



**ebök GmbH**  
Schellingstraße 4/2  
72072 Tübingen

Tel. 0 70 71 93 94 0  
mail@eboek.de  
www.eboek.de

# Stadt Waldenbuch

## Kommunale Wärmeplanung

Erstellt am:	13.01.2026
im Auftrag von:	Stadt Waldenbuch
Projektleitung:	B. Sc. Sebastian Gallery (ebök GmbH)
Inhaltliche Bearbeitung:	B. Sc. Sebastian Gallery (ebök GmbH) B. Sc. Ricco La Verde (ebök GmbH) M. Sc. Jan Knut Völkel (ebök GmbH)

Entwurf

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung – Kontext und Bedeutung der Wärmeplanung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	1
1.2	Lokale Voraussetzungen – Stand des Klimaschutzes in der Kommune .....	2
1.3	Kommunikationsstrategie .....	3
1.4	Randbedingungen für die Umsetzung .....	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Methodik .....</b>	<b>7</b>
2.1	Datenschutz .....	7
2.2	Datenquellen und Datenqualität .....	7
2.3	Vorab- / Eignungsprüfung lokaler Versorgungsoptionen .....	9
2.4	Erhebungen Bestandsanalyse .....	9
2.4.1	Struktur der Wärmeversorgung .....	9
2.4.2	Angaben zum Wärmeverbrauch .....	10
2.4.3	Auswertung Befragungen GHDI .....	10
2.4.4	Kennwerte für Bedarfsermittlung .....	11
2.5	Erhebungen Potenziale .....	12
2.5.1	Einsparpotenzial energetische Sanierung .....	12
2.5.2	Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmenutzung .....	14
2.5.3	Potenziale zur Realisierung von Groß-Wärmespeichern .....	19
2.6	Modellierung des Zielszenarios / voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete .....	20
2.6.1	Allgemeine Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft .....	21
2.6.2	Entwicklung des Wärmebedarfs .....	22
2.6.3	Entwicklung von Wärmeversorgungsgebieten .....	23
2.6.4	Bildung Energieträgermix Zielzustand .....	26
2.6.5	Wahrscheinlichkeiten für voraussichtliche Wärmeversorgungsarten .....	28
<b>3</b>	<b>Dokumentation der Beteiligung von Akteuren und der Öffentlichkeit .....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>Bestandsanalyse .....</b>	<b>31</b>
4.1	Gemeindestruktur .....	31
4.2	Baualter und Gebäudetypen .....	32
4.3	Wärmeversorgungsstruktur .....	33
4.3.1	Energieträgerverteilung nach Endenergie .....	33
4.3.2	Struktur der dezentralen Wärmeherzeugung .....	35
4.3.3	Bestehendes Wärmenetz .....	38
4.3.4	Erdgasnetz und -infrastruktur .....	38

4.4	Wasserstofferzeugende Anlagen .....	39
4.5	Stromerzeugende Anlagen und Speicher .....	40
4.6	Wärmebedarf und Wärmedichte .....	40
4.7	Energiebilanz .....	44
4.8	Treibhausgasbilanz .....	45
<b>5</b>	<b>Potenziale .....</b>	<b>47</b>
5.1	Potenziale durch Effizienzsteigerung in der Gebäudebeheizung .....	47
5.2	Solarenergie auf Freiflächen .....	48
5.3	Solarenergie auf Dachflächen .....	50
5.4	Feste Biomasse / Holz .....	51
5.5	Oberflächennahe Geothermie mit Erdwärmesonden .....	52
5.5.1	Nutzung Erdwärmesonden in Wärmenetzen .....	53
5.5.2	Nutzung Erdwärmesonden für einzelne Liegenschaften .....	54
5.6	Erdkollektoren / Agrothermie .....	55
5.7	Grundwasser .....	56
5.8	Abwasserwärmenutzung .....	57
5.8.1	Abwasserwärme im Kanal .....	57
5.8.2	Abwasserwärme nach Klärwerk .....	58
5.9	Abwärme aus industriellen Prozessen .....	59
5.10	Klärgas / Biogas / Biomethan .....	59
5.11	Wasserstoff .....	59
5.12	Rolle des Gasnetzes .....	59
5.13	Außenluft in Verbindung mit Wärmepumpen .....	61
5.14	Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen .....	61
5.14.1	Photovoltaik .....	61
5.14.2	Wasserkraft .....	62
5.14.3	Windkraft .....	62
5.15	Fazit / Zusammenfassung lokaler Potenziale .....	64
<b>6</b>	<b>Szenarienbildung und Zielbild .....</b>	<b>66</b>
6.1	Entwicklung des Wärmebedarfs .....	66
6.2	Allgemeine Voraussetzungen und Annahmen zur Bildung des Zielszenarios .....	67
6.3	Entwicklung von Wärmeversorgungsgebieten .....	68
6.3.1	Voraussichtlich dezentral versorgte Gebiete .....	70
6.3.2	Voraussichtliche Wärmenetzgebiete .....	70
6.4	Zielszenario bis 2040 .....	71
6.4.1	Entwicklung Endenergiebedarf bis 2040 .....	73
6.4.2	Entwicklung der Treibhausgasemissionen .....	79
6.4.3	Darstellung Wahrscheinlichkeiten der Wärmeversorgungsarten .....	81

6.5	Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial .....	85
<b>7</b>	<b>Maßnahmenkatalog und Umsetzungsstrategie .....</b>	<b>86</b>
7.1	Maßnahmen zur Umsetzung des Zielszenarios .....	87
7.1.1	Aufbau von Wärmenetzen - WN .....	87
7.1.2	Bedarfssenkung / erneuerbare Wärmeversorgung im Bestand - B.....	91
7.1.3	Beteiligung wesentlicher Akteure - ÖA.....	95
7.2	Umsetzungsstrategie.....	97
<b>8</b>	<b>Monitoring und Controlling .....</b>	<b>99</b>
<b>9</b>	<b>Verstetigung und Fortschreibung .....</b>	<b>101</b>
<b>10</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis.....</b>	<b>102</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>103</b>
11.1	Bezeichnungen für Energie und Wärme .....	103
11.2	Verwendete THG-Faktoren .....	104
11.3	Anhang Karten .....	105
11.4	Teilgebiets-Steckbriefe .....	106

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Projektphasen Erstellung des KWP mit Beteiligung relevanter Akteure.....	3
Abb. 2:	Lenkungsreis Kommunale Wärmeplanung der Stadt Waldenbuch .....	4
Abb. 3:	Durchgeführte Beteiligung der Öffentlichkeit.....	5
Abb. 4:	Der Potenzialbegriff am Beispiel von Solarertrag oder Effizienzsteigerung im Gebäudebestand .....	12
Abb. 5:	Kriterien zur Entwicklung von voraussichtlichen Wärmenetzgebieten .....	25
Abb. 6:	Schematische Zuweisung von Versorgungsoptionen im Zielszenario .....	26
Abb. 7:	Struktur der Stadt Waldenbuch.....	31
Abb. 8:	Gebäude mit Wärmenutzung nach Anzahl, Fläche und Gebäudetyp.....	32
Abb. 9:	Einteilung der Baublöcke in überwiegende Gebäudebualter im Baublock .....	32
Abb. 10:	Überwiegender Gebäudetyp nach Anzahl im Baublock .....	33
Abb. 11:	Energieträgerverteilung im Ist-Zustand .....	34
Abb. 12:	Energieträgermix nach Endenergie im Ist-Zustand pro Baublock .....	35
Abb. 13:	Verteilung der Feuerstätten nach Baualtersklassen nach Anzahl .....	36
Abb. 14:	Verteilung der Feuerstätten nach Energieträger hinsichtlich Anzahl und Leistung .....	36
Abb. 15:	Verteilung der Feuerstätten nach Art hinsichtlich Anzahl und Leistung.....	37
Abb. 16:	Durch das Erdgasnetz versorgte Baublöcke in der Stadt Waldenbuch .....	39
Abb. 17:	Stromerzeugende Anlagen und Speicher im Stadtgebiet.....	40
Abb. 18:	Erzeugernutzwärmeabgabe nach Gebäudetyp, Energieträger, Anwendung und Nutzungssektor .....	41
Abb. 19:	Absoluter Wärmebedarf pro Baublock .....	42
Abb. 20:	Blockweise Wärmedichte des Ist-Stands (Erzeugernutzwärmeabgabe) .....	43
Abb. 21:	Darstellung der Liniendichte des Ist-Stands.....	44
Abb. 22:	Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand an der Stadtgrenze .....	45
Abb. 23:	THG-Bilanz der Wärmeerzeugung im Ist-Zustand .....	46
Abb. 24:	Einsparpotenziale durch Effizienzsteigerung im Bestand in Abhängigkeit von verschiedenen Sanierungsraten .....	48
Abb. 25:	geeignete Flächen der regionalen Planhinweiskarte – Freiflächen Photovoltaik.....	49
Abb. 26:	Benachteiligte Flächen LUBW Solarkatasters (Konversionsflächen und Seitenrandstreifen) [LUBW FF Solar].....	50
Abb. 27:	Eignung der Dachflächen zur solaren Nutzung [LUBW DF 2022] .....	51

Abb. 29: Effizienz von oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden Quelle [ISONG].....	53
Abb. 30: Möglicher Deckungsgrad des Wärmebedarfs im Baublock durch Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen .....	55
Abb. 31: Standortbewertung oberflächennächste Erdwärmekollektoren [ISONG].....	56
Abb. 32: Grundwasservorkommen und Ergiebigkeit in Waldenbuch [GDI DE GW][GDI DE GW][GDI DE GW][GDI DE GW][GDI DE GW].....	57
Abb. 33: Abwassernetz und Einzugsgebiete der für Wärmenutzung geeignete Abwassersammler.....	58
Abb. 34: Zusammenfassung der quantifizierten lokalen Potenziale.....	64
Abb. 35: voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2040.....	69
Abb. 36: Umsetzung der voraussichtlichen Wärmenetzgebiete.....	71
Abb. 37: Möglicher Energieträgermix 2040 im Nahwärmenetz .....	73
Abb. 38: Entwicklung Energieträgerverteilung für Endenergie an der Gebäudegrenze bis 2040.....	74
Abb. 39: Prognostizierter Endenergiemix 2040 an der Gebäudegrenze .....	74
Abb. 40: Blockweiser Endenergiemix im Zieljahr 2040 für Heizwärme und Trinkwarmwasser.....	75
Abb. 41: Entwicklung leitungsgebundene Wärmeversorgung inkl. Nahwärme nach Endenergie.....	76
Abb. 42: Entwicklung der THG-Emissionen der Wärmeerzeugung bis 2040 .....	79
Abb. 43: Darstellung der Wahrscheinlichkeit der dezentralen Wärmebereitung für das Zieljahr 2040 .....	82
Abb. 44: Darstellung der Wahrscheinlichkeit für Wärmenetze für das Zieljahr 2040 .....	83
Abb. 45: Darstellung der Wahrscheinlichkeit von Wasserstoffgebieten für das Zieljahr 2040 .....	84
Abb. 46: Dezentral versorgte Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial .....	85
Abb. 48: Umsetzungsstrategie der prioritären Maßnahmen .....	97
Abb. 49: PDCA-Zyklus der Umsetzung, "rollierende Planung" .....	100
Abb. 50: Bilanzgrenzen und Bezeichnungen im Energiefluss bis zur Nutzwärme im Gebäude .....	103

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wärme aus Solarenergie mit PV vs. Solarthermie .....	14
Tab. 2: Durchgeführte Termine des Lenkungskreises.....	29
Tab. 3: Übersicht Beteiligung Akteure und Öffentlichkeit.....	30
Tab. 5: Übersicht über dezentrale Erzeuger inkl. Hausübergabestationen.....	38
Tab. 7: Einsparungen in Stütz- und Zieljahr durch Gebäudeeffizienz.....	48

Tab. 8:	Anschlussquoten 2040 dezentrale Wärmeversorgungsgebiete .....	72
Tab. 9:	Entwicklung Endenergiebedarf an der Gebäudegrenze in MWh/a differenziert nach Sektoren in MWh/a .....	75
Tab. 10:	Entwicklung Energieträger an leitungsgebundener Versorgung nach Endenergie .....	76
Tab. 11:	Anzahl und Anteil der Gebäude mit Anschluss an ein Fernwärmenetz nach Jahren .....	78
Tab. 12:	Anzahl und Anteil der Gebäude mit Anschluss an das Erdgasnetz .....	78
Tab. 13:	Entwicklung erneuerbarer Energieträger nach Endenergie .....	78
Tab. 14:	Entwicklung des Endenergiebedarfs an der Gebäudegrenze und der THG-Emissionen .....	79
Tab. 15:	Für THG-Bilanzierung eingesetzte THG-Faktoren .....	104

Entwurf



## Verwendete Abkürzungen

Agri-PV	Mit Photovoltaik überspannte landwirtschaftlich genutzte Flächen
Agrothermie	gleichzeitige Flächennutzung für Erdwärme (Kollektoren) und Landwirtschaft
Ankernutzer	Einzelner großer Wärmeabnehmer, der den Aufbau eines Wärmenetzes begünstigt
AWNA	Abwasserwärmenutzungsanlage
BAK	Baualtersklasse (von Gebäuden)
EBF	Energiebezugsfläche
EFH	Einfamilienhaus; Wohngebäude bis zu 2 Wohneinheiten
EWS	Erdwärmesonde
Fernwärme	s. Nahwärme, Fernwärme
Maßnahmengebiet	Gebiet, in dem prioritäre Maßnahmen erfolgen sollen
GHD(I)	Gewerbe, Handel, Dienstleistung, (Industrie)
GMFH	Großes Mehrfamilienhaus
Kalte Nahwärme	Wärmeverteilung auf niedrigem Temperaturniveau, z. B. 20°C
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
MFH	Mehrfamilienhaus
Nahwärme	Wärme aus einem Wärmenetz mit Erzeugung in einer oder mehreren Wärmezentralen
NGF	Nettogeschossfläche
Niedertemperatur	Wärmeverteilung auf Temperaturniveau unter 70°C
PV	Photovoltaik
Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet	Ein Gebiet, das aus heutiger Sicht für den beschriebenen Ansatz, z. B. Wärmenetze, grundsätzlich geeignet ist und dahingehend weiter untersucht und beplant werden sollte.
Wärmewendestrategie	Umsetzung des Zielkonzepts; zyklischer Prozess der Wärmewende mit Planen, Umsetzen, Überprüfen, Handeln
WP	Wärmepumpe
WP eff	Wärmepumpen mit erhöhter Effizienz, vornehmlich durch andere Wärmequellen als Luft (Geothermie, Grundwasser, Flusswasser, Abwasser etc.)
WPG	Das Wärmeplanungsgesetz des Bundes



# **1 Einleitung und Aufgabenstellung – Kontext und Bedeutung der Wärmeplanung**

Ziel des vorliegenden kommunalen Wärmeplans für die Stadt Waldenbuch ist die Herbeiführung der Transformation der derzeit vorwiegend fossilen Wärmebereitung in eine ausschließlich auf erneuerbare Energieträger beruhende Wärmeversorgung. Im Einklang mit den Anforderungen des Landes Baden-Württemberg und der nationalen Gesetzgebung wird die Klimaneutralität der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 angestrebt.

Nach dem Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG) sind Gemeinden unter 100.000 Einwohnern verpflichtet, bis zum 30.06.2028 eine Kommunale Wärmeplanung vorzulegen. Das Land Baden-Württemberg unterstützt die Erstellung des Kommunalen Wärmeplans durch die Bereitstellung von Fördermitteln.

Zur Ausarbeitung des Wärmeplans wurde ein Projektkonsortium bestehend aus Vertretern der Stadt Waldenbuch, der interkommunalen Stabstelle Energie- und Klimaschutzmanagement (iEKSM) und dem beauftragten Ingenieurbüro ebök GmbH aus Tübingen gebildet.

Der vorliegende Wärmeplan entspricht sowohl den Anforderungen des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz des Landes Baden-Württemberg als auch denen des Wärmeplanungsgesetzes des Bundes (WPG).

## **1.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen**

Der gesetzliche Rahmen für die Wärmeplanung in Waldenbuch ergibt sich aus dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württembergs (KlimaG BW) sowie dem übergeordneten Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG) das ab Januar 2024 in Kraft ist.

Mit ca. 8.800 Einwohnern (Stand 2022) ist die Stadt Waldenbuch nach den Anforderungen des WPG §4 Abs. 2 verpflichtet, bis zum 30. Juni 2028 einen Wärmeplan vorzulegen.

Durch die frühzeitige Ausarbeitung des Wärmeplans entstehen keine über die üblichen Anforderungen hinausgehenden Verpflichtungen für die Bürgerschaft. Der Einsatz von mindestens 65 % erneuerbaren Energien bei der Wärmebereitung nach §71 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) ist unabhängig von der (frühzeitigen) Erarbeitung des Wärmeplans erst ab dem 30. Juni 2028 verpflichtend.

Der Wärmeplan hat keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten. Erst mit der künftigen und separaten Ausweisung von Wärme-

versorgungsgebieten entstehen Verbindlichkeiten nach §71 GEG für Gebäudebesitzer in den entsprechenden Gebieten. So können zwar Gebiete auf Grundlage des Wärmeplans ausgewiesen werden, dies ist aber nicht Teil des Wärmeplans, sondern setzt einen Beschluss der planungsverantwortlichen Stelle voraus.

## **1.2 Lokale Voraussetzungen – Stand des Klimaschutzes in der Kommune**

Die Stadt Waldenbuch ist sehr bestrebt, ihrer Verantwortung hinsichtlich des Klimaschutzes gerecht zu werden. Hierzu unterhält die Stadt eine interkommunale Stabstelle für Energie- und Klimaschutzmanagement (iEKSM), zusammen mit den Kommunen Aichtal und Steinenbronn. U.a. werden die folgenden zahlreichen Unternehmungen durchgeführt und Konzepte ausgearbeitet:

- Ehrenamtliches Energieteam
- Zertifizierung European Energy Award 2012
- Mitgliedschaft im Klimabündnis
- Energieaudit nach DIN EN 16247-1 durchgeführt
- Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED-Leuchtmittel
- Umsetzung des förmlichen Sanierungsgebietes „Erweiterter Altstadt kern“
- Energiemanagement in kommunalen Liegenschaften
- Probebohrungen zur Nutzung von Erdwärmesonden zur Evaluierung als Wärmequelle für Wärmenetze
- Jährlicher Energiebericht mit Treibhausgasbilanz
- Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes

## 1.3 Kommunikationsstrategie

Die Beteiligung betroffener Verwaltungseinheiten und aller weiteren relevanten Akteure, insbesondere Betreiber relevanter Infrastrukturen zur Ver- und Entsorgung, wird durch die Vorgaben des WPG gefordert. Dazu wurden wesentliche Akteure aus Bürgerschaft, Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie, der kommunalen Verwaltung und kommunaler Betriebe an der Entwicklung der Zielszenarien und Entwicklungspfade sowie der umzusetzenden Maßnahmen beteiligt. Für die Beteiligung wurde zum Beginn des Projektes im Lenkungskreis eine Kommunikationsstrategie abgestimmt, die Zeitpunkte, Formate, Inhalte und Ziele festlegten.

Die Erstellung des KWP gliedert sich nach WPG §13 (1) in folgende Schritte mit einer über alle Phasen notwendigen Beteiligung verschiedener Akteure:



Abb. 1: Projektphasen Erstellung des KWP mit Beteiligung relevanter Akteure

Für die interne Kommunikation und Ausarbeitung der Wärmeplanung wurde der Lenkungskreis Wärmeplanung initiiert. Dieser bestand aus den ständigen Vertretern der Stadt Waldenbuch (u.a. interkommunale Stabstelle Energie- und Klimaschutzmanagement, Bauamtsleitung, Hochbau) und des beauftragten Ingenieurbüros ebök GmbH. In diesem Rahmen fanden die Abstimmungen zur Projektorganisation und Meilensteintermine zur Darstellung von Zwischenergebnissen zu den oben gezeigten Projektphasen statt. Der „Lenkungskreis kommunale Wärmeplanung“ stellte sich wie in Abb. 2 aufgezeigt dar.

### Lenkungskreis Kommunale Wärmeplanung

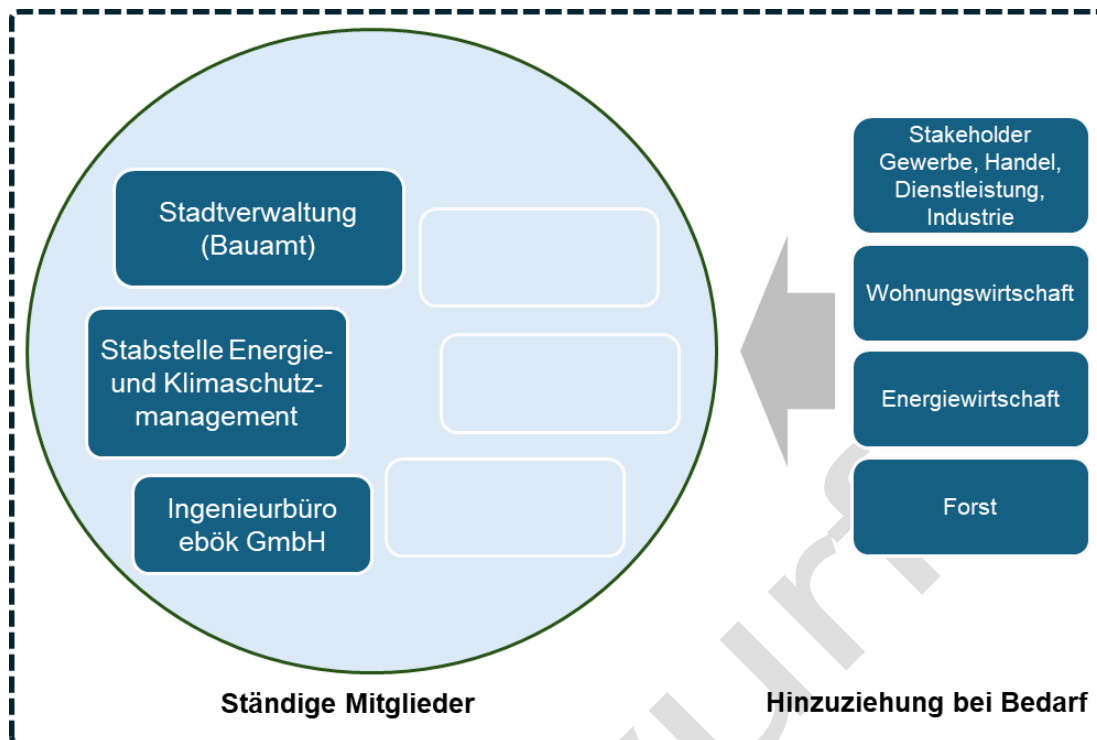


Abb. 2: Lenkungsreis Kommune Wärmeplanung der Stadt Waldenbuch

Die Kommunikationsstrategie zur Information und Integration betroffener Stakeholder wurde in der Lenkungsgruppe Wärmeplanung abgestimmt.

Durch die Kommunikationsstrategie wurde gewährleistet, dass nach WPG §13 (2) die betroffene Öffentlichkeit, relevante Akteure der Verwaltung und Betroffene nach WPG §7 (2) über alle Projektphasen hinweg miteinbezogen oder über die Ergebnisse der Wärmeplanung informiert wurden. Folgende Kommunikationskanäle wurden hierfür genutzt:

- Webpräsenz:  
<https://www.waldenbuch.de/start/unsere+stadt/kommunale+waermeplanung.html>
- Funktionspostfach auf der Webpräsenz für direkte Kontakte zwischen der interessierten Öffentlichkeit und dem Klimaschutzmanagement
- Amtsblatt Stadt Waldenbuch (11.07. / 03.09. / 07.11.2025)
- direkte Kontakte mit der Bürgerschaft in der Bürgerveranstaltung am 13.11.2025 über Ergebnisse des KWP

Möglichkeit zur Rückmeldung zur Wärmeplanung bestand jederzeit durch direkte Ansprache als auch über das auf der Webpräsenz der Stadt Waldenbuch verfügbare Funktionspostfach.

Die projektbegleitende Offenlage zur Information über die Ergebnisse einzelner Projektphasen, mit Möglichkeit zur Rückmeldung, wurde auf der Webpräsenz der Stadt Waldenbuch umgesetzt. In der nachfolgenden Grafik Abb. 3 ist die durchgeführte Beteiligung der Öffentlichkeit aufgezeigt.



Abb. 3: Durchgeführte Beteiligung der Öffentlichkeit

Die Beteiligung relevanter Akteure aus Verwaltung, Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie und (möglicher) Energielieferanten erfolgte über die gesamte Projektlaufzeit. Für eine Übersicht durchgeführter Beteiligungsformate wird auf Kapitel 3 verwiesen.

Die Akteurs- und Öffentlichkeitsbeteiligung in der Erstellung des Wärmeplans bildet gleichzeitig die Grundlage für weitere Beteiligungsprozesse in der späteren Umsetzung der Maßnahmen zur Wärmewende.

## 1.4 Randbedingungen für die Umsetzung

Die Umsetzung der Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans unterliegt vielen äußeren Einflüssen, die die Kommune nicht oder nur in geringem Maße beeinflussen kann. Dazu gehören die Entwicklung der Energiepreise, die Kostenentwicklung für Investitionen und die Verfügbarkeit von Ressourcen zur Umsetzung baulicher Maßnahmen. Weitere maßgebliche Randbedingungen werden durch das Land und den Bund im Kontext des Ordnungsrechts und der Förderkulisse festgelegt:

- Verschärfung der Neubauanforderungen; Pflicht zur Nutzung von Solar-energie
- Durch das „Erneuerbare Wärmegesetz Baden-Württemberg“ (EWärmeG BW) vorgeschriebene Mindestanteile erneuerbarer Energien (15 %) oder entsprechender Ersatzmaßnahmen beim Einbau neuer Wärmeerzeuger.
- Bundesgesetz zur Kommunalen Wärmeplanung („Wärmeplanungsgesetz“, WPG) mit Vorgaben zu Transformationsplänen und Anteilen erneuerbarer Energien in Wärmenetzen sowie einer Verknüpfung von voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten für bestimmte Versorgungsoptionen mit dem GEG
- Förderung der energetischen Modernisierung von Gebäuden mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und Nutzung erneuerbarer Energieträger sowie der Entwicklung kleinerer Wärmeverbünde („Gebäudenetze“) durch die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- Förderung für Transformationspläne und die Optimierung bestehender Wärmenetze sowie für Machbarkeitsstudien zur Konzeption, Planung und Umsetzung neuer Wärmenetze durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- Förderprogramme des Bundes zur energetischen Quartiersentwicklung mit Maßnahmen zur Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Die geforderte Klimaneutralität bedingt den Ausstieg aus der Heizöl- und Erdgasnutzung. Primär ist eine allgemeine Senkung des Energiebedarfs im Sektor Gebäudebeheizung von Nöten. Wärmenetze ermöglichen die Verteilung und Nutzung regenerativer Energien, die meist nur ortsgebunden zentral zur Verfügung stehen. Sowohl Wärmenetze als auch dezentrale Heizungsanlagen müssen in Zukunft mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Dabei gilt es, zuerst lokale Potenziale auszuschöpfen, bevor überregionale Ressourcen in Anspruch genommen werden.



## 2 Grundlagen und Methodik

### 2.1 Datenschutz

Nach Wärmeplanungsgesetz und dem KlimaG BW ist die planungsverantwortliche Stelle (Stadt Waldenbuch) befugt, zur Erstellung der Bestandsanalyse und für die Potenzialanalyse Daten schriftlich und in elektronischer bzw. maschinenlesbarer Form zu verarbeiten, wenn und soweit dies für die Aufgabenerfüllung erforderlich ist. Dies umfasst insbesondere die Erhebung, Speicherung und Verwendung von Verbrauchsdaten zu leitungsgebundenen Energieträgern.

In den Bestimmungen des WPG und KlimaG BW sind außerdem umfangreiche Pflichten und Einschränkungen für die Datenverarbeitung enthalten, um die Interessen der Betroffenen der Datenverarbeitung im Sinne des Datenschutzes zu wahren. Diese Pflicht wurde wie folgt umgesetzt:

- Es wurden mit den Lieferanten und Bearbeitern sensibler Daten Verträge nach DSGVO geschlossen.
- Für die Veröffentlichung der Ergebnisse in Karten wurden die gebäudescharfen Daten zu baublockähnlichen Aggregationseinheiten (nachfolgend Baublock genannt) als kleinste Einheit zusammengefasst. Dabei bilden mindestens fünf beheizte private Gebäude einen Baublock. Ist dieses Kriterium nicht erfüllt, werden betroffene Baublöcke nicht in den Ergebniskarten dargestellt.
- Nach Abschluss und Prüfung des Wärmeplans werden gebäudescharfe Daten gelöscht.

### 2.2 Datenquellen und Datenqualität

Für die Wärmeplanung wurde durch den Gesetzgeber die Verfügbarkeit wesentlicher Datenquellen gesichert. Folgende Datenquellen wurden (unter Beachtung des Datenschutzes (vgl. Kapitel 2.1) herangezogen:

- zählerbezogene Verbrauchsdaten von Energieversorgern / Netzbetreibern zu leitungsgebundenen Energieträgern: Erdgas
- aggregierte Kkehrbuchdaten mit technischen Angaben zu Feuerstätten in der Zuständigkeit der Bezirksschornsteinfeger,
- Energienutzungen und Verbräuche von kommunalen Gebäuden

Ergänzend wurden folgende Datenquellen genutzt:

- Angaben zum Gebäudebestand aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem (ALKIS): Umriss, Adresse, Nutzungsart,
- Höhendaten des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) mit Gebäudehöhen zur Abschätzung einer beheizten Nutzfläche (Energiebezugsfläche – EBF),
- Ergebnisse der Fragebogenabfrage ausgewählter Akteure des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (GHDI) zu Energienutzungen und Potenzialen,
- öffentlich verfügbare Informationen zu lokalen Potenzialen regenerativer Energien,
- weitere Angaben von Betreibern von Infrastruktur zur Ver- oder Entsorgung wie Wärmenetze, Kläranlagen, lokale Wärme- oder Stromerzeugung etc.

Kennzeichnend für die Aufbereitung und geeignete Zusammenführung aller genannten Datenquellen sind die unterschiedlichen Genauigkeiten, Zeitbezüge oder auch räumliche Auflösungen.

Mit der Herausforderung diese für eine möglichst effiziente Verarbeitung sehr unterschiedlich geeigneten Quellen mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) nutzbar zu machen und der Unmöglichkeit im Rahmen des Projektes einzelnen Datenfehlern, Widersprüchen oder offensichtlichen Unstimmigkeiten nachzugehen, muss pro Liegenschaft weiter von verbleibenden Unsicherheiten ausgegangen werden. Das betrifft insbesondere:

- Berechnete Wärmebedarfe für nicht-leitungsgebundene Energieträger, z. B. anhand der Leistung der Feuerungsstätten in Verbindung mit anlagentypischen Vollbenutzungsstunden,
- Anteil von Strom zur Wärmebereitung für Gebäude ohne Wärmestromtarif
- den Deckungsanteil bei mehreren Wärmeerzeugern in einer Liegenschaft
- Durch andere Gebäude mitversorgte Gebäude („Wärmeinsel“, gemeinsame Heizungsanlage),
- Unsicherheiten bei der automatisierten Zuweisung von adressbezogenen Angaben durch Schreibfehler, andere Schreibweisen, Umbenennung, Abriss, Neubau,
- Anwendung statistischer Kennwerte auf die grob geschätzte EBF zur Festlegung nicht getrennt vorliegender Teilverbräuche, z. B. Anteil Warmwasserbereitung in Wohngebäuden, Wärmebedarf in Nichtwohngebäuden, Anteile von Prozesswärme etc.,
- Zuordnung bereits aggregierter Verbrauchs- und Kehrbuchdaten
- Aufteilung von Gesamtverbräuchen in Liegenschaften (z. B. GHDI) auf einzelne Gebäude und Nutzungen,

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung keine konkrete gebäudescharfe Aufnahme und Prognose erfolgt,

sondern Aussagen zu größeren Einheiten wie Quartieren, Eignungs- oder Fokusgebieten, Straßenzügen etc. getroffen werden.

## 2.3 Vorab- / Eignungsprüfung lokaler Versorgungsoptionen

Nach dem Wärmeplanungsgesetz können Teilgebiete des Planungsgebietes einer verkürzten Wärmeplanung unterzogen werden. Dafür sind Gebiete geeignet, die von einer künftigen Versorgung durch Wärme- oder Wasserstoffnetze ausgeschlossen werden können. Im Einklang mit § 14 WPG sind folgende Kriterien beim Ausschluss zu beachten:

Ausschluss von Wärmenetzen:

- Gebiete ohne vorhandenes Wärmenetz sowie absehbar ohne ausreichende Potenziale oder geeignete Standorte/Flächen zur Erschließung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung
- Zu geringe anzunehmende voraussichtliche Wärmedichten für eine wirtschaftliche Realisierung von Wärmenetzen auf Basis üblicher Kennwerte zur dafür erforderlichen Wärmedichte.

Ausschluss von Wasserstoffnetzen:

- Gebiete ohne bestehendes Gasnetz, für die außerdem keine lokale Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff oder die Versorgung aus einem externen überregionalen Verteilnetz angenommen werden kann
- Gebiete mit absehbar zu geringer Wärmedichte, ungünstiger räumlicher Lage oder Abnehmerstruktur für eine wirtschaftliche Entwicklung von Wasserstoffnetzen zur Wärmeerzeugung

**Nach Abwägung der vorhandenen Erschließungs- und Wärmequellenpotenziale wurden keine Teilgebiete einer verkürzten Wärmeplanung unterzogen. Auch die Ortsteile Hasenhof und Glashütte wurden einer detaillierten Betrachtung unterzogen.**

## 2.4 Erhebungen Bestandsanalyse

### 2.4.1 Struktur der Wärmeversorgung

Für die Erfassung der bestehenden Struktur der Wärmeversorgung wurden folgende Grundlagen und Quellen verwendet:

- Zählerbezogene Angaben zu leitungsgebundenen Energieträgern des Erdgasnetzbetreibers
- Installierte solarthermische Anlagen, soweit bekannt oder recherchierbar
- Erdgasnetzinfrastruktur vom Netzbetreiber
- Aggregierte Kkehrbuchdaten der zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister zu Feuerstätten: Baujahr, Leistung, Energieträger, Art der Feuerstätte und der Verteilung (Zentral- oder Einzelraumheizung)

Bei der Auswertung der Kkehrbücher wurde anhand der Art der Feuerstätten nach der anzunehmenden Verwendung unterschieden. Feuerstätten, die nicht für die Erzeugung von Raumwärme oder Trinkwarmwasser Verwendung finden (z. B. Schmiedefeuer, Kochgeräte usw.) wurden als nicht relevante Feuerstätten definiert und aussortiert.

## 2.4.2 Angaben zum Wärmeverbrauch

Verbrauchsangaben für einzelne Energieträger zur Wärmeerzeugung lagen v. a. für folgende leitungsgebundene Energieträger vor:

- Zählerbezogene Angaben zu Erdgasverbräuchen der Netze BW GmbH (Datenbasis: 2023)
- Befragungen im Sektor GHDI: Planungsrelevante Gewerbe- und Industriebetriebe wurden kontaktiert und gebeten, Angaben zu ihren Energie- und Wärmenutzungen, bestehenden Potenzialen und künftigen Änderungen der Wärmenutzung zu machen (Stand 2024)
- Kommunale Wärmeverbräuche

Die in unterschiedlichen Formaten und Qualitäten vorliegenden Quellen wurden jeweils aufbereitet und mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) zur weiteren Auswertung zusammengeführt.

