fossilen Energieträgern Erdgas (75 %) und Heizöl (17 %) zuzuordnen. Abbildung 10 zeigt die Aufteilung der wärmebedingten THG-Emissionen nach Sektor und Energieträger. Die kommunalen Liegenschaften waren mit ihrem Wärmeverbrauch für 1.520 t CO_{2e} im Jahr 2019 verantwortlich. Die Prozesswärme war im Jahr 2019 für 21 % der THG-Emissionen der Wärmeversorgung verantwortlich.

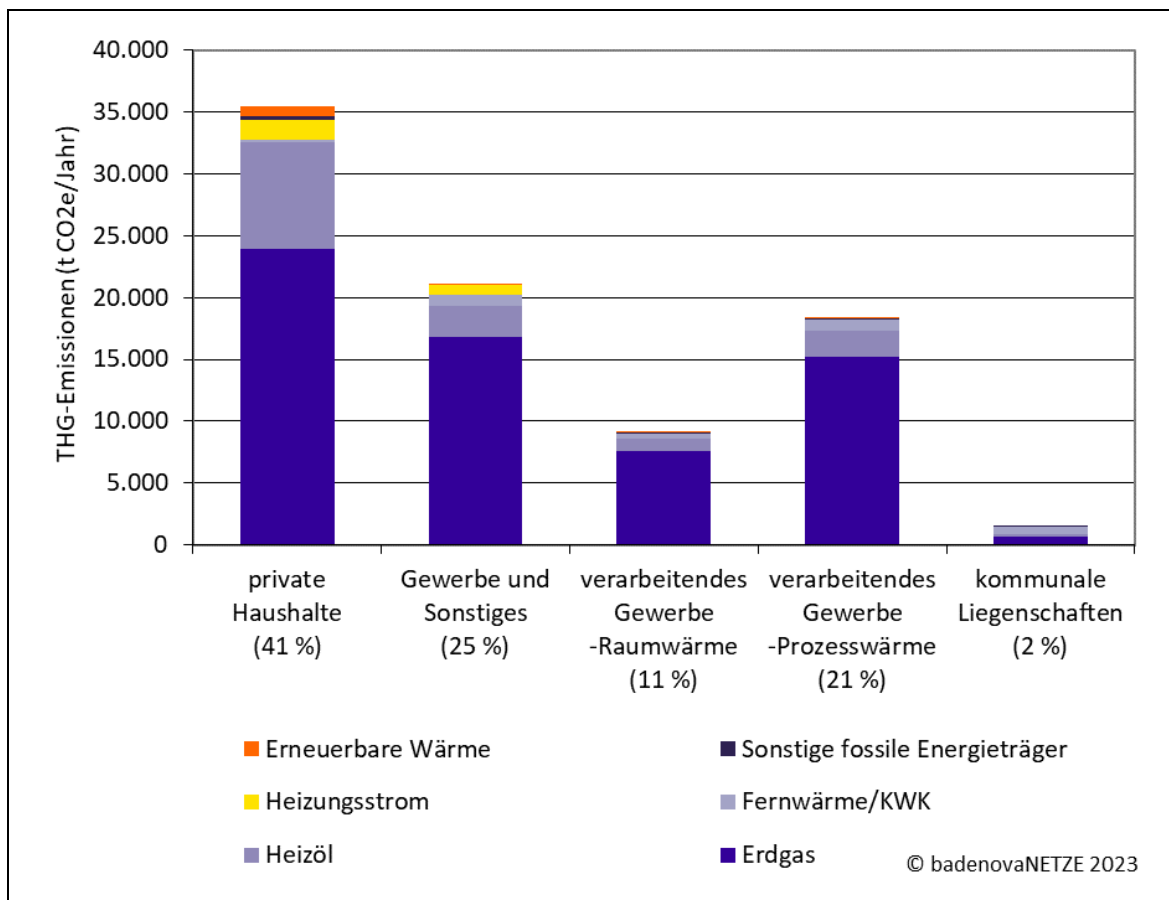


Abbildung 10 – THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs nach Sektor und Energieträger

2.6 Sektorenkopplung und Strombedarfsdeckung

Bei der kommunalen Wärmeplanung liegt der Fokus auf einer möglichst klimaneutralen 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 dem Hintergrund der zukünftig zunehmenden Sektorkopplung wurde auch die lokale Stromerzeugung und der lokale Stromverbrauch bei der Bestandsanalyse betrachtet.

Daten zum Stromverbrauch und zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Anlagentyp, Leistung und eingespeiste Strommengen) wurden beim Stromnetzbetreiber, den Stadtwerken Waldshut-Tiengen, abgefragt. Die Angaben des Netzbetreibers enthalten sowohl eingespeiste Strommengen wie auch Strom, der zum Eigenverbrauch oder zur Direktvermarktung erzeugt wurde. Demnach wurde der Strom aus erneuerbaren Energien in Waldshut im Jahr 2019 durch folgende Anlagen erzeugt:

- 581 PV-Anlagen mit insgesamt 10.700 kW installierter Leistung erzeugten 9.500 MWh Strom aus Sonnenenergie
- 2 Wasserkraftanlagen mit insgesamt 7 kW installierter Leistung erzeugten 43 MWh Strom aus Wasserkraft

- Auf der Gemarkung Waldshut-Tiengen gibt es keine Windenergieanlagen.
- 3 Biomasseanlagen mit insgesamt 458 kW installierter Leistung erzeugten 2.800 MWh Strom aus Biogas, Biomasse oder Bioerdgas.

Im Jahr 2019 erzeugten alle Anlagen in der gesamten Stadt Waldshut-Tiengen zusammen ca. 12.500 MWh Strom aus erneuerbaren Energien und deckten somit 11 % des gesamten Stromverbrauchs der Stadt (vgl. Abbildung 11). Zum Vergleich; im Jahr 2019 wurden in Baden-Württemberg 23 % des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien erzeugt.

Neben den genannten Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien leisten auch Blockheizkraftwerke, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden, einen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz. Auch hierzu wurden Daten des Stromnetzbetreibers herangezogen. Neben den bereits genannten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK), die mit Biogas und Klärgas betrieben werden, wurden im Jahr 2019 in Waldshut-Tiengen auch 60 KWK-Anlagen mit fossilen Energieträgern betrieben. Diese hatten insgesamt ca. 3.500 kW installierte Leistung und erzeugten ca. 13.500 MWh Strom. Damit wurden ca. 24 % des Gesamtstromverbrauchs der Stadt Waldshut-Tiengen mit diesen Anlagen gedeckt (vgl. Abbildung 11).

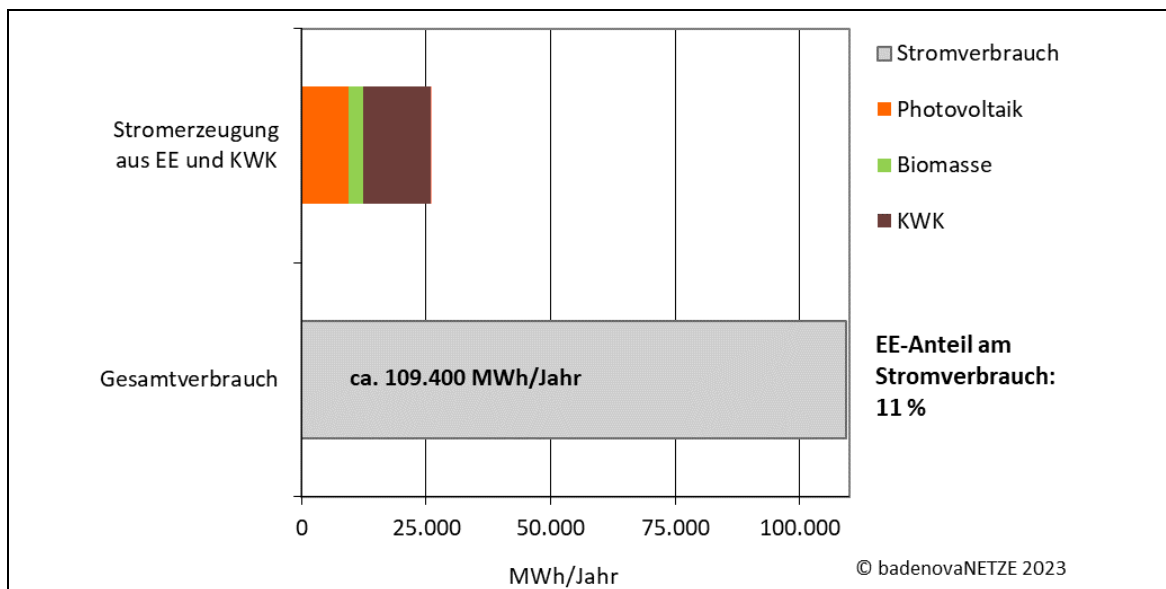


Abbildung 11 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2019

2.7 Erneuerbare Gase

Im Zuge der Energiewende und dem damit verbundenen Zuwachs einer fluktuierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bedarf es neuer Möglichkeiten diese Energie zu speichern. Zusätzlich wird durch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen der Stromverbrauch im Winter deutlich steigen, während davon auszugehen ist, dass in den Sommermonaten Überschüsse an Strom aus Photovoltaikanlagen erzeugt werden. Um das Energieangebot mit der Nachfrage zu decken und dadurch Versorgungssicherheit zu gewährleisten, werden in Zukunft sowohl die kurzfristige als auch die saisonale Speicherung von Überkapazitäten notwendig sein (siehe auch Kapitel 4.6.1).

Während Batteriespeicher kurzfristige Überkapazitäten decken können und in der Elektromobilität eingesetzt werden, werden 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. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Herstellungsverfahren, Aufbereitungsschritte und Einsatzmöglichkeiten dieser drei Gase.

	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))

Wasserstoff wird durch eine zusätzliche Bezeichnung in verschiedene Herkunfts- bzw. Gewinnungsarten eingeteilt (vgl. Tabelle 4).

Bezeichnung	Definition/Gewinnung
Grauer Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gewinnung aus fossilen Brennstoffen ▪ gängigstes 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

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 hohe Energiedichte auf. Wird Wasserstoff aus erneuerbarem Strom erzeugt, ist er zudem nahezu klimaneutral.

Die Bestandsanalyse zeigt, dass erneuerbare Gase in Waldshut-Tiengen noch keine Rolle spielen. Die Biogasanlagen erzeugen zwar Biogas und die Kläranlage Klärgas, diese werden jedoch direkt verwertet und nicht zu Biomethan aufbereitet.

Derzeit sind Energieüberschüsse aus EE nicht in dem Maße vorhanden, um eine Nutzung der PtG-Technologie in großem Stil wirtschaftlich und energetisch sinnvoll zu gestalten.

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

2.8 Kennzahlen der Bestandsanalyse

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

Beschreibung Kennwert	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Datenquelle
Endenergieverbrauch für Wärme der Haushalte	5,93	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen für Wärmeverbrauch der Haushalte	1,47	t CO _{2e} /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Endenergieverbrauch für Wärme der kommunalen Liegenschaften	0,36	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen für Wärme der kommunalen Liegenschaften	0,06	t CO _{2e} /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Endenergiebedarf Wärme für Wohngebäude	0,12	MWh/m ² Wohnfläche	2019	Energie- und THG-Bilanz
Stromverbrauch zur Wärmeversorgung der Haushalte	0,26	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Endenergieverbrauch in GHD und Industrie	8,47	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
THG-Emissionen in GHD und Industrie	2,01	t CO _{2e} /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Einsatz erneuerbarer Energien nach Energieträgern				
• Energieholz	0,39	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
• Solarthermie	0,13	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
• Umweltwärme	0,18	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
• Sonstige Erneuerbare (Industrie)	0,05	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung	48,04	%	2019	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Wärmeerzeugung	5,15	%	2019	Energie- und THG-Bilanz
Anteil erneuerbarer Energien Strombedarf	11,42	%	2019	Energie- und THG-Bilanz

Beschreibung Kennwert	Wert	Einheit	Bezugsjahr	Datenquelle
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf	5,15	%	2019	Energie- und THG-Bilanz
Nutzung synthetischer Brennstoffe (PtX)	-	MWh/gem. Person	2019	
Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung	6.188	MWh	2019	Energie- und THG-Bilanz
Fläche solarthermischer Anlagen	0,17	m ² /gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Fläche PV-Anlagen	2,39	m ² /gem. Person	2019	³
Stromerzeugung KWK pro Kopf	0,56	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Wärmeerzeugung KWK pro Kopf	0,80	MWh/gem. Person	2019	Energie- und THG-Bilanz
Installierte Speicherkapazität Strom	k.A.	kW		
Installierte Speicherkapazität Wärme	k.A.	MWh		
Hausanschlüsse in Gasnetzen	3.328	Anzahl	2022	badenovaNETZE
Länge der Transport- und Verteilleitungen in Gasnetzen	172.582	m	2022	badenovaNETZE
Hausanschlüsse in Wärmenetzen	64	Anzahl	2023	Stadtwerke WT
Länge der Transport- und Verteilleitungen in Wärmenetzen	10.380	m	2023	Stadtwerke WT

Tabelle 5 – Wesentliche Kennzahlen der Bestandsanalyse

³ Berechnet anhand der Installierten Leistung für PV- Anlagen (Datenquellen: Stromnetzbetreiber Überlandwerk Mittelbaden) und Annahmen zu PV-Modulgröße und Leistung nach dem Energieatlas-BW.

3. Potenzialanalyse

Für die Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Waldshut-Tiengen muss zunächst der Wärmeenergieverbrauch signifikant verringert werden. Der restliche Wärmebedarf, der nicht durch Einsparung oder Energieeffizienz gedeckt werden kann, muss mit Hilfe erneuerbarer Energiequellen gedeckt werden.

In den folgenden Abschnitten werden Potenziale zur klimaneutralen Wärmeversorgung in der Stadt Waldshut-Tiengen beschrieben und nach Möglichkeit beziffert. Dabei werden zunächst Potenziale der Energieeinsparung und Energieeffizienz erläutert, die den Wärmeenergieverbrauch 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 (z.B. durch vermehrte Nutzung von Wärmepumpen) steigen wird, werden zusätzlich die Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufgezeigt. Abschließend werden Potenziale zur Anwendung und Erzeugung von synthetischen Brennstoffen erläutert.

3.1 Energieeinsparung

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

3.1.1 Senkung des Wärmebedarfs durch Nutzerverhalten

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

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

3.2 Steigerung der Energieeffizienz

3.2.1 Effizienz der Heizungssysteme

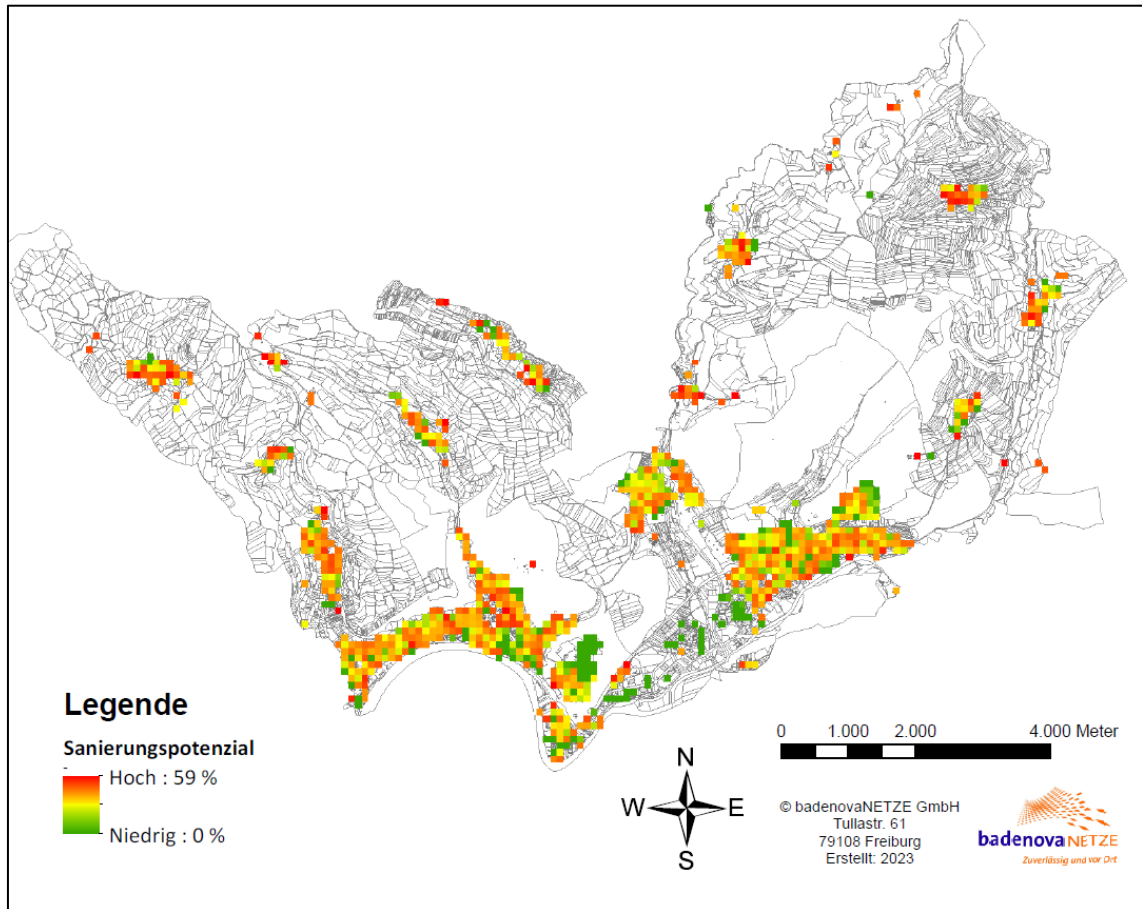
Eine Studie des Instituts für technische Gebäudeausrüstung (ITG) Dresden hat verschiedene Optionen zur Steigerung der Effizienz von Heizsysteme kombiniert und kommt insgesamt auf ein Einsparpotenzial von durchschnittlich 8-15 % (Rehmann, et al., 2022). Durch die Absenkung der Vorlauftemperatur mittels Einstellung von Anlagenparametern zur Steigerung der Effizienz durch Reduktion von Wärmeverlusten kann eine Energieeinsparung von bis zu 5 % erzielt werden. Auch mit Hilfe einer Nachtabsenkung können die Temperaturen im Gebäude gesenkt und somit eine Energieeinsparung zwischen 4- 10 % erreicht werden. Infolge einer Überprüfung und Berücksichtigung der Anwesenheitszeiten und der anschließenden Anpassung von Zeitplänen, lassen sich bis zu 10 % der Endenergie einsparen. Der hydraulische Abgleich ist erforderlich, damit durch alle Heizkörper die notwendige Wassermenge fließen kann. Ist der hydraulische Abgleich durchgeführt worden, lassen sich bis zu 3 % Energie einsparen. Sämtliche Maßnahmen können kumulativ betrachtet werden.

3.2.2 Monitoring und Optimierung der technischen Anlagen

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

3.2.3 Energetische Sanierung der Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Die energetische Sanierung von Gebäuden bietet einen großen Hebel, um den Raumwärmebedarf der Gebäude zu senken. In Waldshut-Tiengen wurden 73 % des Wohngebäudebestands vor der zweiten Wärmeschutzverordnung 1984 erbaut, d.h. zu einer Zeit, als Energieeffizienz noch keine wesentliche Rolle spielte (vgl. Abbildung 3). 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 der Bauteilflächen ermittelt. Das Ergebnis wurde in **Karte 11** auf Rasterebene dargestellt. Die Skala zeigt, um wieviel Prozent der Wärmebedarf der Gebäude bei einer vollständigen Sanierung reduziert werden kann.



Karte 11 – Einsparpotenziale durch energetische Sanierung der Wohngebäude in der Stadt Waldshut-Tiengen

In Summe könnten 42 % 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 Waldshut-Tiengen grafisch zusammengefasst. Durch die Sanierung der Wohngebäude und der damit einhergehenden Energieeinsparung, könnte die Stadt Waldshut-Tiengen die THG-Emissionen um ca. 14.500 t CO_{2e} jährlich senken (17 % der wärmebedingten THG-Emissionen der Stadt im Jahr 2019).

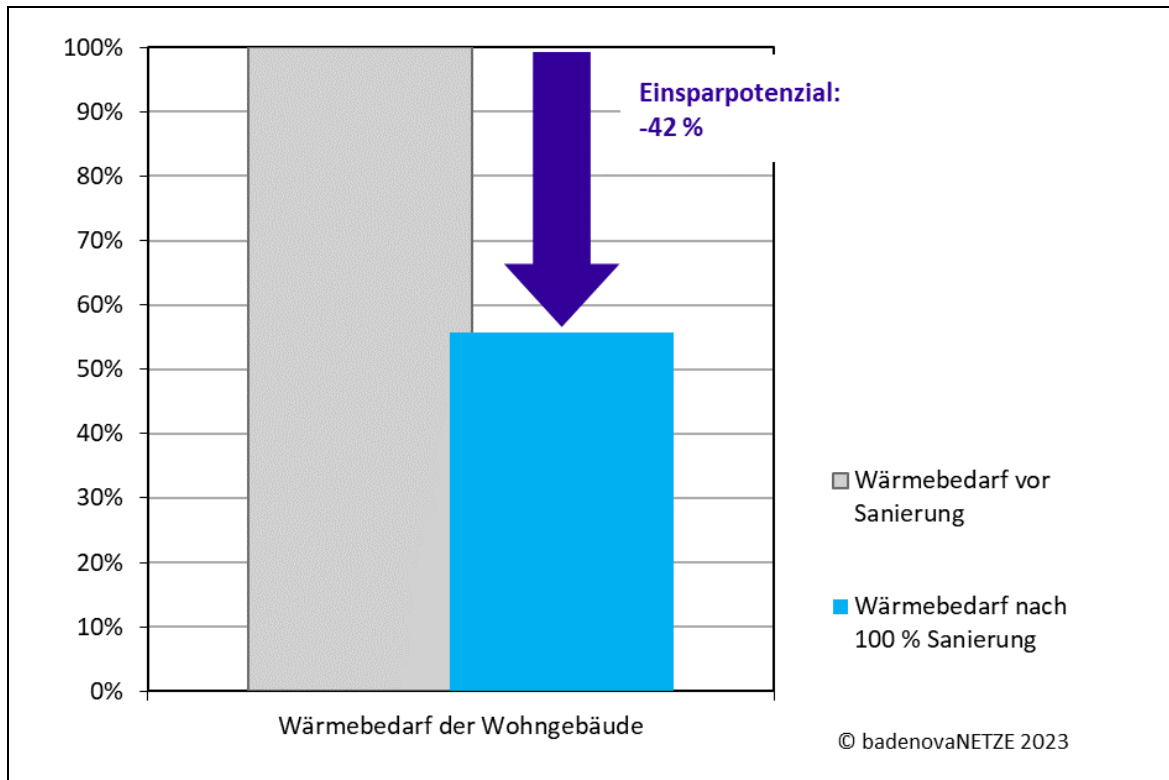


Abbildung 12 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial

3.2.4 Gebäudesteckbriefe für Mustersanierungen

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

Die häufigsten Gebäudetypen der Wohngebäude in Waldshut-Tiengen sind:

- 1) Einfamilienhaus Baualtersklasse B (Baujahr zw. 1860 – 1918)
- 2) Einfamilienhaus Baualtersklasse C (Baujahr zw. 1919 – 1948)
- 3) Einfamilienhaus Baualtersklasse D (Baujahr zw. 1949 – 1957)
- 4) Einfamilienhaus Baualtersklasse E (Baujahr zw. 1958 – 1968)
- 5) Einfamilienhaus Baualtersklasse F (Baujahr zw. 1969 – 1978)
- 6) Einfamilienhaus Baualtersklasse G (Baujahr zw. 1979 – 1983)
- 7) Einfamilienhaus Baualtersklasse H (Baujahr zw. 1984 – 1994)
- 8) Einfamilienhaus Baualtersklasse I (Baujahr zw. 1995 – 2001)
- 9) Mehrfamilienhaus Baualtersklasse B (Baujahr zw. 1860 – 1918)
- 10) Mehrfamilienhaus Baualtersklasse C (Baujahr zw. 1919 – 1948)
- 11) Mehrfamilienhaus Baualtersklasse E (Baujahr zw. 1958 – 1968)
- 12) Mehrfamilienhaus Baualtersklasse F (Baujahr zw. 1969 – 1978)
- 13) Reihenhaushaus Baualtersklasse B (Baujahr zw. 1860 – 1918)

Die oben genannten Wohngebäudetypen decken insgesamt ca. 77 % des Wohngebäudebestands in Waldshut-Tiengen ab.

Um die Sanierungspotenziale am eigenen Gebäude für Gebäudeeigentümer greifbar und nutzbar zu machen, wurden für diese dreizehn Gebäudetypen der Stadt sogenannte Gebäudesteckbriefe erstellt (vgl. Kapitel 10.4). Die Gebäudesteckbriefe zeigen beispielhaft Mustersanierungen am jeweiligen Gebäudetyp auf und beschreiben somit die Potenziale zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle und zur Optimierung bzw. Umstellung der Wärmeversorgung konkret für den jeweiligen Gebäudetyp.

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

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

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

Im Anhang 10.4 ist der Gebäudesteckbrief für ein Einfamilienhaus mit einem Baualter zwischen 1969 und 1978 (Baualtersklasse F) beispielhaft abgebildet. Alle dreizehn im Rahmen des kommunalen Wärmeplans der Stadt Waldshut-Tiengen erarbeiteten Gebäudesteckbriefe werden der Stadt Waldshut-Tiengen digital zu Verfügung gestellt. So können diese auf der Homepage der Stadt veröffentlicht oder im Rahmen von Veranstaltungen und Sanierungskampagnen verwendet werden.

3.2.5 Raumwärme der kommunalen Liegenschaften

Aktuell gibt es noch keine Einsparziele für die kommunalen Liegenschaften der Stadt Waldshut-Tiengen. Dennoch gibt es in der Regel auch bei den kommunalen Gebäuden signifikante Einsparpotenziale, die zukünftig genutzt werden müssen. Die kommunalen Liegenschaften werden im Maßnahmenkatalog berücksichtigt.

3.2.6 Prozesswärme

Wesentliche Effizienzpotenziale bieten bei der Prozesswärme diverse Modernisierungs- und Optimierungsmaßnahmen, durch die der Energieverbrauch 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. 80 % der industriellen Wärmeanlagen in Deutschland sind 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 (vgl. Abschnitt 3.3.6).

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

Die Potenziale zur Senkung des Prozesswärmebedarfs lassen sich nur durch eine Untersuchung der bestehenden Anlagen und Prozesse der jeweiligen Betriebe genau beziffern. Eine solche Erhebung übersteigt den Rahmen des kommunalen Wärmeplans. Festzuhalten ist jedoch, dass diese Potenziale gehoben werden sollten und damit ein wichtiger Baustein der Wärmewende in Waldshut-Tiengen sind.

3.3 Erneuerbare Energien für die Wärmeversorgung

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

3.3.1 Biomasse

Bei der energetischen Nutzung der Biomasse kann u.a. 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.

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.

Im Rahmen dieses Wärmeplans wurde das Potenzial an Biomasse (Biogas und Energieholz) für die energetische Nutzung im Gemarkungsgebiet der Stadt Waldshut-Tiengen durch eine empirische Erhebung ermittelt.

3.3.1.1 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Landwirtschaft

Die Ermittlung der Biogaspotenziale für die Stadt Waldshut-Tiengen erfolgte mithilfe statistischer Kennzahlen sowie einer Befragung bei einigen Betrieben. Laut dem Statistischen Landesamt wurden im Jahr 2019 in der Stadt Waldshut-Tiengen eine Fläche von 3.383 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 Waldshut-Tiengen.

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 Waldshut-Tiengen ergeben ein energetisches Potenzial der tierischen Exkremente von 5.183 MWh/Jahr. 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.

Reststoffquelle	Anbaufläche (ha) Quelle: STALA 2022	Energetisches Potenzial (MWh/Jahr)
Ackerpflanzen ⁴	1.501	3.516
Dauergrünland /Grassilage	1.620	7.504
Biotonne/Gartenabfälle	-	2.908

Tabelle 6 – Energetisches Potenzial einiger landwirtschaftlicher Reststoffe in Waldshut-Tiengen

3.3.1.2 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen

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

Die Nutzung der organischen Abfälle der Haushalte der Stadt Waldshut-Tiengen birgt ein energetisches Potenzial von ca. 2908 MWh/Jahr. Die Verwertung in einer Biogasanlage in Waldshut-Tiengen wird in dieser Studie jedoch ausgeschlossen, da die Entsorgung dieser Abfälle in der Verantwortung des Landkreises und nicht bei der Stadt liegt. Es bleibt dennoch zu erwähnen, dass der Landkreis Waldshut-Tiengen und der Landkreis Lörrach vor einiger Zeit eine gemeinsame Verwertung der Biotonne (im Rahmen einer Vergärungsanlage) in Aussicht gestellt hatten. Hier gibt es demnach ggf. ein Potenzial zur energetischen Verwertung.

⁴ Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich in Waldshut-Tiengen auf 25 Haupteinzelbetriebe und 38 Nebenerwerbslandwirte.

Eine Abfrage bei den örtlichen Betrieben, die organische Abfälle erzeugen, hatte nur wenige Rückmeldungen. Bei den Betrieben, die geantwortet haben, gibt es oftmals bereits bestehende Verwertungspfade oder die Abfälle werden außerhalb der Stadt weiterverarbeitet.

3.3.1.3 Gesamterzeugungspotenzial Biogas

Ausgehend von den vor Ort erzeugten organischen Reststoffen, ergibt sich ein technisches Biogaspotenzial für die Stadt Waldshut-Tiengen von 25.093 MWh/Jahr, was im Rahmen einer Stromerzeugung einem elektrischen Erzeugungspotenzial von 9.535 MWh/Jahr und einer Biogasanlage mit ca. 1.402 kW_{el} Leistung entsprechen würde⁵.

Im Jahr 2019 wurden in Waldshut-Tiengen drei landwirtschaftliche Biogasanlagen zur Stromerzeugung betrieben. Die Erzeugung aus diesen Anlagen entsprach im Jahr 2019 ca. 2.800 MWh. Somit ergibt sich noch ein bisher ungenutztes Restpotenzial von ca. 6.700 MWh für die Stadt.

3.3.1.4 Energieholz

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

In der Stadt Waldshut-Tiengen beläuft sich die Waldfläche auf 2.560 ha. Davon befinden sich 1.225 ha im Besitz der Stadt, 280 ha gehören dem Staat und 1.055 ha sind in Privatbesitz. Die Daten für den Staatswald lagen dem zuständigen Forstamt für 2019 nicht vor. Für den Privatwald konnte das Forstamt keine Angaben zur Baumartenverteilung und der Zuwachsraten machen, da der Privatwald nach eigenen Angaben nicht systematisch erfasst wird. Folgende Angaben konnten nur für das Jahr 2021 gemacht werden:

Das eingeschlagene Holz wird teilweise energetisch genutzt und als Hackschnitzel (862 fm/Jahr) und Brennholz (1.150 fm/Jahr) verwendet. Zusätzlich werden 1.100 fm/Jahr stofflich genutzt. Nach Auskunft des zuständigen Försters ist es auf Grund der trockenen Jahre in der Vergangenheit schwieriger belastbare Zahlen für die verschiedenen Nutzungen zu generieren. Das liege u.a. daran, dass es in den vergangenen Jahren zu einem massiven Zuwachs an nicht nutzbarem Schadholz gekommen ist. Eine genaue Aussage über die energetischen Forstpotenziale war nicht weiter möglich. Neue Daten sind erst ab 2023/2024 zu erwarten.

Laut Auskunft der Stadtverwaltung werden jährlich schätzungsweise 600 m³ Grünschnitt gesammelt, welche momentan größtenteils bei der Kompostieranlage in Ettikon abgegeben werden. Da Mengen unter 2m³ nicht erfasst werden, ist eine genaue Abschätzung hier schwierig.

Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der Erzeugung von Wärme aus Energieholzpotenzialen in der Stadt könnten schätzungsweise 14.000 MWh Wärme generiert werden.

3.3.2 Oberflächennahe Geothermie

In der Stadt Waldshut-Tiengen kann die Oberflächennahe Geothermie genutzt werden. Für größere Gebäude oder für Gebäudegruppen eignet sich die am Grundwasser gekoppelte Wärmepumpe, die einen größeren Leistungsbedarf abdeckt. Einfamilienhäuser können vor allem die Erdwärmesonde oder auch Kollektorsysteme nutzen.

⁵ Für die Berechnung des Erzeugungspotenzials für Wärme und Strom wurden folgende Annahmen getroffen: Mit den verfügbaren Substratpotenzialen wird eine Anlage für 6.800 Vollaststunden ausgelegt. Elektrischer Wirkungsgrad von 38 %, thermischer Wirkungsgrad von 54 %. Dabei werden 40 % der erzeugten Wärme für den Eigenbedarf der Anlage benötigt.

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.

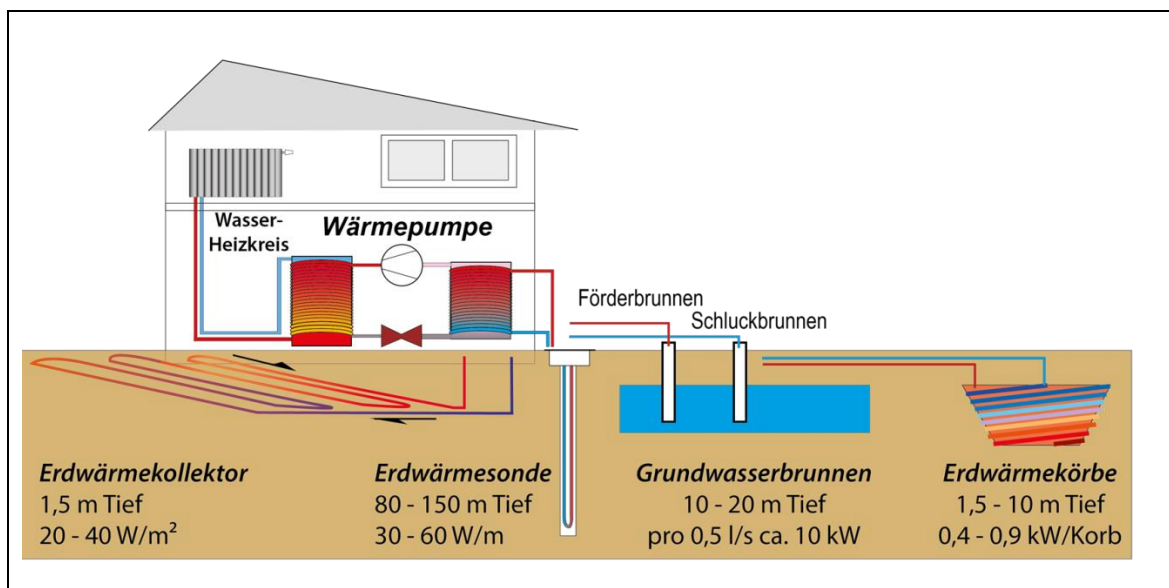
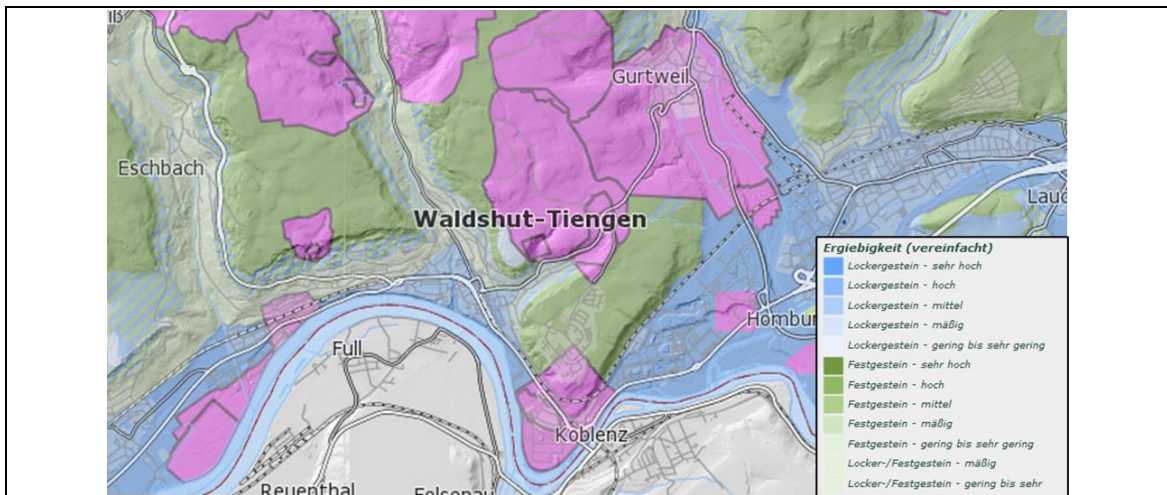


Abbildung 13 – Techniken der oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit

Das nutzbare Potenzial der oberflächennahen Geothermie wird durch Wasserschutzonen eingeschränkt, da in diesen Gebieten die Nutzung nur sehr bedingt, bis gar nicht möglich ist. In Waldshut-Tiengen sind für die Wohnbereiche Gurtweil, Distrikt Aarberg und östlich der Liederplatte Wasserschutzonen ausgewiesen. Das Setzen von Erdwärmesonden oder Grundwasserbrunnen für die Wärmeversorgung ist in diesen Gebieten nicht genehmigungsfähig (vgl. Karte 12).



Karte 12 – Wasserschutzzonen und Ergiebigkeit der hydrogeologischen Einheiten im Gebiet der Gemarkung Waldshut-Tiengen (Quelle: LGRB, (2022)).

3.3.2.1 Erdwärmesonden

Geologisch betrachtet bietet der Untergrund von Waldshut-Tiengen ein mäßiges Potenzial für die Anwendung von Erdwärmesonden. Die Wärmeleitfähigkeiten des Untergrundes und die geologisch bedingten thermischen Entzugsleistungen, so wie sie von dem Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG-BW) angegeben werden, liegen weitestgehend im geeigneten Bereich.⁶

Auf der Grundlage dieser 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 Erdwärmesonden⁷ benötigt werden, um den Wärmebedarf des Gebäudes zu decken. Dabei wird nicht mit dem aktuellen Wärmebedarf, sondern mit dem Wärmebedarf nach energetischer Sanierung der Gebäudehülle⁸ gerechnet. Anschließend wurde dieses technische Potenzial durch weitere Faktoren präzisiert. Wichtige Kriterien sind bspw. ob ausreichend Platz auf dem Grundstück für die entsprechende Anzahl der Gebäude vorhanden ist. Gebäude die mehr als vier Sonden benötigen, um den Wärmebedarf zu decken, werden bei der Betrachtung des wirtschaftlichen Potenzials ausgeschlossen.

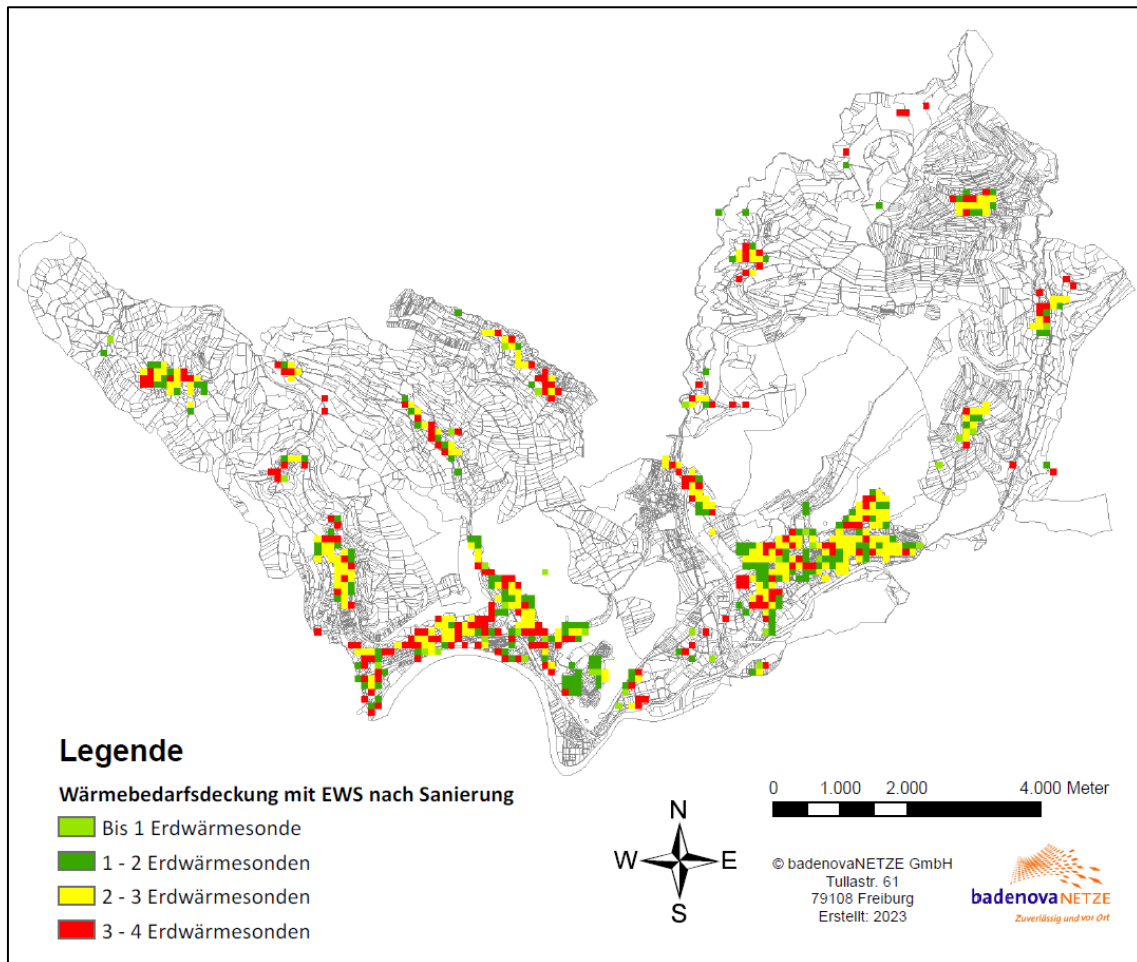
Das technisch-wirtschaftliche Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs der Wohngebäude über Erdwärmesonden liegt in Waldshut-Tiengen bei ca. 45.850 MWh/Jahr, was 24 % des Wärmebedarfs der Wohngebäude (nach den hier angenommenen Sanierungsmaßnahmen) entspricht. Karte 13 zeigt einen Ausschnitt des gebäudescharfen Potenzials für Erdwärmesonden. Eine ge-

⁶ 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.

⁷ Es wurde mit der technisch-ökonomisch optimalen Länge von 120 m gerechnet

⁸ Vorausgesetzt wird in diesem Fall eine Gebäudesanierung auf den Stand der 3. Wärmeschutzverordnung von 1995

othermische Bedarfsdeckung konzentriert sich vor allem auf die Wohngebiete mit überwiegender Einfamilienhausbebauung. Im Stadtgebiet ist das Potenzial gering, 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 Erdwärmesonden abzuteufen.



Karte 13 – Technisch-wirtschaftliches Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs mit Erdwärmesonden (EWS) auf Rasterebene (100x100m)

3.3.2.2 Grundwasser

Ein weiteres Potenzial bietet die Installation von Grundwasserbrunnen. Voraussetzung für die Nutzung von Grundwasserwärme ist zunächst, dass das Grundwasser in einer Tiefe von ca. 10 bis 15 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 mit niedriger Vorlauftemperatur (sog. kalte Nahwärme) eingesetzt werden, wie z.B. bei Neubaugebieten. Bei konventionellen Fernwärmenetzen mit hohen Vorlauftemperaturen kann Grundwasser einen Teil der Grundlast abdecken. Für einzelne Wohngebäude ist es im

Gegenteil in der Regel nicht wirtschaftlich, Grundwasserwärme zur Wärmebedarfsdeckung zu nutzen.

Ausreichende Grundwasser-Förderleistungen bei 10 bis 15 m tiefen Brunnen können laut I-SONG-BW in den Niederterrassenschottern des Rheins und in Tiengen erwartet werden. Karte 12 zeigt die vom LGRB erfasste Ergiebigkeit, wobei eine hohe Ergiebigkeit (dunkelblau) mit einem hohen technischen Grundwasserpotenzial zu bewerten ist. Insbesondere für die Gewerbegebiete südlich der Bahnlinie kann die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle ein wirtschaftliches Potenzial sein.

