

Zwischenbericht zur Kommunalen Wärmeplanung

Zwischenbericht zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung
für die Stadt Waldheim



Impressum

Auftraggeber



Stadt Waldheim

Niedermarkt 1
04736 Waldheim
www.stadt-waldheim.de

Ansprechpartner

Ivo Skarke
Tel.: +49 34327-57
ivo.skarke@stadt-waldheim.de

Auftragnehmer



Für Kommunen. Deutschlandweit. Seit 1957.

DSK Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH

Abraham-Lincoln-Straße 44
35189 Wiesbaden
www.dsk-gmbh.de

Ansprechpartner

Dr. Michael Liesener
Tel.: +49 30 3116974-31
Michael.Liesener@dsk-gmbh.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bearbeitungsstand: 25.02.2026

Herausgeber: DSK Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH

Geschäftsführung: Dr. Frank Burlein, Eckhard Horwedel, Rolf Schütte, Dr. Paul Kowitz, Dr. Martin Dombrowski
USt-IdNr.DE 273 187 929

Förderhinweis:

Diese Publikation wurde aus dem Klima- und Transformationsfonds des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz / Nationale Klimaschutzinitiative gefördert.

Hinweis zur Geschlechter Formulierung:

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung alle Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichteren Lesbarkeit die männliche oder weibliche Form steht.

Hinweis zur Untersuchungsgebietsbezeichnung:

Im Folgenden werden die Begriffe Stadt und Untersuchungsgebiet synonym verwendet. Sie bezeichnen, sofern nicht ausdrücklich darauf hingewiesen wird, den Geltungsbereich der Kommunalgrenzen der Stadt Waldheim, wie es in **Abbildung 8** dargestellt ist. Ferner wird der Begriff aus § 3 Wärmeplanungsgesetz (WPG) zur Gliederung des Untersuchungsraums „Beplantes Teilgebiet“ synonym zum Begriff „Energiegebiet“ verwendet, um die Lesbarkeit für interessierte Bürgerinnen und Bürger zu wahren.

Hinweis zur Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI):

Bei der Erarbeitung des Konzeptes haben wir auf die Unterstützung durch künstliche Intelligenz zurückgegriffen. Diese fortschrittliche Technologie trug zur Strukturierung und Formulierung unseres Berichts bei, um eine klare und präzise Informationsübermittlung zu gewährleisten. Dieser innovative Einsatz ermöglichte es, fundierte Entscheidungen zu treffen und Ressourcen effizienter zu nutzen.

Urheberrechtshinweis:

Das vorliegende Konzept unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Ohne die ausdrückliche Zustimmung der Autoren und der o.g.

Auftraggeberin darf diese oder Auszüge daraus insbesondere nicht veröffentlicht, vervielfältigt und/oder anderweitig an Dritte weitergegeben werden. Sollte einer derartigen Nutzung zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Haftungsausschuss:

Das vorliegende Konzept wurde nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten. Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben

und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Studie kann dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als eine solche verstanden werden.

ENTWURF

Inhalt

1. Einführung	8
1.1. Strategischer Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung	9
1.2. Begriffsbestimmung	10
2. Bestandsanalyse.....	12
2.1. Methodik und Datengrundlage der Bestandsanalyse	13
2.2. Konzeptionelle Grundlagen.....	15
2.3. Entwicklung der Stadt Waldheim.....	17
2.4. Gebäudebestand	23
2.5. Energetische Infrastruktur	29
2.6. Energetische Bedarfe.....	38
2.7. Energie- und Treibhausgasbilanz.....	44
3. Potenzialanalyse	50
3.1. Wärmebedarfsreduktion	51
3.2. Flächenscreening.....	55
3.3. Oberflächennahe Geothermie	58
Rechtliche Rahmenbedingungen	59
Erdwärmesonden.....	60
Erdwärmekollektoren.....	60
Berechnung nach VDI 4640	61
3.4. Mittlere- und Tiefe Geothermie.....	68
3.5. Abwärme.....	70
3.6. Außenluft	71
3.7. Dachflächen Solarthermie / Photovoltaik (PV)	73
3.8. Freiflächen Photovoltaik	77
3.9. Biomasse.....	82
3.10. Abwasser.....	94
3.11. Gewässer.....	95
3.12. Klimaneutrale Gase.....	98
4. Szenarienentwicklung	101
4.1. Entwicklung der Wärmeversorgungsgebiete.....	102
4.2. Eignung der Wärmeversorgungsarten.....	104
4.3. Zusammenstellung des zukünftigen Energiemixes	107
5. Eignungsgebiete.....	108

5.1. Wärmeversorgungsgebiete.....	109
6. Wärmewendestrategie.....	110
6.1. Umsetzungsstrategie.....	111
6.2. Verstetigungsstrategie.....	112
6.3. Controllingkonzept.....	129
Anhang.....	131
Literaturverzeichnis.....	132

ENTWURF

Abkürzungen

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfahrkontrolle	TABULA	Typology Approach für Building Stock Energy Assessment
BaG	Bundesamt für Güterverkehr	u.A.	unter Anderem
BaV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen	usw.	und so weiter
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude	WDVS	Wärmedämmverbundsystem
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz	z.B.	zum Beispiel
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze	BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfahrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk	BaG	Bundesamt für Güterverkehr
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	BaV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	EED	Energieeffizienzrichtlinie
CO₂	Kohlenstoffdioxid	EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EE	Erneuerbare Energien	WPG	Wärmeplanungsgesetz
EEE	Energie Effizienz Experte	NKI	Nationalen Klimaschutzinitiative
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien		
EnEV	Energieeinsparverordnung		
EU	Europäische Union		
GEG	Gebäudeenergiegesetz		
RED II	Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen		
GIS	Geoinformationssystem		
IKK	Investitionskredit Kommunen		
IKU	Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen		
iSFP	Individueller Sanierungsfahrplan		
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt		
JAZ	Jahresarbeitszahl		
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt		
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau		
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung		
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz		
PV	Photovoltaik		

1. Einführung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Instrument der nachhaltigen Stadtentwicklung. Sie unterstützt Kommunen dabei, den Umbau der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität langfristig und standortspezifisch zu gestalten.

Im Mittelpunkt steht die Analyse des lokalen Wärmebedarfs und die Entwicklung von Maßnahmen, wie dieser künftig durch erneuerbare und emissionsfreie Energien gedeckt werden kann. Dadurch wird Transparenz geschaffen und sowohl Bürgern als auch Unternehmen und der Verwaltung Planungssicherheit für eine zukunftsfähige Versorgung geboten. Als wirksames Werkzeug zur Beschleunigung der Wärmewende liefert die Wärmeplanung der kommunalen Verwaltung einen strategischen Fahrplan, ohne eine detaillierte Netz- oder Quartiersplanung zu ersetzen.

Der Prozess umfasst mehrere Phasen: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Szenarientwicklung und Wärmewendestrategie. Ergänzend werden Fokusgebiete vertieft betrachtet sowie ein Controllingkonzept und eine Verstetigungsstrategie erarbeitet. Begleitet wird der gesamte Prozess durch die Einbindung relevanter Akteure und der Öffentlichkeit, um die Umsetzung langfristig zu sichern.



1.1. Strategischer Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung macht in Deutschland mehr als 50 % des gesamten Endenergieverbrauchs aus und verursacht einen Großteil der CO₂-Emissionen. Rund 80 % der Wärmenachfrage wird derzeit durch den Einsatz fossiler Brennstoffe wie Gas und Öl gedeckt, die in weiten Teilen importiert werden. Von den etwa 41 Millionen Haushalten in Deutschland heizt fast jeder zweite mit Gas, knapp jeder vierte mit Heizöl. Der Anteil der Fernwärme liegt bei etwa 14 %, doch auch diese wird bislang überwiegend auf Basis fossiler Energiequellen erzeugt. Mit Blick auf die klimapolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung kommt der Transformation des Wärmesektors und der Effizienzsteigerung bei Wärmeerzeugung und -nutzung somit eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Energiewende wurde zumindest in der öffentlichen Wahrnehmung lange mit dem Stromsektor assoziiert und hier mit dem Ausbau von Windkraft- und Photovoltaikanlagen gleichgesetzt. Der Bereich der Wärmeversorgung wurde überwiegend auf dezentraler Ebene behandelt. Hier haben zuerst die Energieeinsparverordnung (EnEV) und ab 2020 das Gebäudeenergiegesetz (GEG) energetische Standards für die Gebäudehülle und im geringeren Ausmaß auch für die Energieversorgung insbesondere im Neubau definiert. Die Transformation der Wärmeversorgung wurde durch positive und negative Anreizinstrumente stimuliert werden. Als Beispiel für erstere können unterschiedliche Förderprogramme für nachhaltiger Technologien genannt werden. Letztere wird insbesondere durch die CO₂-Steuer repräsentiert, mit der Versucht wird zumindest einen Teil der negativen Folgen, die durch die Verwendung fossiler Energieträger entstehen, zu monetarisieren. Die Bereisung des CO₂-Ausstoßes soll den Preis fossiler Energien erhöhen und somit den finanziellen Anreiz für den Umstieg auf klimaneutrale Energieträger steigern. Eine strategische Sichtweise, die gebäude-übergreifend und insbesondere auch auf den Bestand ausgerichtet wäre, fehlte.

Diese Komponente wurde durch das im Jahr 2023 verabschiedete Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz, WPG) geschaffen. Es handelt sich hierbei um eines der zentralen politischen Instrumente, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung im Wärmesektor zu erreichen. Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet die Bundesländer, die Erstellung von Wärmeplänen auf ihrem Hoheitsgebiet sicherzustellen. Das (bundes-)Wärmeplanungsgesetz verpflichtet also nicht direkt die Kommunen zur Wärmeplanung, sondern adressiert eine sogenannte „planungsverantwortliche Stelle“, die von den Ländern per Landesgesetz zu definieren ist. Auf Ebene des Freistaats Sachsen erfolgt die Umsetzung des Wärmeplanungsgesetzes über die Sächsische Wärmeplanungsverordnung (SächsWPVO). Darin ist geregelt, dass die Gemeinden in Sachsen die „planungsverantwortlichen Stellen“ sind und die Aufgaben der Wärmeplanung als Pflichtaufgabe wahrnehmen. Damit ist die Stadt Waldheim als Gemeinde planungsverantwortlich und hat einen kommunalen Wärmeplan für ihr Stadtgebiet zu erstellen.

Die Gesetzgebung sieht für die Kommunen die verpflichtende Erstellung von Wärmeplänen bis zum 30. Juni 2026 bei Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern bzw. bis zum 30. Juni 2028 bei kleineren Kommunen vor.

Waldheim mit rund 8.900 Einwohnern fällt somit in die zweite Kategorie und ist verpflichtet, bis spätestens Mitte 2028 einen Wärmeplan vorzulegen.

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategischer Prozess, mit dem eine klimaneutrale, zuverlässige und bezahlbare Wärmeversorgung für das jeweilige Gemeindegebiet entwickelt werden soll. Ziel ist es, Klarheit darüber zu schaffen, welche Versorgungsformen – wie Wärmenetze, Einzelheizungen oder Hybridlösungen – in welchen Gebieten langfristig geeignet sind, um den Wärmebedarf bis 2045 möglichst effizient und klimaneutral zu decken. Die Wärmeplanung soll Gebäudeeigentümern Orientierung bieten, Planungssicherheit schaffen und die Weichen für eine zukunftsfähige Energieversorgung stellen. Dabei ist wichtig zu betonen, dass sich aus dem Wärmeplan selbst keine unmittelbaren Pflichten zur Umsetzung ergeben, noch können daraus Ansprüche Dritter auf bestimmte Maßnahmen abgeleitet werden. Vielmehr handelt es sich um ein strategisches Planungsinstrument, das sowohl kommunale Entscheidungsträger, Versorger und Netzbetreiber als auch Bürgerinnen und Bürger bei der Wärmewende unterstützen soll.

Die vorliegende Wärmeplanung bezieht sich auf das Stadtgebiet von Waldheim im Landkreis Mittelsachsen. Die Stadt Waldheim besteht neben der Kernstadt aus insgesamt 12 Ortsteilen: Massanei, Schönberg, Heiligenborn (Neuschönberg, Unterrauschenthal, Oberrauschenthal, Gilsberg), Rauschenthal, Reinsdorf (Neumilkau, Vierhäuser), Richzhain, Gebersbach, Heyda, Knobelsdorf, Meinsberg, Neuhausen (Kaiserburg) und Rudelsdorf.¹

Die Stadt beauftragte Anfang September 2024 die Deutsche Stadt- und Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH mit der Erstellung der Kommunalen Wärmeplanung. Der formelle Projektauftritt zwischen Vertretern der Auftraggeberin- und Auftragnehmerinseite erfolgt am 07.10.2024.

1.2. Begriffsbestimmung

Das vorliegende Konzept richtet sich an eine Leserschaft mit unterschiedlichen Wissensstand und Hintergrund. Um ein besseres Verständnis der Inhalte zu erlauben, sollen an dieser Stelle einzelne Begriffe definiert und eingeordnet werden.

„**Baublock**“ stellt ein Gebäude oder mehrere Gebäude oder Liegenschaften dar, das oder die von mehreren oder sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen umschlossen und für die Zwecke der Wärmeplanung als zusammengehörig zu betrachten ist oder sind. Die überwiegende Zahl der Abbildungen und Analysen in diesem Konzept erfolgt auf Ebenen von Baublöcken. Dies dient insbesondere dazu eine datenschutzkonforme Darstellung der Daten/Informationen zu gewährleisten. Zugleich liegen zahlreiche Daten gar nicht auf Ebenen einzelner Objekte vor, sondern nur für größere Bereiche. Somit ist eine gebäudescharfe Darstellung und Betrachtung in der Regel nur über statistische und mathematische Verfahren möglich, die nicht reelle Ergebnisse, sondern nur Aussagen zu Wahrscheinlichkeiten oder Anteilen/Brüchen ermöglichen. Durch die Aggregation auf der Ebene von Baublöcken können somit für den Leser auch etwas greifbarere Aussagen getätigt und die aufgrund der Datenlage bestehende Unschärfe nivelliert werden.

¹ <https://www.unser-stadtplan.de/stadtplan/waldheim/kartenstartpunkt/stadtplan-waldheim.map>

„**Wärmebedarf**“ Unter dem Raumwärme- oder Heizbedarf versteht man die rechnerisch ermittelte Wärmemenge, die sich aus der vorgesehenen Innenraumtemperatur, den äußeren klimatischen Bedingungen sowie den Wärmegewinnen und -verlusten des Gebäudes ergibt. Zusätzlich umfasst der Wärmebedarf jenen, der für die Warmwasserbereitung und für die Herstellung oder Umwandlung von Produkten erforderlich ist (Prozesswärme). Er hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. der Bauweise des Gebäudes, der Außentemperatur, der Isolierung und der Nutzung des Raums ab. Der Wärmebedarf stellt somit die theoretisch erforderliche Energiemenge dar, um den gewünschten Raumkomfort zu gewährleisten. Auf Basis von Gebäudetypologie bzw. Abnehmerstruktur lässt sich der Wärmebedarf anhand spezifischer Kennwerte abschätzen und bildet somit eine gute Grundlage für eine erste Einordnung bzw. das Schließen von Datenlücken. Aufgrund der bereits thematisierten Datenbasis musste im vorliegenden Konzept primär auf die Verwendung der rechnerisch Ermittelten Wärmebedarfe zurückgegriffen werden.

„**Wärmeverbrauch**“ Hierbei handelt es um die tatsächlich verbrauchte (= gemessene) Energiemenge. Bei der Darstellung des Verbrauchs werden daher im Gegensatz zum Bedarf auch die Auswirkungen von Witterung, Nutzerverhalten und Produktionsänderungen abgebildet. Die Verwendung realer Wärmeverbrauchswerte bietet grundsätzlich den Vorteil einer realistischen Momentaufnahme für den entsprechenden Erfassungszeitraum, die Werte sind jedoch auch von verschiedenen Einflussgrößen abhängig, wie dem Einsatz der Wärmeversorgungsanlage, dem individuellen Nutzerverhalten, den Produktionsabläufen sowie den jährlichen Witterungsschwankungen.

„**Nutzenergie**“ - Ist der Teil der Endenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten innerhalb des Gebäudes oder Firmengeländes für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht, z. B. Raumwärme, Warmwasser oder Prozesswärme.

„**Endenergie**“ - Ist jene Energie, welche dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten zur Verfügung steht und in der Regel über Zähler oder Messeinrichtungen abgerechnet wird, z. B. in Form von Erdgas, bezogene Wärme über ein Wärmenetz, Heizöl oder Strom.

„**Wärmelinien-dichte**“ eine Kenngröße bzw. ein Quotient, die die ermittelte Wärmeverbrauchs- und -bedarfsmenge, die entlang eines Straßenabschnitts anfällt, ins Verhältnis zur Länge des Straßenabschnitts bzw. der für die Wärmeversorgung relevanten Trassenlänge setzt. Der Wert zeigt die Wärmemenge, die innerhalb eines bestehenden oder hypothetischen Leitungsabschnitts an die dort angeschlossenen Verbraucher innerhalb eines Jahres abgesetzt wird. Sie wird in MWh oder kWh/ (m a) angegeben und stellt einen wesentlichen Indikator zur Bewertung der Eignung eines Bereiches für netzbasierte Wärmeversorgungssysteme dar.

„**Wärme(flächen)dichte**“ eine Kenngröße, bei der der Wärmeverbrauch ins Verhältnis zu einer Grundfläche gesetzt wird. Als geeignete Bezugsgrößen eignen sich bspw. Flurstücke, Hektarraster oder – wie in Anlage 2 des WPG gefordert – Baublöcke. Der Indikator wird meist in MWh/(ha a) oder TJ/(km² a) angegeben und ist relevant für die Einstufung von Gebieten hinsichtlich ihrer Eignung für zentrale oder dezentrale Versorgungslösungen.

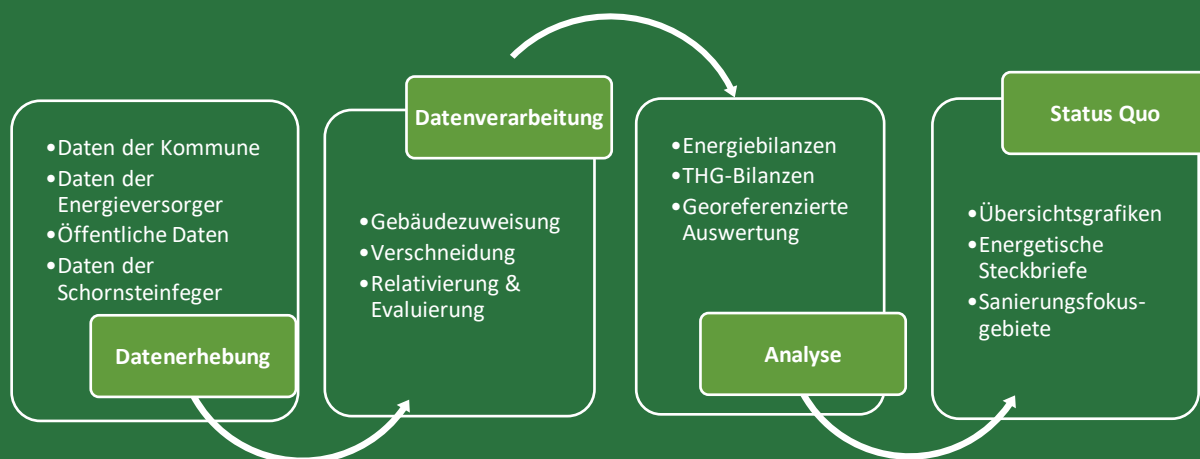
2. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden der derzeitige Zustand der Gebäudestruktur, der Wärmeverbrauch sowie die vorhandene Wärmeinfrastruktur erfasst und systematisch aufbereitet. Die Erstellung dieser detaillierten Datengrundlage und ihre Analyse ermöglichen es:

- Konkrete Handlungsbedarfe zu identifizieren
- Zukunftsszenarien zu berechnen
- Strategische Maßnahmen für die langfristige Transformation abzuleiten

Die Bestandsanalyse stellt das wichtigste Werkzeug für die Entwicklung der kommunalen Wärmeplanung dar, da sie darauf abzielt, realistische Entwicklungspfade für reale Personen aufzuzeigen. Für Waldheim war es daher entscheidend, auf statistische Durchschnittswerte (wie normierte Bedarfswerte) zu verzichten und stattdessen ausschließlich mit Realwerten zu arbeiten. Diese Zielsetzung konnte im Großteil erfolgreich umgesetzt werden.

Das Vorgehen und die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.



2.1. Methodik und Datengrundlage der Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse stützt sich auf die Erhebung von Daten über bestehende Gebäudetypologien, die Infrastruktur der Gas- und Wärmenetze und Heizzentralen sowie auf die Untersuchung der Wärmeversorgungsstrukturen in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Auf dieser Basis werden der Wärmebedarf und -verbrauch sowie die damit verbundenen THG-Emissionen im Bereich der Wärmeversorgung ermittelt. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die erhobenen Daten detailliert.

Ein zentrales Ziel der Ausarbeitung ist die Bestimmung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen, die dem Wärmesektor zuzurechnen sind. Mit diesen Daten kann eine verursachergerechte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltauswirkungen im Untersuchungsgebiet erfolgen. Diese Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für die nachfolgende Potenzialanalyse, um Prognosen für den zukünftigen Wärmebedarf und die möglichen Beiträge zur Wärmeversorgung zu entwickeln.

Für die Bestandsanalyse der Stadt Waldheim wurden u.a. folgende Daten erhoben:

Tabelle 1: Übersicht der erhobenen Daten durch Anlage 1 zu §15 WPG

Nr.	Quelle	Datenbeschreibung	Anmerkung
1	enviaM, Mitnetz Strom / Mitnetz Gas	Verbrauchsdaten Gasnetz auf Ebene der Straßenzüge für die Jahre 2020-2023; Verbrauchsdaten Strom, Heizstrom, Wärmepumpenstrom, Stromeinspeisung aus Erneuerbaren Energien und KWK, Stadtbezogen	
3	Bezirksschornsteinfeger	Feuerstättenart; Energieträger; Nennwärmeleistung; Heizsystem	Nicht geliefert
4	Stadtverwaltung Waldheim	Gebäudenutzung, -funktion, Geschossanzahl, Baualtersklasse, Flächennutzungsplan, Verbräuche Kommunaler Liegenschaften	Gebäudedaten aus bestehendem INSEK
5	Wohnungsgesellschaften	Daten zu Gebäuden im Bestand	
6	Landesamt für Geobasisinformation Sachsen	Flurstücke; Straßen- und Wegenetz; Gebäudevektoren; 3D-Gebäudemodelle (Strukturmodell, LoD2), Nutzung, Funktion, Geschossanzahl	
7	Zensus	100x100m Rasterdaten für sonstige Baualtersklassen und Energieträger	
8	Gewerbetreibende	Verbrauchsdaten für drei Jahre je Energieträger, Abwärmepotentiale, Einsparpotentiale	
9	AZV „Untere Zschopau“	Daten für Abwärmehohre >DN800	Keine Potenziale vorhanden

Implementierung der Daten

Um die Daten sinnvoll miteinander zu verschneiden wurden in einem Geoinformationssystem (GIS) zunächst alle Gebäudeumrisse, die durch das Landesamt für Geobasisinformation Sachsen (GeoPortal Sachsen) zur Verfügung gestellt wurden, implementiert. Daraufhin wurden alle zur Verfügung stehenden Daten georeferenziert, sodass sie mit den Hausumrissen verknüpft werden konnten.

Somit wurde eine Schnittstelle geschaffen, um Daten verschiedener Akteure im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben nach Anlage 1 (zu § 15) Wärmeplanungsgesetz Abs. 1 - 3 einspeisen und verorten zu können. Durch die Datenabfrage u.a. Stadtverwaltung Waldheim, Zensus, Gewerbetreibenden und Wohnungswirtschaft lagen diverse Datensätze vor, die sich in der Datengüte sehr stark unterschieden. Um diese Daten effizient zu verarbeiten wurde eine Excel-Anwendung entwickelt, die im ersten Schritt die Informationen den Adressen zuordnet, im zweiten Schritt die Daten miteinander zu verschneidet und diese anschließend für die Gebäude-, Baublock- und Straßenebene im Geoinformationssystem darstellen zu können. Diese Datengrundlage ermöglicht eine sehr präzise Darstellung und wird für den IST-Zustand (2024) in folgenden Kapiteln dargestellt.

Eignungsprüfung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ist gemäß § 14 WPG eine Eignungsprüfung durchzuführen, um zu evaluieren, ob bestimmte Teilgebiete für ein verkürztes Planungsverfahren geeignet sind. Für solche Gebiete können einzelne Planungsschritte gemäß den §§ 15 bis 20 WPG entfallen:

- **Bestandsanalyse (§ 15 WPG):** Die systematische Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs, der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen sowie der bestehenden Energieinfrastruktur kann in diesen Fällen ausgesetzt werden.
- **Potenzialanalyse (§ 16 WPG):** Die Potenzialermittlung kann auf Optionen beschränkt werden, die für eine dezentrale Wärmeversorgung von Relevanz sind.
- **Wärmeversorgungsgebiete (§ 18 WPG):** Eine Zuordnung des jeweiligen Teilgebiets zu spezifischen Wärmeversorgungsoptionen ist nicht erforderlich.
- **Umsetzungsstrategie (§ 20 WPG):** Die Entwicklung einer konkreten Umsetzungsstrategie für das betreffende Gebiet ist nicht verpflichtend.

Für die kommunale Wärmeplanung der Stadt Waldheim wurde bewusst auf die Anwendung eines verkürzten Verfahrens verzichtet. Die Entscheidung beruht auf dem Anspruch, alle Stadt- und Ortsgebiete gleichwertig in die Analyse einzubeziehen, um eine ganzheitliche Datengrundlage und umfassende Bewertungsstruktur zu schaffen. Damit wird das Ziel verfolgt, eine ganzheitliche und inklusive Wärmeversorgungsstrategie für das gesamte Stadtgebiet zu entwickeln, die keine Benachteiligungen verursacht.

2.2. Konzeptionelle Grundlagen

Tangierende Konzepte mit den Arbeitsschritten der Kommunalen Wärmeplanung

Integriertes Stadtentwicklungskonzept Waldheim 2035

Das ISEK Waldheim 2035 aus dem Jahr 2020 dient als strategisches Steuerungsinstrument der Stadtentwicklung für die Gesamtstadt und ihre Ortsteile. Zu den zentralen Bestandteilen gehören eine umfassende Bestands- und Schwächenanalyse sowie eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklungsperspektiven von Waldheim (z. B. Demografie, Infrastruktur, Wohnen, Gewerbe, Mobilität, Umwelt, Freiraum). Daran anknüpfend definiert das ISEK Leitbilder, Ziele und eine Entwicklungsstrategie für die nächsten Jahre. Basierend auf diesen Zielen werden konkrete Maßnahmen und Projekte vorgeschlagen — etwa zur Stärkung des Wohnumfelds und der Freiräume, zur Verbesserung der Verkehrs- und Mobilitätsstruktur, zur energetischen und städtebaulichen Sanierung oder zur Sicherung der Daseinsvorsorge.

Die nachhaltige Entwicklung der Stadt Waldheim spielt eine entscheidende Rolle für die Kommunale Wärmeplanung (KWP). Insbesondere die demografische Entwicklung, die zunehmende Urbanisierung und die damit verbundenen Anforderungen an die Infrastruktur sind zentrale Faktoren, die die Planung der Wärmeversorgung maßgeblich beeinflussen.

Städtebauliches Entwicklungskonzept (SEKo) „Gründerzeit Waldheim“

Das SEKo „Gründerzeit Waldheim“ leitete sich als Umsetzungsstrategie aus dem InSEK 2009 ab und berücksichtigte die damaligen Trends der Städtebauförderung und die Vorgaben der jeweiligen Programmausschreibungen. Das SEKo wurde 2012 aufgestellt in den Jahren 2015/16, 2018, 2022 und 2025 fortgeschrieben. Während das InSEK einen breitgefächerten Maßnahmenkatalog beinhaltet, beschränkte sich das SEKo auf die Umsetzung von Einzelmaßnahmen im Rahmen des Stadtumbaus für das Gründerzeitquartier in der Kernstadt. Das SEKo dient dabei als strategischer Rahmen: Es bündelt die wichtigsten Handlungsbedarfe im Gebiet, priorisiert Maßnahmen und schafft eine Grundlage für die spätere Beantragung und Umsetzung von Städtebaufördermitteln.

Im Zuge der Konzeptbearbeitung wurden die zentralen Ausgangsbedingungen im Quartier systematisch erfasst (u. a. Gebäudebestand und Sanierungsbedarfe im städtebaulichen Kontext, öffentliche Räume, Grün- und Freiraumstrukturen, Erreichbarkeit/Mobilität sowie soziale und funktionale Anforderungen). Ergänzend wurden Beteiligungsformate genutzt, um lokale Hinweise und Prioritäten aufzunehmen und bei der Maßnahmenauswahl zu berücksichtigen.

Auf dieser Basis wurden konkrete Maßnahmenansätze entwickelt, die sowohl baulich-räumliche als auch energetische und klimaresiliente Komponenten adressieren (z. B. energetische Gebäudemodernisierung im Quartierskontext, Aufwertung von Straßen- und Platzräumen, etc.). Die Maßnahmen wurden hinsichtlich Umsetzbarkeit, Priorität und Förderfähigkeit eingeordnet, um eine schrittweise Realisierung vorzubereiten.

Für die kommunale Wärmeplanung kann das SEKo (Stand 2018) als räumlicher Orientierungsrahmen genutzt werden, da es Schwerpunkträume und damalige Förderkulissen bzw. Entwicklungsbereiche benennt. In diesem Zusammenhang wurden drei Fördergebiete dargestellt: das große Stadtumbaugebiet, das Stadtumbaugebiet

„Gründerzeit“ und das Sanierungsgebiet (Abbildung 1). Ob diese Kulissen heute noch unverändert aktiv sind oder in Abgrenzung, Laufzeit und Finanzierung angepasst wurden, sollte im Rahmen der Wärmeplanung anhand des aktuellen Förder- und Umsetzungsstands geprüft werden. Für die Wärmeplanung bedeutet das grundsätzlich: Maßnahmen mit Bezug zu Gebäudebestand, Sanierungsschwerpunkten und Infrastruktur im Straßenraum sollten – soweit fachlich sinnvoll und förderrechtlich möglich – mit den jeweils gültigen städtebaulichen Maßnahmenprogrammen und räumlichen Schwerpunkten abgestimmt werden. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die Umsetzung in der Regel von priorisierten Maßnahmenbündeln und der Verfügbarkeit geeigneter Förder- und Kofinanzierungsquellen (einschließlich privater Investitionen) abhängt.

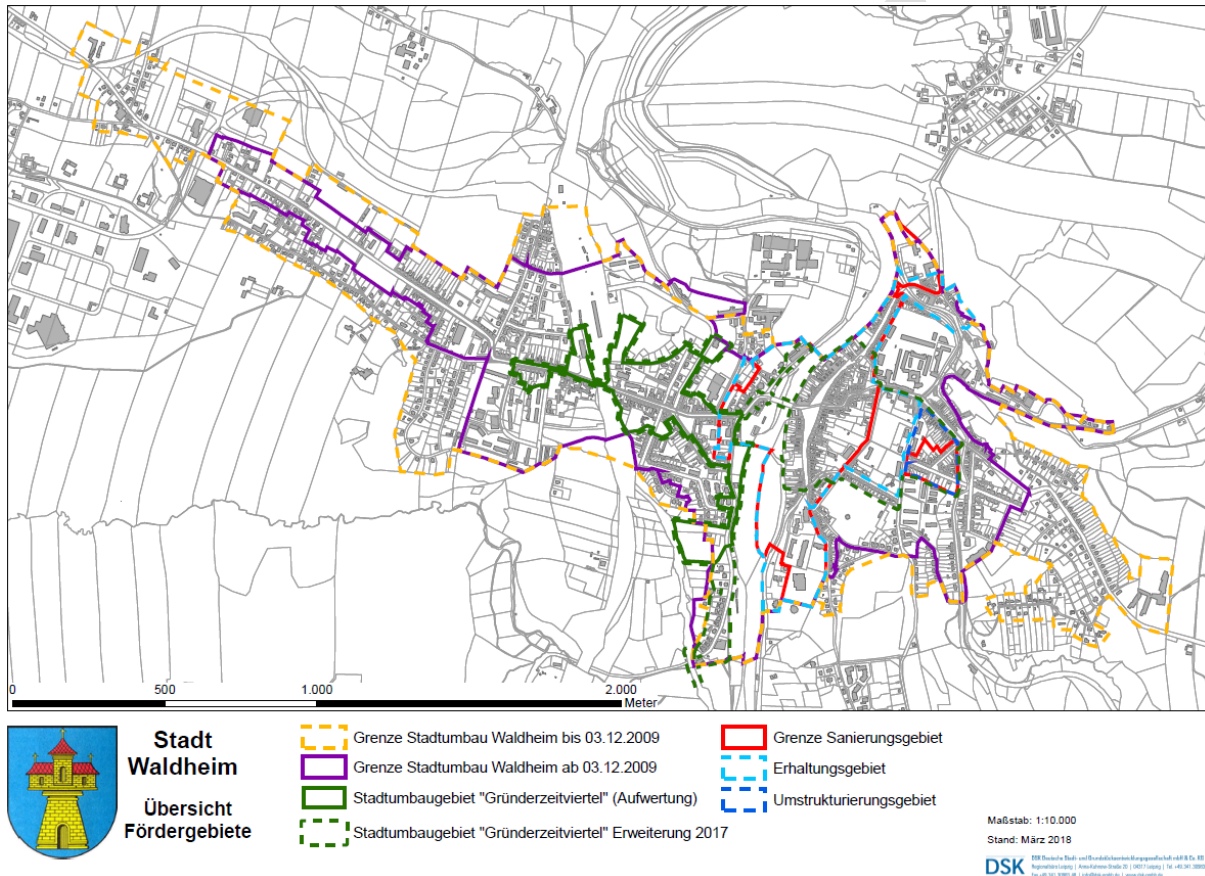


Abbildung 1: Angestrebte Fördergebietskulisse in der Kernstadt Waldheim aus SEKo 2018²

² <https://www.stadt-waldheim.de/region-wirtschaft/region-und-stadtentwicklung/stadtentwicklungskonzept/>

2.3. Entwicklung der Stadt Waldheim

Die Stadt Waldheim liegt im Landkreis Mittelsachsen und erstreckt sich über eine Fläche von etwa 41 km². Mit rund 8.990 Einwohnern (Stand: 31.12.2024) ergibt sich eine Bevölkerungsdichte von etwa 219 Einwohnern pro km². Im Landesentwicklungsplan ist Waldheim als verdichteter Bereich im ländlichen Raum ausgewiesen und gehört zum Regionalplan Region Chemnitz, der zuletzt 2024 veröffentlicht wurde.³

Waldheim blickt auf eine lange Tradition im Zinn- und Kupferhandwerk zurück, das im 18. und 19. Jahrhundert weit über die Region hinaus bekannt war. Einige spezialisierte Unternehmen sind noch heute in der Metallverarbeitung und im Maschinenbau tätig. Weitere wichtige Wirtschaftszweige sind die der Dienstleistungssektor und das Handwerk.

Soziodemographische Entwicklung

Die Stadt Waldheim hat in den letzten Jahrzehnten verschiedene Phasen der Bevölkerungsentwicklung durchlaufen. Ähnlich wie in vielen ostdeutschen Städten ist auch in Waldheim seit 1990 ein Bevölkerungsrückgang zu verzeichnen. Dieser Rückgang ist sowohl durch die typischen Wanderungsmuster als auch durch die periphere Lage im ländlichen Raum bedingt.

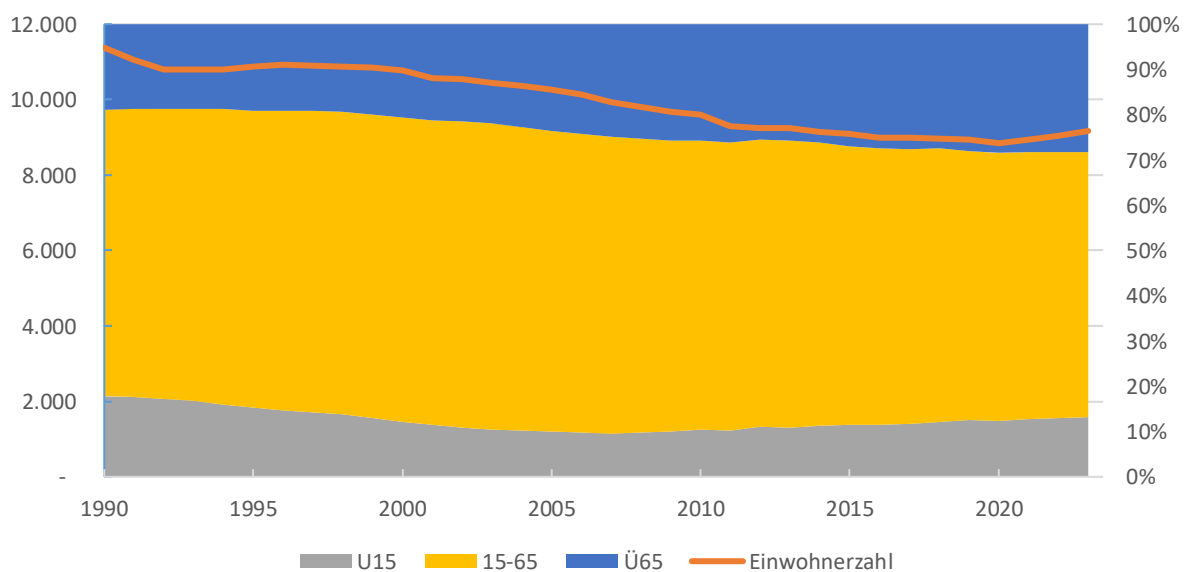


Abbildung 2: Entwicklung der Einwohnerzahl und der Altersstruktur im Zeitraum 1990-2023

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Einwohnerzahlen sowie die Veränderungen der Altersstruktur im Zeitraum von 1990 bis 2023. Die Einwohnerzahl ist seit 1990 um mehr als 20 % gesunken. In grober Weise lassen sich vier Phasen der Bevölkerungsentwicklung unterscheiden:

- 1) 1990-1992: Phase eines starken Rückgangs in Folge der Geburtenausfälle in den Nachwendejahren sowie der Abwanderung in die alten Bundesländer.

³ <https://www.landesentwicklung.sachsen.de/download/Landesentwicklung/karte01-raumstruktur.pdf>

- 2) 1992-2000: Phase einer gewissen Stabilität durch ein Abflauen der Abwanderungsbewegung und Steigerung der Fertilitätsrate.
- 3) 2000-2011: gleichmäßiger Rückgang der Einwohnerzahl durch das Zusammenspiel von negativem natürlichen Saldo (weniger Neugeborene als Gestorbene) und negativem Wanderungssaldo.
- 4) Seit 2011: Phase einer gewissen Stabilität unter anderem durch Effekte der Flüchtlingswanderung.

Der seit 2014 bestehende Stabilitätstrend zeigt sich auch im Bundesland Sachsen (siehe **Abbildung 3**). Diese Abbildung verdeutlicht zudem, dass die Einwohnerzahl in Waldheim seit 2020 wächst und mittlerweile ein ähnliches Niveau wie 2014 erreicht hat. Im Vergleich zum Landkreis weist Waldheim somit eine abweichende Bevölkerungsentwicklung auf.

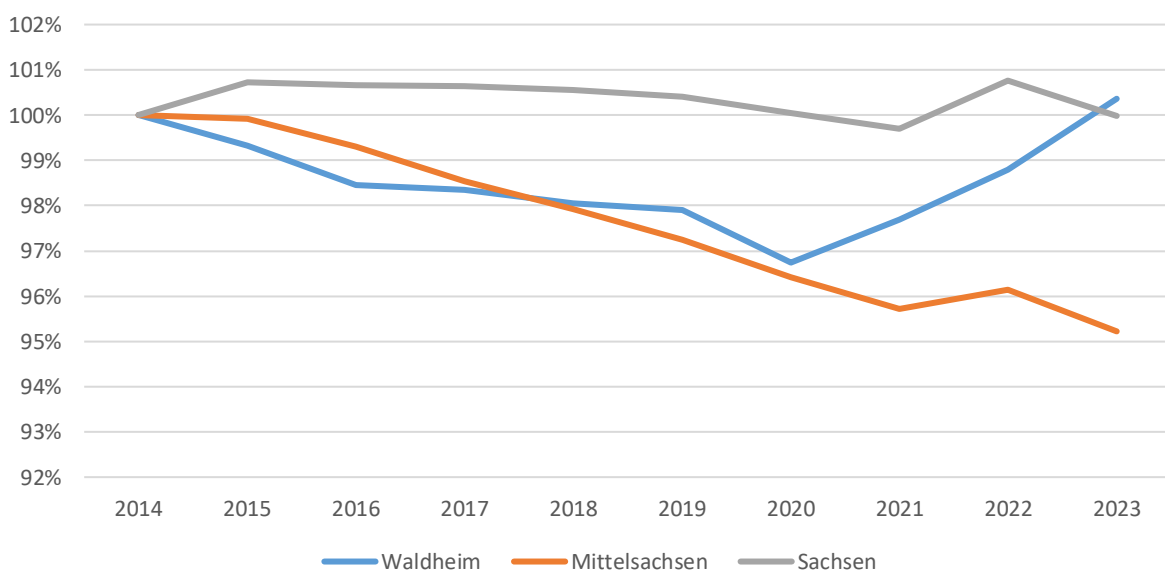


Abbildung 3: Relative Bevölkerungsentwicklung im Vergleich zum Landkreis und Freistaat zwischen 2014 und 2023 (Quelle: SLFS 2026, Grafik: DSK)

Bevölkerungsprognose

Das Statistische Landesamt Sachsen veröffentlicht in regelmäßigen Abständen eine Prognose zur zukünftigen Bevölkerungsentwicklung in den sächsischen Gemeinden. Die aktuellste (8.) regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung stammt aus dem Jahr 2023.⁴

Die 8. regionalisierte Bevölkerungsprognose zeigt die Entwicklung der Bevölkerungszahl und -struktur von 2022 bis 2040, ausgehend vom Bevölkerungsstand 2021. Die Prognose berücksichtigt Annahmen zu Geburten, Sterbefällen und Migration. Sie umfasst drei Varianten die sich insbesondere durch die Geburtenraten und die Absenkung des Zuzugs- und Fortzugsvolumens unterscheiden.

In allen Varianten wird der langfristige Bevölkerungsrückgang prognostiziert, der kurzfristig durch die Aufnahme ukrainische Schutzsuchende für einige Jahre unterbrochen wird. Das statistische Landesamt geht davon aus, dass

⁴ Bevölkerungsmonitor (Stand 15.06.2023)

die Bevölkerungszahl in Waldheim zukünftig in der oberen Variante (V1) mit einer gleichbleibenden Einwohnerzahl rechnet. Bei der Mittleren Variante (V2) wird mit einem Rückgang von 2,5 % (8.800 EW) und bei der unteren Variante von 5 % (8.580 EW) gerechnet.

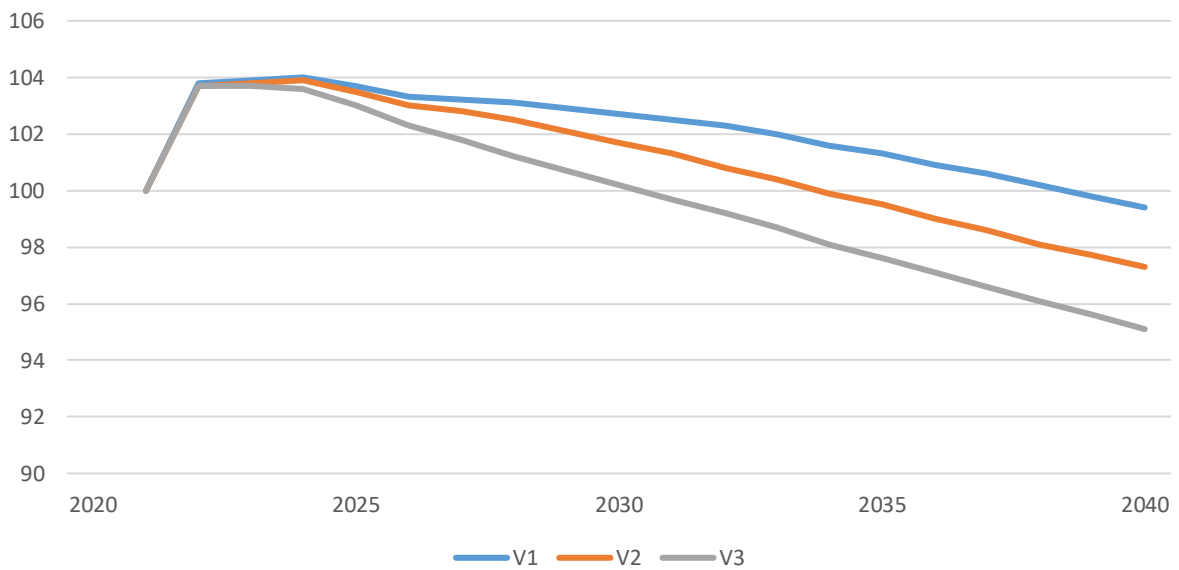


Abbildung 4: Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung (8. RBV) für den Waldheim bis 2040⁵

⁵ Bevölkerungsmonitor (Stand 15.06.2023)

Ortsteile und Stadtstruktur

Wie in der Abbildung 5 dargestellt besteht die Stadt Waldheim neben der Kernstadt aus insgesamt 12 Ortsteilen: Massanei, Schönberg, Heiligenborn, Rauschenthal, Reinsdorf, Richzenhain, Gebersbach, Heyda, Knobelsdorf, Meinsberg, Neuhausen und Rudelsdorf.⁶

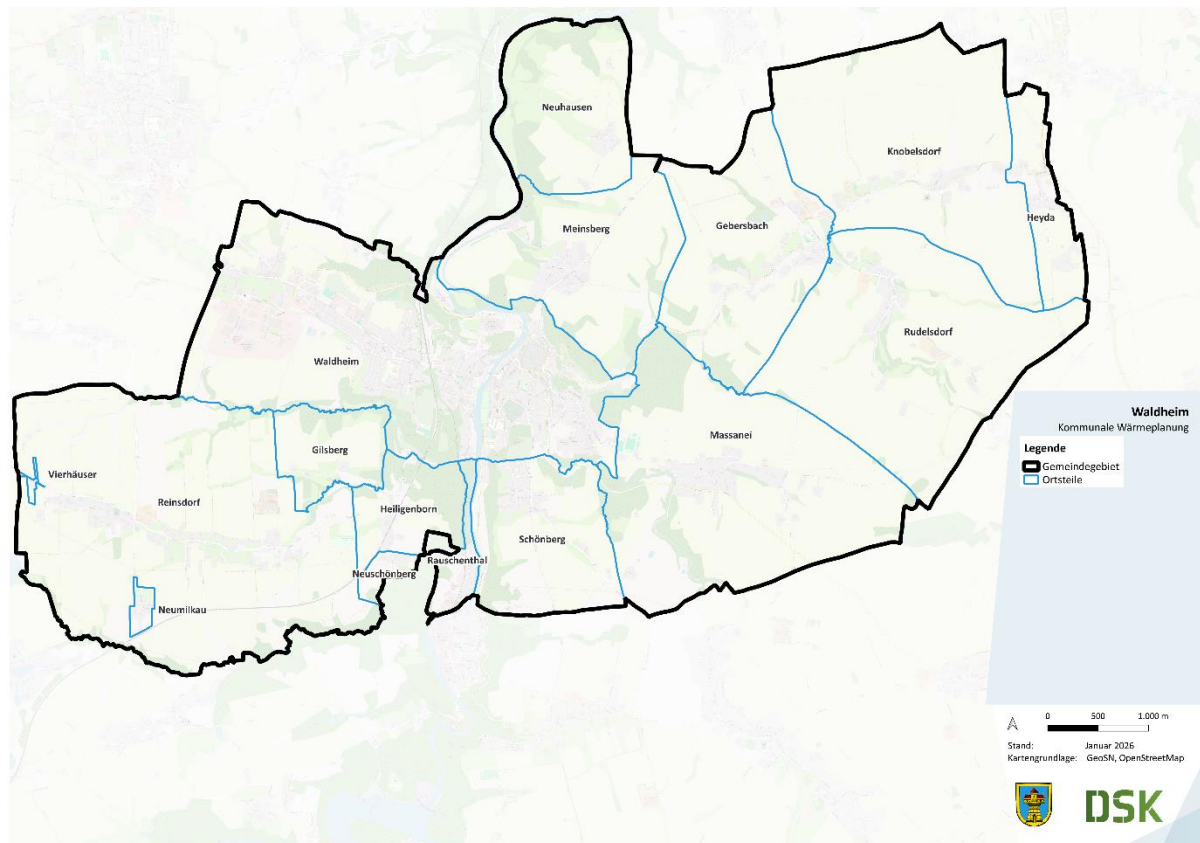


Abbildung 5: Verwaltungsgebiet Waldheim mit Ortsteilen Quelle: DSK, 2025

Wirtschaftsstruktur

Die Stadt Waldheim ist nicht nur für ihre reizvolle Lage im Zschopautal bekannt, sondern auch als attraktiver Wirtschaftsstandort, der über seine Grenzen hinaus einen guten Ruf genießt. Neben der landschaftlichen Schönheit bietet Waldheim auch eine vielfältige wirtschaftliche Struktur.

Traditionelle Industriezweige wie die Holzverarbeitende Industrie (z. B. Stuhlindustrie, Ausstattungen) und Elektrotechnik sind nach wie vor vertreten, ebenso wie moderne Betriebe, die innovative Produkte herstellen. Das Handwerk prägt nach wie vor das wirtschaftliche Bild der Stadt und bietet rund 1.000 Arbeitsplätze in nahezu allen Gewerken.

Ein Großteil dieser Betriebe sowie neue Unternehmen haben ihren Standort im Waldheimer Gewerbegebiet Richzenhain, dessen Erschließung bereits 1991 begann. Heute umfasst das Gebiet mehr als 60 ha, auf denen sich 38 Unternehmen angesiedelt haben. Bei der Betrachtung von Waldheim als Wirtschaftsstandort sind auch die

⁶ <https://www.unser-stadtplan.de/stadtplan/waldheim/kartenstartpunkt/stadtplan-waldheim.map>

zahlreichen Gaststätten, Pensionen, Hotels, Handels- und Dienstleistungsbetriebe sowie medizinische und soziale Einrichtungen nicht zu übersehen. Besonders der Tourismus wird zukünftig eine immer größere Rolle spielen.

Das Gewerbegebiet Eichberg mit einer Fläche von 11,5 ha wurde durch eine neue Anschlussstraße an die Umgehungsstraße besser erreichbar gemacht.⁷ Ein herausragender Akteur war die Florena Cosmetics GmbH, die hier einen der modernsten Kosmetikstandorte Europas betrieb. Obwohl der Standort mittlerweile geschlossen wurde, bleibt die Suche nach einem neuen Industrieakteur von großer Bedeutung. Die Justizvollzugsanstalt Waldheim stellt zudem einen bedeutenden Arbeitgeber dar.

Betrachtet man die Verteilung der Betriebe nach Wirtschaftszweig (vgl. Abbildung 6), wird deutlich, dass etwa ein Drittel der Unternehmen im Bereich Handel, Verkehr und Gastgewerbe tätig sind. Produzierendes Gewerbe sowie öffentliche und private Dienstleister machen jeweils etwa ein Viertel der ansässigen Unternehmen aus.

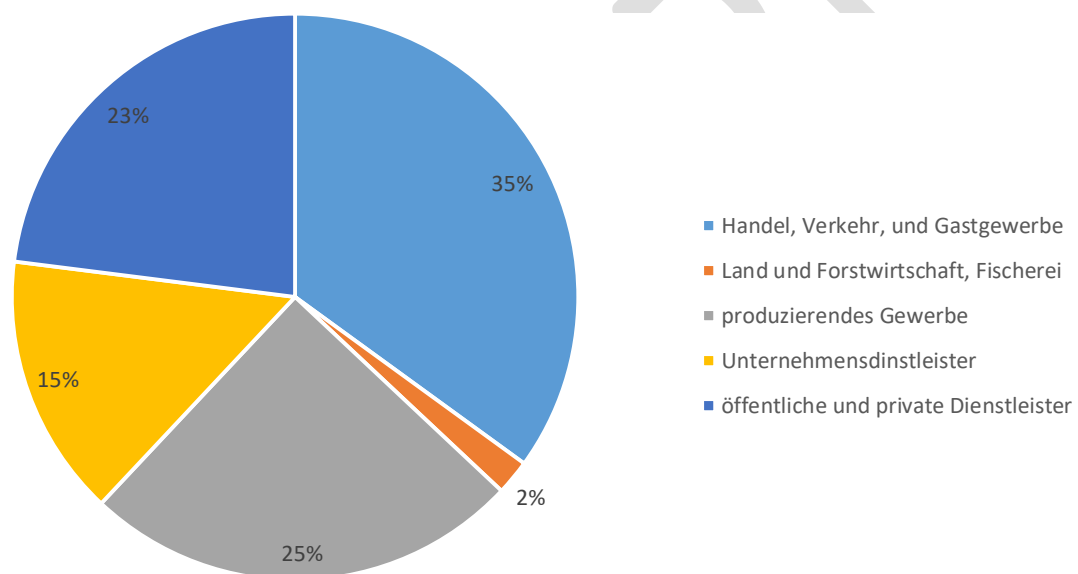


Abbildung 6: Verteilung der Betriebe nach Wirtschaftszweig⁸

Ein wichtiger Indikator für die wirtschaftliche Dynamik der Stadt sind die An- und Abmeldungen von Gewerbebetrieben, die in Abbildung 7 dargestellt sind. In den letzten Jahren ist sowohl die Zahl der An- als auch der Abmeldungen zurückgegangen, wobei der Saldo meist leicht positiv ausfällt. Dies deutet auf einen stabilen Standort und eine stabile wirtschaftliche Situation hin. In den letzten 10 Jahren hielten sich An- und Abmeldungen weitgehend die Waage. Die Zahl der produzierenden Unternehmen mit mehr als 19 Beschäftigten ist in den letzten 10 Jahren mit etwa 7 Unternehmen konstant.

Es ist anzunehmen, dass der gegenwärtige Seitwärtstrend in der lokalen Wirtschaftsentwicklung anhält, solange sich die Gesamtwirtschaft weiterhin stabil entwickelt und keine Änderungen an den Rahmenbedingungen vor Ort (wie Flächenangebot und Erschließung) vorgenommen werden.

⁷ <https://www.stadt-waldheim.de/region-wirtschaft/wirtschaftsstandort/stadt-und-wirtschaft/>

⁸ Eigene Darstellung, Agentur für Arbeit, Stand 30.06.2018

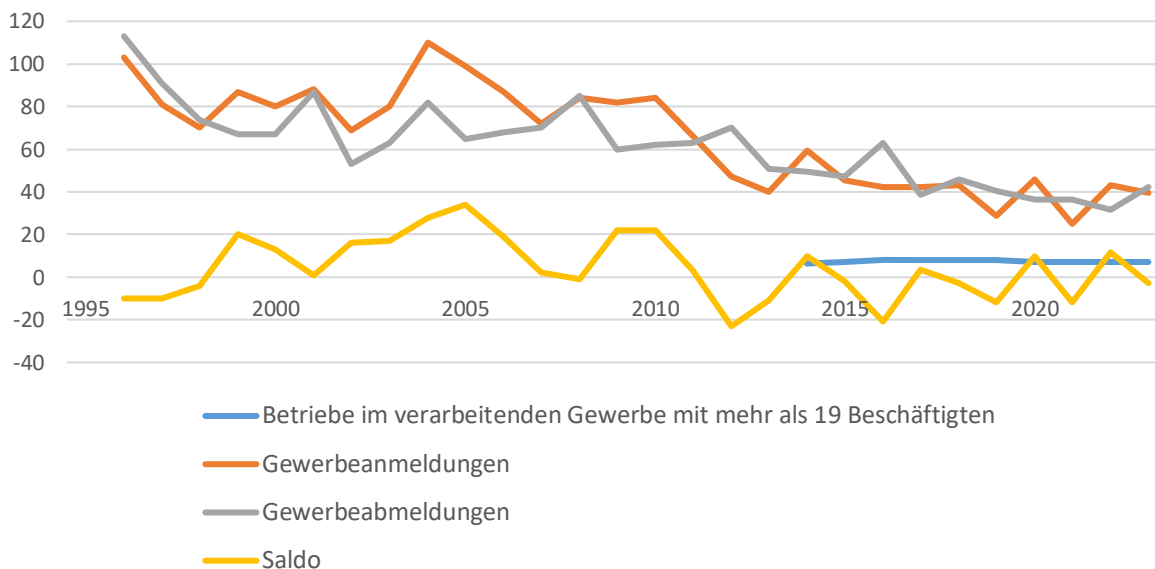


Abbildung 7: Gewerbe an und Abmeldungen sowie größere verarbeitende Betriebe⁹

Perspektiven und Herausforderungen

Waldheim, als „Perle des Zschopautals“, hat bereits eine starke übergeordnete Interessenwahrnehmung, die als Grundlage für die zukünftige Entwicklung dient. Um sich im regionalen Wettbewerb weiter zu behaupten, ist es notwendig, innovative Kooperationen zwischen den zentralen Orten der Region zu fördern und die zentrale Funktion der Stadt neu zu definieren und zu gestalten.