Strombetriebene Wärmeerzeuger konnten aus den verfügbaren Quellen nicht identifiziert und entsprechend zugeordnet werden.

Verbrauchsangaben unterliegen witterungsbedingten Schwankungen und werden zudem zu einem großen Teil vom Nutzerverhalten beeinflusst. Für die unmittelbare Einschätzung des Ist-Zustands sind sie bedeutsam, weil darin der ansonsten unbekannte Sanierungszustand der Gebäude abgebildet ist.

## 2.4.3 Auswertung Befragungen GHDI

Für die direkte Abfrage von Energieverbräuchen und Wärme-Anwendungen wurden die auf dem Stadtgebiet liegenden Unternehmen der Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie durch die Stadt Waldenbuch eingeladen,

entsprechende Informationen zu teilen. Durch Auswertung der Kehrbücher und Verbräuche leitungsgebundener Energieträger wurden Unternehmen identifiziert, welche für die kommunale Wärmeplanung von hoher Relevanz sind. Das sind in erster Linie Unternehmen, die durch besonders hohe leitungsgebundene Energieeinsätze, Wärmeerzeuger mit hohen Leistungen und energieintensive Gewerbeformen auf hohe Prozesswärmebedarfe schließen lassen. Die so identifizierten Unternehmen erhielten per Mail einen Fragebogen. Der Fragebogen enthielt Abfragen zu Energieverbrauch/-entwicklung, Energieträger für Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung für Gebäudeklimatisierung, Prozesswärme und die Art der Erzeugungsanlagen, bspw. Kraft-Wärmekopplung (KWK). Abgefragt wurden ebenso mögliche Potenziale zur erneuerbaren Wärmeerzeugung, die mögliche Abgabe unvermeidbarer Abwärme zur Einspeisung in Netzen und eine Prognose des zukünftigen Energiebedarfs.

Insgesamt wurden 11 Unternehmen angeschrieben. Zwei Unternehmen schickten den ausgefüllten Fragebogen zurück. Die Angaben wurden in den Prozess integriert.

Aufgrund des identifizierten hohen Prozesswärmebedarfs, wurde darüber hinaus mit einem Unternehmen ein zusätzliches direktes Interview durchgeführt.

#### **2.4.4 Kennwerte für Bedarfsermittlung**

Für Gebäude, für die keine konkreten Verbrauchsangaben vorlagen, wurde der Wärmebedarf berechnet. Dies betrifft Gebäude, für welche keine leitungsgebundenen Verbrauchsdaten vorliegen.

##### **Kehrbuchdaten**

Die Bedarfsermittlung wurde anhand der Leistungen der relevanten Feuerungsstätten in Verbindung mit für die differenzierten Feuerstätten typischen Vollbenutzungsstunden berechnet.

##### **Energiebezugsflächen**

Energiebezugsflächen der Gebäude wurden aus den im ALKIS-Datensatz hinterlegten Gebäude-Shapes Gebäudegrundflächen berechnet. In Verbindung mit LOD2-Höhendaten der einzelnen Gebäude konnte die jeweilige Stockwerkanzahl

abgeschätzt und die Energiebezugsfläche berechnet werden. Für einzelne Gebäudetypen wurde hierfür eine durchschnittliche Stockwerkshöhe eingesetzt.

## 2.5 Erhebungen Potenziale

Bei der Betrachtung von Potenzialen muss beachtet werden, dass nicht alle theoretisch existierenden Potenziale auch realistisch erschließbar sind. Werden die diversen technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt, grenzt sich das theoretische Gesamtpotenzial im Laufe der detaillierteren Untersuchungen und nachfolgenden Planungen immer weiter auf das erschließbare Potenzial ein. Im Rahmen des KWP wurde in Abstimmung mit der Stadtverwaltung sowie weiteren beteiligten Akteuren versucht, die Eingrenzung der Potenziale bereits so weit wie möglich vorzunehmen. Insbesondere die tatsächliche Verfügbarkeit von Potenzialflächen kann im Rahmen des KWP nicht abschließend geklärt werden.

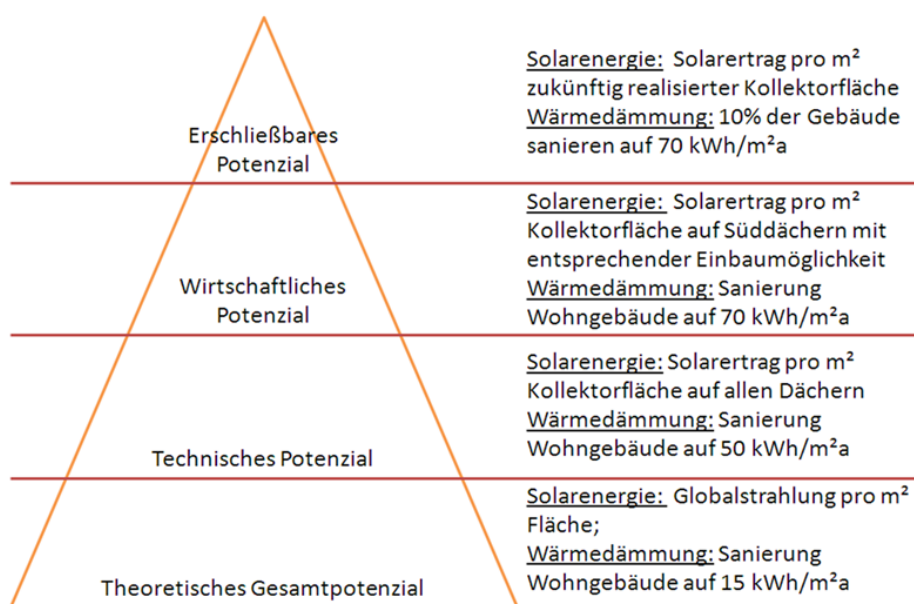


Abb. 4: Der Potenzialbegriff am Beispiel von Solarertrag oder Effizienzsteigerung im Gebäudebestand

### 2.5.1 Einsparpotenzial energetische Sanierung

#### Wohngebäude

Das pro Gebäude anzunehmende Einsparpotenzial wurde je nach Gebäudetyp auf Basis eines statistisch begründeten Zielwerts festgelegt. Für Wohngebäude entspricht das im Mittel einem Bedarf nach dem Förderstandard „Effizienzhaus 55“ der KfW.

Mit Hilfe des zugewiesenen aktuellen Wärmeverbrauchs/-bedarfs der Gebäude wurde ein derzeitiger Sanierungsstand indirekt berücksichtigt. Lag der Bedarf eines Gebäudes bereits unter dem Zielwert, wurde kein Potenzial angenommen, da eine wirtschaftliche Gebäudemodernisierung als unwahrscheinlich angenommen werden muss.

Für alle anderen Gebäude ergab die Differenz des aktuellen Bedarfs zum Zielwert die mögliche Einsparung bzw. das langfristige Gesamtpotenzial.

Die energetische Gebäudesanierung stellt die Maßnahme mit dem größten Anteil am Einsparpotenzial der Wohngebäude dar. Andere Faktoren wie das Nutzerverhalten oder Optimierungen an den bestehenden Anlagen sind im angenommenen Zielwert bereits enthalten.

### **Nichtwohngebäude**

Als Grundlage für die Ermittlung des Einsparpotenzials bei Nichtwohngebäuden sind die Richtwerte des Wärmebedarfs nach Gebäudenutzung aus der VDI 3807 Teil 2 verwendet worden. Aus der Differenz von Richtwert und Mittelwert nach VDI 3807 Teil 2 und der Berücksichtigung einer maximal anzunehmenden prozentualen Einsparung ergibt sich die Reduktion des Heizwärmebedarfs der jeweiligen Gebäude.

### **Sanierungsrate**

Die berechneten Einsparungen sind als technisch-wirtschaftliches Potenzial zu verstehen und zeigen einen Zielzustand nach Sanierung aller heute als sanierungsfähig eingeschätzten Gebäude auf. In welchem Rahmen und in welchem Zeitraum dieses Einsparpotenzial erschlossen wird, hängt von der erreichbaren Sanierungsrate ab.

Der Begriff „Sanierungsrate“ ist nicht allgemeingültig definiert. In diesem KWP entspricht sie dem Anteil der sanierungsfähigen Gebäude (siehe oben) an der Gesamtheit der beheizten Bestandsgebäude, die innerhalb eines Jahres im Mittel auf ihre jeweiligen Zielwerte saniert werden.

### **Perspektiven / Effizienzsteigerung für Prozesswärme**

Die Entwicklung des Prozesswärmebedarfs ist ohne konkrete Angaben der betreffenden Akteure nur schwer belastbar abzuschätzen, da sie von externen Faktoren wie der Entwicklung der wirtschaftlichen Lage und der jeweiligen Marktsituation oder auch spezifischen technologischen Neuerungen abhängt.

Wo dazu Angaben und Hinweise, z. B. aus direkten Interviews oder der Fragebogenabfrage vorlagen, wurden diese in das Zielszenario übernommen. Allgemein wurden für Prozesswärmebedarfe in Industrie und Gewerbe ohne konkrete Anhaltspunkte keine pauschalen Verringerungen angenommen.



## 2.5.2 Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmenutzung

### Solarenergie auf Freiflächen

Für die Identifizierung von zur solaren Nutzung geeigneten Freiflächen konnten die Karten des Regionalplans zu PV-Freiflächen und die PV-Freiflächenpotenziale des LUBW herangezogen werden.

Identifizierte Flächen können allerdings nicht vollumfänglich für die Potenzialberechnung herangezogen werden, da die Vollbelegung aus technischer Sicht und aufgrund von Flächenkonkurrenz unrealistisch ist.

### Solarenergie auf Dachflächen

Durch die technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen der letzten Jahre stellen sich solarthermische Anlagen und stromerzeugende Photovoltaik-Anlagen mit einem in den Warmwasserspeicher integrierten Heizstab zur Wärmeerzeugung (Power to Heat) als wirtschaftlich nahezu gleichwertig dar. Abhängig von den jeweiligen Voraussetzungen können beide Systeme zur Wärmeerzeugung genutzt werden und haben dabei folgende Vor- oder Nachteile:

Tab. 1: Wärme aus Solarenergie mit PV vs. Solarthermie

Photovoltaik mit Heizstab	Solarthermie
Leichte Installation	Aufwändige Installation durch zu errichtenden Wasserkreislauf
Für denselben Ertrag wird mehr Kollektorfläche benötigt; Verschattungen und Orientierung sind entscheidend	Höherer Wirkungsgrad des Kollektors; teilweise Verschattung oder nicht optimale Orientierung sind weniger kritisch
Strom als höherwertige Energieform ist flexibel nutzbar. Zunächst zur Eigenstromnutzung, danach Stromüberschuss als Wärme im Speicher	Ausschließlich zur Wärmeerzeugung geeignet

Im Wärmesektor sind für die Nutzung von Solarenergie mit möglichst hohem Deckungsanteil v. a. ein niedriger Bedarf und die darauf abzustimmende Speichergröße und Kollektorfläche sowie deren Orientierung durch eine professionelle Planung wichtig. In durchschnittlichen Einfamilienhäusern sind solare Deckungsgrade am Gesamtwärmebedarf von 20 % üblich, in Passivhäusern können deutlich über 50 % erreicht werden.

Für die Potenzialanalyse der Solarenergie auf Dachflächen wurden die Daten aus dem LUBW-Solardachkataster herangezogen. Dabei wurde zunächst der auf der Dachfläche verfügbare Anteil von Solarenergie zur Wärmeerzeugung ermittelt, der pro Gebäude benötigt wird, um die oben genannten Deckungsgrade zu erreichen.



Darüber hinaus verfügbare Solarenergie wurde dem Potenzial der solaren Stromerzeugung auf Dachflächen zugeordnet.

### **Abwasserwärme im Kanal**

Das in die Abwasserkanäle eingeleitete Abwasser enthält Wärme, die zwar keine direkt nutzbare hohe Temperaturquelle darstellt, jedoch den Vorteil einer ganzjährigen Verfügbarkeit deutlich über der Frostgrenze besitzt. Unter bestimmten Voraussetzungen kann sie mithilfe einer Wärmepumpe durch Abwasserwärmenutzungsanlagen (AWNA) nutzbar gemacht werden. Dabei sorgt das umliegende Erdreich für eine gewisse Speicherung aber auch Regeneration der in das Abwasser abgeführten Wärme. Das in den Kanälen transportierte Abwasser stellt im Jahresverlauf eine nur gering schwankende effiziente Quelle für Wärmepumpen dar. Eine weitere Option der Abwasserwärmenutzung ist die Einleitung der Wärme zur Kühlung im Sommer.

Allgemeine Voraussetzungen für Abwasserwärmenutzungsanlagen sind:

- Genügende kontinuierliche Durchflussmenge und Temperatur, um eine technisch und wirtschaftlich bedeutsame Entzugsleistung zu erzielen
- Zugänglichkeit des Kanals für die Einbringung eines Wärmetauschers
- Nähe potenzieller Abnehmer mit geeigneter Wärme- oder Kältenutzung
- Abstand zwischen den Anlagen und besonders zum Klärwerk zur Regeneration der Abwassertemperatur, um biologische Prozesse der Kläranlage nicht zu beeinflussen

Anhand verfügbarer Datengrundlagen zu Durchmessern und ggf. auch geschätzter Abflussmengen können für eine Wärmenutzung geeignete Abwasserkanäle grob identifiziert werden. Mit einem Betreiber abzustimmen ist jedoch die konkrete Möglichkeit und dessen Bereitschaft zum Einbau eines entsprechenden Wärmetauschers. Eine konkrete Potenzialbestimmung setzt Messwerte zu Durchflussmengen und Temperaturen voraus.

### **Abwasserwärme nach Klärwerk**

Im Ablauf einer Kläranlage stehen ganzjährig nutzbare Wassertemperaturen und Durchflussmengen zur Verfügung. Zudem ist das ablaufende Wasser bereits gereinigt und Wärmetauscher können entsprechend effizient gestaltet werden.

Zur Beurteilung eines Potenzials können Angaben zum Abfluss der Kläranlage und Informationen zu den räumlichen Gegebenheiten ausgewertet werden. Aus der Durchflussmenge und einer Abkühlung zwischen 1 und 4 K ergibt sich eine erste Größenordnung für ein theoretisches Potenzial. Abhängig von der möglichen Dimensionierung eines Wärmetauschers und der Minimaltemperatur für die

Einleitung in ein Gewässer, kann auf ein technisches Potenzial an Entzugsleistung aus dem Abwasser geschlossen werden.

Abwärme aus Kläranlagen stellt in Verbindung mit einer Wärmepumpe v. a. für Wärmenetze eine geeignete Wärmequelle dar, sofern sich die Kläranlage in einer wirtschaftlich realisierbaren Entfernung zu den Abnehmern befindet.

### **Flusswasserwärme**

Für die Nutzung von Wärme aus Oberflächengewässern sind vielfältige rechtliche Einschränkungen zu beachten die im Einzelfall mit den zuständigen Behörden zu klären sind, insbesondere:

- Begrenzung der Abkühlung des Gewässers nach Einleitung des gekühlten Wassers
- Nutzung bestehender Bauwerke (Ausleitkanäle, Wehranlagen etc.)
- Andere Nutzungen der Entnahmestellen bei bestehenden Bauwerken

Aus Angaben zu Durchflussmengen und minimalen Temperaturen pro Jahreszeit kann die Erschließung des Potenzials anhand von technischen und wirtschaftlichen Kriterien beurteilt werden.

Aufgrund der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen lässt sich naturgemäß v. a. außerhalb der Heizperiode Wärme aus Oberflächengewässern entziehen. Bei genügender Wassermenge kann jedoch auch bei nur geringer Abkühlung eine ggf. ausreichende Wärmemenge in den kalten Monaten entzogen werden.

### **Grundwasser**

Die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle erfolgt über Saug- und Schluckbrunnen mit zwischengeschaltetem Wärmetauscher. Ein hoher Grundwasserstand ist grundsätzlich günstig, ob ein Grundwasserleiter genutzt werden kann, ist nur durch detaillierte Untersuchung z. B. Probebohrungen, Pumpversuch und chemischer Untersuchung des Grundwassers zu ermitteln. Es können kleinräumig große Unterschiede in der Nutzbarkeit auftreten.

Alle Grundwassernutzungen wie Entnahme und/oder Ableitung von Grundwasser unterliegen der Genehmigung und Überwachung durch die unteren Genehmigungsbehörden.

### **Oberflächennahe Geothermie**

Grundlage für die Potenzialabschätzung von Erdwärmesonden zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie (bis 400 m Bohrtiefe) bildete die Gebietseinteilung des Informationssystem oberoberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG.) Hierzu wurden die Karten zur geothermischen Effizienz und zur Entzugsleistungen bei verschiedenen Bohrtiefen ausgewertet. Vorhandene Wasser- und

Heilquellenschutzgebiete sowie Restriktionen durch bildeten Ausschlusskriterien für die Geothermie-Eignungsgebiete.

Zur Potenzialermittlung wurde auf die Potenzialermittlung aus der Studie der KEA BW zum Ertrag von Erdwärmesonden zurückgegriffen. In genannter Studie sind für Siedlungsgebiete oberflächennahe Geothermiefpotenziale in Verbindung mit Erdwärmesonden und Wärmepumpen pro Liegenschaft berechnet. Potenziale wurden unter Berücksichtigung bekannter rechtlicher Einschränkungen und bereits bebauter/versiegelter Flächen sowie der Wechselwirkungen zwischen benachbarten Erdwärmesonden ermittelt. Die Potenzialermittlung erfolgt je Grundstück und wurde mit dem Wärmebedarf der jeweiligen Liegenschaften abgeglichen. Die von der KEA BW angenommene Jahresarbeitszahl (JAZ) für Wärmepumpen beträgt dabei 4,0.

### **Abwärme**

Für die potenzielle Nutzung von unvermeidbarer Abwärme aus industriellen Prozessen wurden aus Verbrauchsangaben, der Branchenzugehörigkeit, dem Vorhandensein großer Kühlwerke sowie den für Wärmeerzeuger installierten Leistungen aus den Kheirbüchern die Liegenschaften mit einem vermuteten Abwärmepotenzial ermittelt. Zugehörige Betriebe wurden über die Abfrage und/oder direkte Ansprache kontaktiert, um Auskünfte zur Energienutzung, -entwicklung, ggf. vorhandenen Potenzialen bzw. zur Bereitschaft, Abwärme bereitzustellen, zu erhalten.

### **Feste Biomasse**

Holz ist ein kurzfristig verfügbarer erneuerbarer Energieträger mit der Möglichkeit zur Erzeugung hoher Temperaturen sowie einer gewissen Transport- und Lagerfähigkeit zur überregionalen und zeitlich flexiblen Verwendung. Das Erreichen der Klimaziele wird deshalb unter anderem von der überregionalen Verfügbarkeit von Holz als Brennstoff und der Entwicklung seiner wirtschaftlichen Parameter abhängen. Die lokalen Potenziale auf dem Stadtgebiet sind gering und werden für den zu erwartenden Mehrbedarf bei Weitem nicht ausreichen.

Die bis 2040 benötigten Mengen an Holz zur thermischen Verwertung in möglichen Holzheiz-(kraft-)werken müssten somit zum größten Teil aus externen Quellen bzw. auf dem Markt für energetisch nutzbares Holz beschafft werden. Aus Gründen des Naturschutzes, der Ressourceneffizienz und mit Rücksicht auf die Bedeutung der stofflichen Nutzung von Holz handelt es sich dabei um Waldrestholz aus der (nachhaltigen) Forstwirtschaft sowie Altholz / holzartige Abfälle aus Haushalten, Gewerbe oder der Landschaftspflege. Damit wird Holz als Energieträger sehr rar, voraussichtlich teuer und sicherlich nicht geeignet großflächig eingesetzt zu werden.

### **Biomethan/Klärgas**

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Erzeugung und Nutzung von Biogas haben sich in den letzten Jahren tendenziell verschlechtert, könnten sich jedoch mittelfristig wieder verbessern. Die Rolle von Biogas und Biomethan könnte in der Zukunft an Bedeutung gewinnen, da sie neben der Wärmeeinspeisung durch strommarktgeführte BHKW's, auch als Biomethanerzeuger mit direkter Einspeisung in das öffentliche Gasnetz als regionale Energiequelle in Frage kommen. Ebenso ist der Aufbau/Abkopplung von Biomethan-Inselnetzen möglich. Diese können direkt über den Biomethanerzeuger oder durch die Lieferung von Flüssig-Biomethan in Verbindung mit einem geeignet großen Speicher gespeist werden.

Entwurf

## Synthetische Gase

Von einer flächendeckenden überregionalen Verfügbarkeit von erneuerbar erzeugten synthetischen Gasen ist derzeit nicht auszugehen. Prinzipiell ist die lokale Erzeugung synthetischer Gase mittels Power-to-Gas Anlagen möglich.

Mit „Power-to-Gas“ werden Verfahren bezeichnet, mit denen unter Verwendung von elektrischer Energie, vorzugsweise aus erneuerbaren Quellen, brennbare Gase erzeugt werden. Die Bedeutung dieser Verfahren für die Energiewende liegt in der Möglichkeit, bisher genutzte fossile Brennstoffe zu ersetzen, überschüssigen Strom aus erneuerbaren Quellen zu speichern und sektorübergreifend zu nutzen. In der Elektrolyse wird dazu Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Wasserstoff kann entweder direkt genutzt werden oder in einem zweiten Schritt mit Hilfe von  $\text{CO}_2$  zu Biomethan umgewandelt werden. Durch die Synthese von Biomethan kann die bestehende öffentliche Gasinfrastruktur (z. B. Gasnetz, BHKW) analog zur bisherigen Nutzung mit fossilem Erdgas genutzt werden.

Kriterien für geeignete Standorte von Power-to-Gas Anlagen sind:

- Nähe zu erneuerbaren Stromquellen mit nutzbaren Überschüssen
- Nähe zu Biogasanlagen, Biogasaufbereitungsanlagen oder anderen  $\text{CO}_2$ -Quellen für eine Methanisierung
- Nähe zu direkten Abnehmern für Wasserstoff oder Methan (z. B. Tankstellen oder Industrieanlagen mit Bedarf an Prozesswärme)
- Anschluss an ein vorhandenes Gasnetz zur Einspeisung der erzeugten EE-Gase
- Nähe zu Abnehmern für Abwärme und Sauerstoff als Nebenprodukte

Die Wärmeerzeugung mit Hilfe von synthetischen Gasen wird sich voraussichtlich auch langfristig (bis 2040) auf KWK-Anlagen in Zentralen von Wärmenetzen und Industriebetrieben fokussieren.

Anhaltspunkte zur Lieferung von Gasen zur Wärmeerzeugung aus externen Infrastrukturen, insbesondere Pipelines mit Wasserstoff, ergeben sich aus den Gasnetztransmutationsplänen der jeweiligen Netzbetreiber. Zusätzlich werden die Annahmen dazu in einem Interview mit den Netzbetreibern abgestimmt.

## 2.5.3 Potenziale zur Realisierung von Groß-Wärmespeichern

Saisonale Großwärmespeicher existieren in verschiedenen Bauformen und greifen auf verschiedene Speichermedien (Wasser, Stein, Phasenübergangsmaterialien u. a.) zurück. Sie stellen keine potenzielle Energiequelle dar, sondern helfen den zeitlichen Versatz von Nachfrage und Angebot zu überbrücken. Je nach Anbindung, Auslegung, Temperaturniveaus, Anlagen u. a. können Langzeitspeicher sehr großvolumig sein. Prädestiniert dafür sind z. B. ehemalige Gruben oder Steinbrüche.

## 2.6 Modellierung des Zielszenarios / voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Aus der Gegenüberstellung der Bestands- und Potenzialanalyse wird das Plangebiet von der Projektsteuerungsgruppe in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete unterteilt. Hierbei werden zunächst folgende Kategorien unterschieden:

- voraussichtliches Wärmenetzgebiet
- voraussichtlich dezentrales Versorgungsgebiet
- voraussichtliches Wasserstoffnetzgebiet

Gebiete ohne Eignung für zentrale Versorgung (Wärmenetze oder größere Gebäudenetze) sind **voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete mit dezentraler Versorgung**. Für diese Gebiete sollen je nach lokalen Verhältnissen alternative, gebäudeweise Beheizungssysteme die bisherigen nicht erneuerbaren Feuerstätten ersetzen. Das kann sowohl für einzelne Liegenschaften (dezentrale Versorgung) als auch für kleinere Gebäudenetze, z. B. zwischen benachbarten Liegenschaften oder Gebäuden auf einer Liegenschaft, geschehen.

Im Zielkonzept findet die Einteilung des Plangebietes in die genannten künftigen Wärmeversorgungsgebiete statt. Hierfür wird ein Energieträgermix aus erneuerbaren Energieträgern für das Zieljahr 2040 sowie die Zwischenjahre ermittelt und in der Projektgruppe abgestimmt. Unter Berücksichtigung von Bedarfserhöhungen und -einsparungen werden Endenergie- und THG-Bilanzen für das Zieljahr sowie die Zwischenjahre ermittelt.

Die anzunehmende starke Verbreitung von Wärmepumpen wird zu einer Beanspruchung des Stromnetzes führen, da bisher fossil gedeckte Wärmelasten und Wärmearbeit in den Stromsektor verlagert werden. Hinzu kommen weitere Herausforderungen für die Stromnetze durch:

- Zunahme der Elektro-Mobilität
- Umstellung industrieller Prozesse auf Strom
- Allgemeine Steigerung des Strombedarfs in Haushalten durch eine zunehmende Anzahl von Geräten
- Anstieg des Strombedarfs durch Kühlung, auch in Wohngebäuden durch Effekte des Klimawandels
- Zunehmende dezentrale Stromerzeuger (PV-Anlagen, BHKW) mit schwankenden Einspeisungen
- Eingeschränkte Verfügbarkeit von regenerativen Stromquellen zur Heizperiode
- Produktion und Verteilung von Überschüssen erneuerbaren Stroms zur Speicherung in „grünen Gasen“ (z. B. Wasserstoff)

Aus diesem Grund werden für Gebiete mit abzusehender dezentraler Versorgung Maßnahmen mit Fokus auf möglichst effiziente Systeme mit Wärmepumpen (geringerer Stromeinsatz zur Wärmeerzeugung) benannt:

- Bedarfssenkung durch Effizienzmaßnahmen zur Absenkung der erforderlichen Vorlauftemperaturen (Modernisierung der Gebäudehülle, Optimierung der technischen Anlagen)
- Unterstützung anderer Quellen für Wärmepumpen als Außenluft
- Qualitätskontrolle für neu installierte Wärmepumpensysteme im Bestand (Monitoring der Jahresarbeitszahlen durch Eigentümer und Effizienzberatung durch Sachverständige)
- Eigene Stromerzeugung (v. a. PV-Anlagen) auf der Liegenschaft in Verbindung mit Stromspeichern zur Nutzung des erzeugten Stroms für die Wärmepumpe, im Haushalt oder eigenen Ladestationen

### **2.6.1 Allgemeine Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft**

Zentrale Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz einiger erneuerbarer Energieversorgungssysteme ist die Senkung des Energieverbrauchs durch Modernisierungsmaßnahmen und Effizienzsteigerungen. Je weniger Energiebedarf auf einem möglichst niedrigen Temperaturniveau durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden muss, desto geringer ist der technische und wirtschaftliche Aufwand für die Gewinnung, Speicherung und Verteilung. Je mehr Energie aus lokalen Quellen (bspw. lokal erzeugter Strom und Wärme) gewonnen werden kann, umso geringer ist der volkswirtschaftliche Aufwand für Gewinnung, Transport, Lagerung oder Speicherung aus überregionalen Quellen.

Im Gegensatz zu heutigen fossilen Energieträgern wie Gas und Heizöl sind erneuerbare Energien großteils nicht zeitlich konstant und über eine überregional ausgebaute Infrastruktur verfügbar. Es ist damit zu rechnen, dass auf absehbare Zeit leitungsgesundene erneuerbare Energieträger wie grüner Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe oder biogene Gase nicht in vergleichbarer Weise wie fossile Energieträger zur Verfügung stehen werden. Die Transformation der heutigen Wärmeerzeugung und Nutzung bis 2040 erfordert daher in der Regel kombinierte Systeme mit mehreren Energiequellen und großen Speicherkapazitäten. Damit können schwankende Quellen an den Bedarf angepasst und Vor- und Nachteile verschiedener Technologien zur Wärmegewinnung aus erneuerbaren Quellen zielführend kombiniert werden.

Für die dezentrale Versorgung ist durch die aktuellen Rahmenbedingungen deutschlandweit kurz- bis mittelfristig eine starke Verschiebung von fossil betriebenen Feuerstätten zu Wärmepumpen und Holzheizungen zu erwarten. Hierdurch könnte



sich eine überproportionale Verteuerung von Holzbrennstoffen ergeben. Langfristig könnte die Verwendung von Holz im Wärmemarkt auch durch den Gesetzgeber und die Förderkulisse eingeschränkt werden.

Die angestrebte langfristige Transformation der Stromerzeugung in Deutschland zu einem klimaneutralen Strom-Erzeugungsmix und die Verfügbarkeit von strombetriebenen Wärmepumpen stellen einen wesentlichen Baustein der Wärmewende dar. Dadurch wird allerdings gerade in der Heizperiode der Strombedarf stark ansteigen. Zugleich erhöht sich die Belastung der Strominfrastruktur etwa durch den angestrebten Aufbau der Elektro-Mobilität oder die Umstellung vieler Prozesse in der Industrie von fossilen Energieträgern auf Strom.

Um den, durch die zu erwartende Verdrängung von Feuerstätten durch Wärmepumpen, stark steigenden Strombedarf in der Heizperiode abzufedern, sollten vor allem effizientere Wärmepumpensysteme in Verbindung mit Quellen wie PVT-Anlagen industrielle Abwärme oder Erdwärme beworben und gefördert werden. Die in der Anschaffung günstigeren aber gerade zur Heizperiode weniger effizienten dezentralen Außenluft-Wärmepumpen sollten v. a. in Neubauten oder intensiver sanierten Gebäuden zum Einsatz kommen, sofern keine anderen Quellen zur Verfügung stehen. Bei der Erarbeitung der Potenziale und der Zielbilanz wurde von aktuell üblichen Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen ausgegangen.

Nicht zuletzt bedeutet der Einsatz erneuerbarer Energieträger oft einen Flächenbedarf z. B. Biomasse für Biogas, Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen, Agro-/Erdwärmesondenfelder, große Wärmespeicher etc. Gerade in urbanen Räumen und angrenzenden ländlichen Gebieten bedeutet der Flächenbedarf für Energienutzung potenziell eine Konkurrenz zu Landwirtschaft, Industrie, Naherholung oder Maßnahmen der Klimafolgenanpassung. Dem kann teilweise durch Mehrfachnutzung wie Agri-PV begegnet werden, die sich aber technisch aktuell noch im Erprobungsstadium befindet und wahrscheinlich kaum für Areale des Ackerbaus geeignet ist.

## **2.6.2 Entwicklung des Wärmebedarfs**

### **Wärmebedarf für Neubaugebiete**

Der Wärmebedarf der vorgesehenen baulichen Erschließungen kann abgeschätzt werden. Grundlage dafür sind die geplanten Nutzungsarten oder Bezugsgrößen wie Baulandflächen oder geplante Nutzflächen in den Gebäuden.

### **Senkung durch Effizienzmaßnahmen im Bestand**

Das Potenzial zur Senkung des Wärmebedarfs im Bestand durch Effizienzmaßnahmen, insbesondere der Modernisierung der Gebäudehülle, wird analog zu der in Kapitel 2.5.1 geschilderten Vorgehensweise gebildet. Zusammen mit einer



abgestimmten Sanierungsrate ergibt sich daraus der im Zielbild bzw. zu den jeweiligen Zwischenständen anzunehmende Wärmebedarf.

#### **Senkung durch Effekte des Klimawandels**

Der bereits seit langem messbare Anstieg der Durchschnittstemperaturen und eine Verkürzung der Heizperioden führt langfristig zu einer allgemeinen Reduzierung des Heizwärmebedarfs. Dieser Effekt äußert sich jedoch regional verschieden und kann letztlich nur pauschal abgeschätzt werden. Anhaltspunkte bieten bereits durchgeführte Studien wie [Hausl 2018] oder eine entsprechend vorsichtige Interpolation der Gradtagszahlen regionaler Klimadaten in die Zukunft. Je nach Lage der Kommune und Charakter der Region können daraus Einspareffekte bis 2040 abgeleitet werden.

#### **Senkung durch Abriss und Rückbau**

Sollten Abriss- und Rückbaumaßnahmen an Gebäuden in der Kommune bekannt sein, werden diese in der Bedarfsprognose berücksichtigt. Der Abriss einzelner Gebäude wird im KWP nicht gesondert berücksichtigt.

#### **Senkung durch Einsparung von Prozesswärme**

Einsparung von Prozesswärme wird durch die Abfrage mittels Fragebogen und individueller Ansprache bei relevanten GHDI-Akteuren erhoben.

### **2.6.3 Entwicklung von Wärmeversorgungsgebieten**

Für die Wärmeversorgungsstruktur im Zielzustand wurde das Stadtgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete für zentrale oder dezentrale Versorgungslösungen eingeteilt. Dabei wurden diese zunächst auf eine mögliche zentrale Wärmeversorgung hin untersucht. Bei Nichteignung oder nicht absehbarer Erschließung durch ein Wärmenetz im Betrachtungszeitraum bis 2040 wurden die Gebiete der dezentralen Versorgung zugeteilt. Nachfolgend finden Sie die Definitionen der in diesem Abschnitt verwendeten Begrifflichkeiten.

**Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete:** Gebiete, die sich aus heutiger Sicht bis 2040 (zumindest anteilig) für eine zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung eignen und ggf. dahingehend untersucht werden sollten.

**Voraussichtliches Wärmenetzgebiet:** ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wärmenetz/Insel-Verbundlösung/Gebäudenetz besteht oder geplant ist und ein Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll.

**Voraussichtliches Wasserstoffnetzgebiet:** ein beplantes Teilgebiet, in dem ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen

Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.

**Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial:** ein beplantes Teilgebiet, dessen Gebäude ein erhöhtes Potenzial zur Einsparung ihres Wärmebedarfes aufweisen. Sei es durch energetische Modernisierung der Gebäudehülle oder der Beheizungstechnik.