Bei 10 Grundwasserförderbrunnen kann eine Gesamtleistung von bis zu 3,5 MW generiert werden (vgl. Abschnitt 7.5Tabelle 20). Eine genaue Angabe des kumulierten Potenzials zur Wärmeerzeugung aus dem Grundwasser in der gesamten Stadt lässt sich nicht berechnen. Das Potenzial ist trotz der vorhandenen Wasserschutzonen insgesamt als hoch einzustufen.

3.3.2.3 Risiken der Oberflächennahen Geothermie

Das Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 LGRB, verweist auf folgende potenzielle Bohrrisiken auf dem Gemarkungsgebiet der Stadt Waldshut-Tiengen:

- Gips- und Anhydrithorizonte im Untergrund,
- Bohrtechnische Schwierigkeiten durch Karsthohlräume und –spalten,
- Sulfathaltige, aggressive Wässer.

Diese Bohrrisiken müssen im Einzelfall bewertet werden. In den weitaus meisten Fällen sind diese technisch handhabbar. Das zeigen auch die bereits vorhandenen Bohrungen. In allen Gebieten der Stadt Waldshut-Tiengen unterliegen Bohrungen der Genehmigung durch das Regierungspräsidium Freiburg.

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.

3.3.3 Tiefengeothermische Potenziale

Zur Bewertung der Potenziale durch die Nutzung der Tiefengeothermie, bei der in deutlich über 400 m tiefe Gesteinsschichten gebohrt wird, kann auf die geologische Karte im Maßstab 1:50.000 und auf das Geologische 3D-Landesmodell im Kartenviewer des LGRB zurückgegriffen werden. Eine Anwendung der Tiefengeothermie bietet voraussichtlich kein nutzbares Potenzial. Die potenziell Thermalwasser-führenden Schichten des Muschelkalks und des Buntsandsteins streichen an verschiedenen Lokalitäten bei Waldshut-Tiengen bereits an der Oberfläche aus, so dass eine hydrothermale Nutzung ausscheidet.

Die Tiefengeothermie wird grob unterschieden in eine hydrothermale und in eine petrothermale Tiefengeothermie. Die Abbildung 13 stellt den Unterschied zwischen den beiden grundlegenden Verfahren dar.

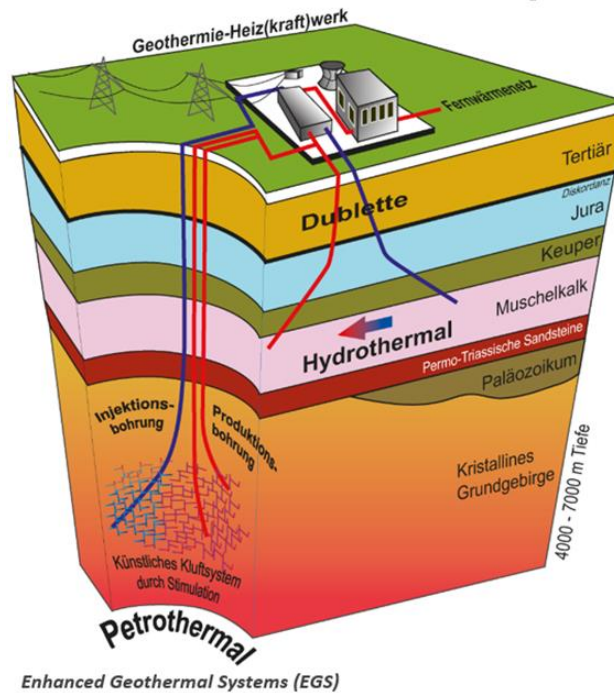


Abbildung 13 – Unterscheidung der zwei grundlegenden tiefengeothermischen Verfahren petrothermal und hydrothermal

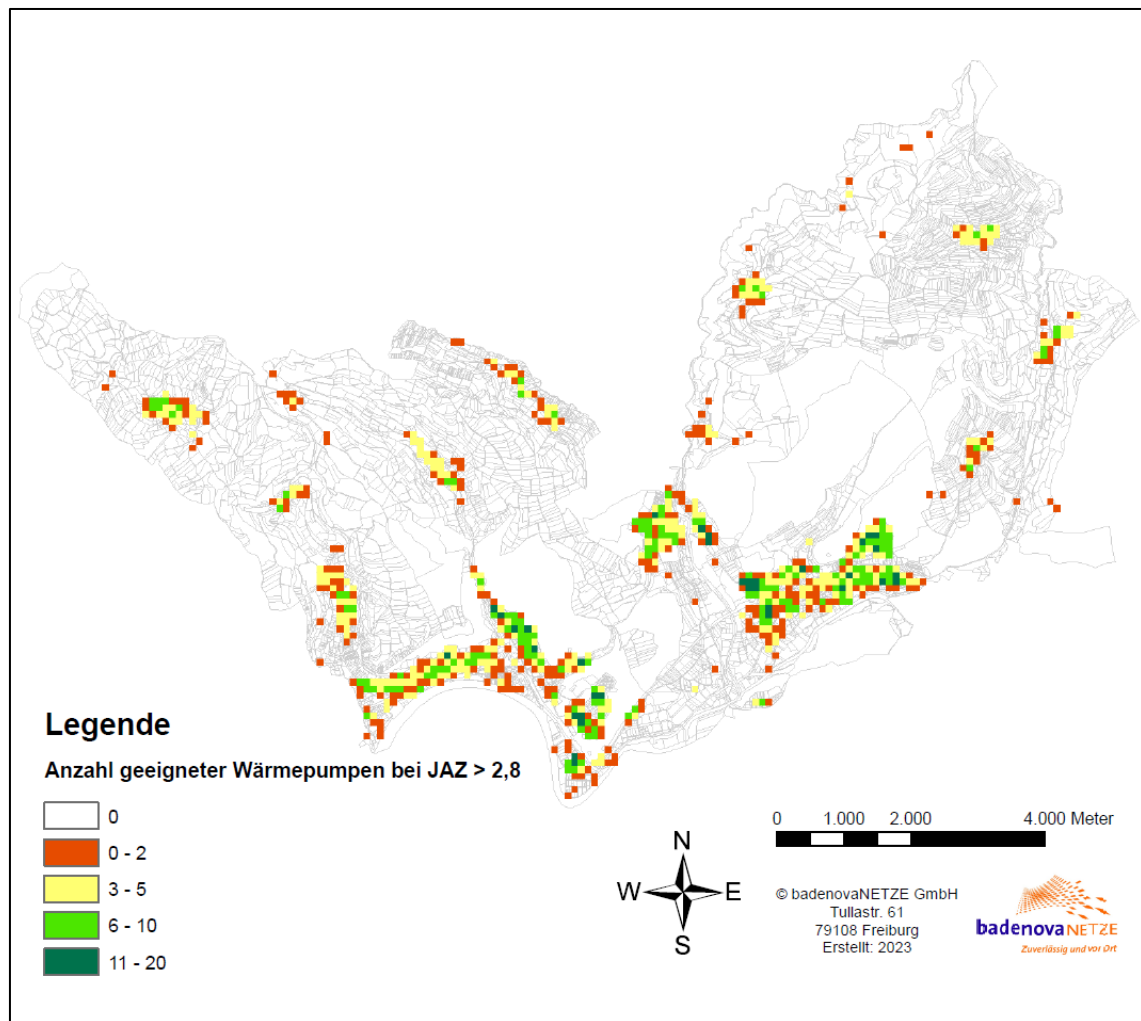
Bei der hydrothermalen Tiefengeothermie werden thermalwasserführende Gesteinshorizonte angebohrt und zur Wärmeversorgung genutzt. Mit der petrothermalen Geothermie wird ein natürliches Wärmereservoir in großer Tiefe durch hydraulische Stimulierverfahren erschlossen.

Die potenziellen Thermalwasserhorizonte liegen bei Waldshut-Tiengen bereits an der Oberfläche, so dass nur geringe Temperaturniveaus zu erreichen sind.

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 im 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 Kluftbildung zurückzuführen sind.

Notwendig wären dafür tieferreichende Bohrungen in bis zu 2.500 m Tiefe. Allerdings liegt Waldshut-Tiengen in der Erdbebenrisikozone II, in der mittlere bis stärkere Gebäudeschäden (nach EMS-Skala 7 bis 7,5) maximal auftreten können. Induzierte Mikrobeben könnten im Untergrund von Waldshut-Tiengen natürliche Beben auslösen. Insgesamt ist daher eine tiefe geothermische Exploration für Waldshut-Tiengen nicht möglich.

3.3.4 Umweltwärme



Karte 14 – Wärmepumpen-Eignung in Waldshut-Tiengen auf Rasterebene (100x100m)

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 in der Anschaffung kostengünstiger. Zudem sind die baulichen Voraussetzungen nicht so streng 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 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 Waldshut-Tiengen 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 berechnete Potenzial für Luft/Wasser-Wärmepumpen (Karte 14) beträgt ca. 85.320 MWh/a bezogen auf den Gebäudewärmebedarf im Jahr 2030. Das entspricht einer potenziellen Abdeckung des Wohngebäude-Wärmeverbrauchs im Jahr 2030 von ca. 45 %. Dabei wurden nur Wärmepumpen berücksichtigt, die bei der Wärmeversorgung der bis zum Jahr 2030 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 Rhein könnte für die daran angrenzenden Gewerbe- und Industriegebiete ein großes Umweltwärmepotenzial bieten, welches sich mit Groß-Wärmepumpen heben lässt.

3.3.5 Solarthermie

Die Stadt Waldshut-Tiengen hat aufgrund ihrer Lage in Süddeutschland eine günstige Solareinstrahlung, welche für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden kann. Laut Globalstrahlungsatlas der LUBW liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei 1.240 kWh/m² und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt (LUBW, (2023)). Im Jahr 2019 wurden in Waldshut-Tiengen 1 % des Wärmeverbrauchs der Stadt durch Solarthermieanlagen gedeckt.

Bei der Ermittlung der Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus Solarenergie stehen Dachflächenpotenziale im Vordergrund, da bei der Erschließung dieser Potenziale kein zusätzlicher Flächenverbrauch bzw. keine Versiegelung von Flächen erforderlich ist. Zudem kann die erzeugte Wärme direkt im Gebäude genutzt werden. Solche Anlagen sind bereits etabliert und Richtwerte für das Erzeugungspotenzial und die Wirtschaftlichkeit verfügbar, so dass sich das Potenzial auch zuverlässig ermitteln lässt.

3.3.5.1 Wärmeerzeugungspotenziale auf bestehende Dachflächen

Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden. Die Berechnung des solarenergetischen Potenzials der LUBW geht davon aus, 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 für den kommunalen Wärmeplan 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. Das wirtschaftliche Potenzial zur Wärmeerzeugung mit Solarthermie auf Dachflächen, wurde anhand dieser Kennzahl berechnet. Für die Berechnung der Potenziale zur Stromerzeugung auf Dachflächen (siehe Abschnitt 3.4.3.1) wurden dementsprechend die dadurch benötigten Flächen abgezogen.

Die Potenziale zur anteiligen Deckung des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitstellung durch Solarthermie belaufen sich zusätzlich zu den Bestandsanlagen (3.212 MWh) auf rund 17.100 MWh und damit auf insgesamt rund 7 % des Wärmeverbrauchs der Stadt Waldshut-Tiengen.

3.3.5.2 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. Bei dem 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. Diese Art von Wärmenetze sind beispielsweise in Dänemark, welches als Vorreiter dieser Technologie gilt, bereits etabliert. Um die Versiegelung neuer Flächen zu vermeiden, können auch bereits versiegelte Flächen wie Parkplätze oder sonstige Brachflächen als Potenzialflächen betrachtet werden.

3.3.6 Abwärmepotenziale

3.3.6.1 Abwärmepotenziale im Gewerbe

Im Rahmen des kommunalen Wärmeplans wurde gemeinsam mit der Stadtverwaltung eine Vorauswahl relevanter Betriebe in Waldshut-Tiengen getroffen und schließlich 46 Betriebe angeschrieben. Diese wurden gebeten den Fragebogen zur Abwärmenutzung der KEA-BW auszufüllen. Hierauf haben 24 Betriebe den ausgefüllten Fragebogen an die Stadt zurückgesandt.

Sieben Betriebe gaben an, dass sie auskoppelbare Abwärme zur Verfügung hätten, jedoch wird der Auskoppelaufwand bei vielen Unternehmen als hoch beschrieben. Auch eine genaue Quantifizierung der Abwärmemenge war vielen Betrieben nicht möglich. Bei den angegebenen Abwärmequellen handelt es sich um Abwärme aus Dampf, Abwasser oder aus dem Kühlkreislauf.

Da nur rund die Hälfte der angeschriebenen Gewerbebetriebe aus Waldshut-Tiengen eine Rückmeldung gegeben haben, sollte dieses Thema von der Stadtverwaltung weiterhin verfolgt werden und ein Austausch mit den Betrieben stattfinden. Manchen Betrieben ist nicht bewusst, dass ein Abwärmepotenzial vorhanden sein könnte. Gleichzeitig können im Austausch auch Hemmnisse gegen eine Auskopplung der Abwärme abgebaut werden. Hier könnten auch die Stadtwerke Waldshut-Tiengen als Ansprechpartner fungieren.

3.3.6.2 Abwärmepotenziale aus dem Abwasser

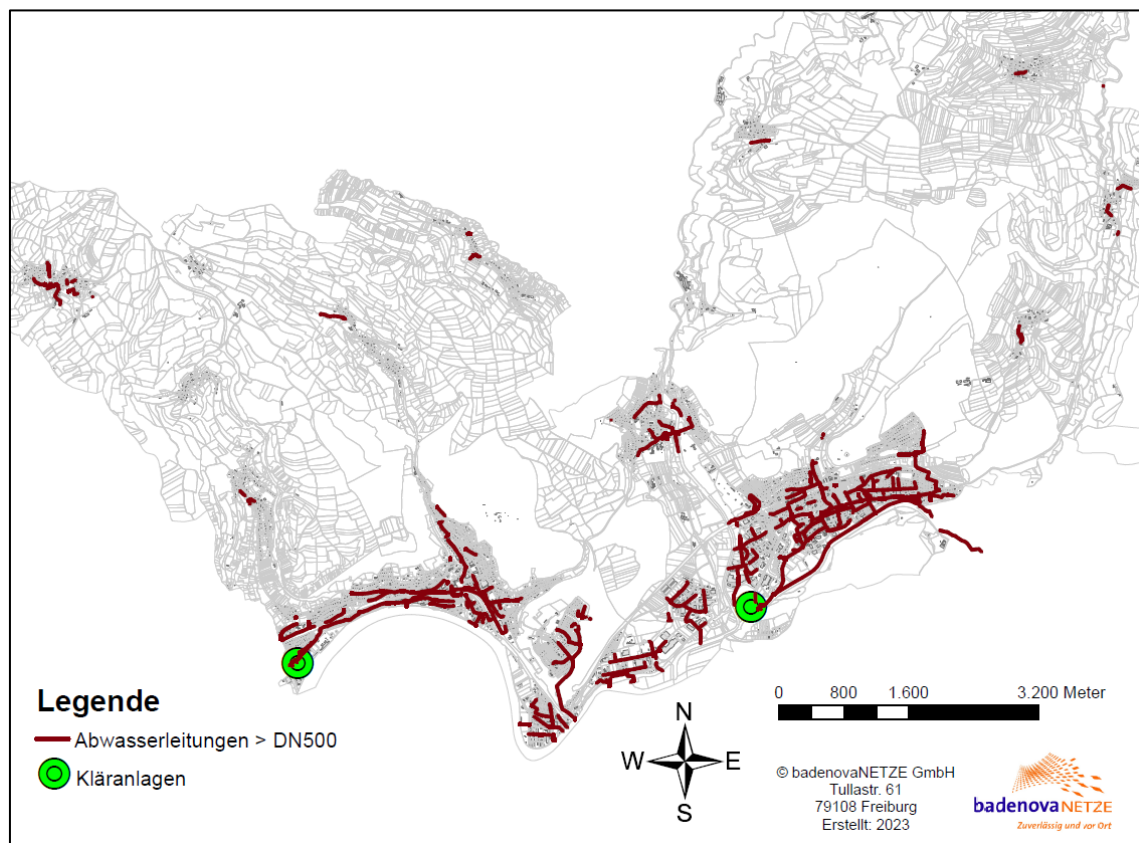
In Deutschland steht ein großes Kanalnetz mit temperiertem Abwasser zur Verfügung, welches ein großes Potenzial für die Wärmewende darstellt. Diesem in jeder Kommune vorhandenen Kanalnetz können im Abwasserkanal oder im Auslauf einer Kläranlage Wärme entnommen werden. Im Winter liegt die Temperatur in 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).

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 Wärmetauscherflächen 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 Wärmeenergie mittels einer Wärmepumpe, die die Abwasserwärme auf ein höheres Temperaturniveau bringt. Die Abwasserwärme kann 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 gGmbH (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 ortsansässige Kläranlagen bieten, im Bereich des Kläranlagenauslauf die Möglichkeit, die Abwärme des Abwassers zu nutzen. Hier muss darauf geachtet werden, dass die ablaufenden biologischen Prozesse der Kläranlage durch eine etwaige Wärmeentnahme nicht gestört werden. In Waldshut-Tiengen befindet sich eine Kläranlage im Westen Waldshuts und eine in Tiengen.

Die Kläranlage im Auweg verarbeitet eine Jahresabwassermenge von ca. 1.242.000 m³. Dabei fällt jährlich eine Menge an Faulschlamm von ca. 730 Tonnen pro Jahr an. Der Durchmesser des Auslaufs beträgt DN 900 und die Wassertemperatur beträgt über das Jahr verteilt 12-19 °C. Die ganzjährig hohen Wassertemperaturen und der große Rohrdurchmesser bieten eine optimale Grundlage für eine Abwärmenutzung. Nach eigenen Angaben des Kläranlagenbetreibers ist das Potenzial aufgrund von negativen Einflüssen der Temperaturabsenkung auf die Mikroorganismen nicht nutzbar.



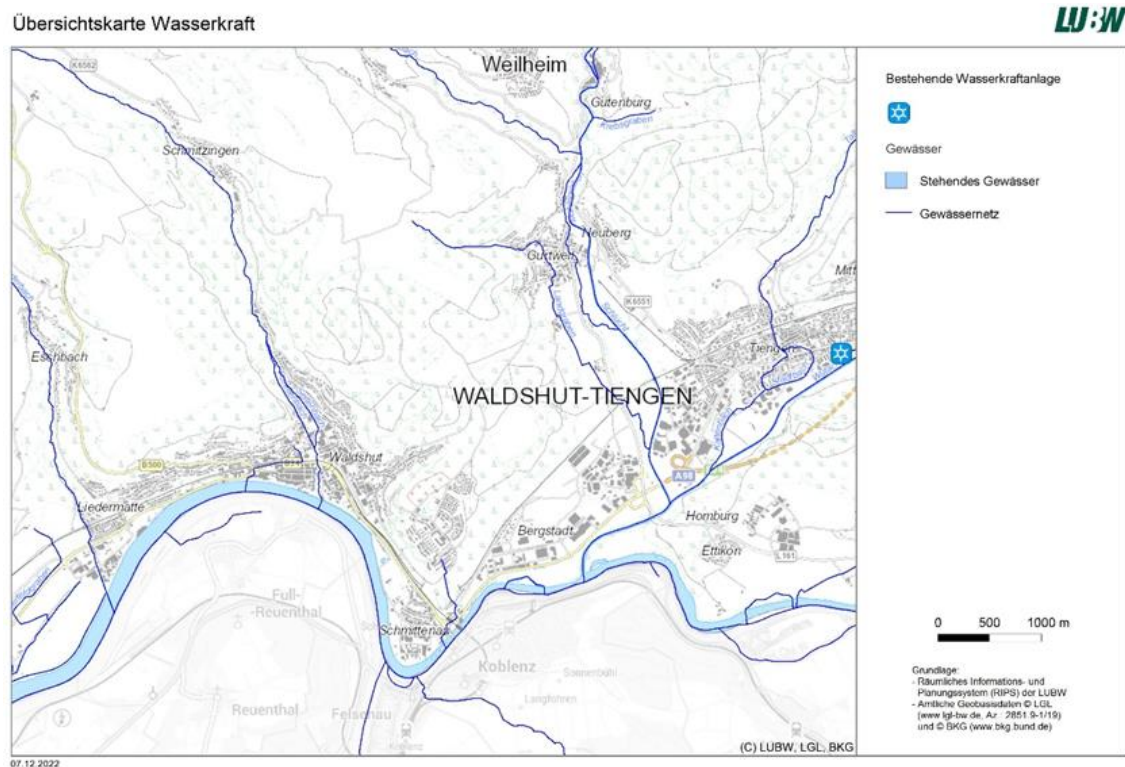
Karte 15 – Abwasserleitungen größer DN500 und Kläranlagen in Waldshut-Tiengen

3.4 Erneuerbare Energien für die Stromerzeugung

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

3.4.1 Wasserkraft

Der aktuelle Stand der Stromerzeugung aus Wasserkraft, sowie deren Potenziale, wurden auf Basis von Daten aus dem Energieatlas BW (LUBW (2020)), die aus einer Erhebung im Jahr 2016 stammen, entnommen. Diese Informationen wurden ergänzt und aktualisiert durch Daten zur Stromeinspeisung mit erneuerbaren Energien von den Stadtwerken Waldshut-Tiengen, Informationen vom Landratsamt und von der Stadtverwaltung Waldshut-Tiengen. Demnach sind in Waldshut-Tiengen zwei Wasserkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 7 kW in Betrieb (Stand 2019). Gemeinsam erzeugten diese Anlagen ca. 43 MWh Strom im Jahr 2019. Für die zweite Wasserkraftanlage lag der badenovaNETZE kein Standort vor, sodass in der Karte nur eine Anlage zu sehen ist.



Karte 16 – Wasserkraftanlagen in Waldshut-Tiengen: Bestand. Quelle: LUBW

In den letzten Jahren wurden einige Anlagen aus wirtschaftlichen und rechtlichen Gründen stillgelegt oder zurückgebaut. Laut Aussage der Experten vor Ort wird sich dieser Trend in Zukunft fortsetzen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Stromerzeugung zurückgehen wird. Ausbaupotenzial besteht generell nur dort, wo bereits ein bestehendes Wehr vorhanden ist. Nach Aussage des Landratsamtes besteht kaum Ausbaupotenzial der Wasserkraftnutzung im Stadtgebiet.

Die bereits bestehenden Anlagen decken den heutigen Stromverbrauch der Stadt Waldshut-Tiengen zu 0,04 %. Hierbei ist nicht das große Pumpspeicherkraftwerk am Rhein mitbetrachtet worden.

3.4.2 Windkraft

3.4.2.1 Standortpotenziale für Windkraftanlagen

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 Windhöffigkeit ein Grenzwert von mindestens 215 W/m² in 160 m Höhe vorausgesetzt.

Die Potenzialgebiete für Windkraft in Waldshut-Tiengen ergeben sich aus dem Verschneiden der windhöffigen Standorte und der Flächen, die nicht ausgeschlossen werden müssen.

Der neue Windatlas weist für das Stadtgebiet Waldshut-Tiengen keine geeigneten Flächen zur Nutzung der Windenergie aus. Dies bedeutet nicht, dass es unmöglich ist, in Waldshut-Tiengen eine Windkraftanlage zu errichten. Es bedeutet lediglich, dass die Anlagen hier mit großer Sicherheit nicht so wirtschaftlich attraktiv sind, wie in anderen Teilen des Landes, wie z.B. im Hochschwarzwald.

Bei der Betrachtung der Windkraftpotenziale ist zu berücksichtigen, dass der Windatlas auf modellierten Berechnungen basiert. Daher besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass es Abweichungen zu den tatsächlichen Windleistungsdichten an den spezifischen Standorten gibt. Letztlich ist nicht die Höhe der mittleren Windgeschwindigkeit für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage ausschlaggebend, sondern die Windhäufigkeitsverteilung. Für eine genaue Berechnung des energetischen Windertrages und damit auch der Wirtschaftlichkeit sind daher Langzeitmessungen der Windgeschwindigkeit nötig.

3.4.3 Photovoltaik

Mit einem Deckungsanteil von 18 % des Stromverbrauchs der Stadt leistete die Photovoltaik im Jahr 2019 bereits einen sichtbaren Beitrag zum Klimaschutz in der Stadt Waldshut-Tiengen. 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 7.2). Dabei wurden bereits installierte Anlagen vom Gesamtpotenzial abgezogen. Zudem wurden Dachflächen, die als Potenzial für die Wärmeerzeugung mit Solarthermie bewertet wurden, ebenfalls vom Gesamtpotenzial abgezogen. Bei der Potenzialanalyse wird zwischen folgenden drei Potenzialflächen unterschieden:

- Dachflächen
- Freiflächen
- Baggerseen

Die Potenziale werden dementsprechend in den folgenden drei Kapiteln dargestellt. 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. Diese Potenziale konnten im Rahmen dieser Studie nicht ermittelt werden, da die benötigten Datengrundlagen fehlen bzw. Erfahrungswerte bei neueren Technologien zum Zeitpunkt der Erstellung nicht verfügbar waren.

3.4.3.1 Stromerzeugungspotenziale auf bestehende Dachflächen

Das Dachflächenpotenzial für die Stromerzeugung mit Photovoltaik wurde anhand des Dachflächenkatasters der LUBW ermittelt. Dieses wurde auf Basis von 3-D Laserscan Daten berechnet. Dabei wurde die Größe, die Ausrichtung und die Neigung der Dachflächen berücksichtigt und bereits installierte Anlagen vom Gesamtpotenzial abgezogen.

Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden. Die Berechnung des solarenergetischen Potenzials der LUBW geht davon aus, 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.

Durch die Ausschöpfung des Dachflächenpotenzials in Waldshut-Tiengen können nach diesen Berechnungen jährlich insgesamt ca. 173.400 MWh Strom mit PV-Anlagen erzeugt werden. Dies übersteigt den Stromverbrauch der Stadt im Jahr 2019.

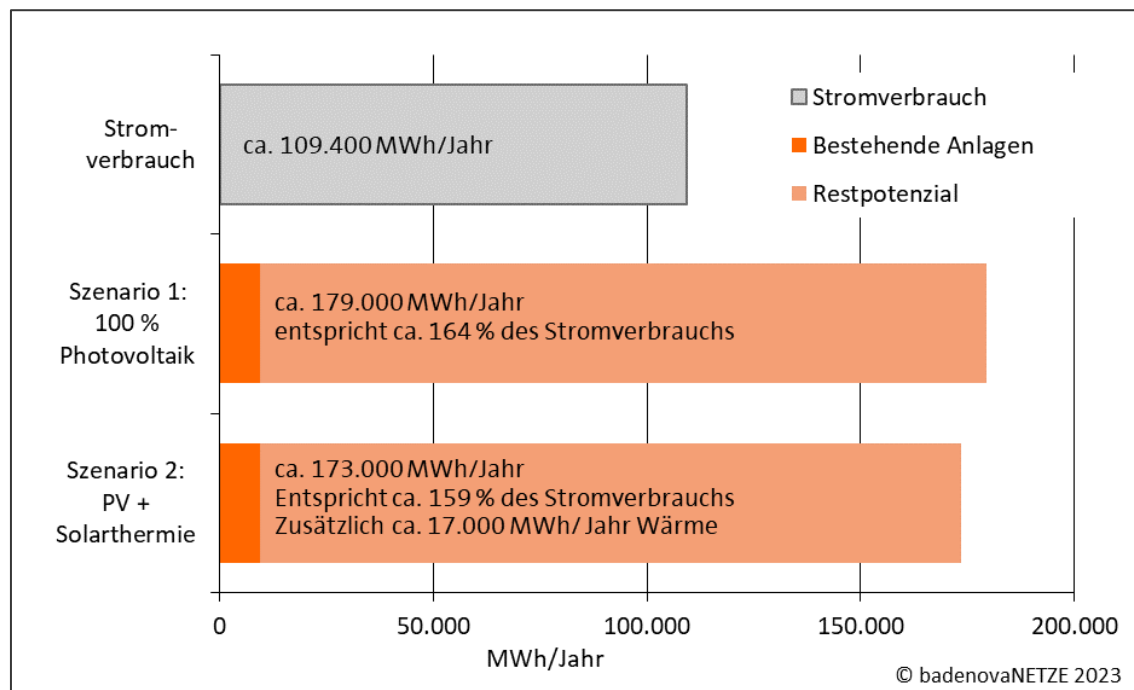


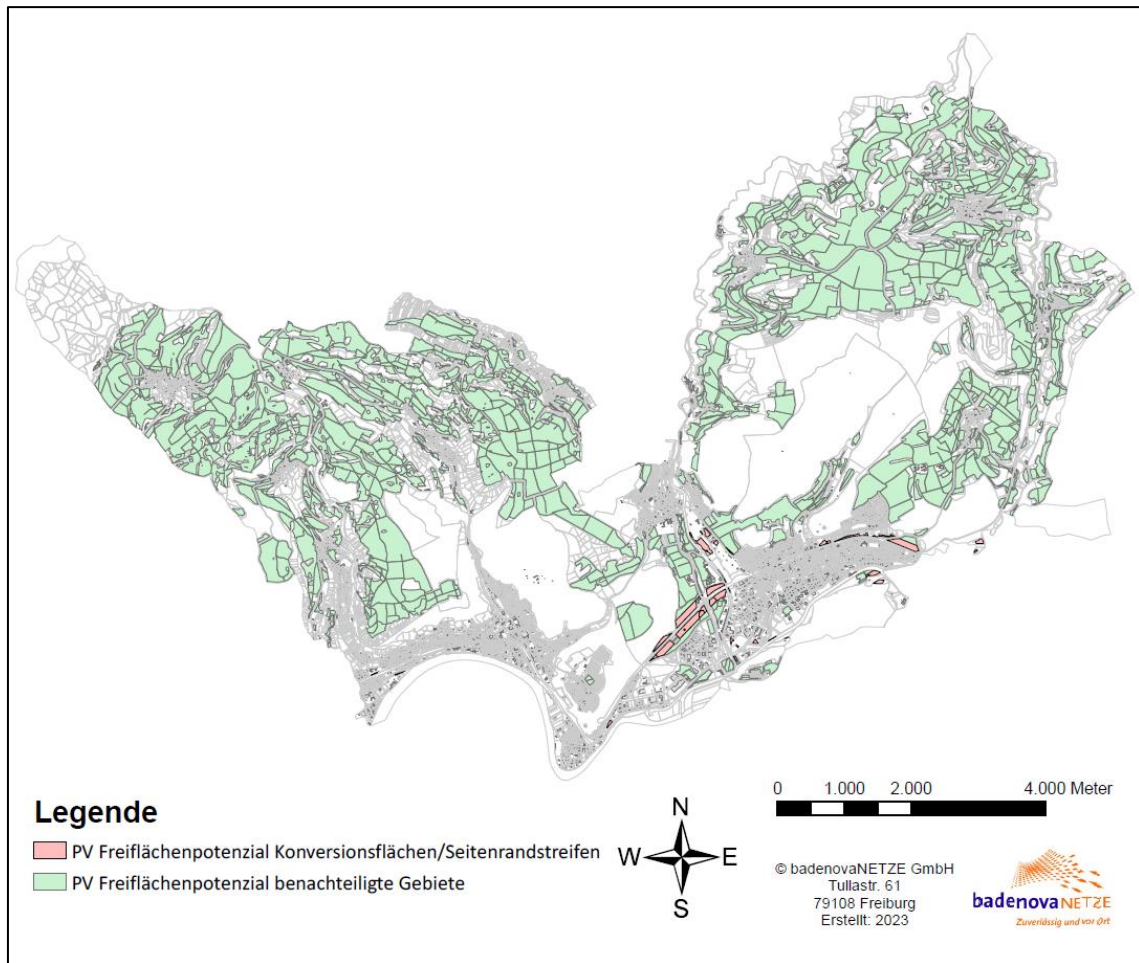
Abbildung 14 – Solarpotenzial auf Dachflächen in Waldshut-Tiengen

3.4.3.2 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. Demnach sind mehre Flächenabschnitte entlang der Bahnlinien und der Autobahn für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geeignet. Seit Wirkungsbeginn der FFÖ sind zusätzlich auch Photovoltaikanlagen auf sogenannten landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten erlaubt. Diese Flächen treten innerhalb der Gemarkung von Waldshut-Tiengen sehr häufig auf.

Darüber hinaus gelten in jedem Regionalverband andere Regeln zur Nutzung von Freiflächenphotovoltaik. Für Waldshut-Tiengen ist der Regionalverband Hochrhein-Bodensee verantwortlich. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung galt die Maßgabe, dass Grünzüge nur für Freiflächenphotovoltaik genutzt werden dürfen, falls keine andere Fläche außerhalb der Grünzüge dazu geeignet ist. Diese Regelung erschwert eine genaue Quantifizierung des Freiflächenpotenzials, da zwar viele Flächen geeignet sind, eine Abwägung gegenüber anderen Flächen jedoch gesamthaft nicht möglich ist. Somit werden in Absprache mit dem Auftraggeber zwar potenzielle Erträge berechnet. Diese werden auf Grund der rechtlichen Einschränkung nicht weiter in die Berechnung des Zielszenarios aufgenommen. In 2023/2024 ist eine Planungsoffensive inklusive eines neuen Regionalplans geplant.

Das Gesamtpotenzial (Dachflächen + Freiflächen) für Waldshut-Tiengen beträgt ca. 500-1000 GWh/Jahr (siehe Karte 17). Somit könnte durch den Ausbau der Photovoltaik (Dach + Freifläche) die Stadt ihren Energiebedarf klimaneutral decken. Hier ist jedoch zu beachten, dass viele der Flächen aktuell bereits anderweitig genutzt werden, wie z.B. durch die Landwirtschaft.



Karte 17 – Potenzialflächen für Freiflächen PV-Anlagen (Datenquellen: LUBW, badenovaNETZE GmbH)

3.5 Erneuerbare Gase

Der Power-to-Gas-Technologie (PtG) wird eine entscheidende Rolle bei der Energiewende beigemessen. In Zeiten hoher Einspeisemengen von Wind- und Solarenergie bei gleichzeitig niedrigem Bedarf kann es temporär zu einem Überangebot an Strom kommen. PtG-Anlagen machen die überschüssige Energie durch die Umwandlung von elektrischer in chemische Energie speicherbar. Speziell die Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff per Elektrolyse soll zukünftig eine große Rolle bei der Pufferung von Überkapazitäten spielen.

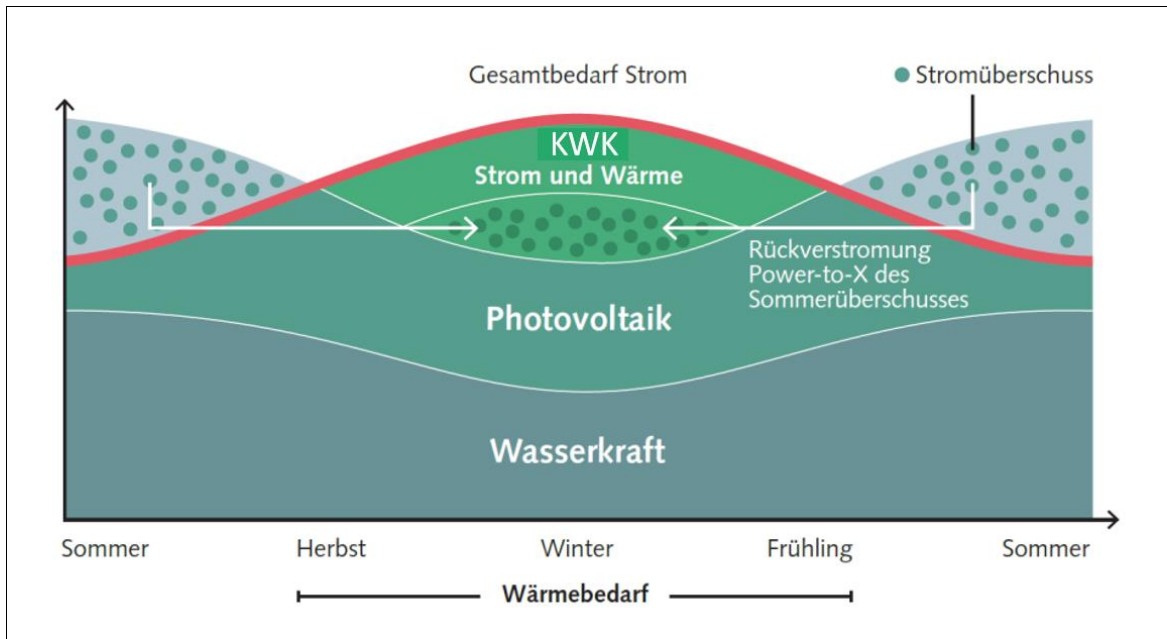


Abbildung 15 – Versorgungssicherheit durch Schließung der Winterlücke (Powerloop, 2020)

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

Außerdem kann die Speicherfähigkeit von Wasserstoff von zentraler Bedeutung für den Ausgleich der Stromnetzlast werden. 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. Zudem lässt sich Wasserstoff auch in das bestehende Gasnetz integrieren.

Die Verfügbarkeit von erneuerbaren Gasen könnte vor allem für die in Waldshut-Tiengen notwendige Prozesswärme essenziell sein. Einzelne Prozessschritte der Unternehmen vor Ort benötigen hohe Temperaturniveaus. Um diese hohen Temperaturniveaus zu erreichen, bedarf es molekülbasierter Energieträger, da hier der Elektrifizierung technische Grenzen gesetzt sind.

3.5.1 Zukünftige Verfügbarkeit von synthetischen Gasen

Wasserstoff und synthetisches Methan sind ebenso vielseitig einsetzbar wie Erdgas. Auch andere Vorteile wie die Speicherbarkeit und die vorhandene Erdgasverteilinfrastruktur können durch den Einsatz dieser Gase genutzt werden (vgl. Kapitel 4.7). Synthetische Gase werden jedoch voraussichtlich auch langfristig im Zeithorizont bis 2040 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 Erdgaseratz in Deutschland durch Wasserstoff und die bis 2030 vorgesehenen Elektrolyseleistung, die

mit staatlicher Förderung in Deutschland bzw. in der Europäischen Union (EU) aufgebaut werden soll, macht deutlich, dass mittelfristig nicht mit einer deutlichen Dekarbonisierung im Gasbereich durch Wasserstoff zu rechnen ist, auch wenn bis 2030 der Gasabsatz u.a. durch Effizienzmaßnahmen sinkt. Auch die langfristigen Perspektiven sind von hoher Unsicherheit geprägt.

3.5.2 Zukünftige Rolle von erneuerbaren Gasen

Bei der Diskussion um die Rolle von PtG in der zukünftigen Energieversorgung spielen daher Überlegungen zur sinnvollen Zuteilung eines knappen Energieträgers eine zentrale Rolle. Die höchste Priorität liegt in den Bereichen, wo Alternativen nur begrenzt oder nicht verfügbar sind. Demnach wird der Einsatz in der Industrie für die stoffliche Nutzung am höchsten priorisiert, gefolgt vom Einsatz für Hochtemperatur-Anwendungen in der Industrie und den Teilen des Verkehrssektors, die nicht durch Elektrifizierung dekarbonisiert werden können (Schiffs-, Schwerlast- und Flugverkehr). Für Niedertemperaturanwendungen wie Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten und Gewerbe können Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse eingesetzt werden. Dadurch besteht eine niedrigere Priorität für den Einsatz erneuerbarer Gase, so dass kein flächendeckender Einsatz von erneuerbaren Gasen bis zum Jahr 2040 zu erwarten ist. Zu dieser Einschätzung kommen auch folgende zwei Studien:

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

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

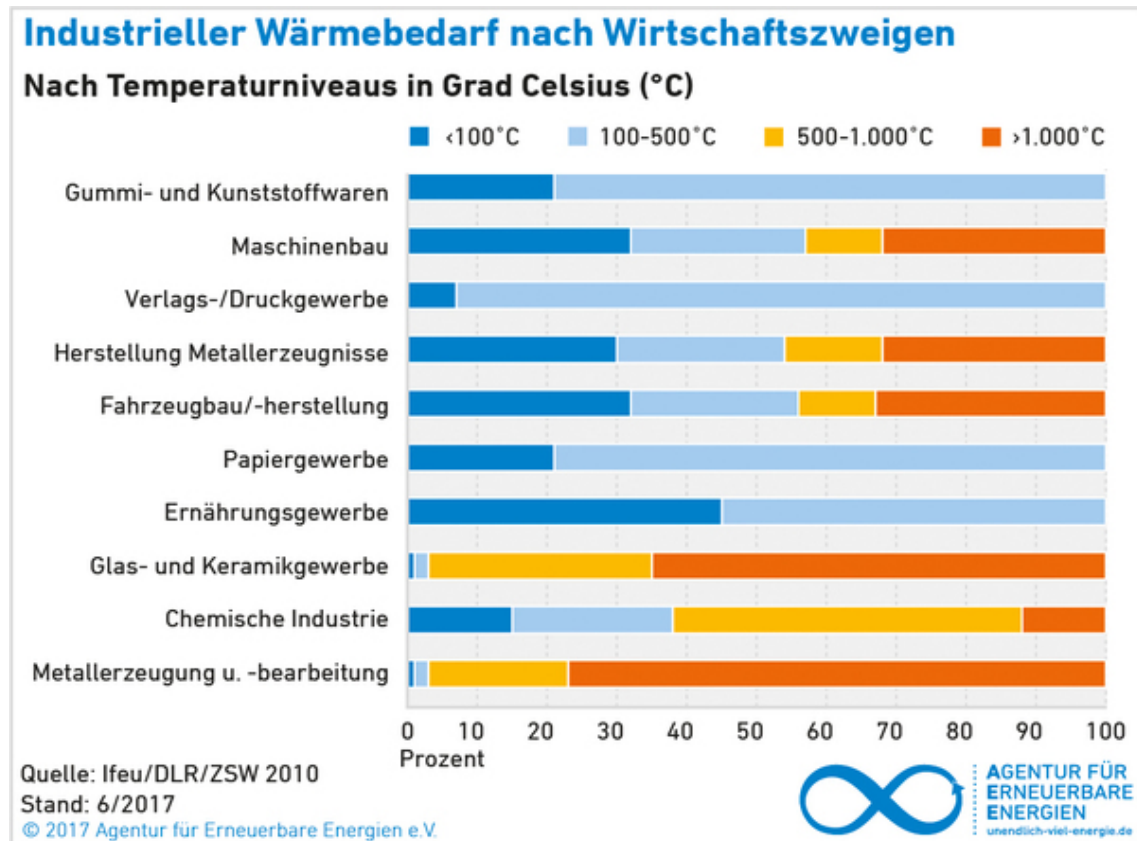


Abbildung 16 – Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen (Agentur für erneuerbare Energien, 2017)

3.6 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenziale für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen sowie die Potenziale für erneuerbare Wärme sind in Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt. Daraus lässt sich ableiten, dass die Potenziale im Strombereich theoretisch ausreichend sind, um den heutigen Strombedarf in Waldshut-Tiengen erneuerbar zu decken. Auf der anderen Seite sind die in der Grafik zur Wärmeherzeugung dargestellten Potenziale nicht ausreichend, um die aktuell benötigte Wärmemenge bereitzustellen. Das bedeutet, dass der Wärmebedarf der Stadt deutlich gesenkt werden muss, um das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung zu gewährleisten. Zum anderen müssen weitere Potenziale herangezogen werden, die in dieser Grafik bisher nicht auftauchen. Ein wesentlicher Schlüssel bei der Umstellung der Wärmeversorgung könnte die thermische Nutzung des Rheinwassers mittels einer Großwärmepumpe sein. Diese Technologie bietet große Potenziale, da sie enorme Mengen an Wärmeenergie bereitstellen kann, die per Wärmenetz in die Haushalte überführt werden kann. Auch industrielle Abwärme oder Abwärme aus Abwasserkanälen oder Kläranlagen können lokal wirtschaftlich sinnvolle Alternativen darstellen. Für energieintensive Unternehmen können grüne Gase zukünftig eine Alternative zu fossilen Energieträgern darstellen.