Ein wesentliches Ziel bleibt die Sicherung der Attraktivität der Stadt, um die Abwanderung zu bremsen. Erste Maßnahmen wie die Stadtsanierung und der Ausbau der Infrastruktur haben bereits begonnen und tragen zur Steigerung der Lebensqualität bei. Besonders durch die Entwicklung von Industriegebieten wird Waldheim als Wirtschaftsstandort gestärkt, was ebenfalls positive Auswirkungen auf die regionale Bindung hat. Dennoch bleibt die Gestaltung des demographischen Wandels eine Herausforderung, die langfristige Perspektiven für die Stadt bieten muss. Hier sind neue Bewältigungsstrategien erforderlich, um die Zukunftsfähigkeit von Waldheim zu gewährleisten.

Ein zukunftsfähiges Waldheim sollte auch bei zunehmender Mobilität ein Kristallisationspunkt des öffentlichen Lebens bleiben, der Identität und regionale Bindung fördert. Der Erhalt der Funktionsfähigkeit des Städtebundes sowie der zentralörtlichen Funktion muss in enger Zusammenarbeit mit den umliegenden Gemeinden erfolgen. Durch die Entwicklung weiterer Unterstützungsstrukturen, die auf privates und unternehmerisches Engagement setzen, kann Waldheim die nötigen Kapazitätsanpassungen minimieren und die Herausforderungen des demographischen Wandels effektiv meistern. Dies wird eine entscheidende Rolle dabei spielen, Waldheim als zukunftsfähigen und lebenswerten Ort für alle zu gestalten.

⁹ Statistisches Landesamt Freistaat Sachsen, Stand 15.01.2026

2.4. Gebäudebestand

Im Folgenden werden die vorhandenen Gebäudebestände in den Ortsteilen, sowie in der Kernstadt analysiert. Zur Analyse der vorhandenen Gebäudestrukturen wurden die Daten aus Kapitel „Methodik und Datengrundlage“ miteinander verschritten. In den Abbildungen ist der relevante Teil des Untersuchungsgebietes dargestellt, in dem sich Gebäude befinden. Abbildung 8 ist der Teil des Gebäudebestand dargestellt, der für die Berechnung des Wärmebedarfs verwendet wurde, dabei wurden 2.265 Gebäude mit einer Nettogeschossfläche von 938.000 m² georeferenziert.

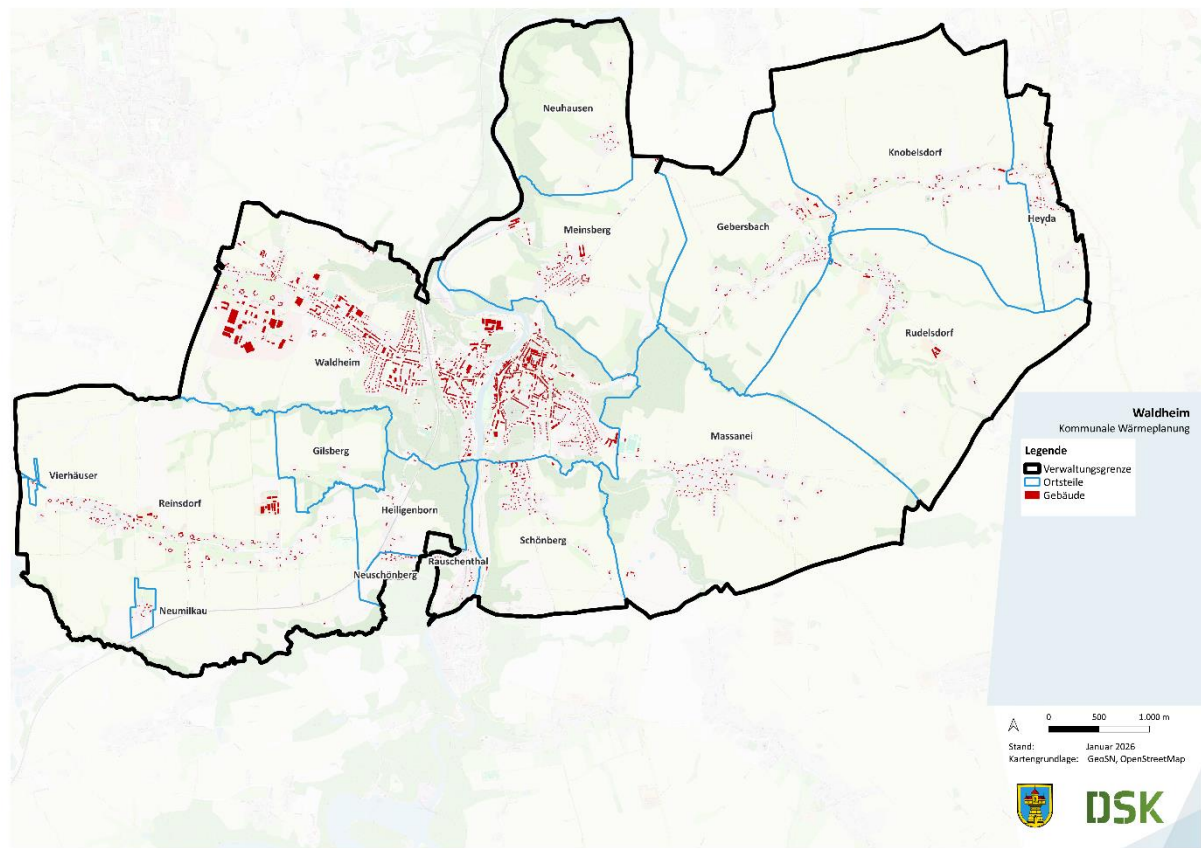


Abbildung 8: Gebäudebestand der Stadt Waldheim, Quelle: DSK, 2025

Die Abbildung 9 zeigt die denkmalgeschützten Gebäude im Stadtgebiet Waldheim. Insgesamt sind 250 Gebäude als Denkmale erfasst. Der Schwerpunkt der Denkmalstandorte liegt im Zentrum der Stadt und konzentriert sich insbesondere im Stadtkern. Die Darstellung verdeutlicht damit die historische Prägung des Zentrums und liefert eine wichtige Grundlage für die Einordnung von Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen im Bestand.

Im Rahmen der Fortschreibung des INSEK 2030 der Gemeinde Waldheim wurde eine Leerstandserhebung durchgeführt. Diese bezog sich insbesondere auf das Zentrum der Kernstadt Waldheim. Dabei wurden auch Gebäude notiert, die teilweise leer stehen. Zudem wurde eine Liste des Bauamtes mit möglicherweise leerstehenden Gebäuden eingearbeitet. Die Ergebnisse der Erhebung sind in Abbildung 10 dargestellt. Aufgrund der räumlichen Eingrenzung der Untersuchung kann daraus jedoch keine ganzheitliche Aussage für das gesamte Stadtgebiet abgeleitet werden.

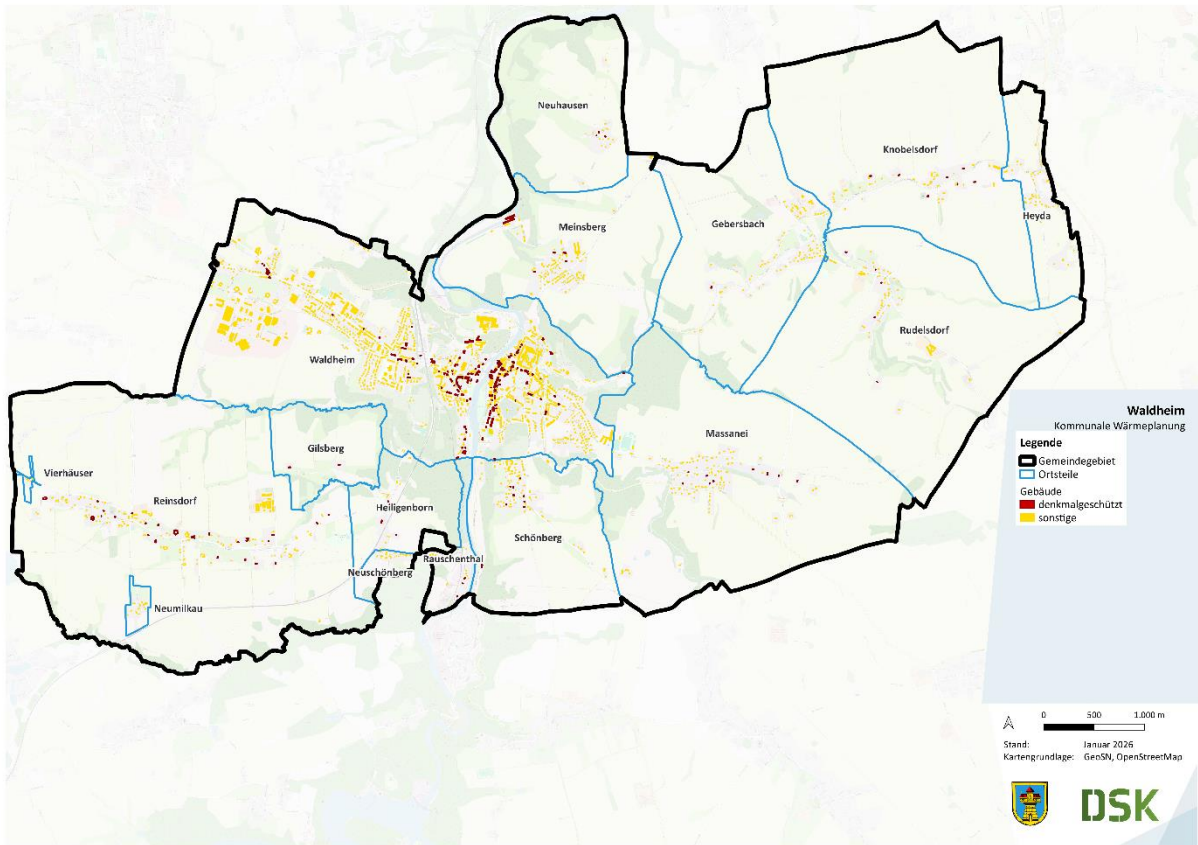


Abbildung 9: Denkmalgeschützte Gebäude Quelle: DSK, 2025

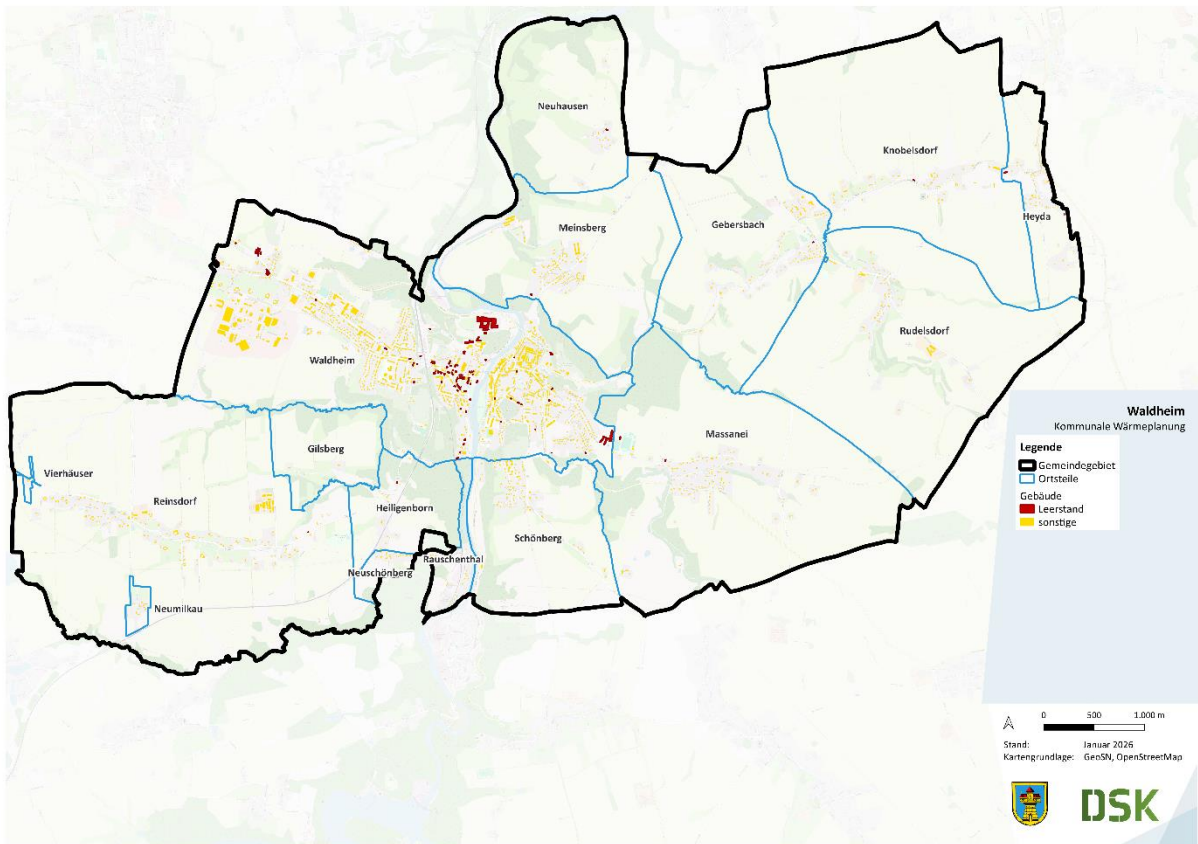


Abbildung 10: Leerstand Quelle: DSK, 2025

Typologie

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 5

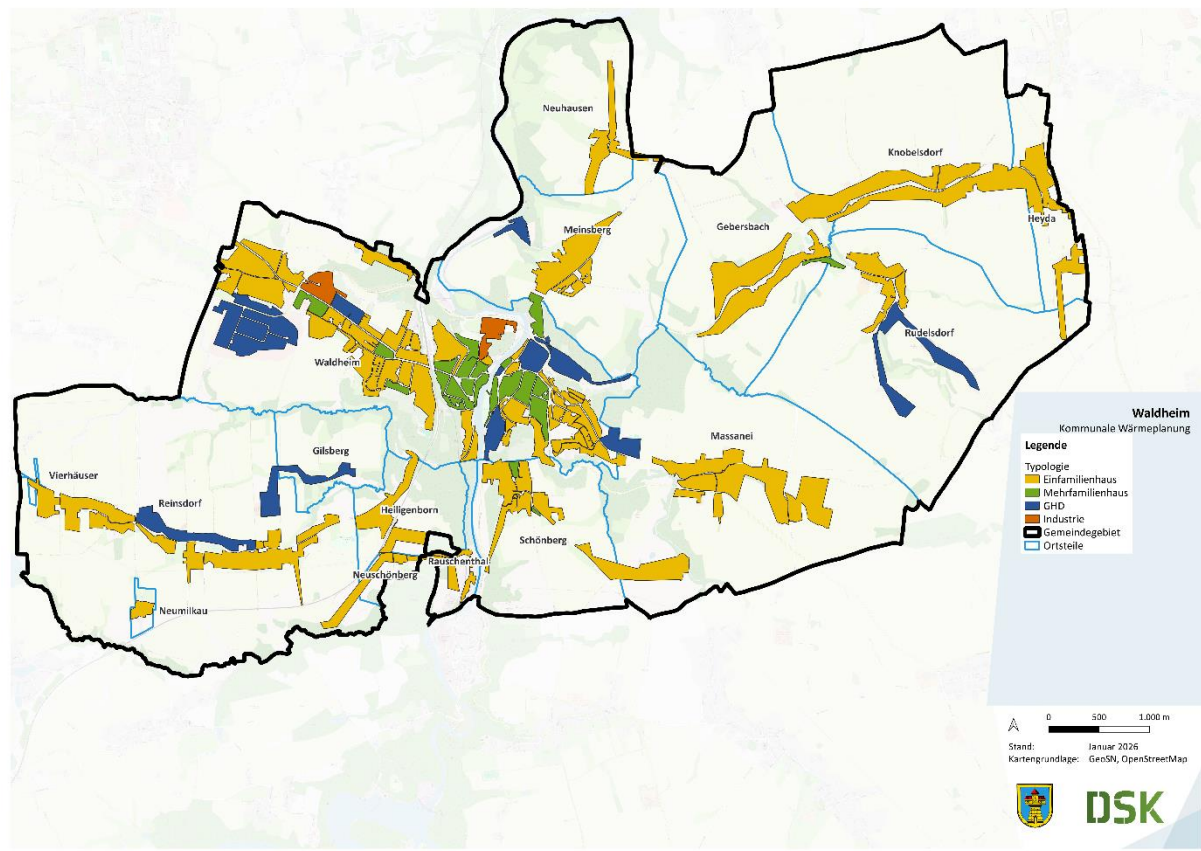


Abbildung 11: Vorwiegender Gebäudetyp in einer baublockbezogenen Darstellung Quelle: DSK, 2025

Die Abbildung 11 zeigt den vorwiegenden Gebäudetyp pro Baublock für das gesamte Gemeindegebiet. Es zeigt sich, dass sich die Kernstadt von den Ortsteilen unterscheidet. Die vorwiegende Gebäudenutzung in der Kernstadt ist deutlich heterogener verteilt. Es gibt neben den Einfamilienhäusern, die auch die Dorfstrukturen dominieren, Mehrfamilienhäuser und viele gewerbliche Fläche. Im westlichen Teil der Stadt befindet sich das Industriegebiet Richzenhain mit einem hohen Anteil an Gewerbe. Nördlich der Kernstadt liegt das Industriegebiet Eichberg. Die Verteilung wird in der nachfolgenden Grafik (Abbildung 12) gezeigt. Es zeigt sich, dass Einfamilienhäuser im Untersuchungsgebiet sowohl hinsichtlich der Anzahl als auch der Gebäudefläche deutlich dominieren. Obwohl Gewerbegebäude nur in geringer Zahl vertreten sind, fällt die zugehörige Fläche in diesem Sektor vergleichsweise hoch aus. Die Anzahl und Fläche der Industriegebäude und kommunalen Gebäude sind im Vergleich zu den anderen Sektoren gering:

Die Kategorisierung der Gebäude erfolgte zum einen auf Grundlage der ALKIS-Daten. Dabei kommt es vereinzelt zu fehlerhaften Zuordnungen. Diese wirken sich jedoch nicht wesentlich auf die Aussagefähigkeit des Konzepts aus, da die übergeordneten Strukturen und Flächenanteile weiterhin plausibel abgebildet werden.

Die Gebäudefunktionen wurden entsprechend zugeordnet. In Abbildung 13 zeigt sich ein ähnliches Bild, wobei dort keine separate Differenzierung in Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser erfolgt. Auch die Anzahl- und Flächenverteilung in Abbildung 14 bestätigt die zuvor beschriebenen Schwerpunkte.

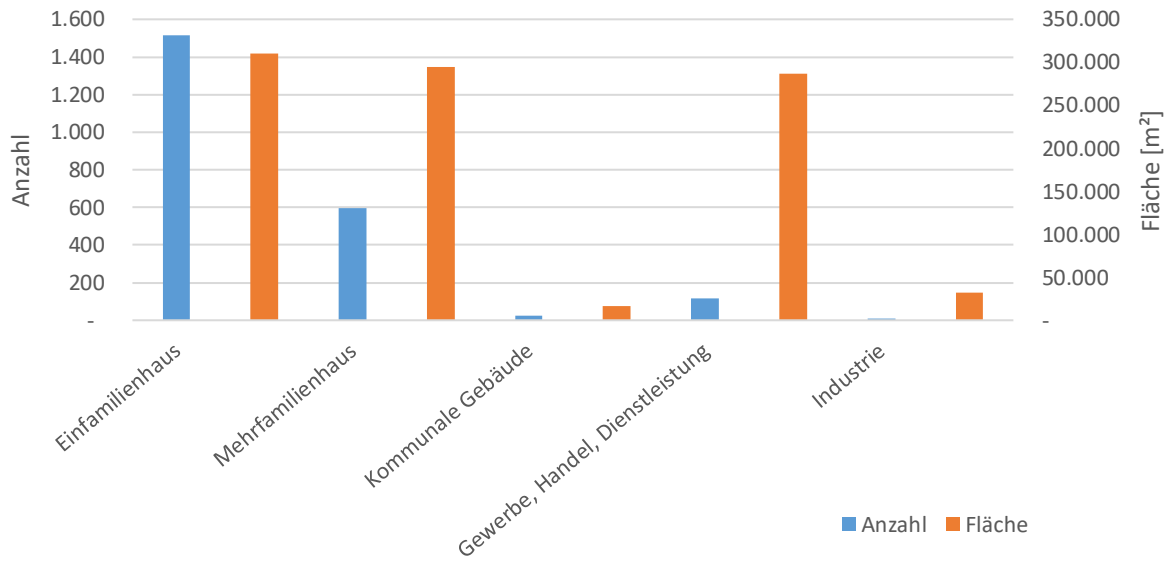


Abbildung 12: Gebäudeanzahl nach Typologie und Fläche im Projektgebiet Quelle: DSK, 2025

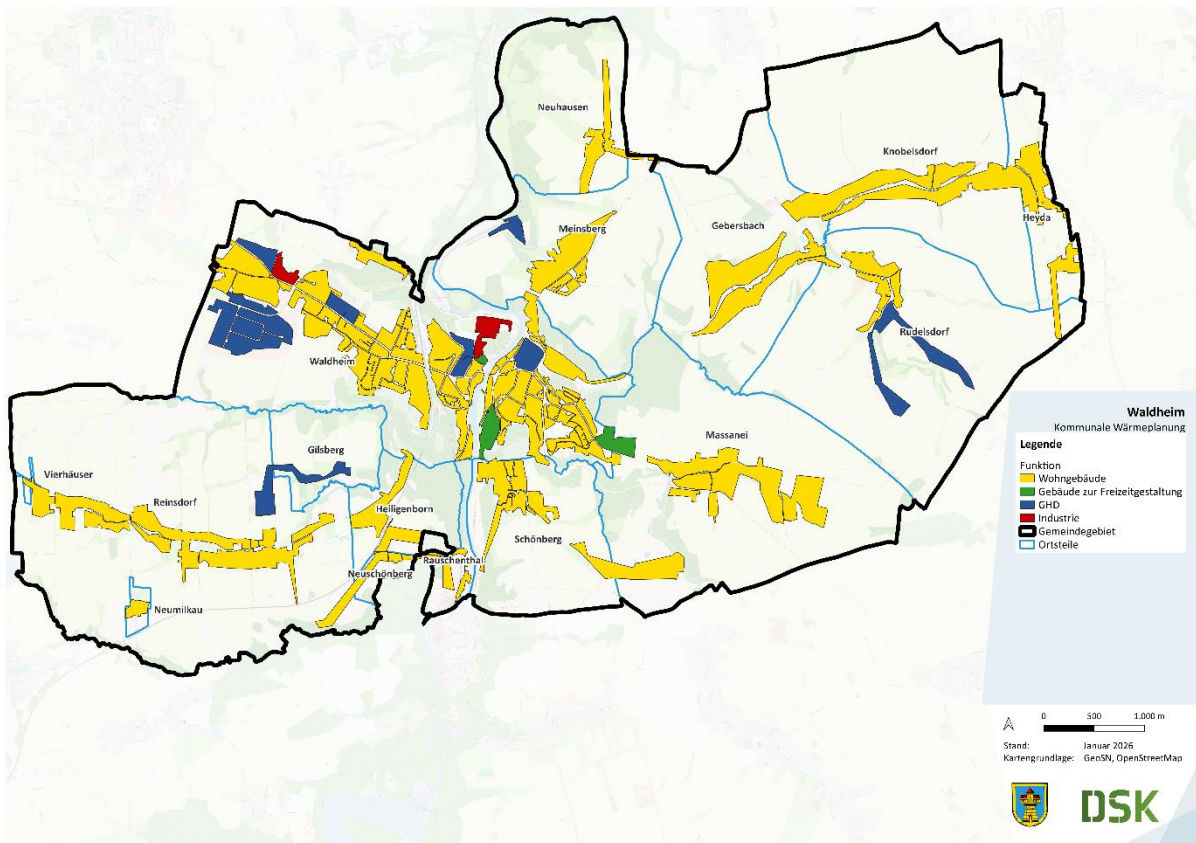


Abbildung 13: Vorwiegende Gebäudefunktion in einer baublockbezogenen Darstellung Quelle: DSK, 2025

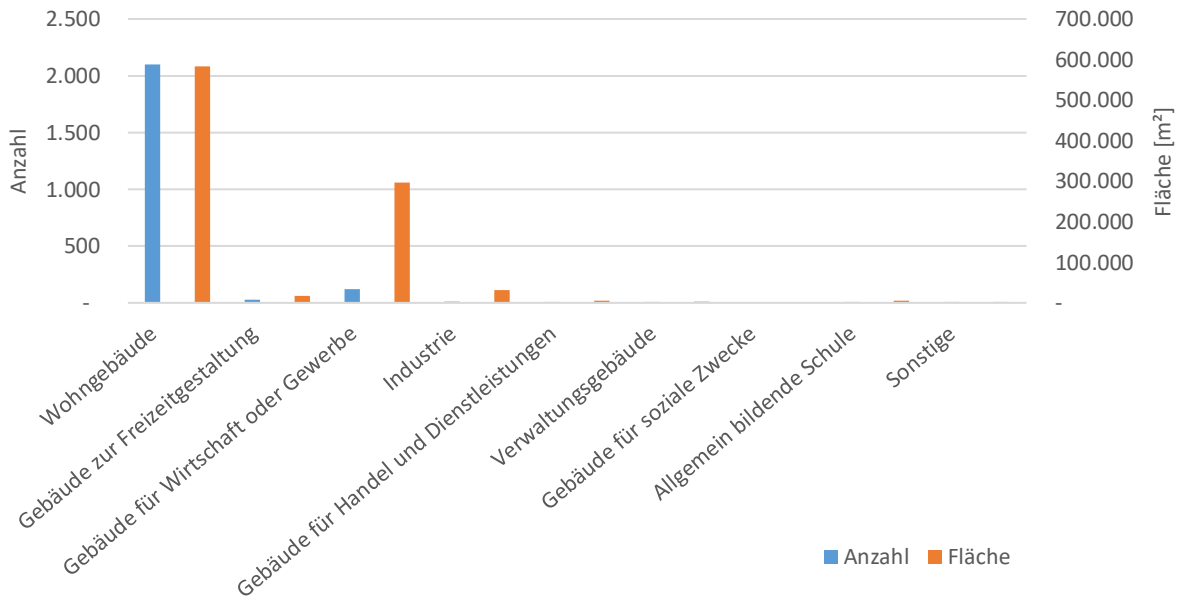


Abbildung 14: Gebäudeanzahl nach Funktion und Fläche im Projektgebiet Quelle: DSK, 2025

Baualter

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 6

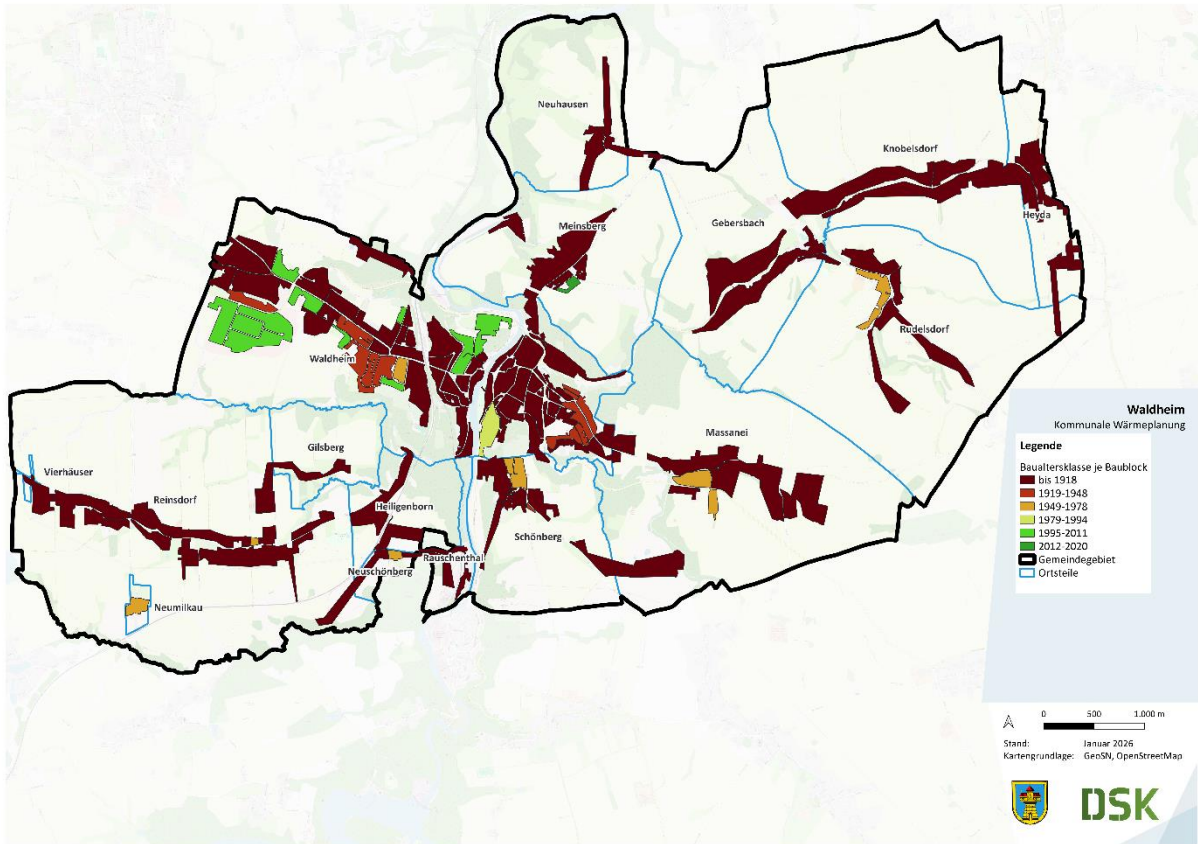


Abbildung 15: Überwiegende, baublockbezogene Darstellung der Baualtersklassen im Untersuchungsgebiet Quelle: DSK, 2026

In der Abbildung 15 sind die prägenden Baualtersklassen je Baublock zu sehen. Zusätzlich zu der Abbildung ist noch eine graphische Darstellung, sowie die tabellarische Auflistung der Baualtersklassen dargestellt. Es wird deutlich, dass die prägendste Baualtersklasse nach Anzahl die Baualtersklasse „bis 1918“. Dies ist mit der historischen Geschichte der Stadt zu begründen. Flächenmäßig ist diese Baualtersklasse auch am stärksten vertreten.

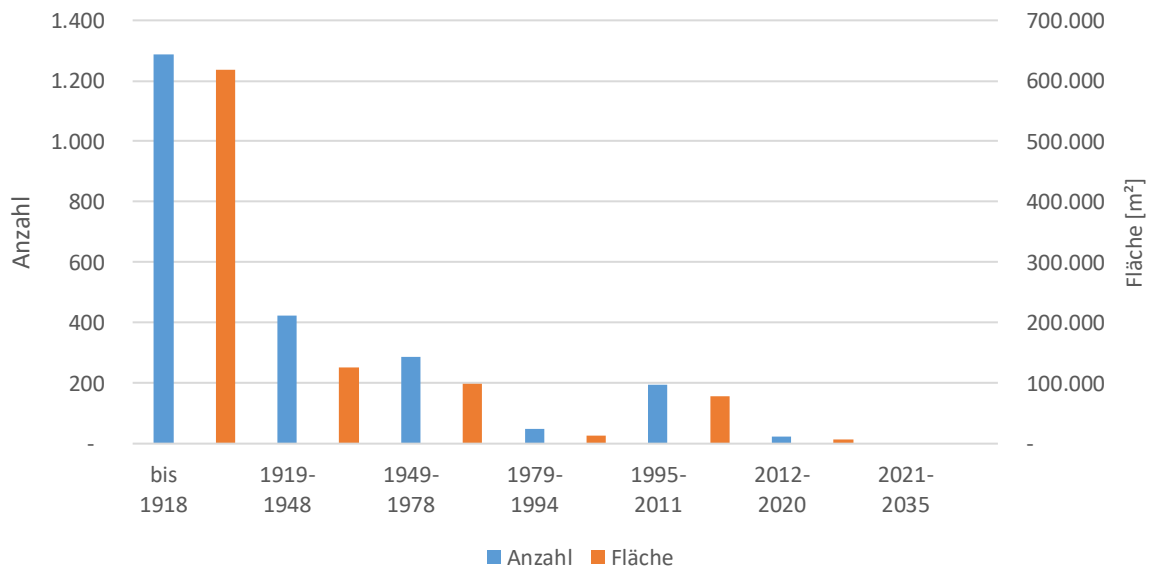


Abbildung 16 Verteilung der Gebäudeanzahl und -fläche nach Baujahren Quelle: DSK, 2026

Tabelle 2: Gebäudeanzahl nach Baualtersklassen und Fläche im Projektgebiet Quelle: DSK, 2026

Baualtersklasse	Anzahl	Fläche [m²]
bis 1918	1.286	617.700
1919-1948	424	125.500
1949-1978	286	98.600
1979-1994	50	14.000
1995-2011	196	77.900
2012-2020	22	6.300
2021-2035	-	-
Summe	2.264	940.000

2.5. Energetische Infrastruktur

Gasnetz

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 8 b)

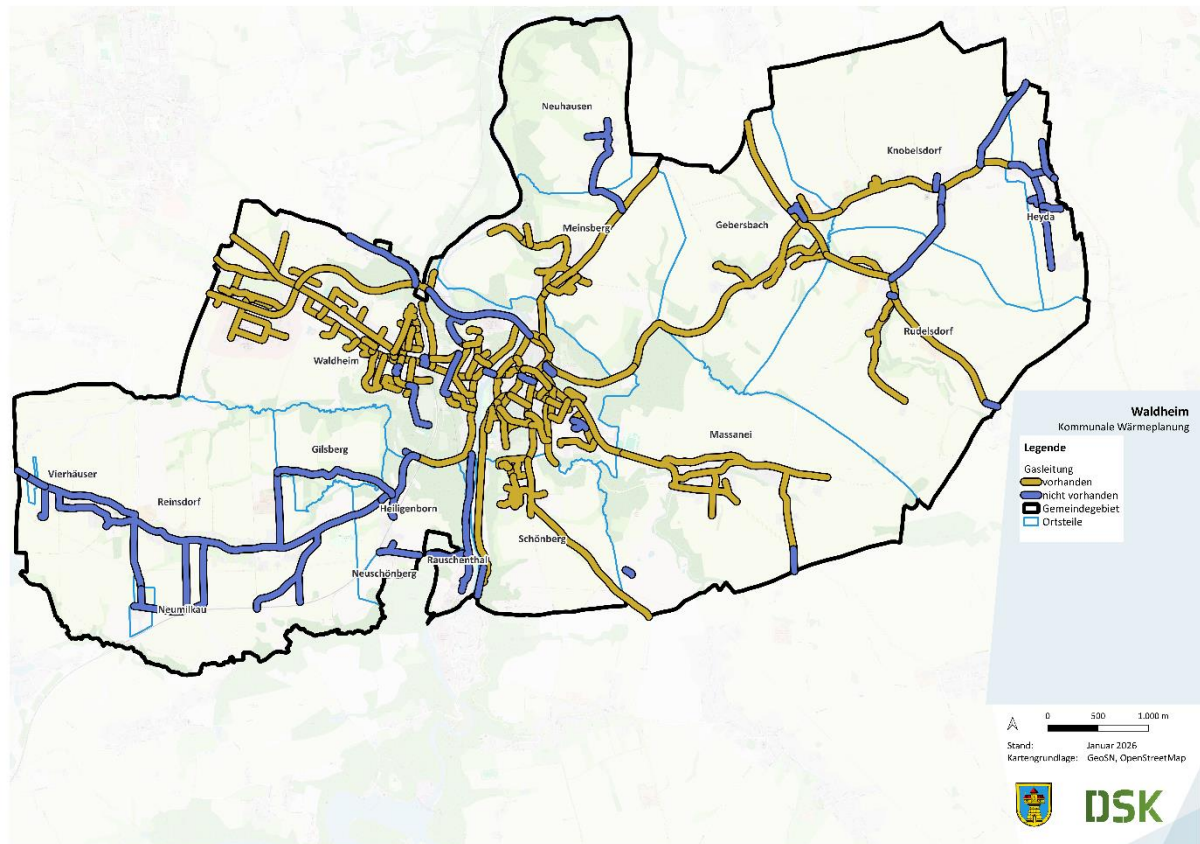


Abbildung 17: Straßenbezogene Darstellung des Erdgasnetzes Quelle: MITNETZ GAS, Darstellung: DSK, 2026

Die Kernstadt von Waldheim sowie die östlich gelegenen Ortsteile verfügen über ein flächendeckend ausgebautes Gasverteilnetz (vgl. Abbildung 17). Betreiber des Netzes ist die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Gas mbH (MITNETZ GAS). Das Gasnetz wird derzeit mit Methan betrieben. Das Gasnetz wird derzeit mit Methan betrieben, wobei im gesamten Verwaltungsgebiet etwa 83 % des Wärmebedarfs durch Gas gedeckt werden. Eine Umstellung des bestehenden Gasnetzes oder einzelner Netzabschnitte auf Wasserstoff ist aktuell nicht vorgesehen. Die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserstoff – insbesondere in Bezug auf ausreichende Mengen und wirtschaftlich tragfähige Preise – lässt sich derzeit nicht verlässlich abschätzen.

Die Möglichkeit, Erdgas anteilig durch Biomethan zu substituieren, stellt jedoch eine relevante Option dar. Biomethan kann über die vorhandene Gasinfrastruktur eingespeist und genutzt werden und gilt – sofern nachhaltig erzeugt – als nahezu klimaneutral. Besonders im Kontext zukünftiger Hybridheizlösungen, bei denen beispielsweise Wärmepumpen mit einem gasbasierten Spitzenlastkessel kombiniert werden, kann Biomethan zur Reduktion der Treibhausgasemissionen beitragen. Damit bietet sich kurzfristig eine machbare Brückenlösung, die auf vorhandene Infrastrukturen aufbaut und die Transformation zur klimaneutralen Wärmeversorgung unterstützen kann.

Die Abbildung 18 stellt die Versorgungsanteile für die Energieträger Erdgas und Flüssiggas dar, da diese in der Bilanzierung zusammen erfasst wurden.

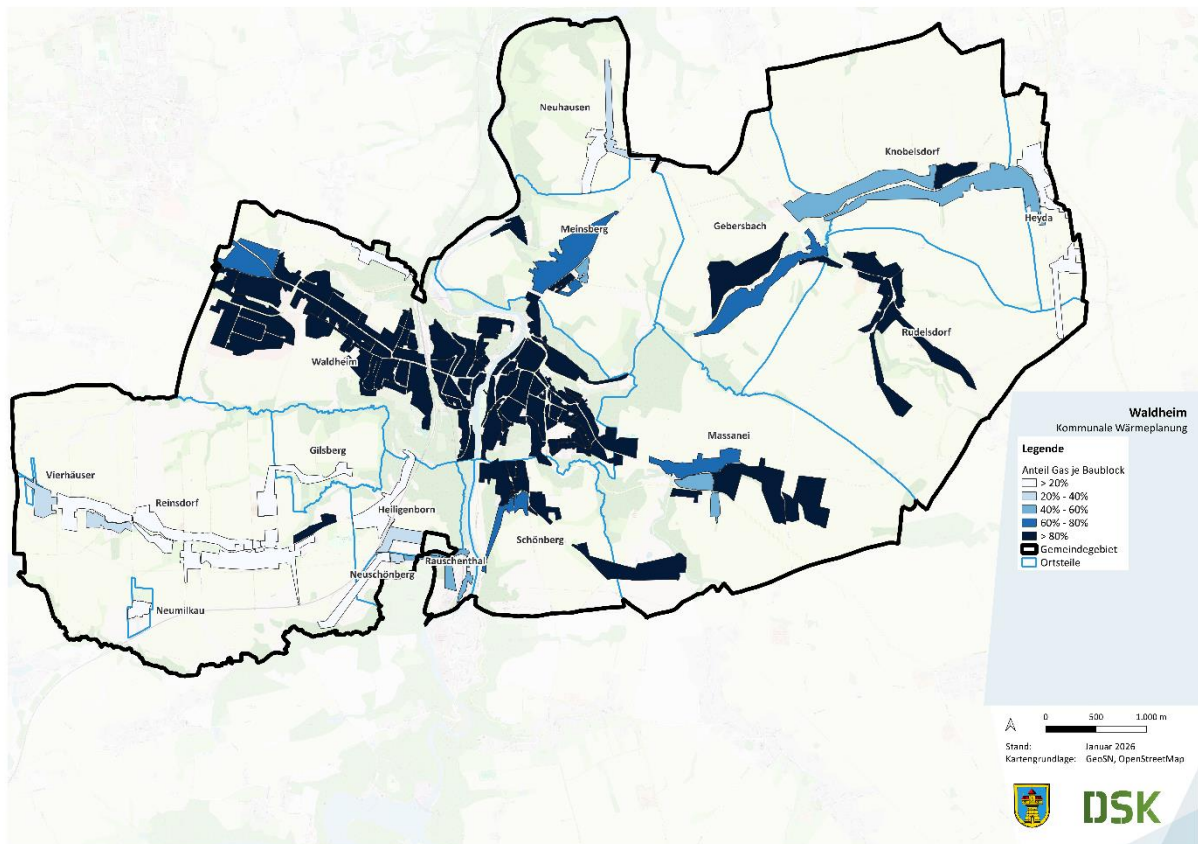


Abbildung 18: Anteil zentraler und dezentraler Wärmeversorgung – Erdgas und Flüssiggas Quelle: DSK, 2026

Wärmenetze

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 8 a)

Ein Wärmenetz im Sinne des GEG ist ein leitungsgebundenes System zur Wärmeversorgung, das über die Begrenzung eines Gebäudenetzes hinausgeht – also mehr als 16 Gebäude oder mehr als 100 Wohneinheiten versorgt. Der Anschluss an ein solches Wärmenetz erfüllt gemäß § 71b GEG die Anforderungen an die Nutzung eines Anteils von mindestens 65 % erneuerbarer Energien, sofern der Wärmebedarf des Gebäudes vollständig über das Netz gedeckt wird. In diesem Fall ist kein gesonderter rechnerischer Nachweis über die Anteile erneuerbarer Energien erforderlich, sofern das Wärmenetz als ausreichend dekarbonisiert gilt.

Neben dem flächendeckend ausgebauten Gasnetz bestehen im Gemeindegebiet keine Wärmenetze.

Großverbraucher

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 7

Letztverbraucher nach § 7 Absatz 3 Nummer 3

Zur Analyse der Letztverbraucher wurden gewerbliche und industrielle Kunden erfasst. Diese Kategorie umfasst energieintensive Betriebe, die durch ihren hohen Wärmebedarf eine besondere Relevanz für die künftige Ausgestaltung der Wärmeinfrastruktur besitzen. Für das Gebiet von Waldheim wurde eine entsprechende Auswertung durchgeführt, bei der gewerbliche und kommunale Großverbraucher sowie Gebäude der Wohnungsbaugesellschaften identifiziert und kartografisch verortet wurden.

Die Ergebnisse zeigen räumliche Konzentration dieser Abnehmer in Waldheim. Insbesondere in Teilen der Kernstadt und im Industriegebiet gibt es eine hohe Konzentration an Ankerkunden.

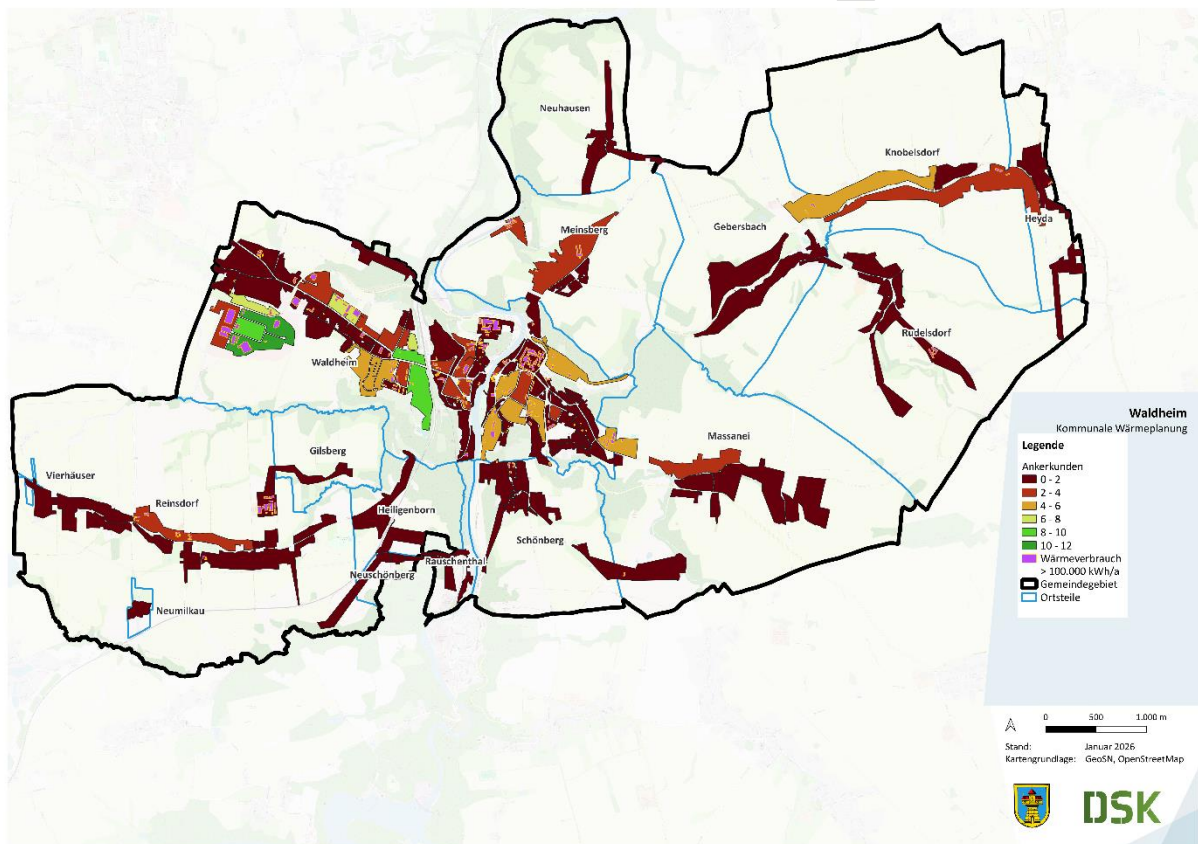


Abbildung 19: Ankerkunden in den Baublöcken Quelle: DSK, 2025

Dezentrale Wärmeerzeuger - Heizöl

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

Neben der Versorgung über zentrale Wärmenetze und das Gasnetz wird ein Anteil von etwa 17 % des gesamten Wärmebedarfs im Stadtgebiet durch dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen gedeckt. Zu diesen Anlagen zählen unter anderem Biomassekessel, Heizstrom, Wärmepumpensysteme, sowie Kohle und Heizöl. Sonstige Biomasse spielt eine untergeordnete Rolle und wird deshalb nicht gesondert ausgewertet. Für das Verwaltungsgebiet wurden keine Schornsteinfegerdaten geliefert. Zur Berechnung der dezentralen Wärmeerzeuger wurden deshalb die Zensusdaten verwendet.

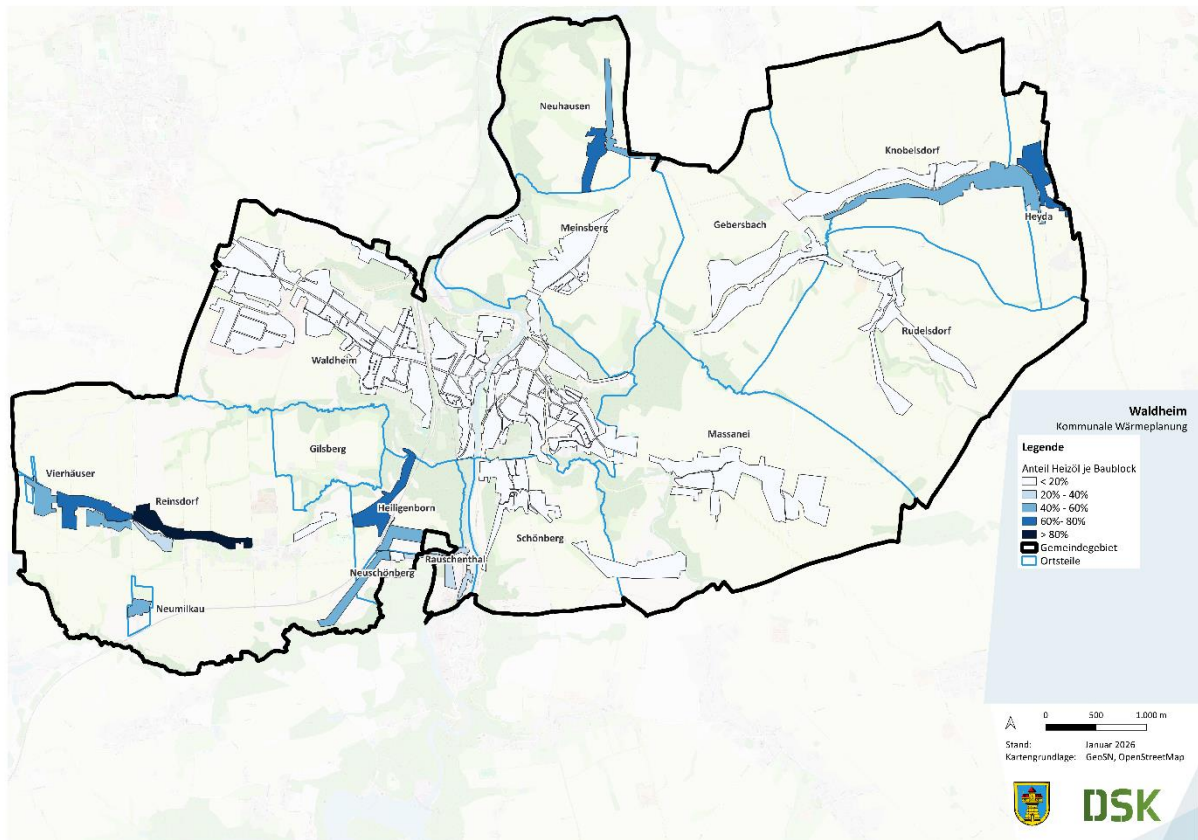


Abbildung 20: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Heizöl Quelle: DSK, 2025

Die Abbildung 20 zeigt die Verteilung des Energieträgers Heizöl über alle Baublöcke im Planungsgebiet. Es wird deutlich, dass Heizöl in den Gebieten, in denen eine Gasleitung vorliegt, eine untergeordnete Rolle spielt. In den anderen Gemeindeteilen wird der Energieträger häufiger verwendet. Die gesamte Aufteilung mit den prägenden Energieträgern findet sich im Lauf des Kapitels. Durch Heizöl werden mit 10.200 MWh/a ca. 11 % des Wärmebedarfs im Betrachtungsgebiet erzeugt.

Dezentrale Wärmeerzeuger – Kohle

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

In Abbildung 21: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Kohle ist der Anteil von Kohle als dezentraler Wärmeerzeuger zu erkennen. Durch Kohle werden mit 900 MWh/a ca. 1 % des Wärmebedarfs im Betrachtungsgebiet erzeugt. Der Baublock zwischen Gebersbach und Knobelsdorf hat einen auffällig hohen Kohleanteil, obwohl sich dieser in der Nähe einer Gasleitung befindet. Die Richtigkeit dieses Werts konnte aufgrund der fehlenden Schornsteinfegerdaten nicht verifiziert werden.

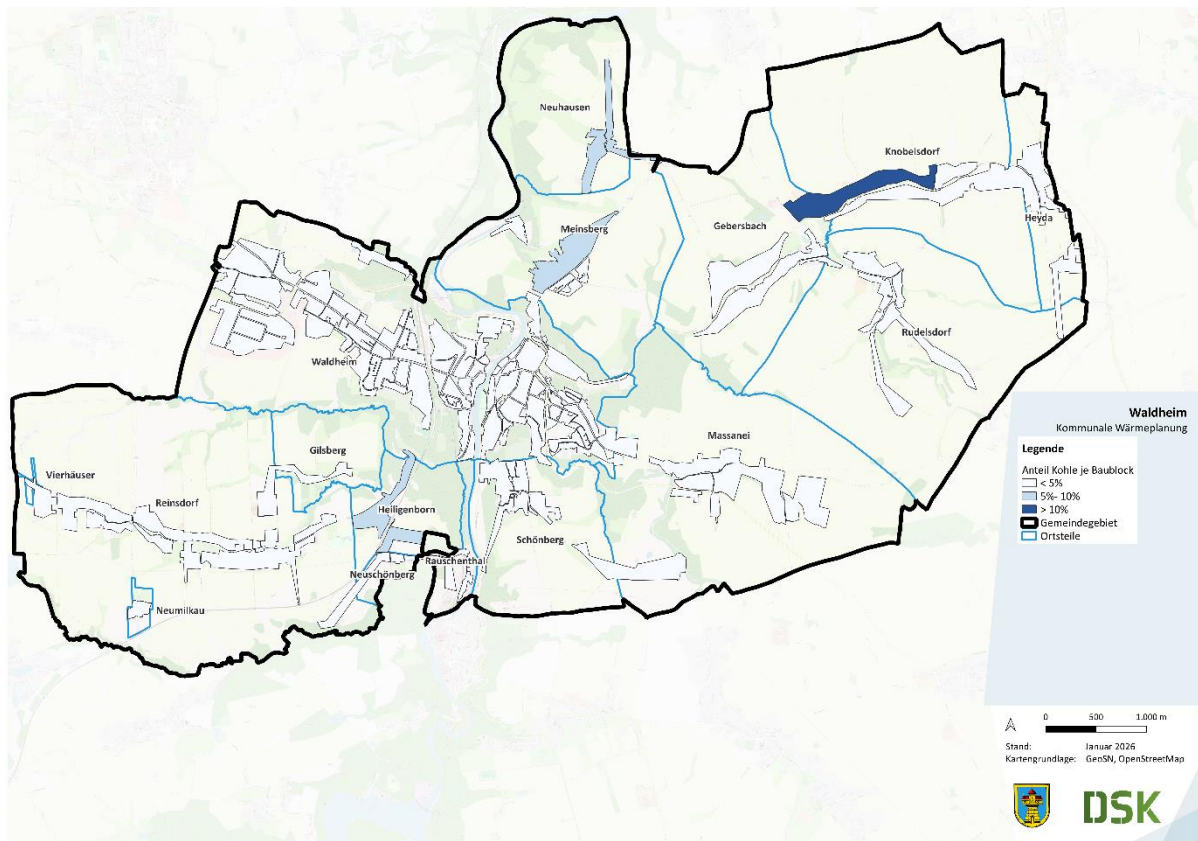


Abbildung 21: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Kohle Quelle: DSK, 2025

Dezentrale Wärmeerzeuger - Holzbrennstoffe

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

Der Energieträger „Holz“ spielt in vielen Baublöcken eine unterstützende Rolle zu den etablierten. Die Ortsteile nutzen den Energieträger jedoch deutlich intensiver als die Kernstadt. Durch Holz werden mit 900 MWh/a in etwa 1 % des Wärmebedarfs im Betrachtungsgebiet erzeugt.