***Hinweis: Die Ausweisung eines Wärmeversorgungsgebietes im kommunalen Wärmeplan bedeutet weder, dass die damit zusammenhängende Wärmeversorgungsvariante tatsächlich in dieser Form umgesetzt wird, noch dass die Wärmeversorgungsvariante vom Gebäudebesitzer ausschließlich genutzt werden muss. Durch die Einteilung des Plangebietes in Wärmeversorgungsgebiete entstehen keine Verpflichtungen der Bürger und Bürgerinnen, der Gebäudebesitzer oder des Energieversorgers. Der Einsatz von 65 % erneuerbaren Energien bei Installation einer neuen Gebäudeheizung wird unabhängig von der Wärmeplanung erst ab Juli 2028 verpflichtend und wird durch die Ausweisung von Wärmeversorgungsgebieten nicht beeinflusst. Nur ein gesonderter Beschluss des Stadtrats, ein Gebiet (des Wärmeplans) als formales Wärmenetzausbaugebiet auszuweisen, würde zu einer früher geltenden Verpflichtung führen.***

Folgende Kriterien sind für die Eignung als Wärmenetzgebiet maßgeblich:

- Ausreichend hohe Energiebedarfsdichte im Baublock (als Flächendichte; Energiebedarf pro Hektar, Kriterium des wirtschaftlichen Auf-/Ausbau eines Wärmenetzes)
- Ausreichend hohe Liniendichte (Energiebedarf pro Meter Straßenabschnitt, Kriterium des wirtschaftlichen Auf-/Ausbau eines Wärmenetzes)
- Hoher Anteil an fossil betriebenen Heizungsanlagen und Zentralheizungen im Gebiet
- Geeignete Topografie, keine steilen Anstiege, keine Querungen von geographischen Hindernissen wie z. B. Bahnlinien, Gewässern oder großen Straßen mitunter auch Abwassertrassen
- Lokale Verfügbarkeit von (regenerativen) Energiequellen oder Versorgungstechniken
- Verfügbarkeit von möglichen Aufstellflächen für zentrale Wärmeerzeuger, inklusive ggf. notwendiger Wärmespeicher, Lagerflächen etc.
- Ausschluss von Flächen aufgrund zu hoher Erschließungskosten (bspw. Edelpflaster)
- Ausschluss von Flächen, wenn keine lokalen erneuerbaren Potenziale für eine zentrale Wärmeerzeugung verfügbar sind

- Vorhandene Großverbraucher / kommunale Liegenschaften als kurzfristig zu akquirierende Ankernutzer

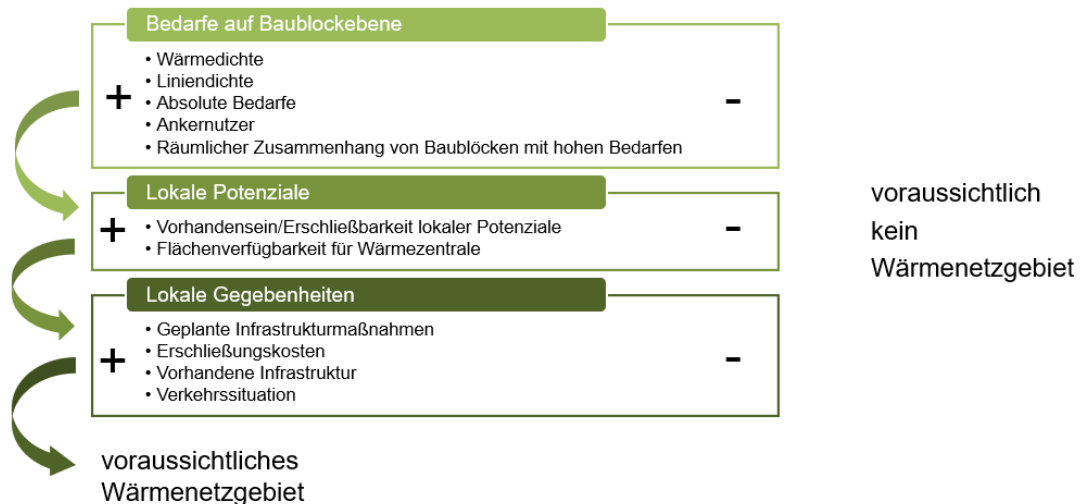


Abb. 5: Kriterien zur Entwicklung von voraussichtlichen Wärmenetzgebieten

Jedem Wärmenetzgebiet wird eine anzunehmende Deckungsrate in den jeweiligen Stützjahren zugewiesen, diese beschreibt, wie viel der im Gebiet benötigten Wärme im Stützjahr über die zentrale Wärmeversorgung gedeckt werden kann. In der Regel wird im Gebäudebestand der finale Deckungsanteil erst sukzessive über lange Zeiträume entwickelt. Die Netze wachsen meist in mehreren Ausbaustufen und entlang von Ankernutzern. Die Akquise und der Anschluss weiterer Verbraucher an das Netz wird durch das Baualter der bestehenden Wärmeerzeuger, gesetzliche Regelungen und nicht zuletzt durch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der jeweiligen Liegenschaften und Betreiber bestimmt.

### Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete dezentrale Versorgung

Baublöcke und Ortsteile, die sich aufgrund der oben dargestellten Kriterien voraussichtlich nicht für ein Wärmenetz eignen, werden im Zielszenario durch dezentrale Systeme versorgt. Für diese Gebiete sollen ebenfalls Optionen für eine klimagerechte Wärmeversorgung dargestellt werden.

Mit inbegriffen sind hier Möglichkeiten für kleinere Wärmeverbünde („Wärmeinseln“ / „Gebäudenetze“), z. B. in oder um einzelne Liegenschaften sowie zwischen benachbarten Mehrfamilienhäusern oder Reihenhäusern.

## 2.6.4 Bildung Energieträgermix Zielzustand

Für die Auswahl von Wärmequellen, abhängig vom Bedarf und den zur Verfügung stehenden Potenzialen, wurde analog zum in Abb. 6 dargestellten Schema vorgegangen. Parallel sind die Ergebnisse aus Abstimmungen und Workshops sowie bereits beschlossenen Maßnahmen in den Energieträgermix des Zielszenarios eingeflossen.

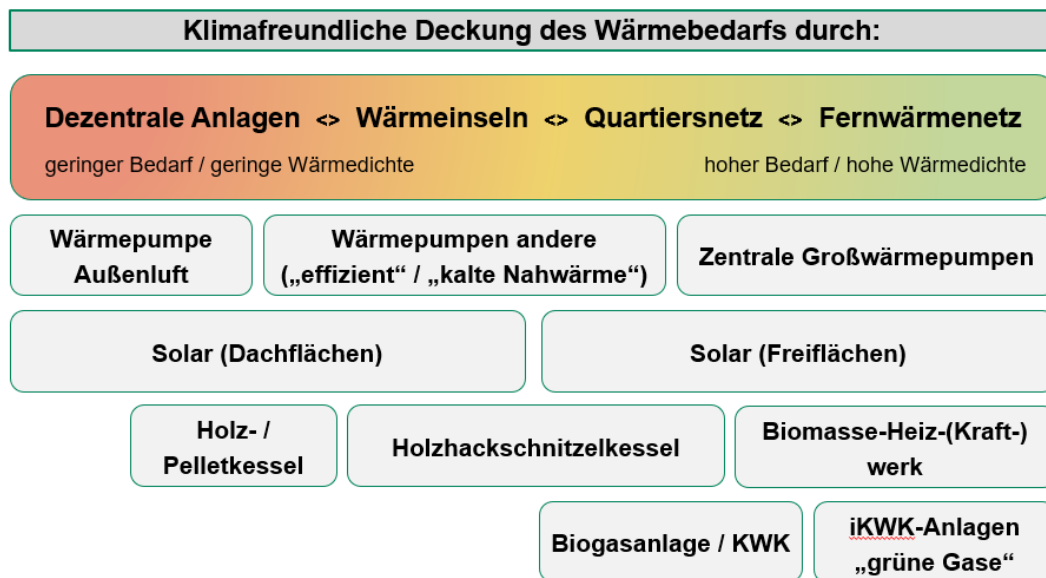


Abb. 6: Schematische Zuweisung von Versorgungsoptionen im Zielszenario

### Energieträgermix der zentralen Versorgung

Für die Baublöcke, die eine Zuordnung zu einem voraussichtlichen Wärmenetzgebiet erhalten haben (siehe Kap.6.3), ergibt sich unter Berücksichtigung des jeweils zu erwartenden Deckungsanteils ein durch das Wärmenetz/Insellösung gedeckter Energiebedarf für 2040 und die Zwischenjahre. Für diesen Energiebedarf wurde anhand lokaler Potenziale und möglicher Standorte für eine Zentrale ein Energieträgermix im Wärmenetz gebildet und für das Zielbild angesetzt.

Mögliche Arten der zentralen erneuerbaren Wärmeherzeugung waren hierbei:

- Zentrale Wärmeherzeugung in KWK-Anlagen durch Biomethan
- Zentrale Wärmeherzeugung durch Wärmepumpen in Verbindung mit Grundwasserwärmenutzung, dem Ablauf der Kläranlage, Wärmetauschern in Oberflächengewässern, oberflächennaher Geothermie und Umweltwärme
- Verbrennung fester Biomasse
- Solarthermische Wärmebereitung mit Freiflächenanlagen
- Nutzung erneuerbarer Gase in Wärmezentralen

Folgende Kriterien sind für die Wahl möglicher Standorte und den künftigen Energieträgermix für Wärmezentralen relevant:

- Größere kommunale Liegenschaften mit bestehenden Zentralen und Kapazitäten für eine Ausdehnung in den Bestand
- Neubaugebiete als mögliche Ausgangspunkte einer erweiterten Quartiersversorgung durch Ausdehnung des Netzes in den angrenzenden Bestand
- Lagen mit räumlichem Potenzial, d. h. Flächen für solare Freiflächenanlagen, Erdkollektoren/Agrothermie und Groß-Wärmespeicher (i. d. R. entsprechend geeignete Randlagen)
- Nähe zu bestehenden Netzen/Wärmeinseln, die sich für eine Erweiterung eignen
- Bereits geplante Anpassungen der Wärmeerzeuger-/Wärmespeicherstruktur der Netzgebiete
- Abstimmung zu erwarteter Entwicklung des Wasserstoffanteils an der Wärmeerzeugung bis 2040
- und den Zwischenjahre 2030, 2035 und 2040 – hier für mögliche Wasserstoff-BHKW als Baustein einer Wärmezentrale

### **Energieträgermix der dezentralen Versorgung**

Als Grundlagen für die Festlegung eines dezentralen Energieträgermixes im Zielzustand wurden pro Baublock folgende Kriterien gebildet und berücksichtigt:

- Übernahme bereits heute durch Wärmenetze oder regenerative Quellen wie Holz oder Umweltwärme in Verbindung mit Wärmepumpen gedeckter Anteile für das Zielszenario
- Potenzial zur Wärmeerzeugung im Baublock aus Solarenergie (Solarthermie oder Photovoltaik mit Heizstab)
- Potenziale für Wärmepumpen mit anderen Quellen als Außenluft (JAZ: 4,0) als stufenförmig erhöhter Anteil an der Deckung des noch verbleibenden Bedarfs im Baublock für folgende Quellen:
  - Nicht verortete Nutzung von Technologien wie Eisspeicher in Verbindung mit Außenluft, PVT oder andere (z. B. Abluft-Wärmepumpen)
  - Erdwärmesonden: innerhalb von Erdwärmesonden-Potenzialgebieten und positiver Einschätzung der Liegenschaft
  - Erdwärmekollektoren: Randlage / lockere Bebauung, wenig Versiegelung / viele Freiflächen
  - Abwärme/Abwasser: Liegenschaften mit Abwärmepotenzial im Baublock oder einem geeigneten Abwasserkanal
  - Grundwasserwärme: außerhalb von Wasserschutzgebieten bei grundsätzlich anzunehmender Ergiebigkeit

- Der verbleibende Deckungsanteil wird Wärmepumpen mit Außenluft, geringerer Effizienz ( $JAZ = 3$ ) und erhöhtem Strombedarf zugewiesen
- Kurzfristig ist mit einem leichten Anstieg des Holzanteils am dezentralen Energieträgermix zu rechnen
- Prozesswärmebereitung im Sektor GHDI wird auf die Bereitstellung mittels Strom umgestellt
- Verfügbarkeit von erneuerbaren, leitungsgebunden Energieträgern (bspw. Biomethan und Wasserstoff) für vom Netzbetreiber vorgesehene Ankernutzer bis zum Zieljahr

### **2.6.5 Wahrscheinlichkeiten für voraussichtliche Wärmeversorgungsarten**

Den einzelnen Baublöcken des beplanten Gebiets werden in Abhängigkeit bestimmter Wärmeversorgungsarten Wahrscheinlichkeiten zugeordnet, ob eine bestimmte Wärmeversorgungsart im Zieljahr genutzt werden wird. Künftige Wärmeversorgungsarten waren hierbei dezentrale Versorgung, Versorgung per Wärmenetze und die Versorgung mittels Wasserstoffnetz. Für die Zuordnung zu den Eignungsstufen:

- sehr wahrscheinlich geeignet
- wahrscheinlich geeignet
- wahrscheinlich ungeeignet
- sehr wahrscheinlich ungeeignet

wurden die folgenden Kriterien angewendet:

- Lage des Baublocks in/an künftigen Wärmenetzgebiet
- Wärmebedarfe (Wärmedichten, Liniendichten, E-Trägerverteilung IST)
- Langfristige Bedarfsentwicklung
- Bebauungsstruktur
- Prognostizierter Zielmix nach voraussichtlicher Wärmeversorgungsvariante und lokalen Potenzialen
- Alternative Wärmeversorgungsvarianten bspw. Wasserstoff
- Ausschluss einzelner Wärmeversorgungsvarianten bspw. Wärmepumpen in denkmalgeschützten Altbauten

### 3 Dokumentation der Beteiligung von Akteuren und der Öffentlichkeit

Die erfolgreiche Ausarbeitung der Wärmeplanung wurde durch die Zusammenarbeit der ständigen Lenkungsgruppe, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern der Stadtverwaltung, dem kommunalen Klimaschutzmanager sowie Vertretern des mit der Wärmeplanung beauftragten Ingenieurbüros ebök GmbH, Tübingen, gewährleistet. Der Lenkungskreis stand im regelmäßigen, gemeinsamen Austausch in Sitzungen des Lenkungskreises. Folgende Termine zu Meilensteinen wurden mit dem zentralen Lenkungskreis durchgeführt:

Tab. 2: Durchgeführte Termine des Lenkungskreises

Datum	Anlass	Themen
14.03.2025	Auftakt	Vorstellung Wärmeplanung und Bildung des Projektteams
14.05.2025	Bestandsanalyse	Vorstellung Ergebnisse der Bestandsanalyse
26.06.2025	Potenzialanalyse	Vorstellung Ergebnisse der Potenzialanalyse
02.09.2025	Zielszenario I	Workshop zur Entwicklung des Zielszenarios voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten
28.10.2025	Zielszenario II	Abstimmung voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete
10.11.2025	Abstimmung Maßnahmen	Abstimmung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios

Über die genannten themenbezogenen Termine hinaus fanden diverse bilaterale Abstimmungen mit den Mitgliedern des Projektlenkungskreises, insbesondere mit dem kommunalen Klimaschutzmanagement, statt. Die wesentlichen Termine im Projekt zur Beteiligung besonderer Akteure und der Öffentlichkeit sind Tab. 3 zu entnehmen.

Tab. 3: Übersicht Beteiligung Akteure und Öffentlichkeit

Datum	Akteur	Anlass/Thematik
17.04.2025	Öffentlichkeit	Information zum Projektstart der kommunalen Wärmeplanung
15.04.2025	Gewerbe, Handel, Dienstleistung Industrie	Start der Fragebogenabfrage GHDI
11.07.2025	Öffentlichkeit	Projektbegleitende Offenlage zur Eignungsprüfung und der Bestandsanalyse
16.07.2025	Netzbetreiber	Abstimmung zur Perspektive des Erdgas- und Stromnetzes
12.09.2025	Öffentlichkeit	Projektbegleitende Offenlage der Potenzialanalyse
18.09.2025	Wohnungswirtschaft	Abstimmung Gebäudeverwaltung GMFH Tilsiter Weg
25.09.2025	GHDI	Abstimmung künftige Wärmeversorgung
26.09.2025	GHDI	Abstimmung künftige Wärmeversorgung / mögliche Wärmelieferung
11.11.2025	Gemeinderat	Vorstellung Zwischenergebnisse Wärmeplanung
13.11.2025	Bürgerschaft	Information der Bürgerschaft zu Zwischenergebnissen der Wärmeplanung
10.02.2026	Gemeinderat	Beschluss der Offenlage des Entwurfs des Wärmeplans
16.02.2026	Online-Bürgerbeteiligung	Offenlage des Entwurfs des kommunalen Wärmeplans und Bürgerbeteiligung
14.04.2026	Gemeinderat	Beschluss und Veröffentlichung des Wärmeplans

Wie aufgezeigt, wurde die Bürgerschaft fortlaufend über den Prozess der Wärmeplanung per projektbegleitender Offenlage zum Ablauf und Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung informiert. Alle Informationen wurden auf der Webpräsenz bereitgestellt. Über „waldenbuch.de“ wurde die Möglichkeit für Rückmeldungen und Fragen geschaffen. Darüber hinaus wurde am 13.11.2025 eine Bürgerinformation in Präsenz zur Erläuterung der Zwischenergebnisse der Wärmeplanung durchgeführt.



## 4 Bestandsanalyse

Nachfolgend sind die Struktur des Untersuchungsgebietes und die Ergebnisse der Bestandsanalyse dargestellt.

### 4.1 Gemeindestruktur

Die Stadt Waldenbuch liegt im Landkreis Böblingen in Baden-Württemberg. Innerhalb der Stadtgrenzen leben ca. 8.800 Einwohner. Mit einer Gesamtfläche von 22,7 Quadratkilometer beträgt die Einwohnerdichte ca. 387 Einwohner je Quadratkilometer.

Die Stadt Waldenbuch ist in fünf Ortsteile unterteilt. Diese sind Hasenhof, Glashütte, Kalkofen, Liebenau und der Stadtkern.



Abb. 7: Struktur der Stadt Waldenbuch

Insgesamt wurden im Plangebiet 2.473 beheizte Gebäude identifiziert.

Über das Untersuchungsgebiet hinweg werden 2.145 als Wohngebäude und 328 als Nichtwohngebäude eingeordnet. Die insgesamt beheizte Fläche beläuft sich auf ca. 838.168 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche (EBF). Der Sektor Wohnen dominiert sowohl nach Gebäudeanzahl als auch nach der Gebäudefläche.

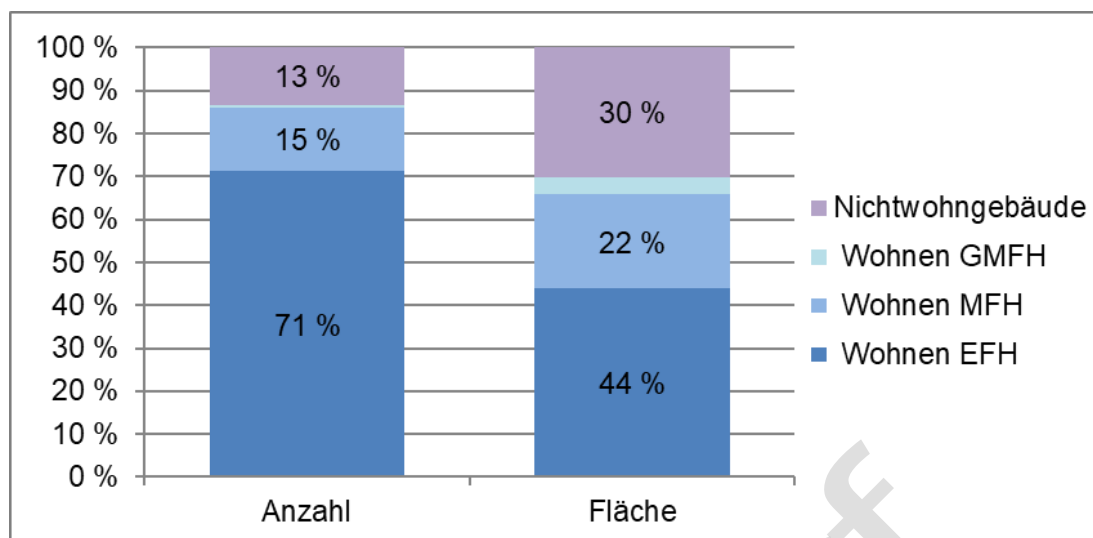


Abb. 8: Gebäude mit Wärmenutzung nach Anzahl, Fläche und Gebäudetyp

## 4.2 Baualter und Gebäudetypen

Eine Grundlage für die Abschätzung des Wärmebedarfs eines Gebäudes oder seines anzunehmenden Einsparpotenzials ist v. a. für Wohngebäude das jeweilige Baualter. In der Stadt Waldenbuch lagen dazu keine gebäudescharfen Informationen vor. Für Baublöcke wurde die überwiegende Baualtersklasse der Gebäude angesetzt. Diese wurden aus dem Inkrafttreten der Bebauungspläne, den im Zensus erhobenen Daten sowie dem Luftbild abgeleitet und typischen Baualtersklassen zugeordnet.

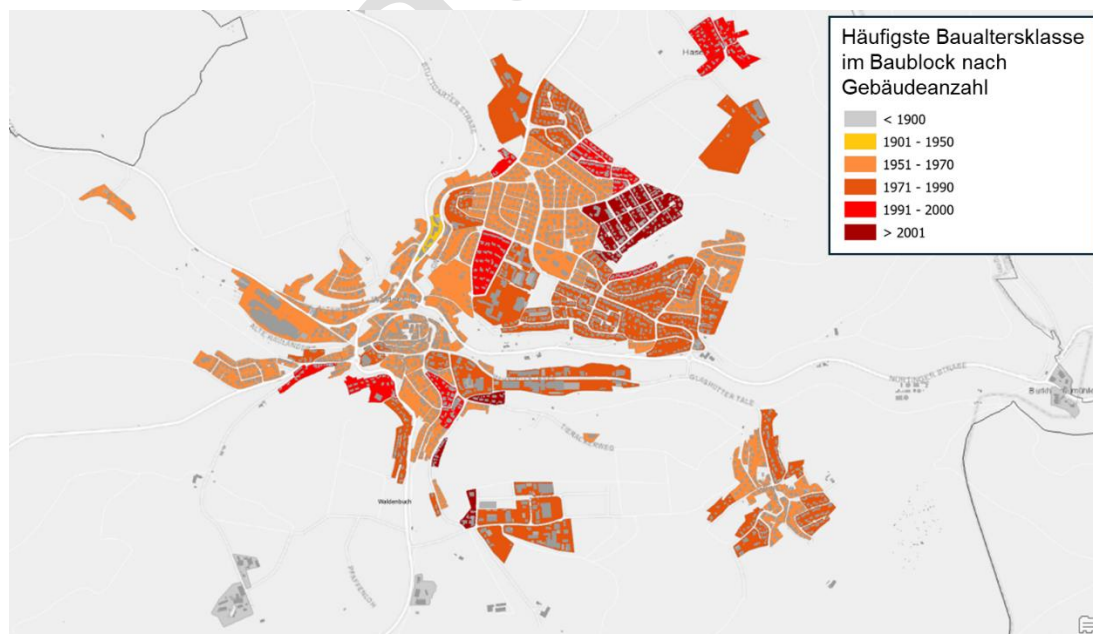


Abb. 9: Einteilung der Baublöcke in überwiegende Gebäudebaualter im Baublock

In der nachfolgenden Abb. 10 ist der überwiegende Gebäudetyp nach Anzahl pro Baublock dargestellt. Der überwiegende Gebäudetyp ist von Einfamilienhäusern geprägt.

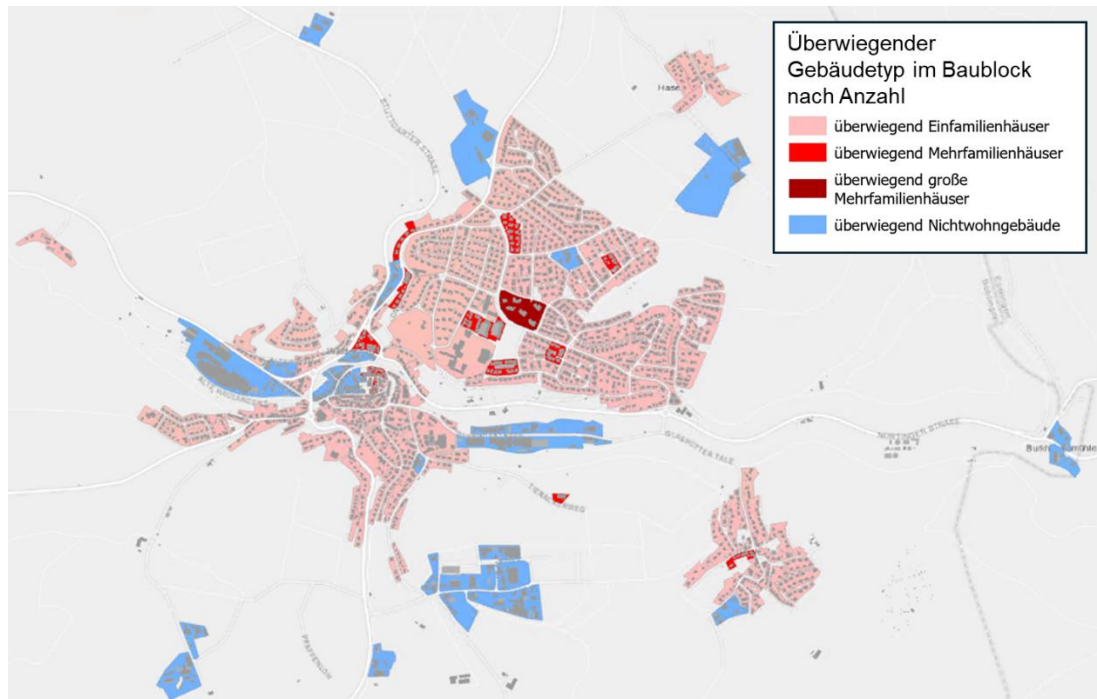


Abb. 10: Überwiegender Gebäudetyp nach Anzahl im Baublock

## 4.3 Wärmeversorgungsstruktur

### 4.3.1 Energieträgerverteilung nach Endenergie

Derzeit werden im Stadtgebiet ca. 14 % der Endenergielieferung für die Wärmebereitung (Heizwärme, Trinkwarmwasser und Prozesse) mit erneuerbaren Energieträgern (Biomasse-Holz und Solarthermie) gedeckt. Der verbleibende Anteil an eingesetzter Endenergie aus fossilen Energieträgern stellt für die Erreichung der Klimaneutralität das entscheidende Handlungsfeld dar.

Der Anteil der leitungsgebundenen fossilen Endenergielieferung (Heizöl, Erdgas, Flüssiggas) ist mit 35,3 GWh/a auf 86 % zu beziffern. Heizöl macht mit 50 % den größten Anteil an fossilen Energieträgern aus.

Die nachfolgende Abb. 11 zeigt die Endenergielieferung an der Stadtgrenze.

### Endenergie nach Energieträger Waldenbuch

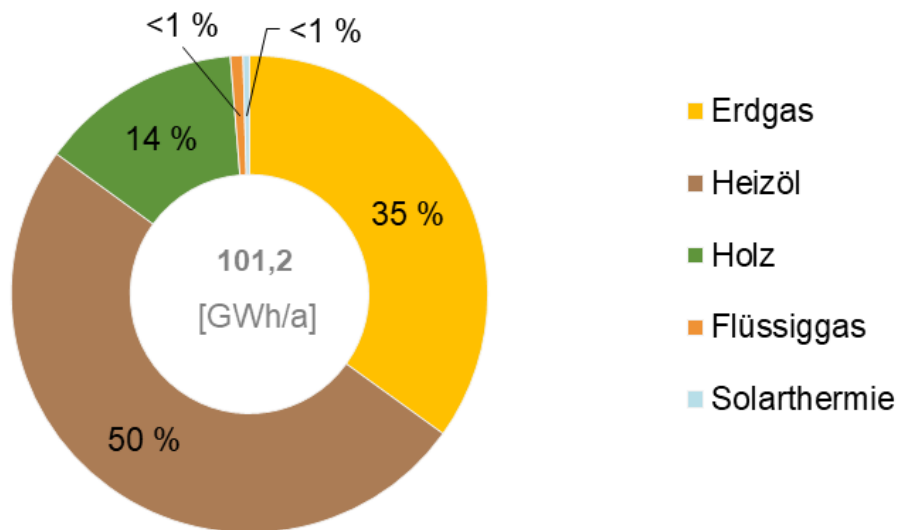


Abb. 11: Energieträgerverteilung im Ist-Zustand

Im nachfolgenden Kartenausschnitt ist der Energieträgermix nach Endenergie im Ist-Zustand pro Baublock dargestellt.

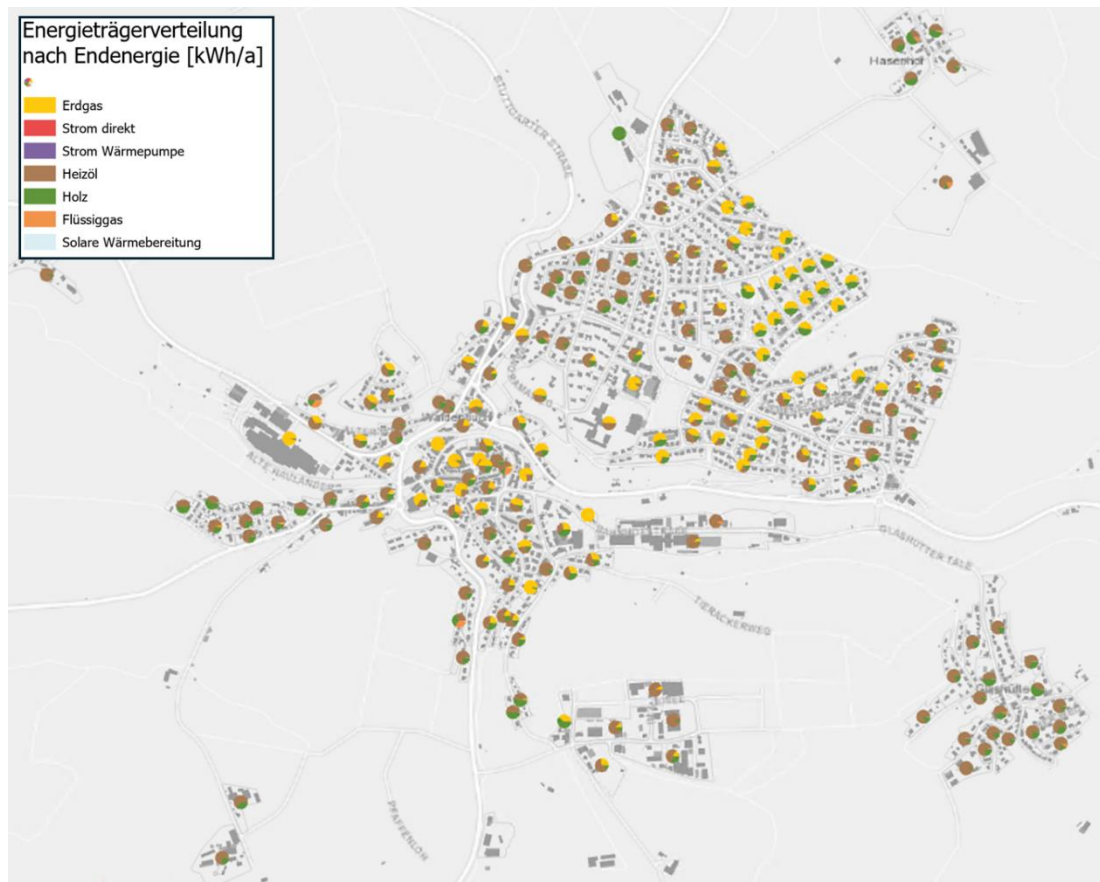


Abb. 12: Energieträgermix nach Endenergie im Ist-Zustand pro Baublock

### 4.3.2 Struktur der dezentralen Wärmeerzeugung

#### Feuerstätten – Auswertung der Kheirbücher

Im Planungsgebiet wurden durch die Bezirksschornsteinfeger 3.538 Wärmeerzeuger erfasst. Hiervon wurden 3.433 Wärmeerzeuger als für die Wärmeplanung relevant identifiziert.

Nach Auswertung der Baualter relevanter dezentraler Wärmeerzeuger ist anzunehmen, dass bis 2040 ein bedeutender Anteil der Wärmeerzeuger erneuert werden muss. Die Nutzungsdauer von Wärmeerzeugern variiert nach Art, Grad der Instandhaltung und Auslastung. Für typische Wärmeerzeuger im Wohnsektor können Spannen zwischen 20 und 30 Jahren für Erneuerungszyklen angenommen werden. Die nachfolgende Abb. 13 zeigt, dass 65 % der Wärmeerzeuger vor dem Jahr 2010 installiert wurden. Bis zum Zieljahr 2040 sollten diese Wärmeerzeuger routinemäßig getauscht werden. Die Wärmeerzeuger der Baualtersklasse 2010 bis 2019 werden

teils ebenfalls bis zum Zieljahr ihre Nutzungsdauer überschreiten und ersetzt werden müssen.

Im Anhang findet sich zudem eine Karte zur Verteilung der Baualtersklassen der Feuerstätten pro Baublock.

### Verteilung Baualtersklassen der Feuerstätten

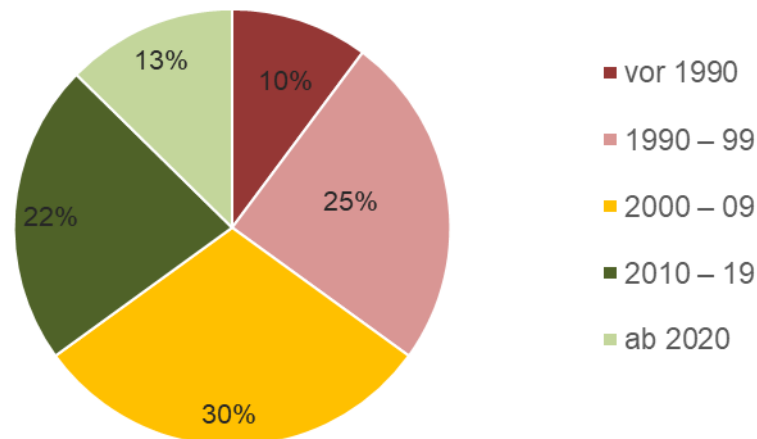


Abb. 13: Verteilung der Feuerstätten nach Baualtersklassen nach Anzahl

Die Analyse der in Feuerstätten eingesetzten Energieträger nach deren Anzahl und Leistung zeigt, dass mit Erdgas und Heizöl betriebene Anlagen vorrangig für größere Leistungen im Verhältnis zur Anzahl genutzt werden. Mit Holz betriebene Feuerstätten weisen mit ca. 20 % Anteil an der Anlagenleistung, aber 47 % der Feuerstätten folglich geringere durchschnittliche Leistungen auf.