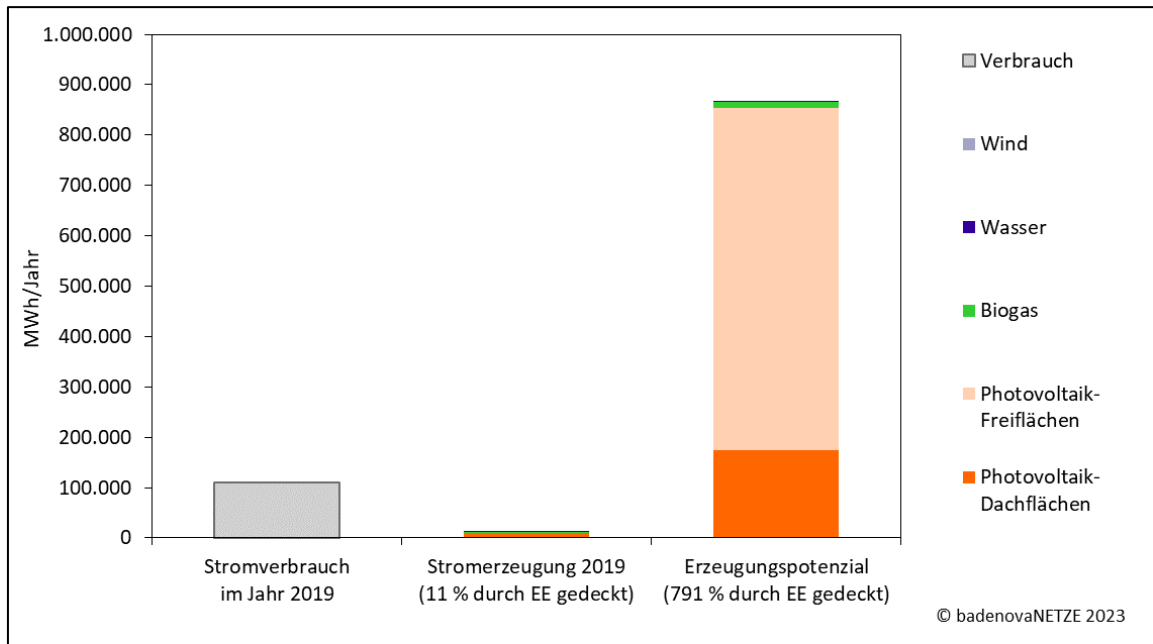


Abbildung 17 – Erneuerbare Strompotenziale in Waldshut-Tiengen

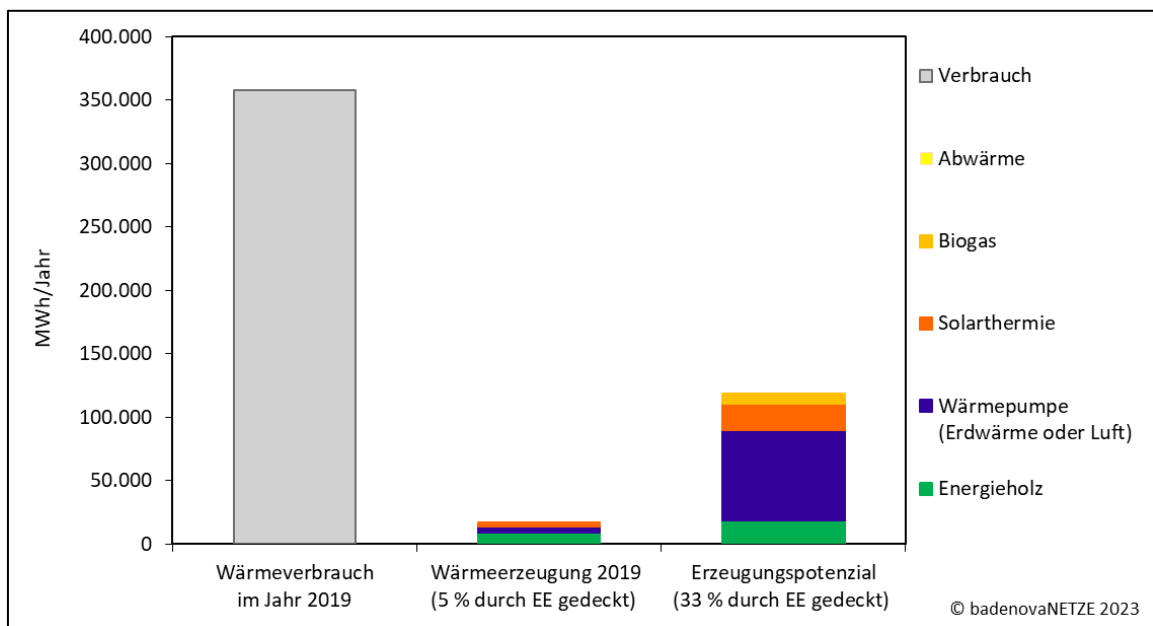


Abbildung 18 – Erneuerbare Wärmepotenziale in Waldshut-Tiengen

In Tabelle 7 sind die Potenziale der Stadt Waldshut-Tiengen zur Erzeugung von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien übersichtlich zusammengefasst.

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Biomasse	Biogas	Stromerzeugung Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	9.500 MWh el.
	Energieholz	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	14.000 MWh
Oberflächennahe Erdwärme	Erdwärmesonden	Dezentrale Wärmeversorgung	39.000 MWh/Jahr ab 2021 45.900 MWh/a ab 2030 49.300 MWh/a ab 2040
	Grundwasserbrunnen	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	Max. 3,5 MW thermische Leistung bei 10 Brunnen
Tiefengeothermie	Hydrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung	Auf Grund der geologischen Gegebenheiten nicht empfohlen
	Petrothermale Geothermie	Zentrale Wärmeversorgung bei gleichzeitiger Stromerzeugung	Verfahren wird in Baden-Württemberg nicht genehmigt
Solarthermie	Solarthermie auf Dachflächen	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	17.100 MWh/Jahr
	Solarthermie auf Freiflächen	Zentrale Wärmeversorgung	Zur Versorgung von Wärmenetzen möglich. Müssen in der Nähe zu Wärmeabnehmern liegen.
Umweltwärme	Luft	Zentrale/ dezentrale Wärmeversorgung	85.320 MWh/Jahr
Abwärme	Gewerbe	Zentrale Wärmeversorgung	Potenzial ist bei sieben Betrieben vorhanden. Jedoch nicht näher beziffert.
	Abwasser	Zentrale Wärmeversorgung	Anwendbar in den Kanälen >DN 500. Abkühlung von 1m ³ Wasser um 1 Kelvin ergibt 1,5 kWh
Windkraft	Wind	Stromerzeugung	Laut LUBW-Atlas keine Potenziale im Stadtgebiet
Wasserkraft	Fließgewässer	Stromerzeugung	43 MWh/Jahr

Energiequelle		Anwendungsbereich	Erzeugungspotenzial
Photovoltaik	Dachflächen	Stromerzeugung	173.400 MWh/Jahr
	Freiflächen	Stromerzeugung	>500.000 MWh/Jahr, jedoch rechtliche Einschränkungen und Konkurrenznutzungen der Flächen
	Baggerseen	Stromerzeugung	-

Tabelle 7 – Übersicht der nutzbaren Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien in Waldshut-Tiengen

4. Zielbild: Klimaneutraler Gebäudebestand 2040

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse, der 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 Waldshut-Tiengen bis zum Jahr 2040 beschrieben. Dabei gilt das Ziel des Landes Baden-Württemberg, bis zum Jahr 2040 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Das Zielszenario ist hier nicht als Prognose, sondern als ein möglicher Entwicklungspfad zu verstehen, der notwendig ist, um bis zum Jahr 2040 weitgehende Treibhausgasneutralität im Gebäudebestand zu erreichen. Es fließen die klimapolitischen Zielsetzungen des Landes und der Stadt Waldshut-Tiengen 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 weitestgehend und so sinnvoll wie möglich bis zum Jahr 2040 ausgeschöpft werden.

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

Wichtiger Bestandteil des Zielszenarios ist auch die räumliche Beschreibung der zukünftigen Wärmeinfrastruktur der Stadt Waldshut-Tiengen. Hierzu wurde auf Basis der umfangreichen Datenauswertungen die gesamte Stadt in Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung eingeteilt. Diese zeigen in welchen Bereichen der Stadt perspektivisch eine Wärmenetzinfrastruktur und in welchen Bereichen dezentrale Einzelheizungen aus- und aufgebaut werden sollen.

Zudem wird im Folgenden die bevorstehende Transformation des bestehenden Erdgasnetzes und das Thema erneuerbare Gase erläutert.

4.1 Berechnungsgrundlagen des Zielszenarios

Das Zielszenario baut auf der Energie- und THG-Bilanz aus der Bestandsanalyse auf. Deshalb liegt der Fokus auf den energiebedingten Treibhausgasemissionen. Die Ergebnisse des Zielszenarios 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 2019. Das Zieljahr ist analog zum Ziel der Klimaneutralität in Baden-Württemberg das Jahr 2040 mit dem Zwischenziel 2030.

Höchste Priorität bei der Erstellung des Zielbilds hatte die Einbindung und Verwendung lokaler Daten aus Waldshut-Tiengen. 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 der Stadtwerke Waldshut-Tiengen eingebunden.

Die lokalen Daten wurden ergänzt durch Werte aus der Studie Baden-Württemberg Klimaneutral 2040 (Nitsch & Magosch, 2021). Diese Studie wurde ausgewählt, da sie

- eine weitreichende und zugängliche Datenbasis enthält,
- sämtliche Energieträger betrachtet,
- das Ziel der Klimaneutralität für 2040 aufweist,

- spezifisch auf das Land Baden-Württemberg ausgerichtet ist und
- eine hohe Aktualität aufweist.

4.1.1 Definition der Klimaneutralität

Das Europäische Parlament gibt folgende Definition der Klimaneutralität:

- „Klimaneutralität bedeutet, ein Gleichgewicht zwischen Kohlenstoffemissionen und der Aufnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in 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 nicht realistisch ist, da erneuerbare Energieträger auch zukünftig einen geringen THG-Emissionsfaktor aufweisen, müssten zur Erreichung der Klimaneutralität Restemissionen kompensiert werden. Konkret heißt das, dass sie an einer anderen Stelle einer Kohlenstoffsinke zugeführt werden müssten.

4.1.2 Berechnungsgrundlagen zur Deckung des Wärmebedarfs

Folgende Annahmen wurden bei der Szenarienentwicklung für die kommunale Wärmeplanung der Stadt Waldshut-Tiengen angenommen:

- 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).
- Wasserstoff wird bis zum Jahr 2040 ausschließlich im Sektor verarbeitendes Gewerbe zur Deckung des Prozesswärmebedarfs eingesetzt und Heizöl und Erdgas ersetzen. Inklusiv angenommener Reduktion des Verbrauchs im Sektor Wirtschaft (Nitsch & Magosch, 2021) wird der benötigte Wasserstoffbedarf im Wärmebereich auf ca. 46.900 MWh/Jahr geschätzt. Dieser muss entweder vor Ort mit Überschussstrom 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 Waldshut-Tiengen ca. 71.500 MWh Umweltwärme benötigt, die primär in Wohngebäuden zum Einsatz kommt und dezentrale, fossile Energieerzeuger ersetzen wird.
- Gebiete mit Eignung für zentrale Wärmeversorgung werden zukünftig größtenteils über Wärmenetze versorgt.
- Für die kommunalen Liegenschaften wurde ein Zielwert von 50 % des aktuellen Wärmebedarfs bis 2040 angesetzt.

4.1.3 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. Zu

2040Werte für Energieträger, die nicht im Technikkatalog enthalten waren, wurden anhand weiterer Quellen ergänzt. Die für das Zielszenario der Stadt Waldshut-Tiengen verwendeten Emissionsfaktoren sind in Abschnitt 7.6 dargestellt.

4.2 Zukünftiger Wärmebedarf 2030 und 2040

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

- 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 Waldshut wächst durch Bevölkerungswachstum und der Erschließung von Neubaugebieten. Damit wird in Zukunft die beheizte Gebäudefläche in der Stadt ebenfalls wachsen. Da keine konkreten Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung der Stadt Waldshut-Tiengen vorlagen, wurde die relative Bevölkerungsentwicklung des Landes Baden-Württemberg bis zum Jahr 2040 für die Berechnung verwendet.
- Der Wärmebedarf für die Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie sinkt bis zum Jahr 2040 aufgrund energetischer Sanierung der Gebäude und durch Effizienzmaßnahmen zur Prozesswärmereduktion (Nitsch & Magosch, 2021).

Durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand und durch Effizienz- und Einsparmaßnahmen im Wirtschaftssektor sinkt der Gesamtwärmeverbrauch im Zielszenario bis zum Jahr 2040 um ca. 27 % gegenüber dem Jahr 2019. Abbildung 19 zeigt die Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Waldshut-Tiengen aufgeteilt nach den Sektoren private Haushalte, Gewerbe und Sonstiges, dem Industriesektor (Prozesswärme und Raumwärme) sowie kommunale Liegenschaften.

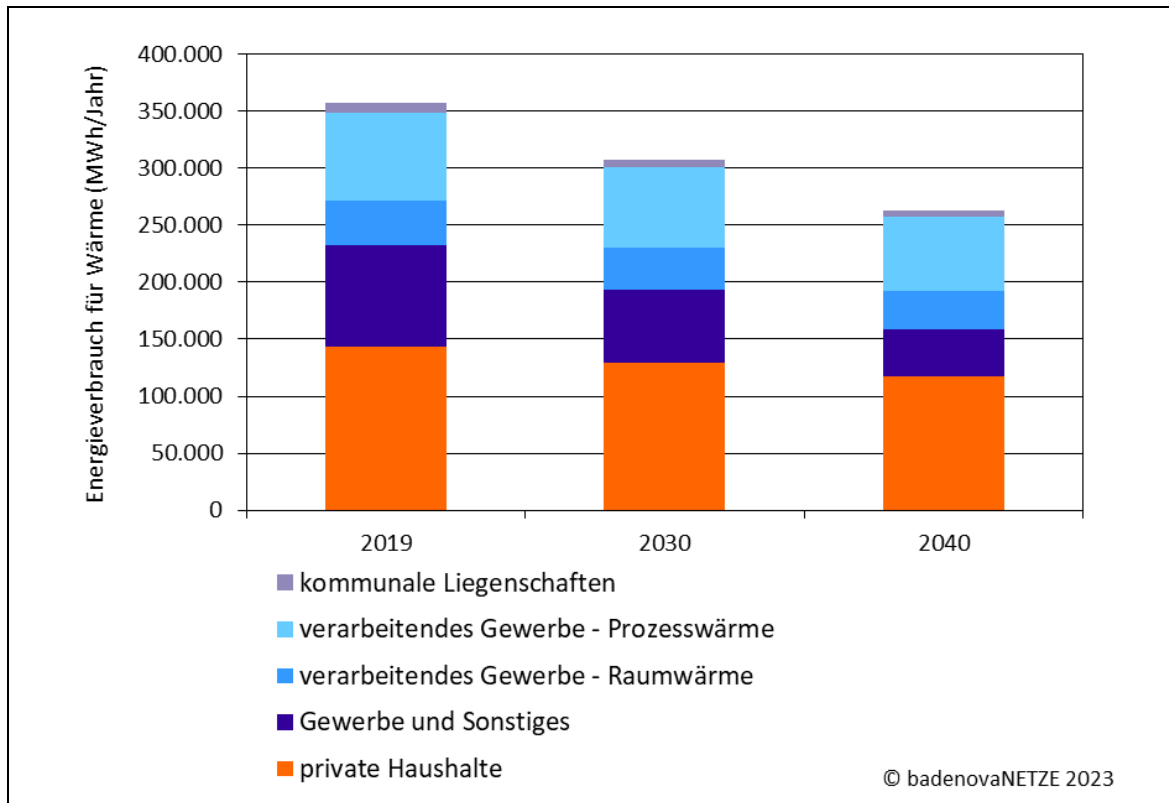


Abbildung 19 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Sektoren im Zielszenario

4.3 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern

Nach der Ermittlung des zukünftigen Wärmeverbrauchs der Sektoren 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 4.6.). Hierzu wurden die Stadtwerke Waldshut-Tiengen konsultiert.

Um den klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, sollten ab dem Jahr 2040 keine fossilen Energieträger mehr zum Einsatz kommen. In den Gebieten für dezentrale Wärmeversorgung werden primär Wärmepumpen genutzt, während die zentrale Wärmeversorgung durch einen Energiemix aus verschiedenen Energieträgern sichergestellt wird. Hierfür wird angenommen, dass neben Biomasse/Energieholz auch Solarthermie-Anlagen und Großwärmepumpen genutzt werden. Zudem wird davon ausgegangen, dass perspektivisch die Einbindung von Abwärme aus Industrie- und Gewerbebetrieben oder Abwasserkanälen möglich ist.

Abbildung 20 zeigt, wie sich die Zusammensetzung der Energieträger in Waldshut-Tiengen für eine zentrale Wärmeversorgung entwickeln kann. Während heute in bestehenden Wärmenetzen und KWK-Anlagen ausschließlich Erdgas eingesetzt wird, werden die bestehenden und perspektivischen Wärmenetze in Zukunft mit erneuerbaren Energieträgern gespeist werden. Neben dem Energieträgermix verändert sich auch die Menge: Der Anteil der Wärme, der mittels einer zentralen Wärmeversorgung bereitgestellt wird, steigt deutlich von 7 % im Jahr 2019 auf 44 % im Jahr 2040.

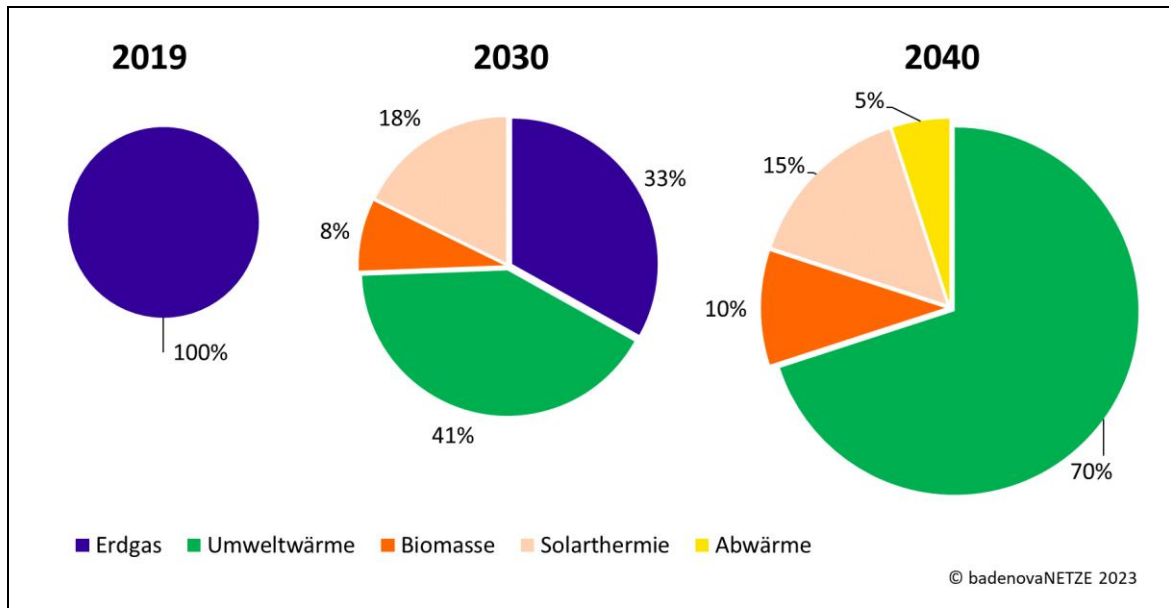


Abbildung 20 – Entwicklung des Energieträgermixes der zentralen Wärmeversorgung in Waldshut-Tiengen (Fernwärme)

Abbildung 21 zeigt die Entwicklung des Wärmeverbrauchs detailliert nach Energieträger. Neben der Senkung des Wärmeverbrauchs wird deutlich, dass die Wärmeversorgung in Zukunft dekarbonisiert werden wird. Hierzu werden unterschiedliche lokale erneuerbare Energieträger eingesetzt, während die Anteile der fossilen Energieträger, z.B. Erdgas und Heizöl, im Verlauf sinken.

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

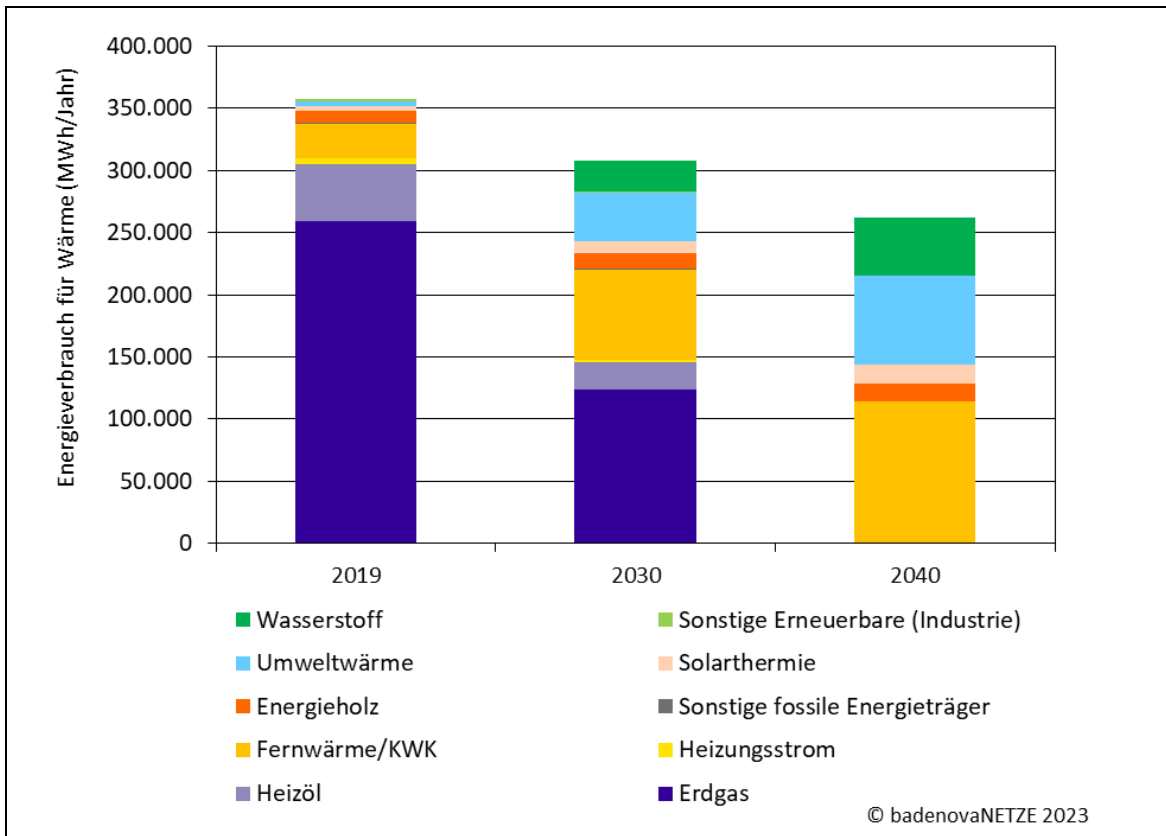


Abbildung 21 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Energieträger im Zielszenario

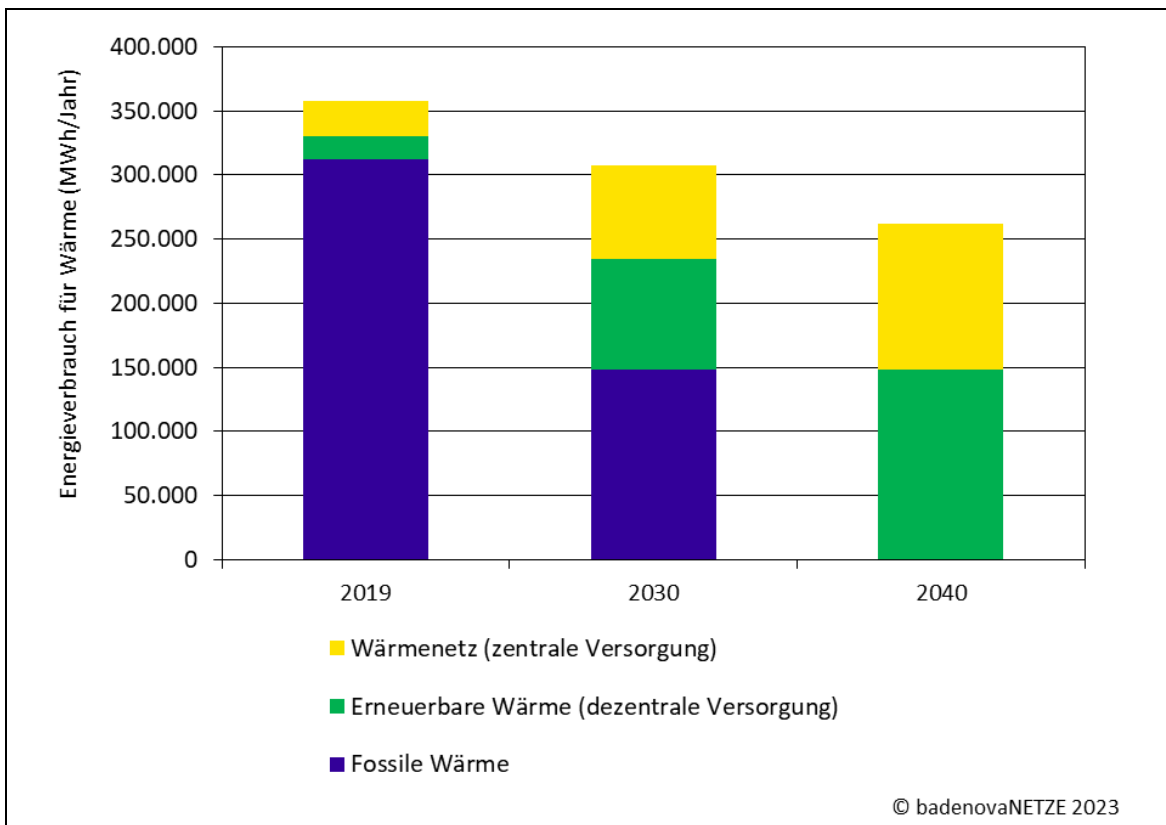


Abbildung 22 – Entwicklung des Energieverbrauchs für Wärme nach Erzeugungsart im Zielszenario

Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen detailliert die Entwicklung des Wärmeverbrauchs nach Sektoren und Energieträger, zunächst für das Jahr 2030 und in Folge für das Jahr 2040.

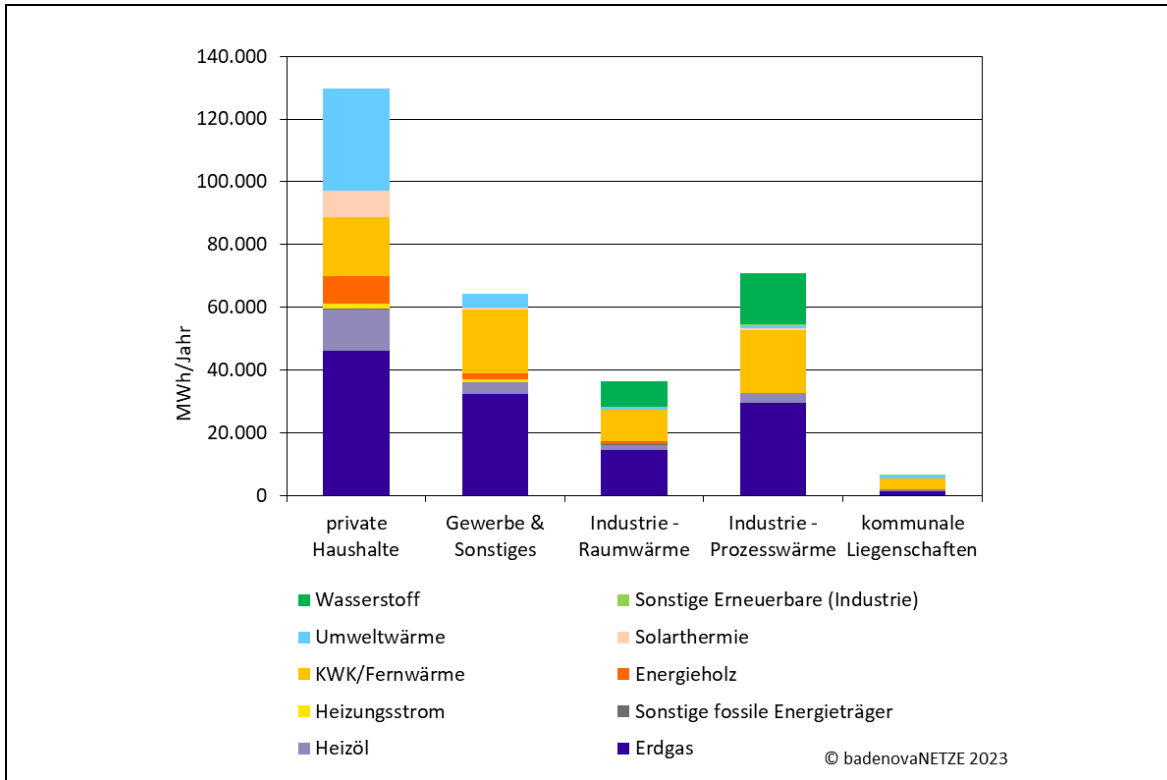


Abbildung 23 – Energieverbrauch für Wärme nach Sektor und Energieträger im Jahr 2030

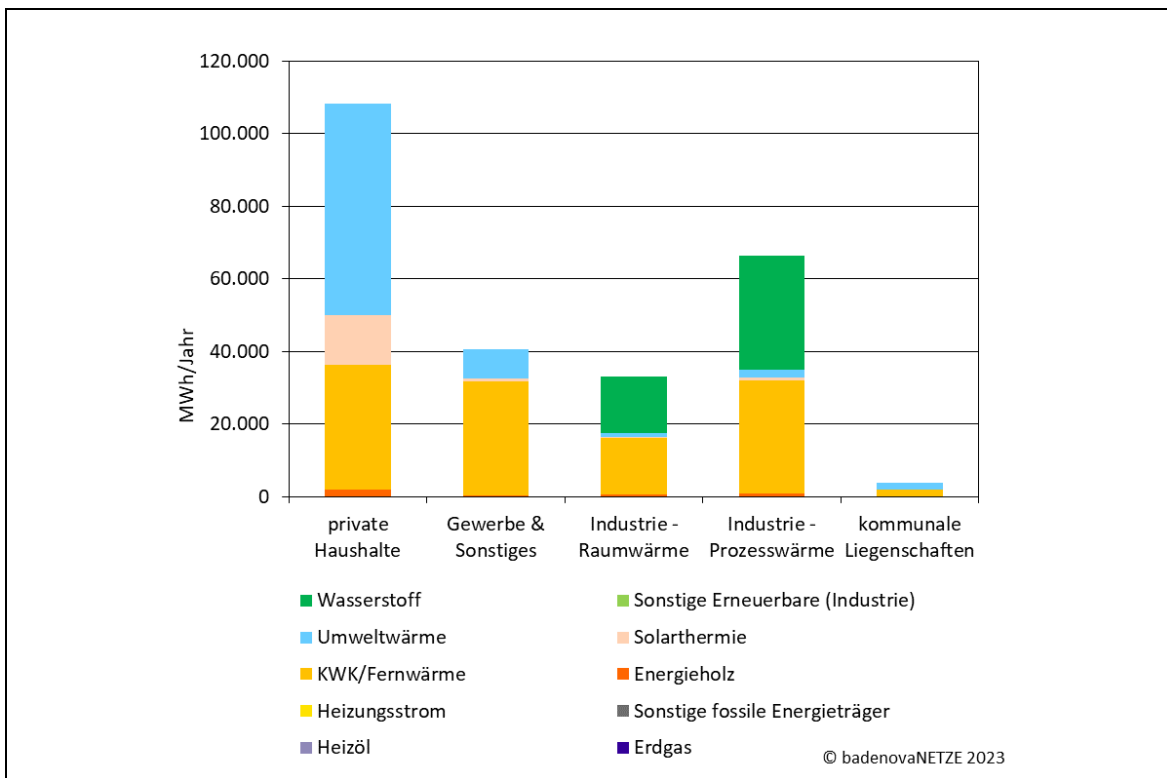


Abbildung 24 – Energieverbrauch für Wärme nach Sektor und Energieträger im Jahr 2040

4.4 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 Wärmeerzeugung der Stadt Waldshut-Tiengen im Jahr 2040 THG-Emissionen von insgesamt ca. 5.060 t CO_{2e} (wärmebedingte THG-Emissionen im Jahr 2019: 85.540 t CO_{2e}). Das bedeutet, dass im Vergleich zum Jahr 2019 die Emissionen in der Stadt Waldshut-Tiengen um insgesamt etwa 94 % sinken müssen bzw. um jährlich ca. 3.800 t CO_{2e} gesenkt werden müssen, um das Ziel bis zum Jahr 2040 zu erreichen.

Abbildung 25 zeigt, analog zur Entwicklung der Energieträger im Zielszenario (vgl. Abbildung 21), wie sich die Entwicklung der THG-Emissionen durch die Wärmeerzeugung in der Stadt bis 2030 und 2040 darstellt. Es wird deutlich, dass die Reduktion und der Ersatz fossiler Energieträger durch lokale erneuerbare Energien zu einer Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung in Waldshut-Tiengen führen können.

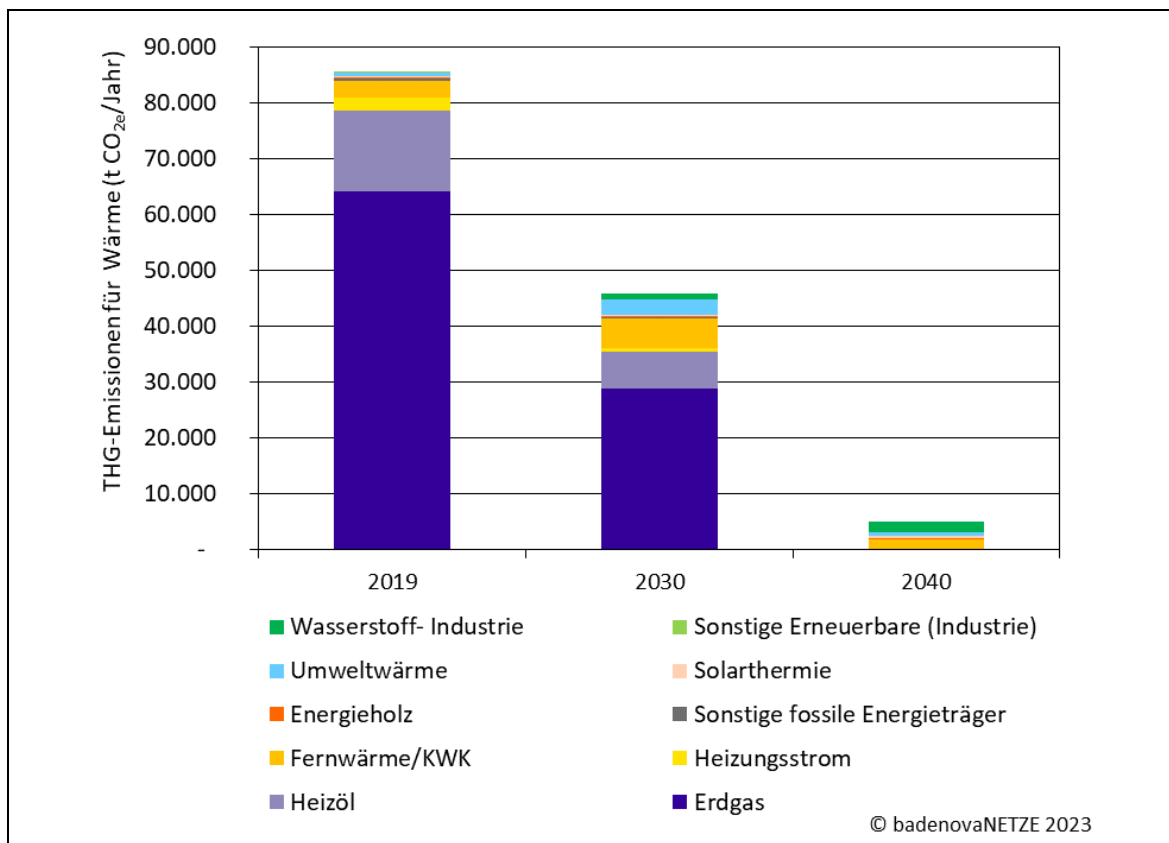


Abbildung 25 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen im Zielszenario bis zum Jahr 2040

Abbildung 26 fasst die Energieträger für einen besseren Überblick nach Erzeugungsart zusammen, wobei wieder nach fossiler und erneuerbarer Wärmeerzeugung mit Einzelheizungen (dezentrale Wärmeerzeugung) sowie nach der Wärmeerzeugung aus Wärmenetzen (zentrale Wärmeerzeugung) unterschieden wird.

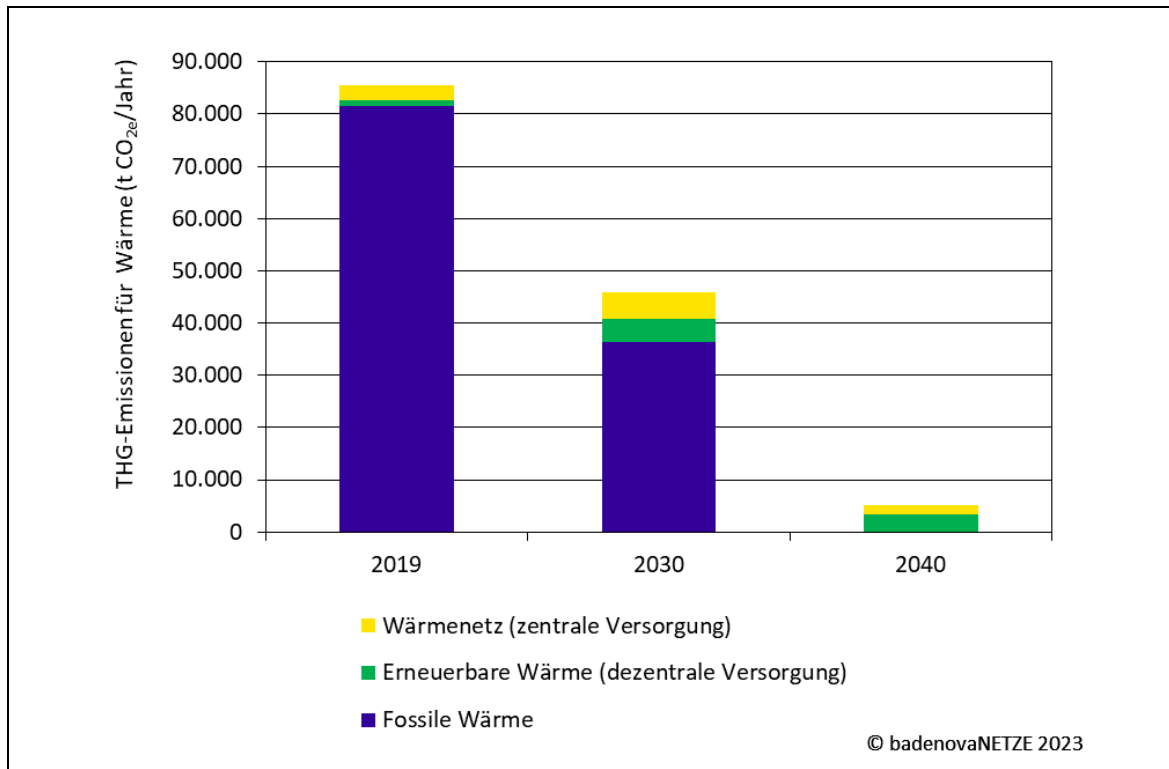


Abbildung 26 – Entwicklung der wärmebedingten THG-Emissionen, summiert nach Erzeugungsart

4.5 Strombedarfsdeckung zur Wärmeerzeugung im Zielszenario

Das Zielszenario zeigt, dass der Strombedarf für die Wärmeerzeugung durch den zukünftigen Einsatz von Wärmepumpen stark steigen wird, von 1.194 MWh im Jahr 2019 auf rund 20.425 MWh im Jahr 2040. Diese Zahl beinhaltet nur die Wärmepumpen, die dezentral in den dafür geeigneten Gebäuden zum Einsatz kommen. Der Strom für die Versorgung der Wärmenetze, wie z.B. Großwärmepumpen würde schätzungsweise zu einer Verdopplung dieser Menge führen. Dabei ist zu beachten, dass im Gegenzug große Mengen fossiler Brennstoffe nicht mehr benötigt würden und somit die THG-Emissionen signifikant sinken würden. Der THG-Emissionsfaktor wird bis zum Jahr 2040 durch die erhöhte Einspeisung von erneuerbarem Strom stark sinken.

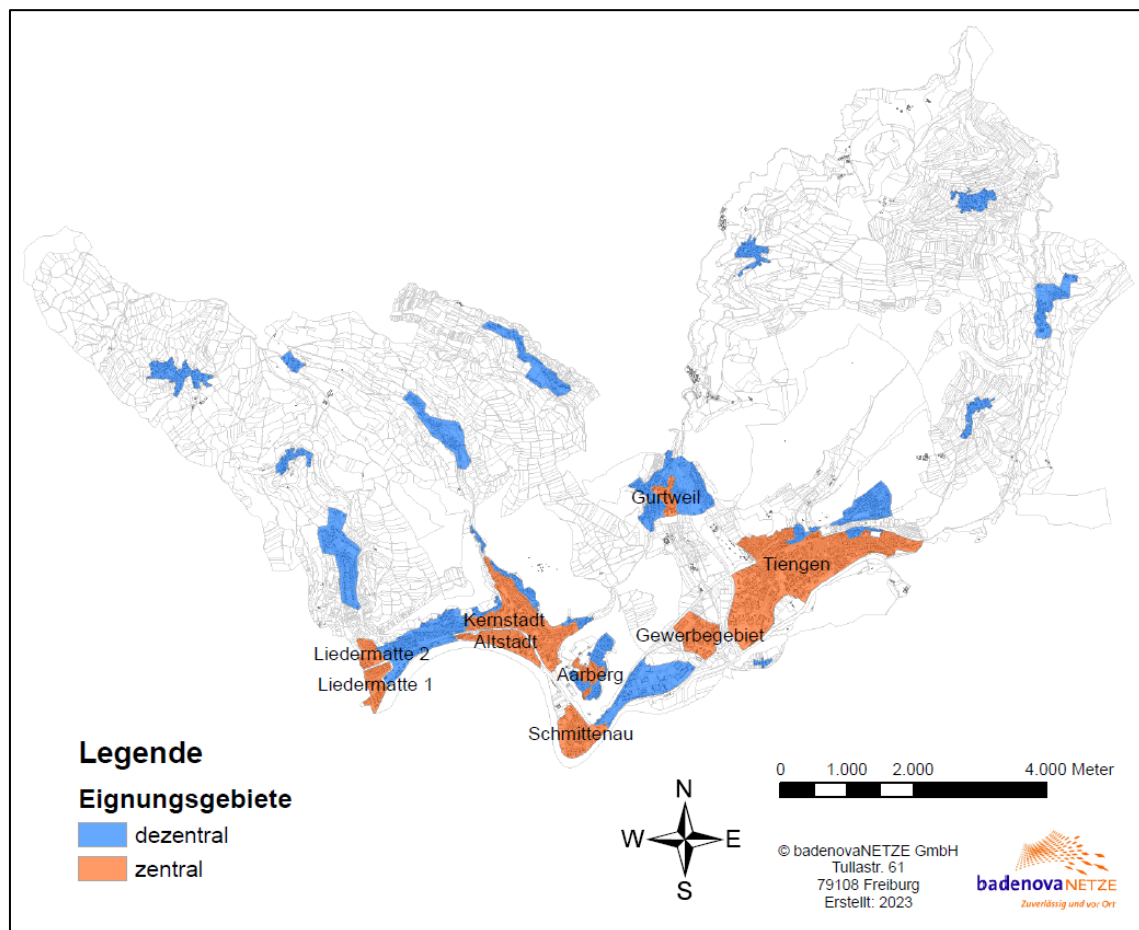
4.6 Zukünftige Versorgungsstruktur 2030 und 2040

Für eine zielgerichtete Beschreibung der zukünftigen Versorgungsstruktur für die Jahre 2030 und 2040 wurde die gesamte Stadt Waldshut-Tiengen in Eignungsgebiete zur zentralen und dezentralen Versorgung aufgeteilt. Die Eignungsgebiete für zentrale Wärmeversorgung sind als Gebiete mit 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, bestehende Wärmenetze)

- Lokale Abwärmepotenziale
- Lokale Potenziale erneuerbarer Energien
- Großverbraucher oder öffentliche Liegenschaften als Ankerkunden
- Siedlungs- und Besitzstrukturen (z.B. viele öffentliche Gebäude)
- Potenzielle Heizzentralenstandorte
- Mehrfamilienhäuser
- Geringe Eignung für dezentrale Wärmepumpen

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 innerhalb des Wärmebeirats vorgestellt und diskutiert. Die Eignungsgebiete für eine zentrale und dezentrale Wärmeversorgung sind in Karte 18 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 aufgezeigt werden.