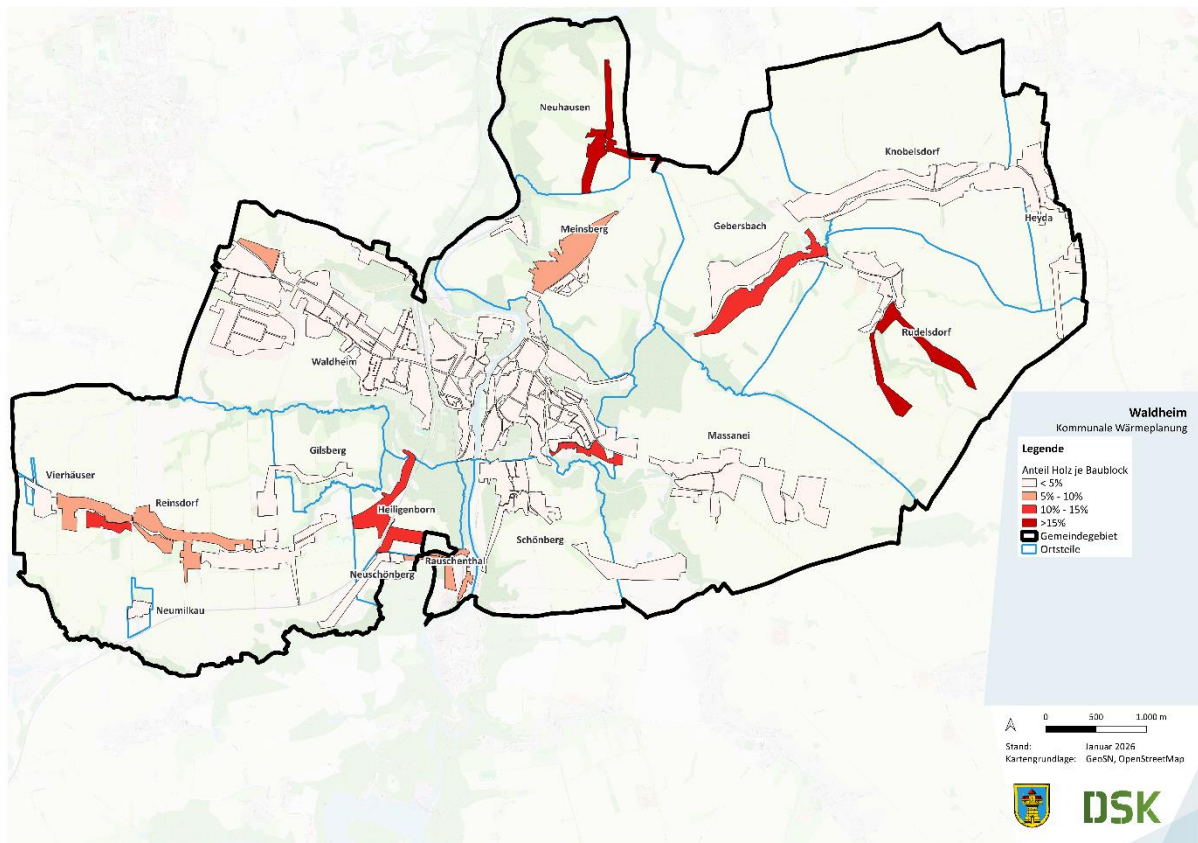


Abbildung 22: Anzahl baublockbezogener Versorgung durch den Energieträger Holzbrennstoffe Quelle: DSK, 2025

Dezentrale Wärmeerzeuger – Strom für Heizzwecke und Warmwasser

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 4

Heizstrom wurde von der Netzbetreiberin MITNETZ Gas auf der Ebene des Verwaltungsgebiets bereitgestellt. Diese Menge wurde auf die Geschossflächen der Gebäude verteilt, die gemäß Zensus einen Heizstromanteil aufwiesen. Die Zusammenfassung auf Baublockebene ist in der Abbildung 23 zu sehen. Dabei wurde insgesamt 2.500 MWh/a (3 %) Heizstrom für die Wärmeerzeugung verwendet. Zudem wurde von der Netzbetreiberin der anteilige Stromverbrauch für Wärmepumpen auf Gemeindeebene bereitgestellt. Insgesamt wurden 500 MWh/a für Wärmepumpen verwendet und bei einem angenommenen COP von 3 wurden somit 900 MWh/a (1%) Umweltwärme genutzt. Somit gehen ca. 3.000 MWh/a des Wärmebedarfs auf den Energieträger Strom zurück. Der Baublock im Norden der Kernstadt hat einen auffällig hohen Stromanteil. Die Richtigkeit dieses Werts konnte aufgrund der wenig detaillierten Datenbereitstellung der Netzbetreiberin nicht verifiziert werden.

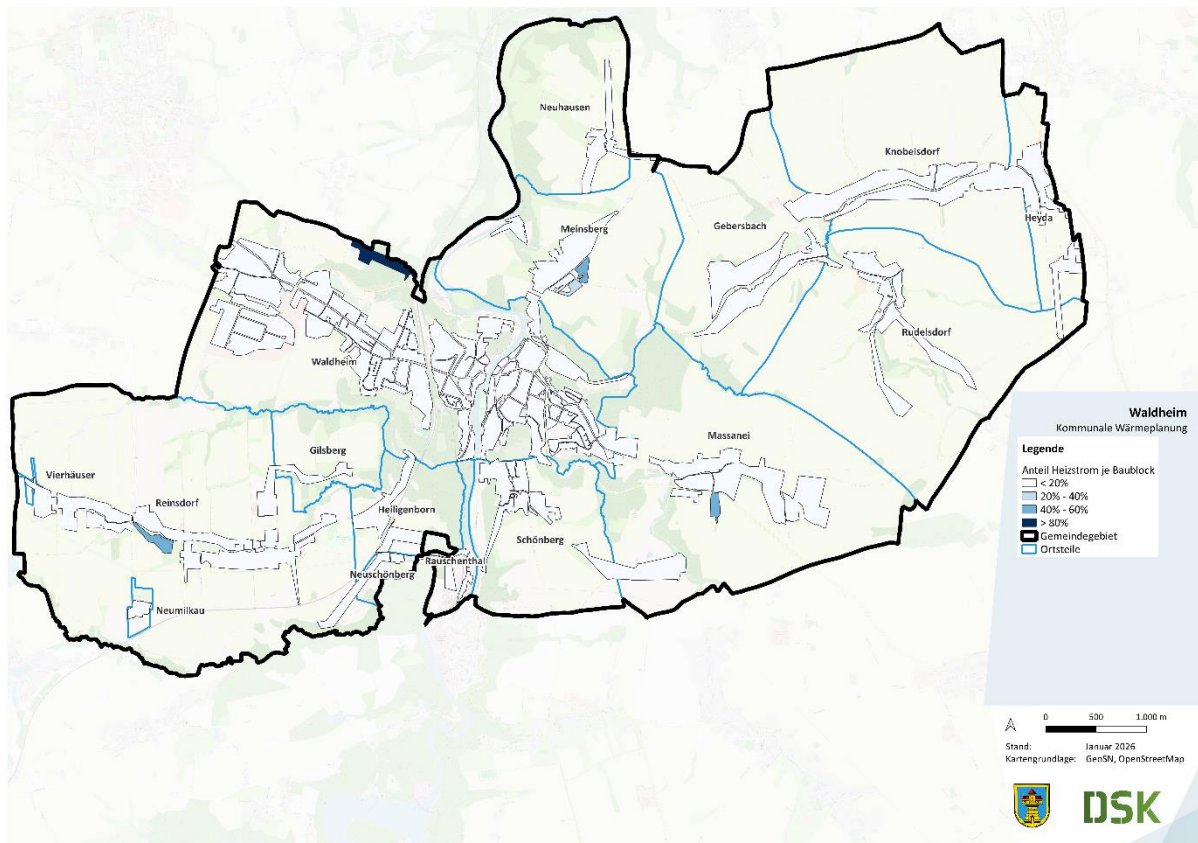


Abbildung 23: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Heizstrom Quelle: DSK, 2025

Stromnetz

Die Verteilnetzbetreiberin der Stadt Waldheim ist die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH (MITNETZ STROM). Die Stadt Waldheim und ihre Ortsteile hat derzeit 57 Netzstationen und 1 Umspannwerk. Die Länge der Mittelspannungsleitungen im Gebiet beträgt etwa 68 km. Die Anschlusskapazität es Umspannwerkes und die weiteren Ausbaupläne wurde leider nicht übermittelt.

Im Untersuchungsgebiet wurde von der MITNETZ STROM ein Stromverbrauch von insgesamt etwa 27.000 MWh/a ermittelt. Laut Angaben des Netzbetreibers wurden dem Gebiet insgesamt rund 17.000 MWh/a erzeugter Strom zugeordnet Abbildung 25. Daraus ergibt sich eine Stromautarkie von 65.

In der Abbildung 25 ist die Aufteilung des Stromverbrauchs nach Kundengruppe dargestellt. Dabei wird deutlich, dass ein Großteil des Stroms dem Sektor Haushalt zugeordnet werden konnte.

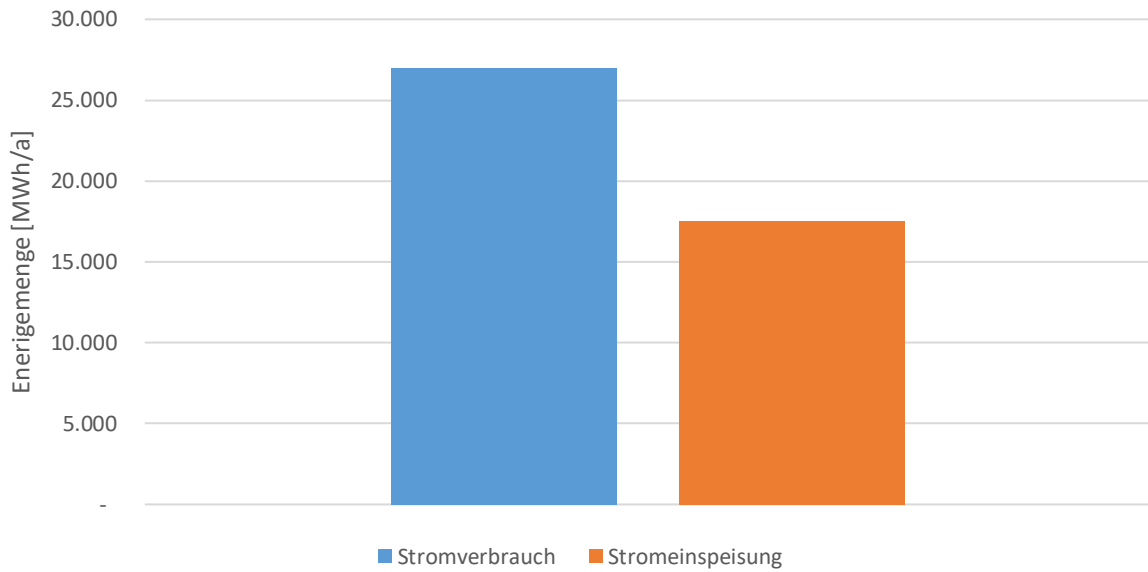


Abbildung 24 Gegenüberstellung Stromverbrauch und -einspeisung Quelle: MITNETZ STROM, Darstellung: DSK, 2026

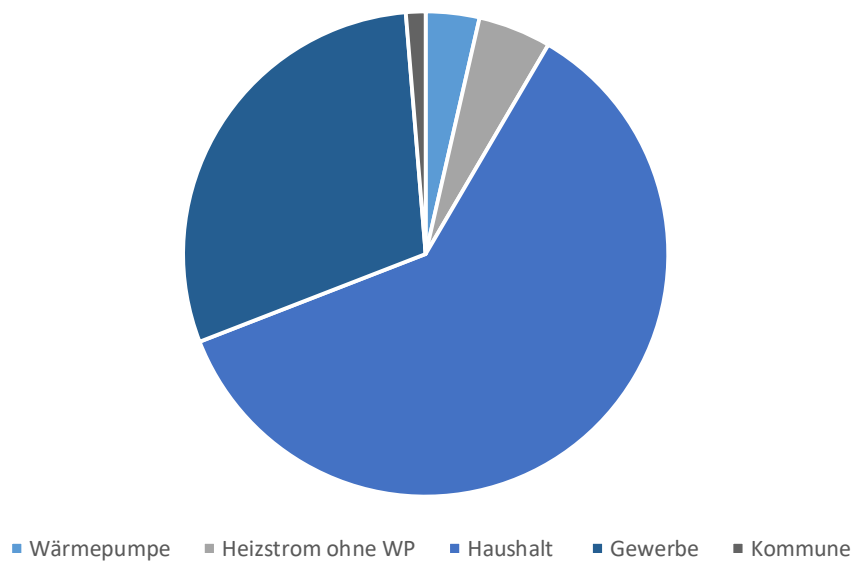


Abbildung 25: Aufteilung des Stromverbrauchs nach Kundengruppe Quelle: DSK, 2026

Die Abbildung 26 zeigt die Verteilung der verschiedenen regenerativen Energietechnologien in Waldheim. Diese Daten wurden von Energieversorgerin der envia Mitteldeutsche Energie AG übermittelt. Neben der Solarenergie, Windkraft und Wasserkraft, tragen die BHKW-Anlagen ein Großteil der Stromerzeugung bei, die mit Biogas betrieben werden. Dies ermöglicht der Gemeinde nicht nur die Nutzung von Strom, sondern auch von Wärme. Diese wird derzeit jedoch noch nicht genutzt.

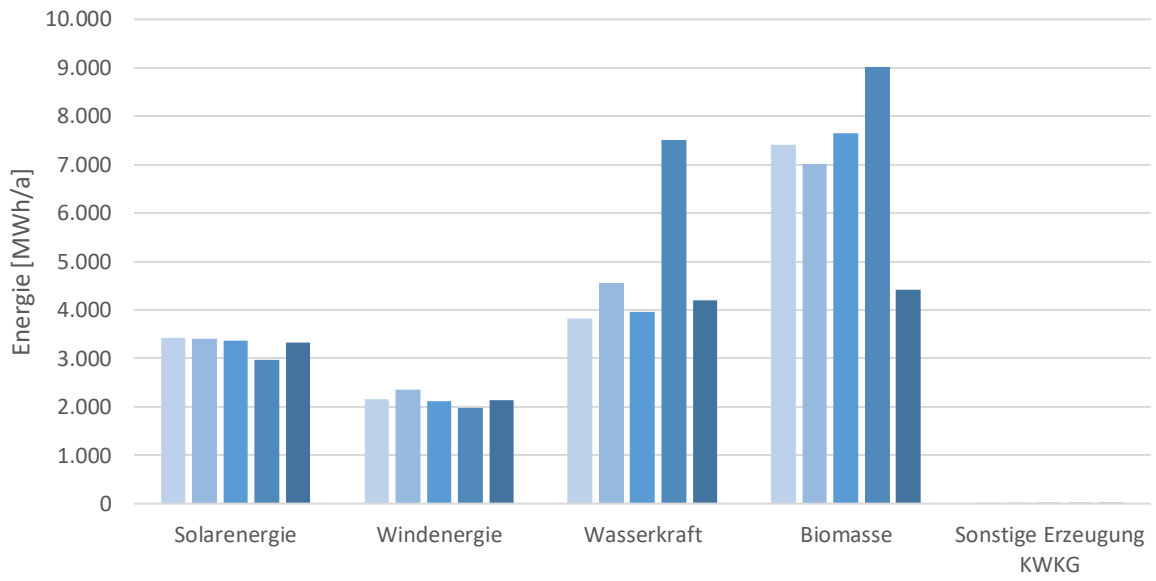


Abbildung 26: Stromerzeugung durch regenerative Energietechnik Quelle: enviaM, Darstellung: DSK, 2026

ENTWURF

2.6. Energetische Bedarfe

Bedarf und Verbrauch – Nutzenergie und Endenergie

Energien werden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung grundsätzlich in **Bedarfe** und **Verbräuche** unterschieden. Der signifikante Unterschied zwischen beiden liegt in ihrer Herleitung und Aussagekraft.

Der **Energiebedarf** beschreibt die theoretisch ermittelte Energiemenge, die erforderlich ist, um einen definierten Nutzungszweck – wie z. B. Raumwärme, Warmwasser oder Prozesswärme – unter standardisierten Rahmenbedingungen zu decken. Er wird auf Basis technischer Gebäude- oder Anlageneigenschaften sowie normierter Randbedingungen berechnet. Der Energiebedarf dient somit als Planungsgröße, die aufzeigt, wie viel Energie bei effizientem Betrieb und normgerechter Nutzung erforderlich wäre.

Im Gegensatz dazu steht der Energieverbrauch, der die tatsächlich gemessene Energiemenge darstellt, die über einen bestimmten Zeitraum genutzt wurde. Er umfasst reale Nutzergewohnheiten, Verluste durch Verteilung oder ineffiziente Anlagentechnik sowie klimatische Einflüsse. Der Verbrauch bildet somit die tatsächliche Energiesituation ab, ist aber durch äußere Faktoren deutlich variabler und nicht direkt mit dem theoretischen Bedarf vergleichbar. Mit den Daten der Energieversorger, der Bezirksschornsteinfeger, sowie Zensus-Daten und Umfragen wurden gemeindeweite Verbrauchskennwerte erzeugt.

Endenergie und **Nutzenergie** werden im Rahmen der Energieplanung ebenfalls unterschieden, wobei beide Begriffe unterschiedliche Aspekte der Energieversorgung abbilden.

Die **Endenergie** beschreibt die Energiemenge, die den Endverbrauchern, wie Haushalten oder Betrieben, nach Verlusten durch Übertragung und Verteilung tatsächlich zur Verfügung steht. Sie umfasst die Energiemenge, die über das Stromnetz, Fernwärmesysteme oder andere Infrastrukturen zu den Endverbrauchern transportiert wird und stellt die für den Verbrauch bereite Energie dar.

Im Gegensatz dazu bezeichnet die **Nutzenergie** die Energiemenge, die tatsächlich für einen spezifischen Anwendungszweck – etwa zur Beheizung von Räumen oder zur Warmwasserbereitung – genutzt wird. Sie berücksichtigt sowohl die Effizienz der Anlagentechnik als auch das tatsächliche Nutzerverhalten. Während die Endenergie die zur Verfügung stehende Energiemenge beschreibt, zeigt die Nutzenergie, wie viel von dieser Energie effizient in den gewünschten Nutzungsbereich übergeht.

Die Abbildung 27 stellt Aufteilung der Endenergie nach Energieträgern in Waldheim dar. Dabei werden einerseits die Bedarfe und andererseits die Verbräuche dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Bedarfe insgesamt 79.000 MWh/a betragen und die Verbräuche insgesamt ca. 91.000 MWh/a. Somit ergibt sich eine Abweichung von 12.000 MWh/a (14 %). Insgesamt sind die Bedarfswerte für die jeweiligen Energieträger sehr ähnlich, sodass die Zensusdaten die als Raster vorliegen gut auf Gebäude aufgeteilt wurden. Die größte Abweichung besteht im für den Energieträger Gas.

In der Abbildung 29 ist die Aufteilung der Nutzenergie nach Nutzungszwecken in Waldheim dargestellt. Auch hier wird wieder in Verbrauch und Bedarf unterschieden. Dabei wurde auf die Aufteilung der Nutzungszwecke auf Grundlage des BMWK-Leitfadens vorgenommen. Der Nutzenergiebedarf beträgt insgesamt 71.000 MWh/a und der Nutzenergieverbrauch 81.000 MWh/a. Heizenergie stellt im Untersuchungsgebiet den größten Anteil dar.

Die Heizenergieverbräuche werden im Kapitel 3.1 für die Bedarfsreduktion verwendet.

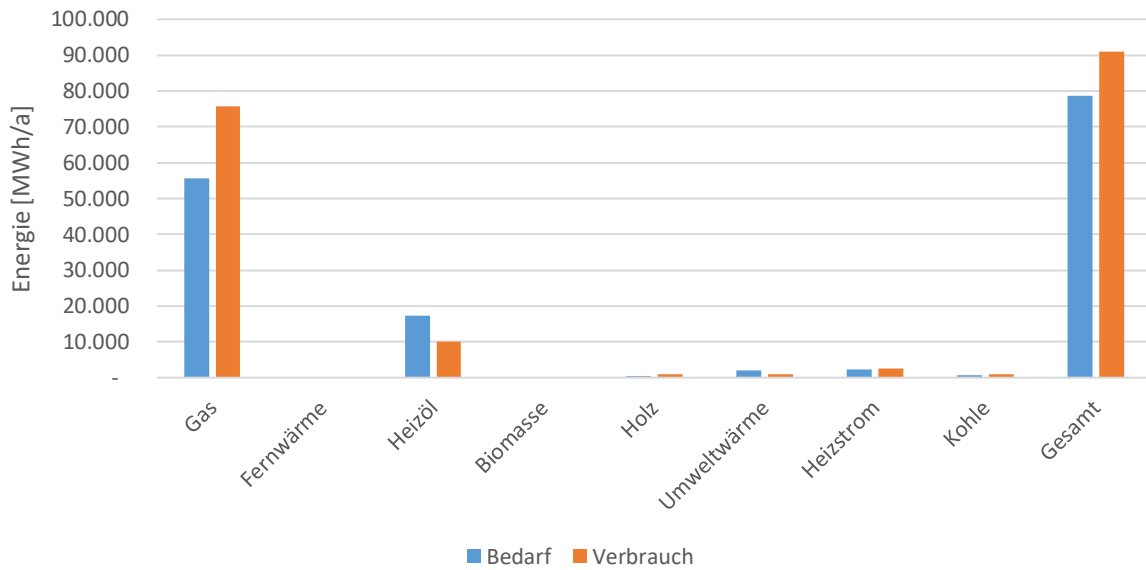


Abbildung 27: Aufteilung der Endenergie nach Energieträgern in Waldheim

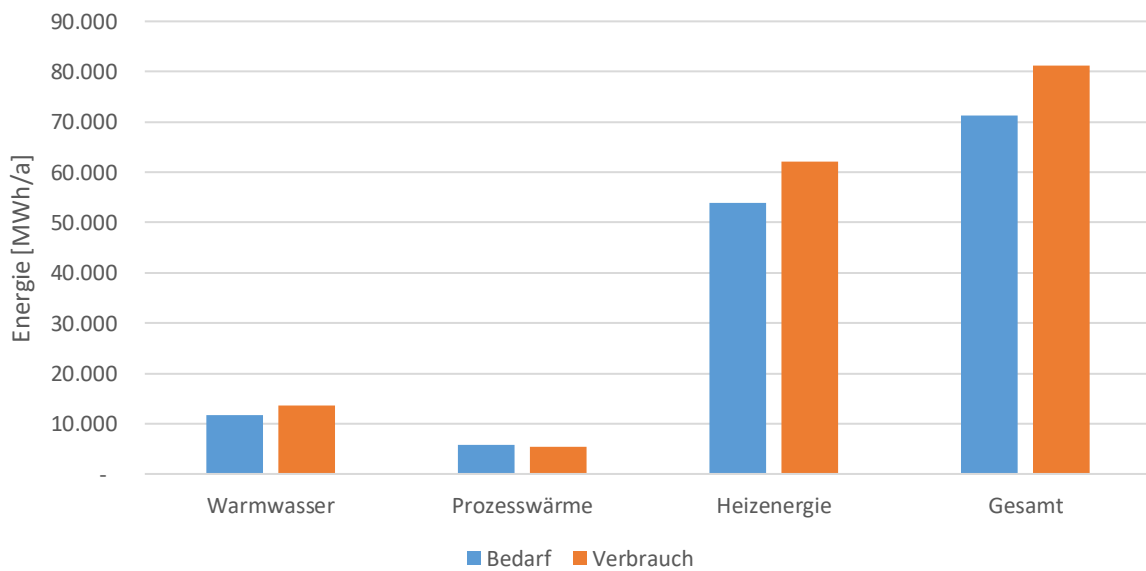


Abbildung 28: Aufteilung der Nutzenergie nach Nutzungszwecken in Waldheim

Wärmeflächendichte

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 1

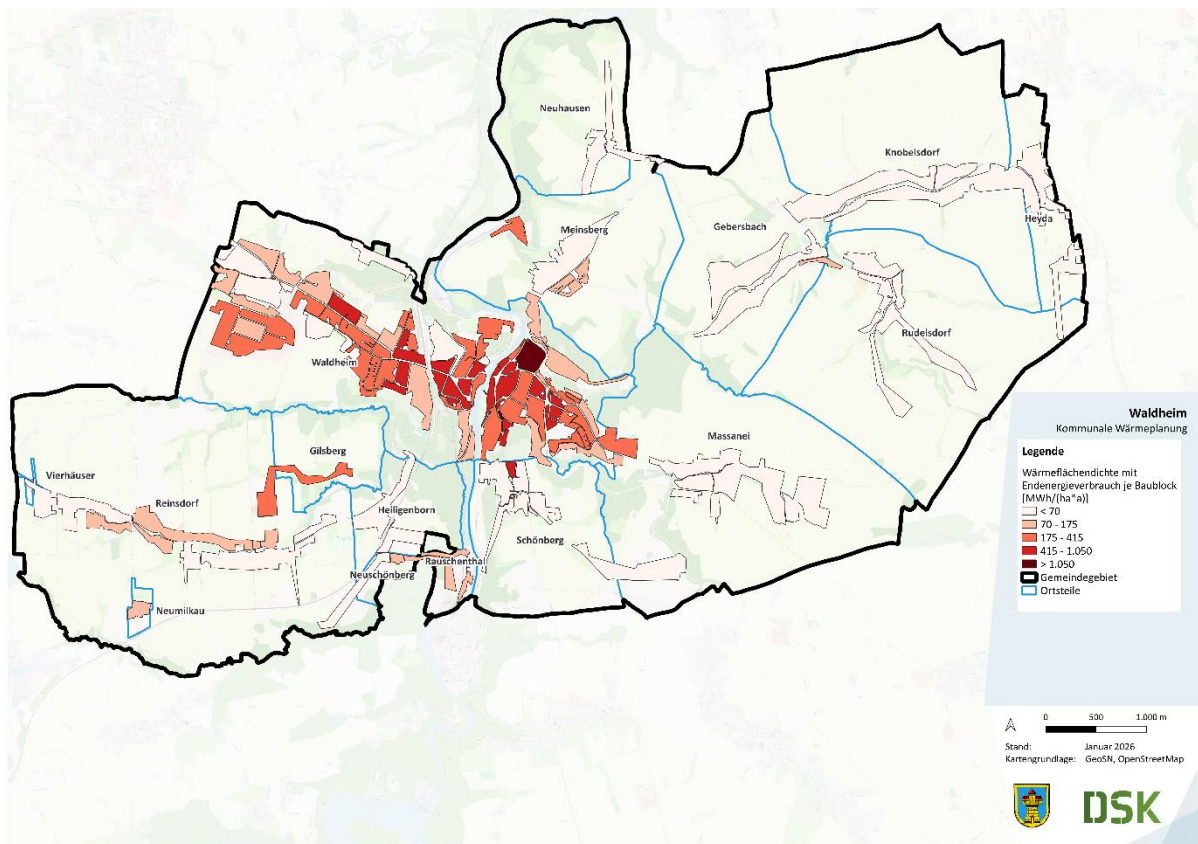


Abbildung 29: Wärmeflächendichte mit Endenergieverbrauch [MWh/(ha*a)] Quelle: DSK, 2026

In Abbildung 29 ist die Wärmeflächendichte je Hektar zu erkennen. Diese Dichte ermittelt den Wärmeverbrauch je Hektar. Aus der Abbildung geht hervor, dass die Dichte in der Kernstadt Waldheims am höchsten ist, während in den Ortschaften eine geringere Dichte herrscht.

Die Werte, die in der Legende zu erkennen sind, können auch ergänzend in Potenziale übermittelt werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Wärmenetzsignung in Abhängigkeit von der Wärmeflächendichte auf Grundlage des Leitfadens vom BMWK 2024.

Tabelle 3 Eignung von Flächen für die Errichtung von Wärmenetzen basierend auf der Wärmedichte

Wärmedichte [MWh/ha/a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0 – 70	Kein technisches Potenzial
70 – 175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175 – 415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415 – 1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzsignung

Wärmelinien-dichte

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 2

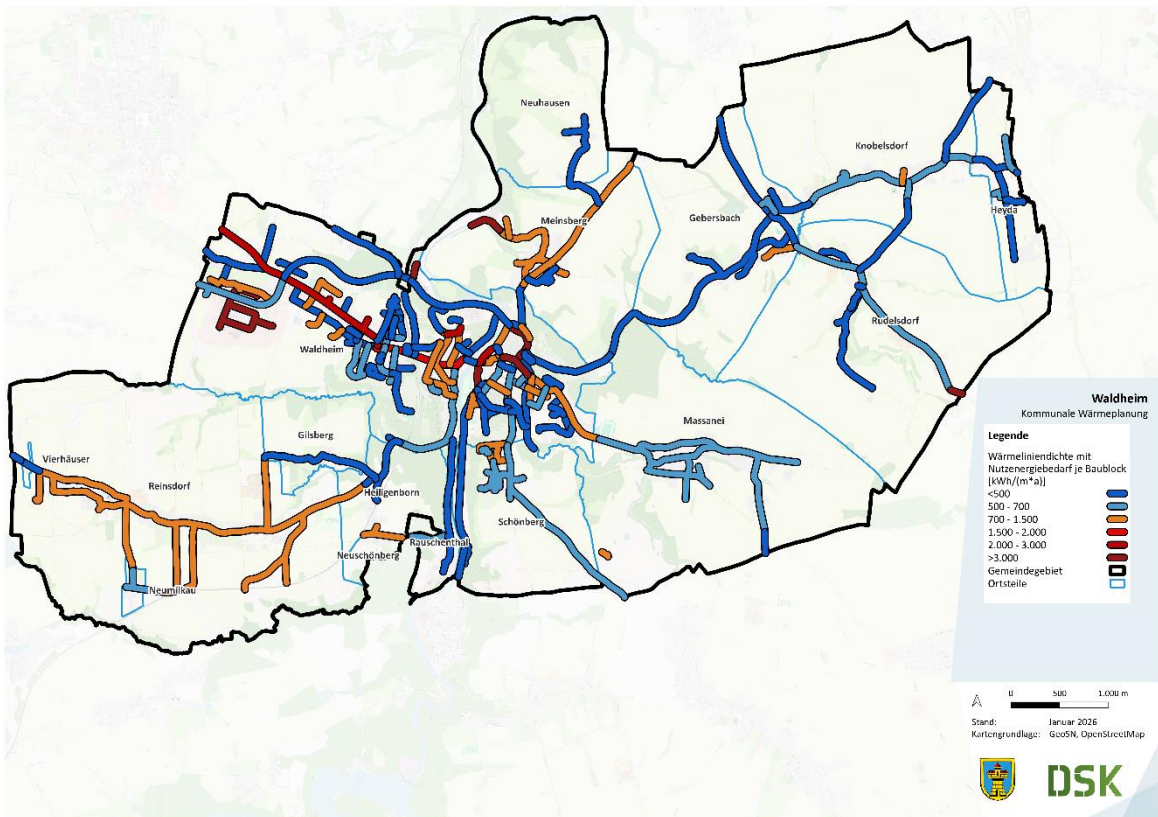


Abbildung 30 Straßenabschnittsbezogene Wärmelinien-dichte mit Nutzenergiebedarf [kWh/(mTr*a)] Quelle: DSK, 2026

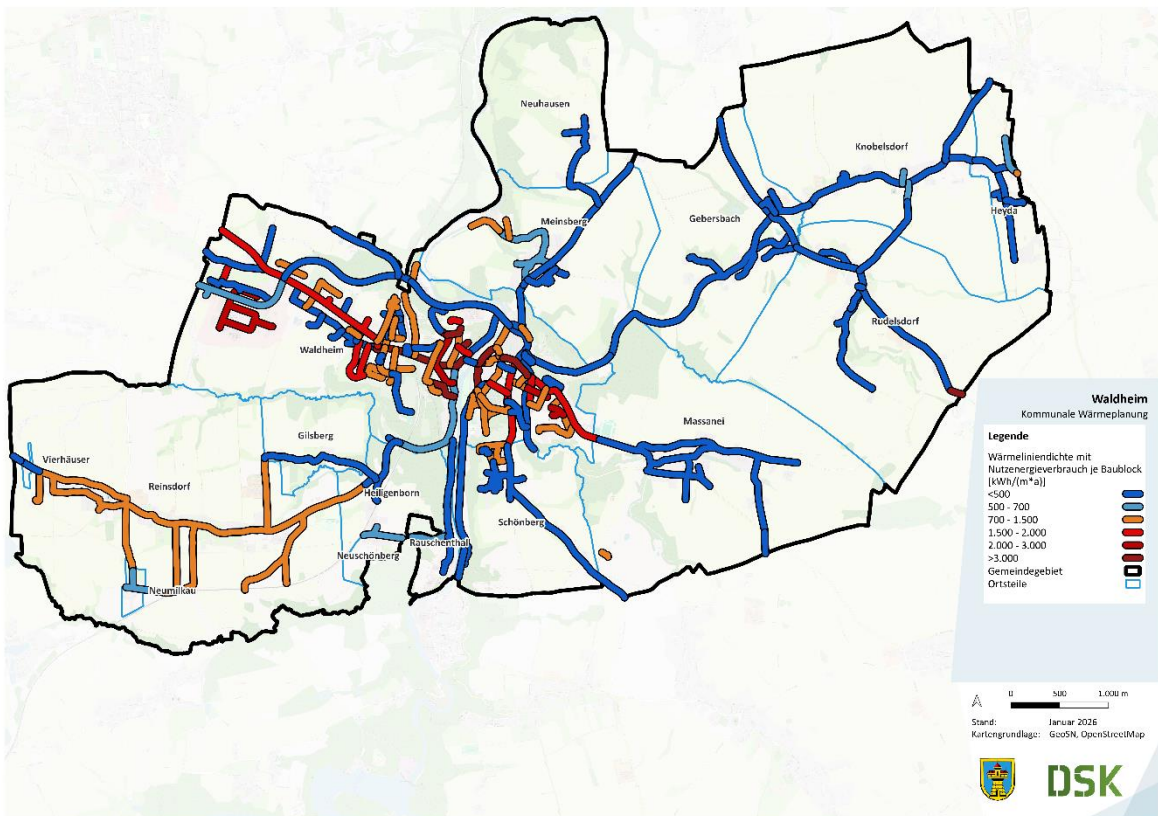


Abbildung 31: Straßenabschnittsbezogene Wärmelinien-dichte mit Nutzenergieverbrauch [kWh/(mTr*a)] Quelle: DSK, 2026

In der Abbildung 31 ist die Wärmelinien-dichte dargestellt. Sie ergibt sich aus dem berechneten Wärmebedarf der Gebäude und wird in Kilowattstunden pro Jahr und laufendem Meter Trassenlänge angegeben. Sie liefert nach der Wärmeflächendichte eine weitere Einschätzung, wie gut sich ein Wärmenetz lohnen könnte.

Deutlich wird, dass in der Kernstadt die höchsten Dichten erreicht werden. Neben der Wärmelinien-dichte mit Wärmebedarfsmengen die auf Grundlage des theoretisch ermittelte Energiemenge beruhen, ist in der Abbildung 31 die Wärmelinien-dichte aufgrund der zugeordneten Verbräuche dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Wärmelinien-dichte besonders in der Kernstadt höher sind, als in den theoretischen Kennwerten vorgegeben. Das zeigt einerseits die erhöhte Wirtschaftlichkeit von zentraler Wärmeinfrastruktur wie Wärmenetzen oder einem Gasnetz mit biogenen Gasen und andererseits ein erhöhtes Einsparpotenzial. Das Einsparpotential ist jedoch aufgrund des Denkmalschutzes teilweise eingeschränkt umsetzbar. Für die Abbildung 32 wurden 75% der Wärmeverbrauchsmenge für die Berechnung der Wärmelinien-dichte angenommen, um einen möglich Verbrauchsrückgänge zu simulieren.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinien-dichte auf Grundlage des Leitfadens vom BMWK 2024.

Tabelle 4 Eignung von Flächen für die Errichtung von Wärmenetzen basierend auf der Wärmelinien-dichte

Wärmelinien-dichte [MWh/m/a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0 – 0,7	Kein technisches Potenzial
0,7 – 1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung
1,5 – 2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2	Empfehlung für Wärmenetze bei zusätzlichen Hürden

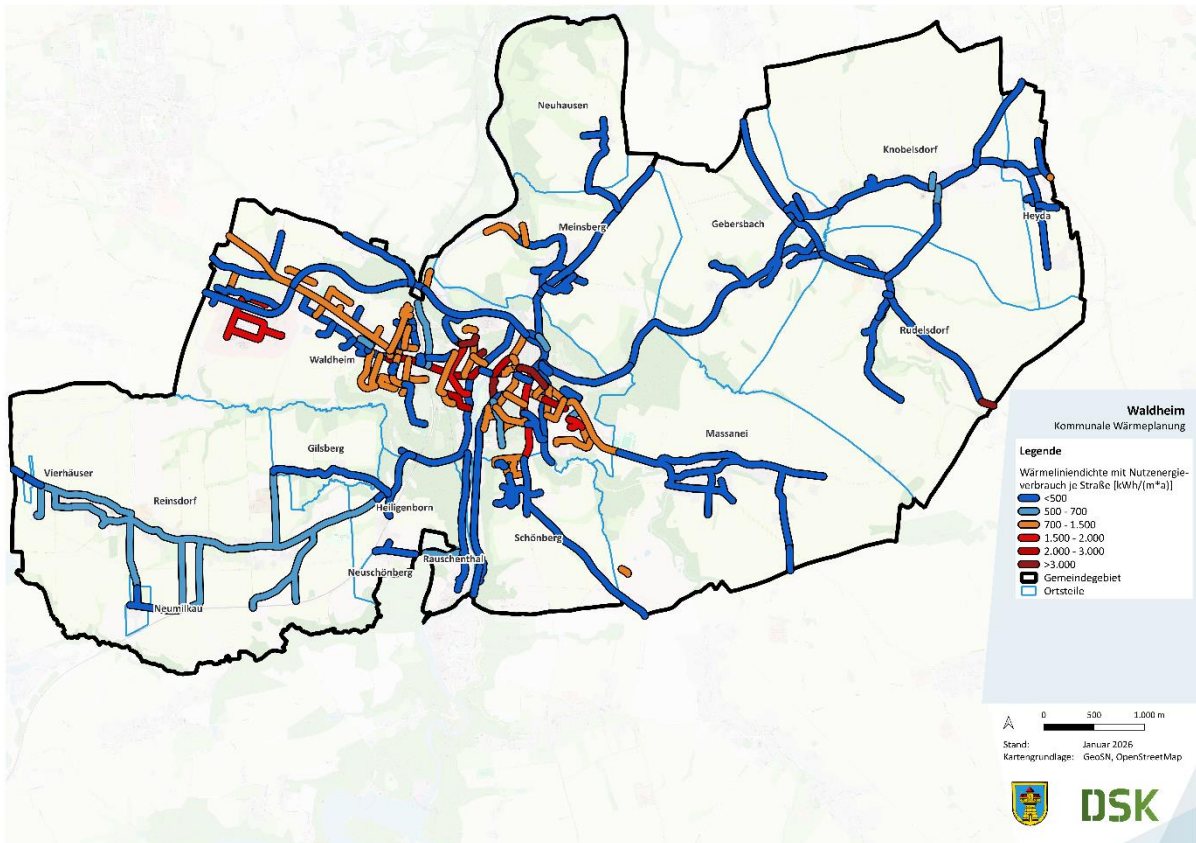


Abbildung 32: Straßenabschnittsbezogene Wärmeliniendichte mit 75 % des Nutzenergieverbrauchs [kWh/(mTr*a)] Quelle: DSK, 2025

Überwiegende Energieträger

Anlage 2 (zu § 23) WPG Abs.2 Nummer 3

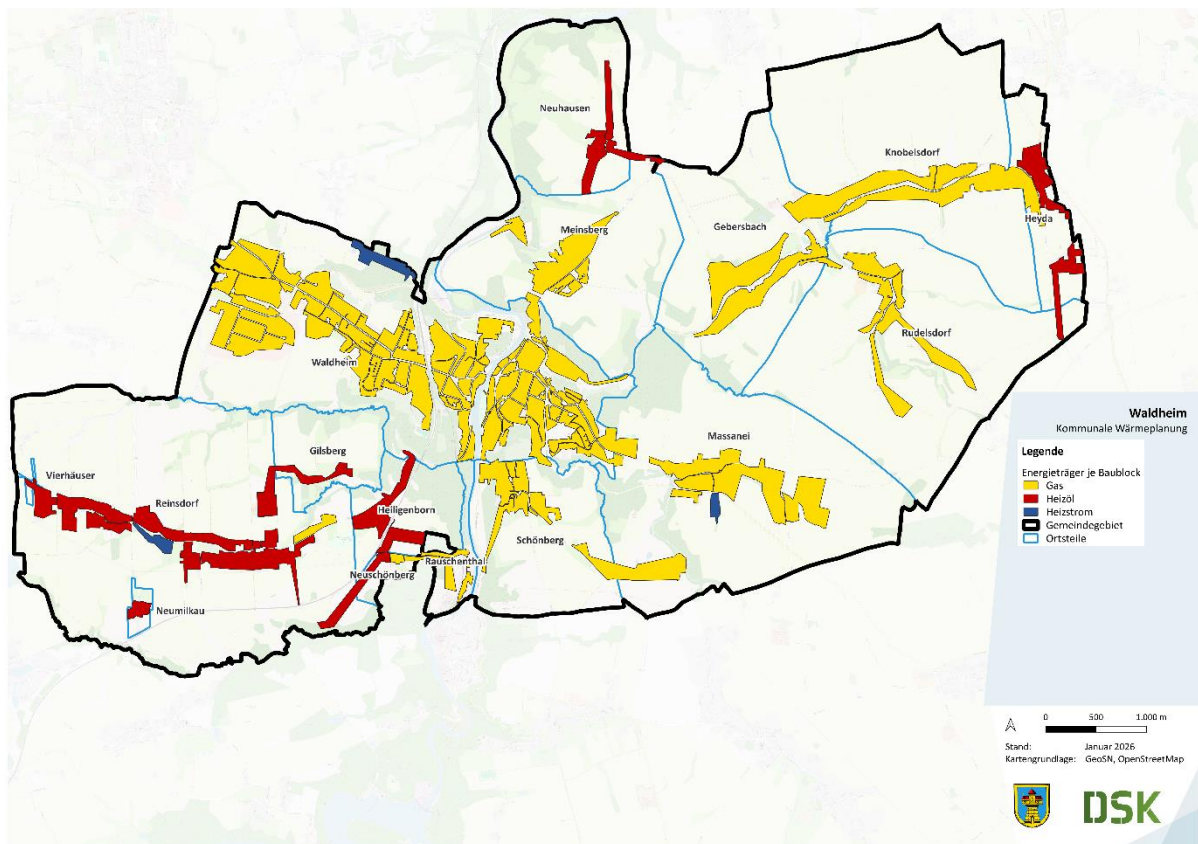


Abbildung 33: Anteil der Energieträger am jährlichen Endenergieverbrauch Quelle: DSK, 2025

In Abbildung 33: Anteil der Energieträger am jährlichen Endenergieverbrauch sind die vorwiegenden Energieträger je Baublock zu erkennen. Es wird deutlich, dass die Kernstadt von Waldheim vom Energieträger Erdgas dominiert wird. Die Ortsteile um Waldheim herum, sind östlich von Erdgas und im Südwesten durch Heizöl geprägt.

2.7. Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanz bildet die Grundlage für die Analyse des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Emissionen innerhalb der Kommune. Aufbauend auf dem Kapitel „Energetische Bedarfe“ ermöglicht diese eine differenzierte Betrachtung der relevanten Sektoren und zeigt auf, welche Bereiche den größten Einfluss auf den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen haben.

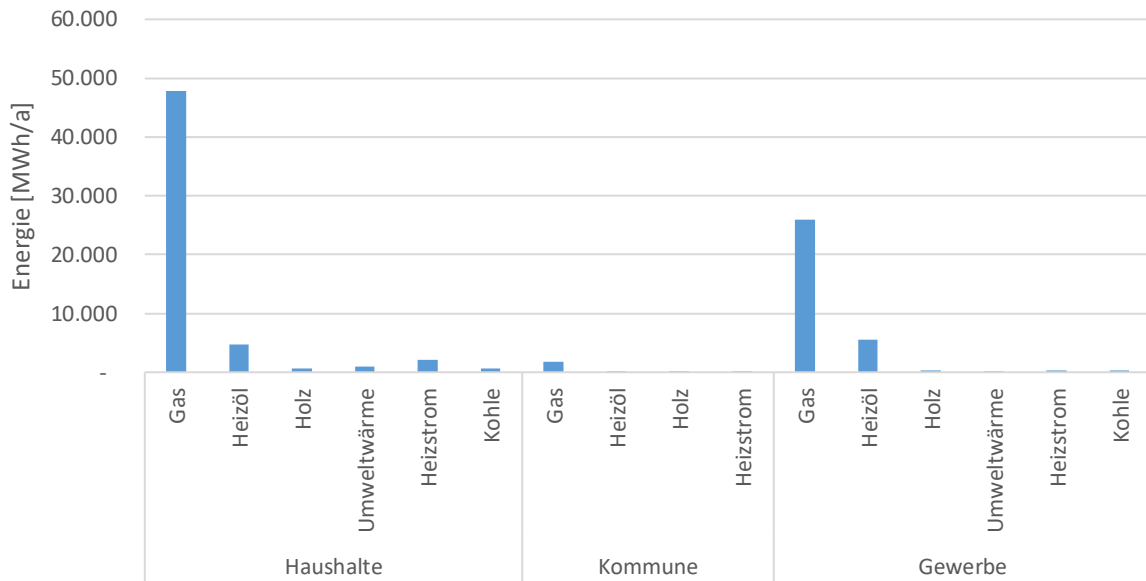


Abbildung 34: Sektoraler Verbrauch der Energieträger

Abbildung 34 stellt den Endenergieverbrauch differenziert nach verschiedenen Energieträgern und Nutzungssektoren dar. Aus der Darstellung geht klar hervor, dass insbesondere der Wohnsektor sowie der Bereich „Gewerbe, Handel und Dienstleistung, sowie Industrie“ einen erheblichen Anteil an der Nutzung von Wärme aufweisen. Dies unterstreicht die zentrale Rolle dieser beiden Sektoren im Hinblick auf den Gesamtenergieverbrauch und legt nahe, dass Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Dekarbonisierung in diesen Bereichen ein besonders hohes Potenzial zur Reduzierung der Emissionen bieten. Die genauen Zahlen sind auch nochmal in

Tabelle 5 zu sehen.

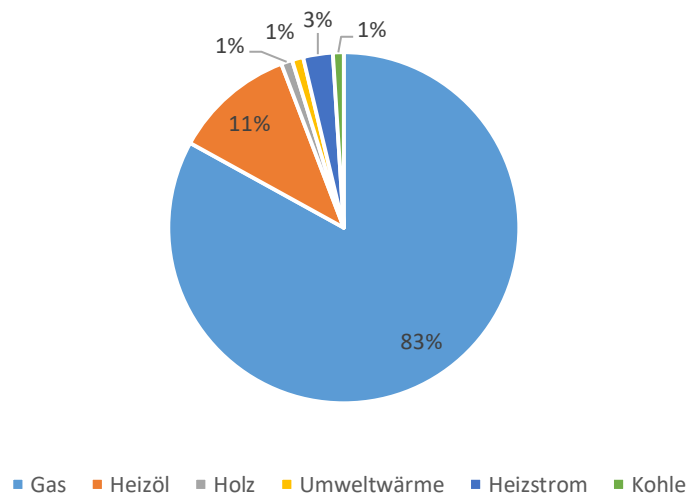


Abbildung 35: Energieträgeranteil am Endenergieverbrauch

Tabelle 5: Sektorale Aufteilung der Endenergie

Sektor	Energieträger	Verbrauch [MWh/a]
Haushalte	Gas	27.109
	Fernwärme	4.928
	Heizöl	6.157
	Biomasse	129
	Holz	6.499
	Umweltwärme	1.753
	Heizstrom	3.192
	Kohle	1.573
Kommune	Gas	636
	Fernwärme	224
	Heizöl	227
	Holz	13
	Umweltwärme	35
	Heizstrom	64
Gewerbe	Gas	26.167
	Fernwärme	6.448
	Heizöl	3.990
	Biomasse	665
	Holz	1.844
	Umweltwärme	313
	Heizstrom	530
	Kohle	493

In der darauffolgenden Abbildung 35: Energieträgeranteil wird die Verteilung der eingesetzten Energieträger innerhalb des Stadtgebiets detailliert dargestellt. Die deutliche Dominanz von Erdgas als primären Energieträger unterstreicht die derzeitige strukturelle Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, insbesondere im Bereich der Wärmeerzeugung. Vor dem Hintergrund der gesetzlich verankerten Klimaschutzziele ergibt sich daraus ein klarer Handlungsbedarf zur schrittweisen Transformation des Energiesystems. Ziel ist eine Diversifizierung des Energiemixes sowie der verstärkte Einsatz regenerativer Energiequellen. Dabei steht einerseits die Versorgungssicherheit und andererseits der vorgegebene Pfad zur Emissionsminderung im Fokus.

Die CO₂-Emissionsbilanz ist kein direkt messbarer Wert, sondern wird anhand modellbasierter Berechnungen unter Berücksichtigung definierter Systemgrenzen und standardisierter Emissionsfaktoren ermittelt. Grundlage hierfür ist die energieverbrauchsspezifische Umrechnung in Treibhausgasemissionen gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG), Anlage 9 zu § 85 Absatz 6. (Tabelle 6: Emissionsfaktoren Anlage 9 (zu § 85 Absatz 6 WPG)) Daraus folgt, dass in der Stadt Waldheim aktuell die jährlichen Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 29.400 Tonnen CO_{2äq} betragen.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren Anlage 9 (zu § 85 Absatz 6 WPG)

Kategorie	Energieträger	Emissionsfaktor [tCO _{2äq} /kWh]
Fossile Brennstoffe	Heizöl	0,31
	Erdgas	0,24
	Flüssiggas	0,27
	Steinkohle	0,4
	Braunkohle	0,43
Biogene Brennstoffe	Biogas	0,137
	Bioöl	0,21
	Holz	0,02
Strom	Strom (netzbezogen)	0,26
	Erneuerbarer Strom	0

Davon entfallen 63 % auf die Wohnnutzung, 35 % auf Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie Sektor und 2 % auf die öffentlichen Liegenschaften. Die nachstehende Abbildung zeigt die Treibhausgasemissionen nach den Energieträgern.

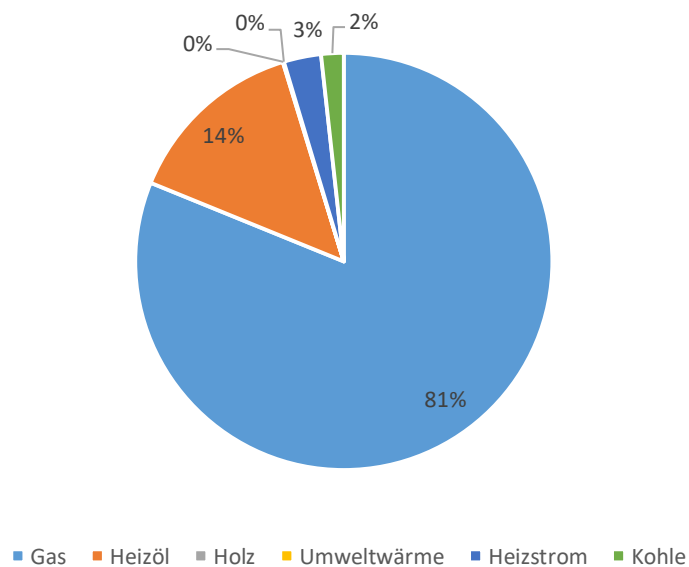


Abbildung 36: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

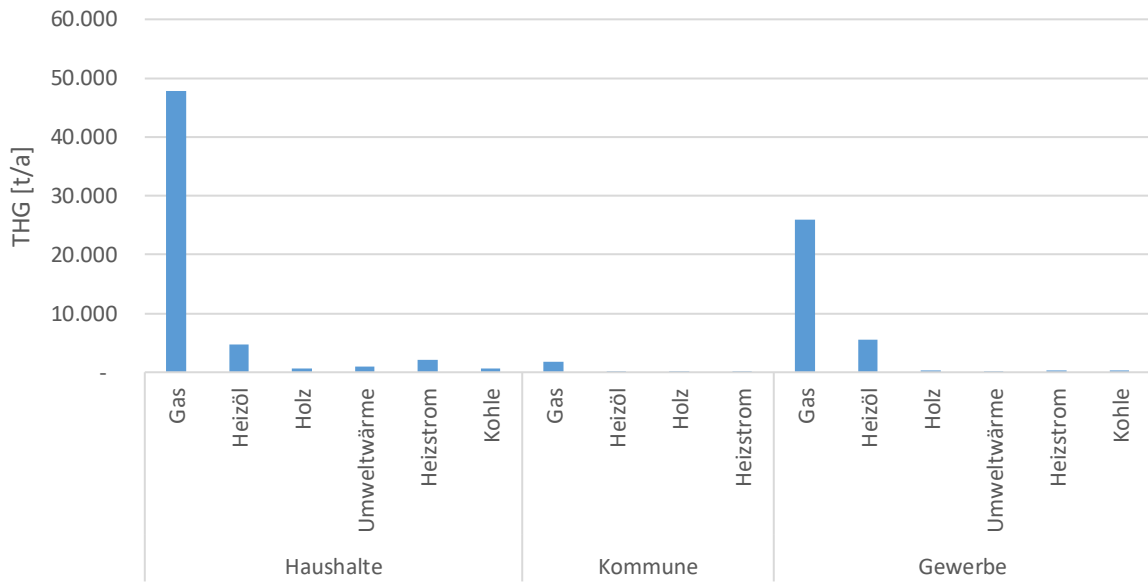


Abbildung 37: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Tonnen

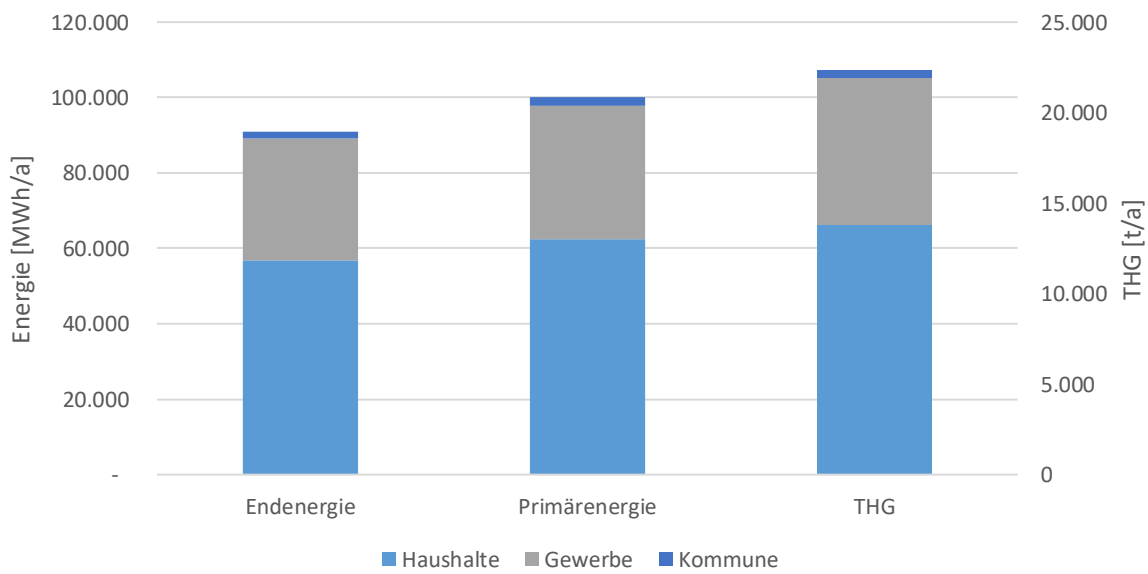


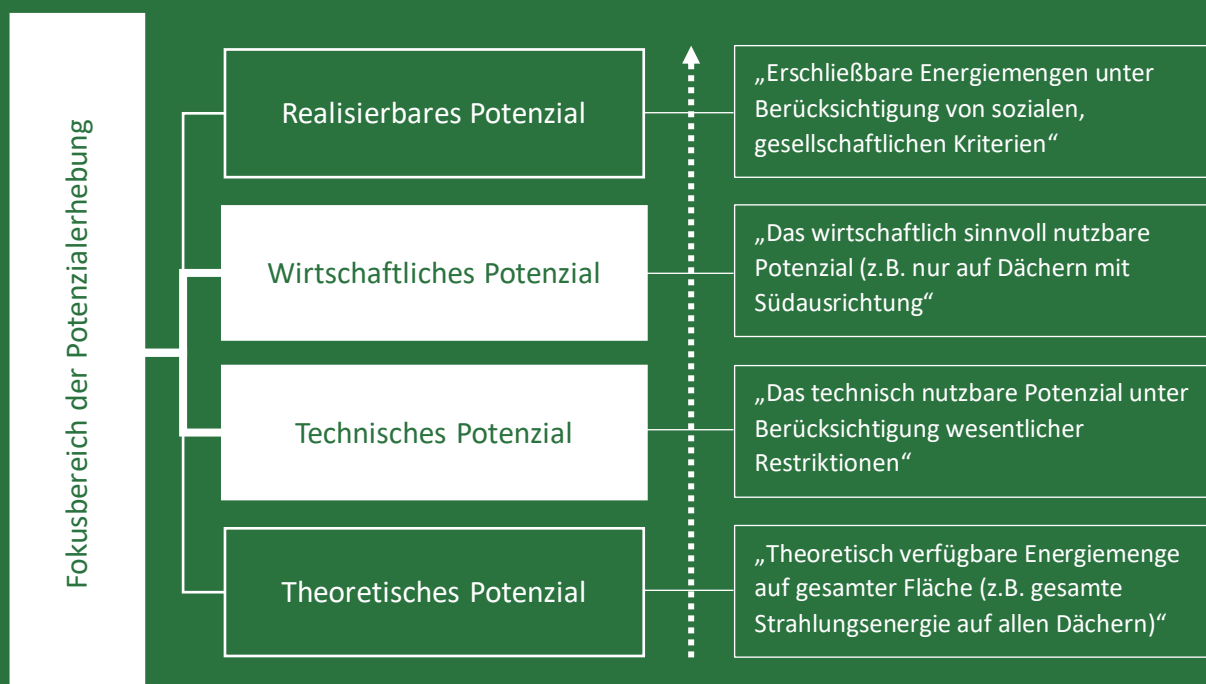
Abbildung 38: Sektorale Endenergie-, Primärenergie- und Treibhausgasbilanz

3. Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen entscheidenden Schritt in der kommunalen Wärmeplanung dar, identifiziert die Handlungsmöglichkeiten und die zukünftigen Versorgungsoptionen in Waldheim zu entwickeln.