### Feuerstätten nach Energieträger

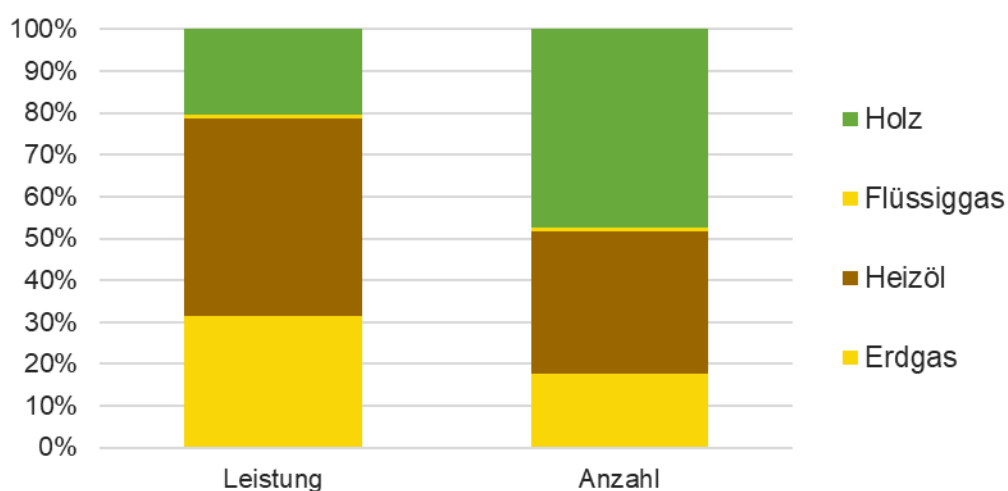


Abb. 14: Verteilung der Feuerstätten nach Energieträger hinsichtlich Anzahl und Leistung

Heizkessel sind nach Anzahl und Leistung die am häufigsten eingesetzten dezentralen Wärmeerzeuger. Erwartungsgemäß stellen sie im Vergleich zur Anzahl einen größeren Anteil an der insgesamt installierten Leistung. Alle Arten von Umlauf-/Kombi und Vorratswassererhitzer bilden die nächstgrößere Gruppe nach der Leistung, sie decken ca. 10 % der Leistung ab. Kamine und Kachelöfen stellen nach der Anzahl ca. ein Drittel der Erzeuger, aber nur ca. 9 % der Leistung. Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen spielen nur eine untergeordnete Rolle in der dezentralen Wärmebereitung.

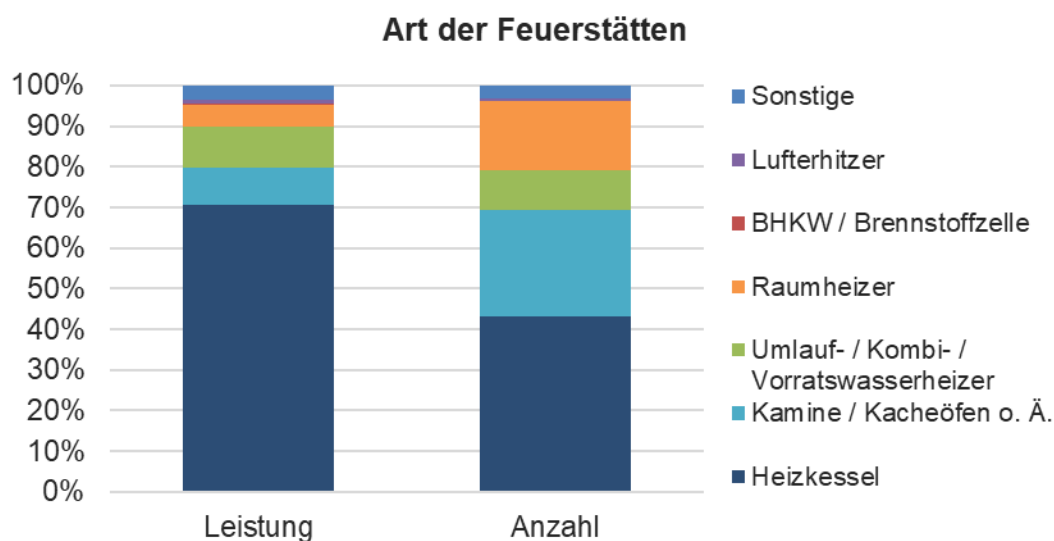


Abb. 15: Verteilung der Feuerstätten nach Art hinsichtlich Anzahl und Leistung

### **Strom-Direktheizungen/Nachtspeicheröfen und Wärmepumpen**

Aus den Aufstellungen des Netzbetreibers können Hinweise zu Strom-Direktheizungen identifiziert werden, soweit dafür ein spezieller Abrechnungstarif besteht. Ungenauigkeiten werden bei Gebäuden verursacht, bei denen Stromheizungen zwar eingesetzt, aber kein Wärmestromtarif genutzt wird. Im Rahmen der Datenerhebung lagen keine Hinweise zu Wärmestromtarifen in Waldenbuch vor.

### **Solare Wärmeerzeugung durch Solarthermie**

Für die Erhebung von solarthermischen Anlagen im Bestand stehen im Rahmen der KWP derzeit keine Quellen für eine standortbezogene Ermittlung zur Verfügung. Die solarthermisch erzeugte Wärmemenge wurde durch die im Solaratlas der Stadt Waldenbuch dokumentierten Flächen der installierten Solarthermieanlagen abgeschätzt. Die abgeschätzte solarthermische Wärmeerzeugung ist auf ca. 0,44 GWh/a



zu beziffern und wurde nach Wärmebedarfen gewichtet auf die Baublöcke disaggregiert.

Zusammenfassend ist in Tab. 4 die Anzahl der dezentralen Wärmeerzeuger inklusive Hausübergabestationen dargestellt. Die kartographische Darstellung über das gesamte geplante Gebiet ist im Anhang 11.3 zu finden.

Tab. 4: Übersicht über dezentrale Erzeuger inkl. Hausübergabestationen

Art des Erzeugers	Energieträger	Anzahl
dezentraler Erzeuger	Erdgas	600
dezentraler Erzeuger	Strom	Keine Angaben
dezentraler Erzeuger	Wärmepumpen	Keine Angaben
dezentraler Erzeuger	Heizöl	1.169
dezentraler Erzeuger	Holz	1.626
dezentraler Erzeuger	Flüssiggas	33

### 4.3.3 Bestehendes Wärmenetz

Im Planungsgebiet konnten keine bestehende Wärmenetze ermittelt werden.

### 4.3.4 Erdgasnetz und -infrastruktur

Nicht alle Ortsteile sind durch das von der NetzeBW betriebene Erdgasnetz erschlossen. Nicht durch das Erdgasnetz erschlossen sind die Ortsteile Glashütte und Hasenhof.

Aus den übermittelten Verbrauchsdaten konnten 589 Erdgas-Zählstellen ermittelt werden. Die gesamte Länge der Versorgungsleitungen des Erdgasnetzes (ohne Anschlussleitungen) beträgt ca. 21 km.



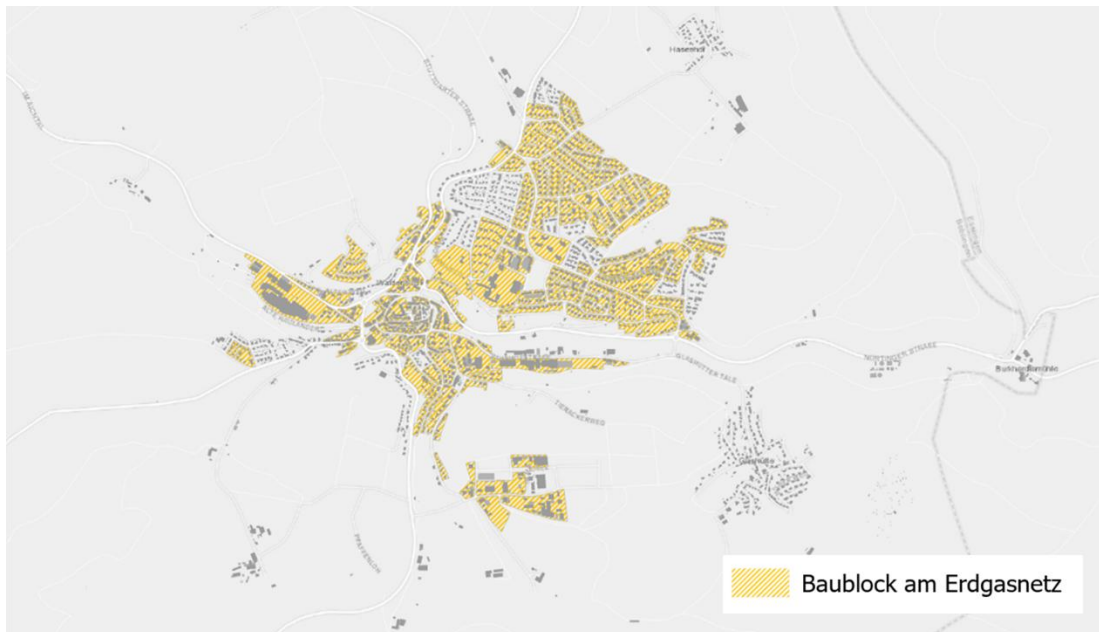


Abb. 16: Durch das Erdgasnetz versorgte Baublöcke in der Stadt Waldenbuch

Die Karte findet sich auch im Anhang 11.3.

## 4.4 Wasserstofferzeugende Anlagen

Weder durch die GHDI-Abfrage noch durch weitere Recherche konnten wasserstoff-erzeugende Anlagen im Bestand identifiziert werden.

## 4.5 Stromerzeugende Anlagen und Speicher

Nach Angaben im Marktstammdatenregister sind derzeit folgende stromerzeugende Anlagen sowie Speicher in Betrieb (Stand 2025):

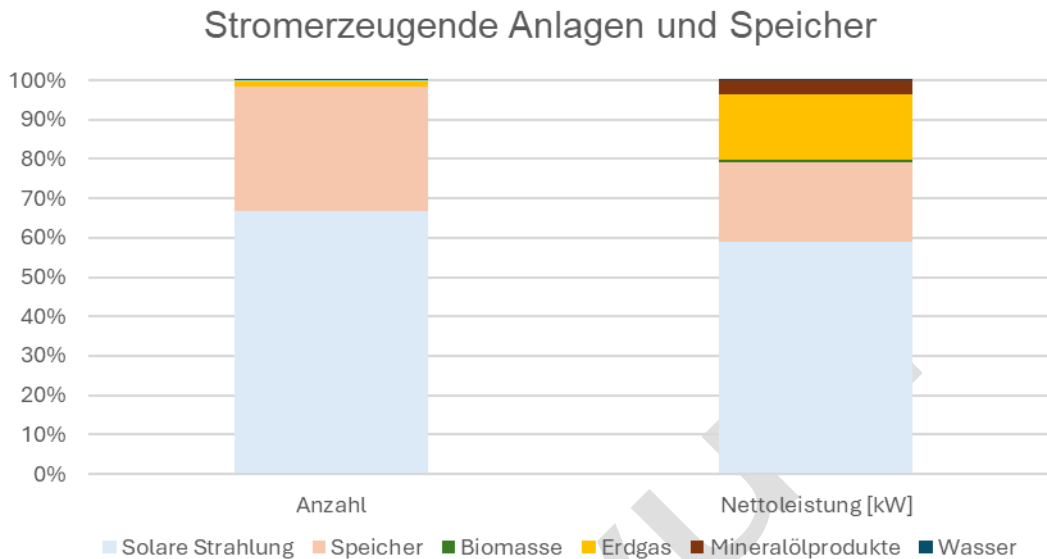


Abb. 17: Stromerzeugende Anlagen und Speicher im Stadtgebiet

Eingesetztes Erd- und Biogas wird fast ausschließlich zum Betrieb von wärme- und stromerzeugenden Anlagen eingesetzt. Der Biogaseinsatz ist auf die Klärgasgewinnung und Verstromung an der Kläranlage rückzuführen. Die Speicherkapazitäten sind auf dezentrale private Stromspeicher zurückzuführen.

## 4.6 Wärmebedarf und Wärmedichte

Im Ist-Zustand wird im Plangebiet 86,97 GWh/a an Wärme (Erzeugernutzwärmeabgabe) benötigt. Der überwiegende Teil davon ist auf die Beheizung von Wohngebäuden rückzuführen. Fossile Energieträger dominieren die Wärmeerzeugung. Derzeit werden etwa 14 % der benötigten Wärme aus erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt. Die Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser (HW+TWW) ist die dominierende Anwendung.

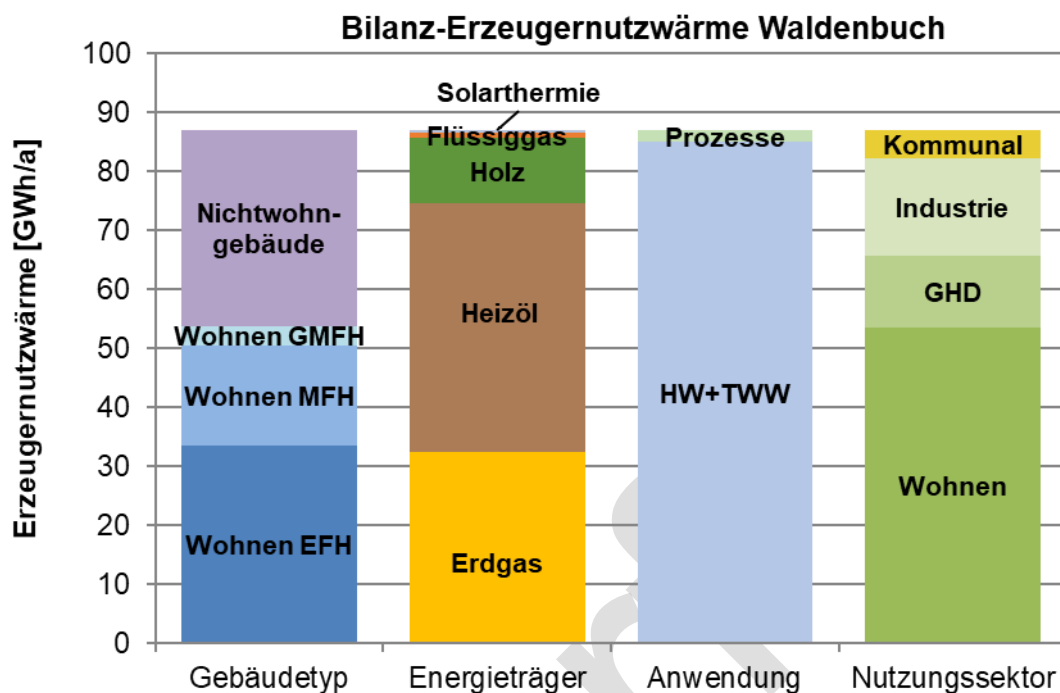


Abb. 18: Erzeugernutzwärmeabgabe nach Gebäudetyp, Energieträger, Anwendung und Nutzungssektor

In Abb. 19 ist der Wärmebedarf pro Baublock räumlich dargestellt. Anhand der Darstellung können Verbrauchsschwerpunkte erkannt werden – der Bedarf korreliert mit der Größe der Kreissymbole. Diese bilden, neben weiteren Kriterien, eine Grundlage für die Identifizierung von möglichen Versorgungsgebieten für Wärmenetze und zur Identifikation von eventuellen Ankernutzern.

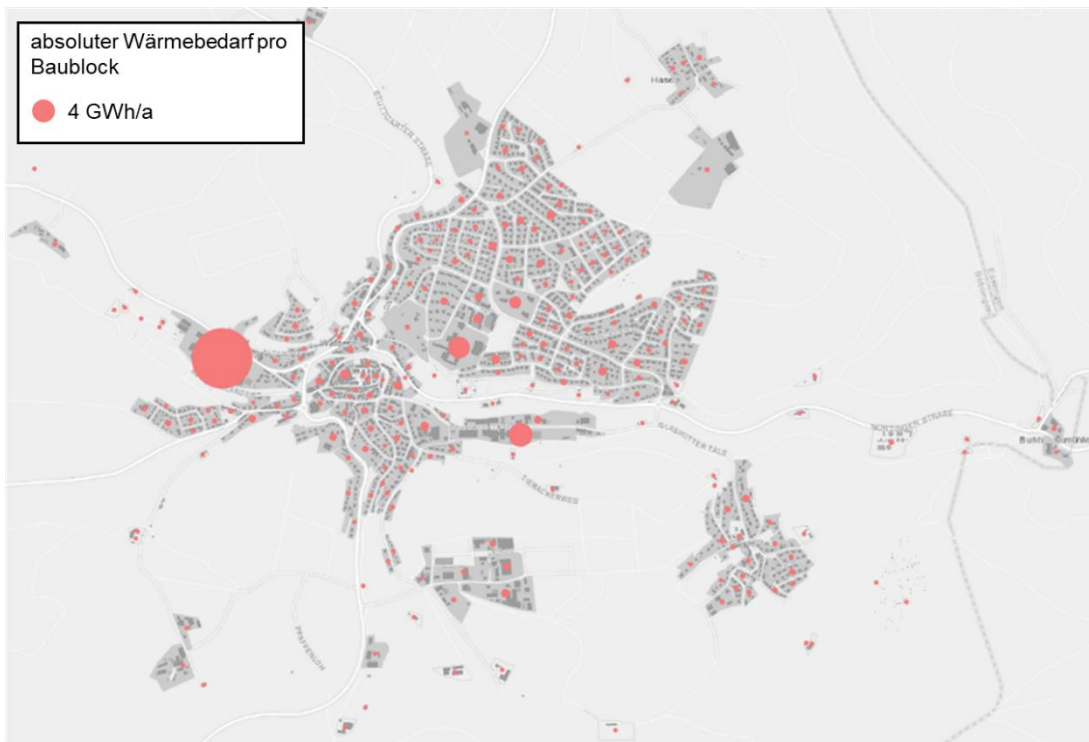


Abb. 19: Absoluter Wärmebedarf pro Baublock

Abb. 20 stellt die Wärmedichte pro Hektar Baublockfläche dar. Diese bildet eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen und damit für die Ermittlung von Versorgungsgebieten für Wärmenetze.

Wie nachfolgend zu sehen, weisen viele Baublöcke eine Wärmedichte von mindestens 400 MWh/a (ungefähre wirtschaftliche Schwelle für Wärmenetze) vor. Schwerpunkte zusammenhängender Baublöcke mit besonders hohen Wärmedichten sind im alten Stadtkern und dem Schulkomplex (Oskar-Schwenk-Schule, Gartenhallenbad, Kindergärten usw.) in Kalkofen sowie den umliegenden Mehrfamilien Gebäuden. Grund hierfür sind die dichte Bebauung, teils denkmalgeschützte Gebäude sowie energieintensive kommunale Gebäude.

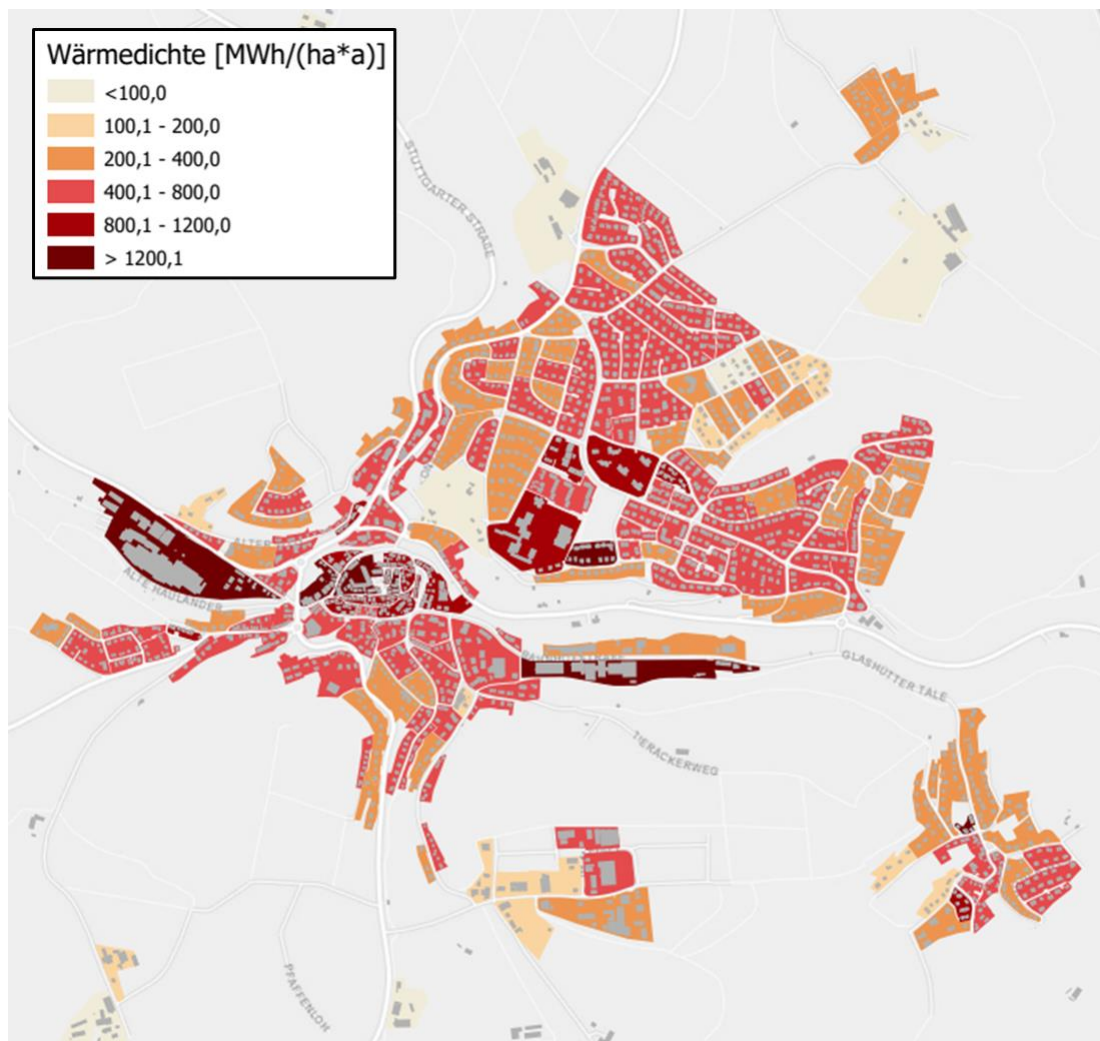


Abb. 20: Blockweise Wärmedichte des Ist-Stands (Erzeugernutzwärmeabgabe)

In der nachfolgenden Abb. 21 ist die Liniendichte aufgezeigt. Ab einer Schwelle von ungefähr 1.800 kWh/(m\*a) kann meist von einem guten Verhältnis zwischen Erschließungskosten und Wärmeabsatz ausgegangen werden. Eine Häufung von entsprechenden Liniendichten liegen rund um den Schulkomplex sowie dem Stadtkern vor.

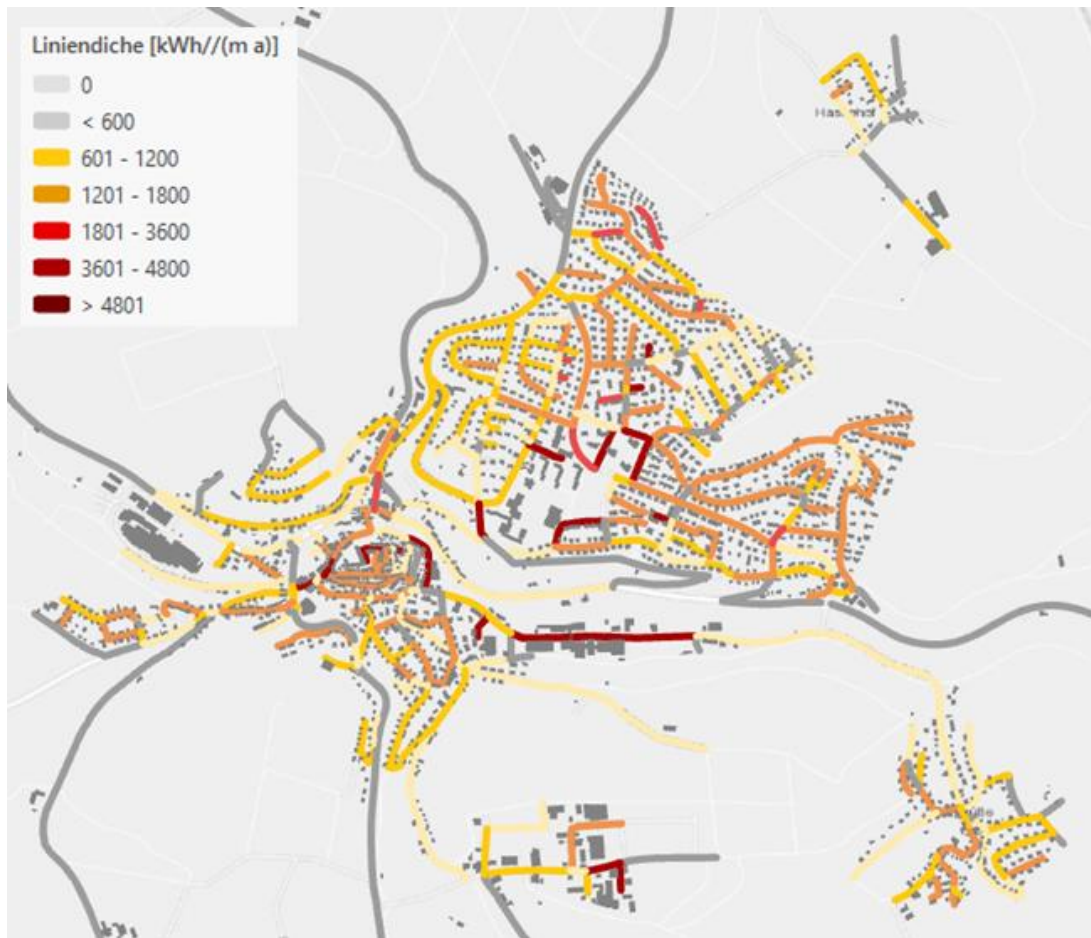


Abb. 21: Darstellung der Liniendichte des Ist-Stands

## 4.7 Energiebilanz

### Endenergie

Während bei dem gebäudebezogenen Wärmebedarf die Erzeugernutzwärme (also die für Wärmenutzungen im Gebäude benötigte Wärme ab Wärmeerzeuger) relevant ist, ist für die Treibhausgas-Bilanz die Endenergie die relevante Größe. Diese berücksichtigt neben dem Energiebedarf durch die Nutzung, auch die mit der Erzeugung, Speicherung und Verteilung verbundenen Verluste. Dabei wird außerdem der Energieeinsatz für die Erzeugung der Nahwärme auf die dafür eingesetzten Energieträger aufgeteilt. Bei Wärmepumpen ergibt sich die Besonderheit, dass der Umweltwärmeanteil nicht berücksichtigt wird, sondern nur der eingesetzte Strom.

Die nachfolgende Abb. 22 zeigt die Endenergie für die Wärmebereitung im Untersuchungsgebiet auf. Der Gesamtbedarf kann mit 101,2 **GWh/a** beziffert werden.

Die im Ist-Zustand ermittelte Endenergiebilanz mit Aufteilung des Endenergiebedarfs auf Energieträger stellt sich wie folgt dar:

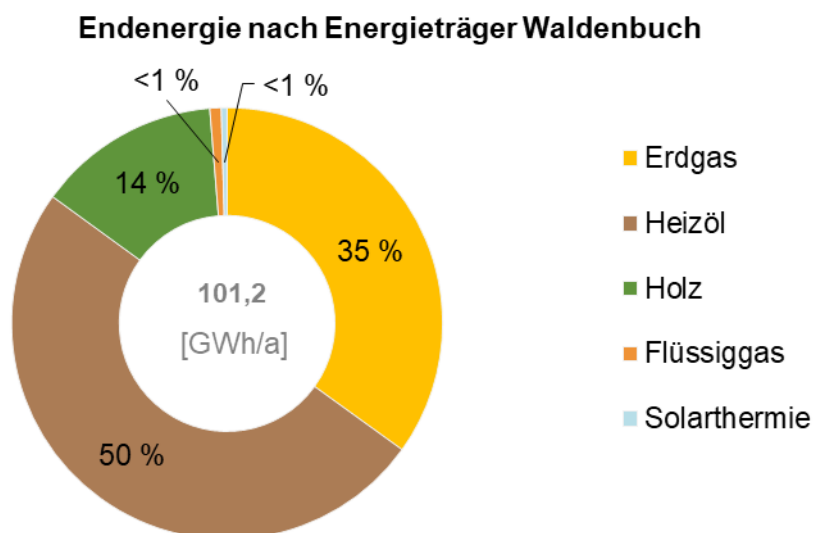


Abb. 22: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand an der Stadtgrenze

Die Wärmeerzeugung erfolgt vorrangig mit fossilen Energieträgern, meist durch Heizöl und Erdgas. Der erneuerbarer Energieträger Biomasse (Holz) wird zu ca. 14% zur Wärmebereitung eingesetzt. Solarthermie und Flüssiggas stellen einen vergleichsweise geringeren Anteil.

## 4.8 Treibhausgasbilanz

Aus der Summe der Endenergieeinsätze nach einzelnen Energieträgern lassen sich die Treibhausgasemissionen (THG) errechnen. Hierzu wurden die dargestellten Verbrauchsdaten mit den in Anhang 11.2 dargestellten THG-Emissionsfaktoren (CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, inkl. Vorketten und Netzverlusten der Wärmenetze) multipliziert.

Durch die Wärmenutzung werden derzeit 24.658 t/a an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten verursacht, die sich wie folgt verteilen:



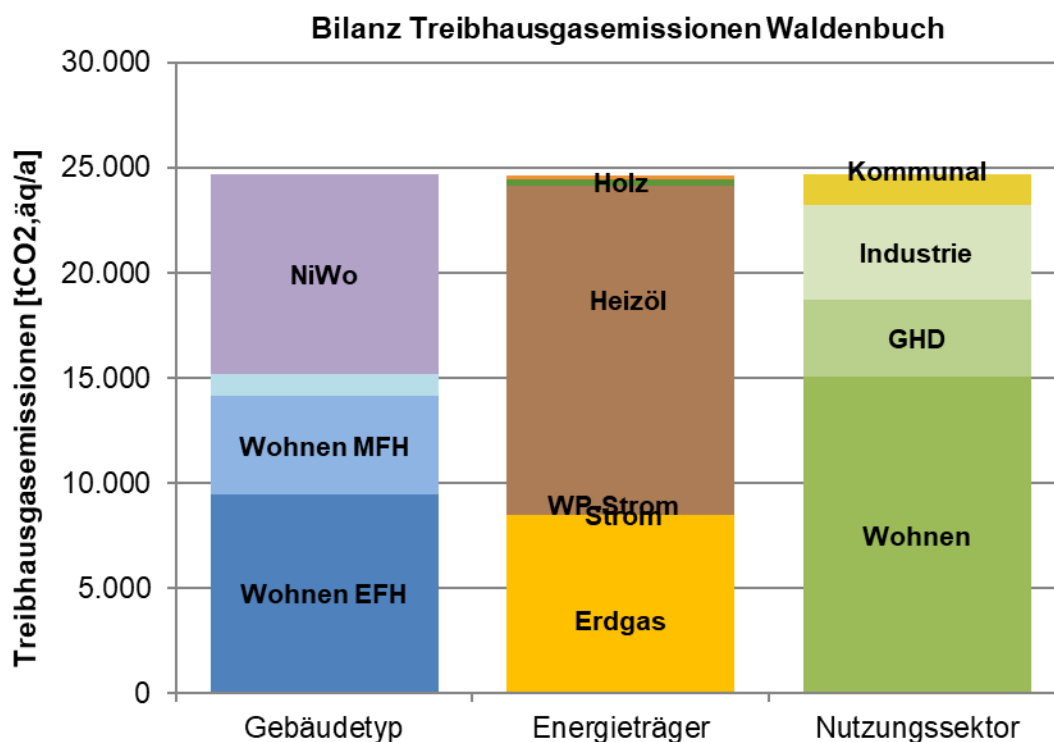


Abb. 23: THG-Bilanz der Wärmeerzeugung im Ist-Zustand

Der Nutzungssektor Wohnen verursacht den größten Anteil an THG-Emissionen, gefolgt vom Sektor GHD. Durch die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl werden 98 % der THG-Emissionen emittiert. Erneuerbare Energien wie Biomasse Holz sind ökologisch deutlich besser bewertet und verringern die Gesamtemissionen entsprechend.



## 5 Potenziale

### 5.1 Potenziale durch Effizienzsteigerung in der Gebäudebeheizung

Die Steigerung der Effizienz in der Wärmenutzung durch energetische Sanierung oder andere Effizienzmaßnahmen stellt ein bedeutendes theoretisches Potenzial dar, das jedoch nur über einen sehr langen Zeitraum vollständig auszuschöpfen ist. Ausgehend von dem Ist-Wärmebedarf von 84,9 GWh/a für die Heizwärme- und Trinkwarmwassererzeugung wurde ein langfristiges Einsparpotenzial (Zielzustand) von 32 % der Nutzenergie ermittelt. Um die tatsächlich erreichbaren Einsparungen – und damit das technische Potenzial – bis zum Jahr 2040 bzw. zum Stützjahr 2030 zu ermitteln, muss die jährliche Sanierungsrate berücksichtigt werden.

In der nachfolgenden Abb. 24 ist die Entwicklung des Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs in Abhängigkeit einer Sanierungsrate von 1,5 % dargestellt. Die Sanierungsrate wurde von der planungsverantwortlichen Stelle festgelegt. Dieser Wert liegt höher als der derzeit bundesweit vorliegende Wert für die durchschnittliche Sanierungsrate von 0,7 % (laut Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle e. V. [BuVEG 2023]). Damit wird für die Potenzialanalyse und die Bildung des Zielszenarios angenommen, dass pro Jahr 1,5 % der sanierungsfähigen Gebäude auf einen üblicherweise erreichbaren Wärmeverbrauchskennwert gebracht werden. Gemarkungsscharfe Zahlen zur tatsächlichen Sanierungsrate liegen nicht vor.

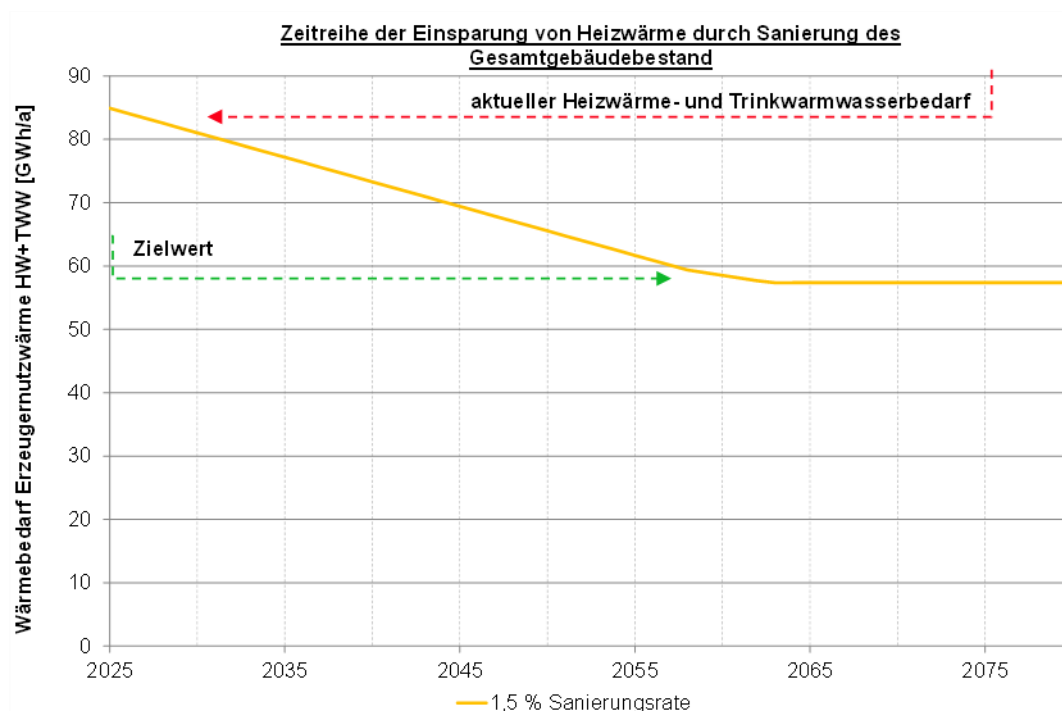


Abb. 24: Einsparpotenziale durch Effizienzsteigerung im Bestand in Abhängigkeit von verschiedenen Sanierungsraten

Die nichtlineare Reduktion des Wärmebedarfes liegt in der getrennten Betrachtung von Wohn- und Nichtwohngebäuden begründet. In der nachfolgenden Tab. 5 sind die Energiebedarfe und Gesamteinsparungen in den Stützjahren und im Zieljahr unter Berücksichtigung der angenommenen Sanierungsrate von 1,5 %/a dargestellt. Der Zielwert in Höhe von **57 GWh/a**, wäre dabei erst im Jahr 2063 erreicht.