Karte 18 – Einteilung der Stadt Waldshut-Tiengen in zentrale und dezentrale Eignungsgebiete

4.6.1 Energiespeicher

Die Entwicklung des zukünftigen Energieverbrauchs wird im Zielszenario bilanziell über den Zeitraum von einem Jahr berechnet und dargestellt. Saisonale und tagesbedingte Schwankungen, wie beispielsweise der erhöhte Wärmebedarf im Winter und der daraus resultierende höherer

Strombedarf durch Wärmepumpen 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 Waldshut-Tiengen durchaus berücksichtigt werden. In den folgenden Abschnitten werden deshalb solche Speicher, die in Waldshut-Tiengen 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 (großen Energiemengen), wie sie zum Beispiel eine Großstadt benötigt, müssten erneuerbare Gase (rot: Power-to-Gas) zum Einsatz kommen. Die zukünftige Rolle dieser Gase wird in Abschnitt 4.7 erläutert. Für die Wärmewende in Waldshut-Tiengen werden vor allem kleine bis große Wärmespeicher (orange), sowie auf Grund der Sektorenkopplung, Stromspeicher entscheidend sein.

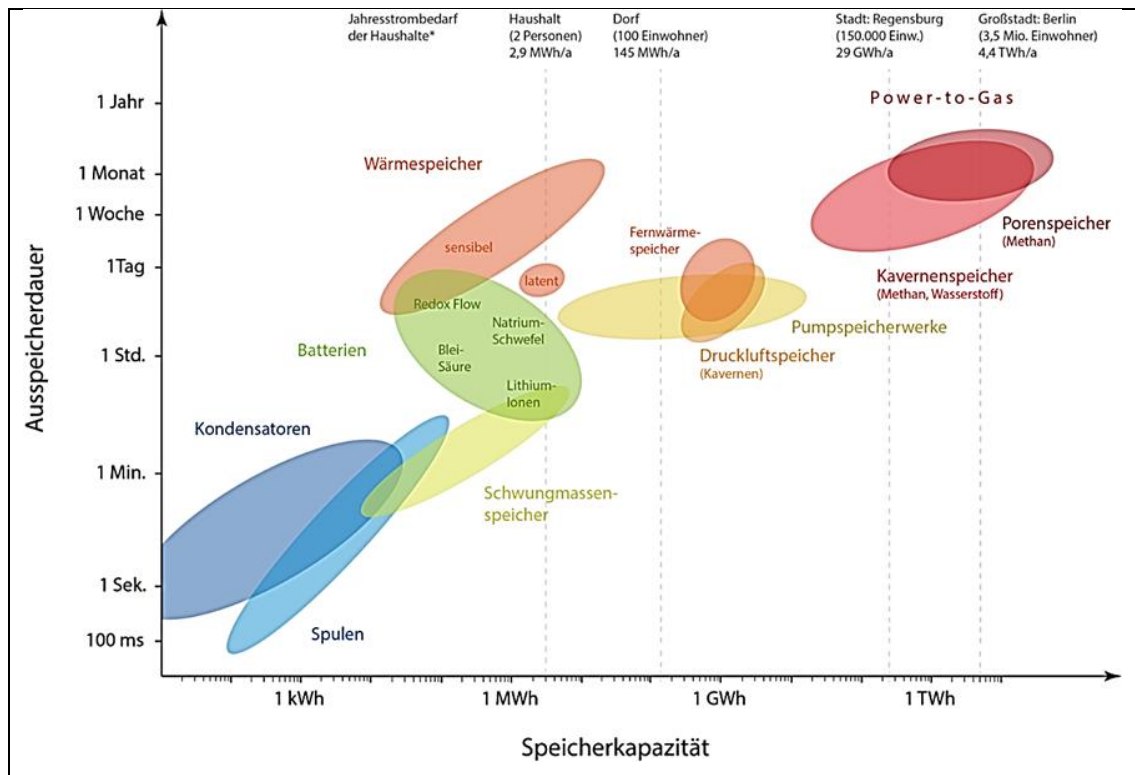


Abbildung 27– Übersicht der Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien (Sterner & Stadler, 2014)

4.6.1.1 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.

- Sorptionspeicher

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

4.6.1.2 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 PV- oder Windanlagen mit Speichersystemen kombiniert, wird nicht integrierbarer Strom gespeichert und steht bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung. Dadurch sind Stromspeicher in der Lage:

- 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 (dena, (2022)).

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

4.7 Transformation des Erdgasnetzes

4.7.1 Szenarien der Erdgastransformation

Die im Zielbild abgebildeten Entwicklungen zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Stadt Waldshut würden auch erhebliche Auswirkungen auf die bestehende Gasinfrastruktur implizieren. Faktisch spielt Erdgas in dem Szenario keine Rolle mehr im Jahr 2040. 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. (Gesetzesbezug herstellen). 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 der 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 Waldshut 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.

4.7.2 Klimaneutrale Gasnetztransformation

Als Inhaber der Erdgaskonzession in Waldshut-Tiengen beschäftigt sich badenovaNETZE bereits strategisch im Rahmen des Gasnetzgebietstransformationsplans (GTP) als einer von 180 Netzbetreibern mit der zukünftigen Rolle des Gasnetzes. Der GTP hat zum Ziel bis zum Jahr 2025 eine Investitionsplanung vorliegen zu haben. Dabei werden die Kundenbedarfe, die dezentrale Einspeisesituation, die Eignung der Netze für den Umstieg auf Wasserstoff, sowie Belieferung durch vorgelagerte Netzbetreiber untersucht. Die Ergebnisse zeigen unter anderem, dass bereits jetzt über 95 % der Rohrleitungen aus wasserstofftauglichen Materialien bestehen.

Im ersten Ergebnisbericht aus dem GTP wurden die Netzbetreiber nach ihren Erwartungen und Planungen bzgl. Umstellung der Gasnetze auf Wasserstoff befragt. Hier ist zu erkennen, dass im Raum Südbaden und im Raum Waldshut-Tiengen eine flächendeckende oder zonenhafte Umstiegszone erst zwischen 2040 und 2045 erwartet wird. Somit ist für die Stadt Waldshut-Tiengen nicht mit einer flächendeckenden Wasserstoffversorgung bis zum Jahr 2040 zu rechnen.

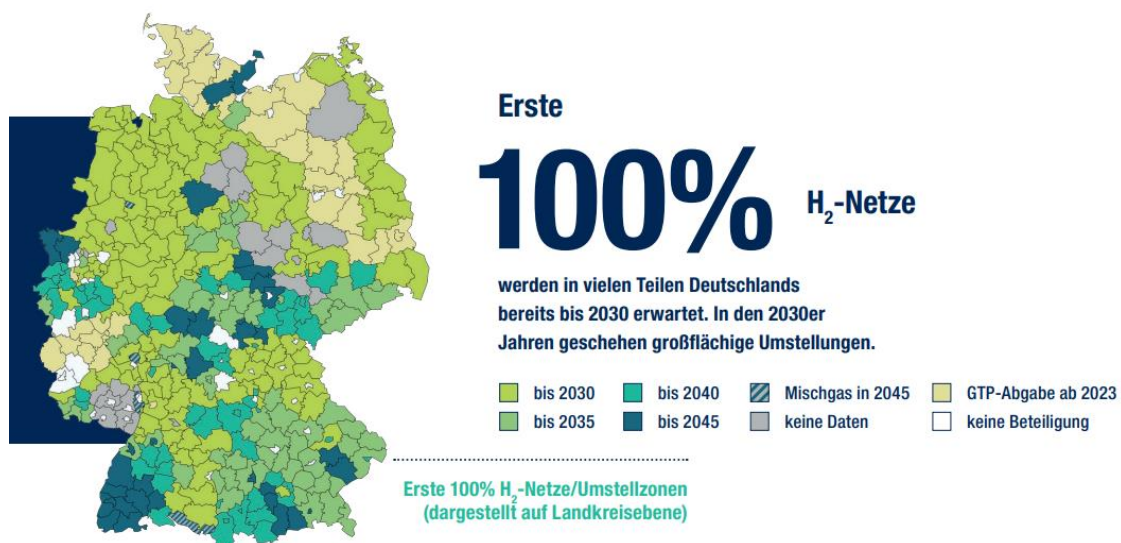


Abbildung 28 – Zu erwartende Zeiträume für Wasserstoff-Umstellzonen der Gasnetze (DVGW, 2022)

Zusätzlich ist die badenovaNETZE aktuell im Rahmen des H₂-Clusters SüdWest an einem Projekt mit der RWE beteiligt, in welchem aus einem Wasserkraftwerk in Albruck 100 % grüner Was-

serstoff in einem Elektrolyseur mit 50 MW Leistung hergestellt und über eine Leitung transportiert werden soll. Die Verantwortung für den Bau des Elektrolyseurs liegt hier bei der RWE, während badenovaNETZE für den Bau der Transportleitung zuständig ist.



Abbildung 29 – Schematische Darstellung des H2-Clusters (RWE AG, 2023)

In Abbildung 30 ist zu erkennen, dass die 8,5 km lange Wasserstoffleitung auch nahe der Grenze zu Waldshut-Tiengen verlaufen wird. Hier ist perspektivisch auch eine Erweiterung nach Waldshut-Tiengen an bestehende Gasinfrastruktur denkbar.



Abbildung 30 – Schematische Darstellung des H2@Hydro-Projekts (badenovaNETZE, 2023)

Wasserstoffprojekte wie H2@Hydro bieten die Chance, Wasserstoff auch schon vor Beginn der Versorgung durch den European Hydrogen Backbone in der Region nutzbar zu machen und die Dekarbonisierung der Industrie und des Schwerlastverkehrs zu beschleunigen.

4.8 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 Waldshut-Tiengen zeigt; selbst wenn die Wärmeversorgung komplett durch erneuerbare Wärme, Strom und Gase gedeckt wird, sinken die wärmebezogene Treibhausgasemissionen nicht 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 Kohlenstoff erzeugen.

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

An der CO₂-Kompensation und an CCS gibt es auch Kritik. Beispielsweise wird von Kritikern unterstellt, dass dadurch notwendige Maßnahmen verzögert oder verlagert werden und somit der Klimaschutz vor Ort nicht effektiv genug vorgebracht wird. Zudem gibt es auch Kritik an der Wirtschaftlichkeit und Effizienz der Maßnahmen, da der eingesetzte Euro pro Tonne CO₂ teilweise deutlich effizienter in Klimaschutzmaßnahmen vor Ort investiert werden können. Auch der Vorwurf des Greenwashings steht vermehrt im Raum.

4.9 Kennwerte des Zielbilds

In den folgenden Tabellen sind wesentliche Kennwerte des Zielbilds übersichtlich festgehalten.

Energieträger	private Haushalte	Gewerbe & Sonstiges	Industrie - Raumwärme	Industrie - Prozesswärme	kommunale Liegenschaften	Einheit
Erdgas	96.898	68.008	30.473	61.590	2.796	MWh
Heizöl	27.205	7.972	3.256	6.580	538	MWh
Heizungsstrom	3.329	1.665	0	0	0	MWh
Fernwärme/KWK	1.419	8.150	4.003	8.091	5.082	MWh
Sonstige fossile Energieträger	1.056	11	164	331	332	MWh
Energieholz	6.631	2.842	0	0	0	MWh
Solarthermie	2.891	321	-	0	0	MWh
Umweltwärme	4.197	221	-	0	0	MWh
Sonstige Erneuerbare (Industrie)	0	0	434	877	0	MWh
Wasserstoff	0	0	-	0	0	MWh
Summe	143.624	89.189	38.330	77.470	8.748	MWh

Tabelle 8 – Jahresendenergiebedarf (MWh) für die Wärmeversorgung im Jahr 2019, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren

Energieträger	private Haushalte	Gewerbe & Sonstiges	Industrie - Raumwärme	Industrie - Prozesswärme	kommunale Liegenschaften	Einheit
Erdgas	46.142	32.385	14.511	29.329	1.331	MWh
Heizöl	12.955	3.796	1.550	3.133	256	MWh
Heizungsstrom	1.585	793	0	0	0	MWh
Fernwärme/KWK	18.666	20.383	10.012	20.236	3.408	MWh
Sonstige fossile Energieträger	503	5	236	0	0	MWh
Energieholz	8.667	2.000	823	0	367	MWh
Solarthermie	8.562	423	208	420	0	MWh
Umweltwärme	32.523	4.316	812	964	936	MWh
Sonstige Erneuerbare (Industrie)	0	0	206	417	158	MWh
Wasserstoff	0	0	8.138	16.448	0	MWh
Summe	129.603	64.100	36.496	70.948	6.457	MWh

Tabelle 9 – Szenario Jahresendenergiebedarf (MWh) für die Wärmeversorgung im Jahr 2030, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren

Energieträger	private Haushalte	Gewerbe & Sonstiges	Industrie - Raumwärme	Industrie - Prozesswärme	kommunale Liegenschaften	Einheit
Erdgas	0	0	0	0	0	MWh
Heizöl	0	0	0	0	0	MWh
Heizungsstrom	0	0	0	0	0	MWh
Fernwärme/KWK	34.346	31.504	15.475	31.276	1.886	MWh
Sonstige fossile Energieträger	0	0	0	0	0	MWh
Energieholz	10.517	1.987	271	547	701	MWh
Solarthermie	13.717	690	339	685	0	MWh
Umweltwärme	58.274	8.097	1.103	2.229	1.787	MWh
Sonstige Erneuerbare (Industrie)	0	0	0	0	0	MWh
Wasserstoff	0	0	15.536	31.401	0	MWh
Summe	116.854	42.278	32.723	66.138	4.374	MWh

Tabelle 10 – Szenario Jahresendenergiebedarf (MWh) für die Wärmeversorgung im Jahr 2040, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren

Energieträger	2019	2030	2040	Einheit
Erdgas	26.746	24.072	-	MWh
Umweltwärme	-	30.029	80.141	MWh
Biomasse	-	5.724	11.449	MWh
Solarthermie	-	12.880	17.173	MWh
Abwärme	-	-	5.724	MWh

Tabelle 11 – Energieträgerverteilung der zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze

5. Wärmewendestrategie

5.1 Handlungsfelder und Übersicht

Das berechnete Zielszenario 2040 mit Zwischenziel 2030 beschreibt den notwendigen Zielzustand des Energiesystems in Waldshut-Tiengen, um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Die Leitplanken auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand werden in der Wärmewendestrategie beschrieben. Dazu wurden fünf übergreifende Handlungsfelder identifiziert, in welchen die Stadt Waldshut-Tiengen im Zusammenspiel mit verschiedenen Akteuren verstärkt aktiv werden sollte.

Die Handlungsfelder sind

- Zentrale Wärmeversorgung
- Information der Öffentlichkeit
- Kommunale Infrastruktur
- Ausbau erneuerbarer Energien
- Gremien und Personal

Jedes übergreifende Handlungsfeld enthält mehrere konkrete Maßnahmen, wovon jeweils eine Maßnahme als sogenannte Top-Maßnahme mit hoher Priorität zur Umsetzung definiert ist. In den folgenden Kapiteln werden die Handlungsfelder beschrieben und die Maßnahmen in Form von Steckbriefen dargestellt.

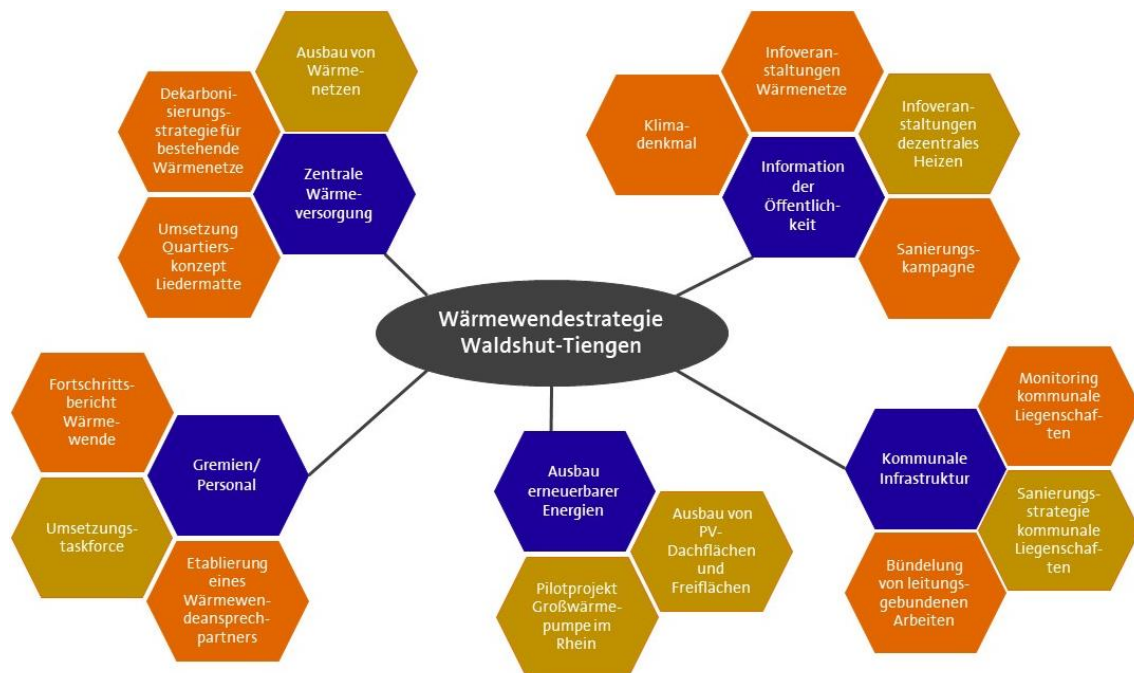


Abbildung 31 – Wärmewendestrategie mit Handlungsfeldern (blau), Top-Maßnahmen (gold) und weiteren Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs (orange)

5.2 Zentrale Wärmeversorgung

Einer der größten Hebel für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung sind Wärmenetze. Der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung ist ein essenzieller Bestandteil der Wärmewendestrategie der Stadt Waldshut-Tiengen. Als richtungweisende Leitplanken sollen die Steckbriefe der Orts- und Stadtteile (siehe Anhang) dienen. Diese Steckbriefe kartieren für jeden Ortsteil die Empfehlung, welche Art der Wärmeversorgung in welchem Gebiet fokussiert werden soll und welche erneuerbaren Energiequellen im jeweiligen Gebiet eingesetzt werden könnten.

5.2.1 Top-Maßnahme: Ausbau der zentralen Wärmeversorgung

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist der Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur in Waldshut-Tiengen auf Basis der festgelegten Eignungsgebiete für zentrale Wärmeversorgung, welche in den Ortsteilsteckbriefen näher beschrieben sind. Zur maximalen Öffentlichkeitswirkung wird hier das Eignungsgebiet für den Innenstadtbereich der Fußgängerzone rund um das Rathaus Waldshut vorgeschlagen.

Hintergrund und Beschreibung

Aufgrund der im Wärmeplan durchgeführten Einteilung in zentrale und dezentrale Eignungsgebiete, wurde der Innenstadtbereich in Waldshut als Eignungsgebiet für ein Wärmenetz eingeteilt. Die ausschlaggebenden Faktoren sind hier die hohe Wärmedichte pro Trassenmeter pro Jahr, die hohe Bebauungsdichte, die mangelnde Eignung der Gebäude für Wärmepumpen, die Lage des Rathauses als kommunaler Ankerkunde und die Signalwirkung für das gesamte Stadtgebiet.

Einzelne Handlungsschritte

Zunächst sollte eine konkrete Vorstudie (Machbarkeitsstudie) durchgeführt werden, um die tatsächliche Eignung und Potenziale des Gebiets feststellen zu lassen. Bei positiver technischer Eignung sollte bereits offensiv für das Projekt inklusive grober Schätzungen zum Wärmepreis im betreffenden Gebiet geworben werden. Dies erhöht die potenzielle Anschlussquote und sorgt somit für eine verbesserte Wirtschaftlichkeit des Projekts. Die Gesamtprojektleitung sollte hier bei den Stadtwerken liegen, die als kommunales Unternehmen die führende Rolle der Wärmewende in der technischen Umsetzung der Wärmewende in Waldshut-Tiengen übernehmen werden. Speziell die Wohnungseigentümer und die Wohnbaugenossenschaften sollten hier auch frühzeitig in den Prozess eingebunden werden.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung + Stadtwerke Waldshut-Tiengen
Zeithorizont	Machbarkeitsstudie 2024 bis 2025 abgeschlossen. Baubeginn 2026
CO₂-Einsparung	Ca. 24.400 t/Jahr bei Anschluss aller Eignungsgebiete und dekarbonisierter Versorgung
Kosten	Machbarkeitsstudie für alle zentralen Gebiete ca. 300.000 € mit ca. 50 % Förderung (BEW)

5.2.2 Dekarbonisierungsstrategie für bestehende Wärmenetze

Ziel der Maßnahme

Das Ziel des klimaneutralen Gebäudebestands kann nur durch eine dekarbonisierte Wärmeversorgung erreicht werden. Neben dem Neubau bzw. der Erweiterung von Wärmenetzen müssen auch bestehende Netze klimaneutral betrieben werden.

Hintergrund und Beschreibung

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden verschiedene regenerative Wärme- und Stromquellen betrachtet. Diese Energiequellen können nicht nur dezentral in einzelnen Gebäuden genutzt werden, sondern auch in ein Wärmenetz einspeisen und damit die fossilen Energieträger, wie z.B. Erdgas, schrittweise ersetzen. Unvermeidbare Abwärme aus der Industrie oder aus dem Abwasser bieten sehr gute Grundlagen für die zentrale Wärmeerzeugung. Daneben bestehen auch ungenutzte Potenziale im Bereich Freiflächensolaranlagen (Solarthermie oder Photovoltaik), Flusswärme, oberflächennahe Geothermie oder Grundwasserwärme, die für die Einbindung in bestehende Wärmenetze in Frage kommen.

Einzelne Handlungsschritte

Der erste Schritt, um ein fossiles Wärmenetz in ein dekarbonisiertes Netz umzuwandeln ist die Erstellung eines Transformationsplanes. Dabei ist es wichtig, sich alle wesentlichen Komponenten des Wärmenetzes wie z.B. Erzeugung, Netz, Speicher und Betriebsführung anzuschauen. Zudem muss geprüft werden, ob eine Temperaturabsenkung des Netzes seitens der Verbraucher möglich ist.

Kosten und Förderungen

Das BAFA fördert die Erstellung von Transformationsplänen für bestehende Wärmenetze mit bis zu 50% der förderfähigen Kosten. Für kleine Netze betragen die Kosten für einen solchen Transformationsplan laut BAFA ca. 150.000 €

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, Stadtwerke
Zeithorizont	Erstellung Transformationsplan 2024 bis 2026
CO₂-Einsparung	Ca. 2800 t/Jahr bei Wechsel auf Umweltwärme bis 2040
Kosten	Transformationsplan ca. 150.000 €

5.2.3 Umsetzung Quartierskonzept Liedermatte

Ziel der Maßnahme

Das Ziel ist die Umsetzung der Maßnahmen mit Wärmenetzbezug aus dem Quartierskonzept „Liedermatte“.

Hintergrund und Beschreibung

Für das Quartier Liedermatte liegt der Stadt Waldshut-Tiengen bereits ein umsetzungsorientiertes Quartierskonzept vor. Dieses Konzept beinhaltet neben einer detaillierten energetischen Analyse auch verschiedene Versorgungsvarianten, die speziell für das Quartier ausgearbeitet wurden. Vor dem Hintergrund, dass das Quartier Liedermatte innerhalb eines Eignungsgebiets für zentrale Wärmeversorgung liegt, bieten sich hier Möglichkeiten einer gezielten und beschleunigten Erweiterung der zentralen Wärmeversorgung.

Einzelne Handlungsschritte

Das bereits bestehende Wärmenetz in der Robert-Bosch-Straße, bzw. in der Siemensstraße sollte um die Mehrfamilienhäuser in Richtung Röntgenstraße erweitert werden. Hierzu sollten zunächst erneut Gespräche mit der Wohnungswirtschaft aufgenommen werden, um sich einen konkreten Überblick über die aktuelle energetische Situation der Mehrfamilienhäuser zu verschaffen. Die Stadtwerke sollten bei der weiteren Umsetzung der Maßnahme eine führende Rolle einnehmen.

Kosten und Förderungen

Bau von Wärmenetzen sowie Machbarkeitsstudien über BEW förderbar.

Verantwortliche Akteure	Stadtwerke, Wohnungswirtschaft
Zeithorizont	Sondierung ab 2024
CO₂-Einsparung	Je nach Dimensionierung des Netzes
Kosten	Nicht abschätzbar

5.3 Information der Öffentlichkeit

Mit dem kommunalen Wärmeplan schafft die Stadt Waldshut-Tiengen die Grundlage für einen klimaneutralen Gebäudebestand. Um dieses Ziel bis 2040 angehen und umsetzen zu können, ist die Kommunikation und Information aller Stakeholder 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 Waldshut-Tiengen, liegen nicht in der Hand der Stadtverwaltung. Darum ist hier eine gezielte Information der einzelnen Zielgruppen wichtig, um diese zu motivieren.

Zunächst bedeutet dies, die Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans öffentlich zu kommunizieren und über die stadt eigenen Medien den Bürgern, Interessensgruppen und dem Gewerbe zur Verfügung zu stellen.

Für Gebäudeeigentümer sind alle Informationen, rund um die energetische Gebäudesanierung, sowie klimaneutrale Heizungsvarianten relevant. Hierzu sollten die Bürger über geeignete Formate seitens der Stadt in Zusammenarbeit mit verschiedenen Experten eingebunden werden.

5.3.1 Top-Maßnahme: Informationsveranstaltungen dezentrale Heizungslösungen

Ziel der Maßnahme

Eine Informationskampagne kann das enorme Potenzial der privaten Haushalte im Bereich der klimaneutralen Wärmeversorgung heben und Handlungen von Entscheidungsträgern in Einklang mit den Planungen auf Stadt- und Quartiersebene bringen.

Hintergrund und Beschreibung

Auch wenn die Wärmewende flächendeckend geplant und umgesetzt werden muss, sind es am Ende die Bürger, deren individuelle Situation und Bedürfnislage Berücksichtigung finden muss, um Akzeptanz für die Wärmewende zu erlangen. Da aber viele Bürger, welche nicht in den hier definierten Eignungsgebieten wohnen, voraussichtlich nicht an ein Wärmenetz angeschlossen

werden, müssen Alternativen aufgezeigt werden. Denn sowohl die technischen als auch die politischen Rahmenbedingungen für einen Heizanlagentausch und die damit zusammenhängenden Vorschriften oder Fördermöglichkeiten sind komplex. Es bedarf deshalb Beratung und Information der Privathaushalte, um frühzeitig ein Bewusstsein und Wissen über die relevanten Prozesse der Wärmewende zu schaffen, um so zu ermöglichen, dass die bestmögliche Entscheidung getroffen werden kann.

Mit der 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.

Einzelne Handlungsschritte

Bürgerinnen und Bürger sollten aktiv durch die Stadtverwaltung zu einer Veranstaltung beziehungsweise einer Veranstaltungsreihe eingeladen werden und so die Möglichkeit bekommen, sich umfassend über das Thema informieren zu können.

Grundlage hierfür können die Gebäudesteckbriefe bieten, welche den Privathaushalten zur Verfügung gestellt werden können, um einen schnellen Überblick über den eigenen Gebäudetyp und die damit verbundenen Sanierungs- und Beheizungsmöglichkeiten zu bekommen.

Hierbei bietet sich eine Zusammenarbeit mit der Energieagentur Südwest an, welche bereits aktiv Beratungsdienstleistungen im Bereich Wärmewende anbietet und ebenfalls Veranstaltungen zu dem Thema in Zusammenarbeit mit Kommunen und Gewerbe im Programm hat.

Wichtig ist die Präsenz in den dezentral ausgewiesenen Gebieten, um die Menschen vor Ort abzuholen und einen möglichst niederschweligen Zugang zu Beratung und Information zu ermöglichen. Hierbei kann an bisherige Kampagnen beispielsweise der Energieagentur Südwest angeknüpft werden.

Um weitere Bevölkerungsgruppen passgenau anzusprechen, empfiehlt es sich auch ein Online-Angebot aufzubauen.

Kosten & Förderungen

Die Energieagentur Südwest begleitet die Wärmewende für den gesamten Landkreis Waldshut. Viele Leistungen, wie z.B. deren Teilnahme an Informationsveranstaltungen sind dabei für die Stadt kostenlos. Somit fallen, abseits der üblichen Kosten für Personal und Räumlichkeiten, keine weiteren Kosten an. Hier sollten neben der Stadtverwaltung auch die Stadtwerke Waldshut-Tiengen als maßgeblicher Treiber der Wärmenetzinfrastruktur anwesend sein.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, Stadtwerke, Energieagentur Südwest
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	Indirekte CO ₂ Einsparung
Kosten	Keine investiven Kosten

5.3.2 Sanierungskampagne inklusive Gebäudesteckbriefe

Ziel der Maßnahme

Gezielte Beratungsangebote und Informationsveranstaltungen zum Thema Gebäudesanierung für Privatpersonen.

Hintergrund und Beschreibung

Um die Ziele der Wärmeplanung zu erreichen, ist es nötig, die Gebäudesanierungsquote auf mindestens 2 % pro Jahr zu erhöhen. Die Berechnungen des Zielbildes basieren auf dieser Vorgabe. Mit der Europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD) werden 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 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.

Einzelne Handlungsschritte

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 (Kapitel 10.4 Gebäudesteckbriefe für Mustersanierungen) des Fachgutachtens dargestellt sind, können in Informationsveranstaltungen an die interessierten Bürger verteilt werden. Dazu wurden 13 Gebäudesteckbriefe für die häufigsten Gebäudetypen und Altersklassen ausgewählt.

Um weitere Bevölkerungsgruppen passgenau anzusprechen, empfiehlt es sich auch hier ein Online-Angebot aufzubauen.

Kosten & Förderungen

Die Energieagentur Südwest begleitet die Wärmewende für den gesamten Landkreis Waldshut. Viele Leistungen, wie z.B. deren Teilnahme an Informationsveranstaltungen sind dabei für die Stadt kostenlos. Somit fallen, abseits der üblichen Kosten für Personal und Räumlichkeiten, keine weiteren Kosten an. Hier sollten neben der Stadtverwaltung auch die Stadtwerke Waldshut-Tiengen als maßgeblicher Treiber der Wärmenetzinfrastruktur anwesend sein.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung
Zeithorizont	2024 bis 2040
CO₂-Einsparung	6300 t/Jahr durch Erreichung einer Sanierungsquote von 2 % und bis 2040
Kosten	Keine investiven Kosten

5.3.3 Informationsveranstaltung Wärmenetze

Ziel der Maßnahme

Gezielte Beratungsangebote und Informationsveranstaltungen zum Thema zentrale Wärmeversorgung und Wärmenetze für Anwohner ausgewiesener Eignungsgebiete.

Hintergrund und Beschreibung

Die Umsetzung eines Wärmenetzes erfordert die Bündelung einer Vielzahl von Akteuren. Die beschriebenen Eignungsgebiete für zentrale Wärmeversorgung umfassen zu einem großen Anteil private Haushalte. Trotz der allgemeinen Zustimmung in der Bevölkerung zu Klimaschutz und Energiewende muss Bürgern eine solche Projektidee vorgestellt und diese zur Teilnahme an einer zentralen Wärmeversorgung motiviert werden. Deshalb ist es wichtig, die Bürger frühzeitig und dauerhaft in den Prozess einzubeziehen. Langfristig kann hierdurch auch eine höhere Anschlussquote erzielt werden.

Einzelne Handlungsschritte

In einer ersten Bürgerveranstaltung sollte die Projektidee vorgestellt und das weitere Vorgehen erläutert werden. Was ist Fernwärme? Welche Vorteile hat Fernwärme? Welche Projektansätze gibt es in Waldshut-Tiengen?

In der Veranstaltung sollen neben der Information an die Bürger ein Signal zur weiteren Ausarbeitung der Projektidee eingeholt werden. Der erste Informationsabend ist als Auftakt für weitere Bürgerinformationsabende zu sehen.

Verantwortliche Akteure	Stadtwerke, Stadtverwaltung
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	Indirekte Einsparung
Kosten	Keine investiven Kosten

5.3.4 Klimadenkmal

Ziel der Maßnahme

Durch öffentliche sichtbare Maßnahmen im öffentlichen Raum größeres Interesse und Bewusstsein für die Energie- und Wärmewende schaffen.

Hintergrund und Beschreibung

Photovoltaikanlagen im öffentlichen Raum bieten einen Mehrwert, der über die bloße Stromerzeugung hinausgeht. Diese Projekte können als wichtige Instrumente zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für erneuerbare Energien dienen und tragen zur Förderung einer nachhaltigen Energiezukunft bei. Photovoltaikanlagen können gut sichtbar im Stadtbild integriert werden und ziehen somit die Aufmerksamkeit von Passanten und Verkehrsteilnehmern auf sich. Solche Anlagen fungieren als inspirierende Vorbilder für Bürger und Unternehmen. Sie zeigen, dass erneuerbare Energiequellen praktikabel und wirtschaftlich rentabel sind und unterstreichen die wahrgenommene Vorbildfunktion der Stadtverwaltung.

Insgesamt tragen Photovoltaikanlagen in öffentlichen Räumen nicht nur zur Energieerzeugung bei, sondern spielen auch eine entscheidende Rolle bei der Förderung von Umweltbewusstsein, Bildung und nachhaltiger Entwicklung. Sie sind ein Symbol für den Übergang zu einer saubereren und nachhaltigeren Energiezukunft und bieten zahlreiche Vorteile für Gemeinden und die Gesellschaft als Ganzes.

Einzelne Handlungsschritte

Photovoltaikanlagen können beispielsweise an viel frequentierten Orten in den Ortskernen, auf öffentlichen Liegenschaften oder an Bushaltestellen installiert werden. Auch Schulen und andere Bildungszentren bieten sich hierbei an.

Informationstafeln können zusätzlich erklären, wie Solarzellen funktionieren, wie viel Energie sie erzeugen und welchen Beitrag sie zur Reduzierung der CO₂-Emissionen leisten.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	0,625t pro kWp, indirekte Einsparung durch Signalwirkung
Kosten	Ca. 1500€ pro kWp

5.4 Kommunale Infrastruktur

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

5.4.1 Top-Maßnahme Sanierungsstrategie Kommunale Liegenschaften

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist es, eine Strategie mit zeitlicher Priorisierung zu erstellen, nach welcher die Liegenschaften der Stadt Waldshut-Tiengen energetisch saniert werden sollen.

Hintergrund und Beschreibung

Die Stadt Waldshut-Tiengen nimmt ihre Vorbildfunktion bei der Reduktion des Wärmebedarfs Ihrer Gebäude wahr und erstellt eine kommunale Sanierungsstrategie mit dem Ziel alle Liegenschaften bis zum Jahr 2040 auf ein energieeffizientes Niveau zu bringen. Im Rahmen der Sanierungsstrategie sollten sämtliche beheizten städtischen Liegenschaften auf deren energetischen Eigenschaften überprüft werden und sinnvolle energetische Sanierungsmaßnahmen identifiziert werden. Darauf aufbauend sollte ein Plan erstellt werden, welcher die durchzuführenden Maßnahmen priorisiert und zeitlich einordnet.

Eine weitere Orientierungshilfe für die energetische Sanierung bieten die mitgelieferten Gebäudesteckbriefe für Wohngebäude.

Einzelne Handlungsschritte

Entweder wird der Sanierungsfahrplan durch hauseigenes Personal erarbeitet oder er wird fremdvergeben. Im Fall einer Vergabe an ein Energieberaterbüro muss mit entsprechenden Beratungskosten gerechnet werden.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung
Zeithorizont	Strategie bis 2025 erarbeitet, Umsetzung bis 2040
CO₂-Einsparung	Bei Zielerreichung ca. 1400 t bis 2040
Kosten	Bei interner Erstellung nur Personalaufwand. Bei externer Vergabe ca. 50.000 €

5.4.2 Monitoring der eigenen Liegenschaften

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist ein kontinuierliches Monitoring der energetischen Entwicklung der eigenen Liegenschaften

Hintergrund und Beschreibung

Um den Zielerreichungsgrad und die Fortschritte bei der Sanierung der eigenen Liegenschaften analysieren zu können, sollten sämtliche städtische Liegenschaften sowie deren energetische Daten digital erfasst werden.

Einzelne Handlungsschritte

Eine weit verbreitete Herangehensweise besteht aus der Teilnahme am sogenannten european energy award. Dieser bewertet die Umsetzung der städtischen Klimaschutzmaßnahmen anhand festgelegter Kriterien. Ein Baustein sind dabei auch die Sanierungsfortschritte der städtischen Liegenschaften, die mit wenig Aufwand in das eea-Tool digital eingetragen werden können. Das vom eea vorgegebene Controlling-Konzept sorgt zudem für eine feste Verankerung sämtlicher Klimaschutzaktivitäten innerhalb der Stadtverwaltung.

Verantwortliche Akteure	Stadtwerke, Stadtverwaltung
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	Indirekte Einsparung
Kosten	10.500 € (durchschnittl. Kosten eea pro Jahr)

5.4.3 Bündelung der leitungsgebundenen Arbeiten

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist eine koordinierte und spartenübergreifende Abstimmung bei anstehenden Tiefbauarbeiten.

Hintergrund und Beschreibung

Um Synergieeffekte zu nutzen, sollten Tiefbauarbeiten möglichst gewerkeübergreifend abgestimmt werden, um die Baustellenbelastung innerhalb der Stadt gering zu halten. Im besten Fall wird die Straße einmalig aufgerissen und sämtliche anstehenden Tiefbauarbeiten während dieser Zeit koordiniert durchgeführt. Dies sorgt für eine Kostensenkung sowie für eine größere Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung.

Einzelne Handlungsschritte

Zunächst sollte von Seiten der Stadtverwaltung ein Treffen mit allen tiefbaurelevanten Akteuren der Stadt einberufen werden. Teilnehmen könnten z.B. Vertreter aus den Branchen Fernwärme, Glasfaser, Abwasser, Straßenbau, Strom oder Gas sein. Bei diesem Austausch sollte sich auf eine Art Beteiligungsprozess verständigt werden, welcher bei jeder Tiefbaumaßnahme in Gang gesetzt wird, sodass alle Akteure, die ebenfalls ortsnahe Tiefbaumaßnahmen planen, im Bilde sind. Ziel ist, dass jede Tiefbaumaßnahme maximal effizient durchgeführt wird.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung, Tiefbauakteure
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	Indirekte Einsparung
Kosten	Keine

5.5 Ausbau erneuerbarer Energien

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

5.5.1 Top-Maßnahme: Pilotprojekt Großwärmepumpe

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist der Bau einer Großwärmepumpe (Flusswärmepumpe) am Rhein

Hintergrund und Beschreibung

Für eine erfolgreiche Wärmewende ist es notwendig, dass alle technisch-wirtschaftlich sinnvollen erneuerbaren Energiequellen für die Einspeisung der zu errichtenden Wärmenetze genutzt werden. In Deutschland nutzen immer mehr Städte die vorhandene Wärme aus Fließgewässern in sogenannten Flusswärmepumpen. Die Vorteile dieser Technologie sind vielfältig:

- Sie arbeiten effizienter als Luft-Wasser-Wärmepumpen.
- Sie können flexibel dimensioniert werden, sodass auch größere Leistungen bereitgestellt werden können. In Köln baut die Rheinwärme eine Flusswasserwärmepumpe am Rhein, die ca. 30.000 Wohneinheiten mit Wärme versorgen soll.
- Sie greifen nicht aktiv in das Ökosystem des Flusses ein. Lediglich eine leichte Absenkung der Wassertemperatur ist einzukalkulieren. Bei der Durchflussmenge des Rheins sollte sich diese jedoch kaum auf die Ökologie des Rheins auswirken.
- Sie können ganzjährig Wärme liefern.

Die Stadt Waldshut-Tiengen hat hier einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen großen Kreisstädten: Sie liegt direkt an einem der größten Fließgewässer Europas, dem Rhein. Die Wärme aus der Flusswärmepumpe müsste dementsprechend nicht weit transportiert werden und könnte direkt über ein Wärmenetz in die Haushalte geleitet werden.

Einzelne Handlungsschritte

Es bietet sich an, vorab in den Austausch mit Energieversorgern zu kommen, die bereits Erfahrungen mit großen Flusswasserwärmepumpen gemacht haben. Beispielsweise kommen hier die Rheinenergie (Köln) oder die MVV (Mannheim) in Frage. Darauf aufbauend sollte eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden. Hier bietet sich an das daran anzuschließende Wärmenetz (z.B. Eignungsgebiet in Waldshut oder Tiengen) direkt mitzudenken, sodass die Dimensionierung der Anlage vereinfacht wird. Parallel sollte auch die Öffentlichkeit miteinbezogen werden, sodass Vorbehalte aus dem Weg geräumt werden und die Anschlussquote erhöht wird.

Kosten + Förderungen

Eine BEW Förderung für die Machbarkeitsstudie ist möglich. Durch den Pilotcharakter der Anlage könnte ggf. auch angestrebt werden im Rahmen einer solchen Pilotprojektförderung wahrnehmen zu können.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung + Stadtwerke Waldshut-Tiengen
Zeithorizont	Machbarkeitsstudie bis 2026 abgeschlossen. Baubeginn 2027
CO₂-Einsparung	Ca. 17000 t/Jahr bis 2040
Kosten	Ca. 900 € je kW Leistung. Förderung nach BEW möglich. Kosten für Vorstudie ca. 100.000 €

5.5.2 Top-Maßnahme: Ausbau von Dach- und Freiflächen-Photovoltaik

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist eine signifikante Steigerung der installierten Leistung von Photovoltaikanlagen auf Dächern und auf Freiflächen.

Hintergrund und Beschreibung

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde bereits gezeigt, dass das größte Potenzial zum Ausbau der erneuerbaren Energien in Waldshut-Tiengen im Bereich der Solarenergie besteht. Sowohl auf den Dächern der Stadt als auch auf Freiflächen ist das Potenzial vorhanden den heutigen und den zukünftigen Stromverbrauch der Stadt bis zum Jahr 2040 bilanziell zu decken. Auch sogenannte Balkonkraftwerke (Anlagen im Privatbereich bis zu 600 W Leistung) können einen Beitrag zur gesteigerten Nutzung des vorhandenen Solarpotenzials beitragen.

Einzelne Handlungsschritte

Die Stadt Waldshut-Tiengen führen gemeinsam mit der z.B. der Energieagentur Südwest Informationsveranstaltungen zum Thema Photovoltaik (auf Dachflächen) durch. Flankiert werden kann dies durch eine Förderung für bspw. Balkonsolaranlagen. Städte wie Freiburg und Bad Krozingen haben bereits eine solche Förderungsmöglichkeit.

Für den Ausbau der Photovoltaik auf Freiflächen könnte eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden. Hier existieren große Potenziale, die im Detail auch auf die Vereinbarkeit mit Naturschutz und Landwirtschaft geprüft werden müssen. Auch eine gemeinsame Nutzung von Photovoltaik und Landwirtschaft ist im Rahmen sogenannter Agri-PV möglich.