Im Rahmen dieser Analyse werden potenzielle Quellen für die Erzeugung erneuerbarer Wärme und Strom im Untersuchungsgebiet untersucht, wobei der Schwerpunkt auf den verfügbaren Potenzialen für die Bereitstellung von grüner Wärme gelegt wird. Potenziale außerhalb des Untersuchungsgebietes können nach der gesetzlichen Grundlage nicht berücksichtigt werden. Zusätzlich wird das Einsparpotenzial als ein weiterer relevanter Aspekt beleuchtet. Dieses Potenzial ergibt sich aus der energetischen Sanierung des bestehenden Gebäudebestands, welche direkte Implikationen für die in der Zukunft mit erneuerbaren Energien gedeckte Wärmebereitstellung im Zieljahr hat.

Die Potenziale werden hierarchisiert in folgendem Maß dargestellt:



3.1. Wärmebedarfsreduktion

Sanierung

Eines der größten Potenziale liegt in der Sanierung der Gebäude. Im Betrachtungszeitraum wurden insgesamt ca. 81.400 MWh/a Nutzenergie im Quartier benötigt, davon 62.100 MWh/a (76 %) für das Heizen. Eine gute Gebäudedämmung ist deshalb ein wichtiger Bestandteil der Verbrauchsminderung. Die Berechnung der Einsparpotenziale wurde aufgrund der Minderungspotenziale des Technikkatalogs des BMWK durchgeführt. Dort sind – wie schon für die Bedarfsberechnung beschrieben – auch prognostizierte Verbrauchswerte für die Gebäudesanierung mit hoher und geringer Einsparung für das Zieljahr 2025 dargestellt. Bei der Berechnung der Nutzenergie für die Heizung mit niedriger Einsparung würde der Gebäudebestand noch 38.500 MWh/a (38 % Einsparung) benötigen. Das entspricht einem gesamten Nutzenergiebedarf von 57.500 MWh/a (29 % Einsparung). Bei der hohen Einsparung würde für die Heizung noch 26.000 MWh/a (57 % Einsparung) und für den gesamten Nutzenergiebedarf 45.700 MWh/a (44 % Einsparung) benötigt. In Abbildung 39 sind die Einsparpotenziale mit dem niedrigen Sanierungspfad für das Zieljahr und die Stützjahre sowie die niedrige und hohe Einsparung dargestellt. Dafür wurde eine Sanierungsrate von 1 % angenommen. Die Einsparung der Endenergie beträgt bei dem Szenario mit niedriger Einsparung 5 % und bei einer hohen Einsparung 7 %. Neben der Sanierungsrate sind das Verbrauchsverhalten und die beheizte Fläche relevante Faktoren.

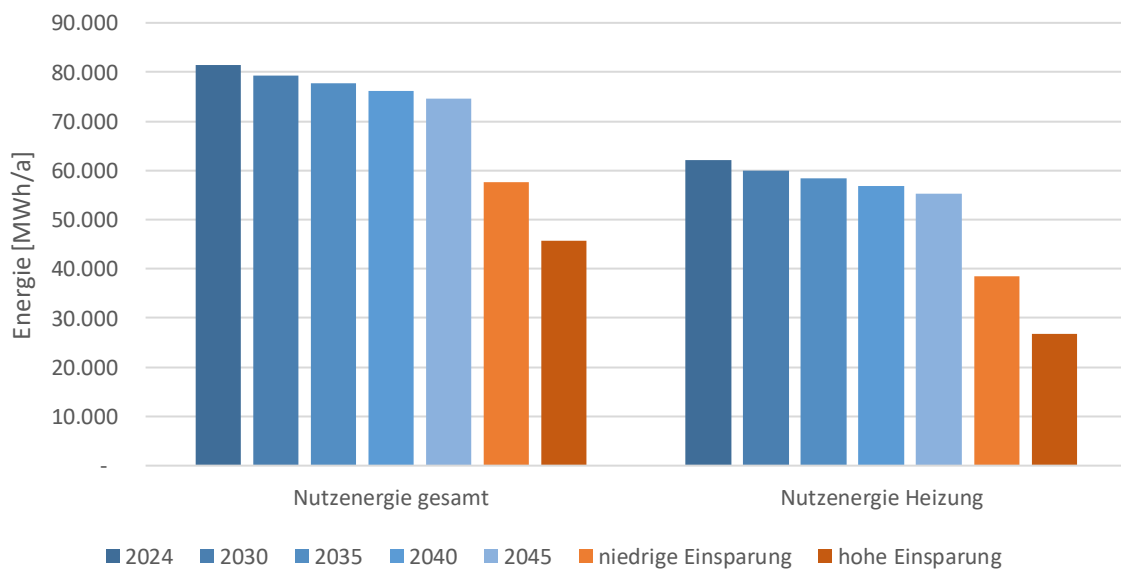


Abbildung 39: Einfluss der Energieeinsparung durch Sanierung auf die Nutzenergie

Die kartografische Verteilung der Einsparungen in den Baublöcken für die jeweiligen Stützjahre ist in Abbildung 40 bis Abbildung 43 dargestellt.

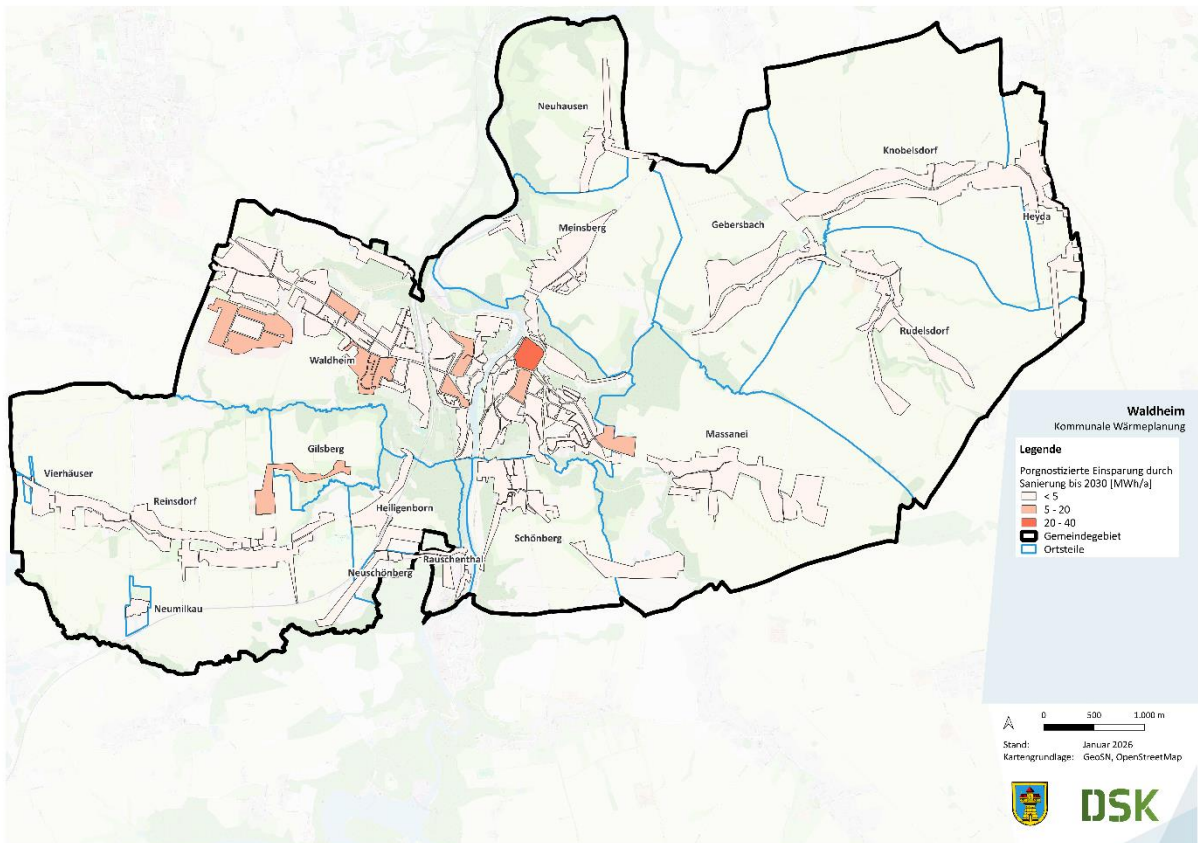


Abbildung 40: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2030 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025

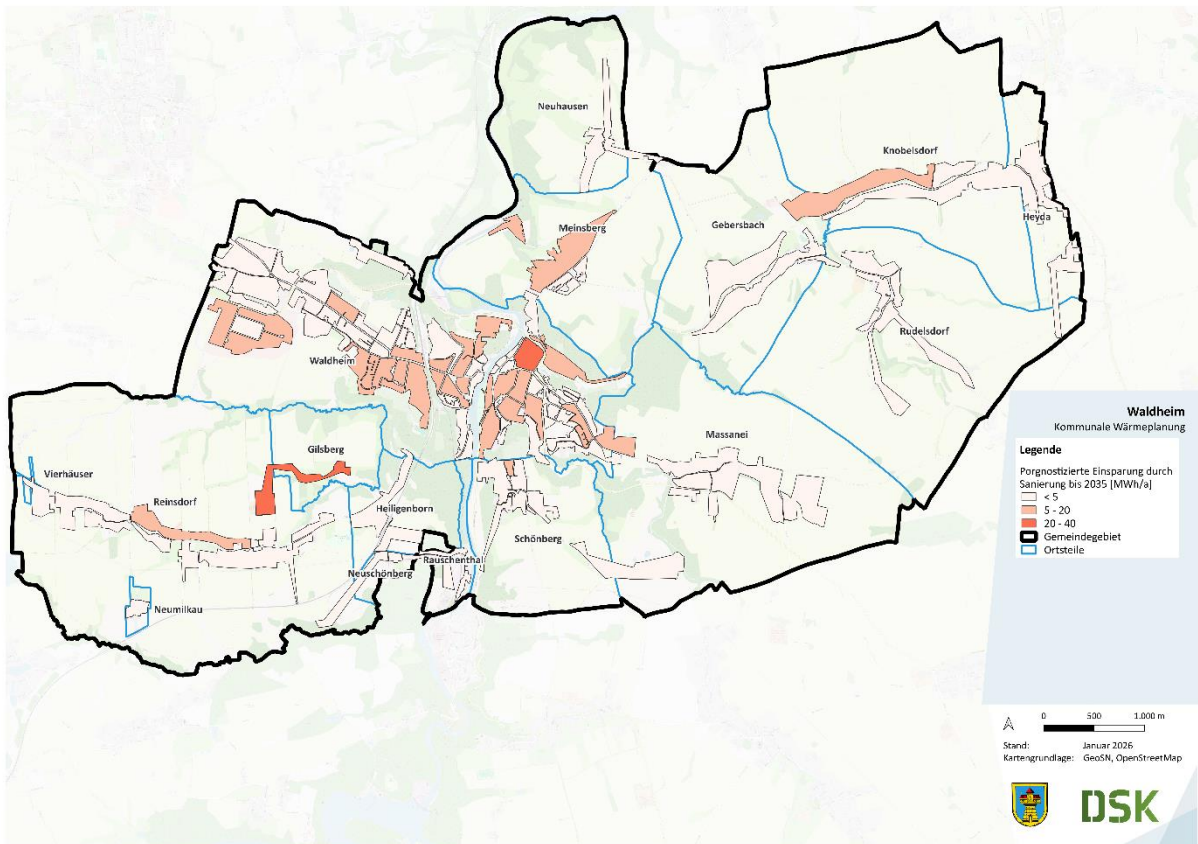


Abbildung 41: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2035 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025

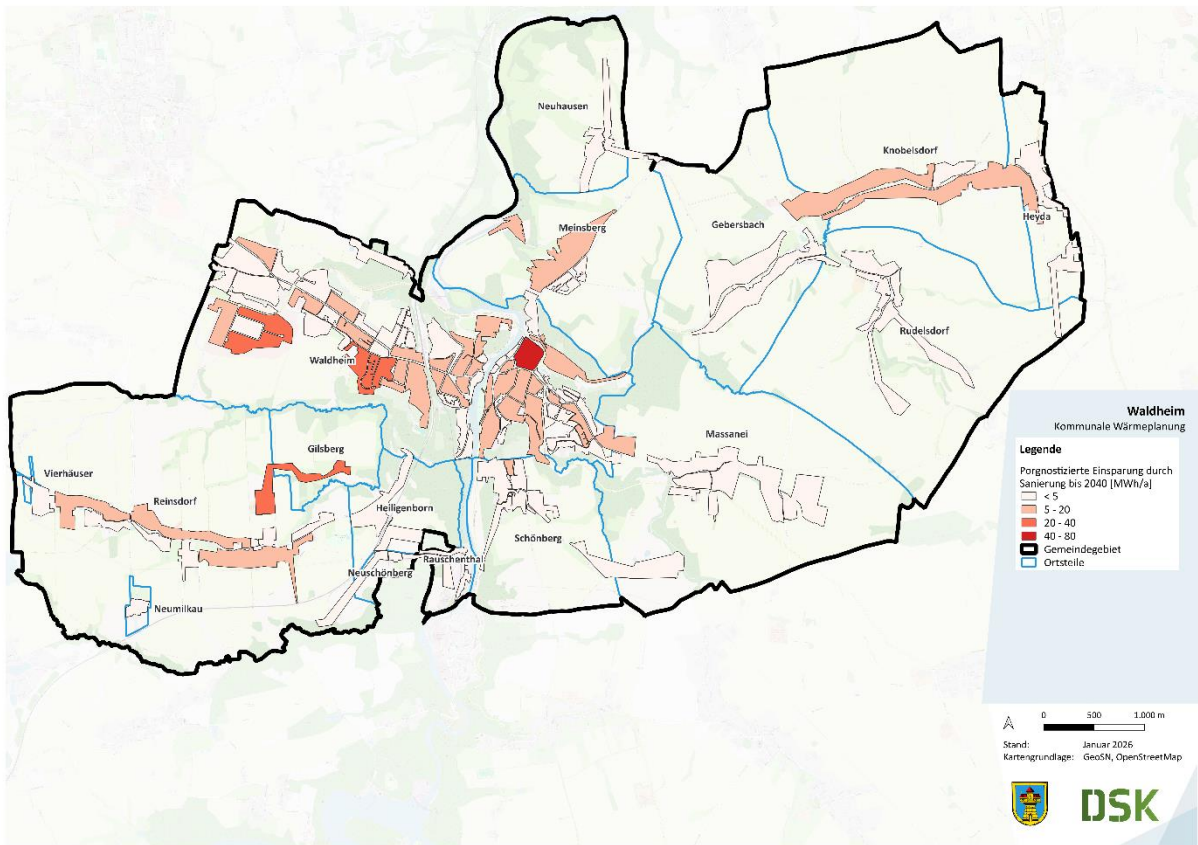


Abbildung 42: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2040 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025

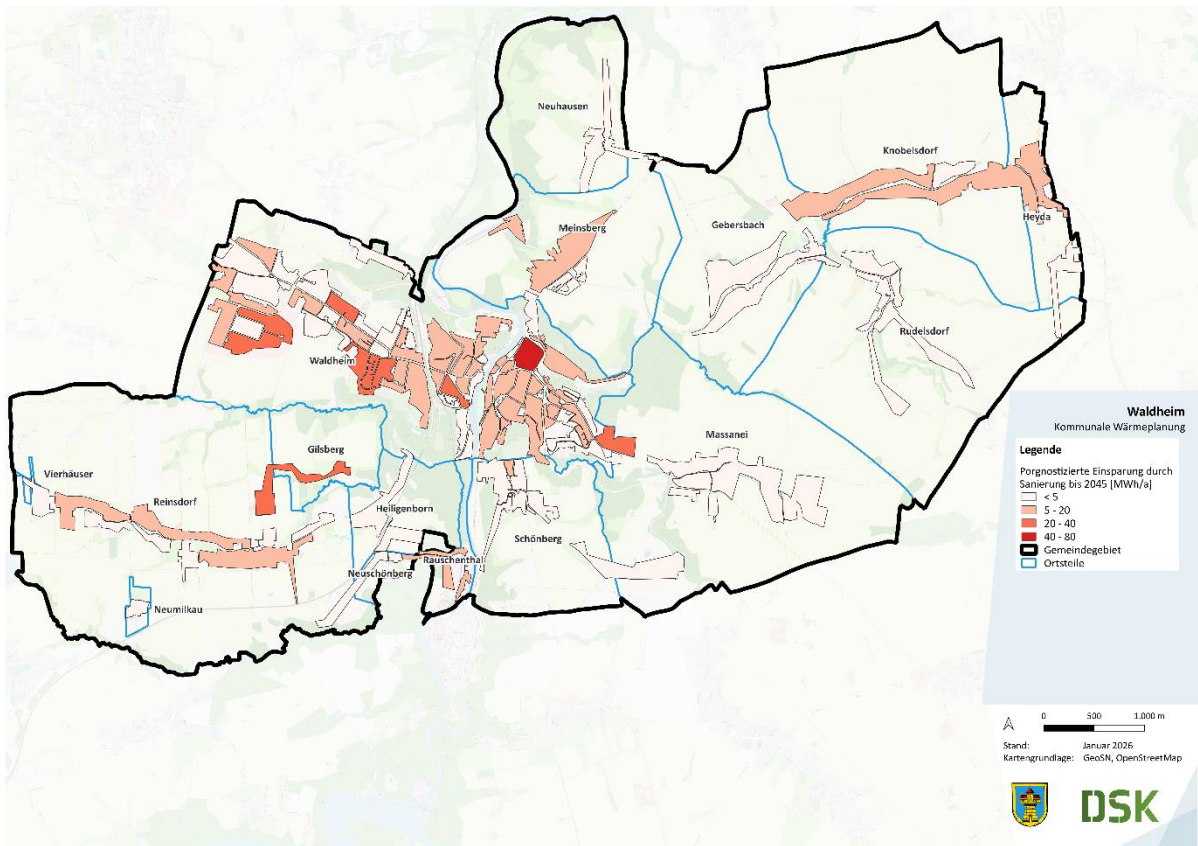


Abbildung 43: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2045 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025

Information zum Verbrauchsverhalten

Neben baulichen und technischen Einsparpotenzialen können Bürgerinnen und Bürger durch ein bewusstes Verbrauchsverhalten einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz im Stadtgebiet leisten. Der Gebäudesektor verursacht in Deutschland rund 35 Prozent des Endenergieverbrauchs und etwa 30 Prozent der CO₂-Emissionen. Insbesondere der Wärmebedarf bietet dabei einen zentralen Hebel zur Reduzierung klimaschädlicher Emissionen, da er 85 % des Energieverbrauchs eines durchschnittlichen Haushalts ausmacht (siehe Abbildung 44). Bereits durch angepasste Nutzung der Gebäudetechnik, regelmäßige Wartung und bewusstes Handeln lassen sich im Betrieb von Wohn- und Nichtwohngebäuden Einsparungen von bis zu 30 Prozent erzielen – oftmals ohne größere Investitionen. (Umweltbundesamt, 2025)

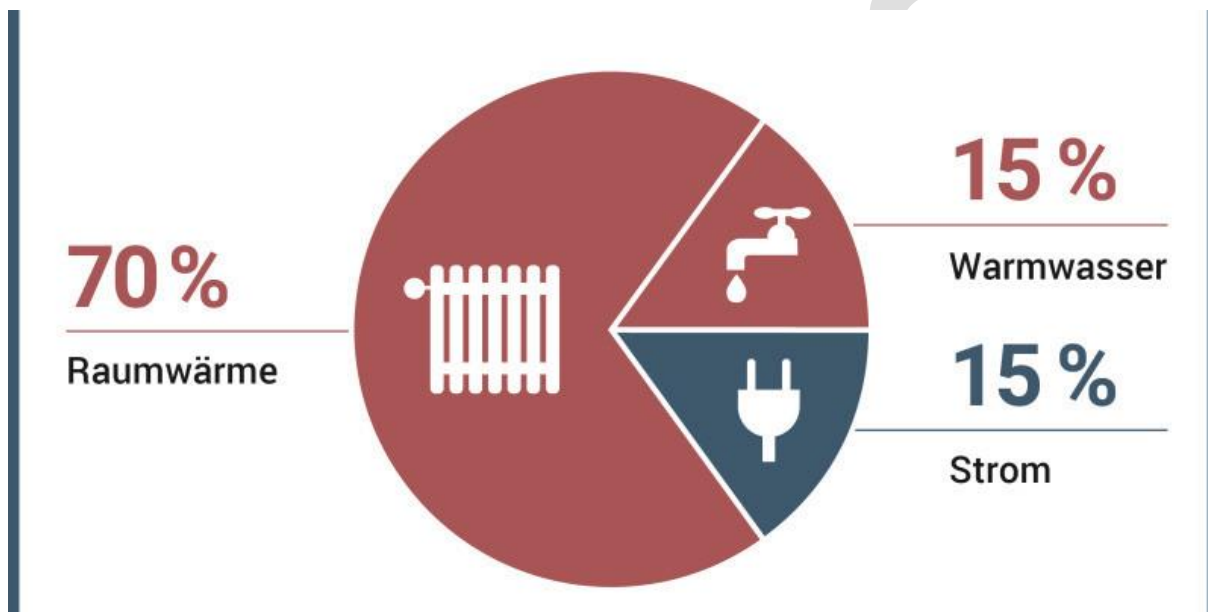


Abbildung 44: Energieverbrauch eines durchschnittlichen Haushalts (Umweltbundesamt, 2023)

Ein zentraler Faktor ist die richtige Raumtemperatur. Jedes Grad weniger senkt den Heizenergieverbrauch um etwa 6 %. Für Wohnräume sind rund 20 °C ausreichend, Küchen kommen meist mit 18 °C aus, Schlafzimmer mit etwa 17 °C. Bei Abwesenheit empfiehlt sich eine Absenkung auf rund 18 °C, bei mehrtägiger Abwesenheit auf etwa 15 °C. Moderne Heizungsanlagen ermöglichen eine automatische oder zentral gesteuerte Anpassung. (Umweltbundesamt, 2023)

Thermostatventile tragen dazu bei, die Raumtemperatur konstant zu halten und die Wärmezufuhr automatisch zu regulieren, beispielsweise bei Sonneneinstrahlung oder hoher Personenzahl. Die mittlere Einstellung (meist Stufe 3) entspricht etwa 20 °C. Programmierbare Thermostate erhöhen die Effizienz zusätzlich, indem sie Heiz- und Absenkphasen automatisch an den Tagesablauf anpassen. (Umweltbundesamt, 2023)

Auch das richtige Lüften spielt eine wichtige Rolle (siehe Abbildung 45). Mehrmals täglich für einige Minuten bei weit geöffnetem Fenster zu lüften („Stoßlüften“) ist deutlich energieeffizienter als dauerhaft gekippte Fenster. Diese Methode entfernt Feuchtigkeit, verbessert die Luftqualität und reduziert Schimmelgefahr. In kühleren Räumen oder schlecht gedämmten Gebäuden sollte häufiger gelüftet werden. Ein Hygrometer kann helfen, die Luftfeuchtigkeit im Blick zu behalten; im Winter sollte diese im Regelfall unter 50 Prozent liegen. (Umweltbundesamt, 2023)

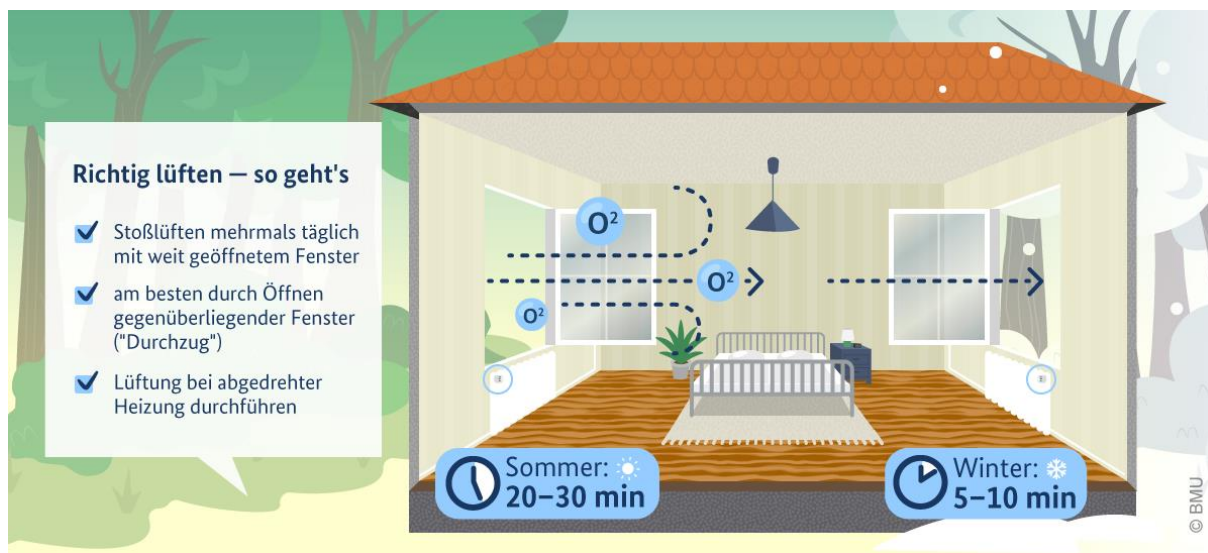


Abbildung 45: Richtig lüften (Umweltbundesamt, 2023)

Darüber hinaus lässt sich der Wärmeverlust durch einfache Maßnahmen deutlich verringern. Heizkörper sollten nicht von Möbeln oder Vorhängen verdeckt werden, um eine optimale Wärmeverteilung zu gewährleisten. Geschlossene Rollläden und Vorhänge in der Nacht reduzieren Wärmeverluste über Fenster. Hinter Heizkörpern an Außenwänden angebrachte Dämmfolien verhindern, dass Wärme ungenutzt nach außen entweicht. Undichte Fenster und Türen können mit geeigneten Dichtungen versehen werden, sofern dies mit der Heiztechnik kompatibel ist. (Umweltbundesamt, 2023)

Eine regelmäßige Wartung der Heizungsanlage erhöht die Betriebseffizienz und verlängert die Lebensdauer. Dazu zählen das Entlüften der Heizkörper, der hydraulische Abgleich, die Anpassung der Pumpenleistung sowie die korrekte Einstellung der Regeltechnik. Elektrische Heizgeräte sollten nur im Notfall und für kurze Zeit genutzt werden, da ihr Energieverbrauch hoch und der Betrieb kostenintensiv sind. Um Schimmelbildung vorzubeugen, empfiehlt es sich, Möbel mit etwas Abstand zu Außenwänden zu platzieren. Zudem sollte vermieden werden, Wärme aus beheizten in unbeheizte Räume zu leiten, da dies zu Feuchteproblemen führen kann.¹⁰

Durch ein bewusstes Heiz-, Lüft- und Nutzungsverhalten in Verbindung mit einfachen technischen Anpassungen können Bürgerinnen und Bürger ihren Wärmebedarf deutlich senken, Heizkosten reduzieren und gleichzeitig einen spürbaren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Summe vieler kleiner Maßnahmen entfaltet dabei eine große Wirkung – sowohl für den eigenen Geldbeutel als auch für die Energiewende im Stadtgebiet.

3.2. Flächenscreening

Zur Bestimmung von Potenzialflächen für die Wärmeversorgung wird ein Flächenscreening durchgeführt. Dieses Screening dient dazu, potenziell geeignete Flächen für die Nutzung von Wärmeversorgungssystemen zu identifizieren. Die Ergebnisse dieses Verfahrens fließen in die Potenzialflächenanalyse ein, die gemäß den Vorgaben des Leitfadens zur Wärmeplanung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

¹⁰ (Umweltbundesamt, 2023)

durchgeführt wird. Hierbei werden sowohl die bestehende Infrastruktur als auch die energetischen Bedürfnisse der verschiedenen Gebiete berücksichtigt.

Bei der Analyse sind zum einen Gebietsarten aufzunehmen, die Technologien zur Wärmeversorgung einschränken oder ausschließen, zum anderen sind Flächen zu identifizieren die perspektivisch für eine Flächensicherung von Bedeutung sind. Zu den Ausschlussflächen gehören:

- Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzzonen
- Naturschutzgebiete & rechtlich geschützte Biotope
- Natura 2000-Gebiete (FFH- und Vogelschutzgebiete)
- Grünzüge und Grünzäsuren
- Naturdenkmale
- Bekannte Überschwemmungsgebiete
- Biodiversitätspläne
- Oberflächengewässer
- Relevante Areale für Grundwassernutzung

Die Eigentumsverhältnisse dieser Flächen werden dabei nicht berücksichtigt, da die Analyse auf ökologischen und rechtlichen Aspekten basiert, die die Nutzungsmöglichkeiten für Wärmeversorgungsinfrastrukturen betreffen. Die Stadt Waldheim weist zahlreiche Schutzgebiete auf, darunter FFH-Gebiete, Vogel-, Überschwemmungs- und Landschaftsschutzgebiete, Flächennaturdenkmäler, gesetzlich geschützte Biotope sowie Trinkwasserschutzgebiete. Die potenziellen Ausschlussflächen sind in der Abbildung 46 dargestellt.

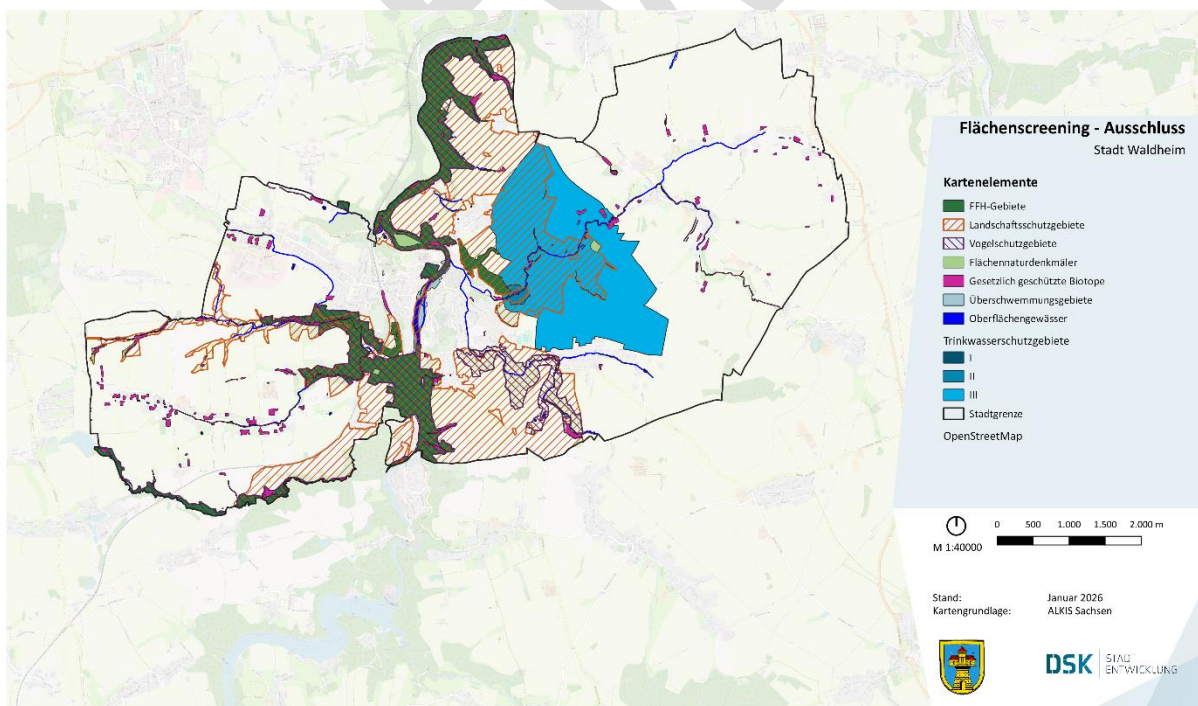


Abbildung 46: Ausschlussflächen Waldheim

Die anschließende Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die Einschränkungen für die Installation von Wärmetechnologien auf den entsprechenden Flächen.

Tabelle 7: Einschränkungen für Wärmeversorgungstechnologien

Gebietstyp	Relevanz / Einschränkung für Wärmeversorgungstechnologien
Wasserschutzgebiete & Heilquellenschutz zonen	Nutzung oberflächennaher oder tiefer Geothermie meist verboten; Freiflächen-Solarthermie und Wärmespeicher nur in Zone III B oder außerhalb zulässig.
Naturschutzgebiete & rechtlich geschützte Biotop e	Keine Eingriffe erlaubt → Ausschlussflächen für alle baulichen Anlagen (Solarthermie, Geothermie, Speicher, Heizzentralen).
Natura 2000-Gebiete (FFH- & Vogelschutzgebiete)	Nutzung nur bei nachgewiesener Unbedenklichkeit; FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich → meist Ausschlussflächen für großflächige Technologien.
Grünzüge & Grünzäsuren	Raumordnerische Einschränkungen gegen Bebauung → keine Heizzentralen oder Freiflächenanlagen, aber ggf. Leitungsführung möglich.
Naturdenkmale	Schutz im direkten Umfeld → keine technischen Anlagen in unmittelbarer Nähe.
Bekannt e Überschwemmungsgebiete	Bauliche Nutzung eingeschränkt; Freiflächen-Solarthermie ggf. möglich, keine Wärmespeicher oder Heizzentralen.
Biodiversitätspläne	Flächen mit ökologischem Vorrang → eingeschränkte Nutzung, nur bei Vereinbarkeit mit Biodiversitätszielen.
Oberflächengewässer	Relevante Wärmequelle für Flusswärmepumpen, gleichzeitig Ausschlussbereich für bauliche Eingriffe am Ufer.
Relevante Areale für Grundwassernutzung	Nutzung tiefer Geothermie und Wärmepumpen mit Grundwasserquelle nur nach Genehmigung; meist Ausschlussflächen für Bohrungen.

Die Gesamtfläche für Waldheim beträgt 4.170,55 Hektar, die sich auf die folgenden Gebietsarten in der Tabelle 8 verteilt.

Tabelle 8: Flächen der Gebietsarten

Gebietsart	Fläche [ha]
FFH-Gebiete	312,76
Landschaftsschutzgebiete	1.143,74
Vogelschutzgebiete	361,00
Flächennaturdenkmäler	9,57
Gesetzlich geschützte Biotop e	72,00
Überschwemmungsgebiete	73,27
Trinkwasserschutzgebiete I	0,03
Trinkwasserschutzgebiete II	6,47
Trinkwasserschutzgebiete III	428,12

Insgesamt nehmen alle Schutz- bzw. Ausschlussgebiete eine Fläche von 1.466,67 Hektar in Waldheim ein, sodass noch eine Fläche von 2.703,88 Hektar (65%) übrig bleibt, auf der keine Einschränkungen gelten und die Installation von verschiedenen Wärmetechnologien möglich ist.

3.3. Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie bezieht sich auf die Nutzung von Erdwärme in Tiefen von bis zu 400 m. Hierbei wird thermische Energie für Heiz- oder Kühlanwendungen aus den oberen Erd- und Gesteinsschichten oder dem Grundwasser gewonnen. Die Temperatur in diesen Tiefen liegt typischerweise zwischen 8 und 15 °C und erhöht sich um etwa 1 °C pro 30 m Tiefe. Die Nutzung dieser Erdwärme erfolgt hauptsächlich mittels Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren, die in Verbindung mit einer Wärmepumpe eingesetzt werden. Die Wärmepumpe dient dazu, die Temperatur der gewonnenen Erdwärme auf ein nutzbares Niveau von 30 bis 60 °C anzuheben. Die verschiedenen Methoden werden in der nachfolgenden Abbildung 47 dargestellt.

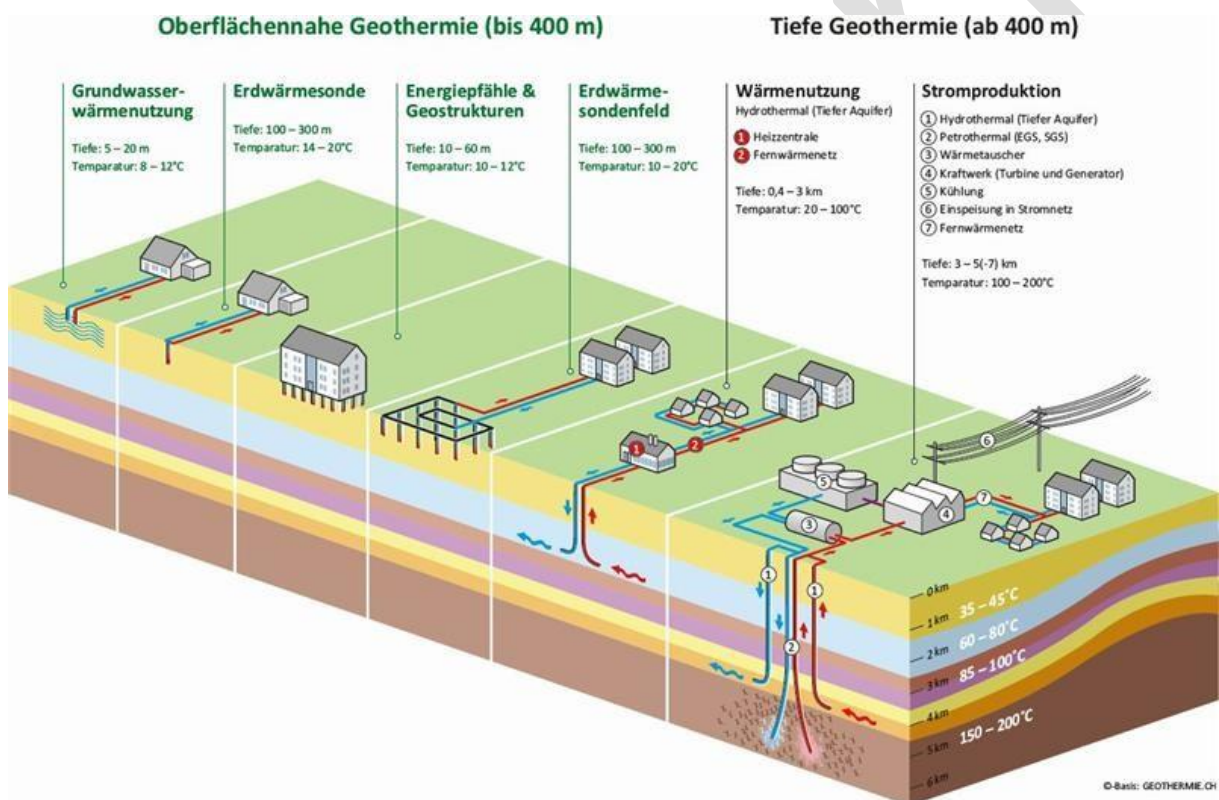


Abbildung 47: Übersicht geothermischer Nutzungsmöglichkeiten, Quelle: <https://www.vgtg.ch/geothermie.html>

Erdwärmesonden sind in Nord- und Mitteleuropa die am häufigsten angewendete Methode zur Nutzung von Geothermie. Diese Sonden nutzen konstante Temperatur in Tiefen von 15-20 m unter der Erdoberfläche, um Wärmeenergie zu gewinnen. Sie bestehen aus senkrechten Bohrungen, in die U-förmige Kunststoffrohre eingelassen werden. Durch diese Rohre fließt ein Wärmeträgermittel, das die Wärme an die Oberfläche transportiert, wo sie von einer Wärmepumpe genutzt wird. Normalerweise werden Sonden in einer Tiefe von 40 bis 160 m installiert. Die Entzugsleistung hängt neben der Bohrtiefe auch von der Beschaffenheit des Bodens ab.

Abhängig von Bodentyp und –feuchte (Lehmboden, wasserführendem Kies- oder Sandboden etc.) variiert die Leistung zwischen 25 W/m bis 80 W/m bei 1.800 bis 2.400 Volllaststunden pro Jahr.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie im Gebiet Waldheim unterliegt spezifischen rechtlichen Rahmenbedingungen, die sich sowohl aus dem Wasser- als auch dem Bergrecht ergeben. Mit der im Jahr 2023 auf Bundesebene eingeleiteten Herausnahme der oberflächennahen Geothermie aus dem Bergrecht hat sich die Rechtslage grundlegend geändert. Seither gilt Erdwärme bis zu einer Tiefe von 400 Metern in der Regel nicht mehr als bergfreier Bodenschatz. Das bedeutet, dass bei einer eigentumsbezogenen Nutzung – etwa zur Beheizung eines einzelnen Gebäudes – keine bergrechtliche Genehmigung mehr erforderlich ist. Bergrechtlich relevant wird die Maßnahme jedoch weiterhin, wenn die Bohrtiefe 100 Meter überschreitet oder eine über das eigene Grundstück hinausgehende Nutzung wie etwa der Anschluss an ein Nahwärmenetz geplant ist. In diesen Fällen ist eine Anzeige bei der zuständigen Bergbehörde notwendig, gegebenenfalls ergänzt durch einen Betriebsplan.

Wasserrechtlich betrachtet fällt die Nutzung oberflächennaher Geothermie unter die Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowie des Sächsischen Wassergesetzes (SächsWG). Hiernach ist jede geothermische Bohrmaßnahme, unabhängig von der Tiefe, mindestens zwei Monate vor dem geplanten Beginn bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde anzuzeigen. Diese prüft unter anderem, ob es sich um eine Gewässerbenutzung gemäß § 9 WHG handelt und ob wasserrechtliche Genehmigungen oder zusätzliche Auflagen notwendig sind. Solche Anforderungen dienen insbesondere dem Schutz des Grundwassers und der Minimierung möglicher Umweltauswirkungen durch die geothermische Nutzung. Dabei werden regelmäßig technische Standards wie das DVGW-Arbeitsblatt W 120-2 herangezogen, das Anforderungen an Planung, Ausführung und Überwachung geothermischer Anlagen formuliert.

Für die Region Waldheim ergeben sich daraus wichtige Implikationen für die kommunale Wärmeplanung. Insbesondere im Zuge der systematischen Erhebung regenerativer Energiepotenziale sollte die Nutzung von Erdwärmesonden, Kollektoren und gegebenenfalls Grundwasserwärme in Betracht gezogen werden. Diese Potenziale müssen jedoch stets im Kontext der regionalen hydrogeologischen Gegebenheiten bewertet werden, etwa hinsichtlich der Grundwasserführung, der Schutzgebiete oder der geologischen Beschaffenheit des Untergrunds. Eine frühzeitige Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde sowie – bei tieferen Bohrungen – mit der Bergbehörde ist dabei essenziell, um rechtssichere Genehmigungsprozesse zu gewährleisten. Die Umweltverträglichkeit, insbesondere der Schutz der lokalen Wasserressourcen, steht dabei im Mittelpunkt der Bewertung.

Als fachliche Grundlage werden u. a. folgende Quellen herangezogen:

- Bundesberggesetz (BBergG), § 127 (Bohrtiefenregel)
<https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/>

- WHG § 9 und § 49
https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/__9.html
https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/__49.html

- GGSC Newsletter Energie Oktober 2023
<https://www.ggsc.de/aktuelles/newsletter/newsletter-energie-oktober-2023/geothermie-herausnahme-der-oberflaechennahen-aus-dem-bergrecht-und-ueberragendes-oeffentliches-interesse>

- LfULG Sachsen – Verfahrenshandbuch und Allgemeinverfügungen Januar 2023
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/42073>

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden zählen zu den bewährten Systemen der oberflächennahen Geothermie. Dabei handelt es sich in der Regel um vertikal in den Untergrund eingebrachte Sonden, durch die eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Diese nimmt die im Erdreich gespeicherte Wärme auf und überträgt sie an eine Wärmepumpe. Aufgrund der konstanten Temperaturen in tiefen Bodenschichten ab etwa 10 Metern ermöglichen Erdwärmesonden eine hocheffiziente Beheizung von Wohn- und Gewerbegebäuden – auch bei den geologisch heterogenen Bedingungen des Saaletals.

Abstandsregelungen nach VDI 4640 Blatt 2

Die Planung und Installation solcher Anlagen richtet sich nach der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2, welche bundesweit gültige Mindestanforderungen für Sicherheit, Effizienz und Schutz angrenzender Bereiche vorgibt. Diese legt u. a. fest:

- Mindestens 6 Meter Abstand zwischen mehreren Sonden eines Systems, um thermische Entkopplung zu gewährleisten,
- Mindestens 3 Meter Abstand zur Grundstücksgrenze,
- Mindestens 2 Meter Abstand zu bestehenden Gebäuden.

Diese Regelungen sind auch in Sachsen verbindlich anzuwenden und bilden die Grundlage für wasserrechtliche Anzeigen und Genehmigungen bei der Unteren Wasserbehörde. Ergänzend empfiehlt es sich, bei der Planung von Bohrungen ab 100 m Tiefe eine frühzeitige Abstimmung mit der Bergbehörde des Freistaats Sachsen vorzunehmen, um ggf. eine Betriebsplanpflicht gemäß § 127 BBergG zu prüfen.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren stellen eine Alternative zu vertikalen Sonden dar und eignen sich besonders für Grundstücke mit größerer verfügbarer Fläche – was im ländlich geprägten Raum um Waldheim häufig gegeben ist. Diese Systeme bestehen aus flach im Erdreich (1–2 m Tiefe) verlegten Rohrschleifen, in denen ebenfalls eine

Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Die über die Fläche aufgenommene Erdwärme wird einer Wärmepumpe zugeführt und zur Gebäudebeheizung oder Warmwasserbereitung genutzt.

Abstandsregelungen nach VDI 4640 Blatt 2

Auch bei Flächenkollektoren schreibt die VDI 4640 Blatt 2 bestimmte Abstände vor, um thermische Beeinflussungen und nachbarschaftliche Konflikte zu vermeiden:

- 6 Meter Mindestabstand zwischen einzelnen Kollektorsträngen zur Vermeidung thermischer Überlagerungen,
- 3 Meter Abstand zur Nachbargrenze,
- 2 Meter Abstand zu Gebäuden.

Die typische Verlegetiefe zwischen 1,0 und 2,0 Metern sorgt für eine kosteneffiziente Installation und eine gute Wärmeausbeute. Wichtig ist hierbei, dass keine Schutzgebiete oder stark wasserführende Schichten im oberen Bodenprofil tangiert werden – was durch eine standortbezogene Prüfung im Vorfeld zu klären ist.

Berechnung nach VDI 4640

Zur Abschätzung des geothermischen Potenzials und zur Vorbereitung der Bohrprofilberechnung nach VDI 4640 wurden die öffentlich zugänglichen Daten der Bohrpunktkarte der BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: <https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de>) verwendet. Die interaktive Karte bietet eine umfassende Übersicht über verfügbare Bohrpunkte, deren Tiefen und Verteilung in verschiedenen Regionen Deutschlands, welche auch im GIS weiterverarbeitet werden können.

In der Abbildung 3 ist der Gemeinde Waldheim in einer Einzelpunktdarstellung visualisiert. Insgesamt wurden 840 Bohrungen im Gebiet durchgeführt. Jeder Punkt steht für eine dokumentierte Bohrung und ist farblich und in der Symbolik nach Tiefe codiert:

- helle und kleine Symbolik repräsentiert Bohrungen bis 25m,
- dunklere Töne und große Symbolik stehen für tiefere Bohrungen bis 130 m.

Die Verteilung zeigt oberflächennahe Bohrungen, wobei besonders viele Bohrungen unter 40 Metern zu verzeichnen sind.

Zur Einschätzung des geothermischen Potenzials wurden drei exemplarische Bohrszenarien in der Region Waldheim (Sachsen) unter Berücksichtigung der geologischen Untergrundbedingungen simuliert. Die Berechnung der nutzbaren Energiemenge erfolgte gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 4640 (Tabelle 9), wobei insbesondere die Bohrtiefe, der Untergrundtyp sowie die spezifische Entzugsleistung als zentrale Einflussfaktoren einbezogen wurden.

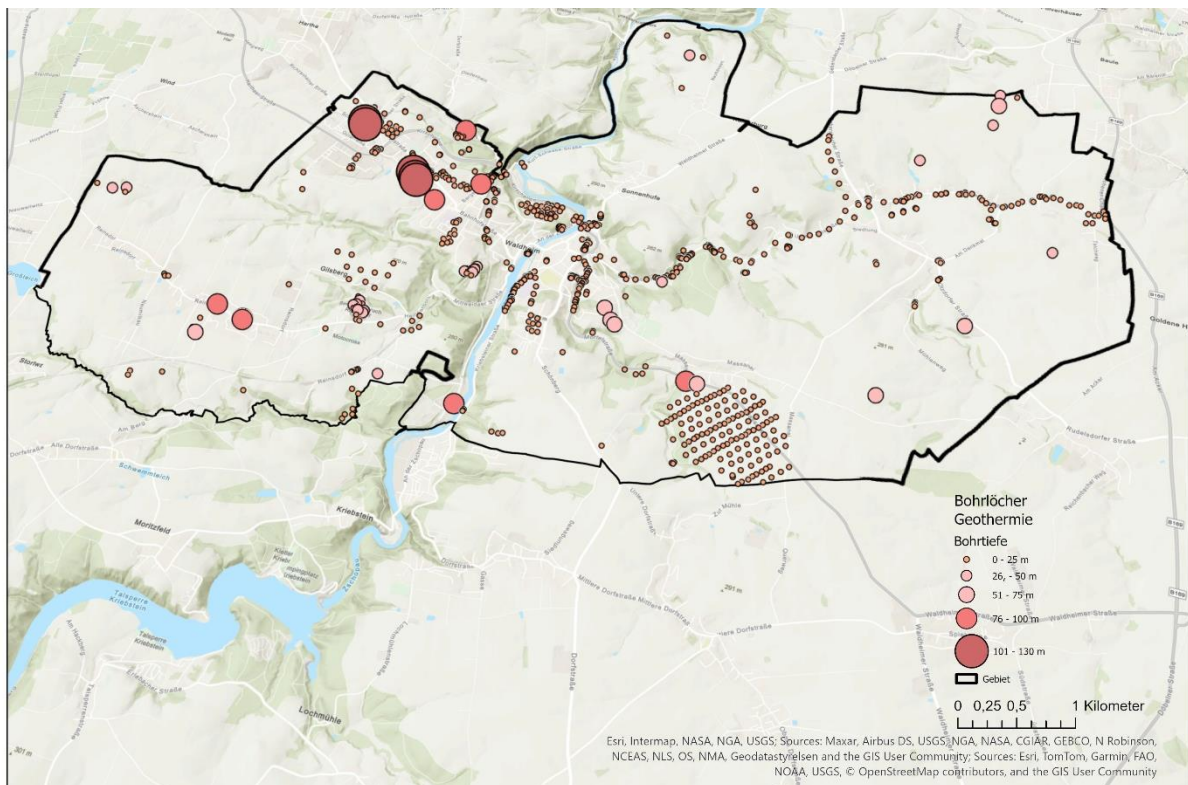
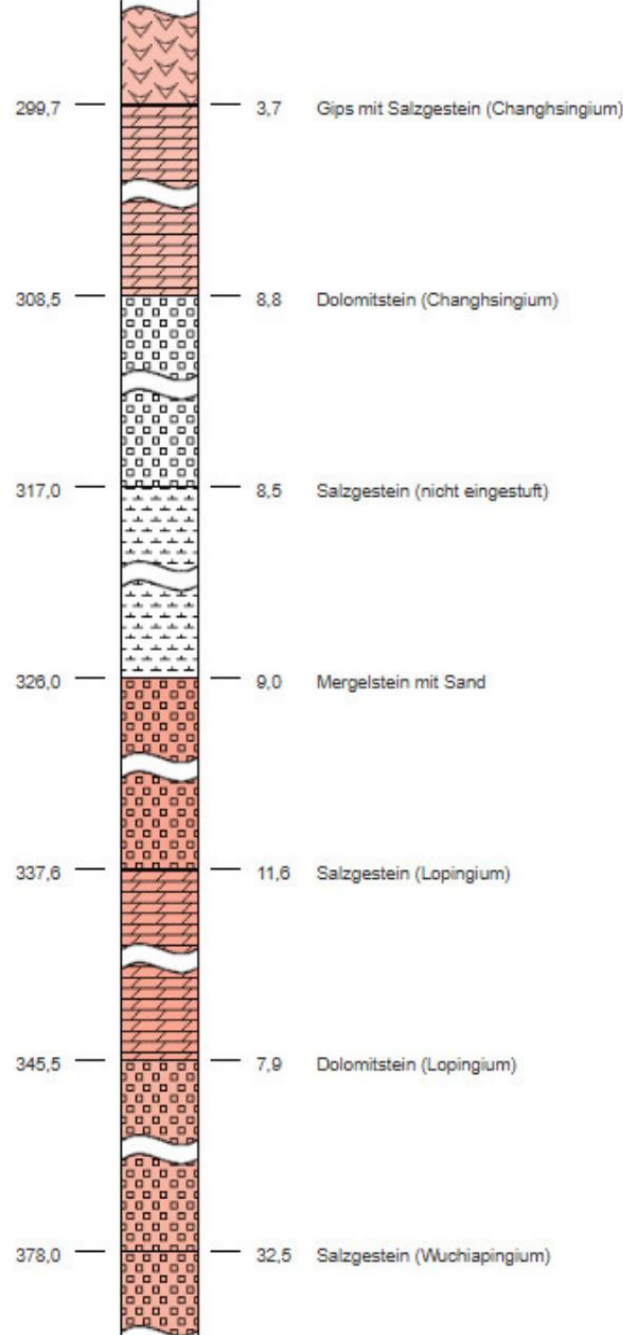
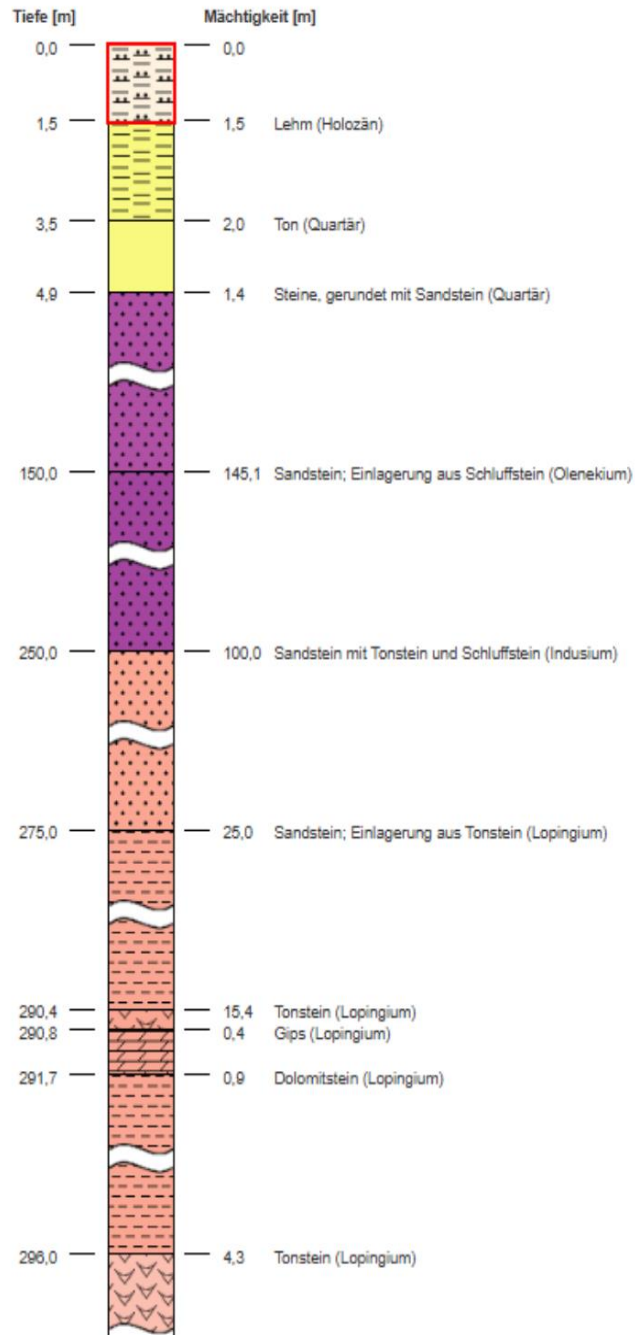


Abbildung 48: Verteilung der Bohrpunkte in der Gemeinde Waldheim

Tabelle 9: Spezifische Wärmeentzugsleistungen für unterschiedliche Untergründe (VDI 4640)

Geologischer Untergrund	Spezifische Entzugsleistung für 1800 Stunden (W/m)	Spezifische Entzugsleistung für 2400 Stunden (W/m)
Schlechter Untergrund (trockenes Sediment) ($\lambda < 1,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	25	20
Normaler Festgesteinsuntergrund und wassergesättigtes Sediment ($\lambda = 1,5 - 3,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	60	50
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit ($\lambda > 3,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	84	70
Kies, Sand, trocken	21	16
Kies, Sand, wasserführend	72,5	60
bei starkem Grundwasserfluss in Kies und Sand, für Einzelanlagen	90	90
Ton, Lehm, feucht	42,5	35
Kalkstein, massiv	62,5	52,5
Sandstein	72,5	60
saure Magmatite (z.B. Granit)	75	62,5
basische Magmatite (z.B. Basalt)	57,5	45
Gneis	77,5	65



Wie in Abbildung 49 zu sehen, liegen die Bohrungen in einer Landschaft, die von Löss beziehungsweise Schluffgestein geprägt ist.