Tab. 5: Einsparungen in Stütz- und Zieljahr durch Gebäudeeffizienz

Jahr	Einsparpotenzial absolut	Gesamteinsparung in Prozent
2030	3,9 GWh/a	4,6 %
2035	7,7 GWh/a	9,1 %
2040	11,6 GWh/a	13,7 %

## 5.2 Solarenergie auf Freiflächen

Große Solarthermieranlagen in Verbindung mit entsprechenden Speichern stellen wegen der erreichbaren Temperaturen für Fernwärmenetze je nach Netzanforderungen eine leicht zu integrierende regenerative Quelle dar. Diese werden in bivalenten Wärmeerzeugungsanlagen betrieben. Hierbei dient die Solaranlage meist zur Grundlastdeckung. In Verbindung mit Wärmepumpen kann auch außerhalb der Zeiten hoher Sonneneinstrahlung Wärme aus dem System entnommen werden. Zusammen mit der notwendigen Nähe zu geplanten Wärmenetzen müssen Standorte

für Solarthermie geprüft und nach Möglichkeit vorgemerkt werden. Der für die Solarthermie erreichbare Deckungsanteil hängt von der verfügbaren Aufstellfläche, der Höhe und Verlauf des Bedarfs im Netz sowie einem für höhere Deckungsanteile notwendigen (Groß-)Wärmespeicher ab.

Größere Photovoltaikanlagen tragen mit ihrer Stromerzeugung nicht nur zur allgemeinen Verbesserung des Strommixes und zur Erzeugung von Überschüssen für die Erzeugung von z. B. Wasserstoff bei, sie können auch zur direkten Verwertung von Überschüssen in lokalen Power-to-Heat Konzepten verwendet werden.

**Zentral für die Nutzung von Solarenergie auf Freiflächen ist somit die Suche nach geeigneten Flächen**, die nicht nur eine günstige Orientierung aufweisen, sondern auch die Konkurrenz zu anderen Nutzungen berücksichtigen und abwägen.

Eine erste Einschätzung zu geeigneten Flächen liefert die regionale Planhinweiskarte - Freiflächen Photovoltaik. Wie in Abb. 25 aufgezeigt, sind um die bebauten Flächen des Stadtgebietes grundsätzlich geeignete Flächen.

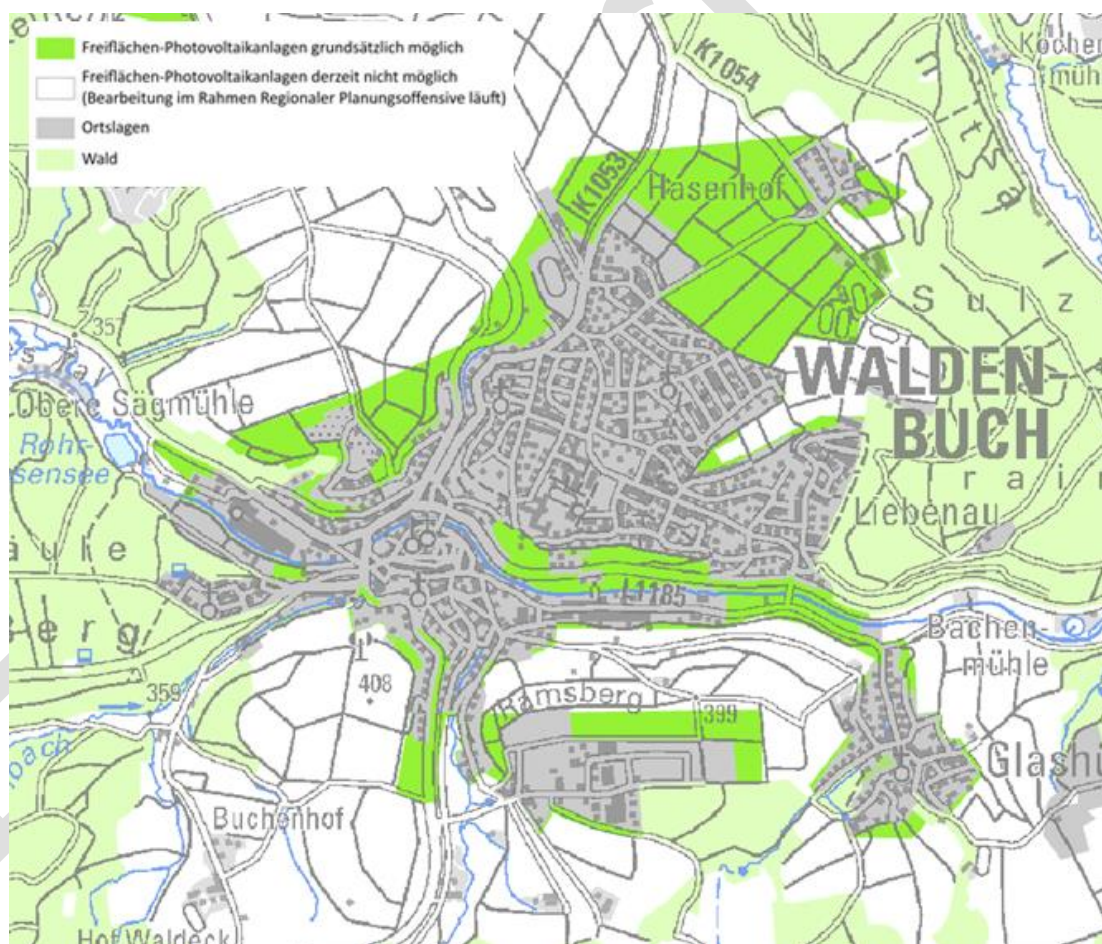


Abb. 25: geeignete Flächen der regionalen Planhinweiskarte – Freiflächen Photovoltaik

Ergänzt wird die Planhinweiskarte PV durch die Flächenangaben zu Freiflächen Photovoltaik (Konversionsflächen) des LUBW-Energieatlas. Wie Abb. 26 zeigt, liegt der Höchste Anteil geeignete Flächen im Norden von Waldenbuch. Bedingt geeignete Potenzialflächen (meist mit Hanglage) sind ebenso im Süden und Westen Waldenbuchs vorzufinden.

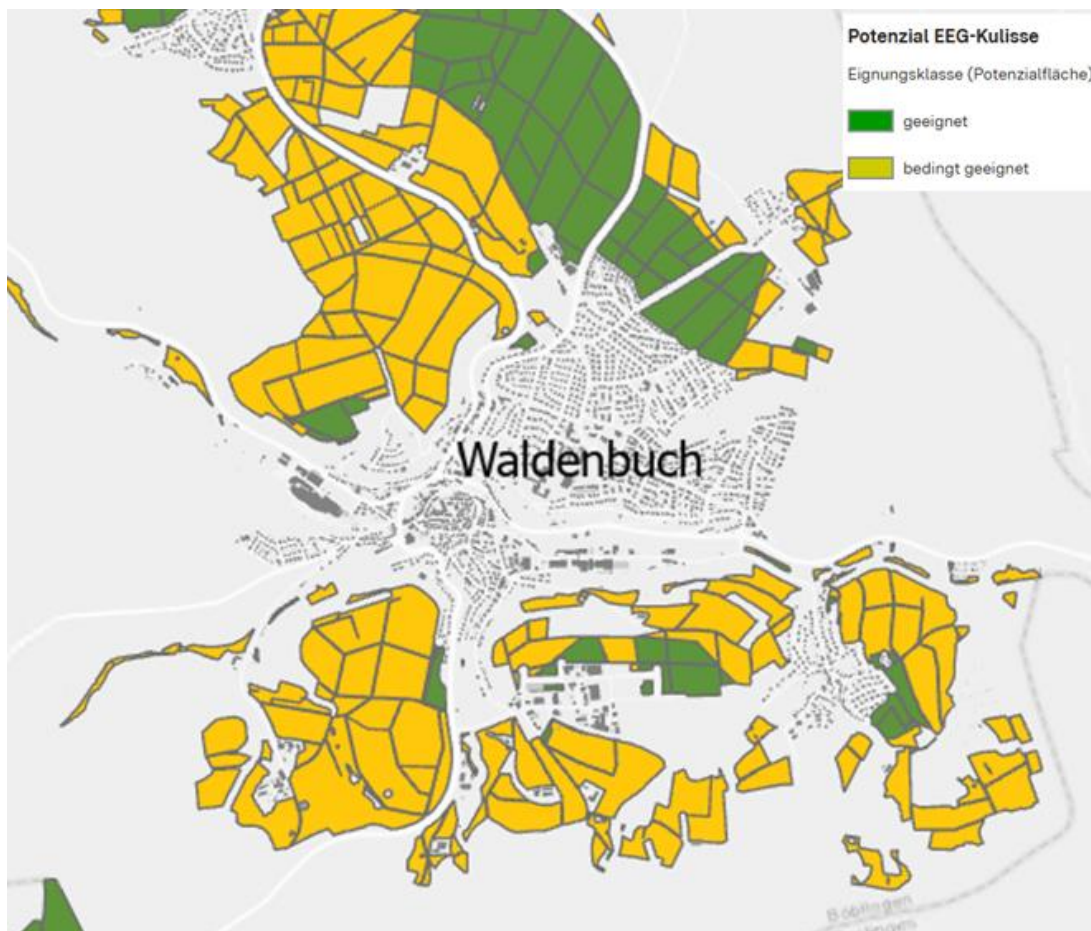


Abb. 26: Benachteiligte Flächen LUBW Solarkatasters (Konversionsflächen und Seitenrandstreifen) [LUBW FF Solar]

### 5.3 Solarenergie auf Dachflächen

Insgesamt beläuft sich das ermittelte thermische (technische) Potenzial auf geeigneten (Teil-) Dachflächen auf **7,1 GWh<sub>th</sub>/a** Wärme. Heute bereits ausgeschöpfte Potenziale durch Bestandsanlagen sind hierbei nicht berücksichtigt.

Die potenziell nach der Wärmenutzung zur Verfügung stehenden Dachflächen, können in Verbindung mit PV-Modulen zur Erzeugung von erneuerbarem Strom genutzt werden. Das Potenzial hierfür beläuft sich auf rund **24 GWh<sub>el</sub>/a**.



Nachfolgend ist ein Kartenausschnitt des Solarkatasters des LUBW der solaren Eignung der Teildachflächen in Waldenbuch dargestellt. Die gesamte Karte findet sich im Anhang.



Abb. 27: Eignung der Dachflächen zur solaren Nutzung [LUBW DF 2022]

An Fassaden ist das Potenzial zur Nutzung von Solarenergie geringer und schwieriger zu nutzen. Im Einzelfall ist es abhängig von der Verschattung. Notwendig sind große zusammenhängende Flächen. Die Voraussetzungen zur statisch einwandfreien Anbringung sind zu berücksichtigen. Besonders eignen sich hohe freistehende Gebäude mit größeren Flächen ohne Durchbrüche (Fenster). Durch die senkrechte Anbringung werden die solaren Erträge im Winterhalbjahr begünstigt, die Gesamterträge pro Modulfläche erreichen jedoch nicht den Wert auf Dachflächen.

## 5.4 Feste Biomasse / Holz

Holz ist ein kurzfristig verfügbarer erneuerbarer Energieträger, welcher hohe Vorlauftemperaturen ermöglicht und durch eine recht gute Transport- und Lagerfähigkeit zur überregionalen und zeitlich flexiblen Verwendung eingesetzt werden kann.

Das Plangebiet umfasst ca. 511 ha Waldfläche. Teile des Bedarfs an Biomasse Holz für Heizwecke können durch ernte im eigenen Waldgebiet gedeckt werden. Der Bezug weiterer Biomasse muss über einen überregionalen Markt erfolgen.

Dezentrale Holzheizungen eignen sich besonders für Liegenschaften mit Möglichkeiten zur Lagerung des Brennstoffs, erhöhtem Wärmebedarf und der Notwendigkeit von hohen Temperaturen im Heizungssystem. Langfristig sollte jedoch die stoffliche Nutzung des Holzes in den Vordergrund rücken und sich die thermische Nutzung vor allem auf den Einsatz in Heizzentralen sowie in der industriellen Prozesswärmeerzeugung beschränken.

## **5.5 Oberflächennahe Geothermie mit Erdwärmesonden**

In Verbindung mit Wärmepumpen stellen Erdwärmesonden (EWS) nachhaltige Wärmequellen dar, die sowohl zentral in Wärmenetzen (meist Quartierslösungen oder Wärmeverbünden) als auch dezentral für einzelne Liegenschaften genutzt werden können (siehe nachfolgende Kapitel). Grundsätzlich können Erdwärmesonden dort genehmigt und gebohrt werden, wo sie keinem Ausschluss aufgrund von Wasserschutzgebieten o. Ä. unterliegen. Der nachfolgende Überblick über die Genehmigungsfähigkeit von EWS stammt aus dem Informationssystem oberflächennaher Geothermie des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg. Wie die Abb. 28 aufgezeigt, liegen die höher gelegenen Teile des Planungsgebiets in für oberflächennahe Geothermie effizienten Bereichen. Lediglich der Stadtteil sowie im Tal liegende Teilgebiete werden als nicht effizient deklariert. Die Einschränkungen werden aufgrund der Lage im Wasser- und Heilquellenschutzgebiet bedingt. In den weiteren Gebieten sind EWS zulässig oder ggfs. zulässig nach Einzelprüfung durch die Fachbehörden.

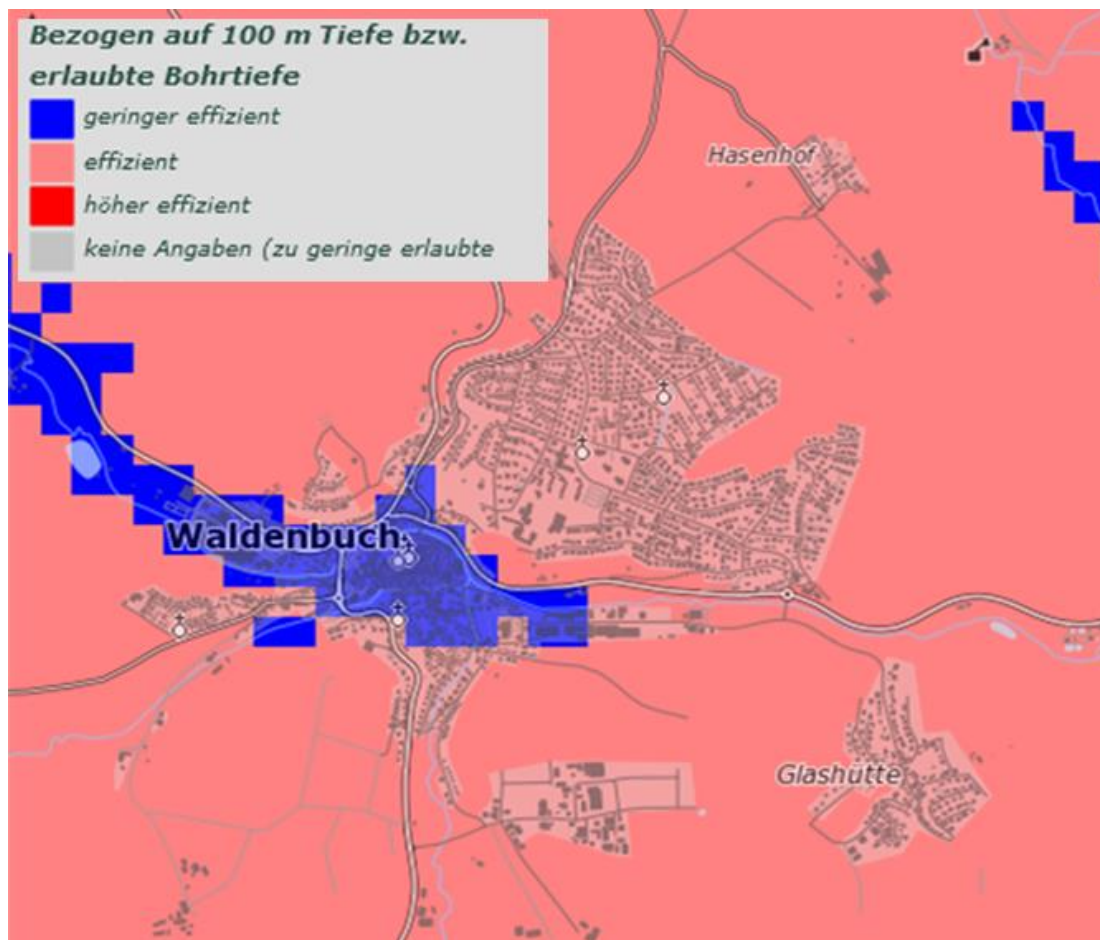


Abb. 28: Effizienz von oberflächennaher Geothermie mit Erdwärmesonden Quelle [ISONG]

In der Praxis müssen zur Nutzung von EWS jedoch Probebohrungen und Messungen durchgeführt werden, bevor mit der Energiequelle lokal geplant werden kann. Die tatsächlich nutzbare Wärmemenge hängt dabei neben individuellen wirtschaftlichen und technischen Voraussetzungen der Liegenschaft auch davon ab, wo und wie viele weitere Sonden sich in der Nachbarschaft befinden oder ob z. B. durch Kühlung außerhalb der Heizperiode eine aktive Regeneration des Erdreichs stattfindet.

### 5.5.1 Nutzung Erdwärmesonden in Wärmenetzen

In räumlicher Nähe zu Wärmeversorgungsgebieten kleinerer Wärmenetze, bspw. Quartierslösungen oder Gebäudenetzen, stellen Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen und Speichern eine gut geeignete Quelle für Wärmenetze dar. Dabei kann zwischen Konzepten mit zentraler Wärmepumpe und warmem Vorlauf im Wärmenetz sowie solchen mit dezentralen Wärmepumpen in den angeschlossenen Liegenschaften („kalte Nahwärme“) unterschieden werden.

In Verbindung mit Kühlung oder auch saisonal ergänzenden Energieträgern wie Solarthermie, auf der gleichen Fläche, können Wärmeüberschüsse außerhalb der Heizperiode im Sondenfeld bzw. im Erdreich gespeichert und die Wärmequelle dadurch regeneriert werden. Zentral für die Nutzung solcher Systeme ist jedoch die Verfügbarkeit geothermisch geeigneter Flächen in der Nähe potenzieller oder bestehender Wärmenetze.

Zur Potenzialabschätzung der oberflächennahen Geothermie, an möglichen Standorten einer Wärmezentrale, wurde durch die Stadtverwaltung eine Probebohrung in der Bahnhofstraße, im südlichen Gewerbegebiet „Bonholz“, am Gartenhallenbad, als auch eine weitere im Norden von Waldenbuch veranlasst. Aufgrund der Bodenbeschaffenheit (Gipsspiegel) wurde eine Bohrtiefenbegrenzung von ca. 20 m ermittelt. Hinsichtlich dieses Umstands wird der wirtschaftliche Aufbau eines Erdwärmesondenfeldes an genanntem Standort für die zentrale Wärmebereitung ausgeschlossen.

### 5.5.2 Nutzung Erdwärmesonden für einzelne Liegenschaften

Auch für einzelne Liegenschaften und eine dezentrale Wärmeversorgung können Erdwärmesonden genutzt werden. Insbesondere Liegenschaften, die technisch und wirtschaftlich sehr gut mit einer Wärmepumpe beheizt werden können, profitieren von einer effizienten Wärmequelle und dadurch von einer erhöhten Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe. Der Stromanteil in der gelieferten Wärme sinkt bei steigender JAZ und damit auch die Betriebskosten für den Betreiber. Auch dafür müssen die Grundstücke die entsprechenden freien (nicht überbauten) Flächen für Sondenbohrungen aufweisen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Deckungsquote des Geothermie-Potenzials pro Baublock bei der dezentralen Nutzung von EWS im Verhältnis zum im Baublock vorliegenden absoluten Wärmebedarf der Gebäude. Damit wird gezeigt, in welchen Baublöcken die Geothermie durch Erdwärmesonden einen nennenswerten Anteil am Gesamtwärmebedarf decken könnte.

Insgesamt liegt in der dezentralen Verwendung von Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen ein **theoretisches Potenzial von rund 29,3 GWh/a** vor.



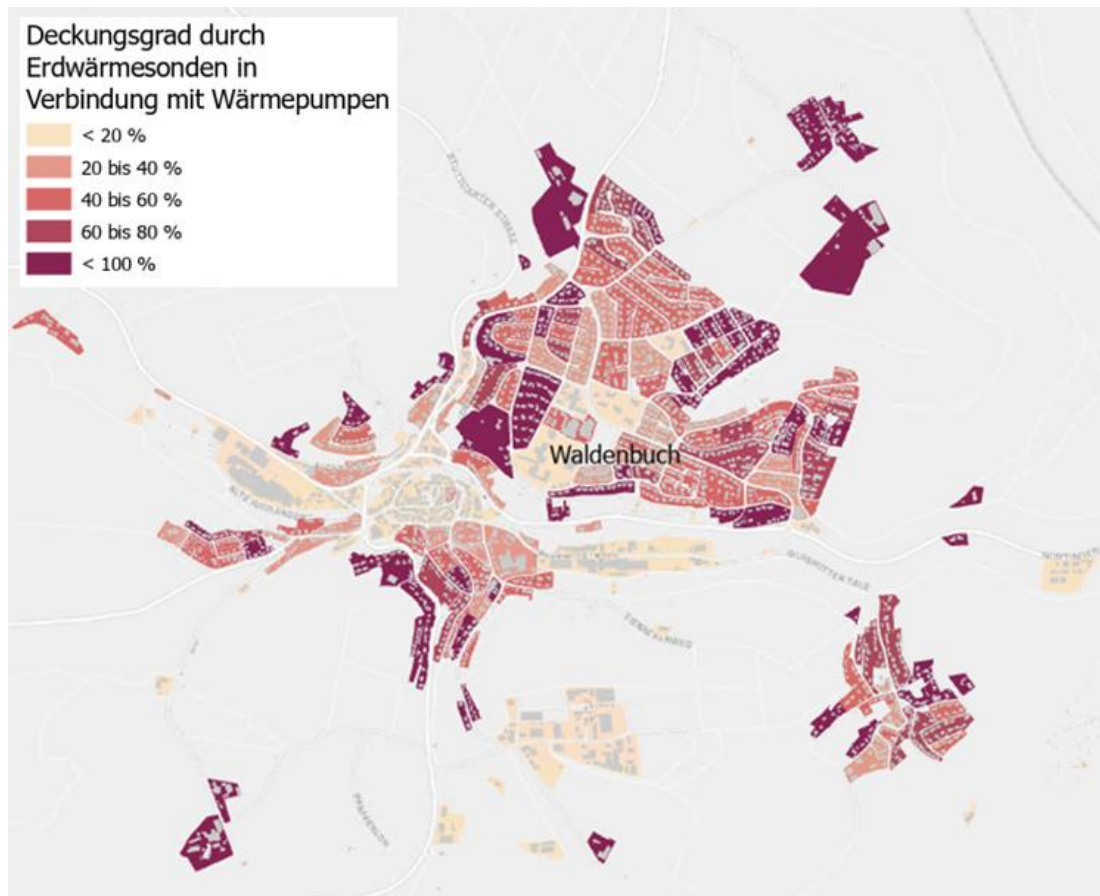


Abb. 29: Möglicher Deckungsgrad des Wärmebedarfs im Baublock durch Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen

## 5.6 Erdkollektoren / Agrothermie

Die Nutzung von Erdwärme in geringer Tiefe (1,5 – 4 m) ist eine Option für Gebiete oder Liegenschaften mit genügend Freifläche zur Installation der notwendigen Kollektoren (bspw. Ringgrabenkollektoren, Erdwärmekörbe) im Erdreich. Dafür können z. B. Grün- oder Ackerflächen und Sportplätze in Frage kommen (die danach weiterhin als solche genutzt werden können). Durch den Flächenbedarf für die Kollektoren und die notwendige Nähe zu den Abnehmern (i. d. R. <300 m) kommen v. a. Randlagen oder nur locker bebaute Baublöcke als Potenzialgebiete in Frage. Wegen der jahreszeitlichen Schwankungen in dieser geringen Tiefe und regional unterschiedlichen Bodenverhältnisse variieren die Erträge.

In Kombination mit dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden, eignet sich Agrothermie auch für Wärmenetze mit niedrigen Vorlauftemperaturen („kalte Nahwärme“). Potenzielle Abnehmer sind Gebäude in Neubaugebieten oder auch Bestands-

gebäude mit niedrigerem Energiebedarf und entsprechend abgesenkten Vorlauftemperaturen in der Heizungsverteilung. Die nachfolgende Abb. 30 zeigt, dass die Möglichkeit der Nutzung von bspw. Erdwärmekollektoren grundsätzlich über das gesamte Plangebiet besteht.

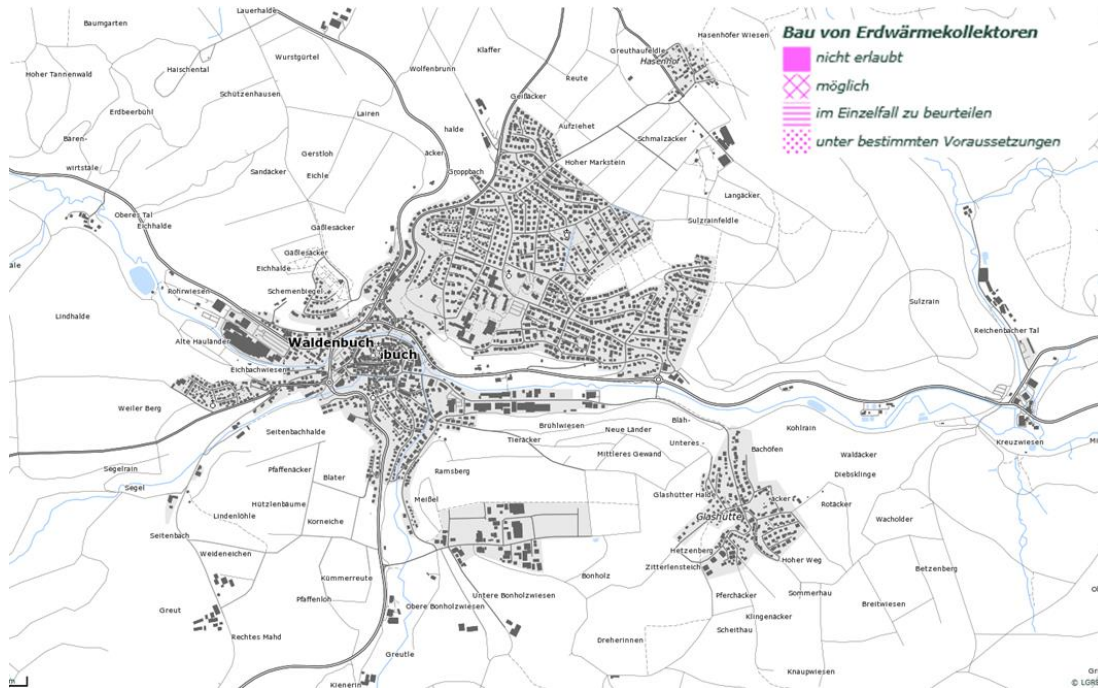


Abb. 30: Standortbewertung oberflächennächste Erdwärmekollektoren [ISONG]

## 5.7 Grundwasser

Die Wärmegewinnung aus Grundwasser als Form der oberflächennahen Geothermie ist außerhalb von Wasserschutzgebieten grundsätzlich möglich und v. a. für Neubaugebiete oder für kleinere Netze im sanierten Bestand bzw. als eine Wärmequelle eines Erzeugermixes in Wärmenetzen sinnvoll. In der Praxis müssen für jeden Standort mehrere Probebohrungen und Messungen durchgeführt werden, bevor mit der Energiequelle lokal geplant werden kann. Es können kleinräumig große Unterschiede in der Nutzbarkeit auftreten. Die Grundwassernutzung ist zudem grundsätzlich genehmigungspflichtig. Ausschlussgebiete für Grundwassernutzung gibt es im Plangebiet, laut der Karte „Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen (HAD)“, keine. Die Ergiebigkeit des Grundwasservorkommens wird auf dem gesamten Plangebiet als gering eingestuft.



Abb. 31: Grundwasservorkommen und Ergiebigkeit in Waldenbuch [GDI DE GW][GDI DE GW][GDI DE GW][GDI DE GW][GDI DE GW]

## 5.8 Abwasserwärmenutzung

### 5.8.1 Abwasserwärme im Kanal

Eine Abwasserwärmenutzung eignet sich vor allem in den Hauptsammlern und in größeren Abwasserkanälen mit geeigneten Geometrien und einem Minstdurchmesser ab etwa DN 800. In der nachfolgenden Abbildung sind die Abwasserkanäle mit geeigneten Durchmessern dargestellt.



Abb. 32: Abwassernetz und Einzugsgebiete der für Wärmenutzung geeignete Abwassersammler

Ein nah an der Kläranlage installierter Wärmetauscher, könnte die temperaturabhängige Biologie der Abwasserreinigung und die geplante Wärmenutzung am Auslauf der Kläranlage negativ beeinflussen. Dem Abwasser muss nach der letzten Wärmenutzung im Kanal genügend Zeit zur Regeneration gegeben werden. Die Abwasserpotenziale unterliegen Einschränkung, wie bspw. dem Zustand des Kanals, der Geometrie des Abwasserkanals, dem konstanten Schmutzwasserabfluss in geeigneter Höhe und müssen im Einzelfall beurteilt werden.

### 5.8.2 Abwasserwärme nach Klärwerk

Die Wärmenutzung am Ablauf des Klärwerks ist grundsätzlich möglich. Aufgrund der Entfernung zu möglichen Wärmeabnehmern bzw. zu einem möglichen Standort einer Wärmezentrale wird Stand heute die Wärmenutzung ausgeschlossen. Auf die Quantifizierung des Potenzials wurde verzichtet.

## 5.9 Abwärme aus industriellen Prozessen

Bei der Befragung der Unternehmen aus dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie (GHDI) wurden jene nach ihren Abwärmepotenzialen befragt. Zudem wurden die Angaben der Unternehmen im neuen Abwärmekataster nach dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) damit abgeglichen.

Aus den rückläufigen Fragebögen konnte ein unternehmübergreifender Einsatz von ca. 2,2 GWh/a zur Prozesswärmebereitung angeben. Eines der Unternehmen gab an, dass aus dem Prozesswärmeeinsatz grundsätzlich Abwärme zur Einspeisung in ein Wärmenetz zur Verfügung stehen würde, welcher allerdings zeitlichen Schwankungen unterliegen würde.

## 5.10 Klärgas / Biogas / Biomethan

Die **im Stadtgebiet** anfallende Menge an biologisch verwertbaren Abfällen unterliegt bestehenden Verwertungswegen. Diese wird in regionalen biologischen Verwertungsanlagen behandelt.

Das Potenzial der Klärgasgewinnung durch Klärschlammfaulung im Klärwerk ist ausgeschöpft. Erzeugtes Klärgas wird im BHKW des Klärwerks in Strom und Wärme gewandelt. Die erzeugte Wärme wird zur Beheizung des Faulturms in der Kläranlage selbst eingesetzt.

## 5.11 Wasserstoff

Von einer flächendeckenden überregionalen Verfügbarkeit von Wasserstoff ist derzeit nicht auszugehen. Es ist zu erwarten, dass der Energieträger Wasserstoff aufgrund des derzeit knappen Angebots mit hohen Energieträgerkosten einhergehen wird. Die flächendeckende Versorgung von dezentralen Wärmeerzeugern mit Wasserstoff ist derzeit nicht absehbar. Möglicherweise bleibt der Einsatz von Wasserstoff im Wärmesegment ausschließlich auf die Bereiche KWK und Spitzenlastdeckung in Wärmenetzen bzw. zur Bereitstellung von Prozesswärmebedarfen beschränkt. Hierfür muss die Versorgung mit Wasserstoff über ein entsprechendes Leitungsnetz gesichert werden.

## 5.12 Rolle des Gasnetzes

In Zukunft muss die Rolle der Erdgasnetze neu bewertet werden. Durch die bestehende Rechtslage sind die Netzbetreiber derzeit weiter zur Versorgung mit Erdgas verpflichtet (Konzessionsverträge), soweit es angeschlossene Abnehmer



gibt. Parallel existierende Gasleitungen und Wärmenetzleitungen stellen eine Konkurrenzsituation dar. Beide leitungsgebundene Energieträger können in der Regel nur wirtschaftlich dargestellt werden, wenn eine möglichst hohe Anschlussquote erreicht wird. Insofern stellt sich zukünftig die Frage nach dem Rückbau der Gasleitungen, insofern dafür eine gesetzliche Grundlage geschaffen wird.

Gasnetze können jedoch auch ein Bestandteil der Wärmewende sein, wenn sie auf die Versorgung mit erneuerbaren Gasen vorbereitet werden, um eine mögliche Belieferung von Großabnehmern zu ermöglichen. Punktuell kann auch die dezentrale Versorgung kleinerer Gebäude im Ein- oder Mehrfamilienhausbereich sinnvoll sein.

Der flächendeckende Umbau der Gasverteilungsinfrastruktur für einen erhöhten oder sogar 100 %-en Anteil von Wasserstoff / Biomethan stellt eine technische und wirtschaftliche Herausforderung dar, welche voraussichtlich für Teile des Stadtgebietes unwirtschaftlich bleibt (Wohnbauflächen).

Für die derzeit mit dem Erdgasnetz erschlossenen Gebiete können folgende Leitlinien verfolgt werden:

- Kein Neubau oder Erweiterung von Erdgasnetzen
- Backbone-Leitungen (vor allem im Bereich der Gewerbegebiete) sollten langfristig erhalten und auf biogene Gase / Wasserstoff vorbereitet werden, um eine mögliche Belieferung von Großabnehmern (Ankernutzern) zu ermöglichen.
- Bei sich verändernden Bedingungen für die Versorgung mit Wasserstoff oder Biomethan (z. B. Kostenentwicklung) müssen die Gebiete nach Art und Umfang der langfristigen Abnahme (größere Abnehmer ohne sonstige Alternativen) und dem abzusehenden Instandhaltungsbedarf der Leitungen priorisiert werden.

## 5.13 Außenluft in Verbindung mit Wärmepumpen

Elektrisch betriebene Wärmepumpen, die Außenluft als Wärmequelle nutzen, stellen eine – im Verhältnis zu Wärmepumpen mit anderen Quellen – leicht zu realisierende Wärmeerzeugung dar. Probleme können durch fehlende Aufstellmöglichkeiten in dicht bebauten Gebieten sowie durch Schallemissionen der Außeneinheit entstehen, insbesondere bei hoher Beanspruchung in der Heizperiode. Außerdem kann aus der Außenluft gerade in der Heizperiode aufgrund niedriger Temperaturen besonders wenig Wärme entzogen werden, wodurch sich die Effizienz der Anlage verringert und der Anteil des Stroms in der gelieferten Wärme stark ansteigt. Gerade in der Heizperiode stellt das eine Belastung für das gesamte Stromnetz dar. Aufgrund dessen sollte bei geplantem Einsatz einer Wärmepumpe immer auch die Nutzung von anderen Wärmequellen (Erdwärme, Grundwasserwärme usw.) geprüft werden, um einen effizienteren Betrieb von Wärmepumpen nicht auszuschließen.