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

Kosten + Förderungen

Förderung über Einspeisevergütung

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung und Stadtwerke
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	Indirekt.
Kosten	Ca. 5.000-10.000 € für PV-Kampagne jährlich

5.6 Gremien und Personal

5.6.1 Top-Maßnahme: Einrichtung einer Umsetzungtaskforce

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist die Etablierung einer sich regelmäßig abstimmenden Arbeitsgruppe („Taskforce“) für die Umsetzung der Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans und der kommunalen Wärmewende.

Hintergrund und Beschreibung

Durch regelmäßiges Monitoring soll in Zukunft über den Fortschritt und evtl. auftretende Hemmnisse in der Umsetzung des kommunalen Wärmeplans 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. Ebenso gilt es den hier vorliegenden Bericht als Strategiepapier bei den Stadtwerken Waldshut-Tiengen zu implementieren.

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

Bislang gibt es keinen zuständigen Personenkreis in der Stadtverwaltung, der sich hauptsächlich mit dem Thema Wärmewende beschäftigt. Diese Personalressourcen sind jedoch zwingend notwendig, um eine zügige und nachhaltige Wärmewende im Stadtgebiet zu gewährleisten. Hierzu schlägt die badenovaNETZE dementsprechend die Beteiligung des städtischen Klimaschutzmanagers, der Stadtverwaltung, des Gemeinderats und den Stadtwerken vor.

Einzelne Handlungsschritte

Die Gründung der Taskforce sollte durch die Stadt Waldshut erfolgen. Synergieeffekte können dabei durch die Einführung des European Energy Award (eea) entstehen (vgl. Kapitel 4.4.2). Das Team sollte sich aus Vertreterinnen und Vertretern der verschiedenen kommunalen Fachbereiche und der Eigenbetriebe zusammensetzen – bei Bedarf unter Mitwirkung fachlich involvierter politischer Mandatsträgerinnen und -träger. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, externe Energieexpertinnen und -experten sowie engagierte Bürgerinnen und Bürger in das Energieteam aufzunehmen.

Kosten + Förderungen

Keine

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung
Zeithorizont	Ab 2024
CO₂-Einsparung	Indirekte Einsparung
Kosten	Keine investiven Kosten

5.6.2 Etablierung eines Ansprechpartners für die Wärmewende

Ziel der Maßnahme

Ziel ist die Etablierung einer Person, die als zentraler Ansprechpartner für sämtliche Akteure der Wärmewende in Waldshut-Tiengen fungiert.

Hintergrund und Beschreibung

Die erfolgreiche Umsetzung des kommunalen Wärmeplans und der kommunalen Wärmewende erfordert personelle Ressourcen. Eine Person aus der Stadtverwaltung sollte federführend mit dem Projektmanagement der Maßnahmen aus der Wärmewendestrategie betraut werden. Es besteht hier auch die Möglichkeit diese Aufgabe auf den städtischen Klimaschutzmanager zu übertragen, da dieser bereits mit dem kommunalen Wärmeplan vertraut ist. Der zentrale Ansprechpartner sollte auch die fachliche Leitung der Umsetzungstaskforce übernehmen. Dies beinhaltet die Vorbereitung der Treffen sowie die Priorisierung und Initiierung von Wärmewendeprojekten. Er stellt das Bindeglied zwischen der Hausspitze der Stadtverwaltung, den Stadtwerken und der operativen Ebene dar.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung
Zeithorizont	Ab 2024 jährlich
CO₂-Einsparung	Indirekte Einsparung
Kosten	Keine investiven Kosten, ggf. Personalkosten

5.6.3 Fortschrittsbericht Wärmewende

Ziel der Maßnahme

Ziel der Maßnahme ist die Fortschritte der Wärmewende in Waldshut zu dokumentieren und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Hintergrund und Beschreibung

Der Fortschrittsbericht Wärmewende sollte seitens der Verwaltung erarbeitet und einmal jährlich dem Gemeinderat oder einem anderen adäquaten Gremium vorgestellt werden. Der Fortschrittsbericht sollte möglichst kurz und prägnant formuliert sein und den aktuellen Status bzgl. umgesetzter Maßnahmen enthalten. Zusätzlich sollte er klare Ziele für das kommende Jahr und das notwendige Budget enthalten, sodass der Gemeinderat den Bericht als Entscheidungsgrundlage nutzen kann. Darüber hinaus können Teile des Fortschrittsberichts auch für die Öffentlichkeit sichtbar gemacht werden, um damit die Vorreiterrolle der Stadt und der Stadtwerke zu zementieren.

Verantwortliche Akteure	Stadtverwaltung
Zeithorizont	Ab 2024 jährlich
CO₂-Einsparung	Indirekte Einsparung
Kosten	Keine investiven Kosten

6. Fortschreibung

Das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg gibt vor, dass der kommunale Wärmeplan spätestens nach sieben Jahren fortgeschrieben werden muss. Es spricht allerdings einiges dafür, die Fortschreibung nicht erst nach sieben Jahren anzugehen. Mit einer kontinuierlichen Fortschreibung können laufende Entwicklungen in der Stadt und aus der Umsetzung regelmäßig in den Maßnahmenkatalog oder in die Karten 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 der aktuellen Klimaschutzpolitik momentan viel in Bewegung. Politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen ändern sich, wodurch sich die Handlungsmöglichkeiten der Akteure ebenfalls ändern können. Ist der kommunale Wärmeplan stets gepflegt und öffentlich zugänglich, kann er sich zu einem wichtigen Tool für die Stadtverwaltung, der Akteure und der Bürgerinnen und Bürger der Stadt entwickeln.

Folgende Bausteine könnten bei der Fortschreibung umgesetzt werden:

- > Aktualisierung der Energie- und THG-Bilanz der Stadt
 - » Beispielsweise alle drei bis fünf Jahre
- > Digitaler Zwilling
 - » Daten pflegen und aktualisieren
 - » Neue Gebäude aufnehmen
 - » Aktualisierung der Heizanlagenstatistik sowie Erdgas und Stromverbrauchsdaten alle fünf bis sieben Jahre
- > Eignungsgebiete und Umsetzung der Maßnahmen
 - » Nach Bedarf und aktuellen Gegebenheiten anpassen
- > Veröffentlichung der aktualisierten Fassung des kommunalen Wärmeplans

7. Methodik

7.1 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 2.10.1). Dieses Tool wurde vom IFEU im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft als Standardverfahren für Baden-Württemberg erstellt. Somit kann die Bilanz regelmäßig fortgeschrieben werden, um die Wirksamkeit der Klimaschutzmaßnahmen in den kommenden Jahren zu überprüfen.
- In der THG-Bilanz wurden sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen berücksichtigt. Direkte Emissionen entstehen vor Ort bei der Nutzung der Energie (z.B. beim Verbrennen von 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 Gemeinde oder Stadt Emissionen, sind diese in der Bilanz nicht enthalten, wenn sie über die Gemarkungsgrenzen hinausgehen.

7.1.1 THG-Bilanzierung des Stromverbrauchs

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

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

Bilanzierung wurde deshalb der Emissionsfaktor des deutschen Strommixes verwendet, der im Jahr 2019 0,478 t CO_{2e}/MWh beträgt (IFEU, (2020)).

7.1.2 Stromeinspeisung

Da die Nutzung erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung gegenüber der Erzeugung aus fossilen Brennstoffen erhebliche THG-Einsparungen mit sich bringt, wurde für die THG-Bilanz ein kommunaler Strommix berechnet, bei dem der lokal 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 ange-setzt 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
Klärgas/Deponiegas	0,051	0,427

Tabelle 12 – THG-Emissionen und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Daten-grundlage: IFEU, (2020))

7.1.3 Energie und THG-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs

Zur Berechnung der THG-Bilanz des Wärmeverbrauchs wurden Daten des Erdgasnetzbetreibers badenovaNETZE GmbH verwendet. Zusätzlich wurden Daten des LUBWs zum Energieverbrauch kleiner und mittlerer Heizanlagen im Jahr 2019 sowie zu Anlagen nach der 11. Bundes-Immissi-onsschutzverordnung (BImSchV) 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 vorhan-denen Heizanlagen an.

Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Stadtver-waltung 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 Bilan-zierungstool BICO2 BW (IFEU (2020)).

Energieträger	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh)
Erdgas	0,247
Heizöl	0,318
Braunkohle	0,411
Fernwärme	0,190 (Regionaler Faktor: berechnet anhand der Erzeugungsanlagen in Waldshut-Tiengen)
Flüssiggas	0,270
Energieholz	0,022
Solarthermie	0,025
Umweltwärme	0,149

Tabelle 13 – Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung 2019, (Quelle: IFEU (2020))

7.1.4 Datengüte der Energie- und THG-Bilanz

Eine THG-Bilanz kann nach unterschiedlichen Methoden und mit unterschiedlicher Datentiefe erstellt werden, abhängig vom Zweck der Bilanzierung und der Datenverfügbarkeit. Um die Aussagekraft einer Energie- und THG-Bilanz zu bewerten, wird deshalb im Bilanzierungstool BICO2 BW eine Datengüte ermittelt (IFEU, (2020)).

Die Datengüte zeigt die Datenqualität, auf welcher die erstellte Bilanz basiert. Ziel ist es, eine hohe Datengüte zu erreichen, um fundierte Aussagen und daraus wirksame Handlungsempfehlungen treffen zu können. Für jede Eingabe in das BICO2 BW-Tool werden die Datenquelle und die daraus resultierende Datengüte bewertet. Die Datengüte des Verbrauchs pro Energieträger wird anhand des jeweiligen prozentualen Anteils am Gesamtverbrauch gewichtet, wodurch schließlich eine Gesamtdatengüte für die Sektoren und für die Gesamtbilanz ermittelt wird.

Die beste zu erreichende Datengüte beträgt 100 % und liegt dann vor, wenn alle angegebenen Daten „aus erster Hand“ sind, also lokale Primärdaten darstellen, z.B. Energieversorgungsdaten für leitungsgebundene Energieträger. Die Datengüte verringert sich, wenn gewisse Werte auf Basis von Hochrechnungen ermittelt werden oder rein statistische Angaben verwendet werden. Je mehr regionale (statt lokale) Kennwerte verwendet werden, desto niedriger ist die Datengüte (IFEU (2012)).

Die Datengüte, der für die Stadt Waldshut-Tiengen erstellten Energie- und THG-Bilanz für das Jahr 2019 liegt bei 79 %, womit die Ergebnisse gut belastbar sind. Tabelle 14 zeigt die jeweiligen Anteile und Datengüte der Sektoren.

Sektor	Anteil	Datengüte	Belastbarkeit
Private Haushalte	26 %	87 %	Gut belastbar
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	20 %	38 %	Bedingt belastbar
Verarbeitendes Gewerbe	23 %	74 %	Belastbar
Kommunale Liegenschaften	2 %	100 %	Gut belastbar
Verkehr	30 %	52 %	Relativ belastbar
Gesamt	100 %	79 %	Belastbar

Tabelle 14 – Bewertung der Datengüte der Energie- und THG-Bilanz nach Sektoren

7.2 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 auftreten. 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 auftreten und bedingt geeignete Flächen nehmen 75-79 % der Globalstrahlung auf.

Für die Abschätzung des Strom- und Wärmeenergiepotenzials aus Solarenergie wurde angenommen, dass alle diese un bebauten 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.

7.3 Erdwärmesondenpotenziale

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

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

Tabelle 15 – Vorgegebene Untergrundparameter

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

Das Geothermiepotenzial 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 / 11,88
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 den Leitlinien Qualitätssicherung für Erdwärmesonden (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 Leistungskoeffizient der Wärmepumpe muss mindestens einen Wert von 4,3 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	42,2 / 38,5 / 33,7
Wassereintrittstemperatur in die Sonde	$\geq -3,0$ °C im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz bei Spitzenlast	≤ 15 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	4,3
Vollbenutzungsstunden (h)	1.800
Maximale Monatslast	16 % der Jahreslast

Tabelle 18 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung

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

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

Tabelle 19 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsichte

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

7.4 Luft/Wasser-Wärmepumpenpotenziale

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

- I. Gebäudewärmebedarf auf Basis von Daten der Deutschen Gebäudetypologie (IWU)
- II. Gebäudeheizlast ohne Trinkwarmwasser(TWW)-Bedarf zur Bemessung der Wärmepumpenleistung bei Bestandsgebäuden (bei Neubauten ab 2010 mit TWW-Bedarf berechnet)
- III. 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)
- IV. Bemessung der elektrischen Anschlussleistung im Auslegungsfall anhand von Kennwerten ausgewählter und markttypischer Wärmepumpen (COP inkl. E-Stabeinsatz)
- V. Zugrundelegung von Jahresarbeitszahlen (JAZ) anhand empirischer Daten aus öffentlich zugänglichen Studien (Günther, D. et al., 2020) und aus Herstellerangaben
- VI. Strombedarfsberechnung auf Basis des Gebäudewärmebedarfs und der Zugrunde gelegten JAZ (in Abhängigkeit vom Gebäudealter; inkl. TWW-Bedarf)

Zunächst erfolgt eine Wärmepotenzialbetrachtung anhand der erreichten JAZ mit Betrag 2,9 im Jahr 2030 bei einer steigenden Gebäudesanierungsquote von bis zu 2 % ab 2028. Bei Wohngebäuden, die eine WP-Leistung von maximal 12,5 kW benötigen, soll die Eignung bereits bei JAZ 2,8 erreicht werden, was einem derzeitigen fossilen Primärenergiebedarf von 64 % der erzeugten kWh Wärme entspricht.

7.5 Grundwasserpotenziale

Folgende Annahmen wurden für die Berechnung des Grundwasserpotenzials angesetzt:

- Die Schüttungsmenge liegt bei ca. 6 l/s.
- Die jahreszeitlich differenzierte Leistungszahl der Wärmepumpe wird mit mindestens 3,75 angesetzt. Der maximal erreichbare COP soll 5,1 betragen.
- 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 $kF = 0,001 \text{ m/s}$ gerechnet.
- Die Grundwasserabsenkung bei Entnahme wird mit $s = 1,5 \text{ m}$ angesetzt.
- Die erschlossene Mächtigkeit (hM) des Grundwassers führenden Lockergesteins soll 4 m betragen.
- Unter der Bedingung, dass das Grundwasser im gespannten Zustand vorliegt, gilt für Leistungsbereich des Brunnens $V' = kF * hM * s = 0,001 \text{ m/s} * 4 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s} = 6 \text{ l/s}$ Entnahmeleistung. Mit $kF = 0,003 \text{ m/s}$ ergeben sich 18 l/s.

Die nachfolgenden Tabelle 20 fasst das daraus ermittelte Potenzial für je einen einzelnen Brunnen, sowie für zehn Brunnen übersichtlich zusammen.

Grundwasser Potenziale	Wert	Einheit
Einzelner Brunnen		
Tiefe (m)	10	m
Fördermenge	0,006 bis 0,018	m ³ /s
Temperatur	10	°C
Delta	4	K
Potenzial je Brunnen	100 – 300	kW
10 Brunnen		
Gesamtwärmeleistung bei COP 5,1	3.748	kW
Gesamtwärmeleistung bei COP 3,75	4.109 (Für den größeren Wert wird jedoch mehr Strom benötigt)	kW

Tabelle 20 – Abschätzung des Wärmeerzeugungspotenzial aus Grundwasser

7.6 Zielszenario

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

Erzeugungsart	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh) im Jahr	
	2030	2040
Strommix Deutschland ⁹	0,27	0,032
Photovoltaik	0,0345	0,03
Wasserkraft	0,003	0,003
Biogas	0,091	0,087
Klärgas	0,0475	0,046

Tabelle 21 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Strom nach Erzeugungsart für die Jahre 2030 und 2040 (Peters, et al., 2022)

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

Energieträger	THG-Emissionen (t CO _{2e} /MWh) im Jahr	
	2030	2040
Erdgas	0,233	0,233
Heizöl	0,311	0,311
Braunkohle	0,473	0,473
Fernwärme ¹⁰	0,135	0,021
Energieholz	0,022	0,022
Solarthermie	0,025	0,025
Abwärme	0,038	0,036
Geothermie	0,078	0,071
Wasserstoff	0,044	0,040
Umweltwärme ¹¹	0,066	0,010

Tabelle 22 – Angenommene THG-Emissionsfaktoren für Wärme nach Energieträger für die Jahre 2030 und 2040 (Peters, et al., 2022)

¹⁰ Eigene Berechnung anhand des Energieträgermixes für die zentrale Wärmeversorgung in Waldshut-Tiengen

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

8. Glossar

Abwärme	Die bei einem wärmetechnischen Prozess entstehende, aber bei diesem nicht genutzte Wärme bezeichnet man als Abwärme. Sie ist ein Nebenprodukt eines Herstellungsprozesses.
Batterie	Ein Erzeuger, in dem elektrochemische Energie kleiner Elemente in elektrische Energie umgewandelt wird, so dass ein elektrisches Gerät auch ohne Netzanschluss betrieben werden kann.
Biomethan	Biomethan (auch Bioerdgas genannt) ist ein auf Erdgasqualität aufbereitetes Gasmisch, welches aus Biogas gewonnen wird. Es entsteht durch die Aufbereitung von Rohbiogas mittels CO ₂ -Abscheidung und Reinigung. Das so aufbereitete Biomethan kann dann ins Erdgasnetz eingespeist werden.
Blockheizkraftwerk	Ein Blockheizkraftwerk ist eine Anlage zur Gewinnung elektrischer Energie und Wärme. Ein Verbrennungsmotor treibt einen Generator an wodurch Energie erzeugt wird. Die dabei entstehende Wärme erhitzt Wasser, dies kann wiederum genutzt werden.
Brennstoffzelle	Ein technisches Gerät, das aus Wasserstoff und (dem in der Luft enthaltenen) Sauerstoff Wasser erzeugt, wobei bei diesem Prozess nutzbare elektrische Energie in Form von Strom erzeugt wird.
CO₂-neutral	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 wird, um diese wiederum 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	Ein Festmeter ist ein Raummaß für Festholz und entspricht 1 m ³ fester Holzmasse.
Fossile Energie	Sind Braunkohle, Steinkohle, Erdöl usw.
Gebäude-Energie-Gesetz	Das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) führt die Energieeinsparverordnung, das Energieeinspargesetz sowie das Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz zusammen und hat den möglichst sparsamen Einsatz von Energie in Gebäuden sowie die steigende Nutzung der erneuerbaren Energien zum Ziel.
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	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), 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 Normalnull	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 diese in der gleichen Bandbreite liegen, wie die Gesamtkosten konkurrierender Systeme.

9. Literaturverzeichnis

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

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

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2014. *Definition des Begriffes "Energiespeicher"*, s.l.: s.n.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2013. *Erneuerbare Energien in Zahlen*, Berlin: s.n.

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

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2021. *Energieeffizienz in Zahlen Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*. [Online] Available at: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-entwicklungen-und-trends-in-deutschland-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [Zugriff am 10 Januar 2023].

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

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

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

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

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

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

DVGW, 2022. *H2 Vor Ort - Der Gasnetzgebietstransformationsplan Ergebnisbericht 2022*. [Online] Available at: https://www.h2vorort.de/fileadmin/Redaktion/Bilder/Publikationen/Ergebnisbericht_2022_des_GTP_A4.pdf [Zugriff am 17 August 2023].

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.

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 (IFEU), 2017. *Einfluss der Herkunft des getankten Stroms*. [Online]

Available at: [http://www.emobil-](http://www.emobil-umwelt.de/index.php/umweltbilanzen/einflussgroessen/strommix)

[umwelt.de/index.php/umweltbilanzen/einflussgroessen/strommix](http://www.emobil-umwelt.de/index.php/umweltbilanzen/einflussgroessen/strommix).

[Zugriff am Juli 2018].

INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU), 2022. *BiCO₂ BW: CO₂-Bilanzierungstool für Kommunen in Baden-Württemberg für die Jahre 2009 bis 2019*. [Online].

Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH (IFEU), 2020. *BiCO₂ BW: Version 2.9*. Heidelberg: s.n.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2018. *Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS)*. [Online]

Available at: [https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-](https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/geothermie/lqs-ews)

[energien/geothermie/lqs-ews](https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/geothermie/lqs-ews)

[Zugriff am 22. November 2022].

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. & Magošch, 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.

Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 2021. *Interreg IV Oberrhein LGRB-Kartenviewer*. [Online] Available at: <https://maps.geopotenziale.eu/?app=georg&lang=de> [Zugriff am 06. Dezember 2022].

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

RWE AG, 2023. *H2@Hydro - H2-Cluster SüdWest*. [Online] Available at: <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/wasserstoff-projekte/h2-at-hydro/> [Zugriff am 17 Juli 2023].

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.

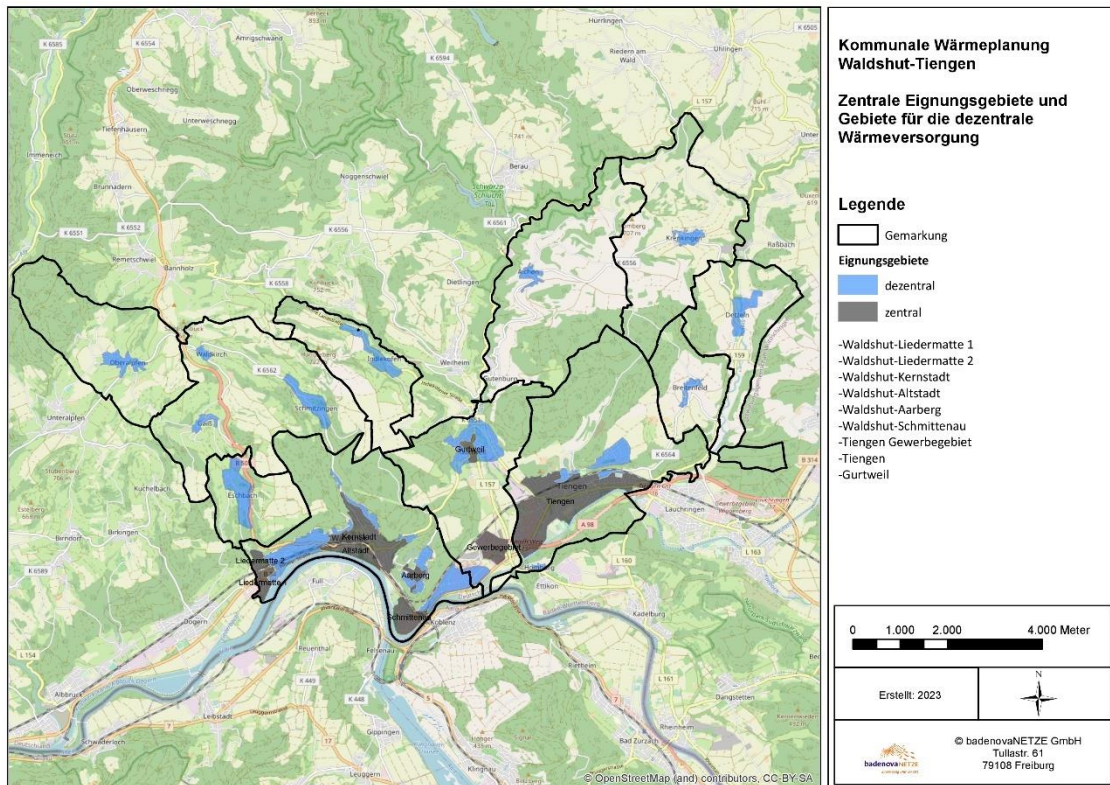
UMWELTBUNDESAMT, 2020. *Energieverbrauch privater Haushalte*. [Online] Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#endenergieverbrauch-der-privaten-haushalte> [Zugriff am Februar 2021].

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

10. Anhang

10.1 Eignungsgebietssteckbriefe

Zur Übersicht stellt die nachfolgende Karte die zentralen Eignungsgebiete sowie die für die dezentrale Wärmeversorgung dar, die in der kommunalen Wärmeplanung auf Grundlage aller vorhandenen Daten gewissenhaft definiert wurden. Insgesamt verteilen sich die neun zentralen Eignungsgebiete auf Waldshut (6), Tiengen (2) und Gurtweil (1).




10.2 Steckbriefe der Ortsteile mit zentraler Versorgung

10.2.1 Steckbrief Waldshut

Steckbrief Ortsteil Waldshut

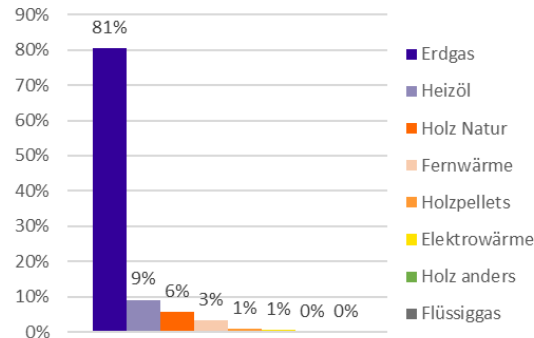
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	2186	Lage: Waldshut liegt am Hochrhein, nordwestlich der Einmündung der Aare in den Rhein, an der Grenze zum Schweizer Kanton Aargau.
Wärmeverbrauch 2021	108.223 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	28 %	




Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Waldshut beträgt 108.223 MWh. Der Ortsteil ist zum Großteil durch ein Gasnetz erschlossen. **Erdgas** hat den **größten Anteil** an der Wärmebereitstellung. Aber auch **Heizöl** spielt nach wie vor eine Rolle. Teile von Waldshut werden zudem per **Fernwärme** versorgt.



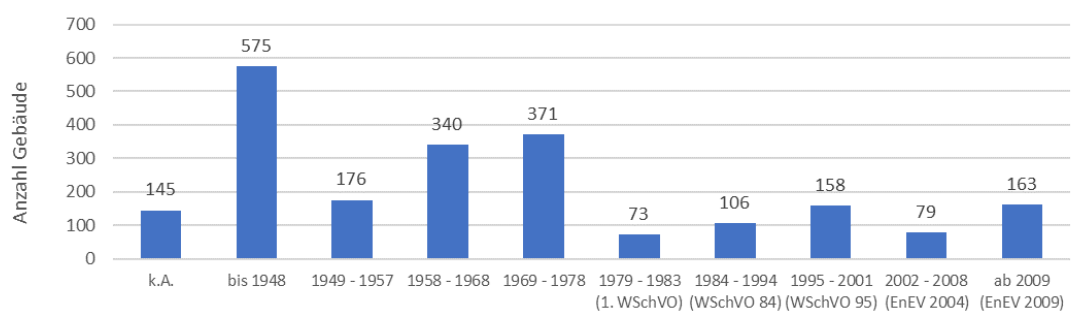
Gebäudenutzung

Der **überwiegende** Teil der Gebäude in Waldshut besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Industrie sowie öffentlichen Gebäuden.

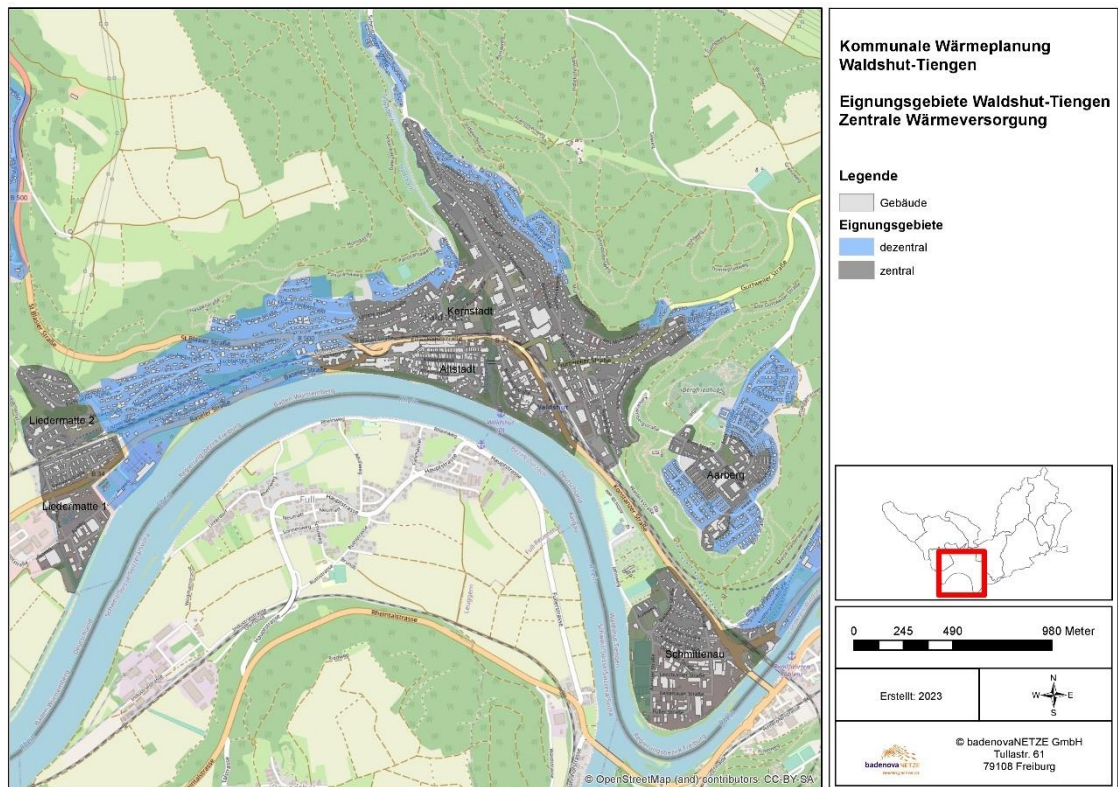


Gebäudealter

Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Waldshut wurde vor 1948 erbaut und über zwei Drittel wurden noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.

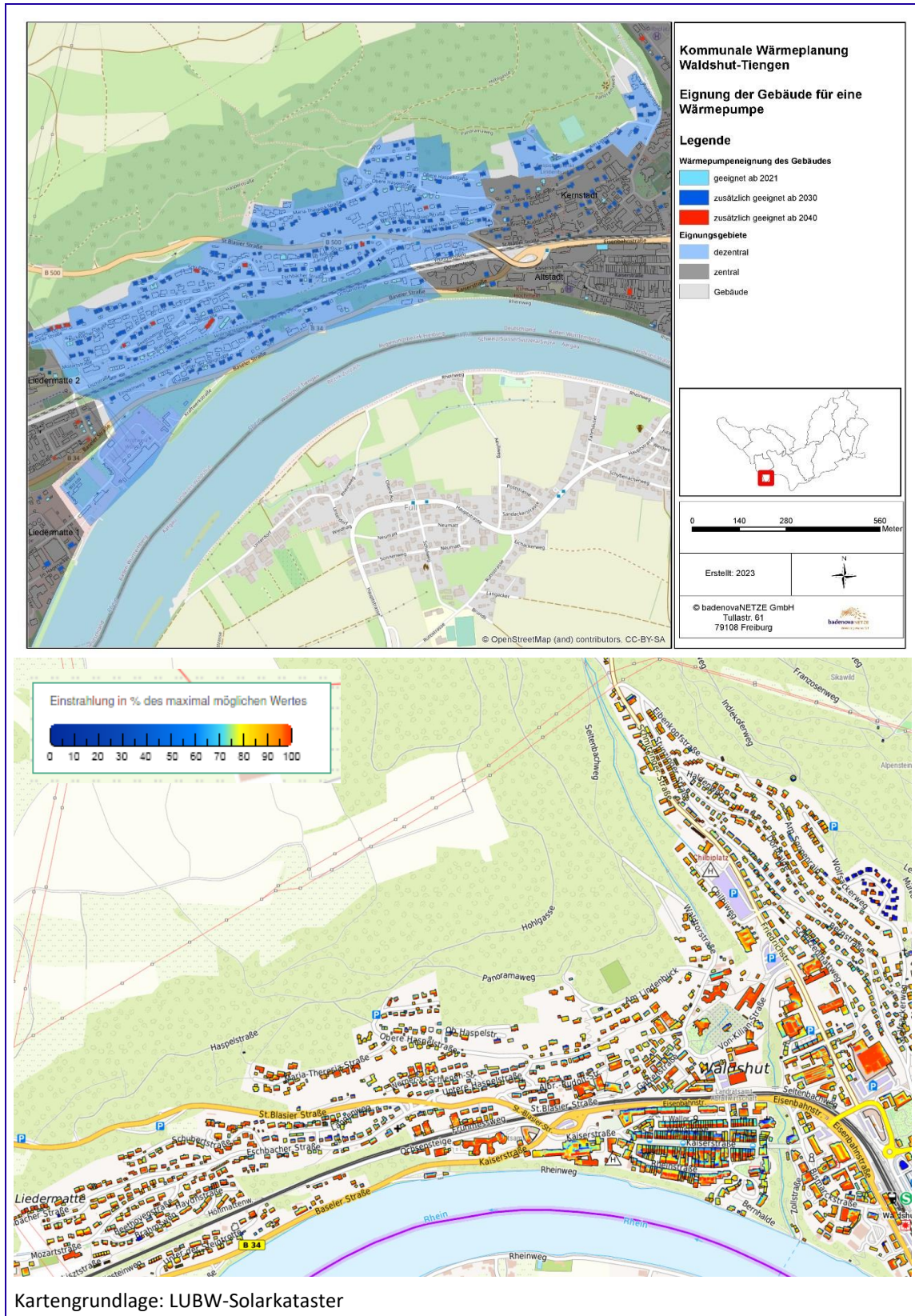


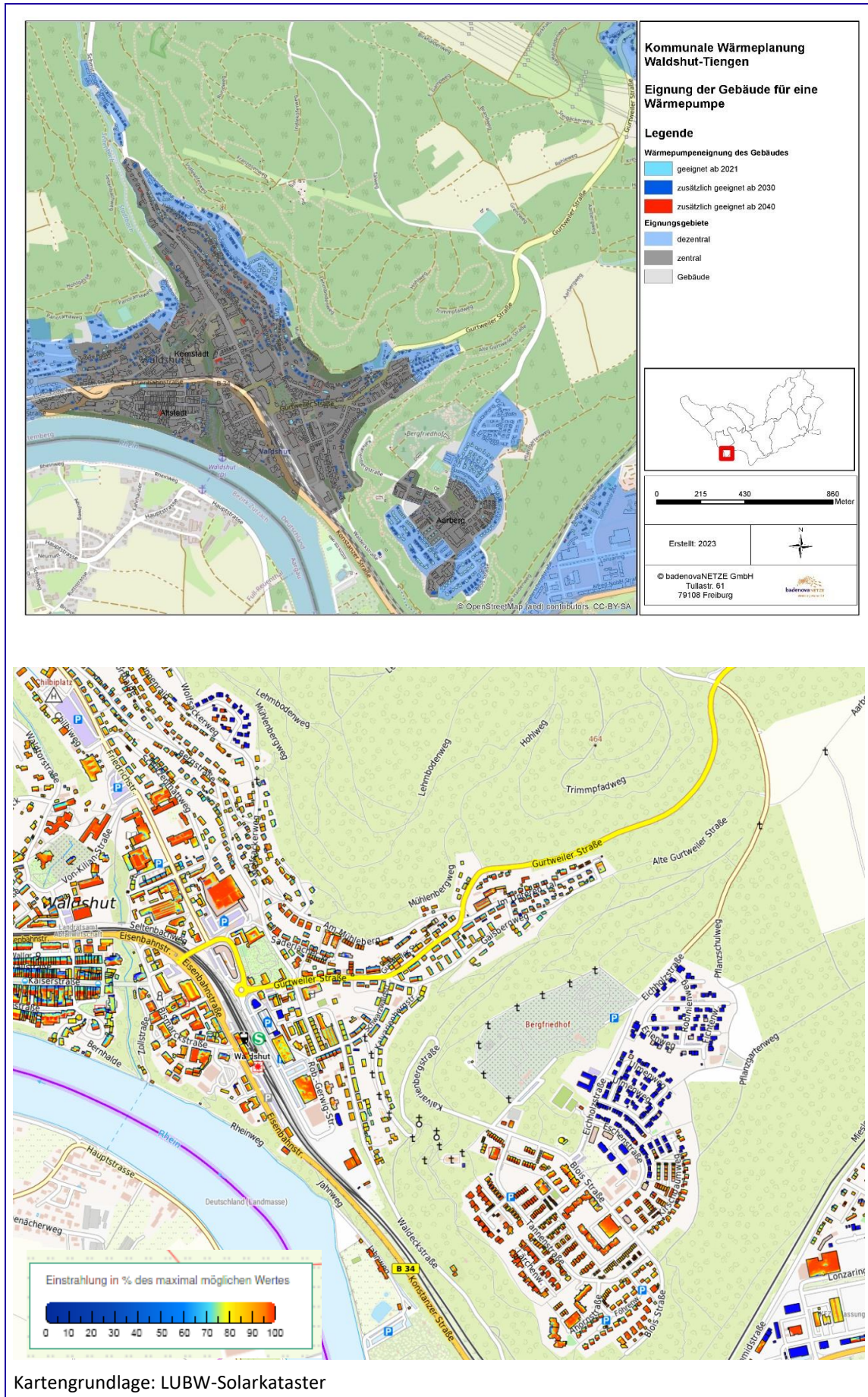
Eignungsgebiete in Waldshut



Dezentrale Wärmeversorgung:

In Waldshut variieren die Wärmedichten sehr stark. Dies führt u.a. zu einer unterschiedlichen Bewertung der Gebäude innerhalb Waldshuts. Zwischen den Gebieten Altstadt und Liedermatte befinden sich viele Einfamilienhäuser, die sich gut für eine Luftwärmepumpe und eine PV-Nutzung eignen. Innerhalb Waldshuts wurden vor allem jene Gebiete als dezentrale Gebiete ausgewiesen, deren Wärmedichte zu gering war, oder die perspektivische Eignung für eine Wärmepumpe vorhanden war.



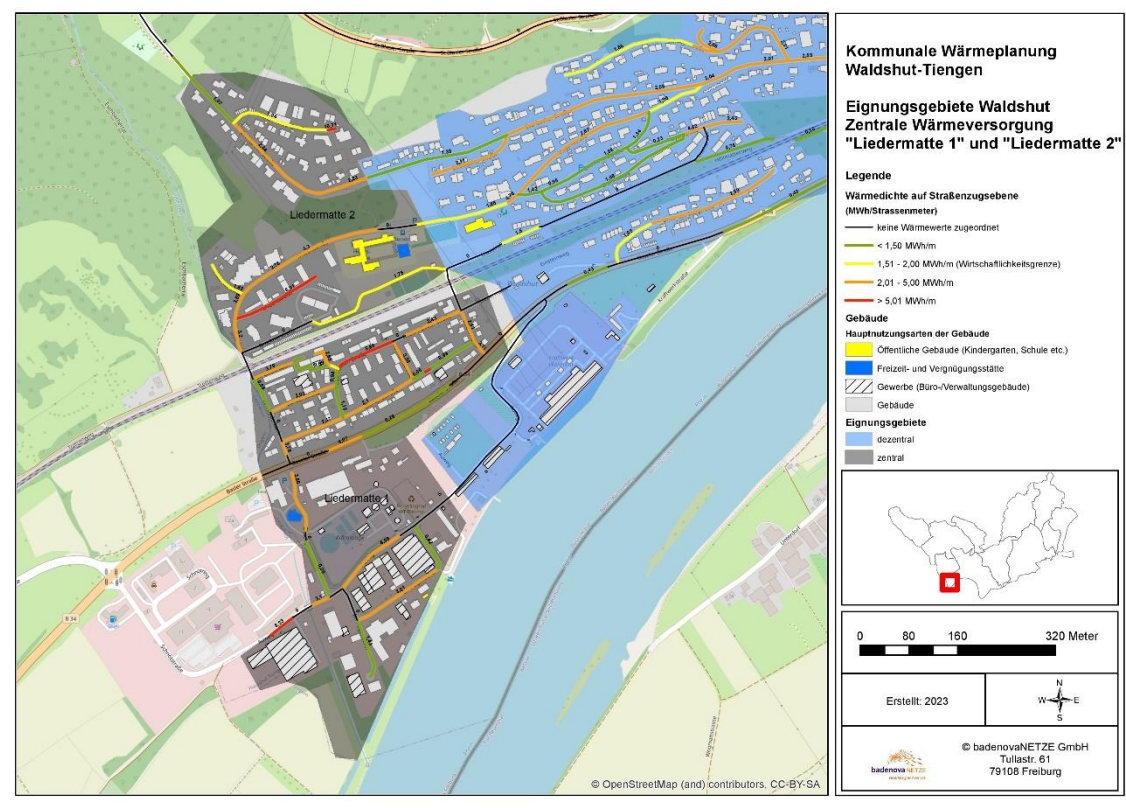


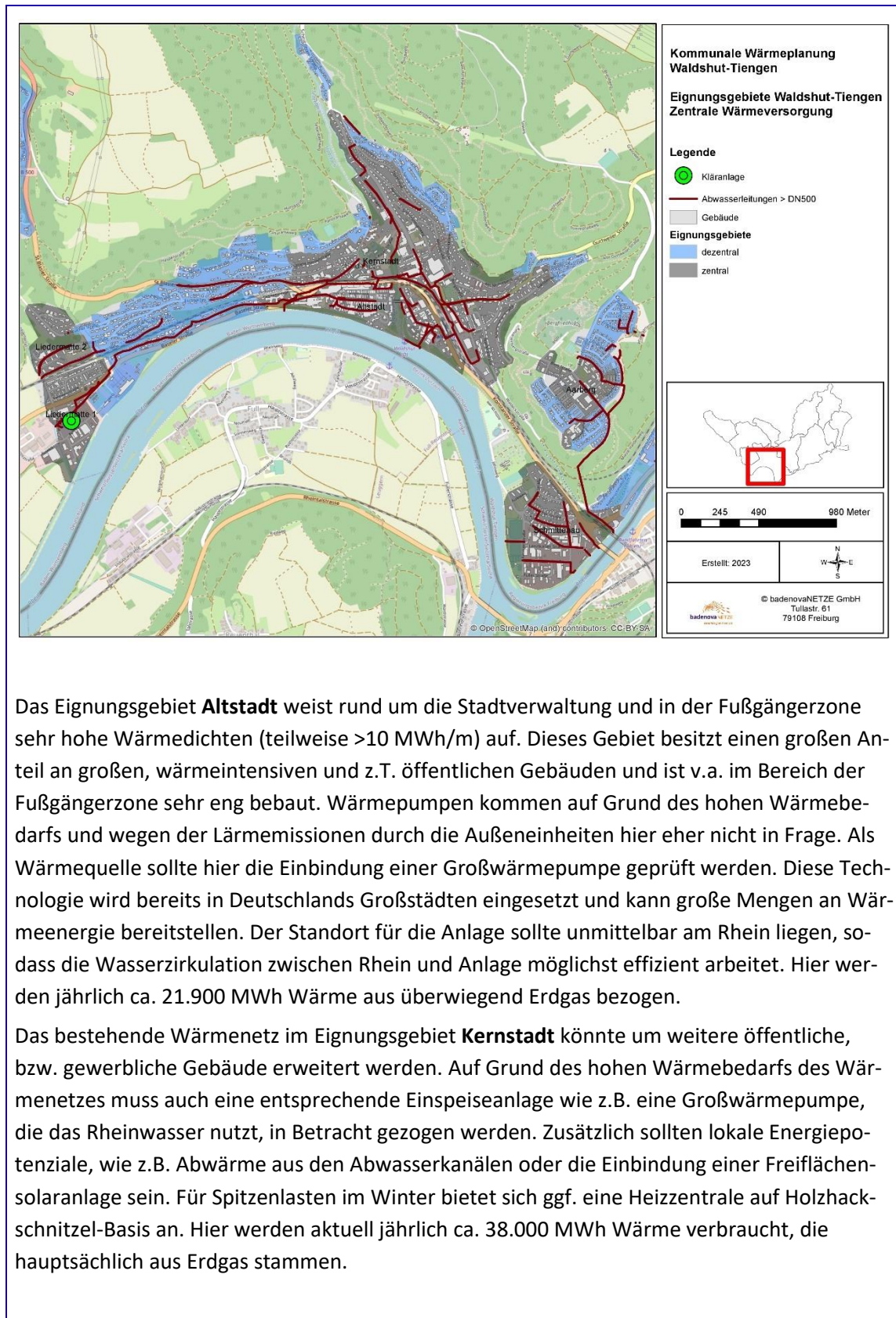
Zentrale Wärmeversorgung:

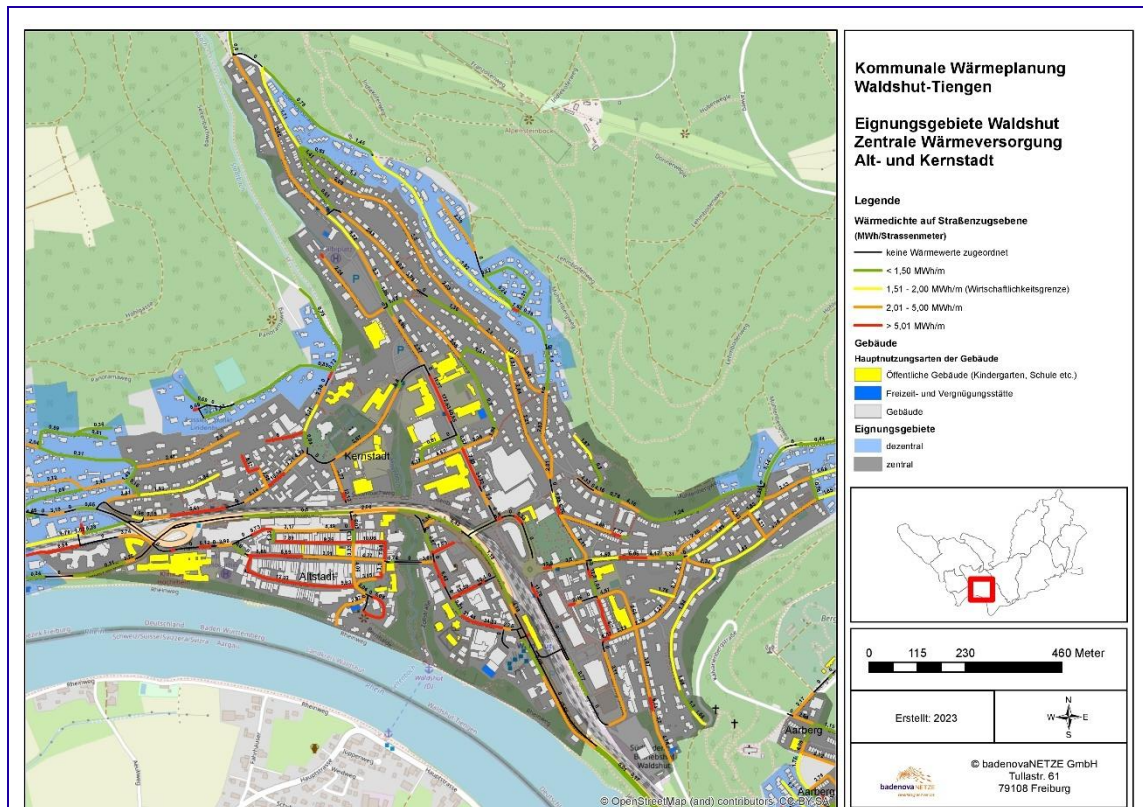
Im Ortsteil Waldshut befinden sich mehrere zentrale Eignungsgebiete, die sich für Wärmenetze eignen.

