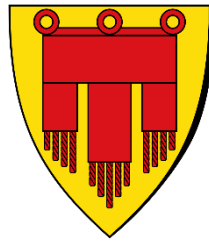


STADT BÖBLINGEN



**Kommunale Wärmeplanung
für die
Stadt Böblingen**

**Abschlussbericht
Entwurf**

Mannheim, den 23.04.2024

MVV Regioplan

MVV Regioplan GmbH
Besselstraße 14b
68259 Mannheim
Projekt-Nr. 88801

Erstellt durch:

MVV Regioplan

MVV Regioplan GmbH

Besselstraße 14b

68219 Mannheim

Tel. 0621 / 87675-0, Fax 0621 / 87675-99

E-mail info@mvv-regioplan.de

Internet www.regioplan.com

Projektleitung:	M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen Julia Stein
Projektbearbeitung:	M.Sc. Geographie Fabian Roth
	M.Sc. Umweltingenieurwesen Ioannis Karakounos-Kossyvas
	M.Sc. Geographie Patrick Burst
	Dipl.-Geogr. Ralf Münch
	M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen Katrin Rauland
	Dipl.-Kfm. techn. Alexander Fucker

In enger und vertrauensvoller Zusammenarbeit mit

Stadt Böblingen

Christine Kraayvanger, Bürgermeisterin, Leitung Dezernat Planen und Bauen

Oliver Tuschinski, Energiebeauftragter

Carmen Stark, Amt für Stadtentwicklung und Städtebau

und

Stadtwerke Böblingen

Alfred Kappenstein, techn. Geschäftsführung der SWBB

Christine Tomschi, kaufm. Geschäftsführung der SWBB

Gefördert durch:



Ministerium für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Part of **THE LÄND**

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung und Aufgabenstellung	1
1.1. Rechtlicher Rahmen	2
1.2. Planungsrechtliche Vorgaben	4
1.3. Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse	4
1.4. Ablauf der kommunalen Wärmeplanung	5
1.5. Das Untersuchungsgebiet	7
1.6. Akteursbeteiligung	7
1.7. Datenschutz	8
2. Bestandsanalyse	9
2.1. Siedlungsstruktur und -entwicklung	9
2.2. Methodik und Datengrundlage	13
2.3. Methodik	14
2.3.1. Verarbeitung der Daten	14
2.3.2. Hochrechnung Verbräuche (Vollbenutzungsstunden)	15
2.3.3. Auswertung Gebäudealter und Stockwerkszahlen	16
2.4. Versorgungsstruktur	17
2.5. Erzeugung der Fernwärme	18
2.6. Energie- und Treibhausgasbilanz	20
2.7. Wärmedichten	26
3. Potenzialanalyse	27
3.1. Bedarfsprognosen	27
3.2. Erzeugungspotenziale	29
3.2.1. Biomasse	29
3.2.2. Oberflächennahe Geothermie	31
3.2.3. Tiefengeothermie	38
3.2.4. Solarthermie	38
3.2.5. Photovoltaik zur Stromerzeugung	41

3.2.6. Umweltwärme aus Außenluft und Oberflächengewässer (mittels Wärmepumpe)	42
3.2.7. Abwärme	43
3.2.8. Wind zur Stromerzeugung	48
3.3. Transformation von Gasnetzen	50
4. Wärmewendestrategie	53
4.1. Ausweisung der Eignungsgebiete	53
4.2. Steckbriefe	55
4.3. Zielszenario	57
4.3.1. Wärmeversorgungsszenario	57
4.3.2. Transformation Wärmenetze	59
4.3.3. CO ₂ -Bilanz	60
4.4. Maßnahmenkatalog	62
5. Fazit und Ausblick	63
6. Literaturverzeichnis	65

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Liste gelieferter Daten

Anlage 2: CO₂-Emissionsfaktoren

Anlage 3: Vorgehen Geothermiepotenzial

Anlage 4: Steckbriefe Eignungsgebiete

Anlage 5: Maßnahmenkatalog

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der kommunalen Wärmeplanung	6
Abbildung 2: Wohngebietsentwicklung in Böblingen nach Baualtersklassen (Datenquelle: Zensus 2011)	12
Abbildung 3: Verteilung der Baualtersklassen und Stockwerkszahlen (Stand: Zensus 2011)	13
Abbildung 4: FW-Anschlüsse pro Stadtteil (Kartengrundlage: OpenStreetMap)	17
Abbildung 5: Gas-Anschlüsse pro Stadtteil (Kartengrundlage: OpenStreetMap)	18
Abbildung 6: Wärmeerzeugung FW-Netz SWBB (Stand 2019)	19
Abbildung 7: Wärmenetzerzeugung nach Netz (Stand 2019)	19
Abbildung 8: Verteilung der Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet Böblingen	20
Abbildung 9: Endenergiebedarf pro Stadtteil im Bestand (2019)	21
Abbildung 10: Endenergieverbrauch pro Sektor im Bestand (2019)	22
Abbildung 11: Endenergieverbrauch pro Baualtersklassen im Bestand (2019)	23
Abbildung 12: CO ₂ -Emissionen (Äquivalente) für die Wärmeversorgung der relevanten Energieträger im Bestand (2019)	24
Abbildung 13: CO ₂ -Emissionen für die Wärmeversorgung aufgeteilt auf die Sektoren (2019)	25
Abbildung 14: CO ₂ -Emissionen für die Wärmeversorgung pro Stadtteil im Bestand (2019)	25
Abbildung 15: Gesamtwärmebedarf pro m ² Bodenfläche	26
Abbildung 16: Flächenbezogener Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklassen-Ist-Stand (teilsaniert) und energetischer Sanierung mit Ziel 2040 bzw. 2035 (Quelle: (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA), 2023))	28
Abbildung 17: Wärmebedarfseinsparung nach KEA-Prognosen in Böblingen (Nutzenergie)	29
Abbildung 18: Bewaldete Flächen auf der Gemarkung Böblingen (Grundlage: Open Street Map, 2022)	30
Abbildung 19: Schematische Abbildung einer Erdwärmesonde (Quelle: Leitfaden kommunale Wärmeplanung (KEA BW, 2020))	32
Abbildung 20: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante (Quelle: Optimierung von Erdwärmesonden, Begriffe Geothermie (erdsondenoptimierung.ch))	33
Abbildung 21: Oberflächennahes Geothermiepotezial Böblingen (Quelle: KEA, eigene Darstellung)	34
Abbildung 22: Oberflächennahes Geothermiepotezial Dagersheim (Quelle: KEA, eigene Darstellung)	35
Abbildung 23: Ampelkarte Geothermie Ausschnitt Böblingen (Quelle: Landkreis Böblingen)	36
Abbildung 24: Beispielhafte Darstellung der Größendimension eines Erdsondenfeldes	38