Bei dezentralen Systemen eignen sich Wärmepumpen am besten für Objekte mit geringerem Wärmebedarf und niedrigen Vorlauftemperaturen, können aber zunehmend auch für durchschnittliche Bedarfe und Temperaturen im Bestand verwendet werden. Günstig ist außerdem lokal, z. B. aus PV-Anlagen, erzeugter Strom, der zumindest teilweise für den Betrieb der Wärmepumpe genutzt werden kann. Das erhöht ihre Umweltverträglichkeit und in der Regel auch ihre Wirtschaftlichkeit.

Das Potenzial an Wärmeerzeugung durch Außenluft-Wärmepumpen ist nahezu unendlich groß und hängt nicht an der Verfügbarkeit der Außenluft, sondern an zur Verfügung stehenden Aufstell- und Einsatzmöglichkeiten. Beides wird für das Zielszenario und die Festlegung der Wärmeversorgungsgebiete qualitativ berücksichtigt, kann jedoch nicht quantitativ angegeben werden, da es die Bearbeitungstiefe des Kommunalen Wärmeplans übersteigt – diese Betrachtungen müssten gebäudescharf erfolgen und die realen Begebenheiten vor Ort berücksichtigen.

## 5.14 Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen

Durch die Transformation hin zu einer stärker strombasierten Wärmeerzeugung steigt auch die Bedeutung der Transformation des Bundes-Strommix zur Klimaneutralität. Innerhalb des Stadtgebietes Waldenbuch liegen im Wesentlichen die folgenden potenziellen erneuerbaren Quellen zur Stromerzeugung vor:

### 5.14.1 Photovoltaik

Für die lokale Stromerzeugung durch Photovoltaik bestehen Potenziale in der Nutzung von Dachflächen und der Errichtung von Freiflächenanlagen.

Für Freiflächenanlagen kommen v.a. Flächen mit günstiger Orientierung in Frage, für die keine Bedenken aus einer anderen, u.U. höherwertigen Nutzung bestehen. Dafür müssen die tatsächliche Verfügbarkeit, die Genehmigungsfähigkeit sowie technische Randbedingungen für einen Anschluss zur Einspeisung in das Stromnetz geklärt werden. Freiflächenanlagen können dabei auch mit anderen Nutzungen wie z.B. Erdwärmesonden oder, bei entsprechender Aufständigung, auch mit landwirtschaftlichen Nutzungen oder Parkflächen kombiniert werden. Wie bereits in Kapitel 5.2 beschrieben liefert eine erste Einschätzung zu potenziell geeigneten Flächen die regionale Planhinweiskarte - Freiflächen Photovoltaik der Region (Abb. 25) und ergänzend die Photovoltaik (Konversionsflächen) des LUBW-Energieatlas (Abb. 26).

Das Potenzial für PV-Anlagen zur Stromerzeugung auf Dachflächen beläuft sich nach Daten des LUBW auf insgesamt 31,1 GWh/a. Nach Abzug der für die solare Wärmeerzeugung ermittelten 7,1 GWh/a verbleiben 24 GWh/a für die Stromproduktion durch Photovoltaik auf Dachflächen

#### **5.14.2 Wasserkraft**

Auf Waldenbucher Gemarkung ist eine Wasserkraftanlage in Betrieb. Die Gesamtleistung beläuft sich auf 10 kW elektrische Leistung.

#### **5.14.3 Windkraft**

Insbesondere in der Heizperiode stellen Windkraftanlagen einen notwendigen Baustein der Stromversorgung aus regenerativen Quellen dar. Durch die im Zielszenario anzunehmenden Deckungsanteile von elektrisch betriebenen Wärmepumpen und dem dadurch zu erwartenden zusätzlichen Strombedarf kommt dem Ausbau der regenerativen Stromerzeugung mit Erträgen in der Heizperiode eine Schlüsselrolle für die Wärmewende zu.

Für den Windkraftausbau hat das Land Baden-Württemberg im aktuellen KlimaG BW die Windkraft-Flächenziele des Bundes aus dem Windenergieflächenbedarfsgesetz vom 20. Juli 2022 nochmals verschärft. Demnach gilt eine Zielvorgabe von 1,8 % der Landesfläche und eine Festlegung und Änderung der Teilpläne sowie des Regionalplans bis zum 30.09.2025.

Auf dem Plangebiet werden derzeit keine Windkraftanlagen betrieben.

In Waldenbuch sind nach den öffentlich verfügbaren Quellen (Windatlas LUBW) wenige bedingt geeignete Potenzialflächen für Windkraftanlagen. Vorranggebiete für Windkraft werden durch die Teilfortschreibung des „Regionalplans Region Stuttgart 2009 zur Festlegung von Vorranggebieten für regionalbedeutsame



Windkraftanlagen“ ausgewiesen. Vorranggebiete befinden sich zwischen Waldenbuch und Weil im Schönbuch und umfassen eine Fläche von 70,85 ha.

### **Fazit zur erneuerbaren Stromerzeugung**

Die für die Klimaneutralität der gesamten Stadt Waldenbuch notwendige Menge an regenerativ erzeugtem Strom oder den daraus generierten Mengen an erneuerbaren Gasen (Wasserstoff oder Biomethan) kann mittelfristig nicht ausschließlich innerhalb der Gemarkung erzeugt werden. Die Stadt Waldenbuch ist somit mittel- bis langfristig auf den Energiebezug aus regionalen Quellen angewiesen.

Dies bedeutet für die Stadt, die Ausschöpfung vorhandener Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung zu erhöhen, um den lokalen Bedarf zu decken und zur Produktion überregional nutzbarer Überschüsse beizutragen.

Die Standortsuche für große PV-Anlagen ist eine Maßnahme im Handlungsbereich der Kommune. Die Nutzung des Potenzials auf Dachflächen kann von der Kommune gefördert werden, liegt aber letztlich in der Hand der jeweiligen Gebäudeeigentümer.

Die künftige bilanzielle Deckung des Bedarfs an erneuerbarem Strom muss mit folgenden Anwendungen synchronisiert werden:

- Elektromobilität
- Elektrifizierung einzelner industrieller Prozesse
- Dezentrale Stromerzeugung und Netzeinspeisung durch PV-Anlagen
- Erzeugung von erneuerbaren Gasen (z. B. Biomethan) für Industrie, Verkehr und große KWK-Anlagen in Wärmenetzen
- Betrieb von Wärmepumpen, insbesondere zur Heizperiode

Durch die beschriebenen Anwendungen ist eine Mehrbelastung des Stromnetzes zu erwarten. Seit 2024 ist die Registrierung von elektrischen Wärmepumpen-Heizsysteme beim örtlichen Stromnetzbetreiber verpflichtend. Hierdurch soll die Planbarkeit erhöht und damit eine Überlastung des Stromnetzes vermieden werden.

## 5.15 Fazit / Zusammenfassung lokaler Potenziale

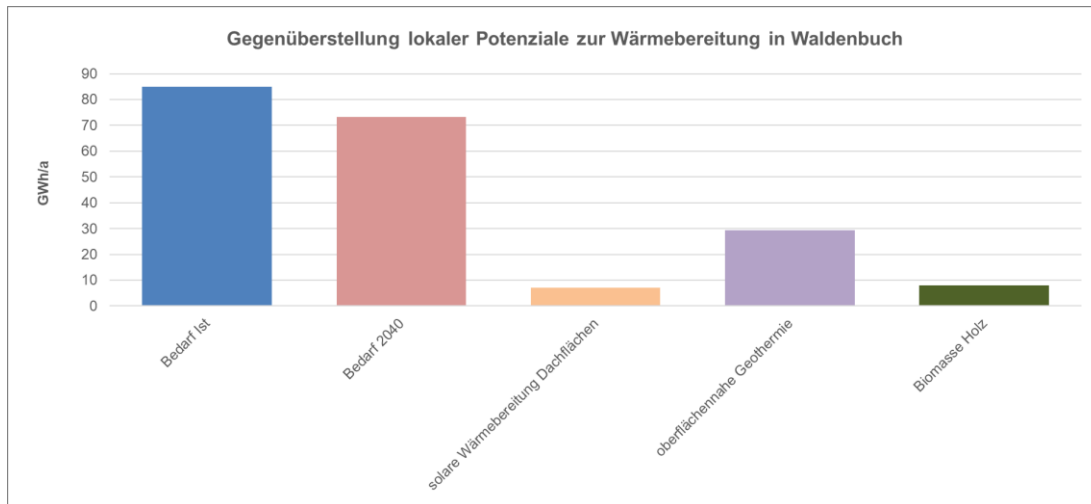


Abb. 33: Zusammenfassung der quantifizierten lokalen Potenziale

Die erhobenen lokalen Potenziale unterscheiden sich hinsichtlich der Qualität der dafür verfügbaren Datenquellen und der Belastbarkeit der zur Abschätzung notwendigen Annahmen. Zu beachten ist, dass die Potenziale ggf. untereinander konkurrieren (bspw. wenn sie auf der gleichen Fläche realisiert werden würden) und nicht technisch oder wirtschaftlich gleichwertig erschlossen werden können. Vor der Nutzung der genannten Potenziale können im Einzelfall weitere Untersuchungen zur technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit notwendig werden.

- **Künftiger Wärmebedarf im Bestand in 2040:** Es wurde ein langfristiges Einsparpotenzial im Bestand von 32 % ermittelt. Unter Berücksichtigung einer abgestimmten anzunehmenden Sanierungsrate von 1,5 %/a ergeben sich im Gebäudebestand erzielbare Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen bis 2040 in Höhe von 13,7 %.
- **Solare Wärme auf Dachflächen:** Das ermittelte Potenzial zur Wärmeerzeugung auf solar geeigneten Dachflächen beläuft sich auf 7,1 GWh/a. Dazu kommt ein solares Potenzial zur Stromerzeugung auf Dachflächen von 24 GWh/a.
- **Solare Wärme auf Freiflächen:** Solarthermie-Freiflächenanlagen in der Nähe zu Wärmeabnehmern oder Heizzentralen stellen in Verbindung mit Speichern eine gut zu integrierende regenerative Wärmequelle für Wärmenetze dar. Die zentrale Herausforderung ist hierbei die Flächensuche und -sicherung von Flächen in unmittelbarer Nähe zu potenziellen oder bestehenden Wärmenetzen.

- **Biomasse Holz:** Das lokale Potenzial der energetischen Verwertung von Holz, welches aus den Waldflächen auf Waldenbucher Gemarkung jährlich geerntet werden kann, wird auf 8 GWh/a geschätzt
- **Geothermie-Erdwärmesonden:** Zur dezentralen Nutzung in einzelnen Liegenschaften stehen ein geothermisches Potenzial von rund 29,3 GWh/a aus Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen zur Verfügung.
- **Grundwasserwärme:** Aus den verfügbaren Quellen gehen keine generellen Ausschlussgebiete für die Grundwasserwärmenutzung hervor. Die Ergiebigkeit von Grundwasserleitern wird nach den öffentlichen Quellen als gering eingeschätzt. Die tatsächliche Nutzung von Grundwasserwärme muss im Einzelfall geprüft und genehmigt werden.
- **Geothermie-Erdwärmekollektoren:** Die Nutzung von Erdwärme aus oberflächennahen Kollektoren (Erdkörben o. Ä.) in Verbindung mit Wärmepumpen ist grundsätzlich in Randlagen oder locker bebauten Baublöcken für einzelne Liegenschaften mit verringerten Wärmebedarfen möglich und wurde entsprechend im Anteil für dezentrale Wärmepumpen im Zielszenario berücksichtigt. Die Standortbewertung zur oberflächennächsten Geothermie ist zu beachten
- **Abwasserwärmenutzung:** Das Potenzial aus der Abwasserwärmenutzung im Abwasserkanal muss im Einzelfall untersucht werden. Die zentrale Abwasserwärmenutzung am Ablauf der Kläranlage wird aufgrund der räumlichen Distanz zu möglichen Abnehmern nicht berücksichtigt.
- **Abwärme aus industriellen Prozessen:** Aus den durchgeführten Befragungen ansässiger Unternehmen sowie der Analyse von Verbrauchsdaten, Branchen oder installierten Leistungen zur Wärmeerzeugung konnten Abwärmepotenziale in Höhe von ca. 2,2 GWh/a ermittelt werden.
- **Klärgas / Biogas / Biomethan:** Es liegen keine unausgeschöpften lokalen Potenziale vor

## 6 Szenarienbildung und Zielbild

Auf Basis der Bestandsanalyse und der lokalen Potenziale wurden künftige erneuerbare Wärmeversorgungsgebiete im Projektlenkungskreis (Bauamt Waldenbuch, Klimaschutzmanager, Ingenieurbüro ebök) diskutiert und definiert. Eine besondere Rolle nehmen dabei aus technischer und wirtschaftlicher Perspektive die Wärmenetzgebiete ein.

*Die nachfolgend aufgezeigten künftigen Wärmeversorgungsgebiete implizieren nicht, dass ausschließlich die aufgezeigte Versorgungsart des kommunalen Wärmeplans genutzt werden muss. Sie zeigen vielmehr auf, welche Wärmeversorgungsarten nach aktuellem Stand der Kenntnis möglich und aus technischer sowie wirtschaftlicher Perspektive in besonderem Maße vorteilhaft sein können. Aus der Festlegung der Wärmeversorgungsgebiete im Kommunalen Wärmeplan ergeben sich keine Ansprüche oder Verpflichtungen. Sie dienen vielmehr der Planungs- und Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung der Wärmeplanung.*

### 6.1 Entwicklung des Wärmebedarfs

Nachfolgend wird die Entwicklung des Wärmebedarfs bis zum Zieljahr 2040 aufgezeigt. Abweichend von Kapitel 5.1 werden hierbei zusätzlich zur Einsparung durch Effizienzsteigerung des Gebäudebestands weitere Einspareffekte betrachtet.

#### **Einsparung durch Effizienzsteigerung und Gebäudemodernisierung**

Wie in der Potenzialanalyse Kap. 5.1 dargestellt, wird für die Bildung der Szenarien 2030, 2035 und 2040 von Effizienzsteigerungen, insbesondere durch die energetische Sanierung der Wohn- und Nichtwohngebäude, ausgegangen. Der Wärmebedarf für Heizwärme und Trinkwarmwasser beträgt im Jahr 2040 ca. **73 GWh/a** (künftige Bedarfe für Prozesswärme sind hierbei nicht enthalten).

#### **Mehrbedarf durch Neubauten**

Zum Zeitpunkt der Erstellung des kommunalen Wärmeplans lagen keine konkreten Informationen zu Mehrbedarfen durch geplante Neubauten vor.

#### **Abriss von Bestandsgebäuden**

Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung des kommunalen Wärmeplans lagen keine konkreten Informationen zu konkreten geplanten Gebäudeabrissen vor, welche relevante Einsparungen in der Wärmeversorgung verursachen.

#### **Veränderung des Wärmebedarfs durch den Klimawandel / der Klimakrise**

Aus den vorliegenden Quellen wird eine Senkung des Raumwärmebedarfs durch Effekte des Klimawandels um ca. **5 % bis 2040** abgeleitet (vgl. Kapitel 2.6.2).

### Veränderungen des Prozesswärmbedarfs

Durch die Angaben relevanter Akteure, aus der GHDI-Fragebogenabfrage, konnten keine geplanten Bedarfseinsparungen ermittelt werden. Darüber hinaus können Effizienzsteigerungen für industrielle oder gewerbliche Anwendungen nicht ausreichend eingeschätzt werden, da diese Bedarfe erheblichen Schwankungen nach Konjunktur und wirtschaftlichen Prioritäten der jeweiligen Branchen und Betrieben vor Ort unterliegen. Anzunehmen (jedoch nicht berücksichtigt) ist auch hier ein allgemeiner Einsparungsdruck aus wirtschaftlichen Gründen.

### Zusammenfassende Darstellung der Wärmebedarfsentwicklung

Unter Berücksichtigung der oben aufgezeigten Einsparungen und zusätzlichen Bedarfen sinkt der **Erzeugernutzwärmbedarf bis zum Jahr 2040 um 14,2 GWh/a**. Die größten Einsparungen werden durch die prognostizierten Einsparungen der energetischen Gebäudesanierung verursacht.

## 6.2 Allgemeine Voraussetzungen und Annahmen zur Bildung des Zielszenarios

Der nachfolgend beschriebenen Szenarienbildung liegen folgende grundsätzliche Annahmen und Voraussetzungen zum Zeitpunkt der Planerstellung für das Zieljahr 2040 zu Grunde:

- Technische und wirtschaftliche Verfügbarkeit überregionaler Ressourcen wie z. B. erneuerbar erzeugter Strom für die Wärmeerzeugung ist verfügbar. Lokale Ressourcen sind vorrangig einzusetzen.
- Für private Einzelheizungen wird Wasserstoff bis 2040 nicht in den notwendigen Mengen technisch und wirtschaftlich zur Verfügung stehen. Über vorübergehende geringfügige Beimischungen im Erdgasnetz hinaus wird die Nutzung von Wasserstoff auf die Sektoren Verkehr und Industrie (für Hochtemperaturprozesse bei Bedarf) beschränkt sein.
- Prozesswärme wird vorwiegend durch erneuerbaren Strom substituiert.
- Eine, angesichts der bestehenden Hemmnisse und des bundesweiten Schnitts, sehr ehrgeizige Annahme der Sanierungsrate im Bestand von 1,5 % pro Jahr wird berücksichtigt.
- In den voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten mit zentraler Wärmeversorgung werden aus der Bestandsanalyse und den Erfahrungen aus bereits bestehenden Netzen übliche erreichbare Deckungsraten für die Wärmeversorgung in den Jahren 2030, 2035 und 2040 abgeleitet. Diese bilden die Grundlage für den zu deckenden Wärmebedarf in den benannten Jahren.

- Es wird der weitere Ausbau der Solarenergienutzung für Wärme und Strom auf Dächern mit langfristiger Ausschöpfung des vorhandenen Potenzials angenommen.
- Effizientere Wärmepumpenlösungen (alle Wärmequellen außer Außenluft) erreichen je nach Eignung des Baublocks (hinsichtlich Einschränkungen der Nutzung von Erdwärmesonden) und vorhandener lokaler Potenziale Deckungsraten von bis zu 15 % pro Baublock.
- Es wird ein geringer Anstieg der Nutzung von Holz befeuerten dezentralen Heizanlagen in privaten Feuerstätten (Wohngebäude) angenommen.
- Es wird die Annahme getroffen, dass die Anteile an der Wärmeversorgung der Gebäude, die bereits erneuerbar sind, erneuerbar bleiben.
- Diejenigen Anteile an erneuerbaren Wärmeerzeugern pro Baublock, die im Ist-Zustand bereits den Zielanteil des Baublocks überschreiten, halten diesen erhöhten Anteil im Ziel-Zustand.

## 6.3 Entwicklung von Wärmeversorgungsgebieten

Während der Zielszenarienentwicklung wurden verschiedene voraussichtliche Wärmeversorgungsvarianten in Sitzungen des Lenkungskreises (Stadt Waldenbuch, Ingenieurbüro ebök, Klimaschutzmanager), hinsichtlich möglicher Folgen auf die künftige Wärmeversorgung auf Gebietsebene sowie technischer und wirtschaftlicher Herausforderungen, diskutiert. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Versorgung des Stadtkerns sowie die zentrale Versorgung der kommunalen Gebäude im Ortsteil Kalkofen gerichtet.

Zunächst wurde eine Vorauswahl für diejenigen Gebiete getroffen, welche sich aufgrund von den in Kapitel 2.6.3 genannten Kriterien voraussichtlich nicht für ein Wärmenetz eignen bzw. erneuerbare dezentrale Versorgungslösungen bereits umgesetzt oder geplant sind. Die genannten Gebiete wurden dezentralen versorgungsgebieten zugeordnet.

Darauffolgend wurden Gebiete diskutiert, welche aufgrund der Kriterien:

- Geeignete (hohe) Wärme- und Liniendichte,
- lokale Potenziale,
- vorhandene (kommunale) Ankernutzer,
- lokale Verfügbarkeit von regenerativen Quellen zur Versorgung eines möglichen Wärmenetzes,
- Nähe zu bestehenden Netzen,
- Flächenverfügbarkeit für aufzubauende Wärmezentralen

für eine voraussichtliche Versorgung durch ein Wärmenetz als geeignet erscheinen.

Im Rahmen mehrerer Sitzungen der Projektsteuerungsgruppe konnte die Einteilung des Plangebietes in folgende voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete bis 2040 entwickelt werden:

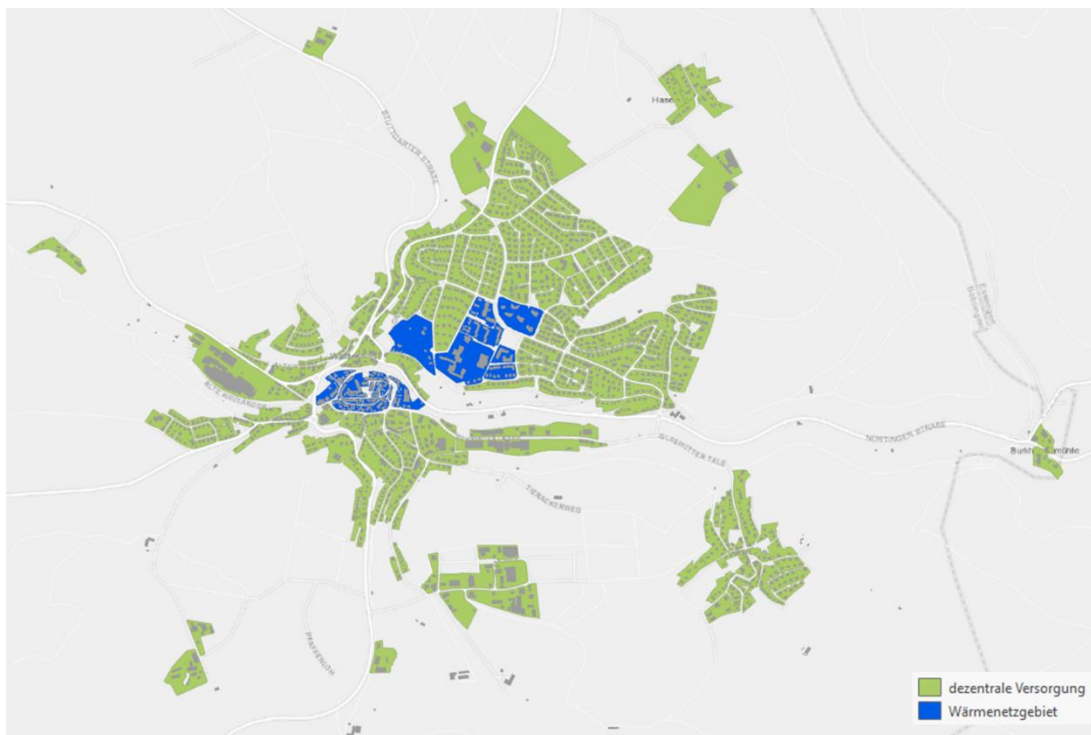


Abb. 34: voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr 2040

Das voraussichtliche Wärmenetzgebiet Altstadt wurde aufgrund der hohen Bebauungsdichte und der damit hohen Wärmedichten als Wärmenetzgebiet ausgewiesen. Die städtischen bzw. Landesgebäude könnten als Ankernutzer dienen. Durch Versorgung der Ankernutzer könnte bei Aufbau eines Wärmenetzes ein hoher Wärmeabsatz realisiert werden. Sukzessive können private Wohngebäude an das Wärmenetz angeschlossen und so eine Nachverdichtung umgesetzt werden. Eine Wärmezentrale könnte in der Bahnhofstraße umgesetzt werden. Die Erschließung von lokalen erneuerbaren Quellen muss geprüft werden. Hierfür wurde eine eigene Maßnahme formuliert. Es wurden bereits BEW Fördermittel für dieses Gebiet bewilligt. Die Maßnahmen zur weiteren Untersuchung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie sollen 2026 beginnen.

Das voraussichtliche Wärmenetzgebiet Kalkofen soll zur zentralen Versorgung der kommunalen Gebäude (Schulkomplex, Gartenhallenbad, Kleinkindhaus) und der nördlich gelegenen großen Mehrfamilienhäuser dienen. Durch Erweiterung sollen weiteren nördlich gelegenen bestehenden Wohngebäuden ein Anschluss an das Wärmenetz ermöglicht werden.



Bei der vorangegangenen Gebietsausweisung ist die aus Datenschutzgründen gewählte baublockweise Darstellung zu beachten. Die Zuordnung eines Baublocks zu einem voraussichtlichen Wärmenetzgebiet bedeutet nicht, dass der gesamte Baublock bspw. durch ein Wärmenetz erschlossen wird. Teils sind oder werden nur wenige Gebäude angeschlossen, aufgrund der gesetzlich geforderten Ausweisung von Baublöcken, muss der gesamte Baublock ausgewiesen werden. Es muss im Einzelfall geprüft werden, wie ein mögliches Wärmenetz umzusetzen ist (technisch & wirtschaftlich) und welche Gebäude eines Baublocks angeschlossen werden können. Ebenfalls aus Datenschutzgründen, sind teils Gebäude ohne Baublock dargestellt. Diese werden zur Kategorie dezentrale Versorgung zugeordnet.

Die einzelnen Kategorien künftiger Wärmeversorgungsgebiete sind in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

### **6.3.1 Voraussichtlich dezentral versorgte Gebiete**

Bei voraussichtlich dezentral versorgten Wärmeversorgungsgebieten erscheint zum Planungszeitpunkt eine hauptsächlich dezentrale Versorgung als sinnvoll. Den größten Anteil an der Wärmeherzeugung werden perspektivisch Luft-Wasser-Wärmepumpen einnehmen. Das Ziel sollte sein, einen möglichst hohen Anteil von Wärmepumpen mit anderen Quellen als Außenluft zu erreichen und den Ausbau von dezentraler Stromerzeugung respektive Dachflächen-Photovoltaikanlagen zu fördern, um die Belastung des Stromnetzes möglichst gering zu halten. Ein Aufbau von Gebäudenetzen zur gemeinsamen Wärmeversorgung ist auch in voraussichtlich dezentral versorgten Gebieten jederzeit möglich und muss im Einzelfall untersucht werden.

### **6.3.2 Voraussichtliche Wärmenetzgebiete**

Als voraussichtliche Wärmenetzgebiete sind Gebiete ausgewiesen, welche zentral in Verbindung mit einem Wärmenetz versorgt werden sollen. Für geplante Wärmenetzgebiete wird die Umsetzung geprüft, bspw. durch Durchführung von geförderten Machbarkeitsstudien. Bei positiver Bewertung ist die Umsetzung des Aufbaus eines Wärmenetzes und einer erneuerbaren Wärmeversorgung nachgelagert. Die Umsetzung der voraussichtlichen Wärmenetzgebiete wird hierbei durch die Wirtschaftlichkeit bedingt. Die tatsächliche Umsetzung ist somit eng an die voraussichtliche Anschlussquote und damit an die Nachfrage nach Wärmelieferung der Gebäudeeigentümer geknüpft. Ausgewiesene voraussichtliche Wärmenetzgebiete lassen nach bereits erläuterten Kriterien grundsätzlich einen technisch und wirtschaftlich sinnvollen Aufbau von Gebäude- oder Wärmenetzen zu.



Die nachfolgende Karte spezifiziert die Karte „Zielszenario“ hinsichtlich der Erschließungszeiträume möglicher Wärmenetze. Die Ausbauzeiträume müssen im Rahmen der Umsetzung ständig neu evaluiert und ggfs. angepasst werden.



Abb. 35: Umsetzung der voraussichtlichen Wärmenetzgebiete

## 6.4 Zielszenario bis 2040

Bis zum Jahr 2030 soll mit der Umsetzung der Wärmenetzgebiete begonnen werden. Nach Anschluss der identifizierten Ankernutzer sollen die Wärmenetze sukzessive erweitert werden. Bis zum Jahr 2040 soll anliegenden Wohngebäude der Anschluss an das Wärmenetz ermöglicht werden. Bei geplanter Verlegung von Wärmeleitungen sollen, falls nötig, anstehende Tiefbaumaßnahmen kosteneffizient mit durchgeführt werden.

Der Aufbau von lokalen Gebäude- und Inselnetzen wird durch die Ausweisung als dezentrales Gebiet nicht ausgeschlossen, sondern kann nach positiver technischer und wirtschaftlicher Prüfung, unter Einsatz erneuerbarer Wärmequellen, jederzeit durchgeführt werden.

Zu Festlegung des **Energieträgermixes** im Zielzustand wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Liegt ein Gebäude in einem Eignungsgebiet für Erdwärmesonden (EWS), werden erhöhte Anteile von Wärmepumpen mit effizienten Quellen (hauptsächlich EWS) angenommen. Darüber hinaus wird eine leichte Erhöhung des

Anteils an Feuerungsanlagen (Biomasse) und Luftwärmepumpen im Ziel-Energieträgermix angenommen.

- Liegt ein Gebiet im Ausschlussgebiet für EWS, wird nur ein kleiner Anteil an effizienten Wärmepumpen (Erdkollektoren, Eisspeicher, evtl. Abwasserwärme) angesetzt.
- Die fossilen Wärmeerzeugungen in bestehenden Wärmenetzen werden bis zu den gesetzlichen Fristen durch erneuerbare Wärmeerzeugung ersetzt. Entsprechende Transformationsplanungen wurden mit den Netzbetreibern abgestimmt und sind in die Bilanzierung der zentralen Erzeugung eingeflossen.
- Je später zentral versorgte Gebiete erschlossen werden, desto größer ist der Anteil an dezentralen Versorgungsalternativen (Holz/Wärmepumpen usw.)

In der nachfolgenden Tabelle ist der **Ziel-Mix der dezentralen Wärmeversorgungsgebiete** für Heizwärme inkl. Warmwasserbereitung aufgezeigt:

Versorgungsszenario	Beschreibung Versorgungsszenario	Holz/Pellets Ziel	WP-Luft Ziel	WP-eff Ziel	solare Deckung Ziel
dezentral	dezentrale Versorgung ohne EWS-Potential	15%	75%	5%	5%
dezentral eff	dezentrale Versorgung mit EWS-Potential	15%	65%	15%	5%

Tab. 6: Anschlussquoten 2040 dezentrale Wärmeversorgungsgebiete

In der nachfolgenden Grafik ist der mögliche **Energieträgermix der Wärmenetze** im Zieljahr 2040 dargestellt. Dieser berücksichtigt primär die Nutzung lokaler Potenziale:

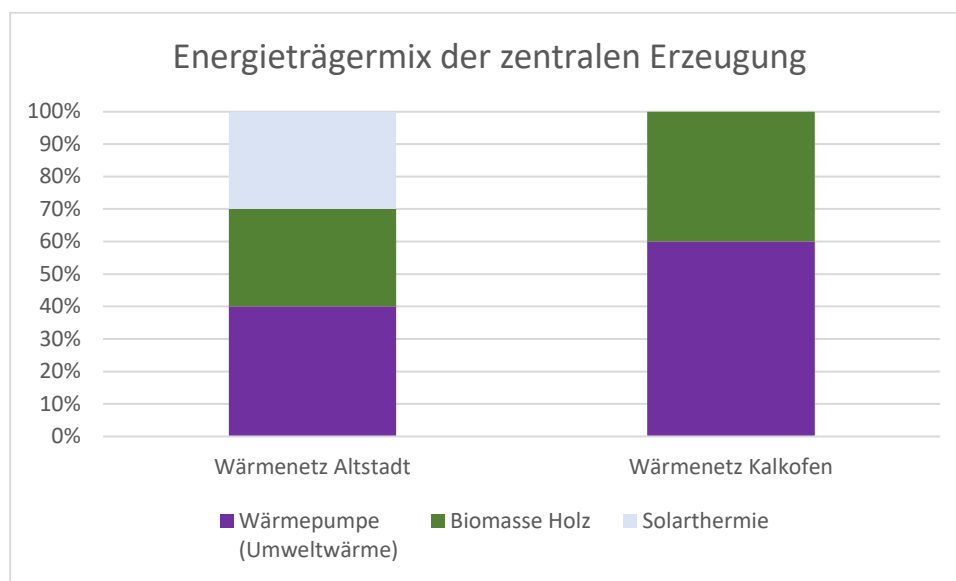


Abb. 36: Möglicher Energieträgermix 2040 im Nahwärmenetz

Wärmepumpen werden voraussichtlich zum größten Teil Außenluft als Wärmequellen nutzen. Bei dem Energieträger Biomasse handelt es sich um Holzhackschnitzel aus der regionalen Lieferung.

Für die künftige **Deckung von Prozesswärmebedarfen** wurde im Zielszenario ausschließlich erneuerbarer Strom angenommen. Der Einsatz anderer Energieträger, wie bspw. Biomethan und Wasserstoff, ist im Einzelfall zu prüfen.

#### 6.4.1 Entwicklung Endenergiebedarf bis 2040

Unter Annahme der aufgezeigten Einteilung des Planungsgebietes in künftige Wärmeversorgungsgebiete und der dafür angesetzten Ziel-Energieträgermixe konnte die in nachfolgender Abb. 37 aufgezeigte Endenergiebilanz im Zieljahr 2040 und Zwischenjahren gebildet werden.

Nachfolgend wird für die Bilanzierung der Endenergiebedarf herangezogen. Dieser berücksichtigt neben dem Energiebedarf der Nutzung auch die mit der Erzeugung verbundenen Verluste und weicht deshalb von der in Kap. 6.1 aufgezeigten Entwicklung des Energiebedarfs in **Erzeugernutzwärme** ab.

Durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen kann von einer hohen Endenergie-Einsparung bis zum Zieljahr ausgegangen werden. Bei Einsatz von Wärmepumpen wird nur der ans Gebäude gelieferte Strom bilanziert. Der eingesetzte Anteil an Umweltwärme (Außenluft, Erdwärme usw.) muss in der Endenergiebilanz nicht betrachtet werden. Zu Zwecken der Veranschaulichung wurde diese allerdings in der nachfolgenden Abb. 37 schraffiert dargestellt.