Im Eignungsgebiet **Liedermatte 1** sind überwiegend Wärmedichten von 1,5 – 6 MWh je Strassenmeter vorhanden. Die Gebäude sind u.a. durch Mehrfamilienhäuser und Gewerbebetriebe geprägt, welche nicht so einfach über Wärmepumpen zu versorgen sind. Zudem befindet sich bereits ein kleines Wärmenetz in diesem Eignungsgebiet, welches potenziell erweitert werden kann. Für das Quartier Liedermatte existiert bereits ein umsetzungsorientiertes Quartierskonzept, in welchem auch die Erweiterung des Wärmenetzes diskutiert wird. Auch eine der beiden städtischen Kläranlagen, welches auf Auskopplung von Abwärme technische geprüft werden könnte, befindet sich innerhalb des Eignungsgebiets. Die Abwasserkanäle mit einem Durchmesser >DN 500 kommen im Oberlauf bei ausreichender Distanz zur Kläranlage oder im Unterlauf der Anlage in Frage. Potenziell ist auch eine Nutzung der Wärme des Rheinwassers über eine Großwärmepumpe denkbar. Aktuell werden in diesem Eignungsgebiet ca. 5.200 MWh Wärmeenergie pro Jahr verbraucht, die primär über Erdgas bereitgestellt werden.

Das Eignungsgebiet **Liedermatte 2** ist als eine Erweiterungsmöglichkeit des Gebiets Liedermatte 1 zu sehen. Bei genügend großem Wärmeangebot könnte Liedermatte 2 ebenfalls an das Netz angeschlossen werden. Die Priorität wird hier jedoch niedriger angesetzt, da viele Gebäude in Liedermatte 2 auch über dezentrale Wärmepumpen versorgt werden könnten. Hier werden aktuell jährlich ca. 3.900 MWh Wärme verbraucht, die größtenteils über Erdgas gedeckt werden.

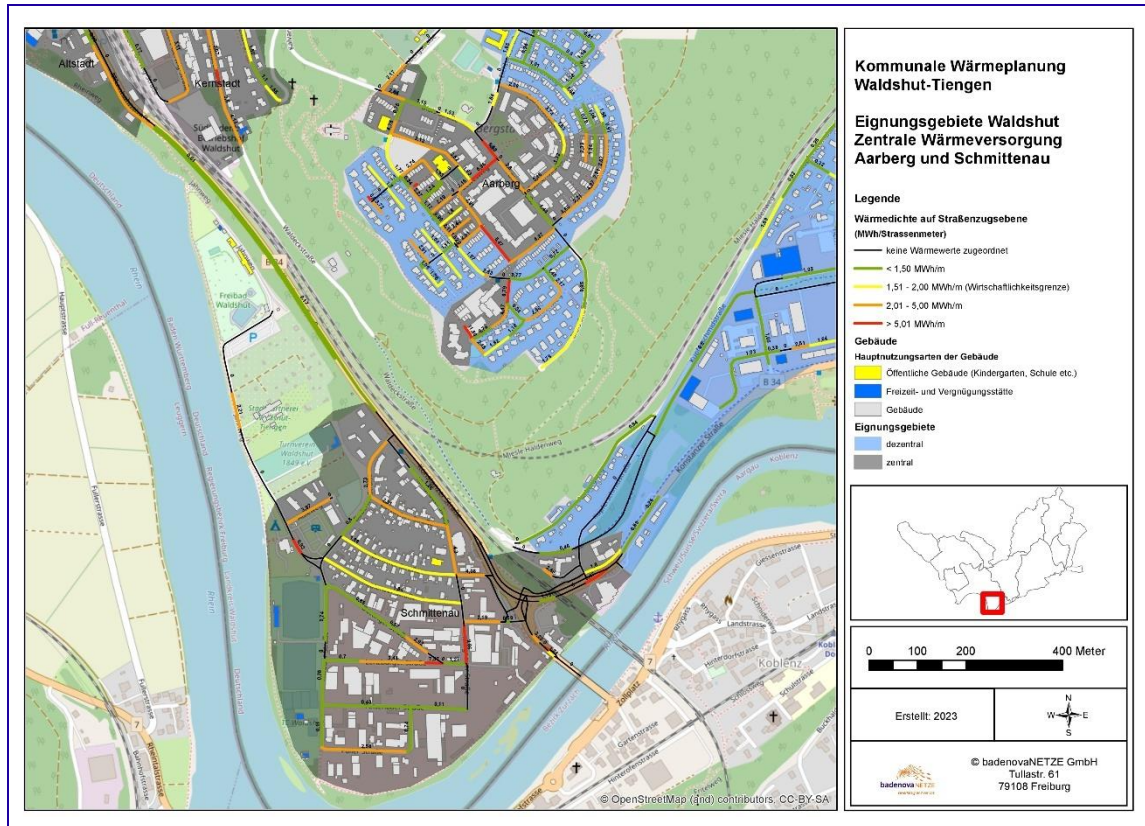






Das Eignungsgebiet **Aarberg** wurde als zentrales Gebiet ausgewiesen, da die Wärmedichte lokal hohe Werte annimmt. Zudem gibt es hier vereinzelt öffentliche Liegenschaften, wie z.B. den Kindergarten, welche als Ankerkunden fungieren könnten. Auch die großen Mehrfamilienhäuser, die sich in dem Gebiet befinden, könnten an ein Wärmenetz angeschlossen werden. Innerhalb des zentralen Gebiets ist auch ein Umstieg auf Wärmepumpen nicht ohne weiteres möglich, was die Tendenz zu einer zentralen Wärmeversorgung weiterhin verstärkt. Hier werden aktuell jährlich ca. 6.600 MWh Wärme vorwiegend über Erdgas bezogen.

Das Eignungsgebiet **Schmittenu** weist einen hohen Anteil an gewerblich genutzten Gebäuden auf. Auch die Wärmedichte ist hier entsprechend hoch. Zudem befinden sich auch hier öffentliche Liegenschaften, die als Keimzellen einer zentralen Wärmeversorgung fungieren könnten. Charakteristisch für das Gebiet ist die unmittelbare Nähe zum Rhein, weswegen hier auch eine zentrale Versorgung unter Einbindung der Flusswärme über eine Großwärmepumpe in Betracht gezogen werden sollte. Jährlich werden hier aktuell ca. 6.600 MWh Wärme bezogen. Der Hauptenergieträger ist hier Erdgas.




10.2.2 Steckbrief Gurtweil

Steckbrief Ortsteil Gurtweil

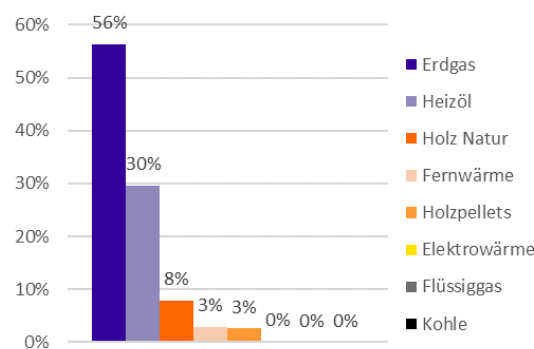
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	488	Lage: Gurtweil liegt am Unterlauf der Schlücht, zwischen Waldshut und Tiengen und ist der drittgrößte Ortsteil von Waldshut-Tiengen.
Wärmebedarf 2021	16.079 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	29 %	




Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Gurtweil beträgt 16.079 MWh. Der Ortsteil ist teilweise durch ein Gasnetz erschlossen. Neben **Erdgas** hat **Heizöl** jedoch nach wie vor einen sehr hohen Anteil an der Wärmebereitstellung. Auch Holz spielt eine Rolle. Teile von Gurtweil werden durch Fernwärme versorgt.



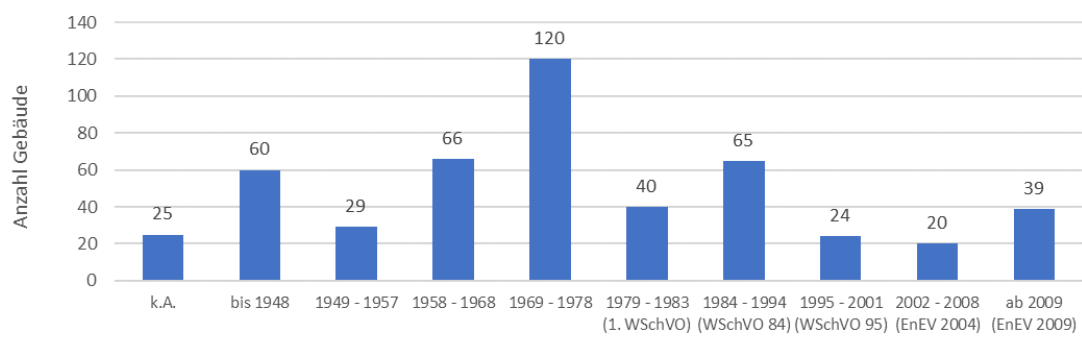
Gebäudenutzung

Der **überwiegende** Teil der Gebäude in Gurtweil besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Industrie sowie öffentlichen Gebäuden.



Gebäudealter

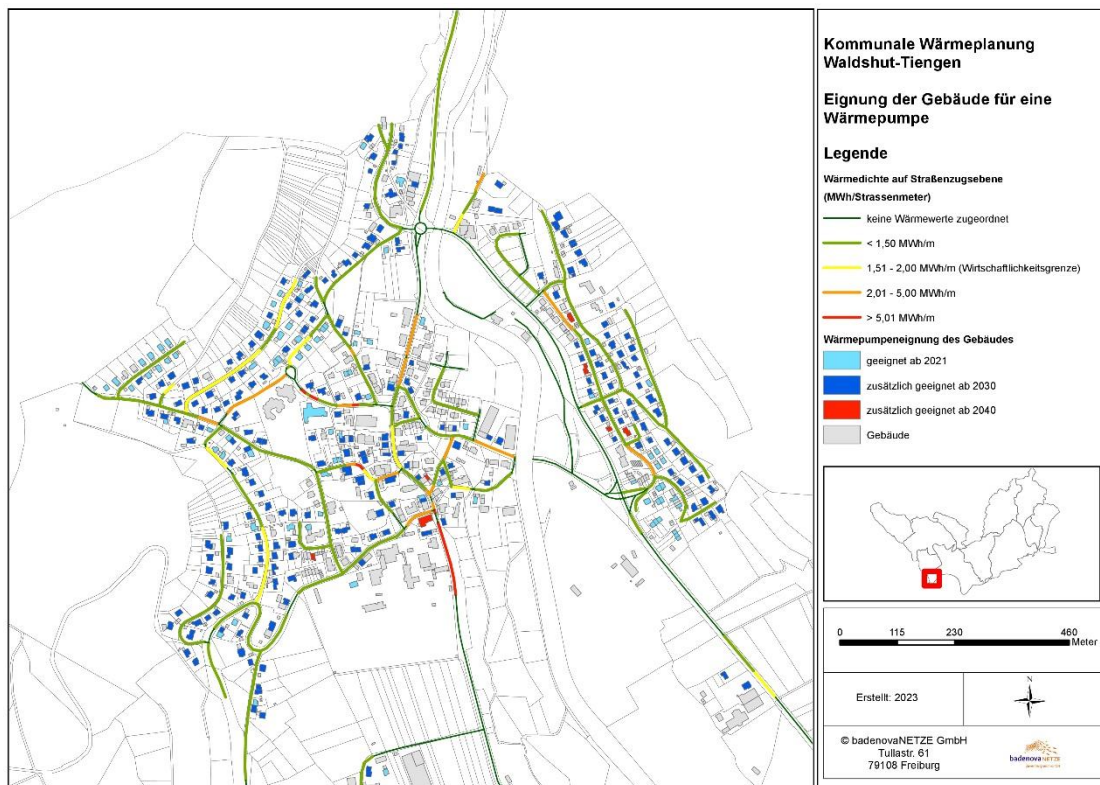
Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Gurtweil wurde vor 1948 erbaut und fast zwei Drittel der Gebäude wurden noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.

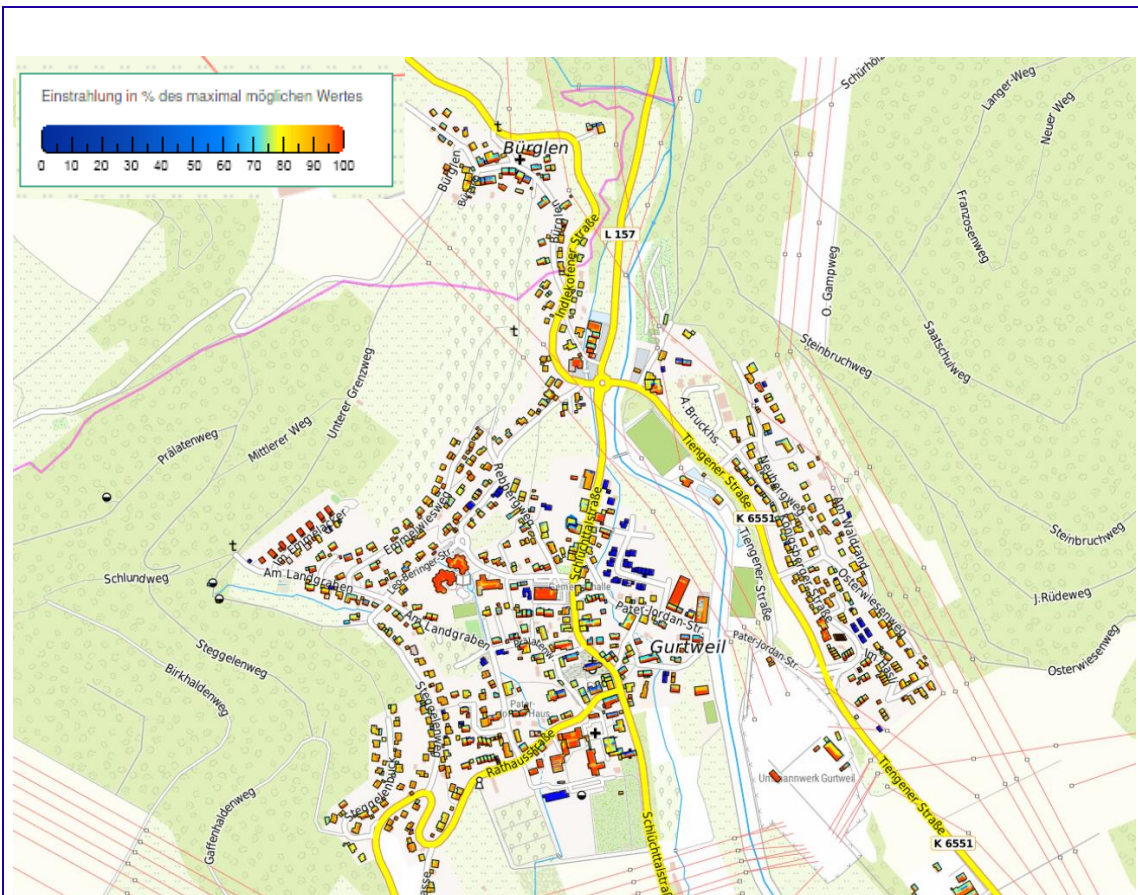


Eignungsgebiete in Gurtweil

Dezentrale Wärmeversorgung:

Außerhalb des Ortskerns von Gurtweil sind die Wärmedichten eher gering und die Bebauung von Einfamilienhäusern geprägt. Dies begünstigt eine dezentrale Wärmeversorgung, die zukünftig vor allem über Wärmepumpen und teilweise über Biomasseheizungen erfolgen wird. Generell muss v.a. die Sanierungsquote steigen, um das Ziel des klimaneutralen Gebäudebestands bis zum Jahr 2040 zu erreichen. Die gesteigerte Sanierungsquote trägt neben dem geringeren Energiebedarf auch dazu bei, dass Gebäude besser für eine Wärmepumpe geeignet sein werden.



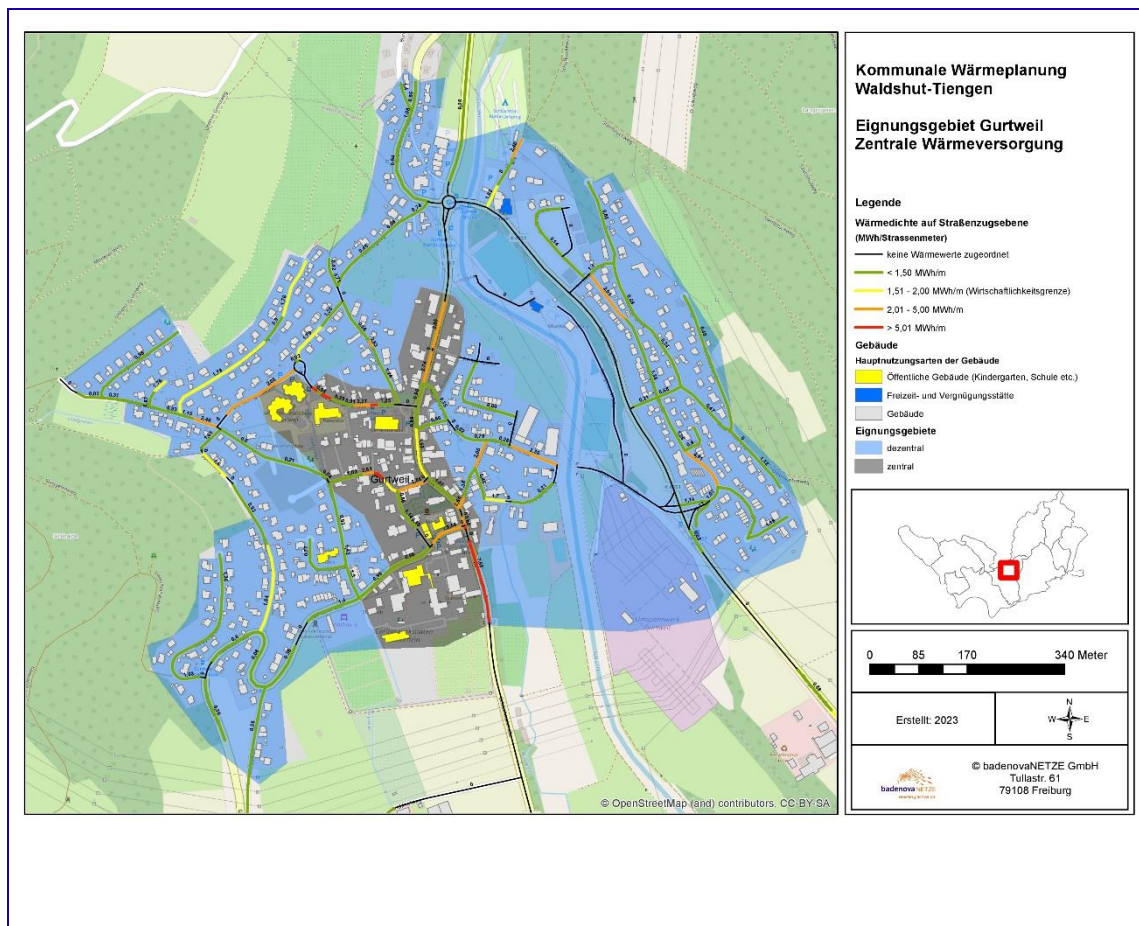


Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:

Das Eignungsgebiet **Gurtweil** weist im Vergleich zum Ortsrand deutlich höhere Wärmedichten mit teilweise über 5 MWh/m auf. Außerdem liegen einige öffentliche Liegenschaften innerhalb des Eignungsgebiets, was die Tauglichkeit für eine zentrale Wärmeversorgung weiterhin begünstigt. Speziell die Lage der Grund- und Werkrealschule, des städtischen Kindergartens sowie die Feuerwehr liegen strategisch günstig. Auch die Caritaswerkstädten am südlichen Ortsrand liegen innerhalb des Eignungsgebiets. Innerhalb dieser Liegenschaften könnte perspektivisch Platz für eine Heizzentrale sein, die in das zukünftige Wärmenetz einspeist. Entlang der Schüchtalstraße sind zudem einige kleinere Gewerbebetriebe zu finden, die ebenfalls als Abnehmer der Wärme eine Rolle spielen können.

Als Energieträger kommen für das Gurtweiler Netz beispielsweise Holz in Kombination mit Solarthermie in Frage, da rund um Gurtweil auch einige Flächen potenziell für Freiflächenanlagen in Frage kommen könnten. Alternativ könnte auch eine Großwärmepumpe (Luft-Wasser) geprüft werden, die in Kombination mit einer Freiflächen-PV-Anlage in die Wärmeversorgung gewährleisten könnte. Als Spitzenlastkessel könnte auch hier eine Biomasse-Anlage fungieren. Dies sollte jedoch im Rahmen einer Machbarkeitsstudie im Detail geklärt werden. Aktuell werden hier ca. 3.400 MWh jährlich verbraucht. Dabei kommt primär Heizöl gefolgt von Erdgas zum Einsatz.




10.2.3 Steckbrief Tiengen

Steckbrief Ortsteil Tiengen

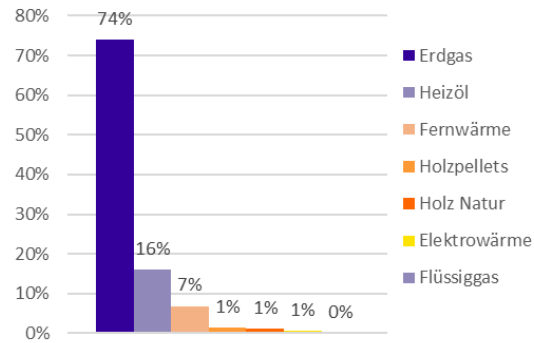
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	1.743	Lage: Tiengen ist der zweitgrößte Ortsteil von Waldshut-Tiengen und liegt östlich des bevölkerungsreichsten Ortsteils Waldshut.
Wärmeverbrauch 2021	94.258 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	28 %	




Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Tiengen beträgt 94.258 MWh. Der Ortsteil ist weitgehend durch ein Gasnetz erschlossen. **Erdgas** hat den **größten Anteil** an der Wärmebereitstellung. Aber auch **Heizöl** spielt nach wie vor eine Rolle. Teile von Tiengen werden zudem per **Fernwärme** versorgt.



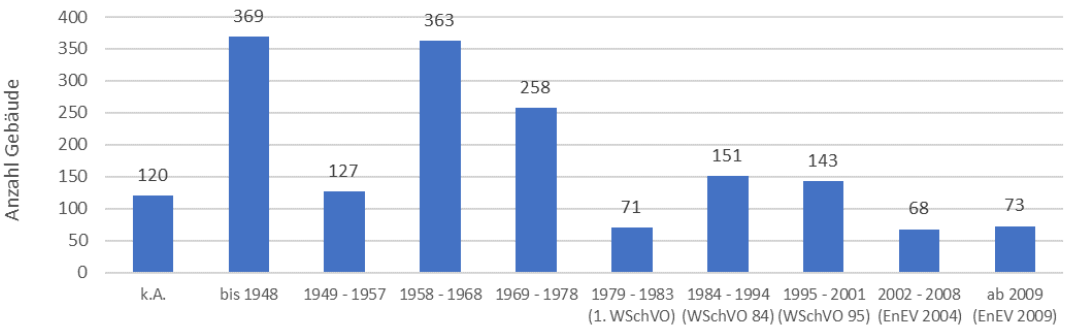
Gebäudenutzung

Der **überwiegende** Teil der Gebäude in Tiengen besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Industrie sowie öffentlichen Gebäuden.



Gebäudealter

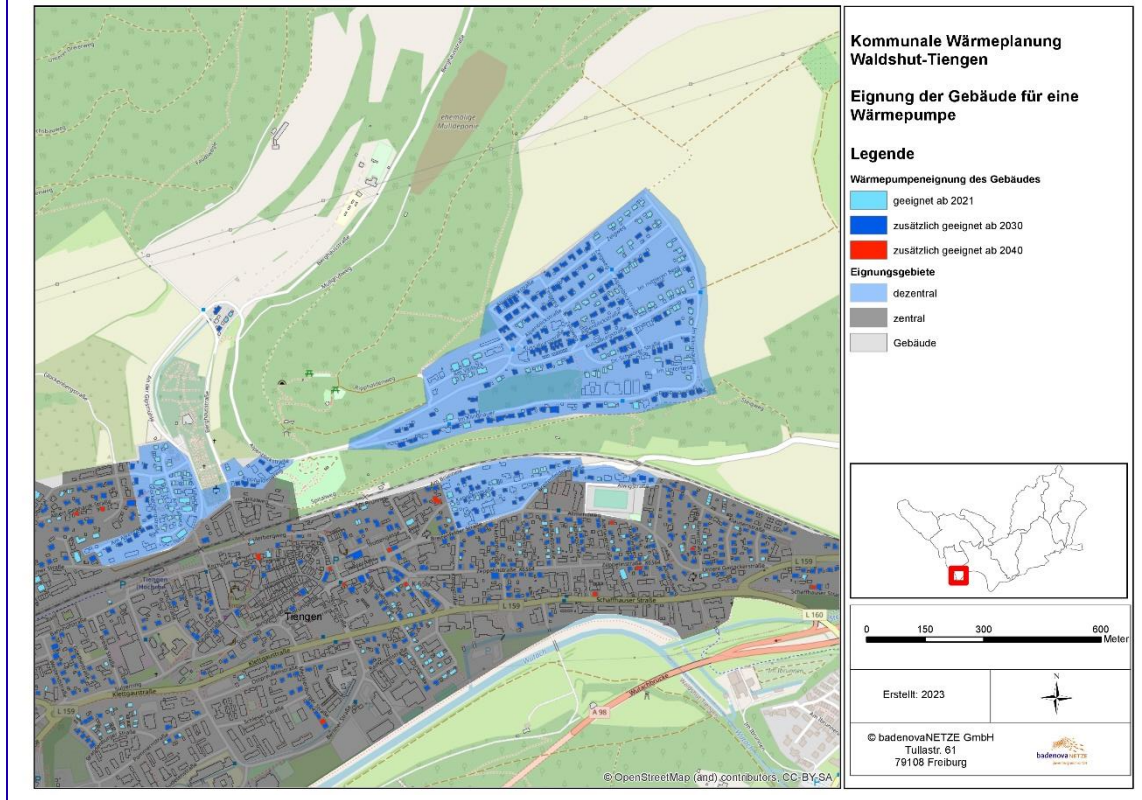
Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Tiengen wurde vor 1948 erbaut und zwei Drittel der Gebäude wurden noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.

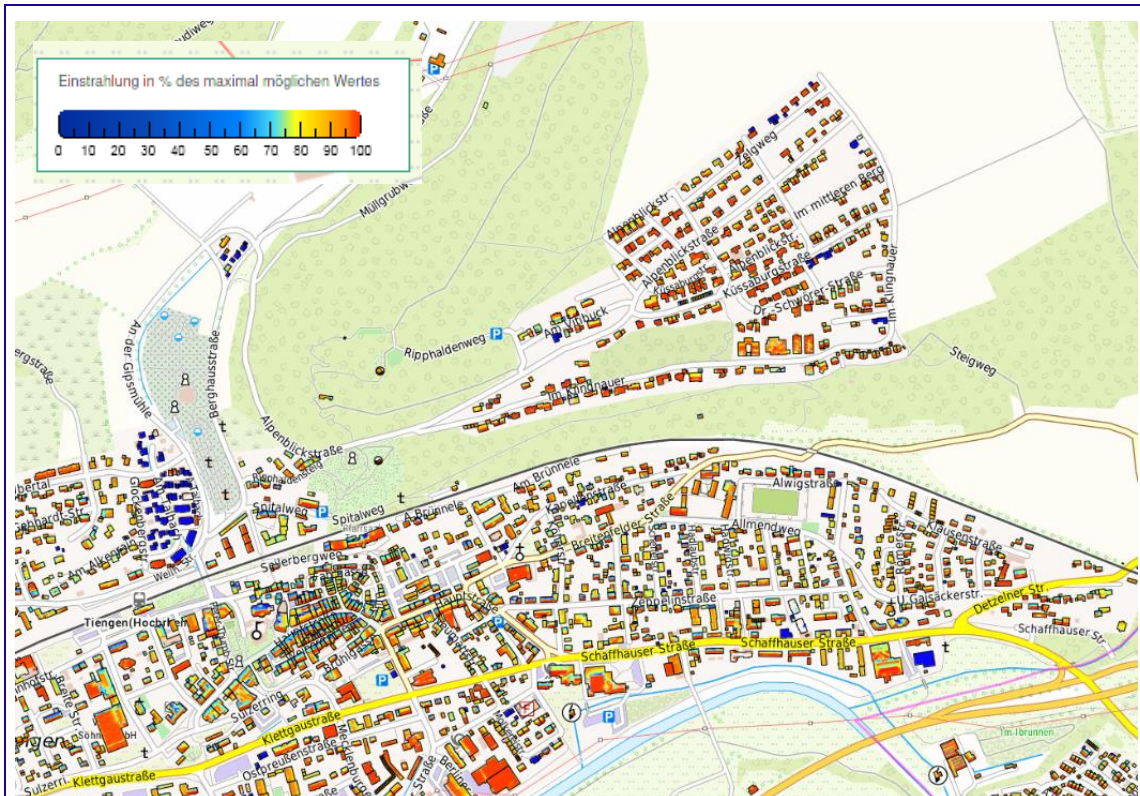


Eignungsgebiete in Tiengen

Dezentrale Wärmeversorgung:

In Tiengen gibt es v.a. im Norden einzelne Gebiete, die zukünftig dezentral versorgt werden sollten. Diese Gebiete können perspektivisch über dezentrale Luft-Wasserwärmepumpen mit Wärme versorgt werden. Auch die Wärmedichte ist in diesen Gebieten nicht hoch genug, um wirtschaftlich für eine Wärmenetzversorgung geeignet zu sein. Im Gegensatz dazu, weist der Großteil des zentralen Tiengens eine eher geringe Eignung für dezentrale Luftwärmepumpen auf.





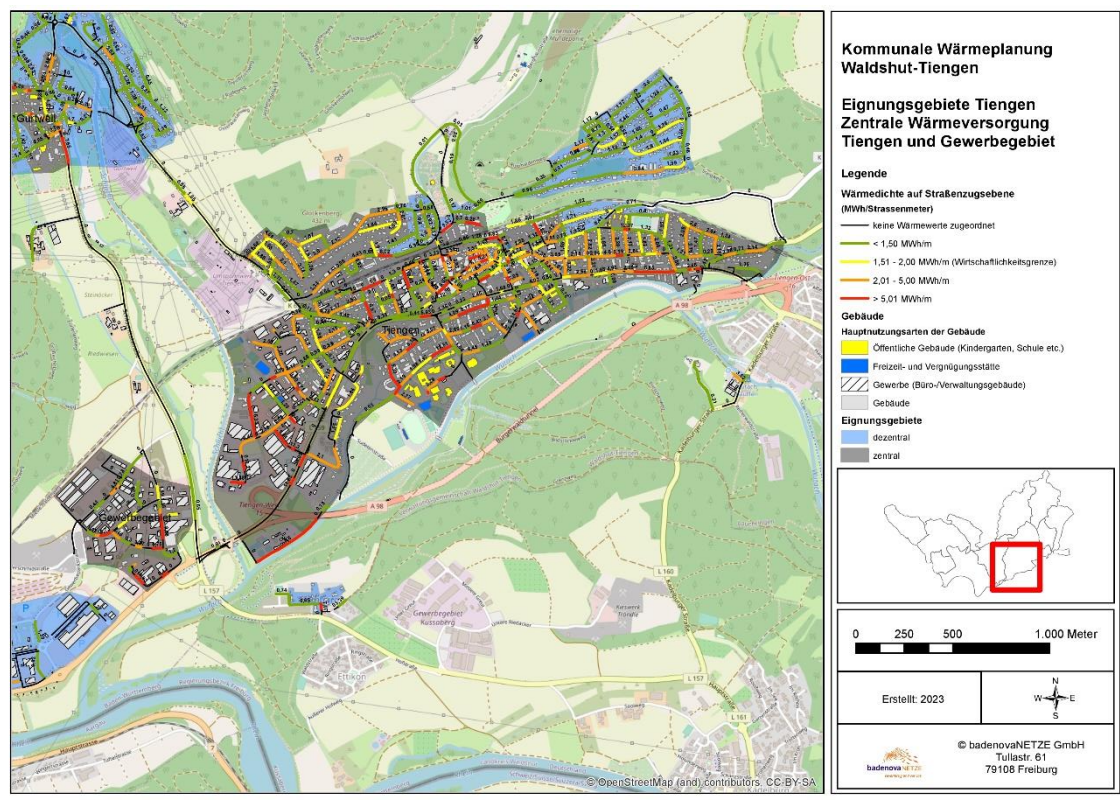
Zentrale Wärmeversorgung:

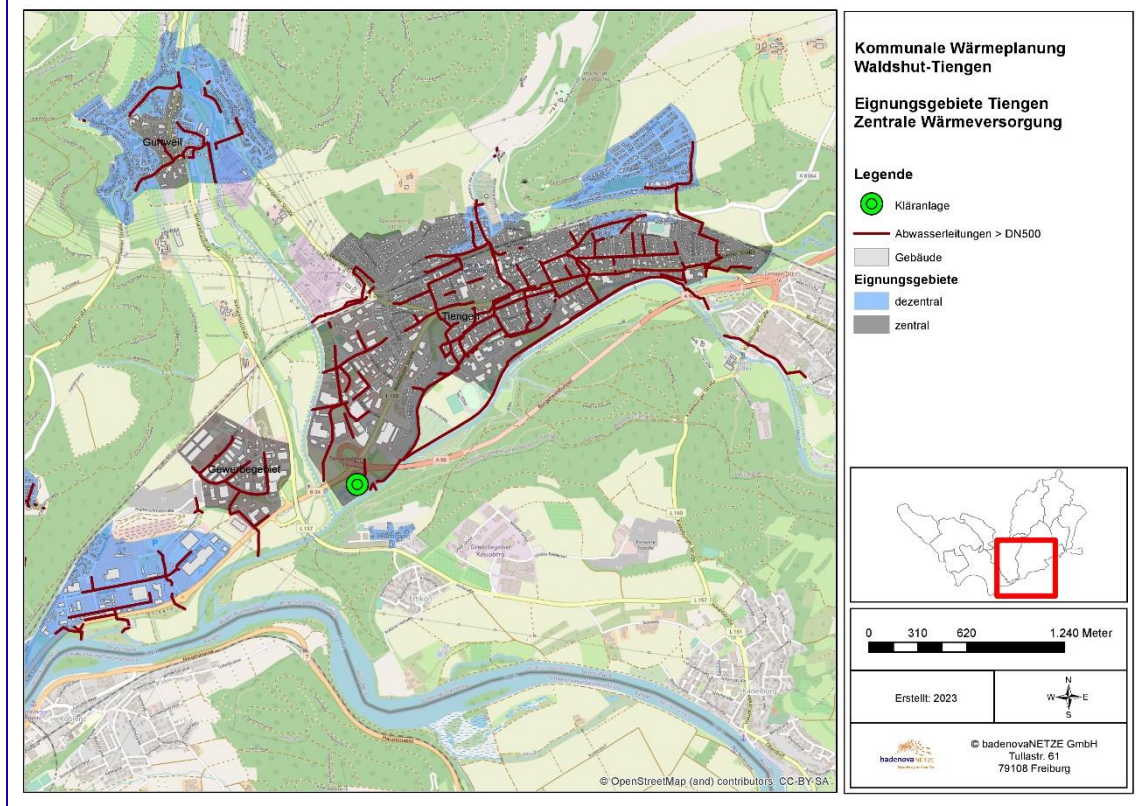
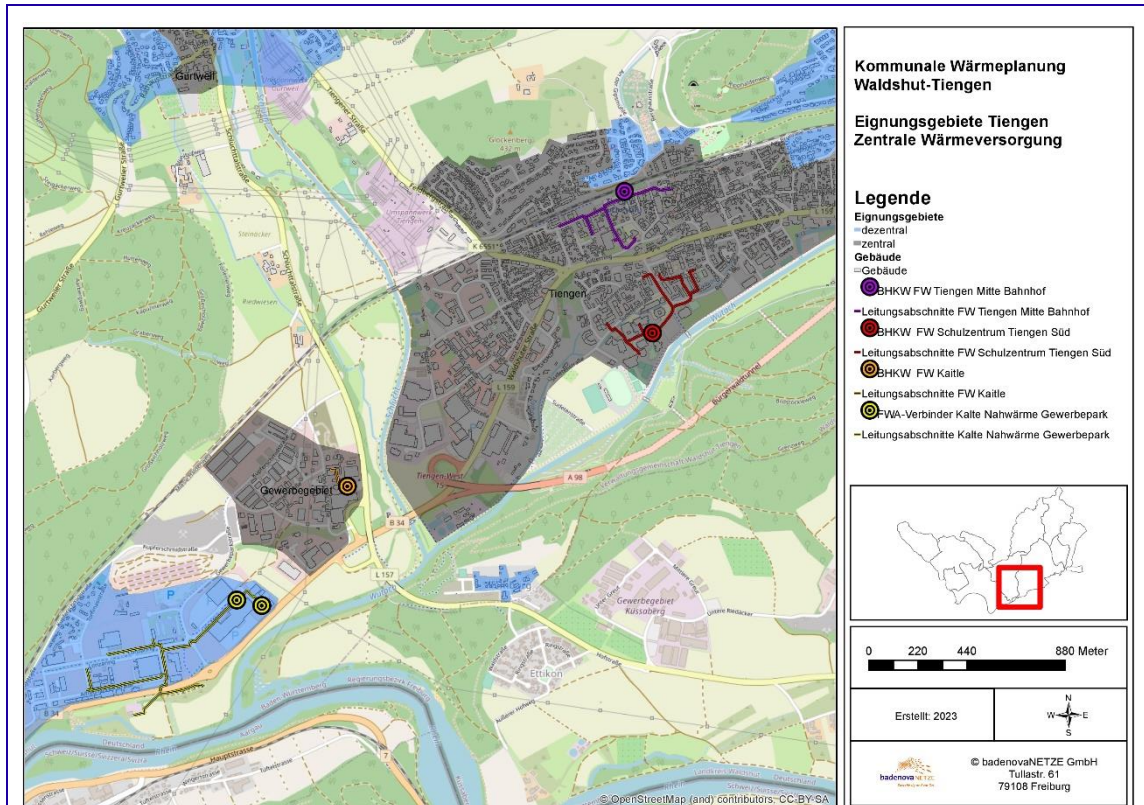
Das Eignungsgebiet **Tiengen** ist flächenmäßig das größte Eignungsgebiet auf der Gemarkung der Stadt. Hier werden flächendeckend hohe Wärmedichten erreicht. Dies liegt vor allem an der engen Bebauung, an den vielen Gewerbebetrieben, Mehrfamilienhäusern und öffentlichen Liegenschaften. In Tiengen gibt es bereits bestehende Wärmenetzanschlüsse, was die Eignung für eine zentrale Wärmeversorgung verstärkt. Die bestehenden Wärmenetze dienen zukünftig als Keimzellen für einen weiteren Ausbau der Infrastruktur und wurden somit als ein großes und gesamthaftes Gebiet ausgewiesen. Dies bedeutet nicht, dass Tiengen durch lediglich ein großes Netz gespeist werden muss, sondern dass das Gebiet insgesamt bis 2040 mehrheitlich über Wärmenetze versorgt werden sollte.

Zentrale Frage ist hier die Art der zukünftigen Wärmequellen für das Wärmenetz. Bisher wird ein Großteil der Wärmenetze über Erdgas versorgt. Zukünftig muss dies über erneuerbare Energien erfolgen. Hier gilt es zu untersuchen, ob auch für dieses Eignungsgebiet die Wärme des Rheins über eine Großwärmepumpe nutzbar gemacht werden kann. Falls dies möglich wäre, könnte ein signifikanter Anteil der zukünftigen zentralen Wärmeversorgung in Tiengen mit dieser Technologie abgedeckt werden. Weitere Wärmequellen für die zentrale Versorgung in Tiengen sind z.B. industrielle Abwärme, die bei einigen Betrieben potenziell vorhanden ist, Freiflächen-Solarthermie, Abwasserabwärme oder Holz. Die potenziell in Frage kommenden Kanäle mit ausreichendem Durchmesser wurden hier auch im Rahmen der Kartendarstellung visualisiert. Tiengen ist das zentrale Eignungsgebiet mit dem größtem Wärmeverbrauch. Hier werden aktuell jährlich ca. 85.000 MWh Wärme aus überwiegend Erdgas bezogen.

Das Eignungsgebiet **Gewerbegebiet** liegt westlich von Tiengen und weist durchgehend hohe Wärmedichten auf Straßenzugsebene auf. Es befindet sich bereits ein BHKW mit einem kleinen Wärmenetz in dem Gebiet, welches weiter ausgeweitet werden könnte, um die restlichen Gebäude in dem Eignungsgebiet zu versorgen.