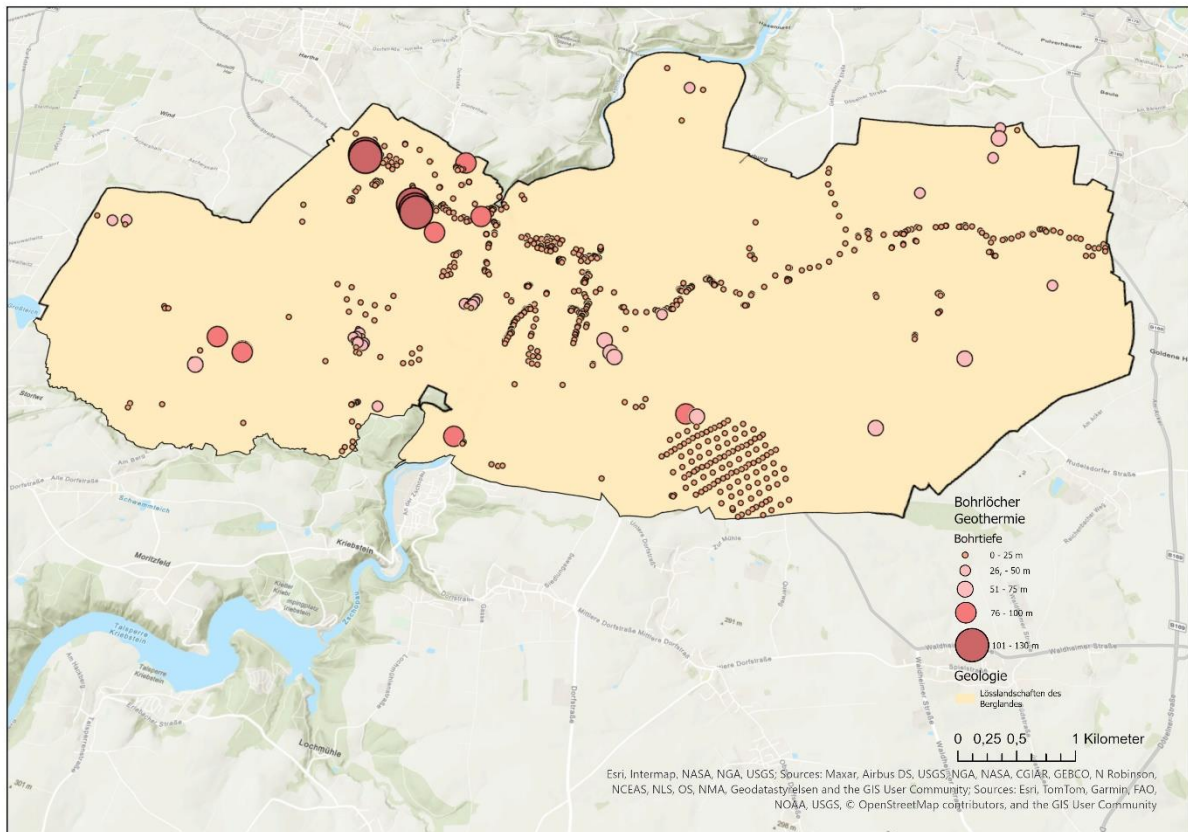


Abbildung 49: Bohrpunkte und Geologie

Aus diesem Grund wird für die folgenden Szenarien das Sediment Schluff angenommen. Darüber hinaus weist ein Großteil der Bohrlöcher Tiefen bis 40 m auf, weshalb bei den Berechnungen eine entsprechend geringe Bohrtiefe verwandt wurde. Von den insgesamt 840 Bohrlöchern weisen 817 eine Bohrtiefe von weniger als 40 m auf. Sehr wenige Bohrungen erfolgten in größeren Tiefen (23 Bohrungen, Bohrtiefe > 70m).

Die Werte für die spezifische Entzugsleistung wurden den Daten des Geothermieatlas Sachsen (<https://www.geologie.sachsen.de/geothermieatlas-13914.html>) entnommen. Die folgenden Abbildungen zeigen die räumliche Verteilung der spezifischen Entzugsleistung bei 1800 Stunden beziehungsweise 2400 Stunden Arbeitsleistung in 40 Metern Tiefe.

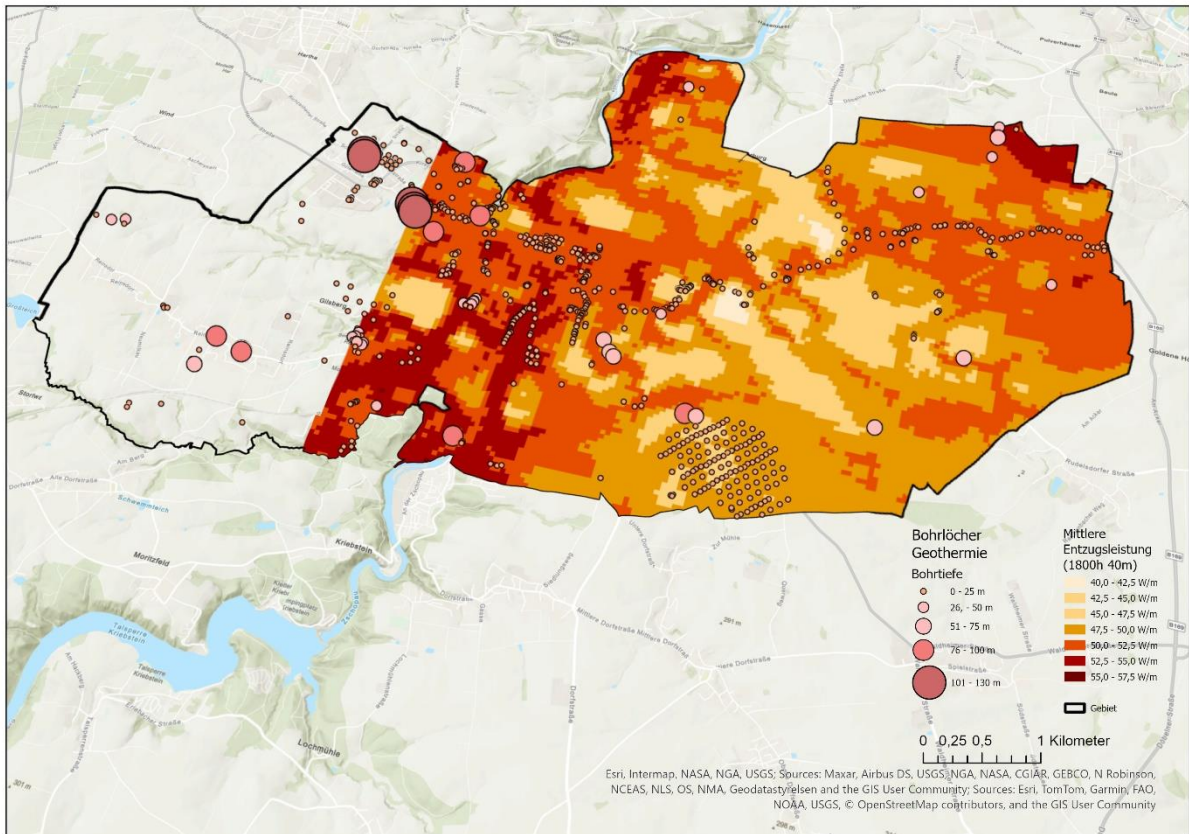


Abbildung 50: Geothermisches Potenzial bei 1800h Arbeitsleistung in 40m Tiefe

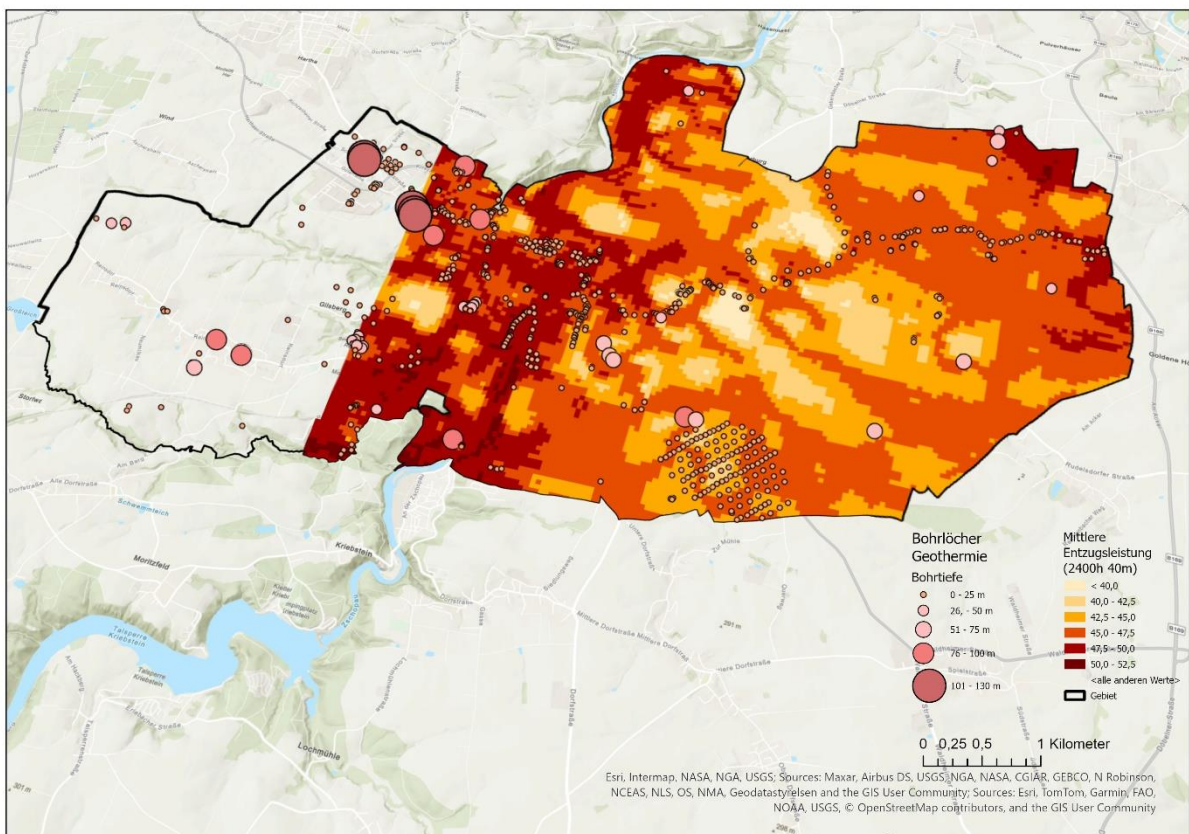


Abbildung 51: Geothermisches Potenzial bei 2400 h Arbeitsleistung in 40m Tiefe

Eine Auswertung der Daten im GIS zeigte, dass bei einer Arbeitsleistung von 1800 Stunden 542 von 817 Bohrlöchern eine Entzugsleistung zwischen 47,5 – 52,5 W/m aufwiesen. Bei einer Arbeitsleistung von 2400 Stunden wiesen 564 eine mittlere Entzugsleistung zwischen 45,0 – 50 W/m auf (vgl. Tabelle).

Tabelle 10: Verteilung der mittleren spezifischen Entzugsleistung

1800 h/40m		2400 h/40m	
W/m	Anzahl Bohrlöcher	W/m	Anzahl Bohrlöcher
40 – 42,5	2	< 40	5
42,5 - 45	14	40 - 42,5	30
45 – 47,5	50	42,5 - 45	110
47,5 - 50	174	45 - 47,5	338
50 – 52,5	368	47,5 - 50	226
52,5 - 55	110	50 – 52,5	9

Da ein Großteil der Bohrlöcher eine Bohrtiefe von unter 40 m aufweist wurde dies in den folgenden Szenarien berücksichtigt. Für die spezifische Entzugsleistung wurde bei 1800 Arbeitsstunden ein mittlerer Wert von 50 W/m angenommen. Für 2400 Arbeitsstunden ein Wert von 48 W/m.

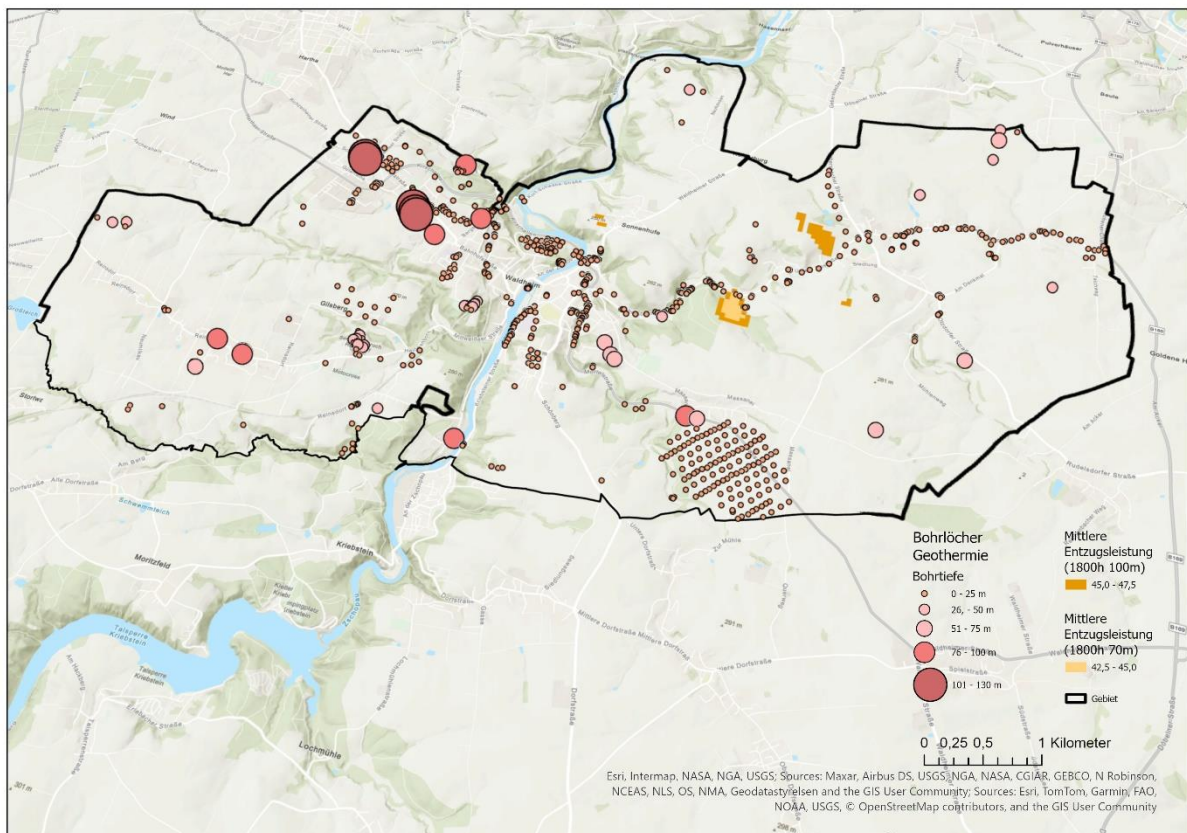


Abbildung 52: Geothermisches Potenzial in 70 m und 100 m Tiefe

Die Gemeinde Waldheim weist in einigen kleineren Gebieten geothermische Potenziale in größeren Tiefen auf. Diese wurden im dritten Szenario berücksichtigt.

Tabelle 11: Vergleich verschiedener Szenarien für geothermische Erdwärmesonden

Kriterien	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Bohrtiefe [m]	40	40	100
Sediment	Schluff	Schluff	Schluff
spez. Entzugsleistung [W/m]	50	48	46
Betriebsstunden [h]	1800	2400	1800
nutzbare Energiemenge [kWh/a]	3.600	4.560	8.280

Die nutzbare Energiemenge Q ergibt sich aus:

$$\frac{\text{kWh}}{a} = \frac{\text{Bohrtiefe [m]} * \text{spez. Entzugsleistung} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}} \right] * \text{Betriebsstunden [h]}}{1000}$$

Diese Formel wurde zur Ermittlung der Werte in Tabelle 3 verwendet. Die Ergebnisse zeigen einen linearen Anstieg der nutzbaren Energiemenge mit zunehmender Bohrtiefe, was im Wesentlichen auf die größere Wärmetausfläche sowie das größere temperierte Volumen im Untergrund zurückzuführen ist.

Gestein/Material	Wärmeleitfähigkeit in W/mK		Wärmekapazität in MJ/m ³ K	
	feucht	wassergesättigt	Min	Max
Torf, Mudde	0.7	0.7	0.5	3.8
Ton	1.8	1.8	2.0	2.8
Schluff	1.8	1.8	2.0	2.8
Sand	1.4	2.4	2.2	2.8
Kies	0.4	2.0	2.2	2.6
Geschiebemergel, -lehm	2.4	2.4	1.5	2.5
Mergel (Kalk-, Tonmergel)	1.8	1.8	n.a.	n.a.
Tonstein	2.2	2.2	2.1	2.4
Schluffstein	2.2	2.2	2.1	2.4
Sandstein	2.8	2.8	1.8	2.6
Mergelstein (Kalk-, Tonmergelstein)	2.3	2.3	2.2	2.3
Schreibkreide	1.6	1.6	n.a.	n.a.
Kalkstein	2.7	2.7	2.1	2.4
Luft		0.02		0.0012
Wasser		0.59		4.15
Eis		2.32		1.87
Stahl		60		3.12
Kunststoff (HD-PE)		0.42		1.8
Bentonit		0.60		3.9

Abbildung 53: Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität von Gesteinen und Materialien

Die drei Szenarien zeigen deutlich, dass sowohl Bohrtiefe als auch die thermischen Eigenschaften des Sediments maßgeblich die geothermisch nutzbare Energie beeinflussen. Besonders bei zunehmender Tiefe steigt der Einfluss des Untergrundmaterials, da sich über größere Tiefen auch geringfügige Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit stärker auswirken.

Die getroffenen Annahmen (z. B. Betriebsstunden, Entzugsleistungen) entsprechen praxisnahen Bedingungen kleiner bis mittlerer Erdwärmeanlagen im privaten oder kommunalen Bereich. Die Berechnung erlaubt somit eine erste realistische Abschätzung der Energiepotenziale und dient als Grundlage für die weitere Planung – etwa zur Dimensionierung von Wärmepumpensystemen oder zur Entscheidung über die Wirtschaftlichkeit einer Bohrmaßnahme.

3.4. Mittlere- und Tiefe Geothermie

Die Nutzung von Erdwärme aus mitteltiefen und tiefen geologischen Schichten stellt eine besonders nachhaltige Form der Energiegewinnung dar. Die Tiefe Geothermie gliedert sich in die hydrothermale Geothermie, die warme Grundwässer aus Aquiferen direkt nutzt sowie die petrothermale Geothermie. Diese entzieht dem Gestein Wärme über einen künstlichen Wasserkreislauf.

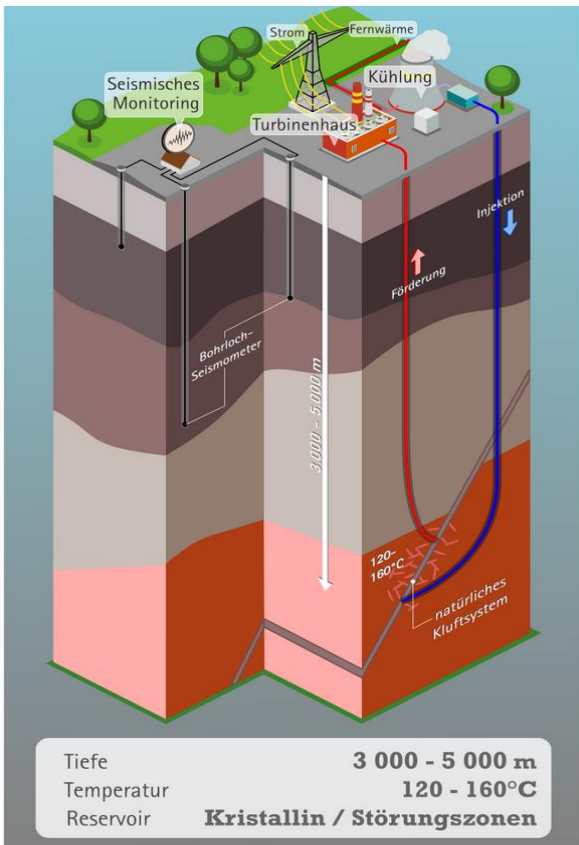
In Sachsen treten für hydrothermale Geothermie geeignete tiefliegende wasserführende Sedimentschichten nur in Tiefen bis ca. 2 000 m im Nordosten des Freistaates auf. Die dort angetroffenen Wässer besitzen mit ca. 60°C eine relativ geringe Austrittstemperatur und kommen für eine Stromerzeugung nicht infrage (vgl. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (<https://www.geologie.sachsen.de/tiefe-geothermie-27219.html>)).

In der Region Waldheim liegen günstige geologische Voraussetzungen vor, um mit Hilfe der petrothermalen Geothermie Potenziale für die Wärmeversorgung zu erschließen. Waldheim liegt in einer Region, die geologisch durch das sächsische Granulitgebirge und angrenzende Gneise geprägt ist. Tiefe Bohrungen (mehrere Tausend Meter) in das kristalline Gestein könnten Wärme liefern.

Eine Stromgenerierung wäre hier im sächsischen Grundgebirge über petrothermale Systeme möglich. Die Funktionsweise beschreibt das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wie folgt:

Die Erschließung des Potenzials erfolgt über natürliche Kluftsysteme oder über zu schaffende geothermische Reservoirs in geeigneten Gesteinskomplexen. Über eine Tiefbohrung wird zugeführtes kühles Wasser auf über 130°C aufgeheizt und mittels einer Produktionsbohrung einer Kraftwerksanlage zur Stromgenerierung und/oder einer Wärmenutzung zugeführt.

Eine 2011 veröffentlichte Studie des Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie hat in Sachsen drei Vorzugsgebiete identifiziert, die für die Gewinnung von Erdwärme aus tiefen Regionen in Frage kommen. Hierfür wurden das Erzgebirge und angrenzende Bereiche (wie Waldheim-Halsbrücke-Schellerhau-Cínovec) untersucht. Diese Bereiche deuten darauf hin, dass in Tiefen bis zu 5 km nutzbare Temperaturen erreicht werden könnten. Allerdings müssten die geologischen Verhältnisse spezifisch bewertet werden. Die Region Waldheim liegt mit der Tiefenbruchstörung 3. Ordnung Waldheim-Halsbrücke-Zinnwald im Vorzugsgebiet Freiberg.



Prinzip der petrothermalen Tiefengeothermie - schematische Darstellung einer sog. Doublette. © LIULG

Abbildung 54: Prinzip der petrothermalen Tiefengeothermie

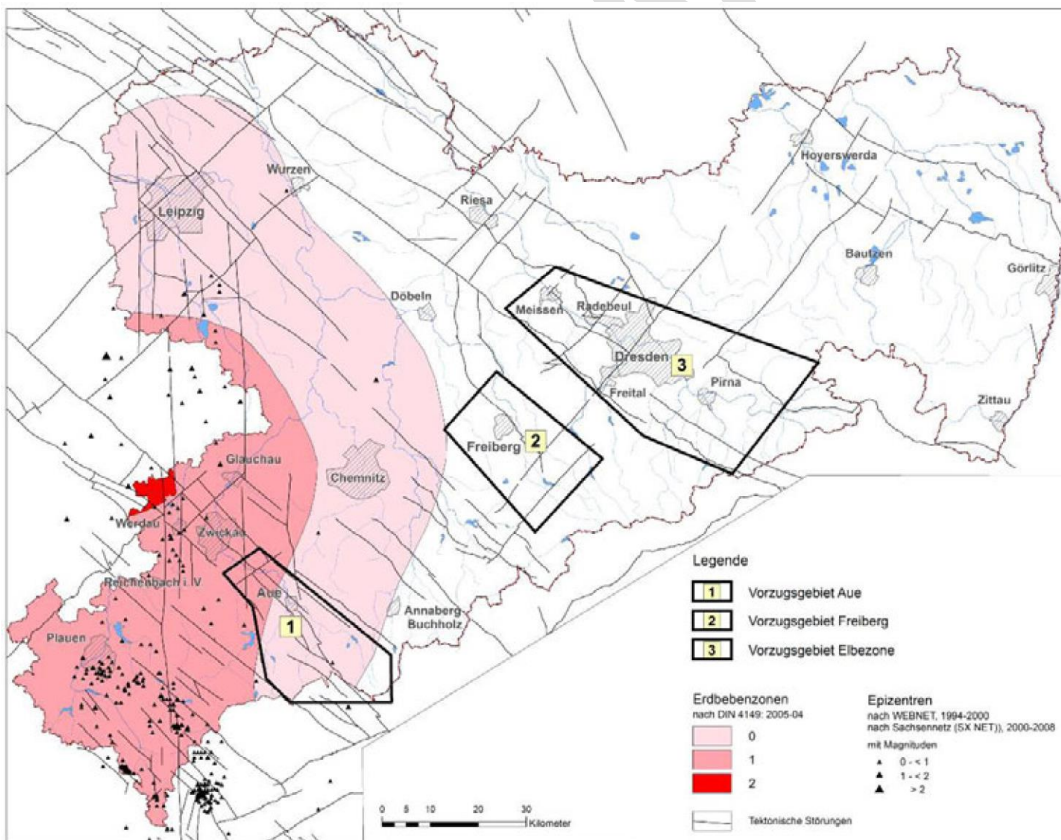


Abbildung 55: Vorzugsgebiete für tiefe Erdwärme¹¹

¹¹ <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15145/documents/18233>

In Sachsen wird intensiv an der Tiefengeothermie geforscht, da in bestimmten Regionen große Potenziale vermutet werden. Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von einer detaillierten geologischen Vorerkundung und den hohen Anfangsinvestitionen ab. Für konkrete Projekte ist eine Anfrage beim Geologischen Landesamt Sachsen notwendig

3.5. Abwärme

Abwärme bezeichnet thermische Energie, die bei industriellen oder gewerblichen Prozessen als unvermeidbares Nebenprodukt entsteht. Diese Abwärme tritt häufig in Bereichen wie der Metall- oder Holzverarbeitung, in der Lebensmittel- und chemischen Industrie oder bei der Abwärmeabgabe aus Rechenzentren und Kälteanlagen auf. Leider wird sie oft ungenutzt an die Umwelt abgegeben, obwohl sie ein erhebliches Potenzial für eine klimafreundliche Wärmeversorgung bietet. Technisch kann diese Abwärme relativ einfach über Wärmetauscher aufgenommen und – je nach Temperaturniveau – direkt oder mithilfe von Wärmepumpen und Wärmespeichern in ein Nah- oder Fernwärmenetz integriert werden. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass Abwärme in der Regel kostengünstig zur Verfügung steht, da sie ohnehin im Produktionsprozess entsteht und nur ein vergleichsweise geringer technischer Aufwand erforderlich ist, um sie nutzbar zu machen.

Für die Stadt Waldheim wurde ein relevantes Potenzial an unvermeidbarer industrieller Abwärme an zwei Standorten identifiziert. Die Erfassung erfolgte gemäß den Vorgaben des § 17 Abs. 1 Nr. 3 und Nr. 6 EnEg. Das Werk ist über die Plattform für Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz öffentlich gelistet.

- Unternehmen: Kaufland Vertrieb 418 GmbH & Co. KG
- Adresse: Hauptstraße 107, 04736 Waldheim
- Datenquelle: Plattform für Abwärme der BfEE, Stand Juli 2025
https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html

Tabelle 12: Erfasste Abwärmeströme am Standort Danpower GmbH

Aggregat (Ofen / Zone)	Wärmemenge ¹² (kWh/a)	Max. therm. Leistung ^{**13} (kW)
Abwärme aus Gewerbekälteanlage	2.169.947	1.270

Das gesamte Abwärmepotenzial am Standort Waldheim summiert sich auf 2,17 GWh pro Jahr mit einer maximalen thermischen Leistung von 1.270 kW. Diese Abwärme kann direkt oder durch den Einsatz von Wärmepumpen in ein Nah- oder Fernwärmesystem integriert werden.

¹² Es ist ein Maß dafür, wie viel Energie innerhalb eines Kalenderjahres von einem Abwärmepotential an die Umwelt abgegeben wird

¹³ Gibt an wie viel Wärme ein Potential pro Zeiteinheit maximal abgeben wird

3.6. Außenluft

Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen die in der Außenluft vorhandene Umweltwärme, um diese für die Beheizung von Gebäuden und die Warmwasserbereitung technisch nutzbar zu machen. Selbst bei niedrigen Außentemperaturen enthalten große Luftmassen noch nutzbare thermische Energie. Mithilfe eines elektrisch betriebenen Prozesses kann diese Umweltenergie auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und effizient für die Wärmeversorgung eingesetzt werden. Luft-Wärmepumpen zählen somit zu den Schlüsseltechnologien im Rahmen der Wärmewende und bieten eine praxiserprobte Lösung zur klimafreundlichen Versorgung sowohl von Bestandsgebäuden als auch von Neubauten.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie liegt in der vergleichsweise einfachen Erschließung: Im Gegensatz zu Erd- oder Grundwasser-Wärmepumpen ist keine Tiefenbohrung oder wasserrechtliche Genehmigung erforderlich. Dies ermöglicht einen breiten Anwendungsbereich, von Einfamilienhäusern bis hin zu Mehrfamilienhäusern oder kleineren Nahwärmelösungen auf Quartiersebene.

Die technische Funktionsweise basiert auf einem geschlossenen thermodynamischen Kreisprozess, bei dem ein spezielles Kältemittel als Wärmeträger dient. Dieser Prozess gliedert sich in vier Hauptphasen:

Wärmeaufnahme durch die Umgebungsluft

Über einen Ventilator wird Außenluft angesaugt. Im Verdampfer überträgt diese Luft ihre thermische Energie auf das flüssige Kältemittel, das dabei verdampft – also in einen gasförmigen Zustand übergeht.

Verdichtung (Kompression)

Das gasförmige Kältemittel wird im Kompressor unter hohem Druck verdichtet. Dabei steigt seine Temperatur erheblich an, was die Nutzung für Heizzwecke ermöglicht.

Wärmeübertragung an das Heizsystem

Im Kondensator gibt das nun heiße Kältemittel seine Energie an das interne Heizmedium (in der Regel Wasser) ab. Dadurch kondensiert es wieder zu einer Flüssigkeit.

Druckentspannung und Kreislaufschluss

Über ein Expansionsventil wird das Kältemittel wieder entspannt, wodurch es stark abkühlt und erneut in den Verdampfer gelangt. Der Kreislauf beginnt von vorn.

Die nachstehende Abbildung zeigt diesen Kreislauf exemplarisch auf:

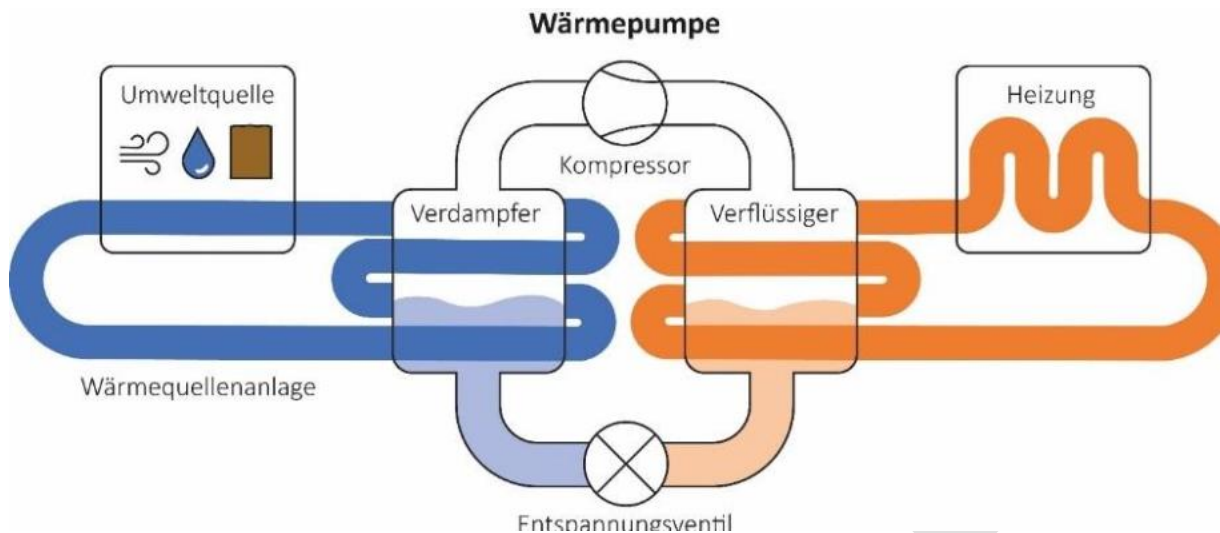


Abbildung 56: Funktionsweise einer Wärmepumpe, Quelle: DSK GmbH

Wesentliche limitierende Faktoren für Luft-Wärmepumpen sind dabei Schallemissionswerte zu Nachbargebäuden, welche besonders in dichtbesiedelten Gebieten auftreten können.

Tabelle 13: Tabelle 6: Abstandsregelungen Wärmepumpennutzung nach Gebieten

Gebietstyp (FNP / BauNVO)	Nachtgrenzwert [dB(A)]	Erforderlicher Mindestabstand bei Spitzenlast 50 dB (A)
Reines Wohngebiet (WR)	35	5,6 m
Allgemeines Wohngebiet (WA)	40	3,2 m
Dorfgebiet (MD)	40-45	3,2-1,8 m
Mischgebiet (MI)	45	1,8 m
Wohnbaufläche (FNP)	35-40	5,6-3,2 m
Sonderbaufläche (SO)	35-55	5,6-<1 m
Gewerbegebiet (GE)	50	≤ 1 m
Industriegebiet (GI)	70	Direkte Aufstellung möglich

Tabelle 13 zeigt mögliche Einschränkungen für den Einsatz von Wärmepumpen und nennt die erforderlichen Mindestabstände bei Spitzenlasten in unterschiedlichen Gebietstypen, etwa dicht bebauten Wohngebieten, dörflichen Strukturen oder Gewerbegebieten. Auf Grundlage der Abstands- und Lärmkriterien wurde eine Eignungskarte erstellt, die die Bebauungsstruktur auswertet und Gebiete hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für eine Wärmeversorgung mit Wärmepumpen bewertet (siehe Abbildung 57)

Im Untersuchungsgebiet wurden nur wenige Gebiete rechnerisch als ungeeignet für den Einsatz von Wärmepumpen eingestuft. Selbst dort kann in der Regel bei einer standortbezogenen Prüfung sichergestellt werden, dass die erforderlichen Abstandsregelungen eingehalten werden.

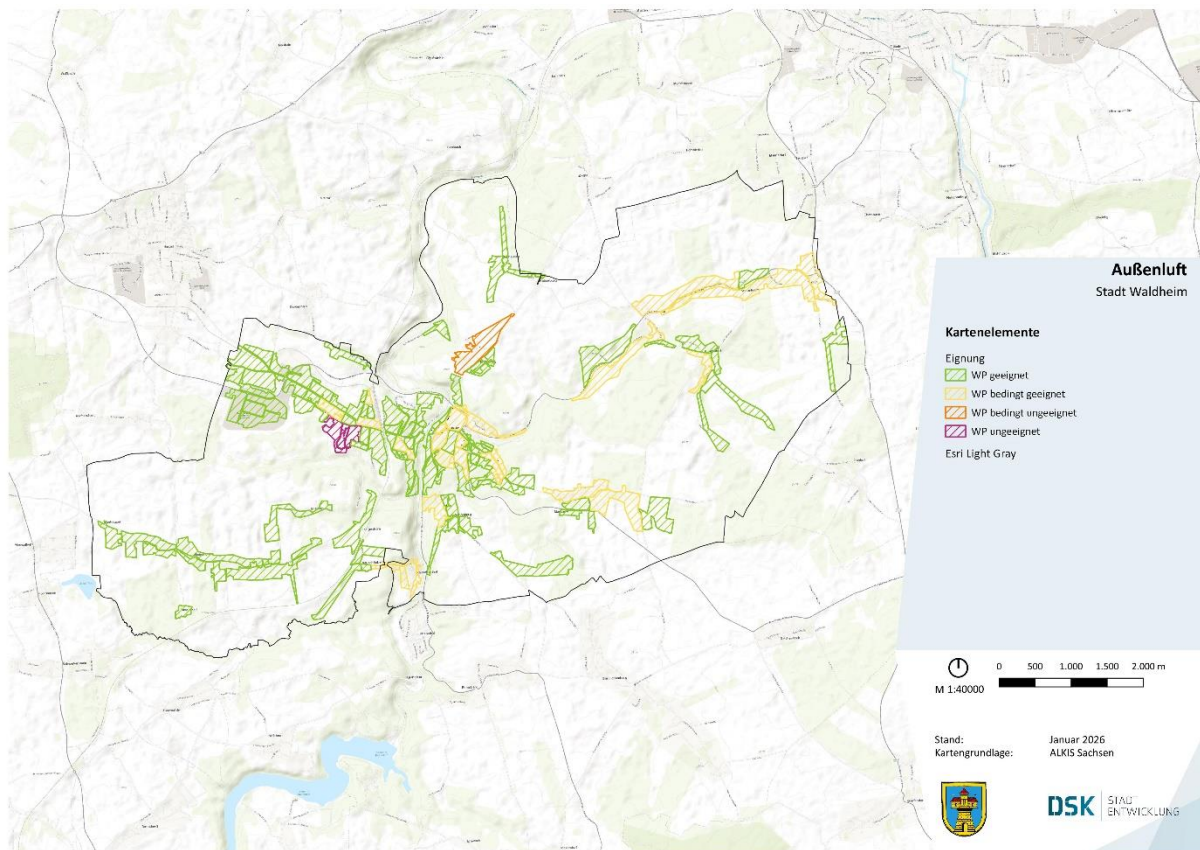


Abbildung 57: Wärmepumpenanalyse

3.7. Dachflächen Solarthermie / Photovoltaik (PV)

Solare Energiequellen nehmen eine zentrale Rolle in der Transformation der Wärme- und Stromversorgung ein. Insbesondere **Photovoltaik (PV)** und **Solarthermie** ermöglichen eine direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung und stellen damit unverzichtbare Bausteine für eine klimaneutrale Energieversorgung auf kommunaler Ebene dar. Beide Technologien greifen auf die gleiche primäre Energiequelle, die Sonnenstrahlung, zurück. Sie setzen diese jedoch auf unterschiedliche Weisen um: Photovoltaik zur **Stromerzeugung**, Solarthermie zur **Wärmegewinnung**.

Stromerzeugung durch den Photoeffekt

Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenlicht mittels des sogenannten Photoeffekts direkt in elektrische Energie um. In den Solarzellen, meist aus Silizium gefertigt, werden durch einfallende Photonen Elektronen aus dem Kristallgitter gelöst. Diese freiwerdenden Elektronen werden durch ein elektrisches Feld in der Zelle getrennt und erzeugen dadurch einen Gleichstrom. Über einen Wechselrichter wird dieser in netzkompatiblen Wechselstrom umgewandelt.

Die Stromerzeugung erfolgt emissionsfrei und lässt sich flexibel auf Dächern, Fassaden oder Freiflächen integrieren. In der kommunalen Wärmeplanung kann Photovoltaik beispielsweise zur Deckung des Strombedarfs

von Wärmepumpen, Quartiersspeichern oder Netzpumpen beitragen und damit sektorenübergreifende Synergien schaffen.

Wärmebereitstellung durch Sonnenkollektoren

Solarthermische Anlagen nutzen die Sonneneinstrahlung, um Wärme direkt bereitzustellen. In Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren wird ein Wärmeträgermedium (meist Wasser oder ein Wasser-Glykol-Gemisch) durch Sonnenenergie erwärmt. Dieses zirkuliert in einem geschlossenen Wärmeaustauschkreislauf zwischen den Kollektoren und einem Wärmespeicher.

Im Speicher wird die übertragene Wärme zwischengespeichert und kann anschließend für die Trinkwassererwärmung oder die Gebäudeheizung genutzt werden. Solarthermieanlagen zeichnen sich durch hohe Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Sonnenstrahlung in nutzbare Wärme aus und sind besonders effektiv in Kombination mit Niedertemperatursystemen und saisonalen Speichern.

Die Analyse zur Nutzung von Dachflächen für Photovoltaik im südlichen Saaletal basiert auf einem mehrstufigen methodischen Verfahren, das auf geodatenbasierten Auswertungen beruht. Ziel ist es, das technisch realisierbare Solarpotenzial präzise und standortgenau zu erfassen.

Im ersten Schritt wurden auf Basis von LOD2-Gebäudemodellen aus dem sächsischen ALKIS-Datensatz sämtliche Dachflächen im Untersuchungsgebiet erfasst. Ergänzt wurden diese durch ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) mit einer Auflösung von 1×1 Meter sowie meteorologischen Strahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes. Diese Grundlage ermöglicht eine detaillierte Berechnung der jährlichen Globalstrahlung auf jeder einzelnen Dachfläche – unter Einbezug der geografischen Ausrichtung, Neigung und Verschattung durch umliegende Bebauung oder Vegetation.

Im Rahmen der Analyse wurden bestimmte Flächen ausgeschlossen, um die Ergebnisqualität zu optimieren. So gelten Dachflächen mit einer Neigung von mehr als 60 Grad als ungeeignet für die Installation von PV-Modulen und wurden daher nicht berücksichtigt. Ebenso wurden alle Flächen ausgefiltert, deren simulierte jährliche Sonneneinstrahlung unter 600 kWh pro Quadratmeter liegt – ein Wert, unterhalb dessen ein wirtschaftlicher Betrieb in der Regel nicht mehr darstellbar ist.

Die verbleibenden, als geeignet bewerteten Dachflächen wurden sodann mit den berechneten Strahlungswerten verschnitten. Dadurch konnte für jede Fläche das spezifische Solarpotenzial auf Quadratmeterbasis bestimmt werden. Die Analyse liefert sowohl die aufsummierte Einstrahlung je Dachfläche als auch den Durchschnittswert pro Quadratmeter – eine wichtige Grundlage für die spätere Berechnung möglicher Stromerträge.

In einem weiteren Analyseschritt wurden diese Flächen mit Annahmen zur technischen Belegung von PV-Modulen kombiniert. So lassen sich unterschiedliche Modultypen und Wirkungsgrade simulieren, um potenzielle Ausbaukonfigurationen abzuleiten. Diese Modularität ermöglicht eine flexible Weiterverwendung der Daten –

sei es für politische Zielwertdefinitionen, Bürgerbeteiligungsprojekte oder individuelle Investitionsentscheidungen.

Die methodische Herangehensweise stellt sicher, dass nur die Flächen mit ausreichendem Ertragspotenzial in die Berechnung einfließen. Sie schafft damit eine belastbare und praxisnahe Grundlage für strategische Ausbauentscheidungen im gesamten südlichen Saaletal.

Ermittlung konkreter Photovoltaik-Produktionspotenziale

Die zuvor ermittelten geeigneten Dachflächen wurden in einem weiteren Schritt detailliert analysiert, um das konkrete Photovoltaik-Erzeugungspotenzial je Gemeinde zu ermitteln. Grundlage dieser Berechnung ist die durchschnittliche jährliche Globalstrahlung, die für jede einzelne Dachfläche modelliert wurde. Durch Multiplikation des spezifischen Einstrahlungswertes mit der jeweiligen Dachfläche ergibt sich zunächst ein theoretisches Einstrahlpotenzial in Kilowattstunden pro Jahr.

Dieses Einstrahlpotenzial wurde im Anschluss mit einem exemplarischen Modulwirkungsgrad von 25 % multipliziert, um ein realistisches, jedoch zukunftsgerichtetes Stromerzeugungspotenzial zu ermitteln. Der angenommene Wirkungsgrad liegt über dem heutigen Standard, berücksichtigt jedoch die dynamische Weiterentwicklung der Solartechnologie. Die Effizienz moderner PV-Module steigt kontinuierlich, sodass dieser Wert als ambitionierter, aber plausibler Referenzwert für kommende Ausbaustufen betrachtet werden kann.

Zusätzlich wurde ein pauschaler Abzugsfaktor von 10 % berücksichtigt, um bauliche Einschränkungen wie Dachfenster, Schornsteine oder andere nicht belegbare Dachflächen realistisch zu bewerten. Die abschließende Berechnung des jährlichen Stromerzeugungspotenzials pro Dachfläche folgt somit der Formel:

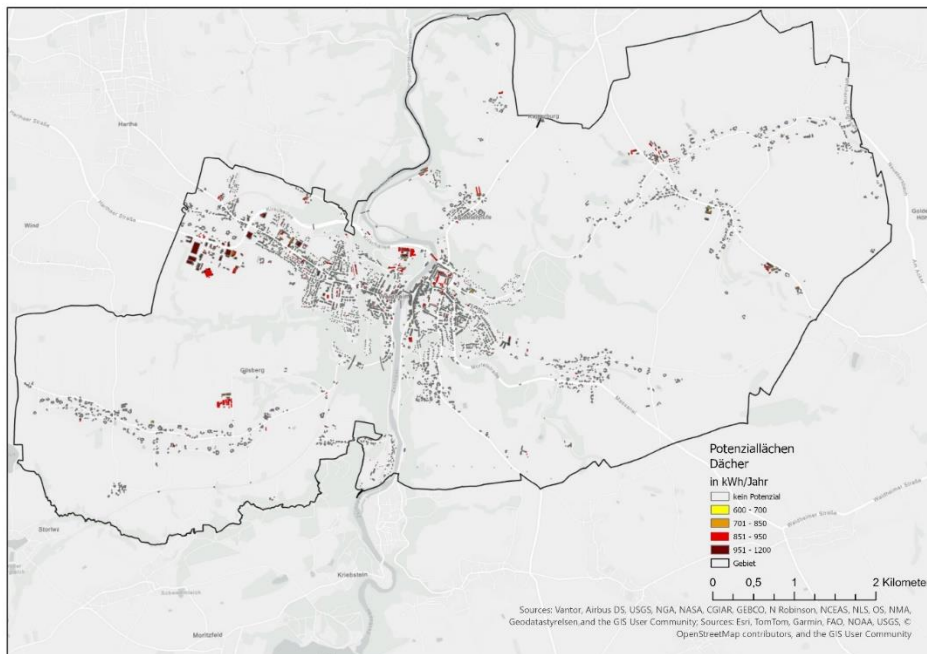
$$\text{Stromertrag (kWh/Jahr)} = \text{Einstrahlung} \times \text{Fläche} \times 0,25 \times 0,95$$

Die daraus resultierende Gesamtaufstellung für das Untersuchungsgebiet zeigt das gesamte technische Potenzial der Solarstromproduktion bei vollständiger Nutzung der ermittelten geeigneten Dachflächen. Nachfolgend werden die untersuchten Dachflächen und das resultierende PV-Produktionspotenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet dargestellt. Die mittleren Einstrahlungswerte liegen bei 931 kWh im Jahr. Das PV-Produktionspotenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet liegt bei 65.518.676 kWh im Jahr.

Produktionspotenzial von Dach-PV - Waldheim

Anzahl Dachflächen	Ø Dachfläche (qm)	Nutzbare Fläche (qm)	Gesamte Einstrahlungswerte (kWh)	Mittlere Einstrahlungswerte (kWh)	PV-Produktionspotenzial (kWh)
1.530	143	297.901	1.415.773	931	65.518.676

Für die gemarkungsscharfe Betrachtung wird in der anschließenden Tabelle das Ergebnis auf Gemarkungsebene aufgeschlüsselt. So ergibt sich jede Kommune die Anzahl der analysierten Gebäude, die insgesamt als geeignet bewertete Dachfläche in Frage kommen sowie das daraus resultierende jährliche Stromerzeugungspotenzial. Wie die folgende Karte zeigt, wurden vielen Dächern keine Einstrahlungswerte zugewiesen, da die Neigung in diesen Gebieten größer als 60 Grad beträgt, was eine Installation von PV-Anlagen erschweren würde.



PV-Dachanalyse Verwaltungsgebiet Waldheim

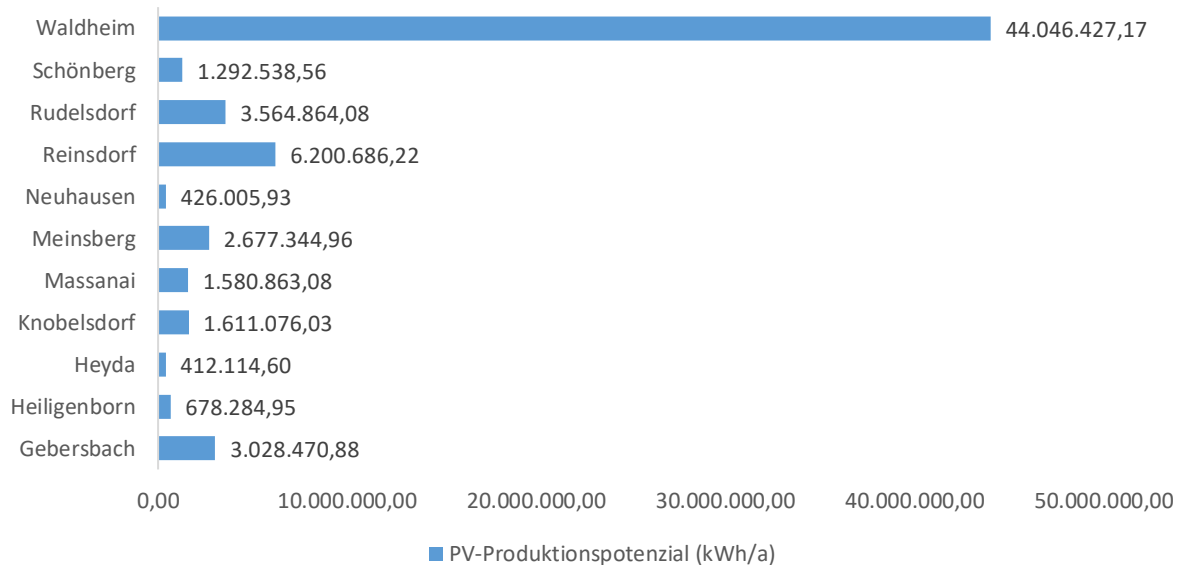
Produktionspotenzial von Dach-PV Waldheim – gemarkungsscharf

Gemeinde/ Stadt	Anzahl Dach- flächen	Ø Dachflächen- fläche (qm)	Nutzbare Fläche (qm)	Gesamte Einstrahlungs- werte (kWh)	Mittlere Einstrahlungs- werte (kWh)	PV- Produktion spotenzial (kWh)
Gebersbach	86	159	13.650	80.342	934,2	3.028.471
Heiligenborn	36	83	2.995	34.328	953,6	678.285
Heyda	22	82	1.803	21.170	962,3	412.115
Knobelsdorf	54	135	7.303	50.162	928,9	1.611.076
Massanai	79	91	7.173	73.316	928	1.580.863
Meinsberg	74	168	12.408	67.231	908,5	2.677.345
Neuhausen	15	126	1.897	14.185	945,7	426.006
Reinsdorf	183	157	28.725	166.337	908,9	6.200.686
Rudelsdorf	68	236	16.078	63.482	933,6	3.564.864
Schönberg	62	96	5.958	56.636	913,5	1.292.539
Waldheim	851	235	199.912	788.582	927,7	44.046.427

Gesamt	1.530	143	297.901	1.415.773	931	65.518.676
--------	-------	-----	---------	-----------	-----	------------

Das mit Abstand höchste PV-Produktionspotenzial mit 44.046.427 kWh im Jahr weist die Gemarkung Waldheim auf, gefolgt von der Gemarkung Reinsdorf mit 6.200.686 kWh im Jahr.

Abbildung 58: PV-Produktionspotenzial nach Gemarkung



Grundsätzlich lassen sich für das Untersuchungsgebiet eher geringe Potenziale im Bereich der Dachflächen identifizieren, die für die energetische Nutzung bspw. auch mit PV- oder Solarthermieanlagen geeignet sind. Das mögliche Erzeugungspotenzial lässt sich jedoch nicht einfach mit dem Wärmeversorgungsbedarf zusammenzuführen. Denn die Erzeugungskurve bei PV- und Solarthermieanlagen korreliert nicht mit der Bedarfskurve im Bereich der Wärmeversorgung. Der Sonnenertrag steht primär in den Sommermonaten zur Verfügung, wogegen die Wärmeabnahme hauptsächlich in den Wintermonaten stattfindet. Die saisonale Speicherung von Strom über längere Zeiträume ist nicht wirtschaftlich sinnvoll. Ebenso kann die solarthermische Wärme nur limitiert gespeichert werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Sonnenenergie in ihrer direkten Form lediglich eine Teilrolle bei der Wärmeversorgung übernehmen kann (Warmwasserbereitung im Sommer, partiell in den Übergangszeiten).

3.8. Freiflächen Photovoltaik

Neben der Nutzung von Dachflächen eröffnet insbesondere der Einsatz von Photovoltaik auf Freiflächen – etwa auf Wiesen, Ackerflächen oder Konversionsarealen – ein erhebliches technisches Potenzial. Rein physikalisch könnten dort aufgrund ihrer Ausdehnung sehr hohe Strommengen erzeugt werden. Technisch wäre ein umfassender Ausbau auf nahezu allen verfügbaren Flächen ohne harte Nutzungseinschränkungen möglich – dies stellt jedoch weder das Ziel noch das planerische Leitbild dieser Analyse dar.

Im Vordergrund steht vielmehr die gezielte Nutzung geeigneter Flächen, etwa zur Deckung bilanzieller Versorgungslücken, für netzbasierte Energieversorgungsvorhaben oder zur Realisierung konkreter Projekte auf kommunaler oder privater Ebene. Entsprechend wurde in dieser Analyse bewusst auf die Berechnung theoretischer Strommengen verzichtet. Stattdessen liegt der Schwerpunkt auf der systematischen Identifikation von Flächen mit geeigneten Rahmenbedingungen – als strategische Reserve oder potenzieller Beitrag zur regionalen Energiewende.

Die Nutzung von Freiflächen für PV ist mit deutlich höheren Anforderungen verbunden als bei Dachanlagen. Im ländlichen Raum konkurriert sie häufig mit bestehenden Nutzungen, wie Landwirtschaft, Tourismus, landschaftlicher Ästhetik oder Erholung. Besonderes Augenmerk gilt daher der Priorisierung bereits versiegelter oder vorbelasteter Flächen, etwa entlang von Infrastrukturachsen oder auf Konversionsarealen – um ökologisch wertvolle oder landwirtschaftlich genutzte Böden möglichst zu schonen.