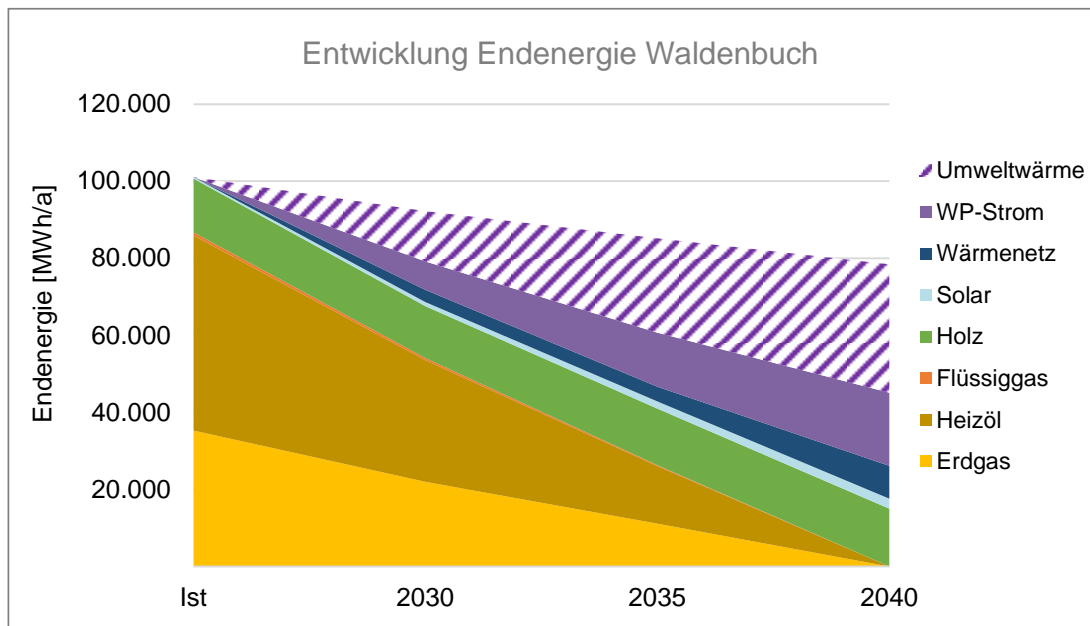


Abb. 37: Entwicklung Energieträgerverteilung für Endenergie an der Gebäudegrenze bis 2040

Die fossilen Energieträger werden bis zum Jahr 2040 schrittweise durch erneuerbare Energieträger und die Wärmelieferung aus Wärmenetzen substituiert. Strom für den Betrieb von Wärmepumpen nimmt ab 2040 den höchsten Anteil am Gesamtenergiemix ein. Der Energieträger Holz unterliegt nur einer moderaten Steigerung bis zum Zieljahr.

Der Ziel-Endenergiemix 2040 stellt sich wie folgt dar:

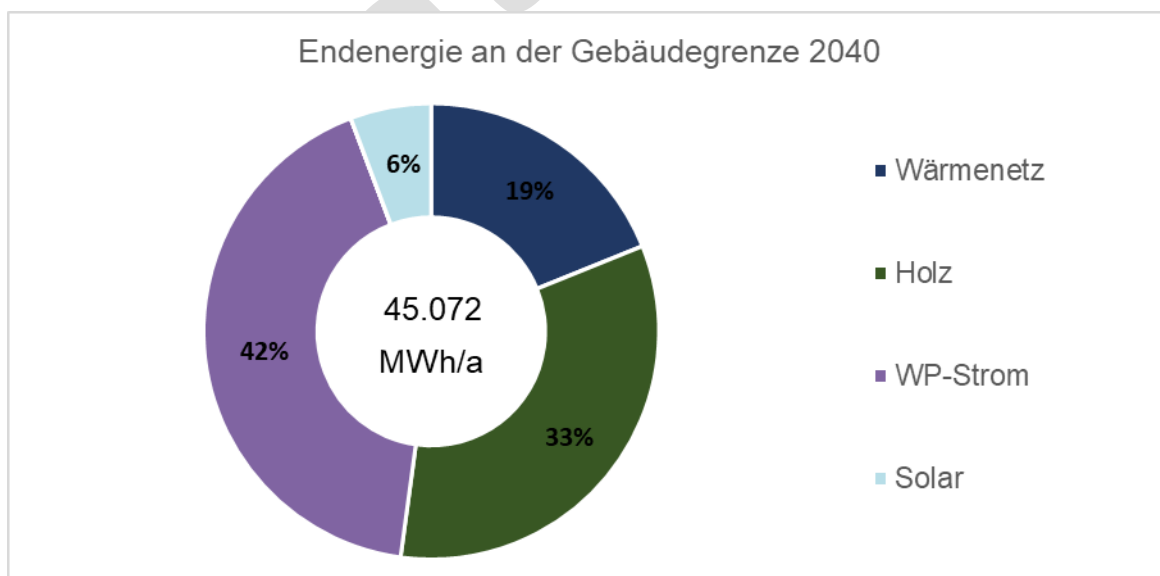


Abb. 38: Prognostizierter Endenergiemix 2040 an der Gebäudegrenze

Im Jahr 2040 beträgt der abgeschätzte Endenergiebedarf ca. 45 GWh/a. Der höchste Anteil wird mit 19 GWh/a durch Wärmepumpen gedeckt, Holz nimmt mit 15 GWh/a den zweithöchsten Anteil ein. Der Restliche Bedarf wird über Wärmenetze in Höhe von 8,5 GWh/a und solarer Wärmebereitung in Höhe von 2,6 GWh/a gedeckt.

Im nachfolgenden Kartenausschnitt ist der Energieträgermix (Endenergie) pro Baublock im Zielszenario dargestellt. Wie abgebildet ist die künftige Wärmeerzeugung von Wärmepumpen geprägt. Lediglich in Baublöcken, in welchen ein Wärmenetz vorgesehen ist, wird der überwiegende Wärmebedarf durch Wärmelieferung gedeckt werden.

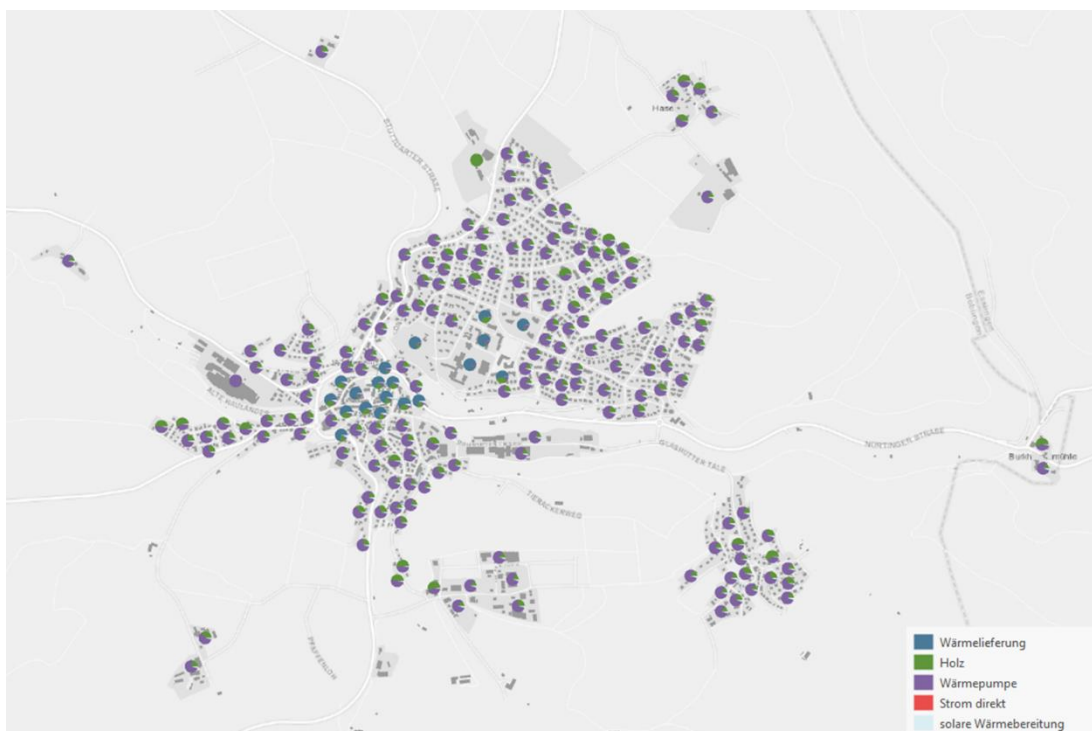


Abb. 39: Blockweiser Endenergiemix im Zieljahr 2040 für Heizwärme und Trinkwarmwasser

In der nachfolgenden Tab. 7 ist die Entwicklung des Endenergiebedarf nach Sektoren dargestellt.

Tab. 7: Entwicklung Endenergiebedarf an der Gebäudegrenze in MWh/a differenziert nach Sektoren in MWh/a

Sektor	IST	2030	2035	2040
<b>Wohnen</b>	63.015	49.622	38.468	28.882
<b>GHD</b>	14.334	11.593	9.304	7.334
<b>Industrie</b>	18.169	13.153	9.404	5.176
<b>Kommunal</b>	5.560	4.834	3.542	3.680
<b>gesamt</b>	101.079	79.202	60.718	45.072

Die in Tab. 7 dargestellte Einteilung nach Sektoren zeigt den anteilig höchsten Rückgang des Endenergiebedarfs im Sektor GHD. Die Endenergie-Bedarfsreduktion ist hierbei vornehmlich auf den Einsatz von Wärmepumpen und Strom-Direkt-Anwendungen für Prozesswärme rückzuführen, bei welcher nur der eingesetzte Strom, nicht aber die Umweltwärme, bilanziert wird.

In der nachfolgenden Abb. 40 ist die Entwicklung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung (Erdgas und Wärmelieferung) nach Endenergie aufgezeigt. Der Anteil an leitungsgebundener Wärmeversorgung sinkt durch die Erdgasreduktion und wird bis zum Zieljahr durch Wärmelieferung vollständig substituiert.

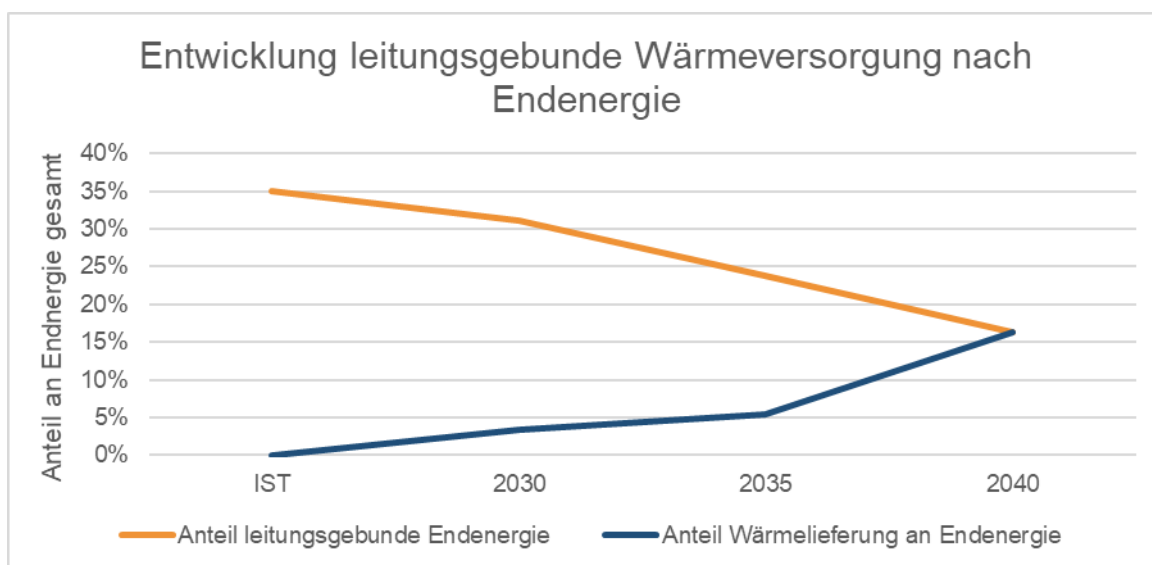


Abb. 40: Entwicklung leitungsgebundene Wärmeversorgung inkl. Nahwärme nach Endenergie

Wie in Abb. 40 abgebildet, sinkt der Anteil der leitungsgebundenen Energieträgerlieferung (vornehmlich Erdgas) kontinuierlich bis 2040 von 35 % auf 16 % ab. Der verbleibende Anteil wird durch die Wärmelieferung substituiert.

Tab. 8: Entwicklung Energieträger an leitungsgebundener Versorgung nach Endenergie

Jahr	leitungs- gebundene Endenergie [MWh/a]	Bedarf Erdgas [MWh/a]	Anteil Erdgas an leitungs- gebundener Versorgung	Bedarf Nahwärme [MWh/a]	Anteil Nahwärme an leitungsgeb undener Versorgung
IST	35.337	35.337	100%	0	0%
2030	24.684	21.980	89%	2.704	11%
2035	14.425	11.093	77%	3.332	23%
2040	7.354	0	0%	7.354	100%

Der Anteil am Gebäudebestand nach Anzahl, der durch Wärme versorgt wird, beträgt im Zieljahr 150 angeschlossene Gebäude.

Entwurf

Tab. 9: Anzahl und Anteil der Gebäude mit Anschluss an ein Fernwärmenetz nach Jahren

Jahr	Anzahl Gebäude mit Wärmeversorgung	Anteil Gebäude mit Wärmeversorgung nach Anzahl
IST	0	0 %
2030	44	2 %
2035	83	3 %
2040	151	6 %

Der Anteil der an das Erdgasnetz angeschlossener Gebäude beträgt im Ist-Zustand 24 %. Im aufgezeigten Szenario sind bis zum Zieljahr 2040 keine Gebäude mehr an das Erdgasnetz angeschlossen.

Tab. 10: Anzahl und Anteil der Gebäude mit Anschluss an das Erdgasnetz

	Anzahl Gebäude mit Anschluss an das Erdgasnetz	Anteil Gebäude am Erdgasnetz am Gebäudebestand nach Anzahl
Ist	599	24 %
2030	474	19 %
2035	229	9 %
2040	0	0 %

Die Anteile an Erneuerbaren Energien im Endenergiemix entwickeln sich bis zum Zieljahr 2040 wie folgt:

Tab. 11: Entwicklung erneuerbarer Energieträger nach Endenergie

Jahr	erneuerbare Energieträger nach Endenergie [MWh/a]	Anteil erneuerbare Energien am Endenergiemix
IST	14.318	14%
2030	25.087	32%
2035	34.401	57%
2040	45.072	100%



## 6.4.2 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Mit der aufgezeigten Endenergiebilanz und den energieträgerspezifischen THG-Emissionsfaktoren kann die Treibhausgasbilanz für 2040 wie folgt dargestellt werden:

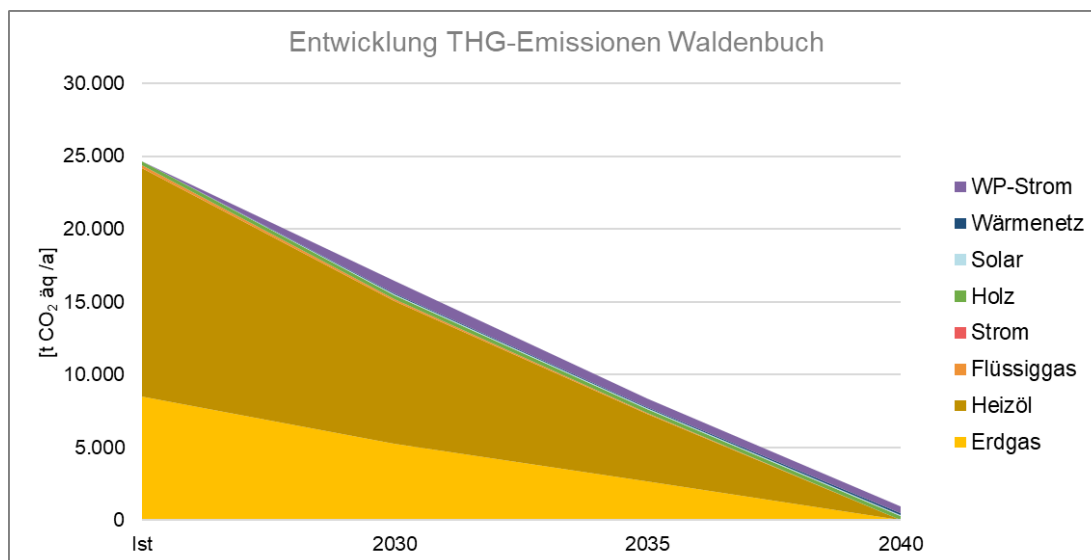


Abb. 41: Entwicklung der THG-Emissionen der Wärmeerzeugung bis 2040

In der nachfolgenden Tab. 12 sind die Entwicklung des Endenergiebedarfs sowie dadurch emittierte Treibhausgasemissionen aufgezeigt.

Tab. 12: Entwicklung des Endenergiebedarfs an der Gebäudegrenze und der THG-Emissionen

	Endenergie Bedarf gesamt [MWh/a]	THG- Emissionen gesamt [t CO <sub>2</sub> äq /a]
<b>IST</b>	101.079	24.645
<b>2030</b>	79.202	16.421
<b>2035</b>	60.718	8.399
<b>2040</b>	45.072	958

Durch das aufgezeigte Zielszenario kann eine Reduktion der THG-Emissionen in Höhe von ca. 23.687 t/a erwartet werden. Dies entspricht im Jahr 2040 THG-Emissionen in Höhe von 0,08 t pro Einwohner und Jahr für die Wärmebereitung.

Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen hin zur Klimaneutralität wird durch zwei wesentliche Bausteine erreicht:

1. Einsparung von Energie und effiziente Nutzung für den verbleibenden Bedarf
2. Umstellung auf 100% erneuerbare Energiequellen

Die Ausschöpfung und Verteilung lokaler Potenziale erneuerbarer Energien erfordert den Aufbau eines Wärmenetzes bzw. die Nachverdichtung bestehender Wärmenetze. Auch nach der Umstellung der Wärmeerzeugung und -nutzung mit den im Kommunalen Wärmeplan beschriebenen Maßnahmen zur Herbeiführung einer ausschließlich erneuerbaren Wärmeversorgung verbleiben THG-Emissionen. Die verbleibenden THG-Emissionen sind auf die prognostizierten THG-Faktoren (Anhang 11.2) rückzuführen, welche auch im Zieljahr 2040 insbesondere bei den Energieträgern Strom und Holz einen positiven Wert vorweisen.

### **Bilanzierung der Klimaneutralität**

Gesetzlich gefordert ist die Bilanzierung der Klimaneutralität im Sinne einer „Netto-Null“ für THG-Emissionen aus der Wärmenutzung. Da auch mit erneuerbaren Energien auf Grund der verbleibenden Emissionen aus Herstellung, Transport und Betrieb von Ausgangsstoffen oder den erforderlichen Anlagen keine THG-freie Wärmenutzung möglich ist, wird in einschlägigen Leitfäden und Technikkatalogen zur Kommunalen Wärmeplanung auf Möglichkeiten zur bilanziellen **Kompensation** hingewiesen.

Die bilanziellen Möglichkeiten zur Erreichung der Netto-Null-Emissionen sind jedoch noch nicht vollständig, einheitlich und verbindlich beschrieben. Es gibt jedoch Leitfäden und Empfehlungen, die von verschiedenen Institutionen, einschließlich des Kompetenzzentrums Wärmewende, veröffentlicht wurden. Diese Dokumente bieten Orientierungshilfen, doch viele Details sind noch in der Entwicklung oder befinden sich in der Diskussion:

So gibt es Bestrebungen auf nationaler und europäischer Ebene, die Rahmenbedingungen für die Berücksichtigung bilanzieller Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele zu harmonisieren und verbindlich zu machen. Dies betrifft vor allem die Einführung einheitlicher Standards für CO<sub>2</sub>-Kompensation, den Einsatz von Herkunftsnachweisen und die Anerkennung von Negativemissionen.

Bilanzielle Maßnahmen zur Erreichung der Netto-Null-Emissionen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung konzentrieren sich darauf, die verbleibenden Treibhausgasemissionen, die nicht technisch auf null gebracht werden können, auszugleichen und eine konsistente Berichterstattung sicherzustellen. Abgesehen von den fehlenden regulatorischen Vorgaben zur Bilanzierung, dem realen Klimaschutzeffekt und der tatsächlichen Realisierbarkeit werden für Verursacher von THG-Emissionen prinzipiell folgende bereits bekannte aber nur unterschiedlich zielführende Möglichkeiten zur Kompensation diskutiert:

- Kompensation durch Sektorkopplung (z. B. Wärmeerzeugung in großen KWK-Anlagen), insbesondere aus regenerativen Quellen
- Kauf von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten aus außerhalb des Stadtgebiets vermiedenen Emissionen

- Investitionen in externe Klimaschutzprojekte, wie Aufforstung oder erneuerbare Energieprojekte
- Verträge zum Kauf von erneuerbarem Strom aus externen Quellen abschließen
- Investition in Technologien, die CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernen und dauerhaft speichern. (z. B. Carbon Capture and Storage, CCS)
- Maßnahmen wie die Aufforstung oder der Einsatz von Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung (BECCS).
- Klimaschutzfonds können genutzt werden, um gezielt in lokale Projekte zu investieren, die zu einer anrechenbaren Reduktion von THG-Emissionen beitragen.

### **6.4.3 Darstellung Wahrscheinlichkeiten der Wärmeversorgungsarten**

In den nachfolgenden Kartenausschnitten werden Wahrscheinlichkeiten von voraussichtlichen Wärmeversorgungsvarianten (Wärmenetze, Wasserstoffnetze sowie dezentrale Systeme) dargestellt. Die jeweilige Wahrscheinlichkeit wurde anhand der in Kapitel 2.6.5 beschriebenen Kriterien und des Zielszenarios bewertet. Karten, welche das vollständige Plangebiet darstellen, befinden sich im Anhang 11.3.

Die Wahrscheinlichkeiten können sich mit ändernden Rahmenbedingungen (z. B. politische oder wirtschaftliche Rahmenbedingungen) ändern und sollten daher im Rahmen der Fortschreibung laufend aktualisiert werden. Aus der Festlegung der Wahrscheinlichkeiten entsteht kein Anspruch auf Versorgung durch eine Wärmeversorgungsart.

#### **Dezentrale Wärmeversorgung**

Im Plangebiet sind dezentrale Versorgungsvarianten in unterschiedlichem Maße für die effiziente Gebäudebeheizung geeignet. Für einige Baublöcke ist die Versorgung per Wärmenetze angedacht. Aufgrund dessen werden diese wahrscheinlich künftig nicht durch eine dezentrale Wärmebereitung beheizt und wurden als sehr wahrscheinlich ungeeignet für eine dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Baublöcke, in welchen große Mehrfamilienhäuser liegen, welche nur schwer dezentral, erneuerbar versorgt werden können, wurden als wahrscheinlich ungeeignet ausgewiesen. In einigen Baublöcken stehen viele Gebäude unter Denkmalschutz. Eine Ertüchtigung der Gebäude zum effizienten Einsatz von Wärmepumpen ist zwar nicht auszuschließen, aber oft nur unter hohem technischem und wirtschaftlichem Aufwand möglich. Dezentrale Feuerungsanlagen, welche mit den Energieträgern Holz beschickt werden, könnten eingesetzt werden und nötige Vorlauftemperaturen bereitstellen. Anders als bei Heizöl versorgten Gebäuden ist bei

den derzeit mit Erdgas beheizten Gebäuden von eingeschränkten Lagerkapazitäten für Biomassebrennstoffe auszugehen. Darüber hinaus sollte aufgrund der Anforderungen zur Luftreinhaltung der flächendeckende Einsatz von holzbefeuerten Anlagen vermieden werden. Folglich wurden die Baublöcke in den alten Dorfkernen, als wahrscheinlich geeignet für eine dezentrale Versorgung ausgewiesen. Gebäude in weiteren Baublöcken lassen sich in großen Teilen mit dezentralen Wärmeversorgungsvarianten sehr gut versorgen. Genannte Baublöcke wurden bis zum Zieljahr 2040 als sehr wahrscheinlich geeignet für eine dezentrale Versorgung ausgewiesen. Hier finden sich Gebäude in einer meist lockeren Bebauung mit guten vorhandenen Möglichkeiten zur eigenen erneuerbaren Energieversorgung. Ausnahmen bilden dabei Gebiete, die bereits mit Wärmenetzen versorgt sind oder zukünftig wahrscheinlich mit Wärmenetzen versorgt werden.



Abb. 42: Darstellung der Wahrscheinlichkeit der dezentralen Wärmebereitung für das Zieljahr 2040

## Wärmenetzversorgung

Wie in der nachfolgenden Abb. 43 zu sehen wurde der Altstadtkern und Baublöcke mit den kommunalen Gebäuden in Kalkofen für Wärmenetze als sehr wahrscheinlich oder wahrscheinlich geeignet gekennzeichnet. Grund hierfür sind die Planungen zum Aufbau von Wärmenetzen zur Versorgung der städtischen Gebäude und Landesgebäude. Baublöcke, welche aufgrund ihrer Wärme-/Liniendichte, absoluten Bedarfen usw. zwar auf einen möglichen Wärmenetzaufbau schließen lassen aber keine konkreten Planungen vorliegen wurden als wahrscheinlich geeignet ausgewiesen. Weitere Baublöcke sind aufgrund der weniger dichten Bebauung und entsprechend geringem Wärmeabsatz als sehr wahrscheinlich ungeeignet gekennzeichnet. Gebiete mit hohem Wärmeabsatz aber großen Herausforderungen im Wärmenetzaufbau oder der Versorgung (bspw. keinen lokalen Wärmequellen) wurden als wahrscheinlich ungeeignet gekennzeichnet.

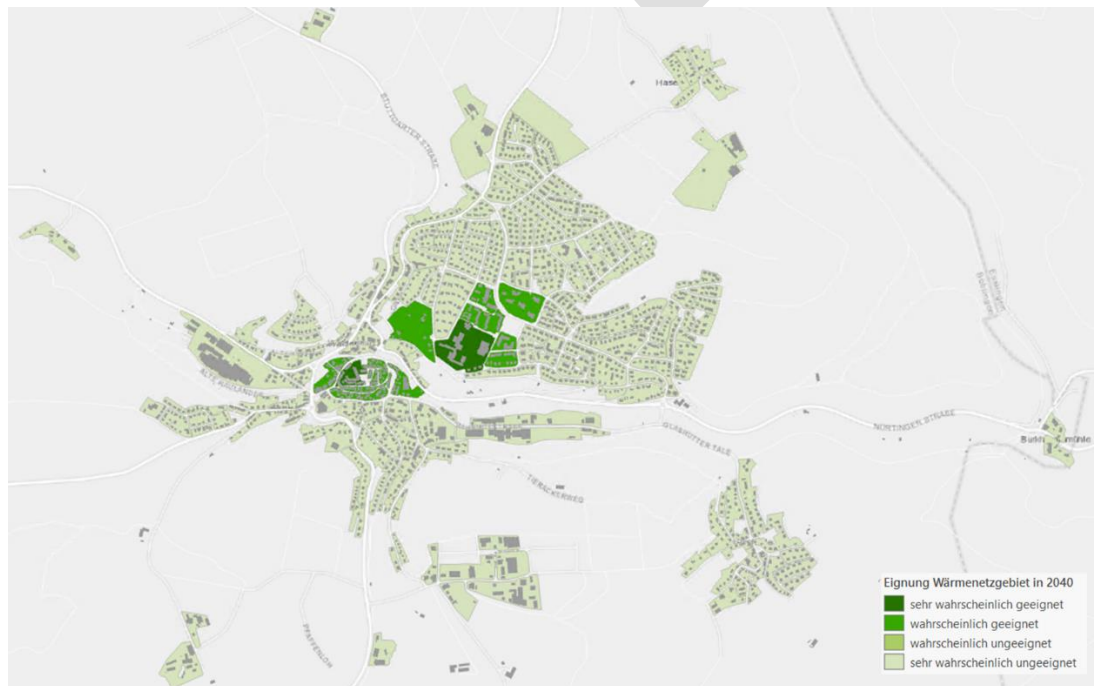


Abb. 43: Darstellung der Wahrscheinlichkeit für Wärmenetze für das Zieljahr 2040

## Wasserstoffnetzversorgung

Wie beschrieben, ist absehbar nicht von einer überregionalen Lieferung von Wasserstoff auszugehen. Seitens des derzeitigen Gasverteilnetzbetreibers ist eine flächendeckende Wasserstoffversorgung zwar möglich, jedoch nicht konkret geplant. Der Einsatz von Wasserstoff wird, falls verfügbar, wahrscheinlich lediglich auf Hochtemperaturanwendungen zur Prozesswärmebereitung beschränkt sein. Entsprechend wurden lediglich Baublöcke, in welchen Prozesswärme erzeugt wird, als wahrscheinlich geeignet kategorisiert. Baublöcke mit vornehmlich Wohnbebauung wurden als sehr wahrscheinlich ungeeignet ausgewiesen.

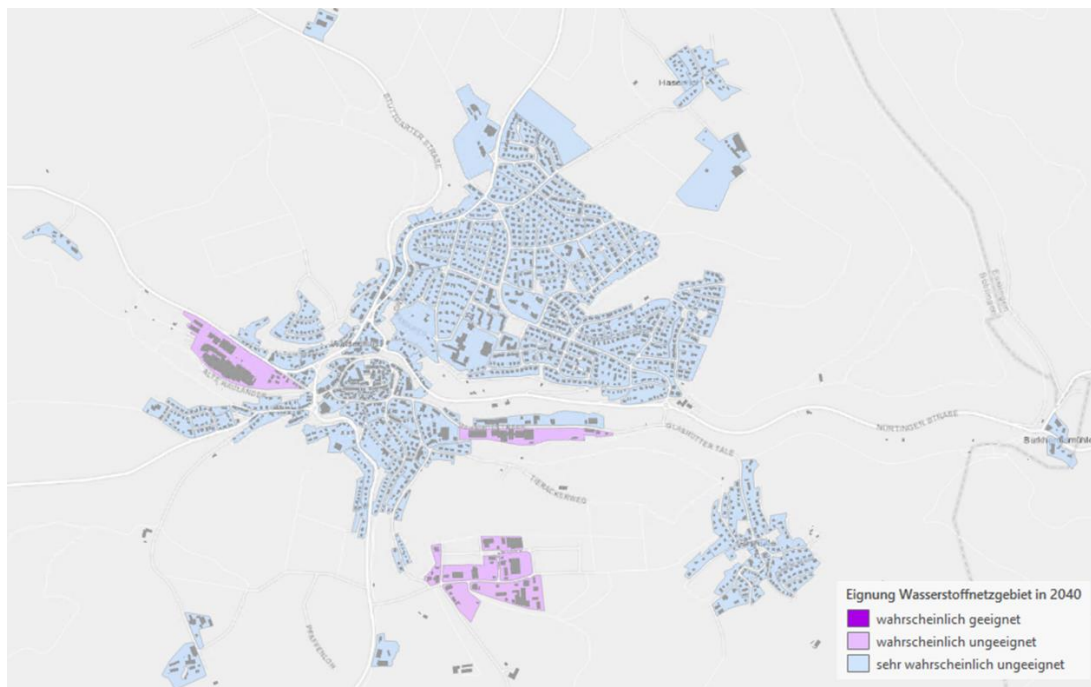


Abb. 44: Darstellung der Wahrscheinlichkeit von Wasserstoffgebieten für das Zieljahr 2040



## 6.5 Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Neben der Abstimmung von künftigen Wärmeversorgungsgebieten wurden Teilgebiete mit Bestandsgebäuden identifiziert, welche ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial aufweisen und in denen Maßnahmen zur Energieeinsparung besonders geeignet sind, um eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung herbeizuführen. Die folgenden Kriterien wurden für die Ausweisung der Gebiete herangezogen:

- Gebiete, die zukünftig absehbar hauptsächlich dezentral und mit hohem Anteil an Wärmepumpen versorgt werden und hinsichtlich der energetischen Gebäudeeffizienz zum effizienten Einsatz von Wärmepumpen ertüchtigt werden sollten.
- Gebiete mit vermehrten Vorkommen an Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen. (Gebäude mit Denkmalschutz können oft nur unter hohem technischem und finanziellem Aufwand energetisch ertüchtigt werden, wenn keine Wärmequelle mit hohen Vorlauftemperaturen potenziell nutzbar ist).

In der nachfolgenden Abb. 45 ist ein Ausschnitt der Karte Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial in dezentral zu versorgenden Gebieten aufgezeigt. Die gesamte Karte befindet sich im Anhang.



Abb. 45: Dezentral versorgte Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial



## 7 Maßnahmenkatalog und Umsetzungsstrategie

Die Konzeption einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Kontext der übergeordneten politischen Vorgabe zur Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2040 beruht auf drei strategischen Zielen:

1. Ehrgeizige Einsparungen des Wärmebedarfs und Steigerung der Effizienz in der Wärmenutzung
2. Umstellung der Wärmeerzeugungsanlagen sowie der bestehenden Netze auf erneuerbare Energiequellen
3. Aufbau, Verdichtung und Erweiterung von Wärmenetzen

Dazu wurden prioritär umzusetzende Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios im Jahr 2040 im Lenkungskreis (Stadt, Klimaschutzmanager, ebök GmbH) abgestimmt. Die Maßnahmen sind teils unmittelbar / kurzfristig zu beginnen, teils wurde mit der Umsetzung während der Ausarbeitung des Wärmeplans bereits begonnen.

Nach dem KlimaG BW sollen für die Kommune durch den Wärmeplan mindestens fünf kurzfristig zu beginnende Maßnahmen mit höherer Priorität benannt werden. Prioritäre Maßnahmen sind die Maßnahmen:

- WN 1, WN 2, WN 3
- B1, B4
- ÖA 2

Die Maßnahmen sind teils unmittelbar / kurzfristig zu beginnen, teils wurde mit der Umsetzung während der Ausarbeitung des Wärmeplans bereits begonnen.