Als Wärmequellen kommen hier industrielle Abwärme oder Abwärme aus den Abwasserkanälen in Frage. Außerdem befinden sich einige Flächen in unmittelbarer Nähe, die für eine Nutzung von Freiflächensolaranlagen förderfähig wären. Da auch das Eignungsgebiet „Tiengen“ in räumlicher Nähe ist, wäre eine Zusammenlegung der Wärmeversorgung für die beiden Eignungsgebiete denkbar. Auch die Nutzung der Wärme des Rheins über eine Flusswärmepumpe wäre zu prüfen. Aktuell werden hier ca. 6.100 MWh Wärme aus überwiegend Erdgas bezogen.





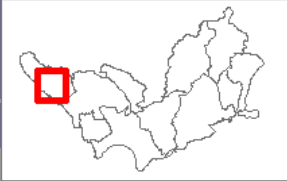
10.3 Steckbriefe der Ortsteile mit dezentraler Versorgung

10.3.1 Steckbrief Oberalpfen

Steckbrief Ortsteil Oberalpfen

Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	140
Wärmeverbrauch 2021	2.817 MWh
Einsparpotenzial Sanierung	30 %

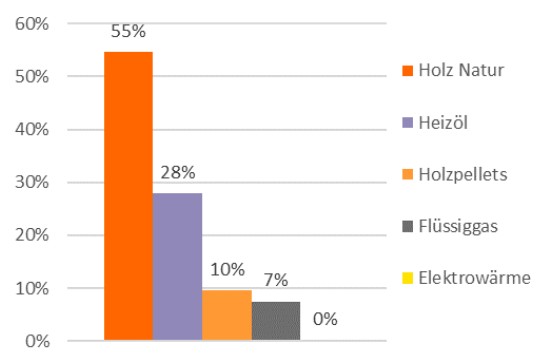


Lage:

Oberalpfen ist der nordwestlichste Ortsteil von Waldshut-Tiengen. Das Leiterbachtal sowie das Albtal prägen das Landschaftsbild.

Energieverbrauch nach Energieträgern

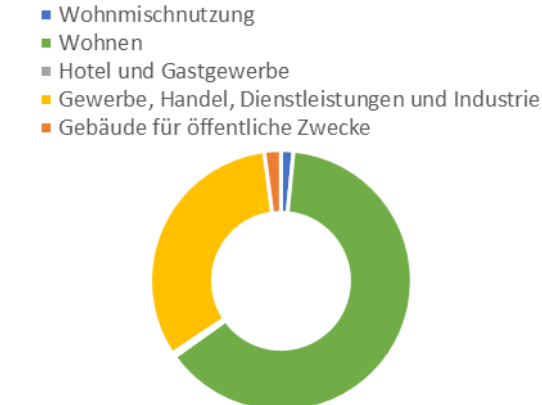
Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Oberalpfen beträgt 2.817 MWh. Der Ortsteil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen. Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen** gedeckt.



Energieträger	Anteil (%)
Holz Natur	55%
Heizöl	28%
Holzpellets	10%
Flüssiggas	7%
Elektrowärme	0%

Gebäudenutzung

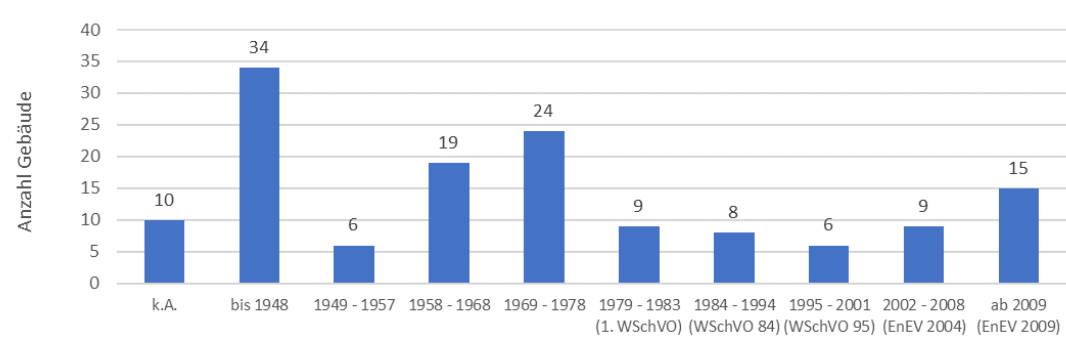
Der **überwiegende Teil** der Gebäude in Oberalpfen besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie.



- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Hotel und Gastgewerbe
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gebäude für öffentliche Zwecke

Gebäudealter

Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Oberalpfen wurde vor 1948 erbaut und fast zwei Drittel wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.



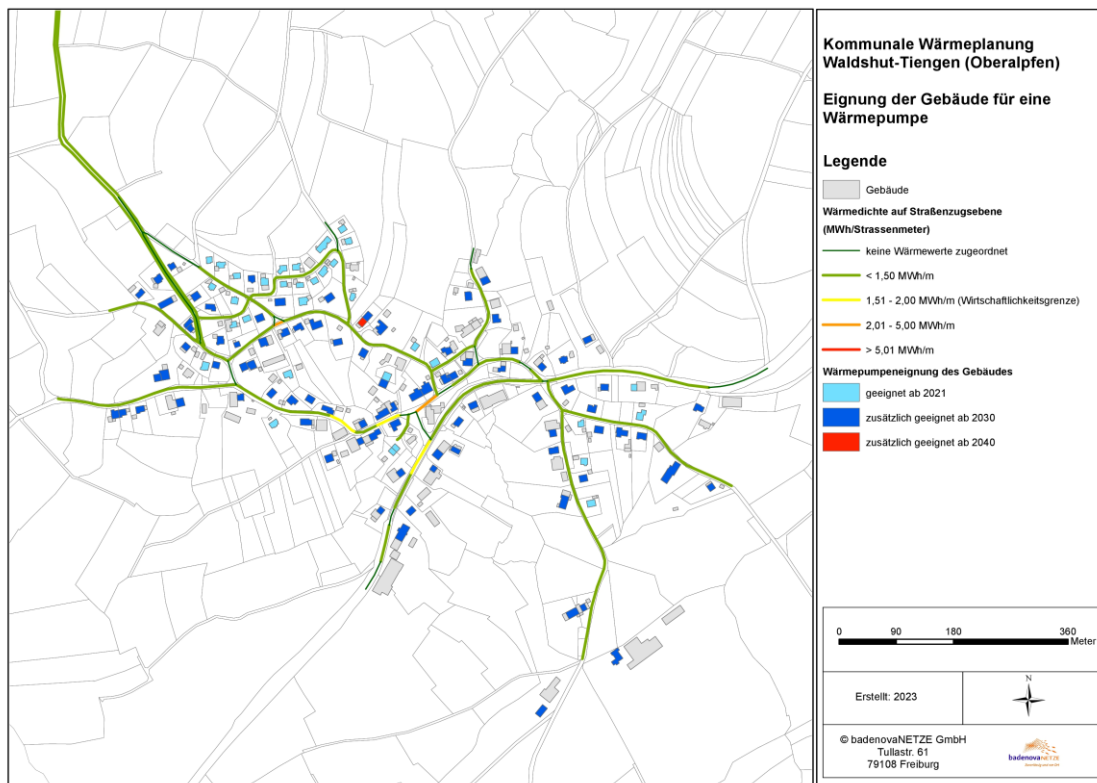
Bauzeitraum	Anzahl Gebäude
k.A.	10
bis 1948	34
1949 - 1957	6
1958 - 1968	19
1969 - 1978	24
1979 - 1983 (1. WSchVO)	9
1984 - 1994 (WSchVO 84)	8
1995 - 2001 (WSchVO 95)	6
2002 - 2008 (EnEV 2004)	9
ab 2009 (EnEV 2009)	15

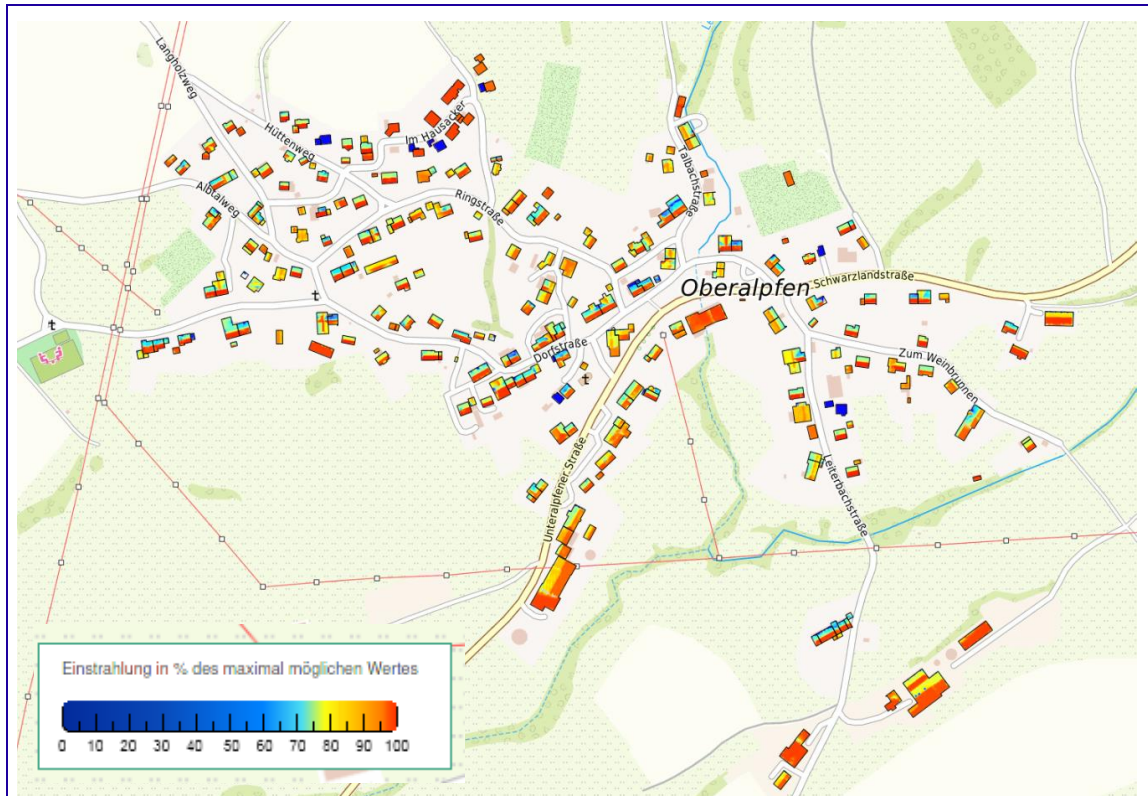
Eignungsgebiete in Oberalpfen

Dezentrale Wärmeversorgung:

Auf Grund der geringen Wärmedichte und der heterogenen Gebäude- und Heizungsalterstruktur wird in Oberalpfen zu großen Teilen eine dezentrale Wärmeversorgung in Kombination mit PV-Anlagen und Wärmepumpen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung als sinnvoll erachtet. Dies kann v.a. mit Hilfe von Gebäudesanierung erzielt werden. Lokale Wärmepotenziale bestehen bei der Nutzung von Erdwärmesonden, Solarthermie und Luft-Wasser Wärmepumpen. Rund um Oberalpfen gibt es verschiedene Flächen, die auch für eine PV-Freiflächenanlage geeignet wären.

Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 86 % der beheizten Gebäude in Oberalpfen über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 3.984 MWh Solarstrom erzeugt werden.





Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:

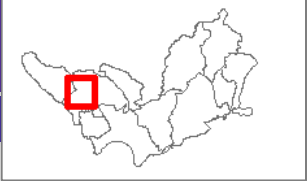
Auf der Gemarkung Oberalpfen befinden sich keine zentralen Eignungsgebiete.

10.3.2 Steckbrief Waldkirch

Steckbrief Ortsteil Waldkirch

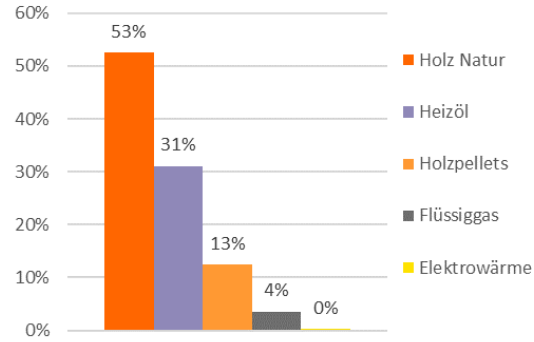
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	170	Lage: Waldkirch liegt nordwestlich der Kernstadt und setzt sich aus den Ortsteilen Gaiß und Waldkirch zusammen.
Wärmeverbrauch 2021	4.573 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	30 %	



Energieverbrauch nach Energieträgern


Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Waldkirch beträgt 4.573 MWh. Der Ortsteil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen. Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen** gedeckt.



Energieträger	Anteil (%)
Holz Natur	53%
Heizöl	31%
Holzpellets	13%
Flüssiggas	4%
Elektrowärme	0%

Gebäudenutzung

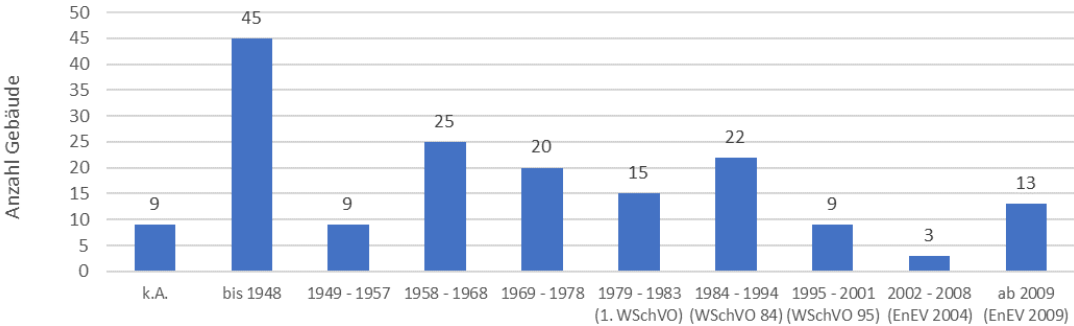
Der **überwiegende** Teil der Gebäude in Waldkirch besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Industrie.



- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Hotel und Gastgewerbe
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gebäude für öffentliche Zwecke

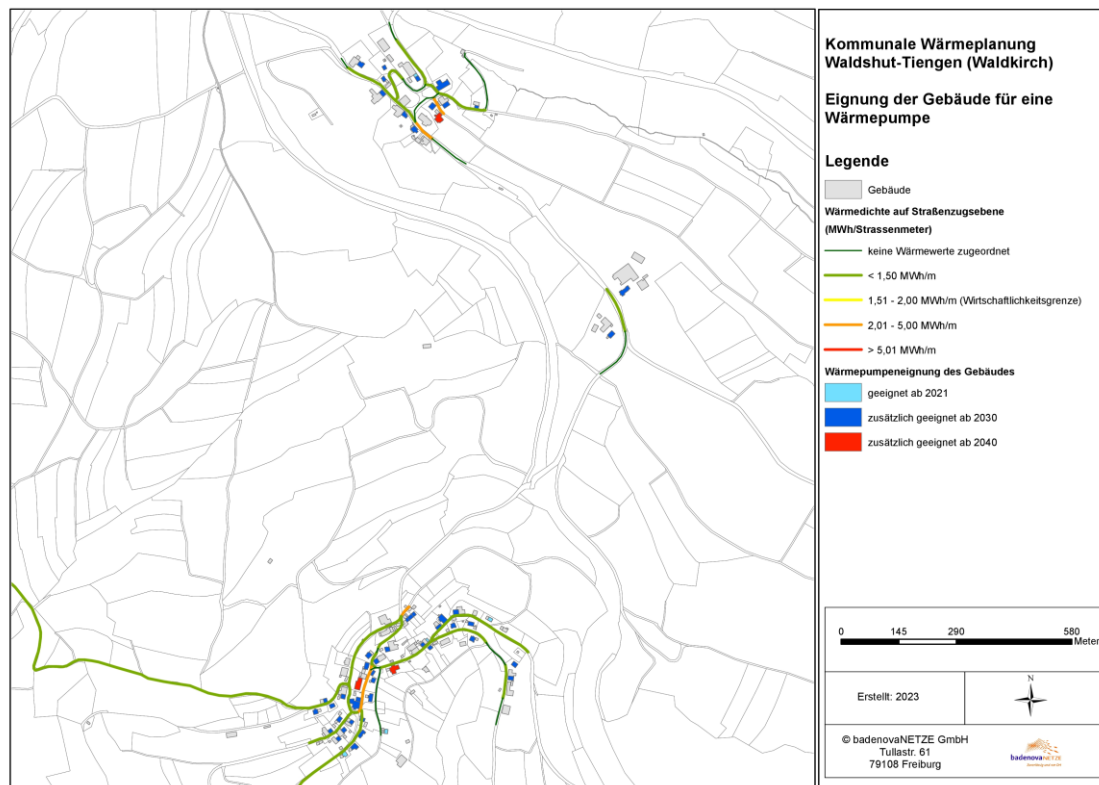
Gebäudealter

Ein sehr großer Teil der beheizten Gebäude in Waldkirch wurde vor 1948 erbaut und knapp zwei Drittel wurden noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein



Bauzeitraum	Anzahl Gebäude
k.A.	9
bis 1948	45
1949 - 1957	9
1958 - 1968	25
1969 - 1978	20
1979 - 1983 (1. WSchVO)	15
1984 - 1994 (WSchVO 84)	22
1995 - 2001 (WSchVO 95)	9
2002 - 2008 (EnEV 2004)	3
ab 2009 (EnEV 2009)	13

Eignungsgebiete in Waldkirch



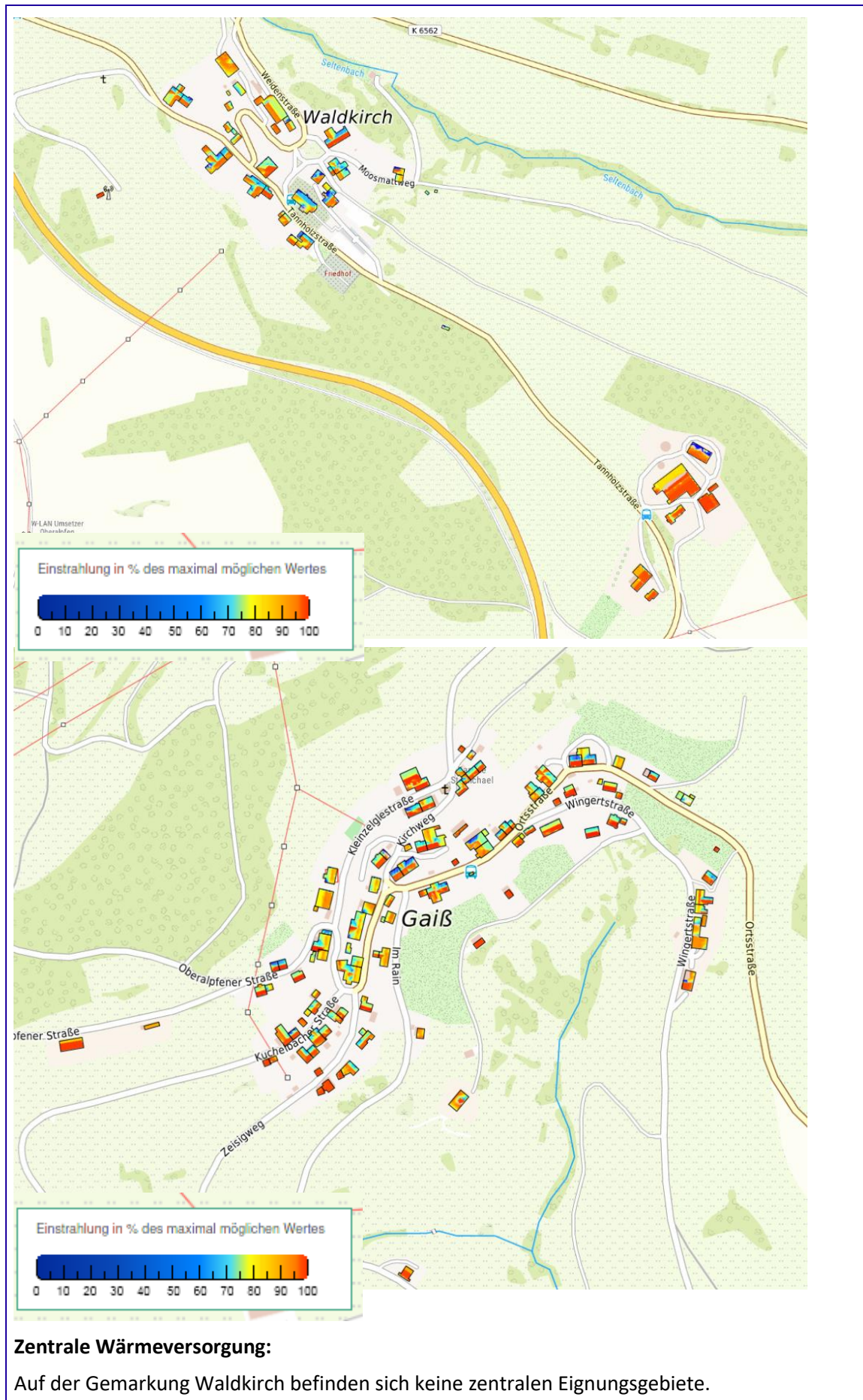
Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Wärmedichte im Ortsteil Waldkirch ist bis auf wenige Ausnahmen durchgehend gering. Dies mindert die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen beträchtlich. Der hohe Anteil an Einfamilienhäusern spricht für eine dezentrale Wärmeversorgung.

Viele Gebäude sind perspektivisch für Photovoltaikanlagen in Kombination mit Luftwärmepumpen geeignet. Viele Gebäude werden bereits über Biomasseheizungen beheizt. Diese Heizungen können, auch bei mangelnder Eignung für eine Wärmepumpe, zukünftig genutzt werden. Zudem sollte der Fokus in Waldkirch auch auf die Sanierung von Bestandsgebäuden gelegt werden, um den Wärmebedarf weiter zu senken und die Tauglichkeit für Wärmepumpen zu erhöhen.

Auf der Gemarkung Waldkirch sind zudem viele Flächen auf landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten und kämen so für eine Freiflächensolaranlage in Frage.

Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 80 % der beheizten Gebäude in Waldkirch über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 5.545 MWh Solarstrom erzeugt werden.




10.3.3 Steckbrief Eschbach

Steckbrief Ortsteil Eschbach

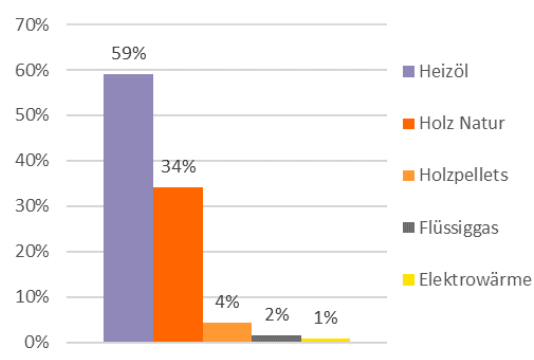
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	160	Lage: Eschbach liegt im Liederbachtal, nordwestlich der Kernstadt Waldshut.
Wärmeverbrauch 2021	3.865 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	30 %	



Energieverbrauch nach Energieträgern


Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Eschbach beträgt 3.865 MWh. Der Ortsteil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen. Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen** gedeckt.



Energieträger	Anteil (%)
Heizöl	59%
Holz Natur	34%
Holzpellets	4%
Flüssiggas	2%
Elektrowärme	1%

Gebäudenutzung

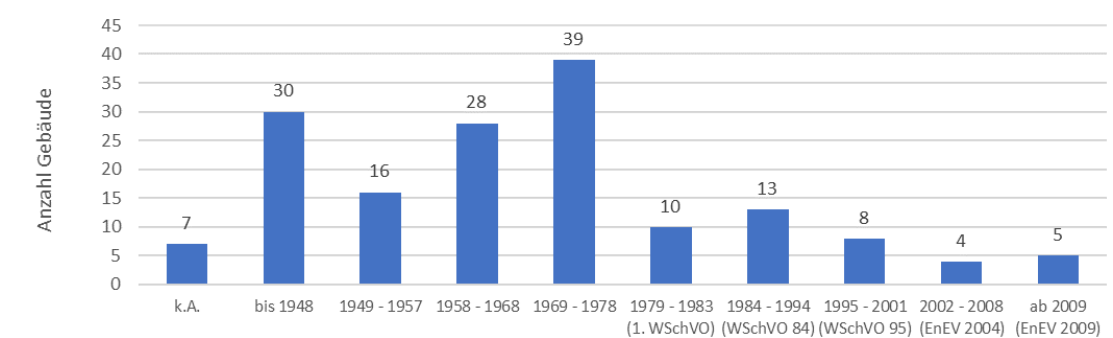
Der **überwiegende** Teil der Gebäude in Eschbach besteht aus **Wohngebäuden**, ein kleiner Teil aus kleineren Gewerbebetrieben und anderen Gebäudetypen.



- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Hotel und Gastgewerbe
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gebäude für öffentliche Zwecke

Gebäudealter

Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Eschbach wurde vor 1948 erbaut und knapp drei Viertel wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.



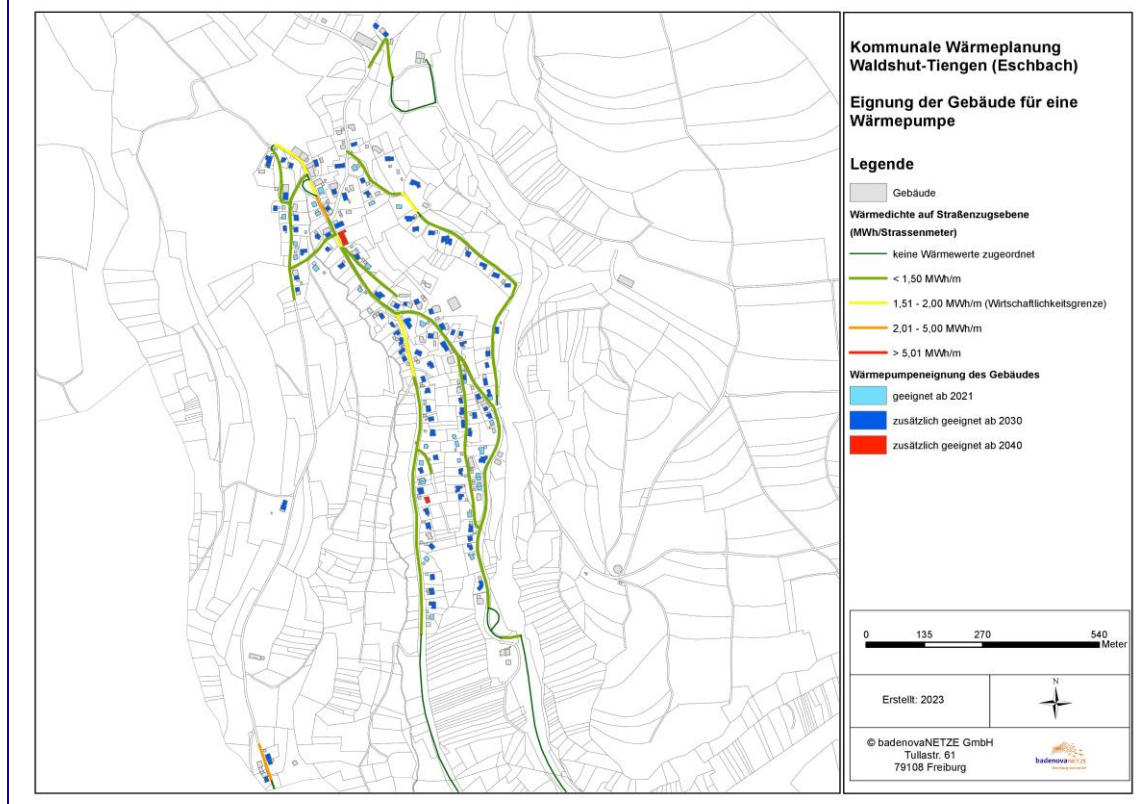
Bauzeitraum	Anzahl Gebäude
k.A.	7
bis 1948	30
1949 - 1957	16
1958 - 1968	28
1969 - 1978	39
1979 - 1983 (1. WSchVO)	10
1984 - 1994 (WSchVO 84)	13
1995 - 2001 (WSchVO 95)	8
2002 - 2008 (EnEV 2004)	4
ab 2009 (EnEV 2009)	5

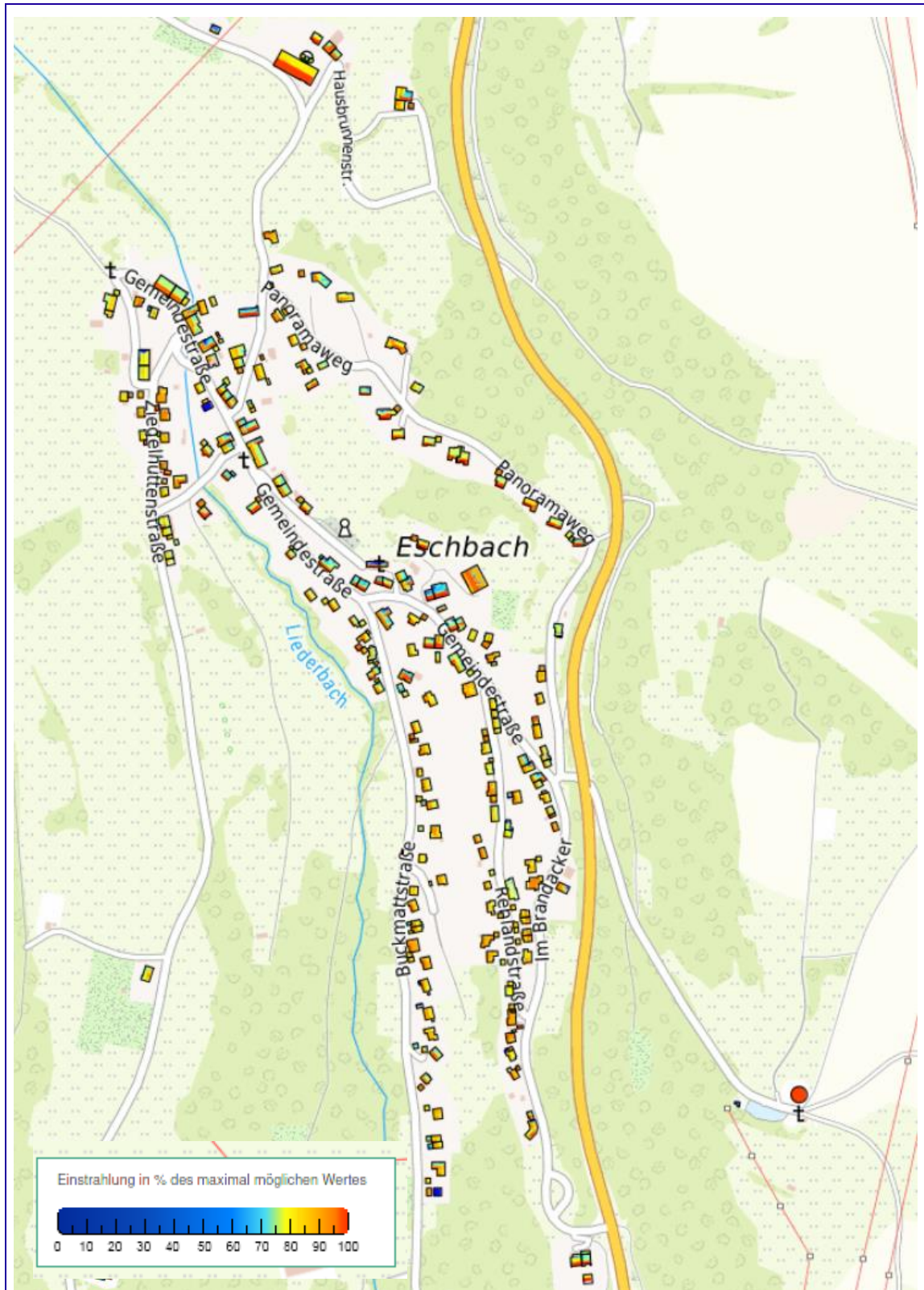
Eignungsgebiete in Eschbach

Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Gemeinde Eschbach weist weitgehend geringe Wärmedichten auf Straßenzugsebene von unter 1,5 MWh/m auf. Dadurch eignet sich der Ortsteil Eschbach abnahmeseitig nicht für ein wirtschaftlich sinnvolles Wärmenetz. Für die Gebäudeeigentümer und Mieter werden dezentrale Versorgungslösungen, wie z.B. die Luft-Wasser-Wärmepumpe eine große Rolle spielen. Mit zusätzlichen PV-Anlagen oder Gebäudesanierungen lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpen weiter steigern.

Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 84 % der beheizten Gebäude in Eschbach über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 3.464 MWh Solarstrom erzeugt werden





Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:


Auf der Gemarkung Eschbach befinden sich keine zentralen Eignungsgebiete.

10.3.4 Steckbrief Indlekofen

Steckbrief Ortsteil Indlekofen

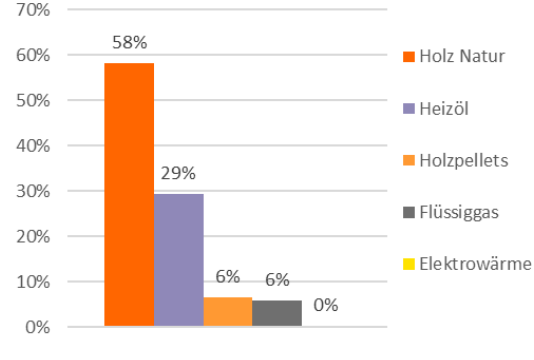
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	95	Lage: Indlekofen liegt am Hang südlich des Haselbaches und nördlich der Kernstadt Waldshut.
Wärmeverbrauch 2021	2.313 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	27 %	



Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Indlekofen beträgt 2.313 MWh. Der Ortsteil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen. Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen** gedeckt.




Energieträger	Anteil (%)
Holz Natur	58%
Heizöl	29%
Holzpellets	6%
Flüssiggas	6%
Elektrowärme	0%

Gebäudenutzung

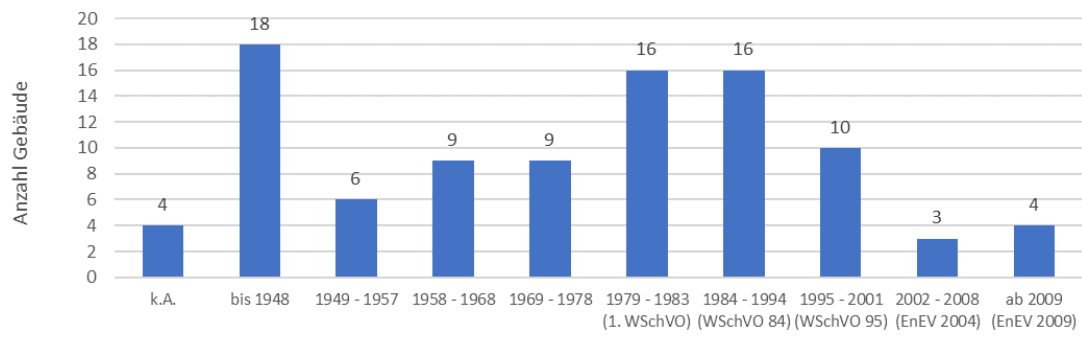
Der **überwiegende** Teil der Gebäude in Indlekofen besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Industrie.

- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Hotel und Gastgewerbe
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gesundheits- und Pflegeeinrichtung
- Gebäude für öffentliche Zwecke



Gebäudealter

Das Gebäudealter in Indlekofen ist sehr heterogen und beinhaltet verschiedene energetische Zustände. Somit sind auch verschiedene Arten der Wärmeerzeugung zu erwarten.



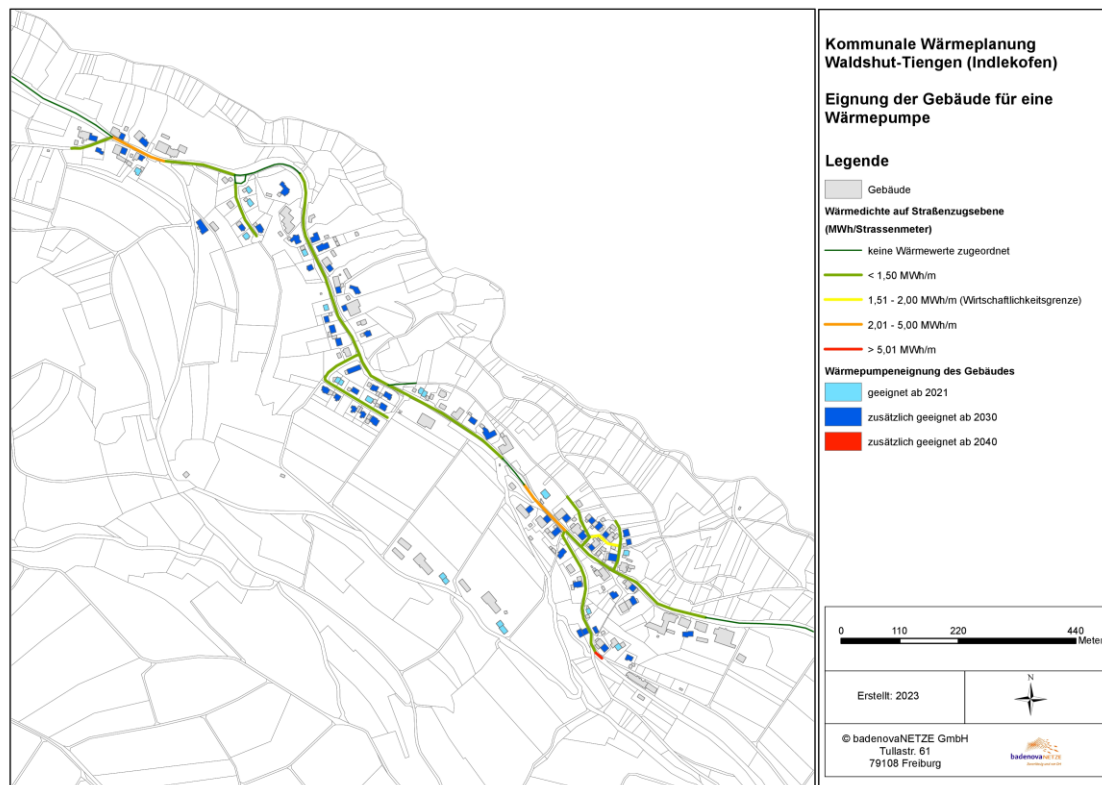
Bauzeitraum	Anzahl Gebäude
k.A.	4
bis 1948	18
1949 - 1957	6
1958 - 1968	9
1969 - 1978	9
1979 - 1983 (1. WSchVO)	16
1984 - 1994 (WSchVO 84)	16
1995 - 2001 (WSchVO 95)	10
2002 - 2008 (EnEV 2004)	3
ab 2009 (EnEV 2009)	4

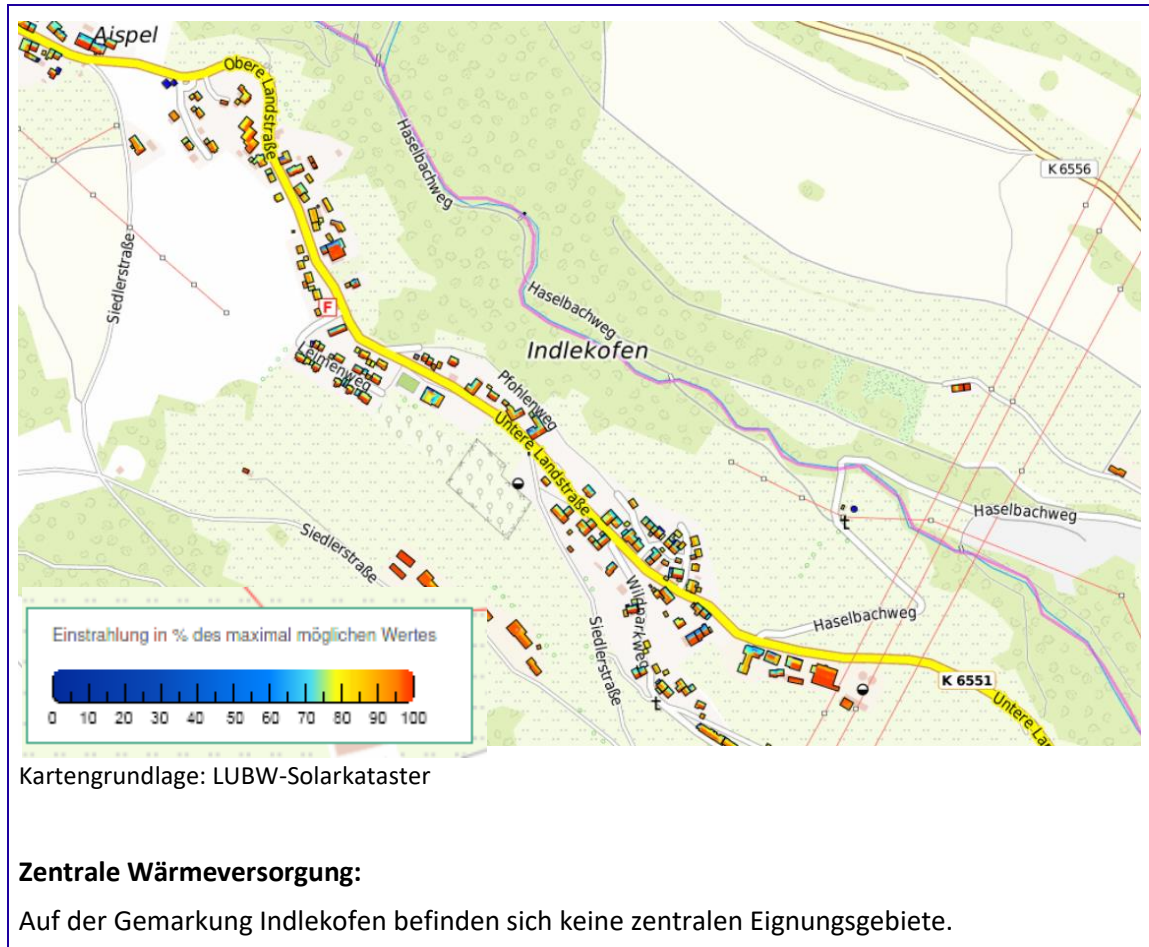
Eignungsgebiete in Indlekofen

Dezentrale Wärmeversorgung:

Viele Heizungen in Indlekofen werden aktuell bereits mit Biomasse (z.B. Holz) betrieben. Diese Art der Wärmeerzeugung wird auch zukünftig weiter eine Rolle spielen, sodass bei vielen Hausbesitzern aktuell kein akuter Wechseldruck auf einen anderen Energieträger besteht. Die geringe Wärmedichte trägt dazu dabei, dass komplett Indlekofen als dezentrales Eignungsgebiet ausgewiesen wurde. Somit wird auch zukünftig die Wärmeversorgung über dezentrale Energieträger, wie z.B. Holz oder Wärmepumpen erfolgen, die im Zusammenspiel mit PV-Anlagen und energetischer Sanierung zu einem klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2040 führen können.

Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 82 % der beheizten Gebäude in Indlekofen über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 2.984 MWh Solarstrom erzeugt werden






10.3.5 Steckbrief Aichen

Steckbrief Ortsteil Aichen

Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	123	Lage: Aichen liegt oberhalb der Steilhänge der von Norden nach Süden verlaufenden Schlucht, nördlich des Ortsteils Tiengen.
Wärmeverbrauch 2021	161.664 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	31 %	




Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Aichen beträgt 161.664 MWh. Der Ortsteil ist teilweise durch ein Erdgasnetz erschlossen. Der Erdgasverbrauch ist vorrangig dem Bereich Industriebetriebe zuzuschreiben. Weitere genutzte Energieträger zur Wärmeerzeugung in Aichen sind Heizöl und Holz.