Grundsätzlich könnten auf allen verfügbaren Flächen ohne harte Ausschlusskriterien PV-Anlagen errichtet werden, allerdings ist dies nicht in allen Fällen wirtschaftlich sinnvoll. Wenn kein großer Verbraucher in unmittelbarer Nähe vorhanden ist, erfolgt die Stromvermarktung in der Regel über die Mechanismen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Auf bestimmten privilegierten Flächen – insbesondere innerhalb eines 500-Meter-Korridors entlang von Bundesautobahnen und Bahntrassen sowie auf Konversionsflächen gemäß § 48 EEG Abs. 1 Nr. 3c – ist eine wirtschaftliche Nutzung durch EEG-Förderung gezielt möglich. Seit Anfang 2023 gelten 200-Meter-Korridore entlang dieser Infrastrukturen zudem als bauplanungsrechtlich privilegiert (§ 35 BauGB Abs. 1 Nr. 8b). Darüber hinaus erlaubt das EEG bereits seit 2016 unter bestimmten Bedingungen die Nutzung von landwirtschaftlich benachteiligten Flächen, was auf einen großen Teil der Gebietskulisse zutrifft. Gleichzeitig nimmt die Bedeutung von Direktvermarktungsmodellen zu: Angesichts steigender Strompreise können große PV-Freiflächenanlagen zunehmend auch ohne EEG-Vergütung wirtschaftlich betrieben werden – insbesondere dann, wenn regionale Abnehmer, PPAs (Power Purchase Agreements) oder Speicherlösungen vorhanden sind.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Analyse eine abgestufte Bewertung potenzieller Freiflächen vorgenommen. Ziel war es nicht, pauschal Ausbauflächen zu definieren, sondern solche Flächen zu identifizieren, die unter realistischen Bedingungen und unter Berücksichtigung bestehender Nutzungsinteressen tatsächlich für eine PV-Nutzung in Frage kommen könnten.

Zur systematischen Bewertung wurde eine sogenannte Flächenkulisse entwickelt, die auf drei Kategorien von Standortfaktoren basiert:

- **Harte Ausschlusskriterien (HK):** führen zum vollständigen Ausschluss der betreffenden Flächen (z. B. Naturschutzgebiete).
- **Weiche Ausschlusskriterien (WK):** mindern die Eignung einer Fläche und wurden mit negativen Punktwerten belegt.

- **Begünstigende Faktoren:** steigern die Eignung und wurden mit Pluspunkten versehen – je nach Ausprägung und Relevanz.

Die resultierenden Punktwerte erlauben eine abgestufte Bewertung der Eignung: Flächen mit vielen positiven Standortmerkmalen und wenigen Nutzungskonflikten werden höher bewertet, während konfliktbehaftete Standorte entsprechend niedriger eingestuft sind. Die folgende Tabelle gibt einen vollständigen Überblick über die angewandten Kriterien und deren jeweilige Bewertung:

Übersicht der Kriterien zur Flächenkulisse für PV-Anlagen auf Freiflächen¹⁴

Kriterium	Eignung / Ausschluss	Wert	Kriterium	Eignung / Ausschluss	Wert
Vogelschutzgebiet	HK	-	Burgen und historische Sehenswürdigkeiten (1km Abstand)	WK	-2
Naturschutzgebiet	HK	-	Hangausrichtung N, NO, NW und Neigung > 5°	WK	-1
FFH-Schutzgebiet	HK	-	Vorbehaltsgebiet Freiraumsicherung	WK	-1
Biotope	HK	-	Vorbehaltsgebiet Landwirtschaftliche Bodennutzung	WK	-1
EKIS-Ausgleichsflächen	HK	-	Landschaftsschutzgebiet	WK	-1
Vorranggebiet Bodenschätze (Flächennutzungsplan)	HK	-	Naturpark	WK	-1
Vorranggebiet Freiraumsicherung (Regionalplan)	HK	-	Trinkwasser-/Heilquellenschutzgebiet III	WK	-1
Vorranggebiet Landwirtschaftliche Bodennutzung (Regionalplan)	HK	-	Acker-/Grünlandzahl >= 50 - 75	WK	-1
Vorranggebiet Rohstoffgewinnung (Regionalplan)	HK	-	Entfernung zum nächsten Umspannwerk < 2,5km	Geeignet	+1
Hochwassergefahrenfläche häufig/200 bzw. Vorranggebiet Hochwasserschutz (Regionalplan)	HK	-	Acker-/Grünlandzahl 0 - 25	Geeignet	+1
Schutzgebiete Denkmal	HK	-	Hangausrichtung SW, WSW, W, SO, OSO, O oder ebene Fläche (Neigung < 2°)	Geeignet	+1

Vorhandene Bebauungspläne	HK	-	Nach EEG §23 landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete	Geeignet	+1
Wasserschutzgebiete I und II	HK	-	Nach EEG §48 besonders privilegiert	Geeignet	+2
Waldflächen	HK	-	Hangausrichtung S, SSW, SSO und Neigung > 2°	Geeignet	+2
Saaleradweg (200m Abstand)	WK	-2	Verkehrinseln Bundesstraße	Geeignet	+2

Als Grundlage für die Auswertungen diente die flurstückbasierte Flächennutzungskarte, welche aus den verfügbaren ALKIS-Daten generiert werden konnte. Zunächst wurden die harten Ausschlussfaktoren entfernt, um sicherzustellen, dass beispielsweise keine Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Naturschutzgebieten geplant werden. Anschließend folgte die Bewertung der verbleibenden Flächen. Dabei wurden sowohl weiche Ausschlussfaktoren als auch begünstigende Faktoren berücksichtigt. Boden ist ein wertvolles und endliches Gut. Damit wertvolle Böden nicht der Landwirtschaft entzogen werden, wurde auch die Acker-/Grünlandzahl in die Bewertung aufgenommen. Unfruchtbare Böden erhalten für die Freiflächenphotovoltaikbewertung einen Pluspunkt. Fruchtbare Böden erhalten im Gegensatz eine negative Bewertung für Solarnutzung. Auch Förderbedingungen wie die Eignung des Einstrahlwinkels wurde mit Zusatzpunkten besser gewertet. Die Bewertungsfaktoren wurden mit der Flurstücks-Karte verschnitten und anschließend summiert. Die Ergebnisse der Flächenanalyse sind in nachfolgenden Karte dargestellt.

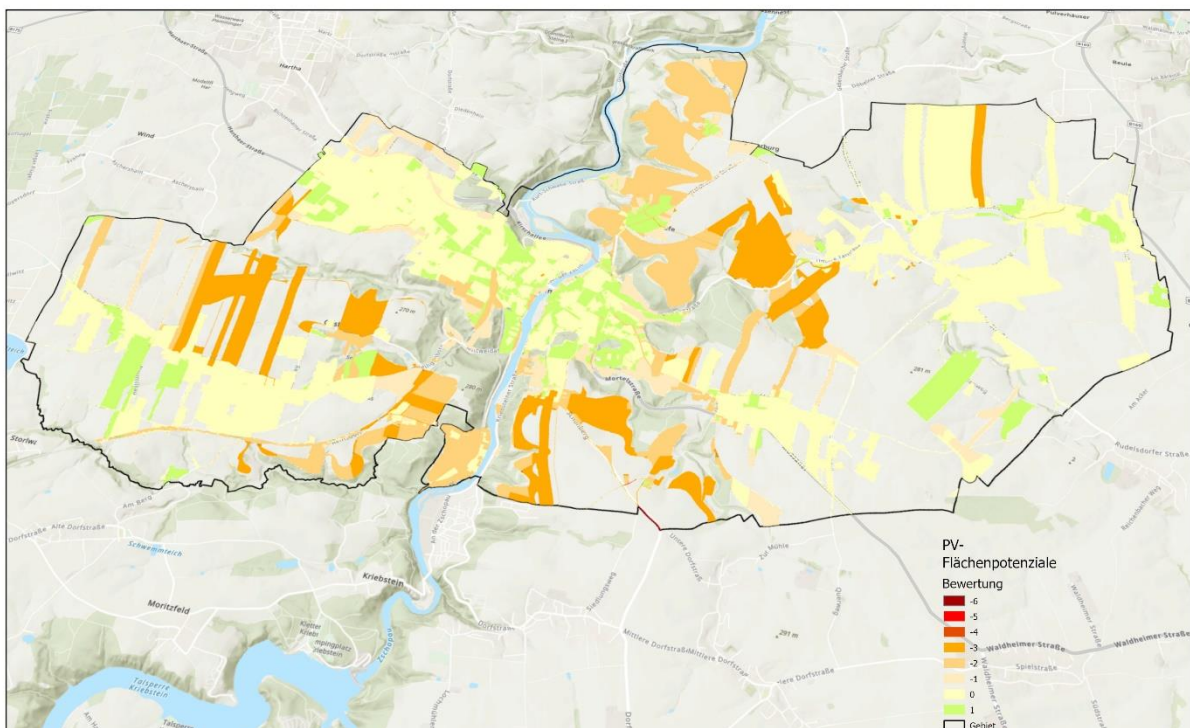


Abbildung 59: PV-Freiflächenpotenziale im Untersuchungsgebiet

Tabelle 14 stellt die Flächenpotenziale abhängig erzielter Punktwertigkeiten zur Eignung jeder Gemarkung dar. Eine explizite Betrachtung der gemarkungsspezifischen Ergebnisse ist den Potenzialsteckbriefen im Anhang zu

entnehmen. Eine detaillierte Darstellung einzelner Flächen kann zudem aus dem digitalen Zwilling entnommen werden. Dort sind zusätzliche Informationen zu einzelnen Flächen (Flurstücknr., Flächengröße, Punktwertigkeit) flurstückscharf abgebildet. Ein Großteil der untersuchten Fläche liegt in Gebieten, welche die Ausweisung der Flächen als PV-Flächen grundsätzlich untersagen. Darüber hinaus kommen keine oder nur sehr bedingt Flächen für eine PV-Freiflächennutzung in Betracht, wie Abbildung 1 und die untenstehende Tabelle zu sehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Großteil der negativ bewerteten Gebiete in Vorbehaltgebieten oder weiteren Schutzgebieten liegt. Dadurch summieren sich die Werte im negativen auf. Darüber hinaus weist keine der Gemarkungen Flächen auf, die mit „sehr gut“ bewertet werden konnten. In Meinsberg befinden sich Flächen mit circa 130.000 m² und in Waldheim Flächen mit circa 1. Mio. m², die mit „gut“ bewertet wurden.

Tabelle 15: PV-Flächenpotenziale nach Gemarkung in m²

Gemarkung	sehr gut (2-3)	gut (1 Pkt)	mittel (0 Pkt)	schlecht (-1 - -3 Pkt)	sehr schlecht (-4 - -6 Pkt)
Gebersbach	0	29.470	463.668	797.631	0
Heiligenborn	0	445	83.048	877.611	0
Heyda	0	91.147	300.398	2	0
Knobelsdorf	0	76.166	1.472.329	150.961	0
Massanai	0	37.468	716.532	626.318	2.691
Meinsberg	0	130.507	9.381	1.031.636	33
Neuhausen	0	39.455	96	943.717	0
Reinsdorf	0	405.515	1.371.919	1.167.268	0
Rudelsdorf	0	1.107.172	3.139.185	438.701	0
Schönberg	0	15.885	67.500	659.411	1.012
Waldheim	0	1.025.238	2.566.300	913.321	0
Gesamt	0	2.958.468	10.190.356	7.606.577	3.736

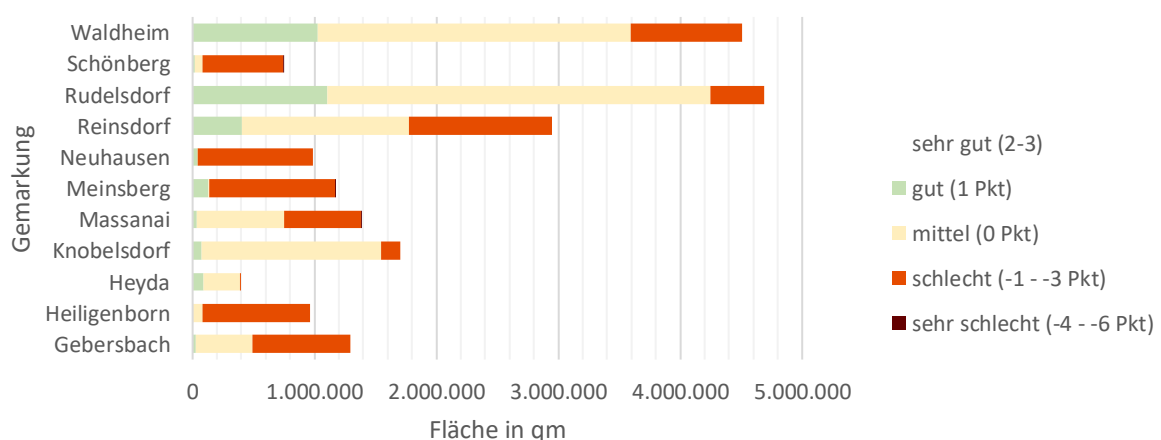


Abbildung 2: PV-Freiflächenpotenzial in qm - nach Gemarkungen

Grundsätzlich weist das Untersuchungsgebiet nur sehr geringe Flächenpotenziale auf, die für die energetische Nutzung bspw. mit PV-Anlagen geeignet sein könnten. Das mögliche Erzeugungspotenzial lässt sich jedoch nicht einfach mit dem Wärmeversorgungsbedarf zusammenzuführen. Denn die Erzeugungskurve bei PV-Anlagen korreliert nicht mit der Bedarfskurve im Bereich der Wärmeversorgung. Der Stromertrag steht primär in den Sommermonaten zur Verfügung, wogegen die Wärmeabnahme hauptsächlich in den Wintermonaten stattfindet. Die saisonale Speicherung von Strom über längere Zeiträume ist nicht wirtschaftlich sinnvoll. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass PV-Strom in seiner direkten Form lediglich eine Teilrolle bei der Wärmeversorgung übernehmen kann (Warmwasserbereitung im Sommer, partiell in den Übergangszeiten). Grundsätzliche lassen sich mehrere Ansätze festhalten, mit denen die Nutzung von PV-Strom für Wärmezwecke erfolgen kann:

- Power-to-Heat-Technologien für die direkte Wärmenutzung – kann bspw. mit Wärmepumpe, einem Heizstab oder einer Heizpatrone erfolgen
- Power-to-Heat-Technologien für die saisonale Speicherung – d.h. die Umwandlung von Strom in Wärme in Form der Erhitzung eines für saisonale Speicherung geeigneten Mediums z.B. Wasser, Sand usw. (Direktstrom oder Wärmepumpe) und deren Speicherung in Großspeichern
- Power-to-Gas bzw. X-Technologien – die Transformation in i.d.R. gasförmige chemische Verbindungen, die zur langfristigen Speicherung und Transport geeignet sind (meist H₂), wobei in diesen Verfahren auch Abwärme in relevanten Mengen entsteht, die ebenfalls zur Wärmeversorgung geeignet ist

Die Nutzung solarer Energie zur Wärmeerzeugung in Form von Solarthermie ist teilweise mit ähnlichen Einschränkungen verknüpft, wie beim Strom. Ein zusätzlicher Parameter der hier bedacht werden muss stellt das mit den Solarthermiekollektoren erreichbare Temperaturniveau dar. Insbesondere in der Übergangszeit sowie im Winter erreicht dieses Niveau meist nicht die erforderlichen Anforderungen und muss anschließend über einer zusätzlichen Technologie angehoben werden. Zwar ist die saisonale Speicherung bei Wärme mittels großer Speicher durchaus möglich. Dennoch spielt auch hier die Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Rolle. Zudem muss die räumliche Nähe der Erzeugungsanlage bzw. des Solarthermiefeldes und eines eventuellen Speichers mit der Heizzentrale bedacht werden. Aus diesem Grund sind Freiflächen, die nicht in unmittelbarer Nähe zu den Wärmeabnehmern nur wenig für die Nutzung im Rahmen von zentralen Wärmesystemen geeignet.

3.9. Biomasse

Biomasse umfasst sämtliche organische Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die energetisch bzw. thermisch genutzt werden können. Im Rahmen kommunaler Wärmeplanungen erfolgt die Bilanzierung in der Regel auf Basis lokal verfügbarer Potenziale, wobei drei übergeordnete Kategorien unterschieden werden: landwirtschaftliche Biomasse, forstwirtschaftliche Biomasse sowie biogene Reststoffe und Abfälle. Der Fokus liegt dabei auf nachhaltig nutzbaren, lokal anfallenden Stoffströmen. Importierte Biomasse kann technisch zur Wärmeversorgung beitragen, wird jedoch in der Potenzialanalyse nicht berücksichtigt.

Verfügbare Biomassen

Landwirtschaftliche Biomasse (Energiepflanzen)

Landwirtschaftliche Biomasse umfasst gezielt für die Energieerzeugung angebaute Pflanzen auf Acker- und Grünlandflächen. Dazu zählen vor allem Mais, Raps, Getreide, Zuckerrüben, Sonnenblumen und schnellwachsende Gehölze aus Kurzumtriebsplantagen (betrachtet als Energieholz). Auch Grünlandaufwuchs (z. B. Gras) kann energetisch genutzt werden. Die regionalen Potenziale hängen stark von Anbaubedingungen wie Bodenqualität, Klima, Ernteerträgen und Nutzungskonkurrenzen ab. Aufgrund begrenzter Flächen und konkurrierender Anforderungen (z. B. Nahrungsmittelproduktion) sollte der Anbau von Energiepflanzen mit Bedacht erfolgen. Schutzgebiete, Wasserschutz- und Überschwemmungsflächen sind dabei in der Regel ausgeschlossen oder unterliegen Einschränkungen.

Forstwirtschaftliche Biomasse (Energieholz)

Diese Kategorie umfasst energetisch nutzbares Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sowie Reststoffe der Holzverarbeitung. Es wird unterschieden in:

- Forstwirtschaftliche Biomasse: Dazu zählen sowohl Teile der jährlichen Holzeinschlagsmenge, die energetisch genutzt werden, als auch Waldrestholz aus Ast- und Kronenmaterial, das nicht für höherwertige stoffliche Nutzung geeignet ist. Zusätzlich kann ungenutzter Holzzuwachs in bestimmten Grenzen als Potenzial berücksichtigt werden – unter Ausschluss von Schutzflächen und unter Berücksichtigung der Anforderungen an nachhaltige Waldbewirtschaftung (z. B. Totholzanteile).
- Altholz: Bereits stofflich genutztes Holz, das nach seiner Verwendung z. B. im Bauwesen, als Verpackung oder Möbelstück anfällt. Ein großer Teil dieses Holzes wird bereits energetisch verwertet. Die Erhebung des verfügbaren Potenzials ist mit Unsicherheiten behaftet, da regionale Stoffströme schwer zu erfassen sind.
- Industrierestholz: Säge- und Hobelspäne, Hackschnitzel, Rinde oder andere Reststoffe, die in der Holz-, Zellstoff- oder Möbelindustrie anfallen. Ein Teil wird bereits stofflich weiterverwendet (z. B. Spanplattenherstellung); der verbleibende Anteil steht für die energetische Nutzung zur Verfügung. Auch hier ist zu beachten, dass Materialflüsse über Landesgrenzen hinweg erfolgen und regionale Potenziale entsprechend angepasst werden müssen.
- Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb: KUP sind spezielle Energiepflanzungen mit Gehölzen wie Pappel oder Weide, die in kurzen Zyklen von 3–10 Jahren geerntet werden. Sie ermöglichen eine nachhaltige Holzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen mit vergleichsweise geringem Pflegeaufwand. Das geerntete Holz wird vorrangig energetisch genutzt, z. B. in Heizkraftwerken.

Biogene Reststoffe und Abfälle

Diese Gruppe umfasst organische Nebenprodukte, die ursprünglich nicht zur Energiegewinnung erzeugt wurden:

- Stroh: Fällt als Nebenprodukt beim Anbau von Getreide und Raps an und kann in Heizwerken oder Biogasanlagen eingesetzt werden. Aufgrund konkurrierender Nutzungen (z. B. als Einstreu oder zur Bodenerhaltung) ist meist nur ein Teil – etwa 20 % – energetisch verfügbar.
- Tierische Exkremete: Gülle und Mist von Rindern, Schweinen und Geflügel sind bedeutende Einsatzstoffe für Biogasanlagen. Die Potenzialabschätzung hängt von der Viehdichte und den Betriebsgrößen ab. Kleinbetriebe oder Exkremete bestimmter Tierarten (z. B. Pferde, Schafe) bleiben häufig unberücksichtigt.
- Biogene Abfälle: Zu den biogenen Abfällen zählen neben Bio- und Grünabfällen auch Hausabfall und Klärschlamm. Bioabfälle umfassen dabei organische Reststoffe aus Haushalten und Gewerbe, wie Küchenabfälle und Lebensmittelreste, sowie Grünschnitt, der aus der Pflege öffentlicher Flächen stammt. Die Erfassung dieser Abfälle basiert auf dem durchschnittlichen Abfallaufkommen pro Kopf, wobei regionale Sammelquoten und Trennsysteme einen maßgeblichen Einfluss auf die tatsächlich verfügbare Menge haben. Durch die seit 2015 geltende Pflicht zur getrennten Bioabfallsammlung ist eine steigende Mobilisierung des Potenzials zu erwarten. Zusätzlich zu den traditionellen Bioabfällen kommen auch Klärschlamm, der in der Abwasserbehandlung anfällt, als wichtige Biomassequelle hinzu. Diese Abfallart kann durch entsprechende Sammel- und Verwertungssysteme ebenfalls zur energetischen Nutzung beitragen.

Bilanzierungsgrenzen

Im Rahmen kommunaler Analysen werden grundsätzlich nur die innerhalb des Planungsgebiets nachhaltig erschließbaren Potenziale berücksichtigt. Dabei sind konkurrierende Nutzungsansprüche (z. B. Futtermittel, stoffliche Nutzung) sowie rechtliche und technische Einschränkungen (z. B. Erschließbarkeit, Flächennutzungsplanung, Naturschutz) zu beachten. Die Biomassepotenzialanalyse sollte daher möglichst realistische, regionale Datenquellen heranziehen und Biomasse vorrangig aus Rest- und Abfallstoffen bilanzieren, die keiner höherwertigen Verwendung zugeführt werden können.

Potenzialermittlung

Die Potenzialermittlung erfolgt in gleicher Reihenfolge, wie die Beschreibung der Potenziale.

Hinweis zu veralteten Datenquellen

Im Rahmen der Recherche zu aktuellen Datenquellen und Datenbanken zum Thema Biomasse im Freistaat Sachsen wurden mehrere ältere, jedoch relevante Schriftenreihen identifiziert, die wertvolle Annahmen und Methodiken zur Berechnung von Biomassepotenzialen enthalten. Zu den bedeutendsten Quellen zählen:

- „Erstellung einer Datenbank zur Berechnung regionaler Biomassepotenziale aus dem landwirtschaftlichen Anbau und ausgewählten Reststoffen für den Non-Food-Bereich im Freistaat

Sachsen bis zum Jahr 2020“, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 12/2008

- „Landwirtschaftliche Biomasse: Potenziale an Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflich-energetischen Nutzung“, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, November 2006
- „Erfassung des Potentials an land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zur stofflich/energetischen Nutzung für unterschiedliche Verwaltungseinheiten des Freistaates Sachsen“, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 2, 5. Jahrgang 2000

Obwohl diese Quellen wertvolle Grundlagen und Methodiken bieten, wurden sie aufgrund ihres Alters (teils bis zu 20 Jahre) in der aktuellen Potenzialanalyse nicht berücksichtigt. Die darin enthaltenen Kenndaten sind nicht mehr auf dem neuesten Stand, weshalb neue, aktuellere Annahmen und Quellen für die Berechnungen herangezogen wurden.

Landwirtschaftliche Biomasse (Energiepflanzen)

Zur Ermittlung der nutzbaren Flächen für Energiepflanzen wird zunächst die Gesamtfläche der landwirtschaftlich genutzten Flächen auf Grundlage des Liegenschaftskatasters des Freistaates Sachsen ermittelt. Hierbei wurden die Flurstücke mit der Nutzung „Landwirtschaft“ gefiltert, um die tatsächlich landwirtschaftlich genutzten Flächen zu ermitteln. Dabei konnte festgestellt werden, dass im gesamten Betrachtungsgebiet rund 1.843,6 Hektar als landwirtschaftliche Flächen gekennzeichnet sind. Dies entspricht etwa 44 % der Gesamtfläche.

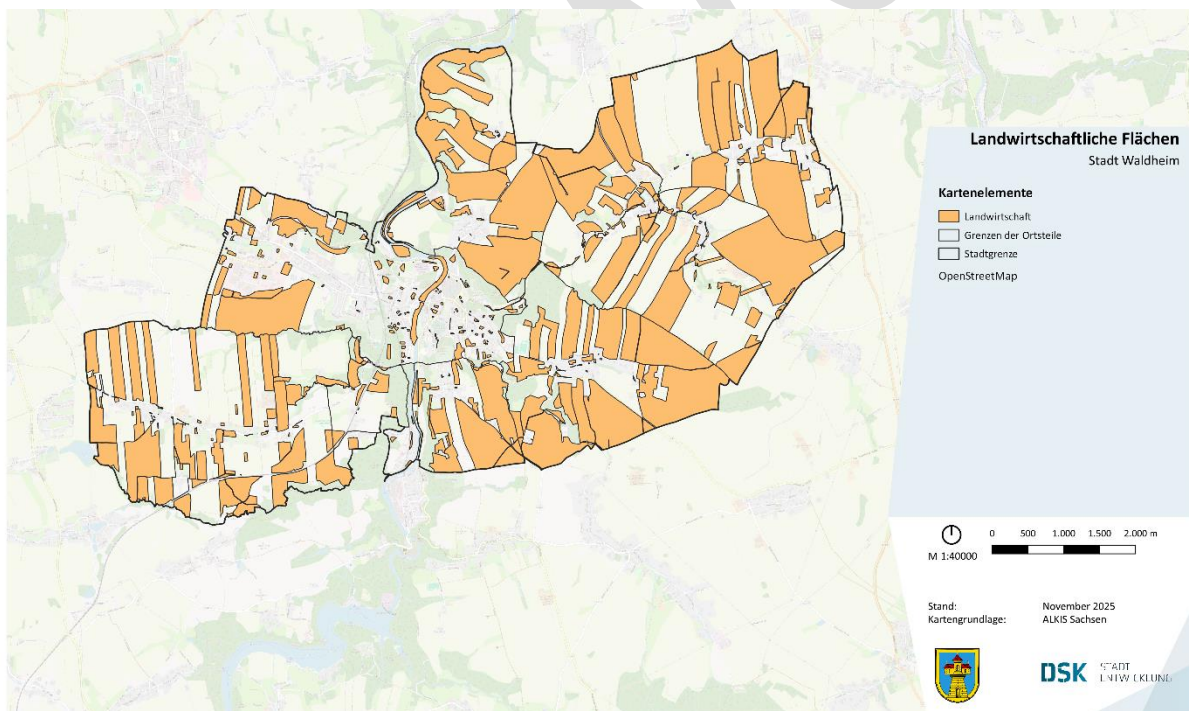


Abbildung 60: Landwirtschaftliche Flächen in Waldheim

Anschließend wird von der gesamten landwirtschaftlichen Fläche der anteilig nutzbare Bereich für Energiepflanzen abgeleitet. Es kann davon ausgegangen werden, dass etwa 15 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen (Stand 2023) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe, wie Energiepflanzen, verwendet

werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024). Damit ergibt sich eine Fläche von 276,5 Hektar, die für die Nutzung von Energiepflanzen zur Verfügung steht. Daraufhin wurde die Zusammensetzung der Anbauflächen bestimmt. Nach Angaben des Bundesinformationszentrums Landwirtschaft (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024), kann angenommen werden, dass die durchschnittliche Zusammensetzung bei Energiepflanzen zu 66 % auf Mais entfallen und die restlichen 33 % auf einen Mix aus Getreide, Zuckerrüben und durchwachsener Silphie. Damit ergeben sich folgende Flächenverhältnisse in der Tabelle 16:

Tabelle 16: Flächenverteilung nach Energiepflanzen

Energiepflanze	Fläche in Hektar
Mais	182,52
Getreide	31,34
Zuckerrüben	31,34
Durchwachsene Silphie	31,34

Aus den Flächen lassen sich unter Berücksichtigung des thermischen Energieertrags der Pflanzen das theoretische Potenzial für die Erzeugung von Wärme aus landwirtschaftlicher Biomasse ziehen. Der Wärmeertrag ist in der folgenden Tabelle 17 zu erkennen:

Tabelle 17: Wärmeertrag Energiepflanzen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)

Energiepflanze	Thermische Energie [kWh/(ha*a)]	Gesamt Thermische Energie [MWh/a]
Mais	49.292	8.997
Getreide	17.788	557
Zuckerrüben	41.497	1.301
Durchwachsene Silphie	33.385	1.046
Insgesamt	-	11.901

Somit ergibt sich für das Untersuchungsgebiet in Waldheim ein thermisches Potenzial von circa 11.901 MWh pro Jahr. Dabei gilt aber zu beachten, dass die zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen unterschiedlich auf die einzelnen Gemarkungen innerhalb der Stadt Waldheim verteilt sind. So befinden sich beispielsweise in Massanei und Neuhausen mehr Flächen, die für Energiepflanzen genutzt werden können als in Gilsberg oder Rauschenthal.

Außerdem grenzt ein Großteil der landwirtschaftlichen Flächen nicht unmittelbar an größere Zentren, sodass die Pflanzen zunächst zu einer dazugehörigen Anlage in der nächst größeren Stadt/Gemeinde transportiert werden müssten. Dies hat zusätzliche Kosten zur Folge. Zudem muss ein möglicher Anlagenstandort gefunden werden, der möglichst zentral an ein Zentrum grenzt. Weiterhin ist nicht bekannt, wie viel Prozent der Fläche bereits für Energiepflanzen verwendet wird, sodass sich das wirtschaftlich erschließbare Potenzial vom technischen Potenzial unterscheiden kann.

Forstwirtschaftliche Biomasse (Energieholz)

Die Berechnung der forstwirtschaftlichen Biomasse beruht ebenfalls auf dem Liegenschaftskataster des Freistaates Sachsen. Hier wurden die Flurstücke mit der Nutzung „Wald“ und „Gehölz“ gefiltert, um die tatsächlich forstwirtschaftlich genutzten Flächen zu ermitteln. Dabei konnte festgestellt werden, dass im gesamten Betrachtungsgebiet rund 171,44 Hektar als forstwirtschaftliche Flächen gekennzeichnet sind. Dies entspricht etwa 4 % der Gesamtfläche.

Davon müssen Waldflächen, die in Schutzgebieten liegen, abgezogen werden. In Waldheim liegen 17 Schutzgebiete bzw. Gebiete, die unter Naturschutz stehen:

- 1 Landschaftsschutzgebiet: Freiburger Mulde-Zschopau
- 4 Flora-Fauna-Habitat-Gebiete: 2x Unteres Zschopautal, Joh.-Seb.-Bach Höhe und Pfaffenberg
- 3 Vogelschutzgebiete: Täler in Mittelsachsen
- 9 Flächennaturdenkmäler: 2x Trockenschilfgebiet Reinsdorf, Niederwerder Waldheim, Hangwiese Schönberg, Drei Seen, Trockenhang Gebersbach, Primelwiese Massanei, Fundstelle Kornerupin am Bahnhof Waldheim sowie Kalksilikat am Bahnhof Waldheim

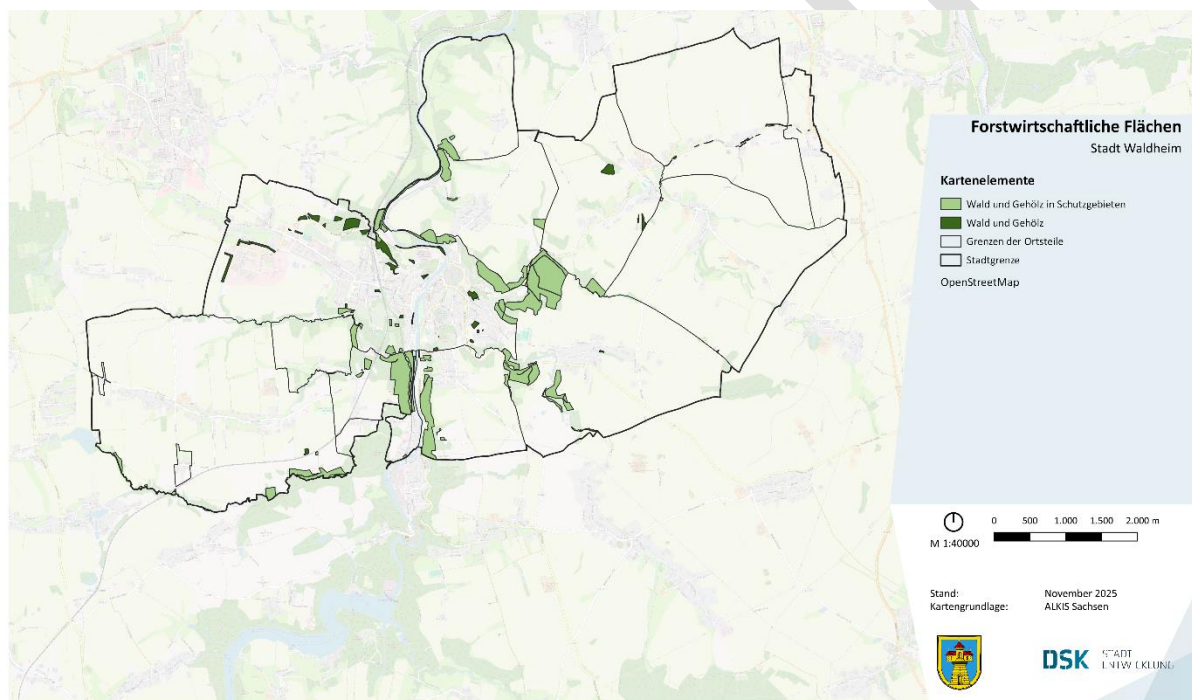


Abbildung 61: Forstwirtschaftliche Flächen in Waldheim

Insgesamt besitzen die Waldflächen, die in Schutzgebieten liegen, eine Fläche von circa 151,73 Hektar, sodass nur noch eine Fläche von 19,71 Hektar für die Nutzung der forstwirtschaftlichen Biomasse zur Verfügung steht.

Mithilfe der vierten Bundeswaldinventur (Stand 2022) und der Tabelle 6.03 „Vorrat (Erntefestmaß o. R.) des genutzten Bestandes nach Land und Baumartengruppe“ kann der genutzte Holzbestand in m^3/a ermittelt werden (Thünen-Institut, 2022). Hierfür werden die Einzelangaben für den genutzten Bestand pro Baumart in $\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{a})$ für den Freistaat Sachsen mit der energetisch zur Verfügung stehenden forstwirtschaftlich genutzten Fläche von

19,71 Hektar multipliziert. Von diesem genutzten Holzbestand kann angenommen werden, dass die Hälfte energetisch genutzt wird und davon wiederum 41,9 % auf die energetische Nutzung von Waldholz entfallen. Dies bedeutet, dass insgesamt 21 % des nutzbaren Bestandes energetisch genutzt werden können (Umweltbundesamt, 2022). Die Aufteilung des Bestandes auf die einzelnen Baumarten kann der Tabelle 18 entnommen werden.

Tabelle 18: Bestand nach Baumarten

Baumart	Vorrat des genutzten Bestandes [m ³ /(ha*a)]	Genutzter Bestand [m ³ /a]	Energetisch genutzter Bestand [m ³ /a]
Eiche	0,1	1,97	0,41
Buche	0,2	3,94	0,83
Ahorn	0,1	1,97	0,41
Birke	0,2	3,94	0,83
Fichte	4	78,84	16,56
Kiefer	1,4	27,59	5,79
Lärche	0,2	3,94	0,83
Insgesamt	6,2	122,20	25,66

Um die nutzbare thermische Energie aus dem Holzbestand zu berechnen, wird der ermittelte energetisch nutzbare Holzbestand von 25,66 m³/a in der Tabelle 19 mit dem Brennwert der jeweiligen Baumart multipliziert.

Tabelle 19: Wärmeertrag Waldholz (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)

Baumart	Energetisch genutzter Bestand [m ³ /a]	Brennwert [kWh/m ³]	Thermische Energie [MWh/a]
Eiche	0,41	2.940	1
Buche	0,83	2.940	2
Ahorn	0,41	2.660	1
Birke	0,83	2.660	2
Fichte	16,56	2.100	35
Kiefer	5,79	2.380	14
Lärche	0,83	2.380	2
Insgesamt	25,66	-	57

Daraus ergibt sich eine thermische Energiemenge von 57 MWh/a für Waldheim.

Allerdings ist zu beachten, dass der Freistaat Sachsen nach Tabelle 12.21 „Abschöpfung des Zuwachses des Vorrates [%] nach Land und Baumartengruppe“ der Vierten Bundeswaldinventur (Stand 2022) bereits insgesamt 102,9% des Waldholzbestandes abschöpft. Das heißt, dass sich der Vorrat an Waldholz immer weiter verkleinert und das auszuschöpfende Potenzial von Waldholz zukünftig bei null liegt. (Thünen-Institut, 2022) Im Rahmen einer empfohlenen naturnahen Forstwirtschaft, ist eine stoffliche Verwertung des Waldholzes vorzuziehen und

bei einer thermischen Verwertung ist das Augenmerk auf Resthölzer anstatt auf Waldholz zu richten. (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, 2020)

Altholz und Industrierestholz

Obwohl Altholz und Industrierestholz in der Bilanzierung der Agentur für Erneuerbare Energien als separate Biomassearten betrachtet werden, lässt sich in der Praxis oft keine exakte Trennung vornehmen. Beide Biomasseträger werden in vielen Fällen zusammen in der Abfallbilanz erfasst und ihre spezifischen Mengen können nur dann präzise getrennt ermittelt werden, wenn detaillierte Daten von allen holzbe- und verarbeitenden Industrien im Betrachtungsraum vorliegen. In der Realität besteht daher eine enge Verknüpfung zwischen den beiden Biomassearten, weshalb ihre Potenziale häufig gemeinsam betrachtet werden.

Zur Ermittlung der Menge an anfallendem Altholz kann die Abfallbilanz des Freistaates Sachsen aus dem Jahr 2022 herangezogen werden. Es ergibt sich, dass für den Landkreis Mittelsachsen, in dem Waldheim liegt, Altholz in Höhe von 4.689 t/a anfällt. (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2023)

Da die Angabe zum Altholz nur auf Ebene des Landkreises vorliegt, werden die Werte mithilfe der Einwohnerzahlen des Landkreises Mittelsachsen und der Stadt Waldheim im Jahr 2022 umgerechnet¹⁵. Somit ergeben sich folgende Werte zum Anfall von Altholz in Tabelle 20.

Tabelle 20: Abfallmenge Altholz Mittelsachsen und Waldheim

Abfallart/Wertstoff	Abfallmenge [t/a]	
	Mittelsachsen	Waldheim
Altholz	4.689	141

Es kann von einer stofflichen Nutzung von 20 % ausgegangen werden. Die restlichen 75 %, werden energetisch verwertet, während ein geringer Anteil von ca. 5% in Müll- oder Sondermüllverbrennungsanlagen beseitigt werden muss. Für die Berechnung des thermischen Gesamtpotenzials kann weiterhin ein Heizwert von 3,5 kWh/kg angenommen werden. (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, kein Datum).

Somit ergeben sich 105 t/a an Altholz, die thermisch entsorgt werden können. Durch Multiplikation mit dem Heizwert ergibt sich so eine thermische Energiemenge von 369 MWh/a in der Stadt Waldheim.

Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie arbeitet im Rahmen verschiedener Forschungs- und Entwicklungsprojekte zusammen mit Forschungseinrichtungen in Sachsen und anderen Bundesländern an der Entwicklung von Lösungen für die noch bestehenden Herausforderungen bei der Etablierung von Kurzumtriebsplantagen (KUP). (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, kein Datum) Seit mehr als 10 Jahren wird an KUP im Flächen- und Streifenanbau geforscht, um die Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten auf die Biodiversität zu erfassen. Dabei werden insbesondere die

¹⁵ Einwohner Landkreis Mittelsachsen (2022): 301.176 (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2023); Einwohner Waldheim (2022): 9.033 (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 2023)

Effekte auf biotische Faktoren wie Flora, Vegetation und verschiedene faunistische Indikatorartengruppen (darunter Laufkäfer, Spinnen, Vögel und Tagfalter) sowie auf abiotische Faktoren wie Feuchte und Temperatur untersucht. Zudem wird der wirtschaftliche Aspekt betrachtet, insbesondere der Zuwachs der Baumarten und die Ernteerträge der umgebenden Ackerfrüchte. Ziel der Forschung ist es, Empfehlungen für die Anlage von KUP-Pflanzungen sowie für den naturschutzfachlichen Umgang mit KUP zu entwickeln. (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, kein Datum)

Momentan gibt es vier Versuchsstandorte des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Diese befinden sich in Köllitsch, Fremdiswalde, Markneukirchen (OT Breitenfeld) und Krummenhennersdorf (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2016). Sie werden alle drei Jahre geerntet – letztmalig im Winter 2025/2026. (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, kein Datum)

Der Anbau von KUP bietet aufgrund der steigenden Nachfrage nach Energieholz und des potenziell wachsenden Marktpreises für solche Rohstoffe langfristige wirtschaftliche Vorteile. Allerdings hat der Freistaat Sachsen bis jetzt nur vier Versuchsstandorte ausgewiesen, die speziell für den Anbau von KUP auf einer größeren Fläche vorgesehen sind. Von diesen Standorten befindet sich allerdings keiner in der Stadt Waldheim, sodass das thermische Potenzial zum jetzigen Stand Null beträgt. Dies kann aber in enger Abstimmung mit den zuständigen Forst- und Landwirtschaftsbetrieben in den kommenden Jahren gesteigert werden, indem zusätzliche Flächen für KUPs ausgewiesen werden.

Für die Ausweisung von Flächen für KUPs sind mehrere Faktoren von Bedeutung. Zunächst ist der Standort entscheidend, wobei eine ausreichende Wasserverfügbarkeit, eine gute Bodenstruktur und eine hohe Durchlüftung des Bodens notwendig sind, um einen erfolgreichen Anbau zu gewährleisten. Besonders geeignet sind Flächen, die von Natur aus wenig produktiv sind, wie Grenzertragsstandorte, ehemalige Deponien oder Splitterflächen, auf denen andere landwirtschaftliche Nutzungen wenig erfolgversprechend wären. Der Energieertrag von KUP ist im Vergleich zu anderen Energiepflanzen wie Raps oder Mais relativ hoch, was KUP besonders attraktiv für die energetische Nutzung macht. Die Nutzung solcher Flächen trägt nicht nur zur Energieversorgung bei, sondern hat auch ökologische Vorteile, wie die Förderung der Biodiversität im Vergleich zu intensiver bewirtschafteten Ackerflächen (Bionergie-Region).

Wenn in Zukunft im Freistaat Sachsen allerdings ein intensiverer Anbau mit KUP betrieben wird, kann angenommen werden, dass 100 % der Ernte für die Energieerzeugung genutzt werden. Die jährliche Massenleistung einer Kurzumtriebsplantage liegt im Durchschnitt bei etwa 10 Tonnen atro pro Hektar und Jahr, was umgerechnet zwischen 15 m³ und 20 m³ pro Hektar und Jahr (Festmeter/Hektar * Jahr) entspricht (Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Passau, kein Datum) (Bayrischer Waldbesitzverband e.V.). Es kann also von einem durchschnittlichen Ertrag von 17,5 m³/(ha*a) ausgegangen werden. Mit der anfallenden Menge von KUP, der jeweiligen prozentualen Zusammensetzung nach Baumarten auf den Flächen und den jeweiligen Brennwerten der verwendeten Baumarten (siehe Tabelle 21) lässt sich das energetische Potenzial von Kurzumtriebsplantagen berechnen.

Tabelle 21: Brennwert nach Baumart für Kurzumtriebsplantagen (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)

Baumart	Brennwert* [kWh/m ³]
Pappel	1.680
Weide	1.960
Robinie	2.940

*Die Werte wurden von kWh/Raummeter in kWh/Festmeter mit einem Faktor von 1,4 multipliziert.

Biogene Reststoffe und Abfälle

Stroh

Stroh stellt ein weitgehend ungenutztes Potenzial als biogener Reststoff aus der Landwirtschaft dar. Es entsteht bei der Getreideernte, wenn das Getreide gemäht, die Körner gedroschen und vom Stroh getrennt werden. Nach der Reinigung landen die Körner im Korntank des Mähreschers und werden bei Bedarf in Transportfahrzeuge umgeladen, während das Stroh entweder lose auf dem Feld verteilt oder zu Ballen gepresst wird (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2023).

In Deutschland wird auf etwa 34,8 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche Getreide angebaut (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025). Im Prozess des Getreideanbaus fällt Stroh als Produkt an. Im Durchschnitt liegt das Korn-Stroh-Verhältnis bei etwa 1 zu 0,8, was bedeutet, dass bei einem Kornertrag von 8 Tonnen pro Hektar rund 6,4 Tonnen Stroh pro Hektar anfallen (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2023).

Somit entfallen in Waldheim rund 642 Hektar auf den Anbau von Getreide. Folglich kann angenommen werden, dass vor Ort circa 5.133 Tonnen Getreide und damit 4.106 Tonnen Stroh gewonnen werden können. Das Potenzial von Stroh für die energetische Nutzung ist jedoch begrenzt. Aufgrund der konkurrierenden Nutzung (z. B. als Einstreu in der Tierhaltung oder der Notwendigkeit, einen Teil auf dem Feld zu belassen, um die Humus- und Nährstoffqualität zu erhalten) kann lediglich 20 % des Strohaufkommens energetisch genutzt werden (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2013). Dies entspricht 821 Tonnen. Der durchschnittliche Heizwert von Stroh ergibt sich zu 4 kWh/kg, sodass 3.285 MWh pro Jahr an thermischer Energie erzeugt werden könnten (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2015).

Tierische Exkreme

Tierische Exkreme sind ein bedeutendes Potenzial für die Strom- und Wärmeproduktion in Biogasanlagen (Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2013). Dazu zählen neben der Gülle von Rindern, Schweinen und Hühnern auch Mist und Hühnerkot. In Deutschland fallen jährlich etwa 150-190 Millionen Tonnen tierische Exkreme an. Derzeit wird jedoch nur etwa ein Drittel (33 %) dieser Menge energetisch genutzt, wobei der größte Anteil auf Rindergülle entfällt, gefolgt von Schweinegülle, Rinderfestmist, Geflügelmist und Hühnerkot. Der nicht energetisch genutzte Teil der Gülle wird im Rahmen der Kreislaufwirtschaft als Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., kein Datum)

Zuerst muss die Anzahl der Tiere in Waldheim ermittelt werden, um eine Aussage über die anfallende Menge der tierischen Exkremente treffen zu können. Dafür wird sich der Statistische Bericht der landwirtschaftlichen Betriebe für die Viehhaltung vom Stichtag 01.03.2023 herangezogen (Statistisches Bundesamt, 2024). Dieser enthält bundeslandspezifische Angaben zu den gehaltenen Tieren (Tabelle 41121-0201.1 R) und kann mit den Einwohnerzahlen des Freistaates Sachsen und Waldheim ins Verhältnis gesetzt werden, um den kommunalen Viehbestand abzuschätzen¹⁶. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 22 zu finden.

Tabelle 22: Viehbestand Sachsen und Waldheim

Tierarten	Viehbestand Sachsen	Viehbestand Waldheim
Rinder	255.500	570
Milchkühe	166.200	371
Schweine	460.800	1.027
Hühner	5.184.600	11.551
Insgesamt	6.067.100	13.519

Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Ermittlung des Wirtschaftsdüngeranfalls aus technologischen und ökonomischen Gründen etwa 33 % der produzierten Gülle und des Mistes für die energetische Verwertung geeignet sind (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., kein Datum). Werden diese Einschränkungen bei der energetischen Verwertung betrachtet und mit den Faustzahlen für den Biogasenertrag der einzelnen Tierarten multipliziert ergeben sich die jeweiligen thermischen Energien in der Tabelle 23:

Tabelle 23: Wärmeertrag Tierische Exkremente (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)

Tierarten	Gülle- und Mistproduktion	Thermische Energie [kWh/Tierplatz*a]	Gesamte Thermische Energie [MWh/a]
Rinder	2,8 t Festmist/Tierplatz und Jahr	1.479	278
Milchkühe	17 m ³ Gülle /Tierplatz und Jahr	2.882	353
Schweine	1,6 m ³ Gülle/Tierplatz und Jahr	192	65
Hühner	2 m ³ Rottemist/100 Tierplätze und Jahr	1.634 [100 Tierplätze]	62
Insgesamt	-	-	758

Somit steht in Waldheim eine thermische Energie von 758 MWh/a aus der Gülle- und Mistproduktion von Tieren zur Verfügung.

Biogene Abfälle

¹⁶Einwohner Sachsen (2023): 4.054.689 (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 2024); Einwohner Waldheim (2022): 9.033 (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 2023)

Zur Ermittlung der Menge an anfallenden biogenen Abfällen wird wieder die Abfallbilanz des Freistaates Sachsen aus dem Jahr 2022 (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2023) sowie der „Lagebericht zur kommunalen Abwasserbeseitigung und Klärschlamm Entsorgung“ (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2023) herangezogen. Da in beiden Fällen die Angaben zu den biogenen Abfällen nur auf höherer Ebene (Freistaat Sachsen bzw. Landkreis Mittelsachsen) vorliegen, werden die Werte mithilfe der Einwohnerzahlen des Freistaates Sachsen bzw. des Landkreises Mittelsachsen und Waldheim im Jahr 2022 umgerechnet¹⁷. Somit ergeben sich folgende Werte zum Anfall biogener Abfälle in Tabelle 24.

Tabelle 24: Abfallmenge Sachsen, Landkreis Mittelsachsen und Waldheim

Abfallart/Wertstoff	Abfallmenge [t/a]		
	Sachsen	LK Mittelsachsen	Waldheim
Hausmüll	-	30.271	908
Bioabfall	-	0	0
Grünabfall	-	260	8
Klärschlamm (Thermische Entsorgung)	50.121	3.694	111
Insgesamt	-	34.225	1.026

Der Wert des Klärschlammes bezieht sich bereits auf die reine thermische Entsorgung. Für Bio- und Grünabfälle kann eine thermische Verwertung von 2 % und für Hausabfälle von 80% angenommen werden (Statistisches Bundesamt, 2025). Somit ergeben sich folgende Mengen und Energien für die thermische Verwertung in der Tabelle 25.

Tabelle 25: Wärmeertrag Biogene Abfälle

Abfallart/Wertstoff	Menge für thermische Entsorgung [t/a]	Heizwert [kWh/kg]	Thermische Energie [MWh/a]
Hausmüll	726	2,8 ¹⁸	2.034
Bioabfall	0	1,3 ¹⁹	0
Grünabfall	0	1,3 ^{wie Bioabfall}	0
Klärschlamm	111	2,9 ²⁰	321
Insgesamt	837	-	2.355

Insgesamt stehen in Waldheim somit 2.355 MWh/a thermische Energie aus biogenen Abfällen zu Verfügung.

¹⁷ Einwohner Sachsen (2022): 4.086.152 (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 2023), Einwohner Landkreis Mittelsachsen (2022): 301.176 (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2023); Einwohner Waldheim (2022): 9.033 (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, 2023)

¹⁸ (Bundesverband Geothermie e.V., 2021)

¹⁹ (Umweltbundesamt, 2022)

²⁰ (Umweltbundesamt, 2018)

Zusammenfassung

Werden alle bisher bilanzierten Biomasseträger nochmals zusammen betrachtet, ergeben sich folgende Wärmeerträge für die Stadt Waldheim in der Tabelle 26.

Tabelle 26: Wärmeertrag aller Biomasseträger

Biomasseträger	Thermische Energie [MWh/a]
Landwirtschaftliche Biomasse	11.901
Energieholz	427
<i>Forstwirtschaftliche Biomasse</i>	<i>57</i>
<i>Altholz und Industrierestholz</i>	<i>369</i>
<i>Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb</i>	<i>0</i>
Biogene Reststoffe und Abfälle	6.398
<i>Stroh</i>	<i>3.285</i>
<i>Tierische Exkremete</i>	<i>758</i>
<i>Biogene Abfälle</i>	<i>2.355</i>
Insgesamt	18.726

Somit stehen insgesamt 18.726 MWh/a aus Biomasse für die Stadt Waldheim thermisch zur Verfügung.

3.10. Abwasser

Wärmepumpe (Wärmeerzeugung) und dem Wärmeübertrager (Wärmenutzung, Wärmeentzug) wird durch Kunststoffrohre zum Wärmeübertrager an den Beginn der Wärmenutzung geleitet. Vom Verteilrohr wird jeder 1,0 bis 3,0 m lange Wärmeübertrager einzeln gespeist. Das in den Wärmeübertragern erwärmte Zwischenmedium wird im Anschluss daran in einem Sammelrohr ebenfalls wieder einzeln gesammelt und zur Wärmepumpe zurückgeleitet. Der Wärmeübertrager wird in der Regel im Abwasserkanal einbetoniert. Folgende Gesichtspunkte sind beim Wärmeentzug zu beachten:

- für einen optimalen Einsatz der Systeme sollte der Abwasserkanal mindestens in DN 500 bis DN 800 ausgeführt werden
- als Abwassermenge sollte im Mittel von mindestens 15 l/s ausgegangen werden.

Die Abwasser-Wärmepumpen werden in der Regel in Heizzentralen ab ca. 150 kW Heizleistung eingesetzt, d.h. ab ca. 30 Wohneinheiten installiert.²¹

Vom Abwasser Zweckverband „Untere Zschopau“ wurde mitgeteilt, dass lediglich die Zubringerleitung zum Klärwerk einen Durchmesser von 800 mm aufweist und dass dieser sich vorbehalten, die Leitung selbst zu nutzen. Die Kläranlagen im Gemeindegebiet werden ohne Faultürme für die Vergärung betrieben, da die Kläranlagen zu wenig Klärschlamm erzeugen.

²¹ <https://www.baunetzwissen.de/heizung/fachwissen/brennstoffe-energetraeger/abwasser-161422>

3.11. Gewässer

Die Nutzung von Wärme aus Oberflächengewässern stellt eine vielversprechende Möglichkeit dar, erneuerbare Energien für die Wärmeversorgung zu erschließen. Dabei können sowohl stehende Wasserquellen, wie Seen und Teiche, als auch fließende Wasserquellen, wie Flüsse und Bäche, als Wärmequelle dienen.

Funktionsweise und Anforderungen

Die Nutzung von Gewässern zur Wärmeengewinnung erfolgt mit Wasser-Wasser-Wärmepumpen, bei denen dem Wasser Wärme entzogen und diese auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben wird. Dieser Prozess erfolgt durch Wärmetauscher, die das Wasser durchlaufen, bevor es in der Wärmepumpe verdichtet wird. In der Regel wird die erzeugte Wärme auf Temperaturen zwischen 45 °C und 70 °C angehoben, die für Heizsysteme wie Fußbodenheizungen oder Niedertemperatursysteme geeignet sind.

Je nach Systemtyp gibt es zwei Ansätze für die Wärmeentnahme: Bei offenen Systemen wird das Wasser direkt aus dem Gewässer entnommen, durch einen Wärmetauscher geleitet und anschließend leicht abgekühlt wieder in das Gewässer zurückgeführt (vgl. Abbildung 62). Geschlossene Systeme hingegen lassen das Wasser im Gewässer und nutzen ein separates Wärmeträgermedium, das in externen Wärmetauschern zirkuliert. Diese Systeme bieten mehr Flexibilität, erfordern jedoch eine sorgfältige Wahl des Kältemittels, da Leckagen zu Umweltgefahren führen können.

Für eine effiziente Nutzung ist es unerlässlich, dass das Gewässer über ganzjährig stabile Temperaturen und einen ausreichend hohen Durchfluss verfügt. Dies gewährleistet, dass die Wärmepumpe kontinuierlich betrieben werden kann. Die entnommene Wärme wird anschließend über ein Verteilnetz zu den Nutzern transportiert. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz von Gewässern in Verbindung mit kalten Wärmenetzen, die mit niedrigen Systemtemperaturen arbeiten und somit die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung weiter vorantreiben.