## 7.1 Maßnahmen zur Umsetzung des Zielszenarios

### 7.1.1 Aufbau von Wärmenetzen - WN

Voruntersuchung Wärmenetz Kalkofen	
WN 1	
Umsetzende Stelle	Stadt / Klimaschutzmanagement
Beginn der Maßnahme	2026
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten, Kosten Projektskizze für BEW-Studie

Beschreibung:
<p>Im Rahmen einer Voruntersuchung soll die Umsetzbarkeit des Wärmenetzes Kalkofen geprüft werden. Im Wärmenetzgebiet sind energieintensive kommunale Gebäude sowie Mehrfamilienhäuser gelegen, welche durch ein Wärmenetz mit Wärme versorgt werden könnten. Ein Schwerpunkt soll hierbei auf die Versorgung des Gartenhallenbades und den Oskar-Schwenk-Schulkomplex gelegt werden.</p> <p>Im Rahmen der Voruntersuchung soll das Gebiet detaillierter hinsichtlich der zentralen Versorgung und möglicher Wärmeabnehmer betrachtet werden.</p> <p>Aus der Voruntersuchung soll eine Projektskizze zur Beantragung einer geförderten BEW-Machbarkeitsstudie hervorgehen.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Beschreibung Lage und Standort des geplanten Wärmenetzsystems</li> <li>2) Klärung möglicher Betreiber</li> <li>3) Kontaktaufnahme / Intensivierung der Abstimmungen mit WEG's, welche an das Wärmenetz angeschlossen werden könnten.</li> <li>4) Erzeugungskonzept / Klärung möglicher Standorte für eine Wärmezentrale</li> <li>5) Zeitplan des Wärmenetzaufbaus</li> </ol>
Durchführung
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Prüfung und Erarbeitung der Projektskizze zur Beantragung einer BEW-Machbarkeitsstudie (Vorstudie mit Projektskizze und Rahmenbedingungen für eine mögliche Machbarkeitsstudie)</li> <li>2) Abfrage potenzieller Anschlussnehmer / Kontaktaufnahme mit Gebäudeverwaltungen der GMFH/MFH</li> <li>3) Frühzeitige Kontaktaufnahme zu möglichen Wärmenetzbetreibern</li> </ol>

BEW-Machbarkeitsstudie Wärmenetz Altstadt	
WN 2	
Umsetzende Stelle	Stadt
Beginn der Maßnahme	ab sofort
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten, Kosten BEW-Studie

Beschreibung:
<p>Das Altstadtgebiet wurde als mögliches Wärmenetzgebiet identifiziert und soll im Rahmen einer nachgelagerten Machbarkeitsstudie hinsichtlich der Umsetzbarkeit untersucht werden. Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Erarbeitung wesentlicher Entscheidungsgrundlagen, über die Ausgestaltung und Umsetzung des Wärmenetzgebietes. Folgende Grundlagen sind insbesondere zu ermitteln:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgestaltung einer möglichen Wärmelieferung unter Berücksichtigung der ansässigen Gewerbeunternehmen</li> <li>• Klärung der Betreiberfrage</li> <li>• Berücksichtigung verschiedener Varianten zur Wärmebereitung</li> <li>• vertiefte Analyse von Energiebedarfen und Energienutzungen im Versorgungsgebiet, insbesondere für potenzielle Ankerkunden</li> <li>• Standort einer möglichen Wärmezentrale</li> <li>• Zeit- und Kostenrahmen zur Umsetzung von Wärmenetz und Zentrale</li> <li>• Kostenschätzung mit einem zu erwartenden Wärmegestehungspreis des Betreibers und Investitionskosten für Netz und Zentrale</li> <li>• Technische und wirtschaftliche Bedingungen für potenzielle Anschlussnehmer</li> </ul>
Zielsetzung der Maßnahme:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Feststellung von technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung des Wärmenetzes</li> <li>2) Angebot zur Wärmelieferung aufbauen, um Erfüllungsoption für Gebäudeeigentümer anbieten zu können</li> <li>3) Nutzung lokaler Potenziale zur zentralen Wärmebereitung</li> </ol>
Durchführung
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Durchführung der BEW-Machbarkeitsstudie</li> <li>2) Abfrage potenzieller Anschlussnehmer</li> <li>3) Kontaktaufnahme zu möglichem Betreiber</li> <li>4) Klärung der Rahmenbedingungen eines möglichen Wärmecontractings</li> </ol>

Flächensicherung Wärmezentralen	
WN 3	
Umsetzende Stelle	Stadt,
Beginn der Maßnahme	ab sofort
Zeitraum der Umsetzung	bis 2028
Kostenstruktur	Personalkosten

Beschreibung:
<p>Entscheidend für die Realisierung von Wärmenetzen mit der vorrangigen Nutzung lokaler erneuerbarer Energiequellen ist die Verfügbarkeit entsprechender Potenzialflächen und Standorte für die zentrale Wärmeerzeugung. Flächen mit Eignung für Formen der oberflächennahen Geothermie, Freiflächenanlagen mit Solarthermie sowie mögliche Flächen als Standort einer Wärmezentrale sind wichtige Ausgangsbedingungen für die Konzeption und Umsetzung von Wärmenetzen in den aufgezeigten voraussichtlichen Wärmenetzgebieten.</p> <p>Hierzu sollte die Stadtverwaltung aussichtsreiche Flächen und Standorte im räumlichen Zusammenhang mit den Wärmenetzgebieten identifizieren und in geeigneter Form für diese vorhalten.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<p>1) Gesicherte Rahmenbedingungen für die Konzeption und Prüfung der Umsetzbarkeit von Wärmenetzen mit vorrangiger Nutzung von lokalen erneuerbaren Energien Klärung von</p> <p>2) Eigentumsverhältnissen als Randbedingung für die Standortbestimmung von Zentralen in Wärmenetzen</p>
Durchführung
<p>1) Identifizierung von Potenzialflächen zur Wärmeerzeugung aus lokalen erneuerbaren Quellen im räumlichen Zusammenhang zu den möglichen Wärmenetzgebieten</p> <p>2) Vormerkung dieser Flächen als Fachplan / Anhang zum Flächennutzungsplan (FNP) oder Änderung des FNP</p>

Betreiber Wärmenetze	
WN 4	
Umsetzende Stelle	Stadt
Beginn der Maßnahme	laufend
Zeitraum der Umsetzung	keine zeitliche Begrenzung
Kostenstruktur	Baukosten

Beschreibung:
<p>Wärmenetze können von lokalen Bürgerenergiegenossenschaften, kommunalen Eigenbetrieben oder externen Contractoren betrieben werden. Hierbei bestehen bedeutende Unterschiede mit jeweils verschiedenen Chancen und Herausforderungen. Nachgelagert zur Wärmeplanung soll die Kommune die eigene Rolle im Aufbau bzw. Betrieb des Wärmenetzes und das mögliche Betreibermodell festlegen.</p> <p>Wenn ein externer Betreiber das Wärmenetz aufbauen und betreiben soll, kann dieser frühzeitig in den Prozess (ab Machbarkeitsstudie) mit einbezogen werden.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
Zukunftsfähiges Betreibermodell für den Betrieb der Wärmenetze
Durchführung
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Betreibermodell klären</li> <li>2) Recherche zu regional aktiven Dienstleistern wie Bürgerenergiegenossenschaften, kommunalen Stadtwerken oder Contractoren für die Entwicklung von Wärmenetzen.</li> <li>3) Abstimmung mit potenziellen Wärmenetzbetreibern</li> <li>4) Frühzeitige Einbindung von potenziellen Wärmenetzbetreibern</li> </ol>

## 7.1.2 Bedarfssenkung / erneuerbare Wärmeversorgung im Bestand - B

Beratungsangebote zur Gebäudeeffizienz	
B 1	
Umsetzende Stelle	Stadtverwaltung
Beginn der Maßnahme	sofort
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten, Kosten energetische Sanierung kommunaler Gebäude

Beschreibung:
Im Rahmen der Wärmeversorgungstransformation wird die energetische Ertüchtigung der Gebäude eine zentrale Rolle spielen. Hierdurch wird der Wärmebedarf gesenkt und die Gebäude auf die Anforderungen künftiger Versorgungstechniken (hinsichtlich Vorlauftemperatur) vorbereitet. Das kommunale Klimaschutzmanagement soll den Gebäudeeigentümern beratend zur Verfügung stehen.
Zielsetzung der Maßnahme:
Beratung bzw. Vermittlung von Beratungsangeboten für Gebäudebesitzer hinsichtlich energetischer Gebäudeertüchtigung. Sanierungsfahrplan für kommunale Gebäude.
Durchführung
1) Klimaschutzmanagement als zentraler Ansprechpartner 2) Inanspruchnahme geeigneter Angebote der Energieagentur Böblingen, Verbraucherzentrale und anderer Stellen zu Informationsveranstaltungen oder Beratungsangeboten vor Ort für die Bürgerschaft

Energetische Konzepte für dezentral versorgte kommunale Gebäude	
B 2	
Umsetzende Stelle	Stadtverwaltung
Beginn der Maßnahme	sofort
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten, Kosten energetische Sanierung kommunaler Gebäude

Beschreibung:
<p>Kommunale Gebäude, welche nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können, sollen mit energetischen Konzepten für eine erneuerbare Wärmeversorgung (energetische Sanierung) vorbereitet und eine erneuerbare Wärmeversorgung umgesetzt werden. Hierfür kann für kommunale Liegenschaften bspw. ein Fahrplan mit Maßnahmen und Zeithorizonten erstellt werden.</p> <p>Der kommunale Gebäudebestand soll hierbei einer Vorreiterrolle einnehmen und hinsichtlich Sanierungspotenzialen geprüft.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Allgemeine Bedarfsenkung im Bestand der kommunalen Gebäude</li> <li>2) Umstellung auf erneuerbare Energien oder Wärmenetze im Rahmen technischer und wirtschaftlicher Voraussetzungen</li> <li>3) Vorbildfunktion und öffentliche Wirkung der Kommune bzw. des kommunalen Gebäudebestands</li> </ol>
Durchführung
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) gebäudespezifischen Maßnahmen zur klimaneutralen Versorgung im Sinne der Wärmewende.</li> <li>2) Konzeption und Umsetzung von Energiesparmaßnahmen in kommunalen Gebäuden, bspw. durch geförderte Sanierungsfahrpläne als langfristiges Entwicklungskonzept</li> </ol>



Erneuerbare Versorgungskonzepte für Neubaugebiete	
B 3	
Umsetzende Stelle	Stadtverwaltung
Beginn der Maßnahme	Ab Start der Neubaumaßnahmen
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten, evtl. Kosten Energiekonzept

Beschreibung:
<p>Durch Erschließung von neuen Wohngebieten werden zusätzliche Wärmebedarfe verursacht. Um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen und Treibhausgase Emissionen zu vermeiden, bedarf es einer erneuerbaren Wärmeversorgung. Bedeutend ist hierbei die Einflussnahme der Kommune für den Rahmen der Konzeption, Planung und Umsetzung der Wärmeversorgung für Neubauten.</p> <p>Hierfür können für größere Neubaugebiete, ggf. auch pro Erschließungsabschnitt, Energiekonzepte erstellt werden, welche Vorschläge und Empfehlungen zur entsprechenden Umsetzung anhand lokaler Potenziale, anliegender Wärmenetze und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen liefern. Für die einzelnen Neubaugebiete ist im Einzelfall, z. B. je nach Größe des Gebiets und Umfang des Vorhabens, zu entscheiden, ob Energiekonzepte mit Vorgaben zur Erschließung und Umsetzung erarbeitet werden sollen.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<p>1) Effiziente Energienutzung und eine Versorgung mit möglichst 100% erneuerbaren Energien für Neubaugebiete</p> <p>2) Positive Rahmenbedingungen für Investoren und Gebäudenutzer für eine zukunftssichere Energieversorgung</p>
Durchführung
<p>1) ggf. Erstellung eines Energiekonzepts zur Unterstützung von Stadtplanern, Architekten und Investoren bei der Abwägung in Frage kommender Effizienzstandards und Versorgungslösungen anhand lokaler Potenziale und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen</p> <p>2) Bei Eignung für einen Wärmeverbund mit regenerativen Quellen: Gestaltung der Rahmenbedingungen zur Erreichung einer möglichst hohen Anschlussquote</p>

Generalsanierung des Hallenbades	
B 4	
Umsetzende Stelle	Stadtverwaltung
Beginn der Maßnahme	ab Januar 2026
Zeitraum der Umsetzung	2026
Kostenstruktur	Personalkosten, Kosten energetische Sanierung

Beschreibung:
<p>Das Gartenhallenbad in Waldenbuch wird aufwendig saniert. Neben der Erneuerung des Schwimmbeckens und der Schwimmbad-Technik, soll in diesem Zuge auch eine energetische Sanierung der Gebäudehülle durchgeführt werden. Hierbei wird der KFW-Energieeffizienzstandard 70 angestrebt. Darüber hinaus muss die künftige erneuerbare Wärmeversorgung geklärt werden. Angedacht ist die erneuerbare Wärmeversorgung im Wärmeverbund mit weiteren kommunalen Gebäuden (bspw. Oskar-Schwenk-Schule) aus dem voraussichtlichen Wärmenetz Kalkofen. Primär (75%) soll das Hallenbad mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Bestehende BHKWs sollen weiterbetrieben werden als abrufbare Kapazität für Spitzenlasten des Gartenhallenbads und dem möglichem Wärmenetz.</p> <p>Ein bestehender Öltankraum mit bislang 2x 100 m<sup>3</sup> wird frei und wird für eine zukünftige Wärmezentrale vorgesehen (siehe auch WN3).</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Verbesserung der energetischen Effizienz der Gebäudehülle mit KFW 70 Standard</li> <li>2) Erneuerbare Wärmeversorgung aus Wärmenetz</li> </ol>
Durchführung
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Durchführung geplanter energetischer Maßnahmen an Gebäudehülle</li> <li>2) haustechnisches Versorgungskonzept mit 75% LW-WP und 25% BHKW (Bestand)</li> <li>3) Anschluss an voraussichtliches Wärmenetz als Wärmekunde und Einspeiser</li> </ol>

### 7.1.3 Beteiligung wesentlicher Akteure - ÖA

Künftige netzgebundene Versorgung mit Netzbetreiber klären	
ÖA 1	
Umsetzende Stelle	Stadtverwaltung
Beginn der Maßnahme	sofort
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten,

Beschreibung:
<p><b>Gasnetz:</b> Der Einsatz netzgebundener Gase wird sich im Laufe des Planungszeitraums wahrscheinlich auf Prozesswärmeanwendungen und Spitzelasterzeugung beschränken. Der Netzbetreiber gibt an, Ankernutzer künftig mit erneuerbaren Gasen beliefern zu wollen. Im Rahmen der Maßnahme soll der angestoßene Kommunikationsweg aufrechterhalten und über die Verfügbarkeit von netzgebundenen erneuerbaren Gasen (Wasserstoff, Biomethan) fortlaufend informiert werden. Darüber hinaus soll die Entwicklung des bestehenden Erdgasnetzes abgestimmt werden.</p> <p><b>Stromnetz:</b> Die Wärmebereitstellung wird vor allem durch den Einsatz von Wärmepumpen zunehmend elektrifiziert. Darüber hinaus sind zusätzliche Belastungen des Stromnetzes durch Elektromobilität und dezentrale solare Stromerzeugung zu erwarten. Es muss sichergestellt werden, dass die Stromnetze diese zusätzlichen Strommengen aufnehmen und verteilen können. Dafür bedarf es den Austausch mit dem Stromnetzbetreiber sodass dieser über eine mögliche Ertüchtigung des Stromnetzes entscheiden kann.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<p>1) Fortwährender Austausch über die Verfügbarkeit netzgebundener erneuerbarer Gase und Entwicklung des Erdgasnetzes</p> <p>2) Sicherstellen, dass die Stromnetze für die zusätzlichen Strommengen der zunehmenden Elektrifizierung der Wärmebereitstellung ausreichend dimensioniert sind.</p>
Durchführung
<p>1) Kommunikationsweg zu Erdgasnetzbetreiber aufrechterhalten.</p> <p>2) Notwendigkeit von erneuerbaren Gasen mit möglichen Ankernutzern abstimmen</p> <p>3) Entwicklung des Erdgasnetzes abstimmen</p> <p>4) Prüfung von betroffenen Stromnetzen nach Bedarf und ggf. Erstellung von Transformationsplänen für diese.</p>

Strukturierte Einbindung / Verständigung mit der Wohnungswirtschaft	
ÖA 2	
Umsetzende Stelle	Stadtverwaltung
Beginn der Maßnahme	sofort
Zeitraum der Umsetzung	fortlaufend
Kostenstruktur	Personalkosten, Kosten energetische Sanierung kommunaler Gebäude

Beschreibung:
<p>Den Akteuren der Wohnungswirtschaft wird im Rahmen der Umsetzung des Wärmeplans eine zentrale Rolle beigemessen. So bietet die Erschließung von Gebieten mit Wärmenetzen eine wichtige Möglichkeit, klimafreundliche und zukunftssichere Wärmeversorgungslösungen im Gebäudebestand großer Mehrfamilienhäuser umzusetzen.</p> <p>Orientiert am Zielszenario des kommunalen Wärmeplans, soll die fortlaufende Kommunikation mit entsprechenden Verwaltungen etabliert werden. Hierbei soll es einen regelmäßigen Austausch über die Wärmenetzausbauplanungen und die Planung zur energetischen Gebäudesanierung und dem zum Heizungstausch der Gebäude geben bzw. welche Schritte zur Umsetzung notwendig sind.</p>
Zielsetzung der Maßnahme:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Einbindung der Wohnungswirtschaft im Rahmen der Weiterentwicklung der kommunalen Wärmeplanung</li> <li>2) Wärmelieferung aus dem Wärmenetz für Mehrfamilienhäuser</li> </ol>
Durchführung
<p>Etablierung eines Runden Tisches der Wohnungswirtschaft in Form von Online-Meetings</p>

## 7.2 Umsetzungsstrategie

Die Transformation der bestehenden, größtenteils fossilen, Energieversorgung hin zu einer erneuerbaren Energieversorgung bis 2040 ist eine intensive Aufgabe, die große finanzielle und personelle Ressourcen in Anspruch nehmen und die Stadtgesellschaft fordern wird. Grundlegend für den Erfolg ist die Koordination der Prozesse und ein geeigneter Informationsfluss zwischen den einzelnen Akteuren und Stakeholdern.

Maßgeblich für die erfolgreiche Wärmewende in Waldenbuch ist die Umsetzung der abgeleiteten prioritären Maßnahmen sowie die laufende Beteiligung der Akteure und Öffentlichkeit.

In der nachfolgenden Grafik sind die priorisierten Maßnahmen aufgezeigt.

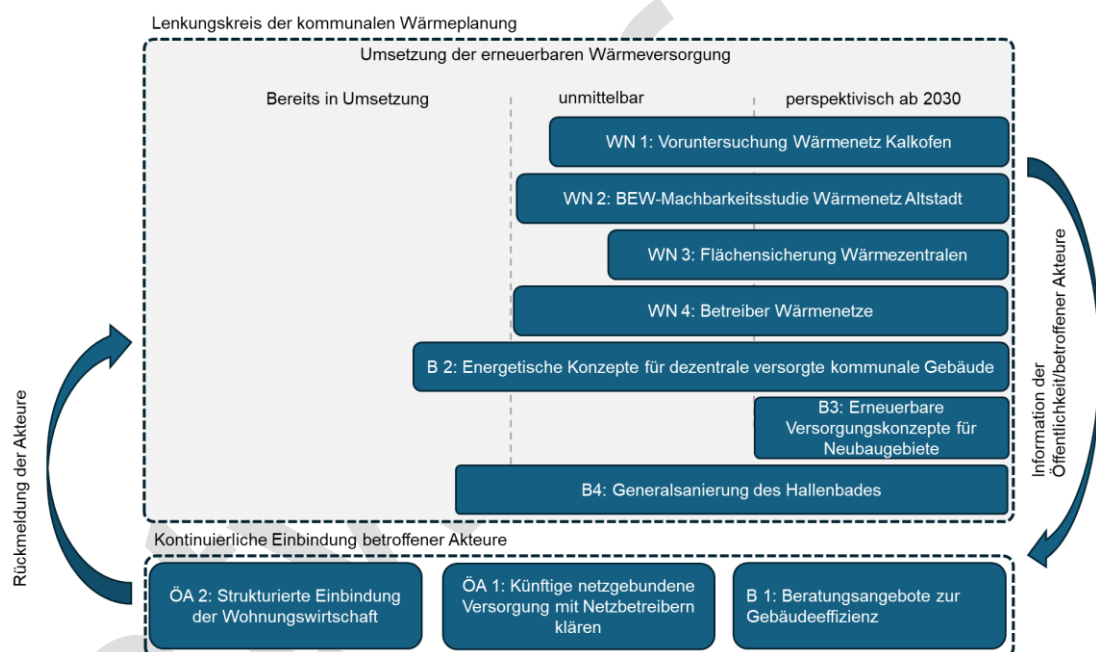


Abb. 46: Umsetzungsstrategie der prioritären Maßnahmen

Der bestehende Lenkungsreis Wärmeplanung fungiert im Rahmen der Umsetzung als zentrale Koordinations- und Abstimmungsrunde. Bei Bedarf werden Stakeholder hinzugezogen.

Die Bürgerschaft und die Akteure werden fortlaufend über die Umsetzungsmaßnahmen der Wärmeplanung informiert. Rückmeldungen von der Bürgerschaft und weiteren Stakeholdern werden vom Lenkungsreis aufgenommen und in die weitere Umsetzungsplanung integriert. Der Lenkungsreis organisiert die Umsetzung der Maßnahmen. Die Transformation der dezentralen Wärmeerzeuger obliegt vornehmlich den Gebäudeeigentümern. Der Lenkungsreis, bzw. eine durch ihn beauftragte Stelle (Klimaschutzmanagement), steht der Bürgerschaft beratend und

informierend zur Seite. Zum Beispiel in Form von Infoveranstaltungen über Themen wie energetische Gebäudesanierung oder Heizungstausch.

Die Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Ämter und Funktionsträger innerhalb der Kommune, die jeweils unterschiedliche Rollen und Verantwortlichkeiten übernehmen.

Entwurf

## 8 Monitoring und Controlling

Wesentliches Instrument des Monitorings und Controllings für die Umsetzung der Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung ist die regelmäßige Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz, an der die zusammengefassten Effekte der fortlaufenden Umsetzung ablesbar sind (Top-Down). Gleichzeitig können für liegenschafts- oder quartiersbezogene Maßnahmen, z. B. im Rahmen der Evaluation und rollierenden Überarbeitung des kommunalen Wärmeplans genauere und spezifische Daten erhoben und Effekte lokal dokumentiert werden (Bottom-Up).

Für das kontinuierliche Monitoring der angestrebten Transformation der Wärmenutzung können bei der Evaluation der kommunalen Wärmeplanung die gleichen Datenquellen genutzt werden, die für die Erstellung der vorliegenden kommunalen Wärmeplanung zur Verfügung standen. Im weiteren Verlauf der Wärmewende und den bereits eingeleiteten Prozessen auf Landesebene bleibt zu hoffen, dass eine jährlich aktualisierte, vereinheitlichte Datengrundlage zwecks Evaluation der Wärmeplanung zur Verfügung gestellt wird. Dies würde die Vergleichbarkeit der kommunalen Wärmeplanung zulassen.

### Vorgehensweise für das Monitoring und Controlling:

Die Stadt kann, ggf. in Zusammenarbeit und mit Unterstützung externer Akteure, regelmäßig folgende aggregierte Daten auswerten:

- Liefermengen an Erdgas und Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen aus den Aufstellungen des Netzbetreibers/Energieversorgers, die über das Portal für Kommunen zugänglich sind. Damit ließen sich sowohl die Anzahl der jeweiligen Abnehmer als auch die Verbräuche ermitteln und aggregiert auswerten.
- Zusammen mit lokal aktiven Wärmenetzbetreibern kann die Entwicklung der Anschlusszahlen (Übergabestationen) in den jeweiligen Gebieten ermittelt werden.
- Durchgeführte Beratungen zu Modernisierungen im Sektor der privaten Wohngebäude (insbesondere Sanierungsfahrpläne) und ggfs. daraus folgende Umsetzungen.

Zusätzlich können folgende öffentliche Datenquellen zur Ermittlung geeigneter Kennzahlen verwendet werden:

- Abfrage von stromerzeugenden Anlagen über das Marktstammdatenregister<sup>1</sup> (MaStR) der Bundesnetzagentur mit folgenden Angaben:
  - Jahr der Inbetriebnahme
  - Leistung
  - Art der Anlage (PV-Anlage, Stromspeicher, Blockheizkraftwerk etc.)

---

<sup>1</sup> [MaStR \(marktstammdatenregister.de\)](https://marktstammdatenregister.de)



- Pro Kehrbezirk aggregierte Statistiken zu Feuerstätten des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger (z. B. Anzahl von Feuerstätten mit Erdgas und Heizöl). Üblicherweise sind diese Daten dort persönlich abzufragen. Es besteht keine gesetzliche Grundlage oder ein formalisiertes Verfahren dafür. Wegen der Aggregation der Daten sollten jedoch keine datenschutzrechtlichen Bedenken bestehen, allerdings decken sich die Grenzen der Kehrbezirke nicht unbedingt mit den Stadtgrenzen, sodass eine gewisse Unschärfe entsteht. Auf diesem Weg können jedoch trotzdem Einschätzungen zum Rückgang fossiler Feuerstätten gewonnen werden.

Die Umsetzung folgt dabei dem Prinzip des PDCA-Zyklus (Planung-Durchführung-Controlling-Anpassung):

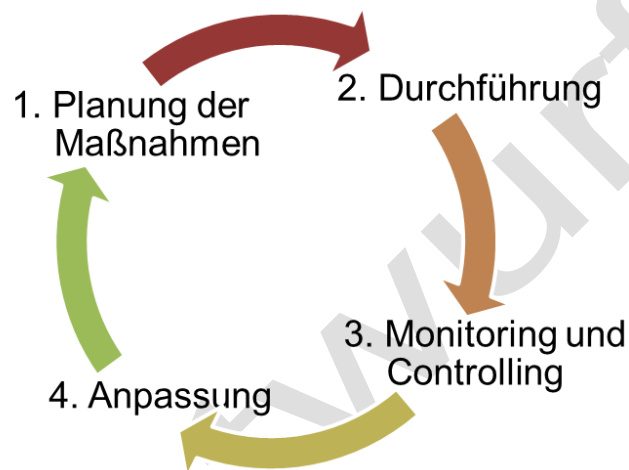


Abb. 47: PDCA-Zyklus der Umsetzung, "rollierende Planung"

Über die Kennzahlen oder auch die direkte Einschätzung durch Akteure und Betroffene sollen die Maßnahmen und Annahmen des KWP fortlaufend angepasst werden.

In regelmäßigen Abständen (spätestens jedoch alle 5 Jahre lt. WPG § 25) soll der gesamte Wärmeplan aktualisiert bzw. fortgeschrieben werden (Kapitel 9).

## 9 Verstetigung und Fortschreibung

Ein wichtiger Aspekt für eine erfolgreiche Umsetzung des KWP ist die langfristige Vernetzung von Akteuren zur Koordination der laufenden Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung als gemeinsame strategische Planungsgrundlage. Dafür müssen geeignete Gremien, Verantwortlichkeiten und Beteiligungsformate entwickelt und abgestimmt werden. Entsprechende Verstetigung der angestoßenen Kommunikationsprozesse soll durch die Maßnahmen gewährleistet werden.

Der Stadtverwaltung obliegt es als planungsverantwortliche Stelle, die mit den vorgeschlagenen Maßnahmen verbundenen Prozesse anzustoßen, zu begleiten und zu moderieren. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit kann über die Umsetzung der Wärmeplanung fortlaufend, bspw. über Netzausbaubereiche, informiert werden. Darüber hinaus ist die Einflussnahme auf technische Umsetzungen seitens der Kommune essenziell, um die fachbereichsübergreifende technische Großaufgabe reibungsarm zu gestalten. Die vorhandenen Zuständigkeiten in Form der Stabstelle Energie- und Klimaschutzmanagement sollte ggf. so weit gestärkt werden, dass für die Bürgerschaft sowie Industrie- und Gewerbetreibende eine beständige lokale Anlaufstelle für Anregungen und Fragen zur Energie- und Wärmewende angeboten werden kann. Darüber hinaus stehen Angebote und Dienstleistungen, z. B. der zuständigen Energieagentur, zur Verfügung.

Die laufende Anpassung der Maßnahmen und deren Umsetzung ergibt sich aus dem Monitoring und Controlling (vgl. Kapitel 8). Für die Fortschreibung des Wärmeplans nach den Fristen des WPG (nach § 25 spätestens alle 5 Jahre) kann durch die Stadt vor allem die Zugänglichkeit von eigenen Datengrundlagen (z.B. durch das konsequente Energiemanagement nach Kom.EMS) verbessert werden. Insgesamt sind jedoch die bis dahin vorliegenden Rahmenbedingungen, Gesetzes- und Datengrundlagen abzuwarten. Das WPG sieht für die Fortschreibung eine Vorab-Prüfung vor, die Maßnahmen oder Gebietsfestlegungen ohne Notwendigkeit einer Aktualisierung erkennen und ausschließen soll.

## 10 Literatur- und Quellenverzeichnis

[GDI DE GW]	Geodatenportal Deutschland mit Kartenmaterial zur Ergiebigkeit von Grundwasservorkommen: <a href="https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_01-grundwasservorkommen">https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_01-grundwasservorkommen</a> (abgerufen 07/2024)
[BuVEG 2023]	Pressemeldung „Sanierungsquote 2023 unter 1% – Tendenz absteigend“, 11.10.2023, Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle e.V., abgerufen am 26.02.2025 auf <a href="https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-2023-unter-1-prozent-tendenz-absteigend/">https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-2023-unter-1-prozent-tendenz-absteigend/</a>
[Hausl 2018]	Stephan Philipp Hausl. Auswirkungen des Klimawandels auf regionale Energiesysteme. Modellierung und Optimierung regionaler Energiesysteme unter Berücksichtigung klimatischer und räumlicher Aspekte. Dissertation TU München 2018.
[KEA EWS 2022]	Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg, 12/2022; KEA-BW, Universität Groningen, Hochschule Biberach
[MaStr 2024]	Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur mit dort registrierten stromerzeugenden Anlagen und Stromspeichern, abgerufen /2025
[VDI 3807-2]	Energieverbrauchswerte für Gebäude. Blatt 2. Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte. Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2014-11.
[LUBW DF 2022]	Solarpotenzial auf Dachflächen; LUBW: <a href="https://www.energie-atlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen">https://www.energie-atlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen</a> (abgerufen 2/2022)
[LUBW FF Solar]	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg – Kartendienst; Freiflächen mit solarer Eignung
[LUBW WA 2019]	Windatlas Baden-Württemberg; LUBW: <a href="https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/karten">https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/karten</a> (abgerufen 04/2023)
[ISONG]	Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG). Online-Kartenmaterial des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LRGB). <a href="https://isong.lrgb-bw.de/">https://isong.lrgb-bw.de/</a> abgerufen am 04.01.2022

# 11 ANHANG

## 11.1 Bezeichnungen für Energie und Wärme

Im Rahmen des KWP werden folgende Begriffe für Energie und Wärme verwendet:

- Primärenergie:** Energieform, die noch keinem Umwandlungs- oder Transformationsprozess unterzogen wurde (Erdgas, Erdöl, Kohle, Uran, Solarstrahlung, Wind...)
- Endenergie:** Energie, die an das Gebäude übergeben und i. d. R. über Zähler oder Messeinrichtungen abgerechnet wird (Erdgas, Heizöl, Holzpellets, Fernwärme, Strom...)
- Erzeugernutzwärme:** Wärme, die nach dem Wärmeerzeuger oder der Übergabestation im Gebäude nutzbar ist. Der Quotient aus Erzeugernutzwärme und Endenergie entspricht dem Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers.
- Nutzwärme:** Wärme, die für einen Nutzen aufgewendet wird, z. B. für die Raumheizung, warmes Wasser oder für Prozesse. Die Differenz zwischen Erzeugernutzwärme und Nutzwärme entspricht den Wärmeverlusten für Speicherung und Verteilung.

In Abb. 48 sind die Bilanzgrenzen und die Bezeichnungen im Energiefluss von der Primärenergie bis zur Nutzwärme im Gebäude dargestellt.

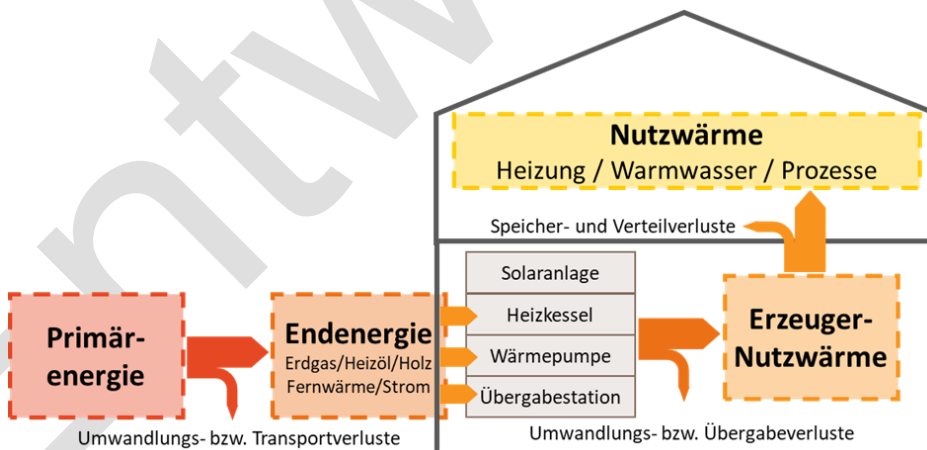


Abb. 48: Bilanzgrenzen und Bezeichnungen im Energiefluss bis zur Nutzwärme im Gebäude

Bei Endenergie und Wärme wird zusätzlich zwischen Verbrauchs- und Bedarfswerten unterschieden.

**Verbrauchswerte** sind Energiemengen, die über einen definierten Zeitraum gemessen und gegebenenfalls einer Witterungskorrektur unterzogen wurden.

**Bedarfswerte** sind Energiemengen, die z. B. anhand von Kennwerten oder mit einem bestimmten Berechnungsverfahren berechnet werden.

## 11.2 Verwendete THG-Faktoren

Tab. 13: Für THG-Bilanzierung eingesetzte THG-Faktoren

Energieträger	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Einheit	Quelle
Heizöl	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Erdgas	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Braunkohle	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Steinkohle	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Holz	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Biogas	0,139	0,137	0,133	0,13	0,126	0,123	0,12	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0	0	0	0	0	0	0	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Wärme aus Verbrennung von Siedlungsabfällen	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Abwärme aus Prozessen	0,04	0,039	0,038	0,037	0,036	0,035	0,034	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Strom-Mix-D	0,499	0,260	0,110	0,045	0,025	0,015	0,015	t/MWh	BMWK-Technikkatalog
Grüner Wasserstoff			0,03	0	0	0	0,005	t/MWh	BMWK-Technikkatalog

## 11.3 Anhang Karten

Kartenwerk mit folgenden Inhalten:

### 1 Bestandsanalyse

- 1-1 überwiegende Baualtersklasse (BAK) im Baublock
- 1-2 überwiegender Gebäudetyp im Baublock
- 1-3 Absoluter Wärmebedarf (HW+TWW) im Ist-Zustand
- 1-4 Wärmedichte im Baublock (HW+TWW)
- 1-5 Wärmeliniendichte (HW+TWW)
- 1-6 Energieträgerverteilung Endenergie gesamt
- 1-7 Baublöcke mit Erdgasinfrastruktur
- 1-8 Baublöcke mit Wärmenetzinfrastruktur
- 1-9 Lage zentraler Wärmeerzeuger für Wärmenetze
- 1-10 Anzahl Feuerstätten und Übergabestationen im Baublock
- 1-11 Baualtersklassen der Feuerstätten
- 1-13 Standorte Klärgas-/Biogaserzeugung
- 1-14 Abwassernetz

### 2 Potenzialanalyse

- 2-1 Baublockweises solares Potenzial nach Wärmebereitung (Strom)
- 2-2 Baublockweises solares Potenzial zur Wärmebereitung (Wärme)
- 2-3 solare Eignung der Dachflächen
- 2-4 Potenzial Erdwärmesonden (EWS)
- 2-5 Standorte zentraler Potenziale (Übersicht)

### 3 Zielszenario

- 3-1 Wärmedichte 2030
- 3-2 Wärmedichte 2035
- 3-3 Wärmedichte 2040
- 3-4 absolute Einsparung Ist 2030
- 3-5 absolute Einsparung Ist 2035
- 3-6 absolute Einsparung Ist 2040
- 3-7 Energieträgerverteilung Zielszenario 2040
- 3-8 voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete 2040 auf Baublockebene
- 3-9 voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete 2040 weitere Eingrenzung
- 3-10 Wahrscheinlichkeit: Eignung für dezentrale Versorgung in 2040
- 3-11 Wahrscheinlichkeit: Eignung für Wärmenetze in 2040
- 3-12 Wahrscheinlichkeit: Eignung für Wasserstoffnetze in 2040
- 3-13 voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete mit möglichem Startjahr
- 3-14 Dezentral versorgte Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

## 11.4 Teilgebiets-Steckbriefe

- 1 Voraussichtliches Wärmenetzgebiet Altstadt
- 2 Voraussichtliches Wärmenetzgebiet Kalkofen
- 3 Dezentrale Versorgung Glashütte und Hasenhof

Entwurf