Gebäudenutzung

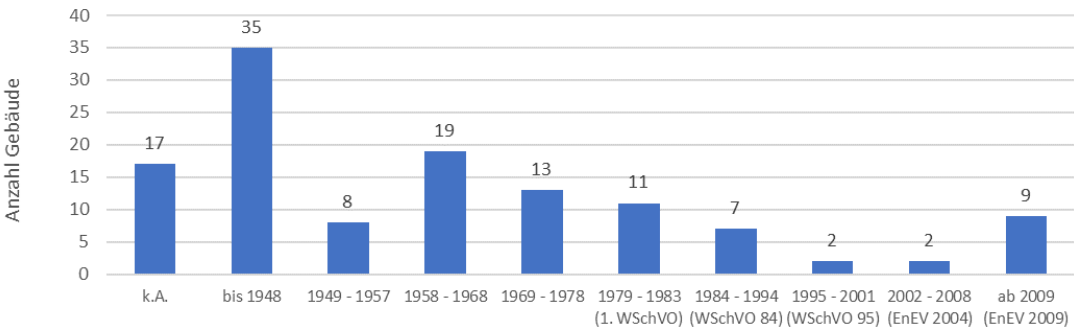
Der **Großteil** der Gebäude in Aichen ist dem **Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie** zuzuschreiben. Aber auch Wohngebäude haben einen hohen Anteil.

- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Hotel und Gastgewerbe
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gebäude für öffentliche Zwecke



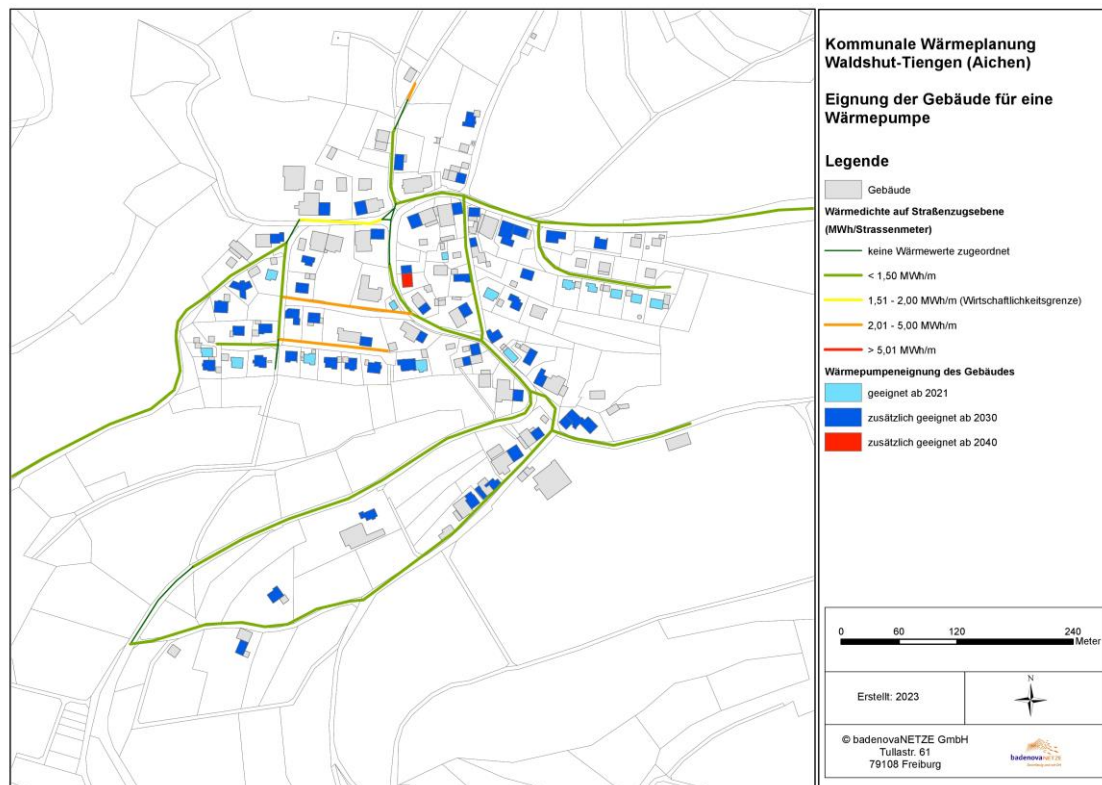
Gebäudealter

Ein sehr großer Teil der beheizten Gebäude in Aichen wurde vor 1948 erbaut und zwei Drittel der Gebäude wurde noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.



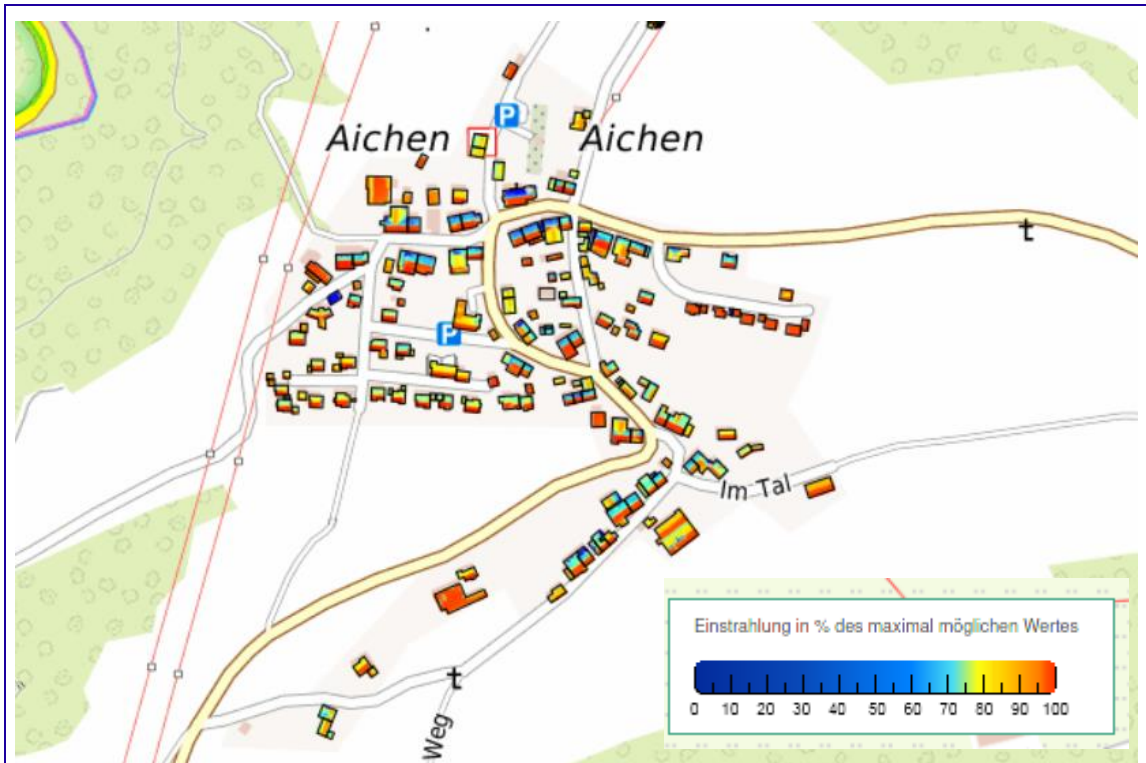
Bauzeitraum	Anzahl Gebäude
k.A.	17
bis 1948	35
1949 - 1957	8
1958 - 1968	19
1969 - 1978	13
1979 - 1983 (1. WSchVO)	11
1984 - 1994 (WSchVO 84)	7
1995 - 2001 (WSchVO 95)	2
2002 - 2008 (EnEV 2004)	2
ab 2009 (EnEV 2009)	9

Eignungsgebiete in Aichen



Dezentrale Wärmeversorgung:

Der Großteil des Wärmeverbrauchs in Aichen geht auf einen großen ansässigen Industriebetrieb zurück, der an das Gasnetz angebunden ist. Der Rest des Ortsteils weist weitgehend geringe Wärmedichten auf. Da viele Gebäude bereits vor 1948 gebaut wurden, gibt es hier noch ein hohes Sanierungspotenzial. Viele Gebäude müssten zumindest teilweise saniert werden, um für eine Wärmepumpe in Frage zu kommen. Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 75 % der beheizten Gebäude in Aichen über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 6.499 MWh Solarstrom erzeugt werden. Alternativ könnten auch hier Biomasse-basierte Heizungen (z.B. Pellets) eingesetzt und durch Solarthermieanlagen ergänzt werden.



Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:

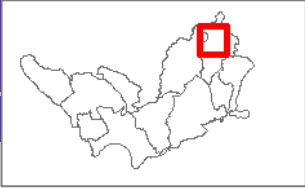
Auf der Gemarkung Aichen befinden sich keine zentralen Eignungsgebiete.

10.3.6 Steckbrief Krenkingen

Steckbrief Ortsteil Krenkingen

Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	91	Lage: Krenkingen liegt nördlich der Kernstadt Tien- gen und östlich von Aichen am westlichen Hang des von Norden nach Süden verlaufen- den Steinatals.
Wärmeverbrauch 2021	1.941 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	31 %	

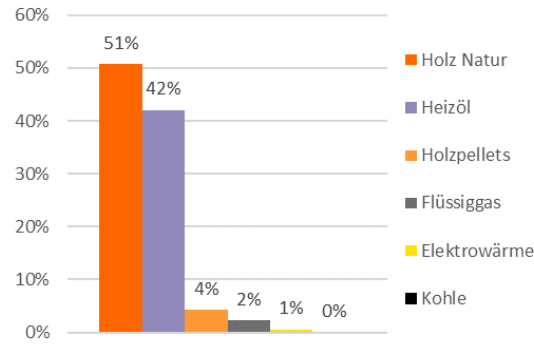


Energieverbrauch nach Energieträgern


Der Energieverbrauch der Gebäude im Orts-
 teil Krenkingen beträgt 1.941 MWh. Der Orts-
 teil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen.
 Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs
 wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen**
 gedeckt.

Gebäudenutzung

Die Gebäudestruktur in Krenkingen ist **gleich-
 ermaßen** von **Wohngebäuden** als auch von
 Gebäuden des **Sektors Gewerbe, Handel,
 Dienstleistungen und Industrie** geprägt.

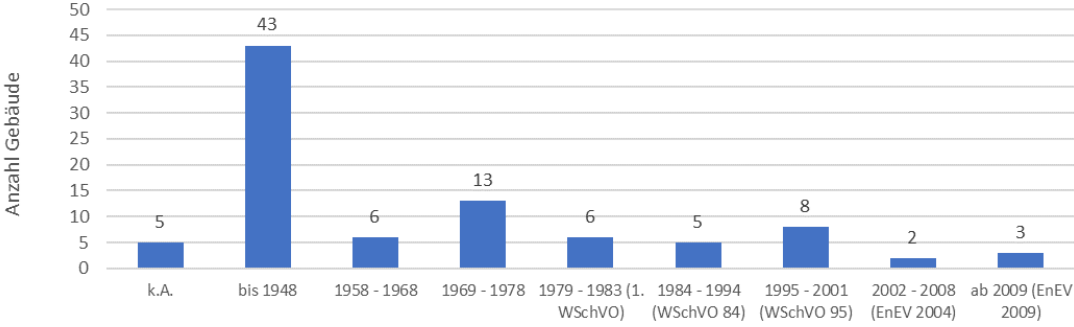


- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Gesundheits- und Pflegeeinrichtung
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gebäude für öffentliche Zwecke

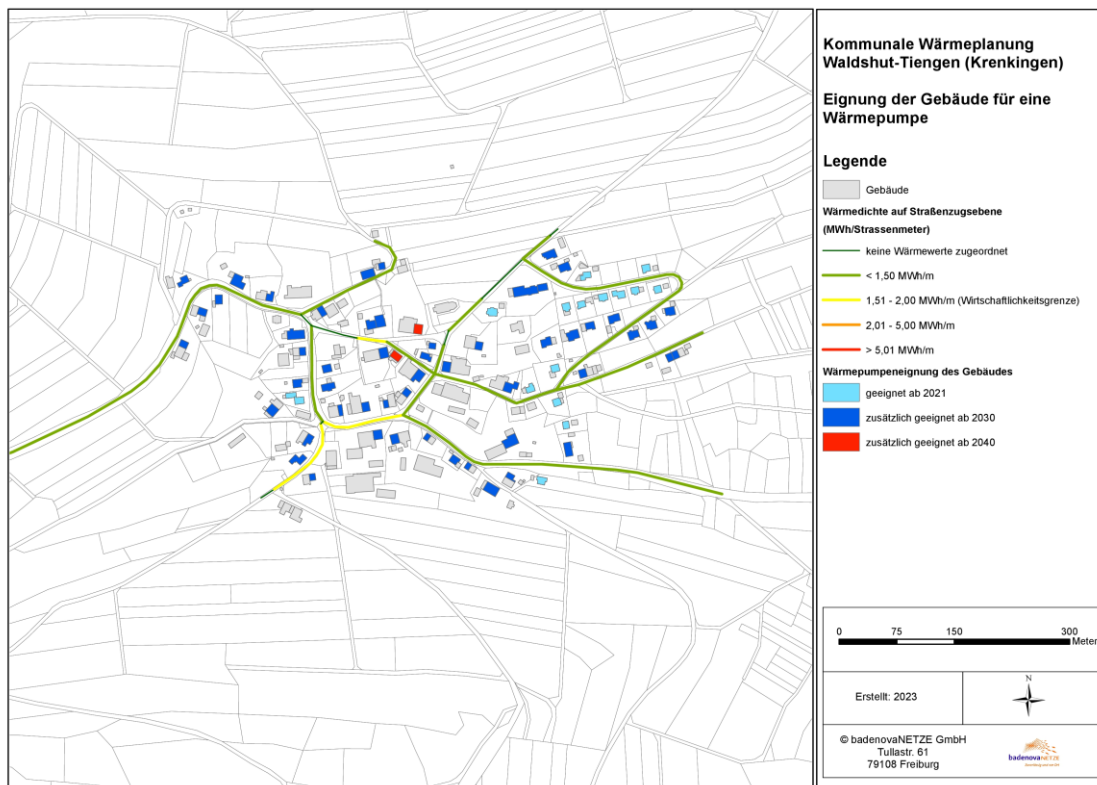


Gebäudealter

Ein sehr großer Teil der beheizten Gebäude in Krenkingen wurde vor 1948 erbaut und drei Viertel der Gebäude wurden noch vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dement-
 sprechend wird in diesem Ortsteil ein sehr hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutref-
 fen sein

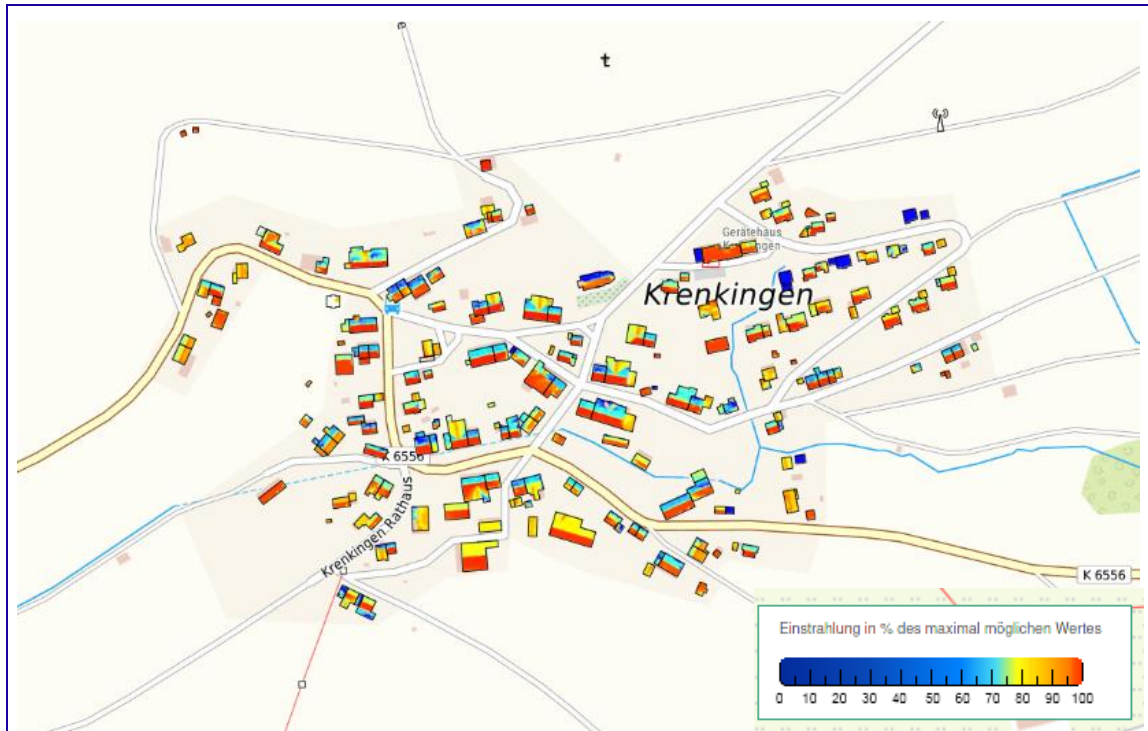


Eignungsgebiete in Krenkingen



Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Wärmedichte in Krenkingen ist durchgehend gering bis moderat, wodurch die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes wahrscheinlich nicht gegeben wäre. Viele Gebäude sind zudem perspektivisch für die Nutzung von Wärmepumpen geeignet, weswegen Krenkingen als dezentrales Eignungsgebiet ausgewiesen wurde. Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 84 % der beheizten Gebäude in Krenkingen über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 3.115 MWh Solarstrom erzeugt werden.



Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:

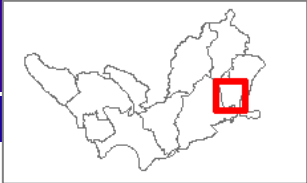
Auf der Gemarkung Krenkingen befinden sich keine zentralen Eignungsgebiete.

10.3.7 Steckbrief Breitenfeld

Steckbrief Breitenfeld

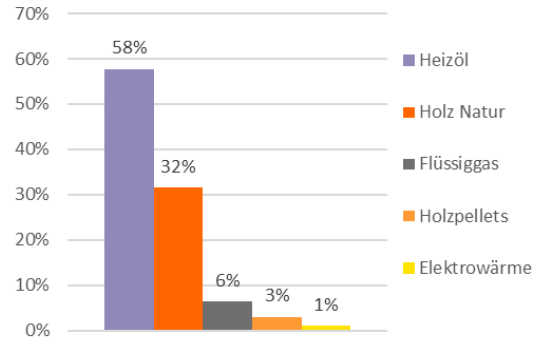
Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	62	Lage: Breitenfeld ist der kleinste Ortsteil und liegt am westlichen Hang des unteren Steinatales. Er grenzt im Westen an den Ortsteil Tiengen.
Wärmeverbrauch 2021	1.089 MWh	
Einsparpotenzial Sanierung	28 %	




Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Breitenfeld beträgt 1.089 MWh. Der Ortsteil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen. Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen** gedeckt.



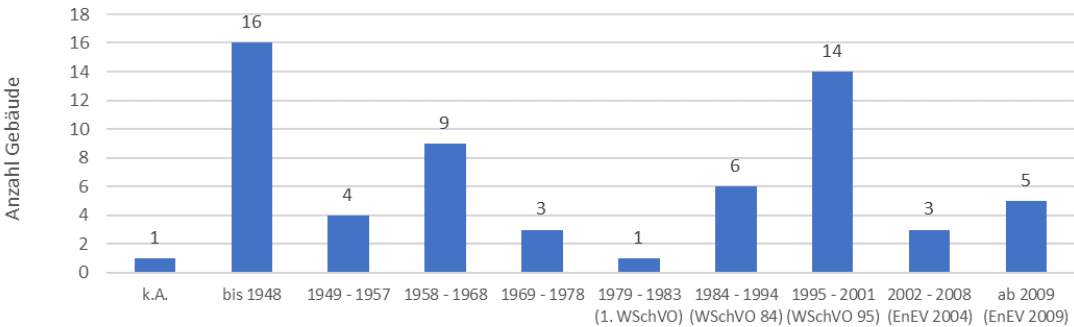
Gebäudenutzung

Der **überwiegende Teil** der Gebäude in Breitenfeld besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie.

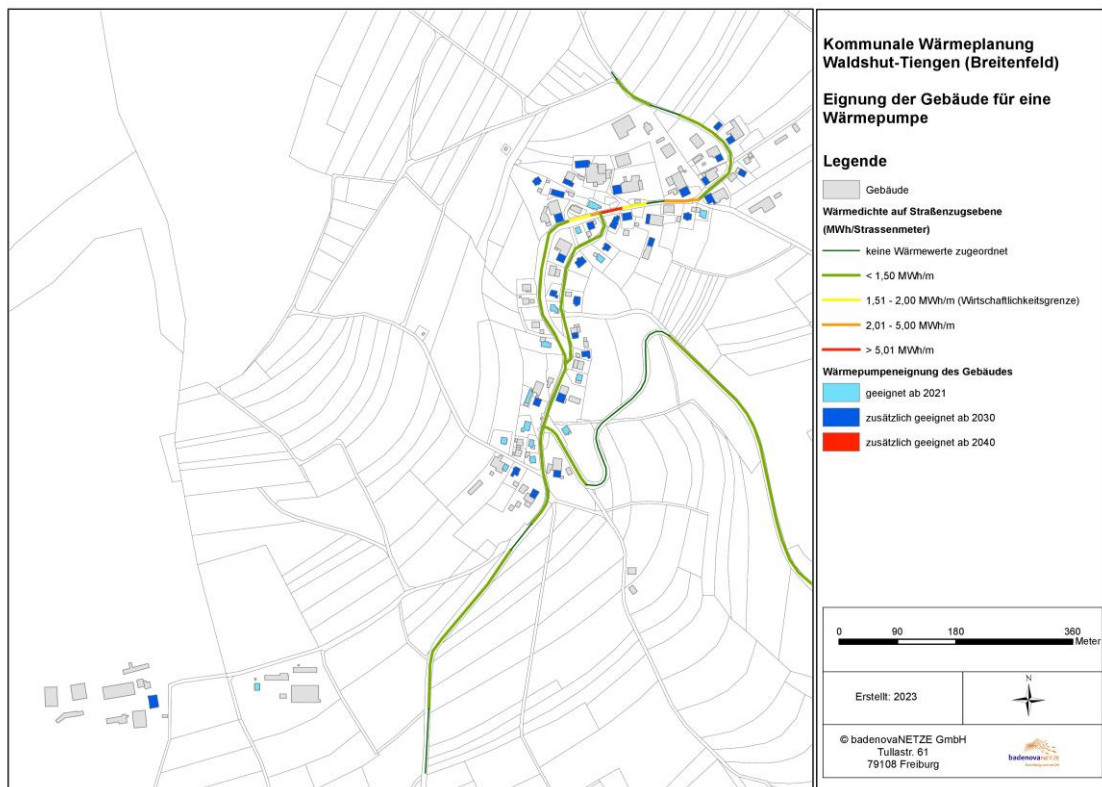


Gebäudealter

Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Breitenfeld wurde vor 1948 erbaut und über die Hälfte wurde vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend wird in diesem Ortsteil ein hoher Wärmeverbrauch pro Wohnfläche anzutreffen sein.

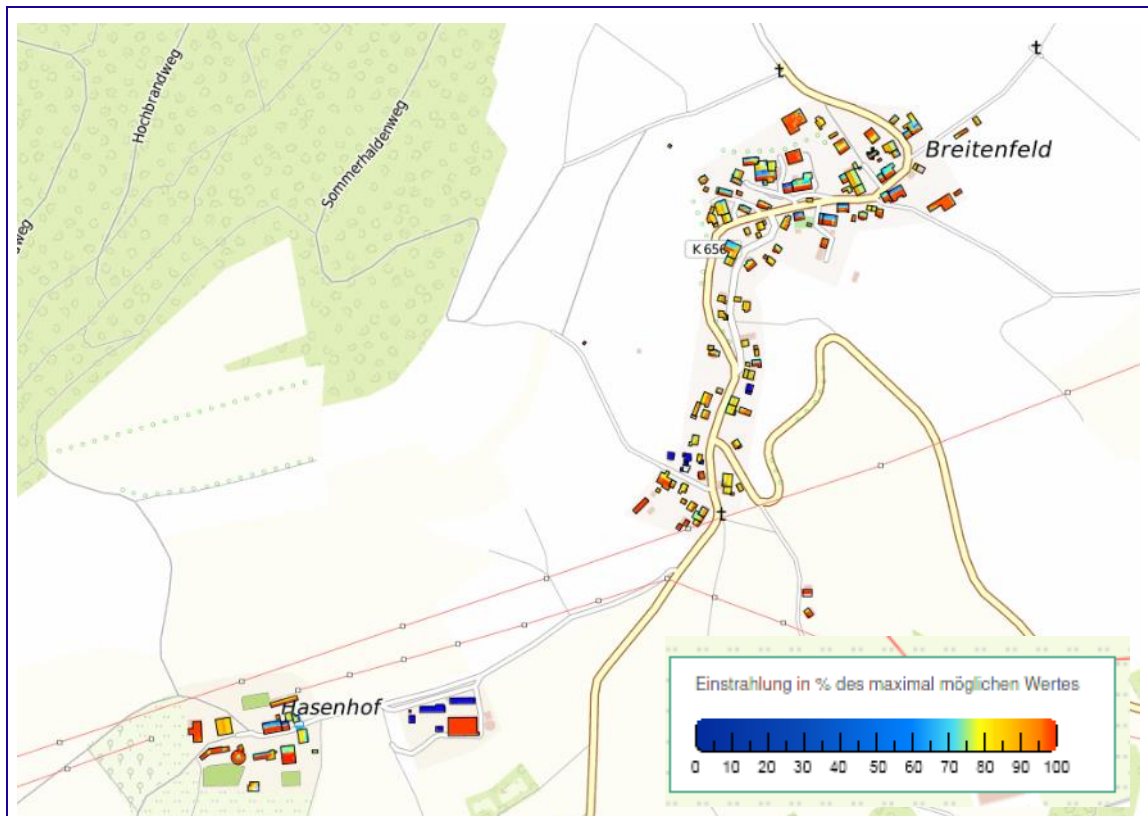


Eignungsgebiete Breitenfeld



Dezentrale Wärmeversorgung:

Breitenfeld zeichnet sich durch den hohen Anteil an Ölheizungen aus. Der Ortsteil ist landwirtschaftlich geprägt und besteht im Wesentlichen aus Einfamilienhäusern. Dies spiegelt sich auch in der geringen Wärmedichte wider. Ein Wärmenetz wird auch auf Grund der heterogenen Besitzstruktur nicht empfohlen, weswegen der komplette Ortsteil als dezentrales Eignungsgebiet ausgewiesen wurde. Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 76 % der beheizten Gebäude in Breitenfeld über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 2.161 MWh Solarstrom erzeugt werden. Für sehr alte Gebäude, die nicht auf eine Wärmepumpe umsteigen können, werden Biomasseheizungen in Kombination mit Solarthermie eine Rolle spielen.



Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:

Auf der Gemarkung Breitenfeld befinden sich keine zentralen Eignungsgebiete.

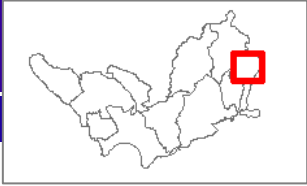
10.3.8 Steckbrief Detzeln

Steckbrief Detzeln

Beschreibung des Ortsteils

Anzahl beheizter Gebäude	96
Wärmeverbrauch 2021	1.943 MWh
Einsparpotenzial Sanierung	30 %

Lage:



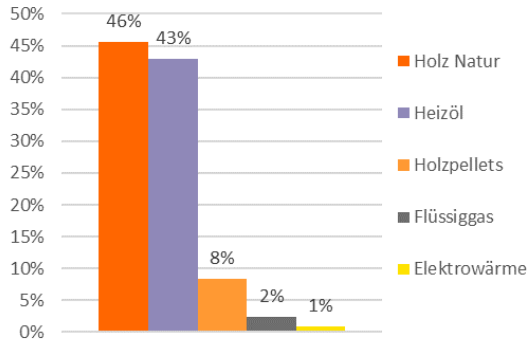
Detzeln ist der östlichste Ortsteil von Waldshut-Tiengen und grenzt im Westen an Breitenfeld. Er liegt im Tal der Steina und ist einer der ältesten Ortsteile.

Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Energieverbrauch der Gebäude im Ortsteil Detzeln beträgt 1.943 MWh. Der Ortsteil ist nicht durch ein Gasnetz erschlossen. Der **Großteil** des aktuellen Energieverbrauchs wird deshalb durch **Holz- und Ölheizungen** gedeckt.


Gebäudenutzung

Der **überwiegende Teil** der Gebäude in Detzeln besteht aus **Wohngebäuden**, aber auch aus Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie.



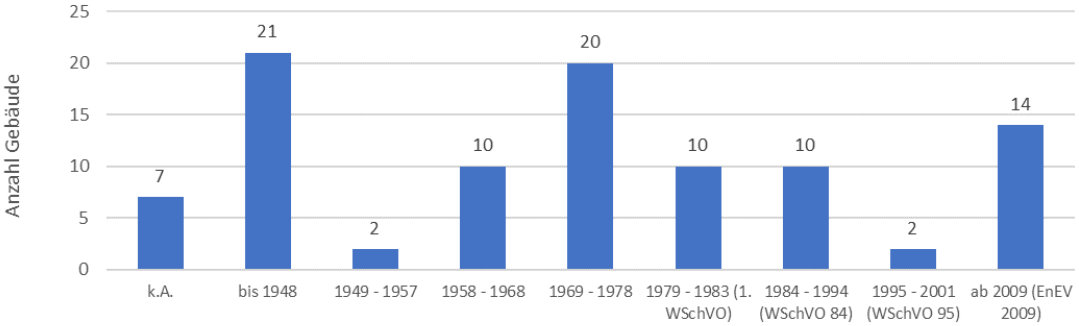
Energieträger	Anteil (%)
Holz Natur	46%
Heizöl	43%
Holzpellets	8%
Flüssiggas	2%
Elektrowärme	1%

- Wohnen
- Hotel und Gastgewerbe
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gebäude für öffentliche Zwecke



Gebäudealter

Ein großer Teil der beheizten Gebäude in Detzeln wurde vor 1948 erbaut und über die Hälfte wurde vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Dementsprechend besteht für die Gebäude des Ortes noch ein signifikantes Sanierungspotenzial.

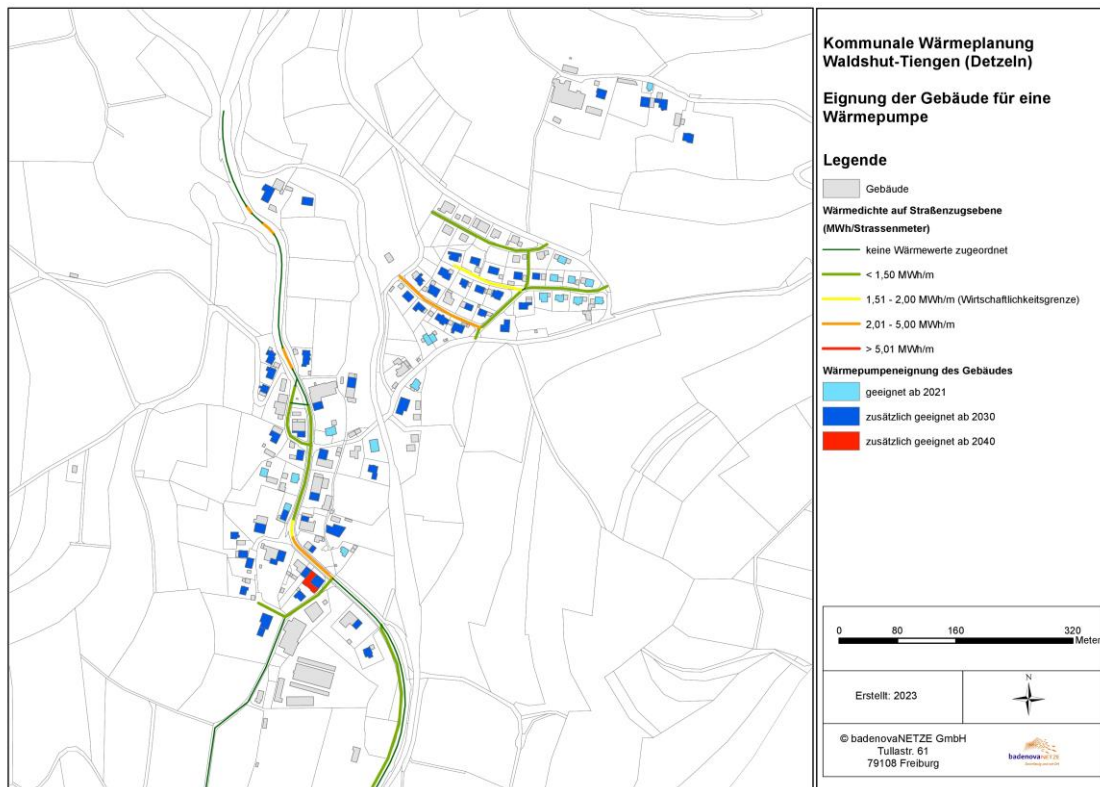


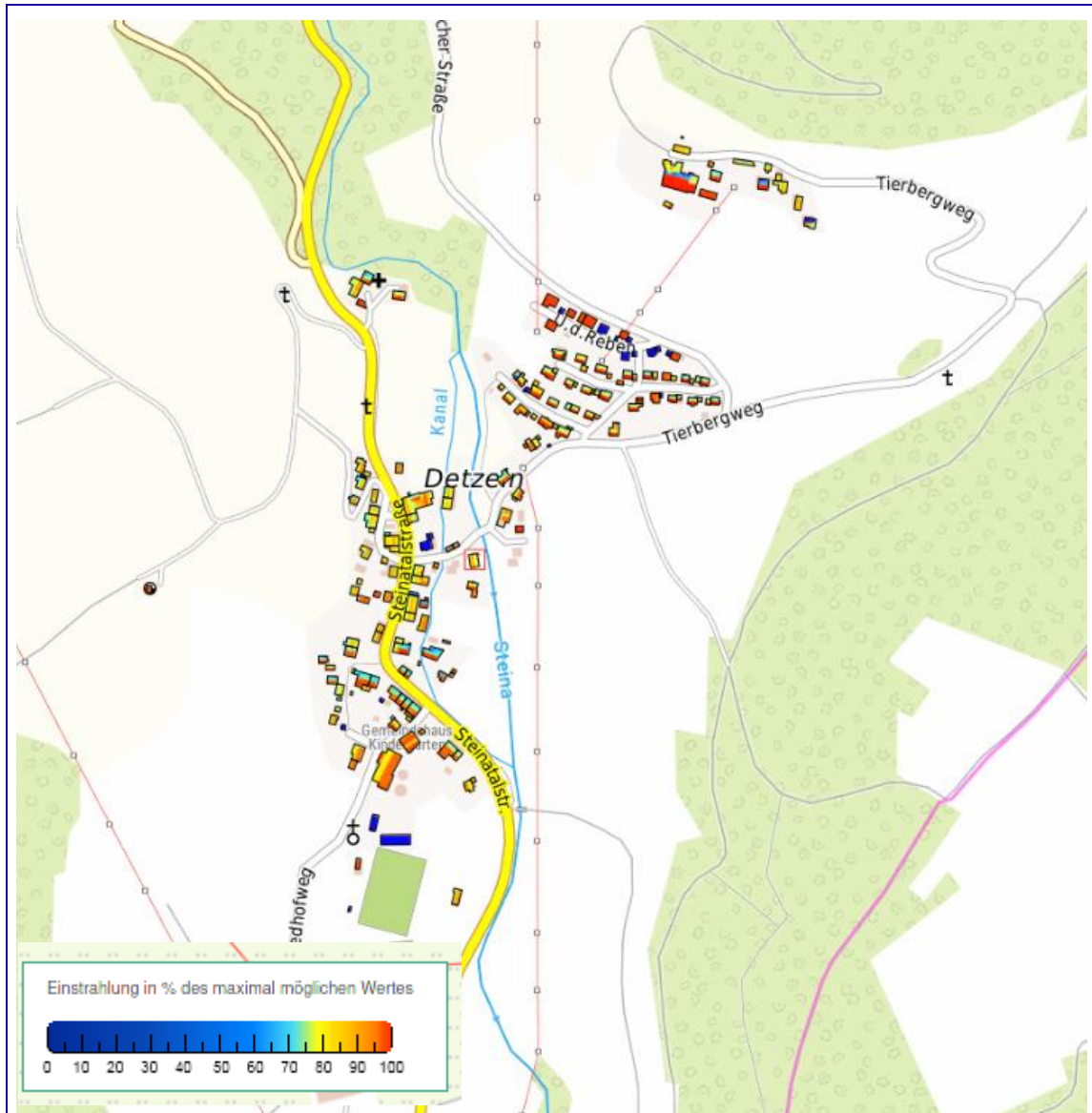
Bauzeitraum	Anzahl Gebäude
k.A.	7
bis 1948	21
1949 - 1957	2
1958 - 1968	10
1969 - 1978	20
1979 - 1983 (1. WSchVO)	10
1984 - 1994 (WSchVO 84)	10
1995 - 2001 (WSchVO 95)	2
ab 2009 (EnEV 2009)	14

Eignungsgebiete Detzeln

Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Wärmedichte auf Straßenzugsebene ist in Detzeln bis auf einige Ausnahmen moderat bis gering. Für ein Wärmenetz ist jedoch die Wärmeabnahmemenge zu gering. Detzeln wurde somit als dezentrales Eignungsgebiet klassifiziert. Der Fokus in Detzeln sollte auf die Gebäudesanierung gelegt werden. Bis zum Jahr 2040 können bei einer Sanierungsrate von 2% ca. 78 % der beheizten Gebäude in Detzeln über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Zudem könnten auf den Dächern 2.576 MWh Solarstrom erzeugt werden. Biomasseheizungen können vor allem eine Alternative für Gebäude darstellen, für welche die erreichten Vorlauftemperaturen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nicht ausreichend ist oder die Wärmepumpe als solche keine wirtschaftliche Alternative bietet.





Kartengrundlage: LUBW-Solarkataster

Zentrale Wärmeversorgung:

Auf der Gemarkung Detzen befinden sich keine zentralen Eignungsgebiete.

10.4 Gebäudesteckbriefe für Mustersanierungen

Im Folgenden ist ein beispielhafter Gebäudesteckbrief für den Gebäudetyp Einfamilienhaus mit Baualter zwischen 1969 - 1978 dargestellt. Alle 13 erstellten Gebäudesteckbriefe werden der Stadt digital beigefügt.


Stand: Juli 2023

Gebäudesteckbrief für die Einstiegsberatung


Einfamilienhaus der Baualtersklasse F in Anlehnung an die Gebäudetypologie des IWU*

Dieser Steckbrief beschreibt ein typisches unsaniertes Einfamilienhaus der Baualtersklasse F. 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 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	1969 - 1978 (Klasse F)
Wohnfläche	158 m ²
Anzahl Vollgeschosse	1
Anzahl Wohnungen	1
Keller	unbeheizt
Dachgeschoss	-



Quelle: Deutsche Gebäudetypologie - Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Bauteile Gebäudehülle		
Bauteil	Beschreibung	Fläche
Außenwand	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen oder Hochlochziegeln	178 m ²
Außenwand gg. Erdreich	nicht relevant	-
Fenster	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	34 m ²
Dach	Steildach, 5cm Zwischensparrendämmung	183 m ²
oberste Geschossdecke	nicht relevant	-
Kellerdecke	(Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung	78 m ²
Fußboden gegen Erdreich	(Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung	74 m ²

Heizungs- und Anlagentechnik	
Heizungsart	Gas-Zentralheizung
Warmwasserbereitung	über Zentralheizung
Lüftung	Fensterlüftung

Endenergiebedarf und Energiekosten		
Energieart	Endenergiebedarf	Energiekosten ¹⁾
Erdgas	31.000 kWh/a	4.340 €/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.

Abbildung 32 - Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 1/4)

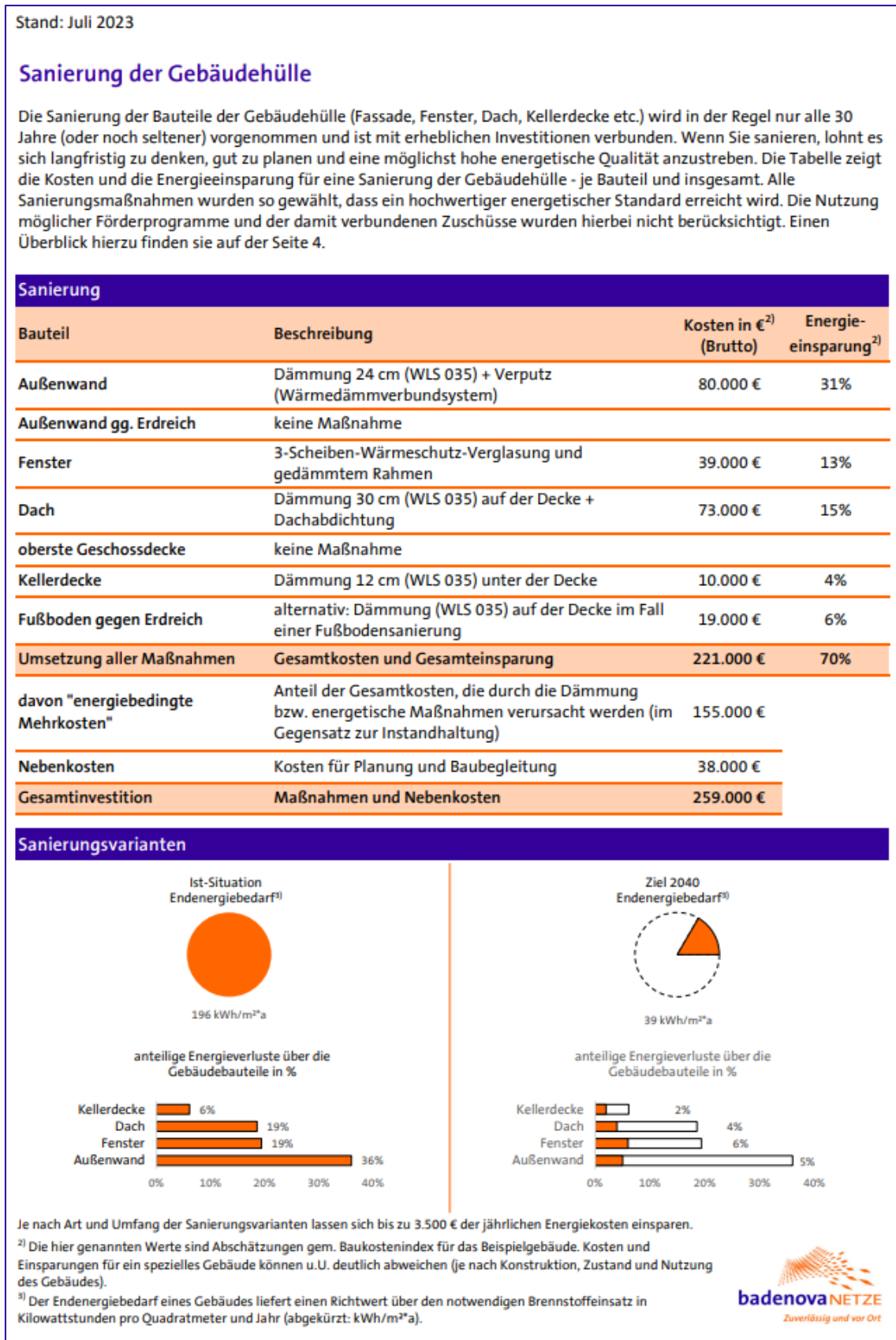


Abbildung 33 – Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 2/4)

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 Energiepreiserhöhung und ohne Förderung).		

Abbildung 34 - Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 3/4)

Stand: Juli 2023

Was Sie noch wissen sollten!

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Gebäudeenergiegesetz (GEG):

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

Geplante EU-Gebäuderichtlinie

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

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


Ausblick

Steigerung Komfort / Marktwert

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

Professionelle Planung und Baubegleitung


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



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


Förderprogramme

Einzelmaßnahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM)




Alle Infos und Details unter:
www.bafa.de/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/



badenovaNETZE
Zuverlässig und vor Ort

Abbildung 35 – Beispiel eines Gebäudesteckbriefs (Seite 4/4)

10.5 Digitaler Zwilling

Folgende georeferenzierte Daten werden der Stadt digital beigefügt:

- Wärmeverbrauch auf Rasterebene
- Wärmeverbrauch auf Straßenzugsebene
- Einteilung der Eignungsgebiete