Es ist jedoch nicht nur die technische Machbarkeit entscheidend, sondern auch der ökologische Schutz des Gewässers. Die Entnahme von Wärme aus einem Gewässer kann das dortige Ökosystem beeinflussen. Aus diesem Grund müssen umfassende limnologische Untersuchungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Nutzung keine negativen Auswirkungen wie Eutrophierung oder Veränderungen der Fauna hat. In der Regel sind für die Nutzung von Fließgewässern wasserrechtliche Genehmigungen erforderlich, die genaue Grenzwerte für die Temperaturänderung des Gewässers festlegen – diese liegen üblicherweise bei ± 3 Kelvin.

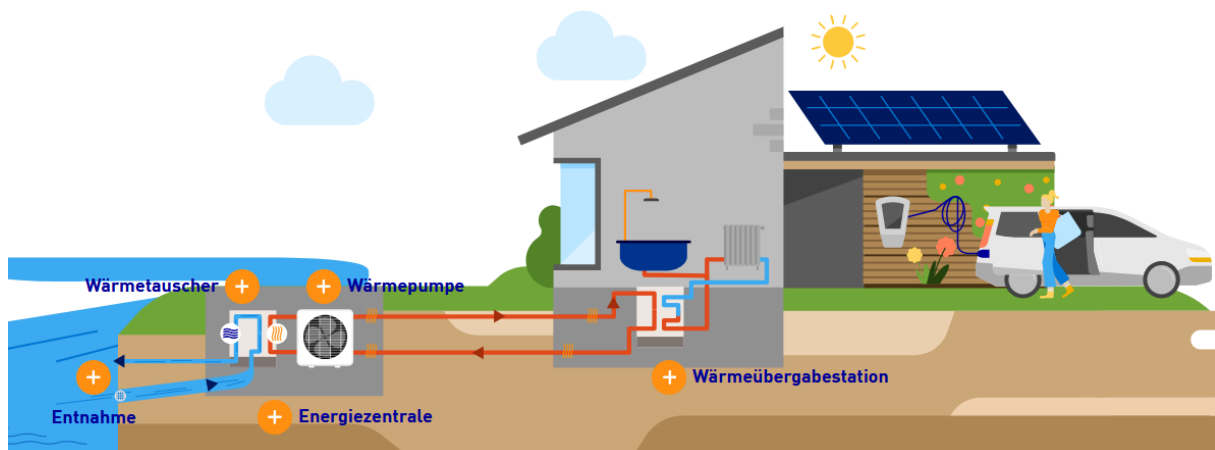


Abbildung 62: Funktionsweise einer Flussthermieanlage, offenes System (EnBW Energie Baden-Württemberg AG, 2023)

Potenziale in Waldheim

Im Stadtgebiet von Waldheim gibt es kein relevantes stehendes Gewässer, das für eine Seethermienutzung in Betracht kommt. Hingegen wird das Stadtgebiet von der Zschopau, einem Fließgewässer erster Ordnung, durchflossen. Der Fluss weist einen minimalen Durchfluss von $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf, wobei der mittlere Durchfluss bei $3,63 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt (Bundesanstalt für Gewässerkunde, kein Datum). Laut Studien gilt ein mittlerer Jahresdurchfluss von mindestens $2 \text{ m}^3/\text{s}$ als Voraussetzung für eine wirtschaftlich rentable Nutzung von Fließgewässern durch Wärmepumpenanlagen, was hier gegeben ist.

Für eine effiziente Nutzung von fließenden Oberflächengewässern sind verschiedene Kriterien erforderlich: Der Fluss muss über einen ausreichenden Volumenstrom verfügen, ganzjährig Wasser führen und eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit sowie eine gleichmäßige Temperaturverteilung aufweisen. Sollte eines dieser Kriterien nicht erfüllt sein, könnte die Effizienz der Wärmepumpe stark beeinträchtigt werden. Besonders in Zeiten von Niedrigwasser, die vor allem in den Sommermonaten auftreten, könnte es notwendig sein, die Wärmepumpe abzuschalten. Diese Einschränkungen sollten jedoch die Heizperiode nur minimal beeinflussen. Zusätzlich müssen Ausschlussgebiete berücksichtigt werden, darunter Heilquellengebiete, Trinkwasserschutzgebiete der Zonen I und II sowie Naturschutzgebiete. Für andere Gebiete, wie Überschwemmungsgebiete, Trinkwasserschutzgebiete der Zone III und Landschaftsschutzgebiete, ist eine Nutzung grundsätzlich möglich, wenngleich ein höherer Zulassungsaufwand erforderlich ist, der im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden muss. Im Fall der Zschopau in Waldheim liegen jedoch laut Flächenscreening keine sofortigen Ausschlussgebiete im direkten Umfeld, sodass diese das Potenzial der Gewässernutzung nicht einschränken.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der ökologische Zustand des Gewässers. Die Zschopau wird gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) als „unbefriedigend“ eingestuft. In Anbetracht dieses ökologischen Zustands

sollte der Einsatz einer Flussthermieanlage sorgfältig abgewogen werden, da die Nutzung den Zustand des Gewässers nicht weiter verschlechtern darf.

Wärmeentzugsleistung

Die Berechnung der Wärmeentzugsleistung für eine Flussthermieanlage kann vereinfacht über folgende Formel erfolgen:

$$\text{Wärmeleistung [W]} = V \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta T$$

mit

- V (Volumenstrom) = $3,63 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
- c (spezifische Wärmekapazität) = $4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
- ρ (Dichte Wasser) = $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- ΔT (Temperaturdifferenz) = $0,5 \text{ K}$

Ergebnis:

$$3,63 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,5 \text{ K} = 7.597.590 \text{ W} \approx \mathbf{7,6 \text{ MW}}$$

Für den Volumenstrom wird der mittlere Durchfluss der Zschopau angenommen. Das Flusswasser soll nicht kälter als bei 6°C entnommen werden und die Spreizung maximal 0,5 K betragen, sodass das abgekühlte Seewasser bei minimal 5,5°C zurückgeführt wird. Diese geringe Temperaturdifferenz ist notwendig, um negative Auswirkungen auf das Gewässerökosystem zu vermeiden. Eine höhere Temperaturdifferenz würde zwar zu einer höheren Wärmeleistung der Flussthermieanlage führen, könnte aber die Umwelt und das Gewässer erheblich belasten, da größere Temperaturänderungen in Fließgewässern ökologische Schäden verursachen können. Daher wird eine Begrenzung der Temperaturdifferenz auf 0,5 K angenommen, um einen nachhaltigen Betrieb der Wärmepumpe und den Schutz des Gewässers sicherzustellen.

Mit diesen Annahmen ergibt sich eine Wärmeleistung von etwa 7,6 MW bei mittlerem Durchfluss der Zschopau. Daraus folgt, dass eine Wärmepumpe mit einer Leistung von 0,5 MW keine signifikanten Umweltauswirkungen verursachen würde. Selbst bei einem geringeren Durchfluss von 0,5 m³/s (entspricht minimalem Durchfluss) bleibt die Wärmeleistung mit rund 1 MW ausreichend, um eine Wärmepumpe mit 0,5 MW zu betreiben. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass Großwärmepumpen ab einer Leistung von 1 MW beginnen und eine kleinere Dimensionierung aus wirtschaftlicher Sicht nicht immer sinnvoll ist, da die Kosten für kleinere Anlagen pro kW installierter Leistung tendenziell höher sind. Diese Berechnung verdeutlicht dennoch, dass das System auch bei realistischeren Entnahmewerten flexibel bleibt und eine effiziente Nutzung der Flusswärme ermöglicht.

Die Zschopau bietet im Untersuchungsgebiet durch ihre ganzjährige Wasserführung grundsätzlich Potenzial für die Nutzung dieser Technologie. Entscheidend für die Realisierbarkeit ist jedoch die Nähe zu geeigneten Wärmeverbrauchern, die eine zentrale Versorgung rechtfertigen. Im Stadtkern von Waldheim ist eine solche Versorgung theoretisch möglich, da die Zschopau direkt durch die Kernstadt fließt.

Schlussbewertung

Die Investitionskosten für Flussthermieanlagen sind höher als bei konventionellen Heizsystemen, da sowohl die Wärmetauscher im Gewässer als auch die notwendige Leitungsinfrastruktur errichtet werden müssen. Erfahrungswerte aus realisierten Projekten zeigen Kosten von etwa 2.500 bis 4.000 € pro kW installierter Wärmeleistung, je nach Größe und Anbindung. Im Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung werden die spezifischen Investitionskosten (Anlage inkl. Erschließung) mit ca. 1.243 € pro kW für eine Anlage mit 1 MW_{th} angegeben. Die Kostenfunktion ist stark von der Anlagengröße abhängig. Für eine Anlagengröße von 10 MW_{th} werden sie mit 978 € pro kW angegeben. Die Betriebskosten sind dagegen gering, da die Wärmequelle kostenfrei zur Verfügung steht und lediglich Strom für die Wärmepumpen anfällt. Mit steigenden Energiepreisen kann sich die Wirtschaftlichkeit verbessern insbesondere, wenn Fördermöglichkeiten wie die Bundesförderung effiziente Wärmenetze genutzt werden.

Trotz des grundsätzlich vorhandenen Potenzials von Flussthermie zur Nutzung erneuerbarer Wärme gibt es zahlreiche technische und ökologische Herausforderungen, die nicht unbeachtet bleiben dürfen. Insbesondere die starken Schwankungen des Wasserstandes, die niedrigen Wassertemperaturen im Winter sowie die langen und unsicheren Genehmigungsverfahren stellen erhebliche Hürden dar. Angesichts dieser Faktoren ist es äußerst unwahrscheinlich, dass Flussthermie in absehbarer Zukunft eine wesentliche Rolle in der Wärmeversorgung von Waldheim spielen wird. Falls doch ist eine frühzeitige Einbindung der zuständigen Wasserbehörden ratsam.

3.12. Klimaneutrale Gase

Gase spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Transformationsprozess hin zu einem treibhausgasarmen Energiesystem. Sie bezeichnen gasförmige Energieträger, deren Herstellung, Verteilung und Nutzung entweder keine zusätzlichen Treibhausgase in die Atmosphäre freisetzen oder deren Emissionen durch Gegenmaßnahmen – etwa CO₂-Abscheidung und -Speicherung oder zertifizierte Kompensationsmaßnahmen – vollständig ausgeglichen werden. Damit bieten sie eine Alternative zu fossilen Gasen wie Erdgas und tragen zur Erreichung der nationalen und internationalen Klimaziele bei.

Zu den klimaneutralen Gasen zählen unter anderem **grüner Wasserstoff**, **synthetisches Methan** (Power-to-Gas) und bestimmte **biogene Gase**, sofern deren gesamte Wertschöpfungskette emissionsfrei oder bilanziell neutral ist. Grüner Wasserstoff wird mittels Elektrolyse unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt und ist somit vollständig treibhausgasfrei. Durch die bestehenden 4 Biogasanlagen in dem Untersuchungsgebiet könnte eine Aufbereitung des Gases sinnvoll erscheinen. Eine Möglichkeit könnte darin bestehen, das Biomethan in das örtliche Gasnetz einzuspeisen und dezentral zu nutzen. Diese Option würde sich als attraktive Alternative

anbieten insbesondere, wenn sich die Optimierung der Wärmeverluste im bestehenden Wärmenetz als herausfordernd gestaltet oder längerfristig schwieriger umsetzbar ist.

Synthetisches Methan entsteht durch die methanbasierte Umwandlung von grünem Wasserstoff und CO₂ und kann in bestehenden Gasinfrastrukturen genutzt werden. Auch biogene Gase wie Klär- oder Deponiegas können klimaneutral sein, wenn sie aus Rest- oder Abfallstoffen gewonnen werden und keine neuen Emissionen verursachen.

In Kapitel 3.9 konnte bereits gezeigt werden, dass die Potenziale für Biomasse in Waldheim zum Teil gegeben sind. Dennoch würden noch weitere Biogasanlagen benötigt, um den Energiebedarf zu decken. Studien weisen darauf hin, dass sich in Deutschland ein Markt für Biomethan etabliert hat (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2024). Es ist zudem davon auszugehen, dass bis 2029 der Anteil an Biogas zunehmen wird, da es die GEG Anforderungen erfüllt. Zudem bleiben einige Faktoren (regulatorische Rahmenbedingungen, Stabilität der Energiepreise (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2023)), die bislang eine präzise Menge an verfügbaren Biomethan schwer vorhersehbar machen.

Dennoch bieten Klimaneutrale Gase verschiedene Vorteile: Sie sind speicherbar, transportierbar und in vielen Sektoren einsetzbar. Darüber hinaus können sie bestehende Infrastrukturen wie Gasnetze und Heizsysteme weiternutzen, was den Umbau des Energiesystems erleichtert und Waldheim damit eine Möglichkeit gibt das bisherige Gasnetz weiter zu nutzen (Weltenergieat Deutschland, 2025).

Dennoch gibt es Herausforderungen, etwa beim derzeit noch hohen Energieaufwand für die Herstellung oder bei den Kosten im Vergleich zu fossilen Alternativen. Langfristig könnten klimaneutrale Gase den bisherigen Erdgasbezug ersetzen, die bisherigen Anforderungen, sowie zukünftige regulatorische Rahmenbedingungen müssen aber berücksichtigt werden.

Die Wasserstoffstrategie des Nachbarbundeslands Thüringen zeigt, dass für die Gebäudewärme kurzfristig kein Wasserstoff geplant ist. Mittelfristig ist die Nutzung für zentrale Anwendungen als „mittel“ eingestuft. Sinnvoll kann es insbesondere für stoffliche Anwendung und im Verkehrssektor sein.

Nutzungspfad	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Stoffliche Anwendung	●	●	●
Prozesswärme	●	●	●
Schwerlast- / Fernverkehr / ÖPNV	●	●	●
Individualmobilität	●	●	●
Dezentrale Gebäudewärme	●	●	●
Zentrale Gebäudewärme	●	●	●
Energiespeicherung	●	●	●
Einspeisung	●	●	●

● hoch
● mittel
● niedrig

Abbildung 63: Potenziale der H₂-Nutzungspfade²²

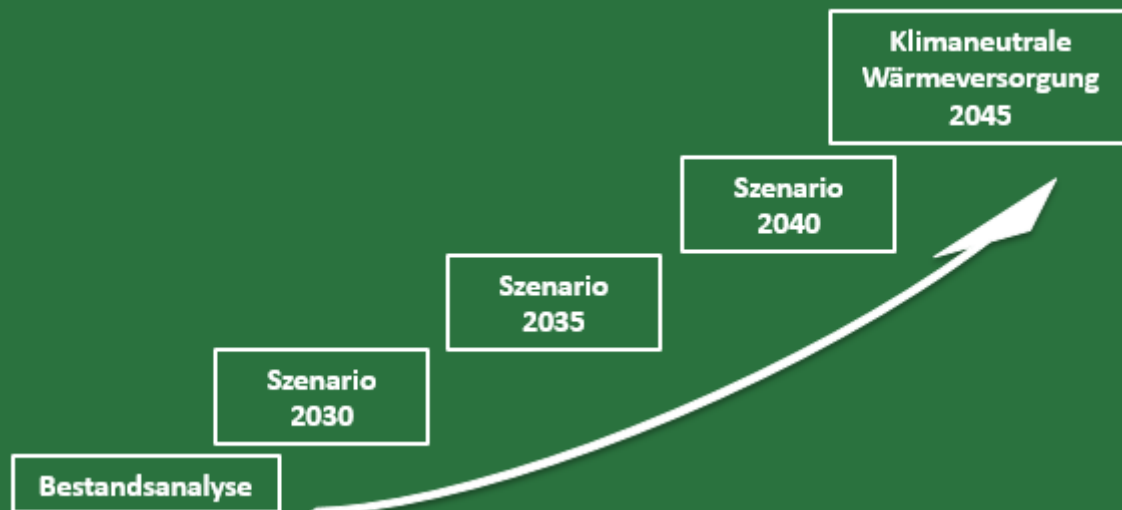
²²

https://www.thega.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Wasserstoffmobilitaet/Thueringer_Landesstrategie_Wasserstoff.pdf

4. Szenarientwicklung

Die Szenarientwicklung ist ein zentraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung und dient der langfristigen und nachhaltigen Gestaltung der Wärmeversorgung. Ziel ist es, verschiedene Zukunftsperspektiven für die Wärmeversorgung der Kommune zu entwickeln, die sich auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme stützen. Die Szenarien werden für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 formuliert, wobei jeder Zeitraum spezifische Zielsetzungen verfolgt.

Die Szenarientwicklung berücksichtigt verschiedene Potenziale wie die Nutzung erneuerbarer Energien, Abwärmequellen und die energetische Sanierung des Bestandsgebäudes. Sie stellt auch sicher, dass technologische Entwicklungen und flexible Systeme wie Wärmespeicher in die Planung einbezogen werden. Für jedes Szenario werden klare Zielgrößen definiert, die regelmäßig überprüft und angepasst werden.



4.1. Entwicklung der Wärmeversorgungsgebiete

Mit den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse wird in diesem Kapitel das Zielszenario entworfen.

Das Zielszenario beschreibt anhand verschiedener Indikatoren wie das Ziel einer auf erneuerbaren Energien oder Nutzung von unvermeidbarer Abwärme basierenden Wärmeversorgung, für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 stattfinden soll.

Für die Stadt Waldheim wurden zwei wesentliche Versorgungsansätze untersucht: Einerseits eine leitungsgebundene Wärmeversorgung über zentrale Wärmenetze, andererseits dezentrale, klimaneutrale Einzelversorgungen auf Gebäudeebene. Aufgrund der derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der hohen Umsetzungskosten gelten Wasserstoffnetze im privaten Bereich aktuell als nicht wirtschaftlich. Daher wurden sie in der vorliegenden Analyse nicht weiter vertieft betrachtet. Die Eignung leitungsgebundener Wärmerversorgung, wird über den empirischen Kennwert der Wärmelinienichte maßgeblich entschieden.

Die Wärmelinienichte (WLD) wird als zentrales Planungstool für Wärmenetzlösungen genutzt. Sie projiziert die Summe aller Wärmeverbräuche im Betrachtungsgebiet über die Länge der betrachteten Trasse.

$$WLD = \frac{\sum \text{Wärmeverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right]}{\sum \text{Trassenlänge} [\text{m}]}$$

Als wirtschaftlich umsetzbar gelten in der Regel Wärmelinienichten ab $1.500 \text{ kWh/a} \cdot m_{Trasse}$. Praxiserfahrungen zeigen jedoch, dass ein belastbarer Wert eher im Bereich von $2.000 - 2.500 \text{ kWh/a} \cdot m_{Trasse}$ anzusiedeln ist. Dieser berücksichtigt auch Abweichungen zwischen theoretischer Berechnung und praktischer Umsetzung. So werden in der Methodik unter anderem hausinterne Anschlussleitungen (HAST) sowie eine möglicherweise fehlende Anschlussbereitschaft nicht berücksichtigt.

Auf Basis dieser Annahmen, sowie in Gesprächen mit dem örtlichen Netzbetreiber wurden weitere geeignete Gebiete für eine zentrale Wärmeversorgung identifiziert.

Die Entscheidung ist in Abbildung 64 zu sehen. In der Abbildung sind nur die Straßenabschnitte mit einem Energieverbrauch von mindestens $1.500 \text{ kWh/a} \cdot m_{Trasse}$ zu erkennen. Dabei wird das Jahr 2045 und die in Kapitel 3.1 gezeigten Sanierungsraten und damit Endenergieverbräuche angenommen. Es wird deutlich, dass einige Straßen in der Kernstadt erschlossen werden können. Diese führt zu einer einfachen Möglichkeit für die Einwohner sich langfristig mit erneuerbaren Energien zu versorgen und schafft regionale Wertschöpfung.

In den kleineren Ortschaften in denen es derzeit keine Biogasanlage gibt, wird eine Einzelversorgung angestrebt. Neben dem Ausbau der bestehenden Biogasanlagen wird erkennbar, dass es viele dezentrale Lösungen geben wird. Es wird davon ausgegangen, dass es zu einem Technologie-Mix innerhalb des Untersuchungsgebietes kommen wird. In der Kernstadt von Waldheim, in der derzeit noch Erdgas zur Verfügung steht könnten in Zukunft verstärkt klimaneutrale Gase eingesetzt oder das Wärmenetz ausgebaut werden.

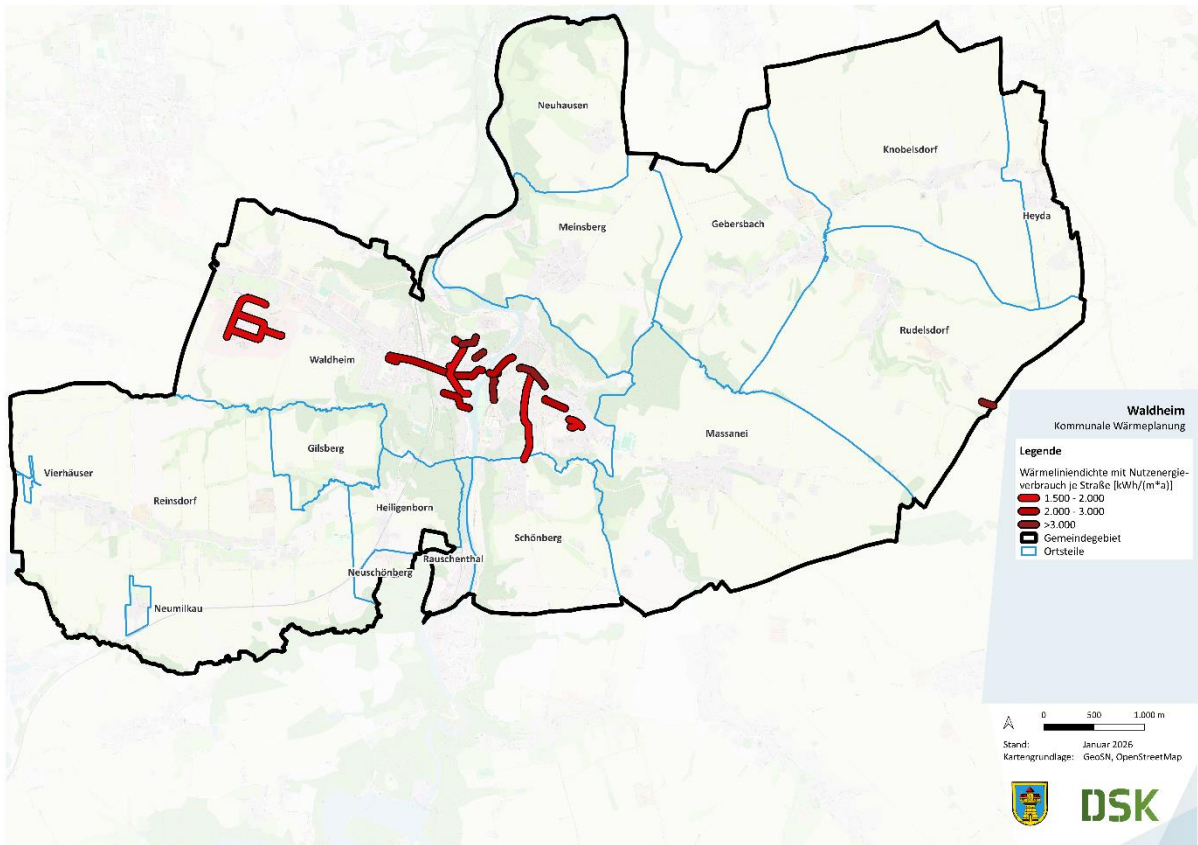


Abbildung 64: Wärmelinien-dichten ab 700 kWh pro laufenden Meter und Jahr Quelle: DSK, 2026

4.2. Eignung der Wärmeversorgungsarten

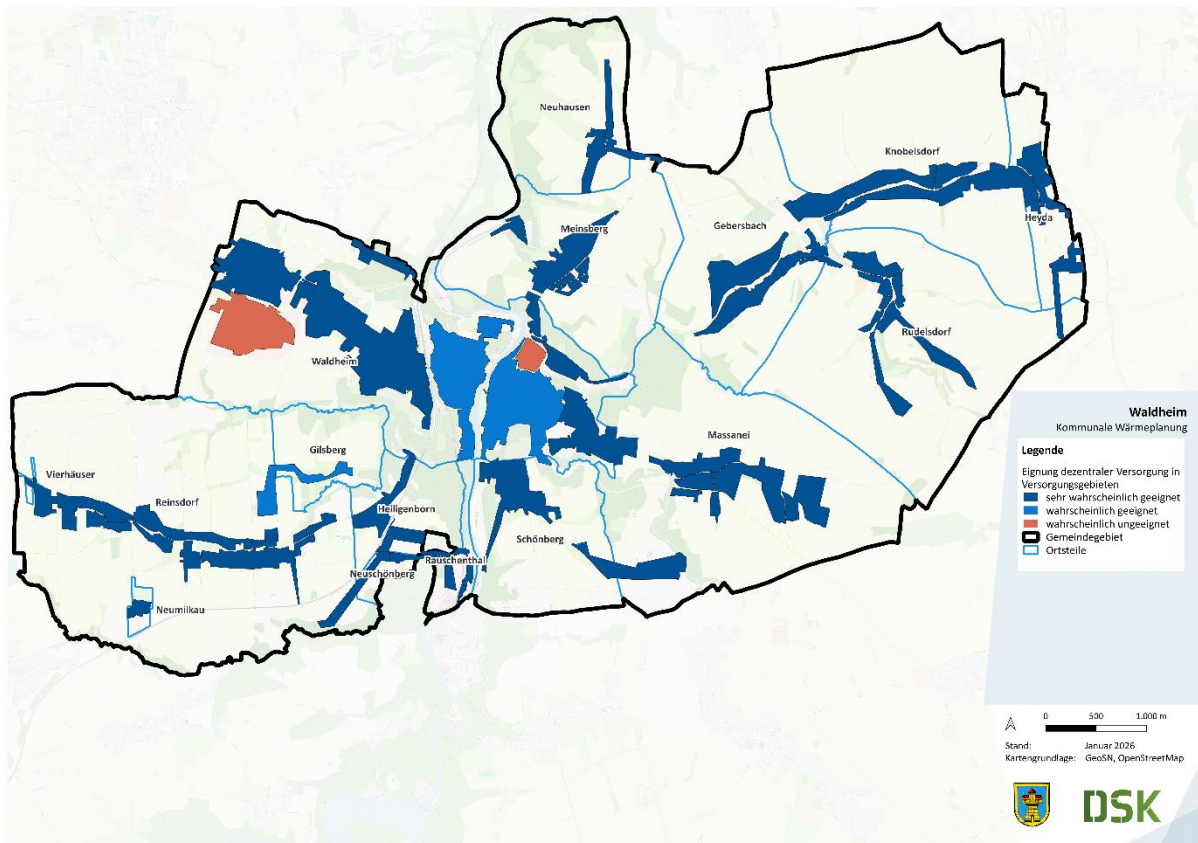


Abbildung 65: Eignungsprüfung für die dezentrale Versorgung Quelle: DSK, 2026

Die Abbildung 65 stellt die Eignung der dezentralen Versorgung dar. Daraus geht hervor, dass die meisten Gebiete sehr wahrscheinlich für die dezentrale Versorgung geeignet sind. Ungeeignet ist insbesondere die Kernstadt und das Industriegebiet sowie im Bereich der JVA. Die Kernstadt, weil die Verdichtung in dem Gebiet und der Denkmalschutz die dezentralen Versorgungsoptionen einschränken. Das zeigt beispielsweise die Wärmepumpenanalyse in Kapitel 3.6. Die dezentrale Versorgung bedeutet die Eigentümerinnen der Gebäude müssen sich selbstständig um die klimaneutrale Wärmeversorgung gemäß Gebäudeenergiegesetz kümmern und sicherstellen, dass sie die geltenden Vorgaben einhalten. Begründet wird dies aus der bisherigen Struktur der Ortsteile. Es konnte gezeigt werden, dass alle Gebäude bereits eine individuelle Lösung verbaut haben und es zudem keine leitungsgebundenen Energieträger gibt, wodurch der Aufbau technische und wirtschaftlich als nicht sinnvoll erachtet wird.

Die Eignung der Versorgungsgebiete mit Wärmenetz ist in der Abbildung 66 dargestellt. Dabei ist zu sehen, dass insbesondere die Gebiete, in denen die Wärmeliniendichte hoch ist, als sehr wahrscheinlich angesehen werden. Zudem ist die Waldheimer Kernstadt als wahrscheinlich geeignet anzusehen. In den Ortschaften ist derzeit keine Errichtung eines Wärmenetzes absehbar.

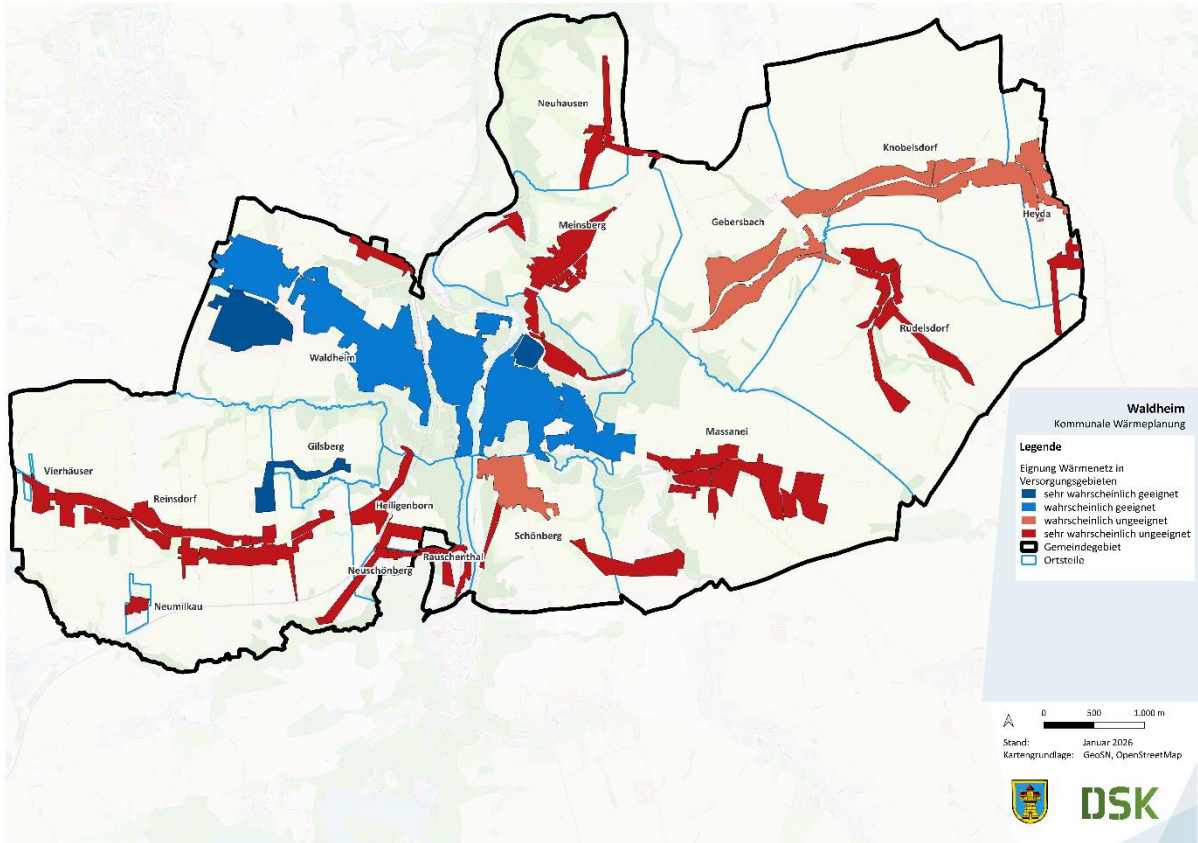


Abbildung 66: Eignungsprüfung Wärmenetz Quelle: DSK, 2026

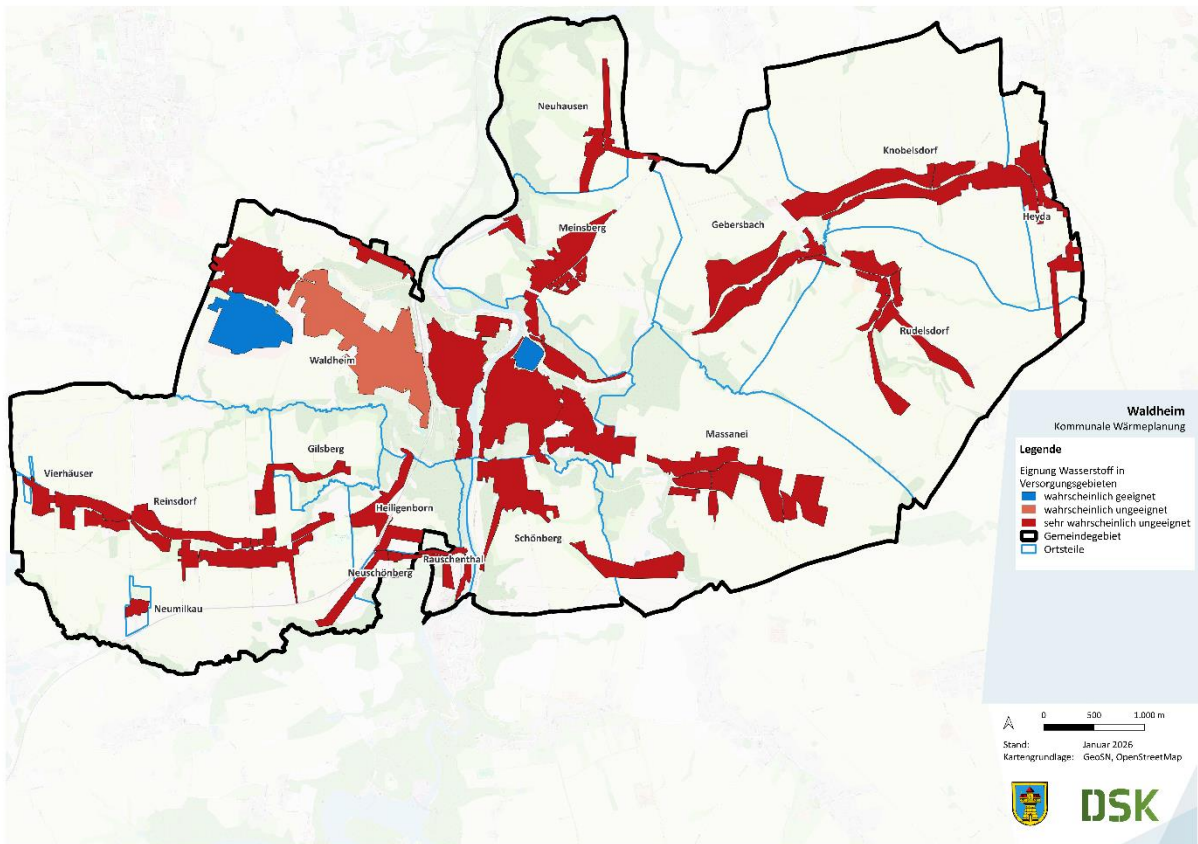


Abbildung 67: Eignungsprüfung Wasserstoff Quelle: DSK, 2026

Die Eignung für Wasserstoff ist, wie in der Abbildung 67 dargestellt, lediglich für das Industriegebiet wahrscheinlich. Zudem ist denkbar, dass Teil der Stadt unter anderem mit klimaneutralen Gasen insbesondere Biomethan versorgt werden könnten. Wie in Kapitel 3.12 dargestellt, gibt es im Netzgebiet teilweise Potenziale zur Deckung dieses Bedarfs. Der nicht gedeckte Bedarf, muss von Märkten importiert werden, die sich außerhalb des Untersuchungsgebiets befinden. Nach aktuellen Studien hat sich aber ein Markt für Biomethan etabliert, sodass die Bedarfe derzeit gedeckt werden können.

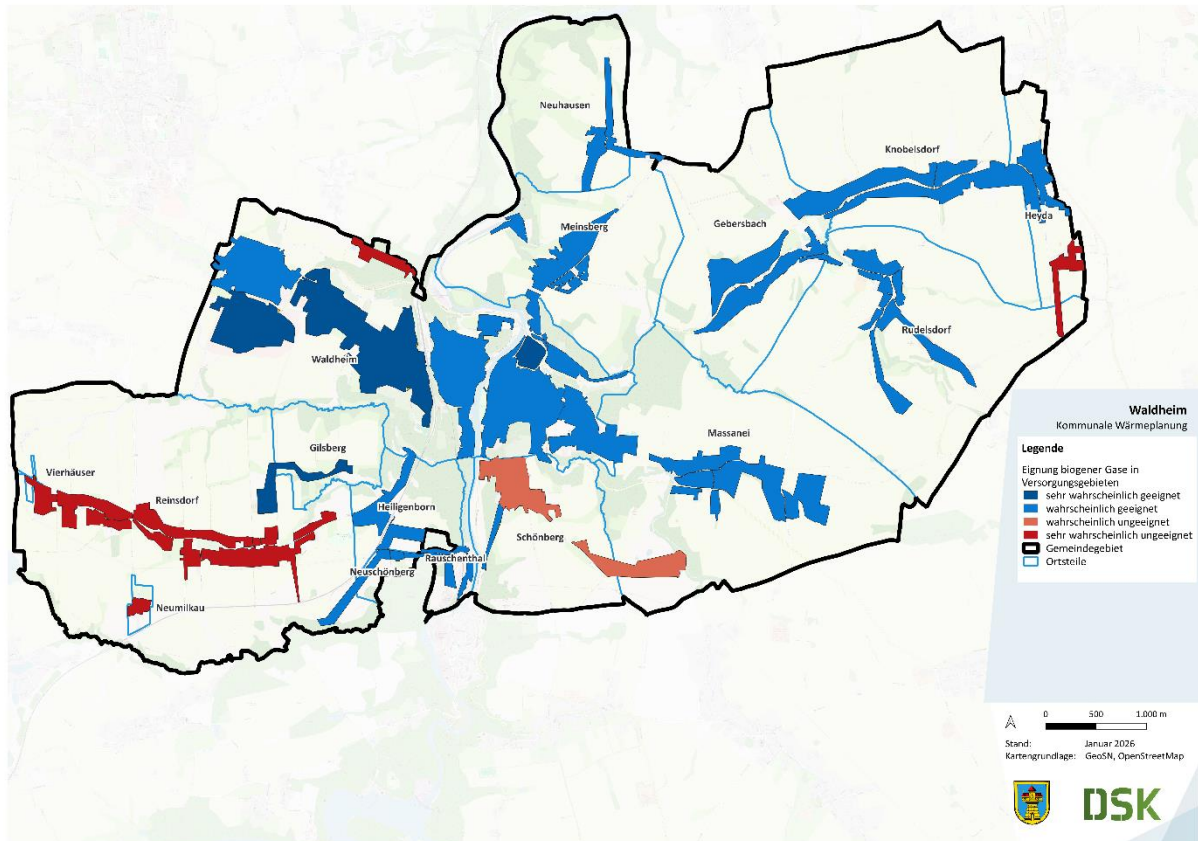


Abbildung 68: Eignungsprüfung biogene Gase Quelle: DSK, 2026

4.3. Zusammenstellung des zukünftigen Energiemixes

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung, wird anhand der Wärmeversorgungsgebiete, sowie der Gebiete mit besonderer Eignung der zukünftige Energiemix näherungsweise ermittelt. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet werden teilweise Wärmenetze geprüft. Für die dezentralen Gebiete sind Wärmepumpen wahrscheinlich die Technologie die sich etablieren wird. Grundsätzlich hat jeder Eigentümer die Option, eine individuelle Wärmeerzeugungsanlage auszuwählen.

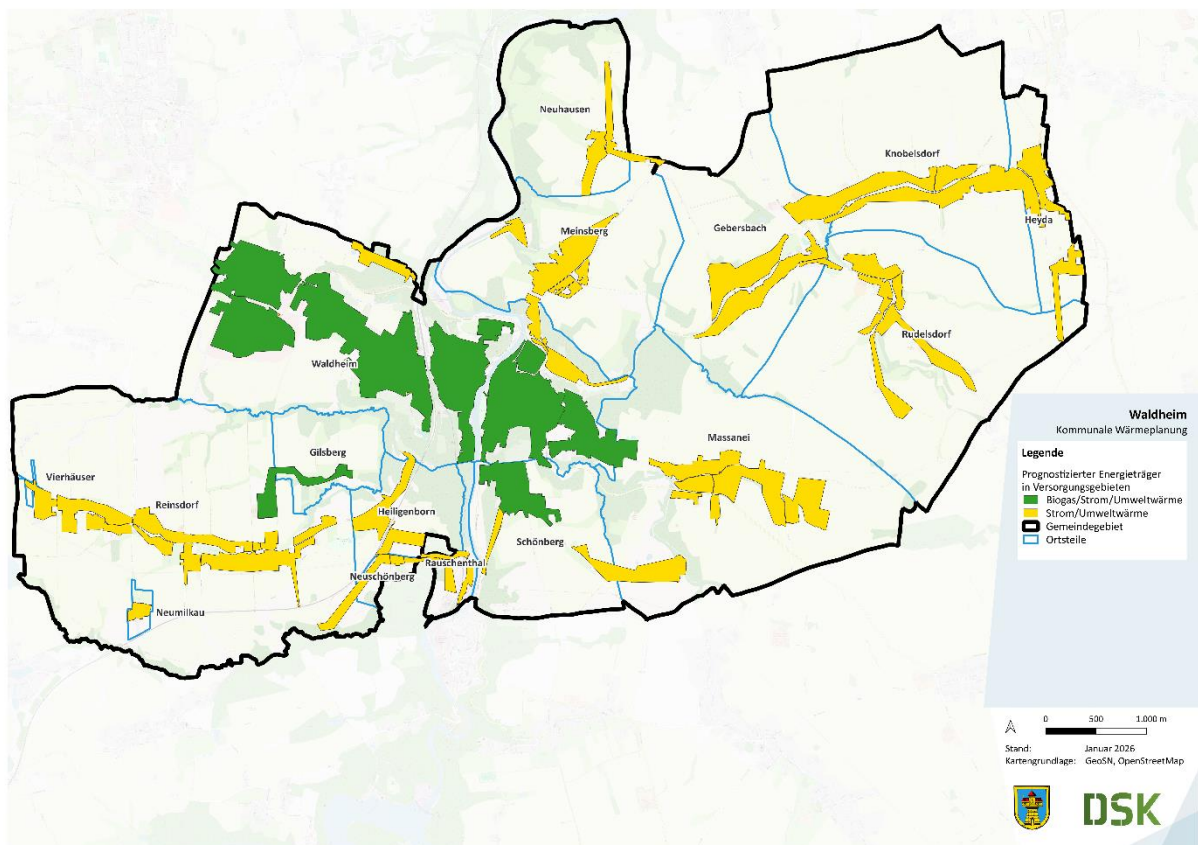


Abbildung 69: Prognostizierter Energieträger für die Gemeinde Waldheim Quelle: DSK, 2025

5. Eignungsgebiete

Die Ausweisung von Eignungsgebieten bildet einen weiteren zentralen Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Sie dient dazu, räumliche Bereiche innerhalb des Untersuchungsgebiets von Waldheim zu identifizieren, in denen der Einsatz bestimmter Wärmeversorgungsoptionen besonders zweckmäßig und zukunftsfähig erscheint.

Grundlage für die Bestimmung dieser Gebiete ist die Verknüpfung von ermitteltem Wärmebedarf, baulicher Struktur, siedlungsstrukturellen Gegebenheiten und vorhandenen sowie potenziellen Energiequellen. Auf diese Weise lassen sich Flächen herausarbeiten, die eine besondere Eignung für leitungsgebundene Versorgungssysteme wie Wärmenetze aufweisen. Ebenso können Bereiche bestimmt werden, in denen dezentrale erneuerbare Lösungen – etwa Wärmepumpen, Biomasseanlagen oder Solarthermie – vorrangig sinnvoll sind.

Bei der Abgrenzung der Eignungsgebiete wird eine gesamtstädtische Betrachtung vorgenommen, die sowohl die Effizienzpotenziale der Energieinfrastruktur als auch die wirtschaftliche Umsetzbarkeit berücksichtigt. Damit wird eine Grundlage geschaffen, um für unterschiedliche Quartiere und Ortsteile maßgeschneiderte Strategien zur Wärmeversorgung entwickeln zu können.

5.1. Wärmeversorgungsgebiete

Die Eignungsgebiete sind in Abbildung 70 zu erkennen. Daraus geht hervor, dass alle Gebiete um Waldheim herum, in deren Nähe sich keine Biogasanlage befindet, als „dezentral“ eingestuft werden. In den Bereichen der Biogasanlagen gilt noch zu prüfen inwieweit die Kapazitäten für die Erweiterung der Wärmenetze ausreichen. Aus dem Grund sind die Gebiete als „Prüfgebiet“ klassifiziert worden. Das bedeutet, dass bei der Fortschreibung des Wärmeplans in den kommenden fünf Jahren diese beiden Ortsteile nochmal analysiert werden, um mögliche Entwicklungen zu berücksichtigen.

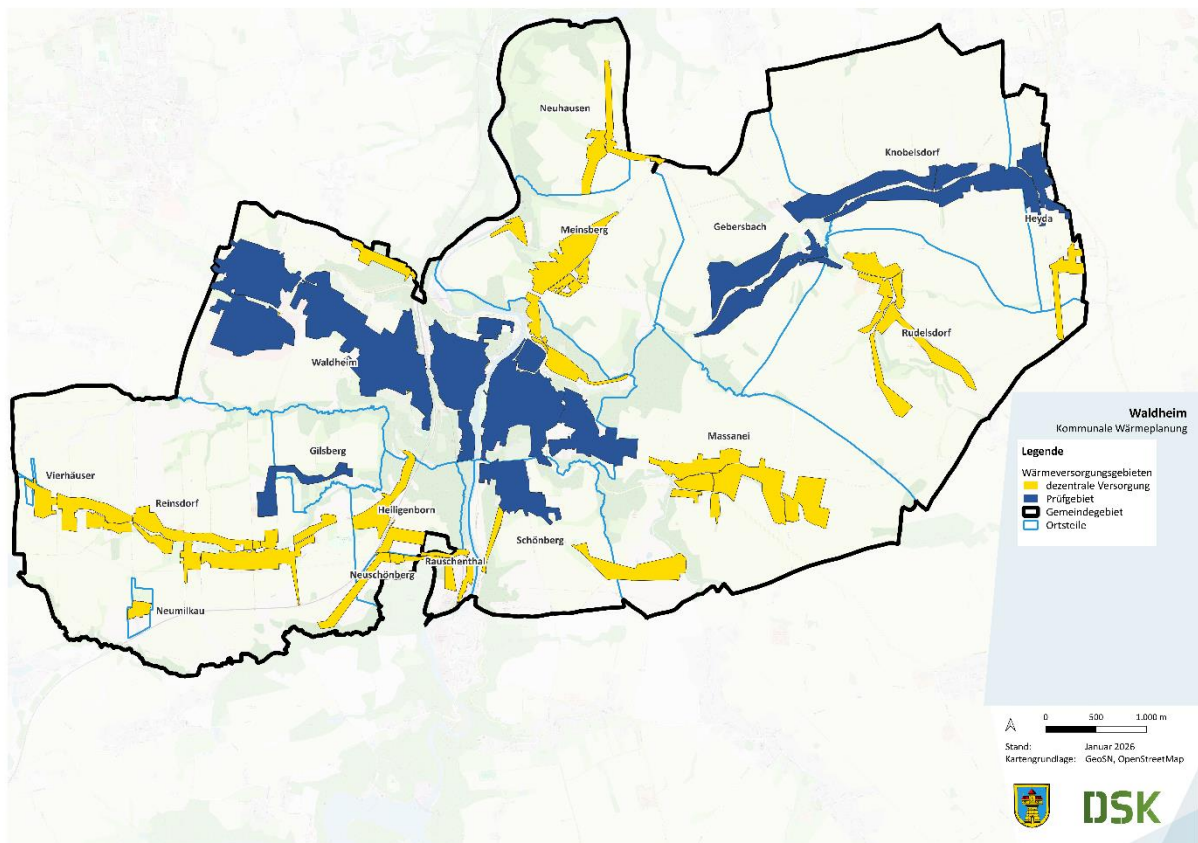


Abbildung 70: Wärmeversorgungsgebiete Waldheim Quelle: DSK, 2025

6. Wärmewendestrategie

Für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende sind verschiedene Arten von Maßnahmen erforderlich. Nur durch ein koordiniertes Zusammenspiel der technischen Maßnahmen mit begleitenden Maßnahmen kann das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 erreicht werden. Während die Umsetzungsstrategie den Schwerpunkt auf die Maßnahmen zur Umsetzung des Zielszenarios legt, adressiert die Verstetigungsstrategie die sozio-ökonomischen, politischen und organisatorischen Aspekte, die die Umsetzung dieser Maßnahmen ermöglichen sollen. Das Controllingkonzept dient der Nachverfolgung der beschlossenen Maßnahmen. Die Wärmewendestrategie bildet den Rahmen, in dem alle Maßnahmen zusammenlaufen. Sie ist in folgender Abbildung dargestellt

6.1. Umsetzungsstrategie

Maßnahmenkatalog nach § 20 Wärmeplanungsgesetz

Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung führt Potenziale und Bedarf systematisch zusammen. Auf diese Weise lassen sich Einsatzmöglichkeiten der Energiequellen in einem klimaneutralen Wärmesystem definieren und lokal umsetzen. Aufbauend auf der Szenarienentwicklung werden sowohl grundlegende als auch konkrete Maßnahmen für die Stadt Waldheim und Strategien formuliert, die für die erfolgreiche Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Im Rahmen dieses Berichts werden zunächst die grundlegenden Ansätze und die geplante Struktur der Maßnahmen vorgestellt. Die konkreten Maßnahmen werden in einem späteren Schritt entwickelt und angepasst. Der kommunale Wärmeplan soll in der anschließenden Umsetzungsphase Orientierung für alle an der Wärmewende beteiligten Akteure geben. Seine Ergebnisse und Handlungsvorschläge dienen der Verwaltung und dem Gemeinderat als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung. Während des gesamten Prozesses gilt es, die Inhalte anderer Vorhaben der Kommune, etwa die der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen. Es wird angeraten alle Maßnahmen für Waldheim in Verbindung mit Klimaschutz und Klimaresilienz konzeptübergreifend zu bündeln und ein umfassendes Controlling aufzubauen.

Maßnahmenbewertung

Die Bewertung der Maßnahmen erfolgt anhand mehrerer Kriterien, die in den Steckbriefen dargestellt sind. Dazu zählen:

- **Beginn der Maßnahme:** Kurz-, Mittel- oder Langfristig
- **Dauer der Maßnahme:** Geplanter Umsetzungszeitraum
- **Priorität:** Niedrig, Mittel, Hoch
- **Ziel und Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios:** Einfluss auf die Wärmewende
- **Erforderliche Umsetzungsschritte:** Konkrete Schritte zur Umsetzung der Maßnahme, insbesondere bei hoher Priorität
- **Beteiligte Akteure:** Verantwortliche für die Umsetzung sowie adressierte Gruppen
- **Kostenabschätzung:** Niedrig, Mittel, Hoch
- **Fördermöglichkeiten:** Programme, die zur finanziellen Unterstützung genutzt werden können
- **Flankierende Aktivitäten:** Synergien, begleitende Maßnahmen, Monitoring

In der nachfolgenden Tabelle 27, Tabelle 28 und Tabelle 29 werden die für die Bewertungskategorien Beginn der Maßnahme, Priorität und Kostenabschätzung dargestellt, die zur Bewertung genutzt werden würden.

Die Kostenabschätzung bezieht sich auf die erwarteten Aufwendungen zur Umsetzung der jeweiligen Maßnahme. Mögliche Gewinne oder Einsparungen, z. B. durch reduzierte Energiekosten, sind in der Bewertung nicht berücksichtigt.

Tabelle 27: Maßnahmenkriterium „Beginn der Maßnahme“

Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
Bis 3 Jahre	3 bis 7 Jahre	Mehr als 7 Jahre

Tabelle 28: Maßnahmenkriterium „Priorität“

Niedrig	Mittel	Hoch
Maßnahme hat nur einen geringen direkten Einfluss auf die THG-Minderung oder die Zielerreichung der Kommunalen Wärmeplanung. Sie kann ergänzend wirken oder ist vor allem unterstützend/aktivierend, ohne kurzfristig relevante Emissionseinsparungen zu erzielen.	Maßnahme hat einen indirekten oder mittelfristigen Einfluss auf die THG-Minderung, z. B. durch Bewusstseinsbildung, Vernetzung oder die Vorbereitung von Projekten. Sie schafft Rahmenbedingungen, ohne selbst direkt große Emissionseinsparungen zu bewirken.	Maßnahme trägt unmittelbar und deutlich zur Zielerreichung bei – etwa durch die Umsetzung von Projekten, die direkt Emissionen mindern oder durch die Schaffung zentraler Strukturen, die Voraussetzung für viele weitere Maßnahmen sind.

Tabelle 29: Maßnahmenkriterium „Kostenabschätzung“

Niedrig	Mittel	Hoch
bis ca. 25.000 €	ca. 25.000 – 150.000 €	über 150.000 €

6.2. Verstetigungsstrategie

Die Verstetigungsstrategie für Waldheim zielt darauf ab, die kommunale Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien langfristig zu sichern. Der Fokus liegt auf der Schaffung stabiler organisatorischer Strukturen sowie einer engen Einbindung der lokalen Akteure, ohne jedoch die technische Planung von Wärmenetzen zu berücksichtigen, da dies von der Stadt nicht gewünscht wird. Die Strategie umfasst mehrere Kernkomponenten, um sicherzustellen, dass die Wärmeprojekte nachhaltig und erfolgreich umgesetzt werden können.

Umsetzungsformen für kommunales Handeln

Gesellschaftsrechtliche Formen

Die Transformation der Wärmeversorgung zählt zu den zentralen kommunalen Zukunftsaufgaben. Gerade ländliche Regionen wie Waldheim stehen vor der Herausforderung, wirtschaftlich tragfähige Modelle zur lokalen Wärmeerzeugung und -vermarktung zu entwickeln und dabei möglichst eine gemeinwohlorientierte Wärmeversorgung zu gewährleisten. Gleichzeitig ergibt sich die Chance, Projekte im Bereich der Wärmeversorgung, die für klassische Betreiber unattraktiv sind, durch die aktive Beteiligung der Bevölkerung umzusetzen.

Ein Bestandteil dieses Konzeptes ist daher die Prüfung von Möglichkeiten zum Aufbau einer kommunalen oder bürgergetragenen Umsetzungsstruktur für die lokale Wärmeproduktion. Ziel ist es, lokal erzeugte Wärme aus erneuerbaren Energien kostengünstig bereitzustellen.

Die Vielzahl an Organisationsformen ermöglicht es, für Waldheim die jeweils passende Rechtsform auszuwählen. Bei der Entscheidung spielen verschiedene Kriterien eine Rolle:

- Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten der Gemeinde,
- Haftungsrisiken, insbesondere im Hinblick auf die Haushaltslage,
- Größe und Umfang der Unternehmung,
- Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger oder Investoren,
- Anforderungen an die Kapitalausstattung und Ergebnisverwendung.

Das Ziel ist es, die für Waldheim geeigneten Betreiberstrukturen systematisch darzustellen, ihre Eignung für die lokalen Rahmenbedingungen zu bewerten und realistische Modelle für Beteiligung und Wachstum aufzuzeigen.

Rechtlicher Rahmen in Sachsen

Die unternehmerische Tätigkeit von Kommunen wird in der Sächsischen Gemeindeordnung (SächsGemO) geregelt. Nach § 111 Abs. 1 SächsGemO kann eine Gemeinde Unternehmen in folgenden Formen gründen, übernehmen oder sich daran beteiligen:

- als Eigenbetrieb,
- als kommunale Anstalt öffentlichen Rechts (AöR),
- in privatrechtlichen Rechtsformen.

Dies ist nur zulässig, wenn:

- ein öffentlicher Zweck die Tätigkeit rechtfertigt,
- die Unternehmung in einem angemessenen Verhältnis zur Leistungsfähigkeit der Gemeinde und zum Bedarf steht,
- die Aufgaben außerhalb der allgemeinen Verwaltung geeignet sind,
- der Zweck nicht ebenso gut durch Dritte erfüllt werden kann – ausgenommen ist die Daseinsvorsorge, insbesondere im Bereich der Strom-, Gas- und Wärmeversorgung (§ 111 Abs. 2 SächsGemO).

Darüber hinaus gilt: Unternehmen der Gemeinde dürfen die örtliche Wirtschaft nicht wesentlich beeinträchtigen (§ 111 Abs. 3 SächsGemO). Tätigkeiten außerhalb des Gemeindegebiets sind zulässig, müssen aber angezeigt oder genehmigt werden (§ 111 Abs. 5 SächsGemO).

Eigenbetrieb

Der Eigenbetrieb ist ein Sondervermögen der Gemeinde Waldheim ohne eigene Rechtspersönlichkeit. Er ist organisatorisch von der Verwaltung getrennt, rechtlich jedoch eng angebunden.

Einflussmöglichkeiten

Der Eigenbetrieb bietet der Stadt Waldheim umfassende Kontrollmöglichkeiten. Wichtige Entscheidungen trifft die Stadtverordnetenversammlung oder ein Werksausschuss. Dadurch ist eine enge politische Steuerung möglich, zugleich aber nur begrenzte unternehmerische Flexibilität.

Haftung

Waldheim haftet mit ihrem gesamten Vermögen für die Verbindlichkeiten des Eigenbetriebs. Damit trägt die Stadt das volle wirtschaftliche Risiko.

Größe

Aufgrund der geringen Flexibilität eignet sich der Eigenbetrieb eher für kleinere Unternehmungen mit überschaubarem Marktumfeld.

Beteiligungsmöglichkeiten Dritter

Eine Beteiligung Dritter ist nicht möglich.

Kapitalausstattung und Ergebniszufluss

Die Stadt muss den Eigenbetrieb bei Gründung angemessen kapitalisieren. Gewinne dienen vorrangig der Rücklagenbildung. Defizite sind aus Haushaltsmitteln der Stadt auszugleichen.

Zusammenfassung

Vorteil

- Hohe Steuerungsmöglichkeiten durch die Stadt
- Erlass von Verwaltungsakten und Gebühren möglich
- Keine Insolvenzfähigkeit

Nachteil

- Volles wirtschaftliches Risiko bei der Stadt
- Keine Beteiligung Dritter
- Geringe Flexibilität und Wettbewerbsfähigkeit

Kommunalunternehmen – Anstalt des öffentlichen Rechts (AÖR)

Das Kommunalunternehmen ist eine eigenständige juristische Person in der Rechtsform einer AÖR. Es verbindet hoheitliche Möglichkeiten mit größerer Selbstständigkeit gegenüber dem Eigenbetrieb.

Steuerung

Das Kommunalunternehmen wird durch einen Vorstand geleitet, der durch einen Verwaltungsrat kontrolliert wird. Dieser besteht in der Regel aus dem Bürgermeister und weiteren Mitgliedern der Stadtverordnetenversammlung. Damit bleibt eine starke politische Einflussnahme erhalten, während das Unternehmen operativ eigenständig agiert.

Haftung

Die Stadt Waldheim haftet unbeschränkt für die Verbindlichkeiten des Kommunalunternehmens (Gewährträgerhaftung).

Größe

Die AöR eignet sich für Vorhaben aller Größenordnungen. Der organisatorische und satzungsrechtliche Aufwand ist jedoch höher als beim Eigenbetrieb.

Beteiligungsmöglichkeiten Dritter

Eine Beteiligung privater Investoren oder Bürger ist in dieser Rechtsform nicht möglich. Kooperationen mit anderen Kommunen über gemeinsame AöR sind dagegen zulässig.

Kapitalausstattung und Ergebniszufluss

Das Kommunalunternehmen wird durch die Stadt mit Kapital und Sachmitteln ausgestattet. Eine Unterkapitalisierung ist zu vermeiden, damit die Aufgaben nachhaltig erfüllt werden können.

Zusammenfassung

Vorteil

- Eigenständige Rechtspersönlichkeit mit größerer Flexibilität als der Eigenbetrieb
- Klare Trennung von Leitung und Kontrolle
- Möglichkeit zum Erlass von Verwaltungsakten und Gebühren

Nachteil

- Unbeschränkte Haftung der Stadt
- Keine Beteiligung von Bürgern oder Investoren
- Höherer Gründungs- und Verwaltungsaufwand

Formen der Kommunalen Gemeinschaftsarbeit

Die Zusammenarbeit zwischen Kommunen durch interkommunale Kooperation kann aus Sicht der Risikominimierung oder der Lastenteilung sinnvoll sein. Gerade kleine Gemeinden wie Waldheim wird empfohlen, Risiken und Lasten gemeinsam zu tragen, um auch bei schwierigen Ausgangsbedingungen wirtschaftliche Betätigungen realisieren zu können.

Die kommunale Gemeinschaftsarbeit wird im Sächsischen Gesetz über die kommunale Gemeinschaftsarbeit (SächsKomZG) geregelt. Nach § 2 Abs. 1 SächsKomZG können hierfür insbesondere folgende Formen gebildet werden:

- Kommunale Arbeitsgemeinschaften,
- Zweckvereinbarungen,
- Zweckverbände sowie
- Gemeinsame kommunale Anstalten des öffentlichen Rechts.

Kommunale Arbeitsgemeinschaften

Das SächsKomZG unterscheidet wie in anderen Bundesländern zwischen zwei Arten von Arbeitsgemeinschaften:

- **Einfache Arbeitsgemeinschaft (§ 4 SächsKomZG):** Sie wird durch öffentlich-rechtlichen Vertrag gegründet und dient der Abstimmung gemeinsamer Angelegenheiten. Dazu gehören insbesondere die Koordinierung von Planungen, die Vorbereitung gemeinsamer Flächennutzungspläne sowie die Sicherstellung einer wirtschaftlichen und zweckmäßigen Aufgabenerfüllung im regionalen Zusammenhang. Die Rechte und Pflichten der beteiligten Kommunen als Träger öffentlicher Aufgaben werden dadurch nicht berührt.
- **Besondere Arbeitsgemeinschaft (§ 5 SächsKomZG):** Hier werden die beteiligten Kommunen an Beschlüsse gebunden, wenn alle zugestimmt haben. Möglich ist auch, dass bestimmte Beschlüsse – etwa zur Geschäftsführung, zur Finanzplanung oder zu Richtlinien – bereits dann verbindlich sind, wenn die Mehrheit der beteiligten Organe zugestimmt hat.

Zweckvereinbarungen

Zweckvereinbarungen entstehen, wenn Gemeinden oder Landkreise durch öffentlich-rechtlichen Vertrag eine oder mehrere Aufgaben mit einem bestimmten Zweck gemeinsam wahrnehmen.

Dies kann beispielsweise bedeuten, dass eine Kommune einer anderen die Mitbenutzung einer Einrichtung erlaubt oder Aufgaben vollständig überträgt. Ebenso können Einrichtungen gemeinschaftlich betrieben werden (§ 7 SächsKomZG).

Durch Zweckvereinbarungen entsteht keine neue Rechtspersönlichkeit. Sie eignen sich daher eher zur rechtlichen Rahmensetzung, z. B. wenn ein Eigenbetrieb einer Gemeinde Aufgaben auch in einer Nachbargemeinde übernimmt.

Zweckverband

Ein Zweckverband ist die am weiteste reichende Form der interkommunalen Zusammenarbeit und wird in Teil 4 des SächsKomZG geregelt.

Rechtsstellung

Gemeinden, Ämter und Landkreise können sich mit anderen Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts zu einem Zweckverband zusammenschließen (§ 16 Abs. 1 SächsKomZG). Auch private juristische oder natürliche Personen können beteiligt werden, wenn dies der Aufgabenerfüllung dient und Gründe des öffentlichen Wohls nicht entgegenstehen (§ 16 Abs. 2 SächsKomZG).

Der Zweckverband wird durch öffentlich-rechtlichen Vertrag gegründet, der der Genehmigung der Kommunalaufsicht bedarf. Er erhält eigene Rechtspersönlichkeit als Körperschaft des öffentlichen Rechts.

Aufgaben

Ein Zweckverband kann sowohl hoheitliche Aufgaben wahrnehmen als auch wirtschaftliche Tätigkeiten ausüben. Denkbar ist etwa ein Zweckverband zur Wärmeversorgung. Mit der Aufgabenübertragung gehen die entsprechenden Rechte und Pflichten auf den Verband über, einschließlich des Satzungsrechts (§ 20 SächsKomZG).

Steuerung

Organe sind die Verbandsversammlung und der Verbandsvorsteher (§ 33 SächsKomZG). Die Verbandsversammlung ist oberstes Beschlussorgan, sie überwacht die Geschäftsführung und wählt den Vorsteher, der die laufenden Geschäfte führt und den Verband nach außen vertritt.

Haushalt und Wirtschaft

Der Zweckverband führt einen eigenen Haushalt (§ 36 SächsKomZG). Er kann zur Wahrnehmung seiner Aufgaben wirtschaftlich tätig sein und sich dabei der Organisationsformen bedienen, die auch Kommunen offenstehen (Eigenbetrieb, AöR, GmbH etc.). Für wirtschaftliche Unternehmen gelten die Vorschriften für Eigenbetriebe entsprechend.

Finanzierung

Der Zweckverband finanziert sich vorrangig über eigene Einnahmen (Gebühren, Beiträge, Entgelte). Reichen diese nicht aus, wird eine Verbandsumlage erhoben (§ 37 SächsKomZG). Deren Maßstab ist in der Satzung festzulegen und soll sich nach dem Nutzen für die Mitglieder richten.

Haftung

Der Zweckverband haftet mit seinem Vermögen für Verbindlichkeiten. Reicht dieses nicht aus, sind die Verbandsmitglieder nachschusspflichtig (§ 37 Abs. 3 SächsKomZG). Eine generelle Haftungsbegrenzung für alle Mitglieder ist nicht möglich, wodurch ein wirtschaftliches Risiko auf die beteiligten Kommunen übertragen bleibt.

Fazit

Für Waldheim kann die interkommunale Zusammenarbeit ein Weg sein, Verantwortung und Risiken einer wirtschaftlichen Tätigkeit – z. B. beim Aufbau gemeinsamer Wärmelösungen – zu teilen.

Arbeitsgemeinschaften und Zweckvereinbarungen sind eher Instrumente zur Abstimmung und rechtlichen Rahmensetzung, ohne eigene Rechtspersönlichkeit.

Zweckverbände hingegen schaffen eine rechtlich verselbstständigte Organisation mit eigenen Organen, Haushalt und Satzungsrecht. Sie eignen sich zur gemeinsamen Durchführung größerer Infrastrukturvorhaben, sind aber durch komplexe Entscheidungsprozesse und Nachschusspflichten der Mitglieder gekennzeichnet. Die Möglichkeit, auch private Akteure als Mitglieder einzubinden (§ 16 Abs. 2 SächsKomZG), macht Zweckverbände für Projekte im Bereich der Energieversorgung besonders interessant.

Sonstige privatrechtliche Organisationsformen

Neben den gängigen Organisationsformen bestehen weitere privatrechtliche Gesellschaftsformen wie die GbR, OHG, KG, AG oder UG. Für die wirtschaftliche Betätigung von Kommunen sind diese jedoch nur eingeschränkt oder gar nicht geeignet:

- GbR und OHG: unbeschränkte persönliche Haftung der Gesellschafter – für Kommunen ausgeschlossen.
- KG: Beteiligung nur als Kommanditist denkbar, praktisch aber kaum umsetzbar.
- AG: zu komplex, kapitalintensiv und mit hohen Verwaltungsanforderungen verbunden.
- UG: geringe Kapitalausstattung und eingeschränkte Ergebnisverwendung, für kommunale Vorhaben unattraktiv.

Damit reduziert sich die Auswahl auf die Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) als geeignete privatrechtliche Organisationsform für Waldheim.

Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)

Die GmbH ist die in der kommunalen Praxis am weitesten verbreitete privatrechtliche Rechtsform. Sie ist im GmbHG geregelt und bietet einen klaren rechtlichen Rahmen für Projekte im Bereich der Daseinsvorsorge wie die Wärmeversorgung.

Einflussmöglichkeiten

Die Stadt Waldheim kann über ihre Beteiligung direkten Einfluss auf die GmbH nehmen. Je nach Gesellschaftsvertrag kann sie z. B. im Aufsichtsrat vertreten sein oder Gesellschafterbeschlüsse mitgestalten. Damit lässt sich eine Balance zwischen kommunaler Steuerung und unternehmerischer Flexibilität herstellen.

Haftung

Die Haftung ist auf das Gesellschaftsvermögen begrenzt. Eine persönliche Haftung der Gesellschafter besteht nicht. Für die Kommune bedeutet dies eine deutliche Risikobegrenzung im Vergleich zu öffentlich-rechtlichen Organisationsformen wie Eigenbetrieb oder AöR.

Größe

Die GmbH ist flexibel und eignet sich für kleine wie größere Unternehmungen. Sie ist nicht an die Größe des Unternehmens gebunden und bietet damit einen weiten Anwendungsbereich – von Pilotprojekten bis zu umfassenden Wärmenetzstrukturen.

Beteiligungsmöglichkeiten Dritter

Ein wesentlicher Vorteil ist die Möglichkeit, Bürger, private Investoren oder Stadtwerke als Mitgesellschafter einzubinden. Damit kann sowohl Kapital als auch Akzeptanz in der Bevölkerung gewonnen werden.

Kapitalausstattung und Ergebniszufluss

Das Mindeststammkapital beträgt 25.000 € (§ 5 GmbHG), wobei Sacheinlagen zulässig sind. Die Ergebnisverwendung richtet sich nach dem Gesellschaftsvertrag. Gewinne können an die Gesellschafter ausgeschüttet werden, sofern keine Rücklagenbildung vorgeschrieben ist. Für Waldheim bedeutet dies: flexible Kapitalgestaltung und gleichzeitig die Möglichkeit, Überschüsse für die Stadt oder beteiligte Bürger nutzbar zu machen.

Zusammenfassung

Vorteil

- Klare Haftungsbegrenzung auf das Gesellschaftsvermögen
- Flexibel bei Größe und Ausgestaltung

Nachteil

- Insolvenzfähig, damit höheres unternehmerisches Risiko als bei öffentlich-rechtlichen Formen
- Gründungs- und Verwaltungskosten höher als beim Eigenbetrieb

Vorteil

- Beteiligung von Bürgern oder Investoren möglich

Nachteil

- Gemeinwohlorientierung muss im Gesellschaftsvertrag klar festgelegt werden, sonst Gefahr der reinen Gewinnorientierung

Zusammenfassende Betrachtung

Für Waldheim ist grundsätzlich festzuhalten, dass mehrere Unternehmensformen für die Umsetzung von Wärmeprojekten in Betracht kommen. Der Eigenbetrieb und das Kommunalunternehmen (AöR) bieten der Stadt eine sehr hohe Steuerungsmöglichkeit, sind jedoch mit einer unbeschränkten Haftung verbunden und schließen die Beteiligung Dritter weitgehend aus. Für größere und kapitalintensive Vorhaben wie Wärmenetze sind diese Formen daher nur eingeschränkt geeignet.

Im Gegensatz dazu ermöglichen die privatrechtlichen Organisationsformen mehr Flexibilität im Marktauftritt und eine klare Haftungsbegrenzung. Die kommunalrechtlichen Vorgaben der Sächsischen Kommunalordnung (SächsKO), insbesondere hinsichtlich Einflussnahme und Kapitalausstattung, können hier durch entsprechende Gestaltung des Gesellschaftsvertrages erfüllt werden.

In der folgenden Tabelle 32 sind verschiedene Rechtsformen zusammengefasst, die für die Umsetzung von Wärmeprojekten in Waldheim in Betracht kommen. Sie zeigt die wichtigsten Merkmale der jeweiligen Rechtsformen, wie ihre rechtliche Stellung, Steuerpflicht, Möglichkeiten der Bürger- und Drittenbeteiligung, die Kontrolle durch die Kommune, die Haftungsbedingungen und ihre Eignung aus Sicht der Bürger. Diese Übersicht dient als Entscheidungshilfe für die Wahl der geeignetsten Rechtsform für die kommunalen Wärmeinitiativen.

Tabelle 30 Übersicht der Rechtsformen für kommunale Wärmeprojekte in Waldheim

Rechtsform	Juristische Person	Steuerpflicht	Bürgerbeteiligung	Beteiligung Dritter	Kontrolle Kommune	Haftung	Eignung aus Sicht der Bürger
Eigenbetrieb	Nein	Ja	Nein	Nein	Sehr hoch	Unbeschränkt	Nur bedingt geeignet
Anstalt des öffentlichen Rechts (AöR)	Ja	Ja*	Eingeschränkt	Nein	Sehr hoch	Unbeschränkt	Nur bedingt geeignet
GmbH	Ja	Ja	Möglich über Anteile	Ja	Hoch	Beschränkt	Gut geeignet
GmbH & Co. KG	Ja	Ja	Möglich	Ja	Hoch	Beschränkt	Gut geeignet, aber komplex
Genossenschaft (eG)	Ja	Ja	Hoch	Möglich, aber eingeschränkt	Niedrig bis mittel	Beschränkt	Besonders geeignet für Bürgerwärme
Unternehmergesellschaft (UG)	Ja	Ja	Nein	Ja	Hoch	Beschränkt	Übergangsform, für kommunale Projekte unattraktiv

Formen der Bürgerbeteiligung

Zuvor wurden vor allem Modelle betrachtet, die das unmittelbare Handeln oder die Beteiligung der kommunalen Ebene ermöglichen. Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf den verschiedenen Möglichkeiten der Bürgerbeteiligung an Energieprojekten. Für Waldheim ist dieser Aspekt besonders relevant, da sowohl Akzeptanz in der Bevölkerung geschaffen als auch zusätzliches Kapital mobilisiert wird. Die Ausführungen basieren unter anderem auf Ergebnissen einer durch EU-Mittel finanzierten Studie im Rahmen des Projekts Bürgergeld/Bürger-PPP.

Nicht jede Form der Bürgerbeteiligung eignet sich in gleicher Weise für jedes Vorhaben. Vor Beginn eines Beteiligungsprozesses wird festgelegt, in welcher Form die Beteiligung erfolgt. Eine Beteiligung kann ausschließlich auf der Entscheidungsebene stattfinden, indem Mitspracherechte eingeräumt werden. Sie kann auch auf der Leistungsebene erfolgen, indem Bürger Kapital einbringen, am Risiko beteiligt sind oder an Gewinnen partizipieren.

Gesellschaftsrechtliche Formen

Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)

Die Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) ist eine Kapitalgesellschaft und juristische Person des deutschen Rechts. Im Unterschied zu Personengesellschaften ist die Haftungsbegrenzung bereits im Namen verankert.

Zur Gründung einer GmbH ist mindestens eine Person erforderlich. Die Beteiligung weiterer Personen ist möglich, sodass sich sowohl natürliche als auch juristische Personen sowie rechtsfähige Gesellschaften beteiligen können. Erforderlich sind ein Gesellschaftsvertrag und die Eintragung in das Handelsregister. Der Gesellschaftsvertrag regelt die Rechte und Pflichten der Gesellschafter, die Geschäftsführung und gegebenenfalls die Einrichtung eines Aufsichtsrats.

Die Geschäftsführung vertritt die GmbH nach außen und handelt auf Grundlage der Gesellschafterversammlung. Für Beteiligungsmodelle ist insbesondere die gemischte Gesamtvertretung von Interesse, bei der Entscheidungen gemeinschaftlich getroffen oder durch einen Geschäftsführer in Verbindung mit einem Prokuristen ausgeführt werden. Dies erhöht die Kontrolle, kann jedoch Entscheidungsprozesse verlängern.

Die GmbH haftet ausschließlich mit ihrem Gesellschaftsvermögen, wodurch das Privatvermögen der Gesellschafter geschützt bleibt. Dieser Vorteil geht mit einem höheren Verwaltungsaufwand einher, insbesondere bei Buchführung, Bilanzierung und Publizitätspflichten. Für kleinere Vorhaben wie einzelne PV-Anlagen wird die GmbH meist nicht benötigt. Für komplexe Projekte wie Wärmenetze, Biomasse- oder Biogasanlagen stellt sie jedoch aufgrund der klaren Haftungsbegrenzung eine besonders geeignete Rechtsform dar.

Die Unternehmersgesellschaft (haftungsbeschränkt) ist eine Sonderform der GmbH mit reduziertem Startkapital. In der Praxis ist sie für kommunale Projekte von geringerer Bedeutung, da sie zwar rechtlich dieselben Grundlagen wie eine GmbH hat, jedoch über eine geringere Kapitalbasis und eingeschränkte Flexibilität verfügt.

Tabelle 31 Steckbrief: GmbH

Gründungsaufwand	Verwaltungsaufwand
Höherer Aufwand: Eintragung in das Handelsregister notwendig; notariell beglaubigte Gesellschaftsverträge; Gründung unter Umständen mit Musterformular möglich.	Höherer Aufwand: Jahresabschlüsse müssen erstellt werden; genau definierte Prüfungs- und Publizitätsvorschriften.
Ein- und Austritt	Gesellschafterhaftung
Mittlerer Aufwand: Geschäftsanteile können verkauft oder vererbt werden; Rückzahlungen der Einlagen sind im Gesellschaftsvertrag gesondert auszuführen.	Gut: Beschränkt auf die jeweiligen Kapitaleinlagen; keine Haftung mit Privatvermögen.
Mitspracherechte	Mindestkapital
Sehr gut: Weitreichende Gestaltungsspielräume in der Mitsprache (z. B. durch Vertretungsrechte, Gesellschafterversammlung, ggf. Aufsichtsrat).	Bei GmbH: 25.000 Euro Bei UG: 1 Euro

Kommanditgesellschaft (KG)

Die Kommanditgesellschaft (KG) ist eine Personengesellschaft, bei der mindestens ein Gesellschafter als Komplementär mit seinem gesamten Vermögen haftet und mindestens ein weiterer Gesellschafter als Kommanditist nur mit seiner Einlage haftet.

In der Praxis spielt die reine KG bei Bürgerbeteiligungsprojekten nur eine untergeordnete Rolle. Relevanz erhält sie vor allem in Kombination mit einer GmbH als haftungsbeschränktem Komplementär.

Tabelle 32 Steckbrief: KG

Gründungsaufwand	Verwaltungsaufwand
Mittlerer Aufwand: Gesellschaftsvertrag; Eintragungen ins Register erforderlich.	Mittlerer Aufwand: Buchführung; abhängig von der Anzahl der beteiligten Gesellschafter ist auch höherer Aufwand möglich
Ein- und Austritt	Gesellschafterhaftung
Mittlerer Aufwand: Auflösung der Gesellschaft sowie Ein- bzw. Austritt von Gesellschaftern kann im Gesellschaftsvertrag geregelt werden.	Mindestens ein Gesellschafter ist Vollhafter.
Mitspracherechte	Mindestkapital
Problematisch: Die Kommanditisten sind gesellschaftsrechtlich von der Führung der Geschäfte ausgeschlossen und zur Vertretung der Gesellschaft nicht ermächtigt. Es ist jedoch denkbar, durch vertragliche Regelungen entsprechende Rechte einzuräumen.	Keine Mindesteinlage notwendig.

Kombination von GmbH und KG (GmbH & Co. KG)

Die GmbH & Co. KG ist eine in Bürgerenergieprojekten weit verbreitete Rechtsform. Die GmbH übernimmt die Rolle des haftenden Komplementärs, während Bürger als Kommanditisten Kapital einbringen. Auf diese Weise lässt sich einerseits eine klare Haftungsbegrenzung sicherstellen und andererseits eine breite Kapitalbasis durch viele Gesellschafter aufbauen.

Die Geschäftsführung verbleibt bei der GmbH, während die Bürger über ihre Kommanditanteile beteiligt sind. Sie profitieren über Gewinnausschüttungen, ohne persönlich mit ihrem Vermögen zu haften. Dieses Modell eignet sich besonders für größere Projekte mit hohem Finanzierungsbedarf, wie sie im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Waldheim denkbar sind.

Die Gründung und Verwaltung der GmbH & Co. KG ist aufwändiger als bei einer reinen GmbH oder KG, da für beide Gesellschaften Verträge erstellt und Registerintragungen vorgenommen werden müssen. Dennoch gilt die GmbH & Co. KG als erprobte Form, um Kapital von Bürgern systematisch einzubinden und gleichzeitig die Kommune über die GmbH in einer steuernden Rolle zu halten.

Die Variante der UG & Co. KG wird rechtlich ebenfalls ermöglicht, hat sich im Bereich erneuerbarer Energien jedoch bislang kaum etabliert und spielt in der Praxis für Waldheim keine Rolle.

Table 33 Steckbrief: GmbH & Co. KG

Gründungsaufwand	Verwaltungsaufwand
Hoher Aufwand: mindestens zwei Gesellschafter; Gesellschaftsverträge jeweils für GmbH und GmbH & Co. KG; GmbH muss notariell beurkundet werden; Eintragung ins Handelsregister für GmbH sowie GmbH & Co. KG	Hoher Aufwand: Pflicht zur Erstellung von Jahresabschlüssen für GmbH sowie GmbH & Co. KG; detaillierte Prüfungs- und Publizitätsvorschriften
Ein- und Austritt	Gesellschafterhaftung
Bei GmbH: wie bei GmbH beschrieben; eher schwierig Bei Kommanditisten: mittel, da Kündigung oder Übertragung möglich ist; Rückzahlungen können im Gesellschaftsvertrag geregelt werden; jedoch Änderungen im Handelsregister notwendig	Sehr gut: beschränkt auf die jeweiligen Gesellschafteranteile
Mitspracherechte	Mindestkapital
GmbH-Gesellschafter: sehr gut (vgl. oben) Kommanditisten: nur geringe bis keine Mitspracherechte	Stammkapital für GmbH (25.000 Euro) notwendig; alternativ: Stammkapital UG mindestens 1 Euro; kein Stammkapital für Kommanditisten

Eingetragene Genossenschaft (eG)

Die eingetragene Genossenschaft (eG) gilt als die demokratischste Rechtsform für Bürgerbeteiligung. Jedes Mitglied verfügt unabhängig von der Höhe seiner Einlage über genau eine Stimme. Damit eignet sich die

Genossenschaft insbesondere dann, wenn breite Akzeptanz und Mitgestaltung in der Bevölkerung im Vordergrund stehen.

Die Haftung der Mitglieder ist auf die Genossenschaftsanteile beschränkt. Der Ein- und Austritt erfolgt vergleichsweise unkompliziert, da die Satzung flexible Regelungen zulässt. Die Gründung setzt mindestens drei Mitglieder voraus und wird vom zuständigen Genossenschaftsverband begleitet und geprüft. Der Verband übernimmt zugleich Beratungs- und Kontrollaufgaben, was die Insolvenzsicherheit von Genossenschaften erhöht, aber mit einem höheren administrativen Aufwand verbunden ist.

Die Mitglieder erhalten Einblick in die Geschäftstätigkeit und entscheiden in der Generalversammlung über wesentliche Fragen wie Jahresabschlüsse, Vorstände und Aufsichtsräte. Wirtschaftlicher Nutzen entsteht für die Mitglieder in Form von Dividenden auf die gezeichneten Anteile. Für Waldheim ist die Genossenschaft besonders interessant, wenn Bürger nicht nur Kapitalgeber, sondern aktive Mitgestalter einer gemeinwohlorientierten Energieversorgung sein sollen.

Table 34 Steckbrief: eG

Gründungsaufwand	Verwaltungsaufwand
Hoher Aufwand: mindestens drei Mitglieder; Prüfung von Businessplan und Satzung durch Genossenschaftsverband; Eintragung in das Genossenschaftsregister.	Hoch: Prüfung durch Genossenschaftsverband; Pflicht zur Erstellung von Jahresabschlüssen; detaillierte und gesetzlich geregelte Prüfungs- und Publizitätspflichten
Ein- und Austritt	Gesellschafterhaftung
Einfach: Austritt ohne Zustimmung möglich; Eintritt von Mitgliedern nur mit Zustimmung der Genossenschaft möglich; Anspruch auf Rückzahlung der Genossenschaftsanteile	Sehr gut: Beschränkung der Haftung der Mitglieder auf Genossenschaftsanteile je nach Satzung möglich
Mitspracherechte	Mindestkapital
Mittel: Mitglieder wählen Vorstand und Aufsichtsrat; Antrags-, Rede-, Stimm- und Auskunftsrechte der Mitglieder in der Genossenschaftsversammlung	Gut: kein festes Stammkapital notwendig

Beteiligung der Bürger an kommunalen Unternehmen

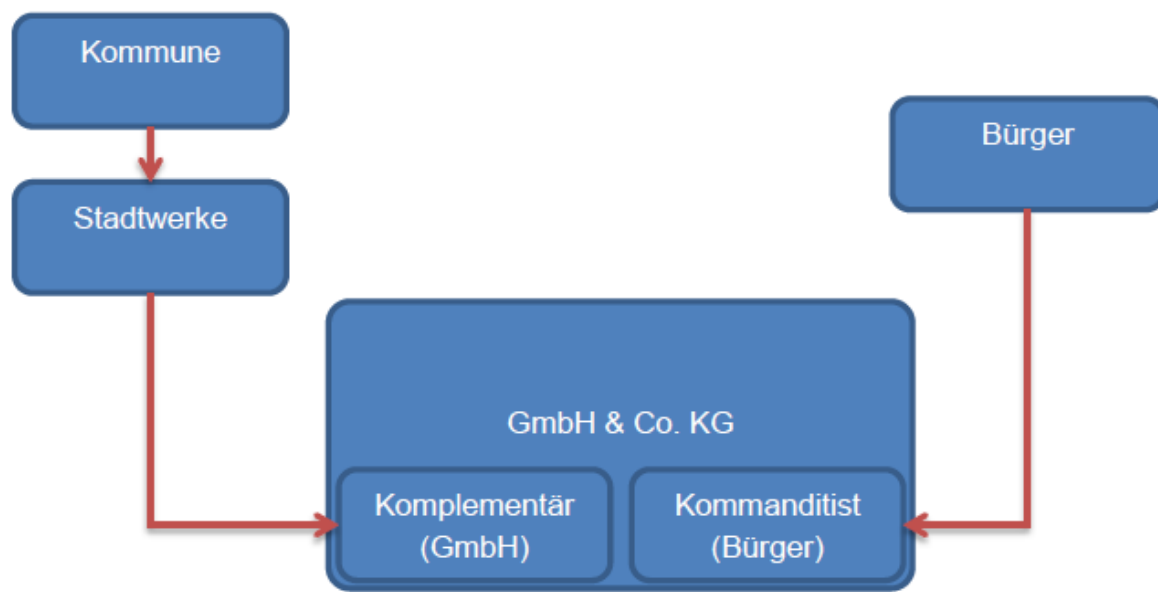
Im Anschluss an die zuvor dargestellten kommunalen Organisationsformen stellt sich die Frage, wie die Bürgerinnen und Bürger in Waldheim an Projekten zur Energieversorgung beteiligt werden können. Neben rein kommunalen Umsetzungsmodellen existieren verschiedene Möglichkeiten, die lokale Bevölkerung unmittelbar einzubinden und so Akzeptanz, Kapital und Mitgestaltung sicherzustellen.

Beispiel 1: Stadtwerke, Kommune und GmbH & Co. KG

Ein bewährtes Modell ist die Gründung einer Projektgesellschaft in der Rechtsform einer GmbH & Co. KG, die sowohl kommunale als auch bürgerliche Beteiligung ermöglicht. In diesem Modell übernimmt die Kommune bzw.

ein kommunales Stadtwerk die Rolle des haftenden Komplementärs, während die Bürger über ihre Kapitaleinlagen als Kommanditisten eingebunden werden.

Die Bürger beteiligen sich durch Kommanditanteile, erhalten regelmäßig Informationen über die Geschäftsentwicklung und profitieren durch Gewinnausschüttungen. Für die Kommune ergibt sich der Vorteil, dass ein erprobtes Rechtsmodell genutzt wird, das Haftungsfragen eindeutig regelt und zugleich den Zugang zu breitem Bürgerkapital eröffnet.



Beispiel 2: Stadtwerke, Kommune und Genossenschaft

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Gründung einer eingetragenen Genossenschaft (eG), die Anteile an einem kommunalen Stadtwerk erwirbt oder eigene Projekte realisiert. Bürger bringen Einlagen in die Genossenschaft ein und erhalten dafür Mitgliedschaftsrechte, die nicht von der Höhe der Einlage, sondern nach dem Grundsatz „eine Stimme pro Mitglied“ ausgeübt werden.

Dieses Modell führt zu einer stärkeren Identifikation der Bürger mit dem lokalen Energieversorger und kann Impulse für zusätzliche Geschäftsmodelle und Innovationsideen geben. Für Waldheim wäre dieses Modell insbesondere dann geeignet, wenn die breite Beteiligung der Bevölkerung und eine demokratische Entscheidungsstruktur im Vordergrund stehen.

Schuldrechtliche Beteiligung

Neben gesellschaftsrechtlichen Lösungen gibt es für Waldheim auch Möglichkeiten der schuldrechtlichen Bürgerbeteiligung. Dazu zählen nachrangige Darlehen, Genussrechte oder stille Beteiligungen.

- **Nachrangige Darlehen:** Bürger stellen der Projektgesellschaft Kapital zur Verfügung, das über eine vereinbarte Laufzeit verzinst und zurückgezahlt wird. Im Insolvenzfall erfolgt die Rückzahlung nachrangig zu anderen Gläubigern.
- **Genussscheine:** Sie ähneln wirtschaftlich dem Eigenkapital, da die Verzinsung gewinnabhängig ist, beinhalten jedoch keine Mitspracherechte.
- **Stille Beteiligungen:** Bürger beteiligen sich mit Kapital, sind aber nicht in die Geschäftsführung eingebunden. Sie erhalten eine vertraglich vereinbarte Gewinnbeteiligung, teilweise auch eine Verlustbeteiligung.

Diese Formen sind vor allem als Ergänzung zu gesellschaftsrechtlichen Beteiligungen geeignet und können genutzt werden, um zusätzliches Kapital von Bürgern einzuwerben.

Beteiligung durch Sparbriefe

Eine schwächere, aber ebenfalls mögliche Form der Bürgerbeteiligung stellt die Anlage über Sparbriefe dar. Regionale Banken oder Sparkassen bieten hierbei spezielle Produkte an, deren Mittel gezielt in erneuerbare Energieprojekte der Region fließen. Bürger profitieren von einer festen Verzinsung und sicherer Rückzahlung, ohne jedoch Mitspracherechte zu erhalten. Für Waldheim könnte dieses Modell in Kooperation mit örtlichen Banken genutzt werden, um breitere Bevölkerungsschichten indirekt einzubinden.

Umsetzungsmanagement

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in Waldheim ist die Einrichtung eines Umsetzungsmanagements sinnvoll. Damit werden personelle Ressourcen geschaffen, die die Initiierung und Steuerung der Maßnahmenumsetzung übernehmen und die Stadtverwaltung auch in weitergehenden Fragen der Energiepolitik fachlich unterstützen.

Das Land Sachsen fördert im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Einrichtung einer Personalstelle, die die planungsverantwortliche Kommune bei der Entwicklung und Umsetzung der Wärmeplanung begleitet. Diese Stelle übernimmt Koordinierungsaufgaben, fungiert als Schnittstelle zwischen Politik, Verwaltung und lokalen Akteuren und sorgt für die kontinuierliche Fortschreibung und Steuerung der Maßnahmenumsetzung.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist die enge Vernetzung mit relevanten lokalen Akteuren, insbesondere mit Stadtwerken, Netzbetreibern, Unternehmen, Wohnungswirtschaft, Vereinen und Bürgerinitiativen. So wird gewährleistet, dass die Maßnahmen breit getragen und in enger Abstimmung umgesetzt werden.

Unterstützt werden sollte das Umsetzungsmanagement durch eine Steuerungsgruppe „AG Energie“, bestehend aus Vertretern der Verwaltung (inklusive Klimaschutzmanagement) sowie weiteren relevanten Akteuren aus Wirtschaft, Gesellschaft und Politik.

- Dem Umsetzungsmanagement in Waldheim kommen insbesondere folgende Aufgaben zu:
- Initiierung und Koordination von Maßnahmen im Bereich Wärmeversorgung und Klimaschutz,
- Ausarbeitung und Begleitung von Projekten in enger Abstimmung mit lokalen Akteuren,

- Zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung,
- Projektmanagement, Koordination und Überwachung einzelner Maßnahmen,
- Fachliche Unterstützung bei Planung und Umsetzung,
- Organisation und Durchführung von Informationsveranstaltungen,
- Systematische Erfassung und Auswertung von Daten (Monitoring, Controlling),
- Methodische Beratung bei der Entwicklung von Qualitätszielen und Effizienzstandards,
- Aufbau von Netzwerken und Initiierung regelmäßiger Austauschformate,
- Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit und Sicherstellung einer transparenten Kommunikation.

Weitere Umsetzungsstrukturen

Ein zentraler Baustein für die langfristige Verstetigung der kommunalen Energiewende in Waldheim ist die Bündelung der Aktivitäten in einer kommunalen Organisation. Diese kann in Form einer kommunalen Gesellschaft (z. B. GmbH oder GmbH & Co. KG) oder einer Holdingstruktur erfolgen. Dadurch wird die Gründung von Projektgesellschaften für einzelne Vorhaben erleichtert und die Möglichkeit geschaffen, Kooperationen mit externen Partnern einzugehen.

Ein kommunales Unternehmen würde als Instrument zur Umsetzung energiepolitischer Vorhaben dienen und die Handlungsfähigkeit der Stadt Waldheim bei der Umsetzung von Projekten sichern. Projekte aus der kommunalen Wärmeplanung, aber auch Vorhaben im Bereich der erneuerbaren Stromerzeugung könnten so gemeinsam gesteuert und realisiert werden.

Das Umsetzungsmanagement wird als integraler Bestandteil dieser Struktur verstanden und arbeitet eng mit dem bereits etablierten Klimaschutzmanagement zusammen. Beide Funktionen sind über Schnittstellen miteinander verbunden, insbesondere in den Bereichen Projektkoordination, Öffentlichkeitsarbeit und Netzwerkarbeit.

Darüber hinaus sollten weitere Verwaltungsbereiche (z. B. Hauptamt, Bauamt) sowie externe Partner systematisch eingebunden werden. Zur Koordination empfiehlt sich die Einrichtung einer Arbeitsgruppe Energie, die regelmäßig tagt und als Plattform für Abstimmungen dient.

Weitere wichtige Bausteine für die Verstetigung der energiepolitischen Aktivitäten in Waldheim sind:

- Beratungsinstitutionen wie die Energieagentur des Landes Sachsen oder weitere unabhängige Beratungsstellen, die bei Öffentlichkeitsarbeit, Förderprogrammen und Fachfragen unterstützen,
- Netzbetreiber, die für die Genehmigung und Umsetzung zahlreicher Projekte unverzichtbar sind und mit denen ein regelmäßiges Austauschformat etabliert werden sollte,
- Gewerbetreibende und Industrie in der Region, die sowohl als Energieverbraucher als auch als potenzielle Erzeuger auftreten können. Ihre Vernetzung ermöglicht Synergien, etwa durch Direktlieferverträge, und schafft Anknüpfungspunkte für kommunale Projekte. Ein „Unternehmensstammtisch Energie“ könnte als Format dienen, um Austausch und Kooperationen zu fördern,

- Wohnungswirtschaft, die in den identifizierten Wärmeversorgungsgebieten eine zentrale Rolle spielt, da viele Maßnahmen direkt auf ihre Bestände wirken,
- Regionale Finanzinstitute, die durch maßgeschneiderte Finanzierungsinstrumente (z. B. Bürger-Sparbriefe, Darlehen) eingebunden werden können.

Die langfristige Verstetigung der kommunalen Energiepolitik in Waldheim erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Unternehmen, Bürgerschaft und Fachinstitutionen. Entscheidend ist dabei der Aufbau belastbarer Netzwerke und die Schaffung transparenter Strukturen, die die Umsetzung der Wärmeplanung dauerhaft sichern.

6.3. Controllingkonzept

Um den tatsächlichen Umsetzungsgrad und die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen zu überprüfen, wäre ein kontinuierliches Controlling und Monitoring zweckmäßig. Dadurch könnten die Entwicklungen der Umsetzungsphase systematisch erfasst, evaluiert und begleitet werden. Ziel wäre es, Maßnahmen für die Gemeinde Waldheim bei Bedarf anzupassen und weiterzuentwickeln, um Fehlentwicklungen zu vermeiden und positive Tendenzen zu stärken. Das Controlling würde sicherstellen, dass die Maßnahmen für die Gemeinde Waldheim innerhalb eines definierten Zeitrahmens und mit den angestrebten Ergebnissen umgesetzt werden.

Das Controlling würde sowohl die Überprüfung des Umsetzungsfortschritts als auch eine fortlaufende Anpassung an neue regulatorische, technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen umfassen. Diese könnten sich insbesondere durch gesetzliche Änderungen auf Landes- oder Bundesebene ergeben. In diesem Zusammenhang würde regelmäßig geprüft, ob übergeordnete Zielsetzungen angepasst werden müssten, um mit veränderten Rahmenbedingungen Schritt zu halten.

Im Fokus des Controllings stünden sowohl die strategische Ebene der Gesamtzielsetzung als auch die erfolgreiche Umsetzung einzelner Maßnahmen für die Gemeinde Waldheim. Dabei würden sowohl Top-down- als auch Bottom-up-Ansätze berücksichtigt. In der wirtschaftswissenschaftlichen Terminologie entspräche der Top-down-Ansatz dem strategischen Controlling, der Bottom-up-Ansatz dem operativen Controlling.

Monitoring

Die Top-down-Vorgehensweise würde die Gesamtentwicklung im Untersuchungsgebiet betrachten und die Auswirkungen bereits umgesetzter Maßnahmen bewerten. Dabei würden Änderungen der Rahmenbedingungen, etwa neue Förderprogramme oder gesetzliche Vorgaben, einbezogen. Ein kontinuierliches Monitoring wäre erforderlich, um alle laufenden und abgeschlossenen Maßnahmen für die Gemeinde Waldheim zu erfassen und mögliche Hemmnisse frühzeitig zu identifizieren. Die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure sowie die Wirksamkeit bestehender Strukturen würden regelmäßig bewertet. Zudem würden Entwicklungen gesetzlicher oder politischer Rahmenbedingungen fortlaufend berücksichtigt.

Das Monitoring könnte in einem kompakten Bericht zusammengefasst werden, der regelmäßig aktualisiert würde. Als mögliches Format böte sich ein Geschäftsbericht an, der eine strukturierte Übersicht über alle

Maßnahmen und deren Status liefern könnte. Dies würde eine effiziente Fortführung sowie eine zielgerichtete Anpassung der Maßnahmen unterstützen.

Die gesetzlich vorgesehene **Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung** in der Gemeinde Waldheim könnte eine geeignete Grundlage für die regelmäßige Aktualisierung der Datengrundlagen sowie für die Anpassung der Zielsetzungen bilden. Aufgrund der dynamischen Entwicklung im Bereich der Wärmeversorgung und der Umstellung auf erneuerbare Energien müssten entsprechende Entwicklungen im Monitoringprozess mitbetrachtet werden.

Die Datenbasis, auf der die Wärmeplanung aufbauen würde, sei zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Zwischenstands voraussichtlich noch nicht vollständig und müsste durch aktuelle Daten und geeignete Modelle ergänzt werden. Insbesondere die Erhebung und Aktualisierung von Informationen zu bestehenden und geplanten Wärmenetzen sowie zu Heizungsanlagen würde weiter zu präzisieren sein, um die Planung und spätere Umsetzung belastbarer auszugestalten.

Maßnahmencontrolling

Das kontinuierliche Maßnahmencontrolling würde den Fortschritt und die Wirksamkeit jeder einzelnen Maßnahme erfassen und bewerten. Für die Beurteilung würden spezifische Kriterien und Indikatoren festgelegt, die sowohl harte als auch weiche Maßnahmen für die Gemeinde Waldheim abbilden würden. Harte Maßnahmen, wie beispielsweise der Ausbau von Wärmenetzen oder die Sanierung von Gebäuden, könnten über Kennzahlen wie eingesparte Energie, vermiedene Emissionen oder die Anzahl sanierter Gebäude bewertet werden. Weiche Maßnahmen, wie Informations- und Sensibilisierungsformate, könnten anhand von Indikatoren wie Teilnehmerzahlen, Reichweiten oder der Anzahl durchgeführter Veranstaltungen nachvollzogen werden.

Bei langfristigen und komplexen Maßnahmen, etwa der (möglichen) Gründung einer lokalen Energiegesellschaft oder der Entwicklung neuer Trägerstrukturen, wäre eine regelmäßige Zwischenbewertung sinnvoll, um den Projektfortschritt zu überwachen und bei Bedarf Anpassungen im Umsetzungsprozess vorzunehmen.

Die definierten Indikatoren für das Maßnahmencontrolling sowie die zugehörigen Datenquellen würden in einer späteren Phase der kommunalen Wärmeplanung zusammenfassend tabellarisch dargestellt, um die Effektivität und Effizienz der umgesetzten Maßnahmen für die Gemeinde Waldheim transparent und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Anhang

Literaturverzeichnis

Plattform für Abwärme der BfEE, Abwärmepotential,

https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html (Zugriff: 25.07.2025)

Statistisches Landesamt Freistaat Sachsen 2026

<https://www.statistik.sachsen.de/html/saechsische-kommunalindikatoren.html> (Zugriff: 09.01.2026)

Bevölkerungsmonitor 2023

<https://www.bevoelkerungsmonitor.sachsen.de/bevoelkerungsvorausberechnung.html> (Zugriff: 05.12.2025)

GeoSN 2025 – Landesamt für Geobasisinformation Sachsen

<https://www.geodaten.sachsen.de/> (Zugriff: 01.11.2025)

Entwurf

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der erhobenen Daten durch Anlage 1 zu §15 WPG	13
Tabelle 2: Gebäudeanzahl nach Baualtersklassen und Fläche im Projektgebiet Quelle: DSK, 2026.....	28
Tabelle 3 Eignung von Flächen für die Errichtung von Wärmenetzen basierend auf der Wärmedichte	40
Tabelle 4 Eignung von Flächen für die Errichtung von Wärmenetzen basierend auf der Wärmeliniendichte	42
Tabelle 5: Sektorale Aufteilung der Endenergie.....	47
Tabelle 6: Emissionsfaktoren Anlage 9 (zu § 85 Absatz 6 WPG)	48
Tabelle 7: Einschränkungen für Wärmeversorgungstechnologien.....	57
Tabelle 8: Flächen der Gebietsarten.....	57
Tabelle 9: Spezifische Wärmeentzugsleistungen für unterschiedliche Untergründe (VDI 4640)	62
Tabelle 10: Verteilung der mittleren spezifischen Entzugsleistung.....	66
Tabelle 11: Vergleich verschiedener Szenarien für geothermische Erdwärmesonden	67
Tabelle 12: Erfasste Abwärmeströme am Standort Danpower GmbH.....	70
Tabelle 13: Tabelle 6: Abstandsregelungen Wärmepumpennutzung nach Gebieten.....	72
Tabelle 14 stellt die Flächenpotenziale abhängig erzielter Punktwertigkeiten zur Eignung jeder Gemarkung dar. Eine explizite Betrachtung der gemarkungsspezifischen Ergebnisse ist den Potenzialsteckbriefen im Anhang zu entnehmen. Eine detaillierte Darstellung einzelner Flächen kann zudem aus dem digitalen Zwilling entnommen werden. Dort sind zusätzliche Informationen zu einzelnen Flächen (Flurstücknr., Flächengröße, Punktwertigkeit) flurstückscharf abgebildet. Ein Großteil der untersuchten Fläche liegt in Gebieten, welche die Ausweisung der Flächen als PV-Flächen grundsätzlich untersagen. Darüber hinaus kommen keine oder nur sehr bedingt Flächen für eine PV-Freiflächennutzung in Betracht, wie Abbildung 1 und die untenstehende Tabelle zu sehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Großteil der negativ bewerteten Gebiete in Vorbehaltgebieten oder weiteren Schutzgebieten liegt. Dadurch summieren sich die Werte im negativen auf. Darüber hinaus weist keine der Gemarkungen Flächen auf, die mit „sehr gut“ bewertet werden konnten. In Meinsberg befinden sich Flächen mit circa 130.000 m ² und in Waldheim Flächen mit circa 1. Mio. m ² , die mit „gut“ bewertet wurden.	80
Tabelle 15: PV-Flächenpotenziale nach Gemarkung in m ²	81
Tabelle 16: Flächenverteilung nach Energiepflanzen	86
Tabelle 17: Wärmeertrag Energiepflanzen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)....	86
Tabelle 18: Bestand nach Baumarten	88
Tabelle 19: Wärmeertrag Waldholz (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum).....	88
Tabelle 20: Abfallmenge Altholz Mittelsachsen und Waldheim	89
Tabelle 21: Brennwert nach Baumart für Kurzumtriebsplantagen (Heino Föh Kaminöfen und Metallbau, kein Datum)	91
Tabelle 22: Viehbestand Sachsen und Waldheim	92
Tabelle 23: Wärmeertrag Tierische Exkrememente (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, kein Datum)	92
Tabelle 24: Abfallmenge Sachsen, Landkreis Mittelsachsen und Waldheim	93
Tabelle 25: Wärmeertrag Biogene Abfälle.....	93
Tabelle 26: Wärmeertrag aller Biomasseträger	94
Tabelle 27: Maßnahmenkriterium „Beginn der Maßnahme“	112
Tabelle 28: Maßnahmenkriterium „Priorität“	112
Tabelle 29: Maßnahmenkriterium „Kostenabschätzung“	112
Tabelle 30 Übersicht der Rechtsformen für kommunale Wärmeprojekte in Waldheim.....	121

Tabelle 31 Steckbrief: GmbH.....	123
Tabelle 32 Steckbrief: KG	123
Tabelle 33 Steckbrief: GmbH & Co. KG	124
Tabelle 34 Steckbrief: eG	125

Entwurf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angestrebte Fördergebietskulisse in der Kernstadt Waldheim aus SEKo 2018.....	16
Abbildung 2: Entwicklung der Einwohnerzahl und der Altersstruktur im Zeitraum 1990-2023	17
Abbildung 3: Relative Bevölkerungsentwicklung im Vergleich zum Landkreis und Freistaat zwischen 2014 und 2023 (Quelle: SLFS 2026, Grafik: DSK)	18
Abbildung 4: Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung (8. RBV) für den Waldheim bis 2040...19	
Abbildung 5: Verwaltungsgebiet Waldheim mit Ortsteilen Quelle: DSK, 2025.....	20
Abbildung 6: Verteilung der Betriebe nach Wirtschaftszweig	21
Abbildung 7: Gewerbe an und Abmeldungen sowie größere verarbeitende Betriebe	22
Abbildung 8: Gebäudebestand der Stadt Waldheim, Quelle: DSK, 2025	23
Abbildung 9: Denkmalgeschützte Gebäude Quelle: DSK, 2025	24
Abbildung 10: Leerstand Quelle: DSK, 2025.....	24
Abbildung 11: Vorwiegender Gebäudetyp in einer baublockbezogenen Darstellung Quelle: DSK, 2025	25
Abbildung 12: Gebäudeanzahl nach Typologie und Fläche im Projektgebiet Quelle: DSK, 2025	26
Abbildung 13: Vorwiegende Gebädefunktion in einer baublockbezogenen Darstellung Quelle: DSK, 2025	26
Abbildung 14: Gebäudeanzahl nach Funktion und Fläche im Projektgebiet Quelle: DSK, 2025	27
Abbildung 15: Überwiegende, baublockbezogene Darstellung der Baualtersklassen im Untersuchungsgebiet Quelle: DSK, 2026	27
Abbildung 16 Verteilung der Gebäudeanzahl und -fläche nach Baujahren Quelle: DSK, 2026	28
Abbildung 17: Straßenbezogene Darstellung des Erdgasnetzes Quelle: MITNETZ GAS, Darstellung: DSK, 2026	29
Abbildung 18: Anteil zentraler und dezentraler Wärmeversorgung – Erdgas und Flüssiggas Quelle: DSK, 2026	30
Abbildung 19: Ankerkunden in den Baublöcken Quelle: DSK, 2025.....	31
Abbildung 20: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Heizöl Quelle: DSK, 2025	32
Abbildung 21: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Kohle Quelle: DSK, 2025.....	33
Abbildung 22: Anzahl baublockbezogener Versorgung durch den Energieträger Holzbrennstoffe Quelle: DSK, 2025	34
Abbildung 23: Anteil dezentrale Wärmeerzeuger – Heizstrom Quelle: DSK, 2025.....	35
Abbildung 24 Gegenüberstellung Stromverbrauch und -einspeisung Quelle: MITNETZ STROM, Darstellung: DSK, 2026.....	36
Abbildung 25: Aufteilung des Stromverbrauchs nach Kundengruppe Quelle: DSK, 2026.....	36
Abbildung 26: Stromerzeugung durch regenerative Energietechnik Quelle: enviaM, Darstellung: DSK, 2026	37
Abbildung 27: Aufteilung der Endenergie nach Energieträgern in Waldheim	39
Abbildung 28: Aufteilung der Nutzenergie nach Nutzungszwecken in Waldheim	39
Abbildung 29: Wärmeflächendichte mit Endenergieverbrauch [MWh/(ha*a)] Quelle: DSK, 2026	40
Abbildung 30 Straßenabschnittsbezogene Wärmeliniedichte mit Nutzenergiebedarf [kWh/(mTr*a)] Quelle: DSK, 2026	41
Abbildung 31: Straßenabschnittsbezogene Wärmeliniedichte mit Nutzenergieverbrauch [kWh/(mTr*a)] Quelle: DSK, 2026	41
Abbildung 32: Straßenabschnittsbezogene Wärmeliniedichte mit 75 % des Nutzenergieverbrauchs [kWh/(mTr*a)] Quelle: DSK, 2025	43
Abbildung 33: Anteil der Energieträger am jährlichen Endenergieverbrauch Quelle: DSK, 2025.....	44
Abbildung 34: Sektoraler Verbrauch der Energieträger	45

Abbildung 35: Energieträgeranteil am Endenergieverbrauch.....	46
Abbildung 36: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	48
Abbildung 37: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Tonnen	49
Abbildung 38: Sektorale Endenergie-, Primärenergie- und Treibhausgasbilanz.....	49
Abbildung 39: Einfluss der Energieeinsparung durch Sanierung auf die Nutzenergie	51
Abbildung 40: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2030 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025	52
Abbildung 41: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2035 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025	52
Abbildung 42: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2040 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025	53
Abbildung 43: Prognostizierte Einsparung durch Sanierung bis 2045 auf Baublockebene Quelle: DSK, 2025	53
Abbildung 44: Energieverbrauch eines durchschnittlichen Haushalts (Umweltbundesamt, 2023).....	54
Abbildung 45: Richtig lüften (Umweltbundesamt, 2023)	55
Abbildung 46: Ausschlussflächen Waldheim.....	56
Abbildung 47: Übersicht geothermischer Nutzungsmöglichkeiten, Quelle: https://www.vgtg.ch/geothermie.html	58
Abbildung 48: Verteilung der Bohrpunkte in der Gemeinde Waldheim	62
Abbildung 49:Bohrpunkte und Geologie	64
Abbildung 50: Geothermisches Potenzial bei 1800h Arbeitsleistung in 40m Tiefe.....	65
Abbildung 51: Geothermisches Potenzial bei 2400 h Arbeitsleistung in 40m Tiefe.....	65
Abbildung 52: Geothermisches Potenzial in 70 m und 100 m Tiefe.....	66
Abbildung 53: Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität von Gesteinen und Materialien	67
Abbildung 54: Prinzip der petrothermalen Tiefengeothermie.....	69
Abbildung 55: Vorzugsgebiete für tiefe Erdwärme	69
Abbildung 56: Funktionsweise einer Wärmepumpe, Quelle: DSK GmbH.....	72
Abbildung 57: Wärmepumpenanalyse	73
Abbildung 58: PV-Produktionspotenzial nach Gemarkung.....	77
Abbildung 59: PV-Freiflächenpotenziale im Untersuchungsgebiet.....	80
Abbildung 60: Landwirtschaftliche Flächen in Waldheim.....	85
Abbildung 61: Forstwirtschaftliche Flächen in Waldheim	87
Abbildung 62: Funktionsweise einer Flussthermieanlage, offenes System (EnBW Energie Baden-Württemberg AG, 2023)	96
Abbildung 63: Potenziale der H2-Nutzungspfade	100
Abbildung 64: Wärmelinien dichten ab 700 kWh pro laufenden Meter und Jahr Quelle: DSK, 2026 .	103
Abbildung 65: Eignungsprüfung für die dezentrale Versorgung Quelle: DSK, 2026.....	104
Abbildung 66: Eignungsprüfung Wärmenetz Quelle: DSK, 2026.....	105
Abbildung 67: Eignungsprüfung Wasserstoff Quelle: DSK, 2026	105
Abbildung 68: Eignungsprüfung biogene Gase Quelle: DSK, 2026	106
Abbildung 69: Prognostizierter Energieträger für die Gemeinde Waldheim Quelle: DSK, 2025	107
Abbildung 70: Wärmeversorgungsgebiete Waldheim Quelle: DSK, 2025	109