Abbildung 25: Potenzielle Flächen für PV oder Solarthermieanlagen in Böblingen (Quelle LUBW, 2018)	40
Abbildung 26: Warmwasserbedarf der Fernwärmeanschlüsse (eigene Darstellung auf Basis der geplanten Fernwärmeanschlüsse Böblingen)	44
Abbildung 27: LUBW-Windpotenzialflächen (Quelle: LUBW, 2019)	49
Abbildung 28: Entscheidungsbaum für den Einsatz von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung (eigene Darstellung)	51
Abbildung 29: Darstellung der erarbeiteten Eignungsgebiete	54
Abbildung 30: Beispielhafte Darstellung eines Steckbriefes (Unterstadt)	56
Abbildung 31: Endenergiebedarf in Böblingen bis 2040	58
Abbildung 32: Szenario zur Fernwärmeerzeugung für das Fernwärmenetz Böblingen	59
Abbildung 33: Szenario zur Fernwärmeerzeugung für das Fernwärmenetz Dagersheim	60
Abbildung 34: Treibhausgasemissionen für die Wärmeversorgung in Böblingen bis 2040	61
Abbildung 35: Treibhausgasemissionen für die Wärmeversorgung in 2035, eingeteilt nach Sektoren	62

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Überblick über den Beteiligungsprozess	8
Tabelle 2: Überblick über die betrachteten Eignungsgebiete in Böblingen	10
Tabelle 3: Wärmewirkungsgrade im Jahresdurchschnitt	15
Tabelle 4: Auswertung Vollbenutzungsstunden nach Gebäudetyp für Böblingen	16
Tabelle 5: Kollektorflächen nach Eignung in Böblingen (Quelle: LUBW, 2021)	39
Tabelle 6: Photovoltaik Dachflächenpotenzial in Böblingen (Quelle: LUBW, 2021)	41

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BKZ	Baukostenzuschuss
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO _{2e} /CO ₂	Kohlendioxid-Äquivalente
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
Kap.	Kapitel
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Förderbank des Bundes)
KlimaG	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz
KMR	Kunststoffverbundmantelrohr
KSG	Klimaschutzgesetz
KWP	Kommunaler Wärmeplan
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
m	Meter
MWh	Megawattstunde
MwSt	Mehrwertsteuer
NV	Netzvariante(n)
PV	Photovoltaik
SWBB	Stadtwerke Böblingen
t	Tonne
UG	Untersuchungsgebiet

1.

2. Einführung und Aufgabenstellung

Der Klimawandel und die damit zusammenhängenden Folgen gehören zu den größten globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Um den Anstieg der Erderwärmung zu stoppen, sind grundlegende Änderungen erforderlich, die den Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren, vor allem in den Bereichen Energie, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft. Insbesondere bei der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch gibt es sehr großen Handlungsbedarf, denn fast die Hälfte des Energieverbrauchs in Deutschland entfällt auf die Wärmeerzeugung. Daher hat die Umsetzung der **Wärmewende** eine große Bedeutung für den Klimaschutz und das Erreichen der Klimaziele und der Treibhausgasneutralität. Die Wärmewende erfordert zunächst eine drastische Reduzierung des Wärmebedarfs der Gebäude. Doch auch künftig werden noch erhebliche Mengen Energie für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme eingesetzt werden müssen. Diese müssen nach und nach möglichst vollständig aus verschiedenen Quellen erneuerbarer Energien und Abwärme gedeckt werden, um den Gebäudebestand langfristig klimaneutral zu machen. Städte und Gemeinden können und müssen hier einen wichtigen Beitrag leisten, auch weil die Wärme nur eingeschränkt transportfähig ist und die Erzeugung erneuerbarer Energien lokal erfolgt. Das Ziel der Wärmewende ist eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung.

„Die Stadt Böblingen setzt sich das Ziel der Klimaneutralität bis 2035“ (Stadt Böblingen, 2023)

Böblingen stellt sich bereits den Herausforderungen der Klimakrise, übernimmt Verantwortung und wird die Belange und Ziele des Klimaschutzes künftig bei allen wichtigen Entscheidungen noch stärker berücksichtigen. Mit dem Ziel, Handlungsoptionen für eine nachhaltige Verringerung der CO₂-Emissionen zu entwickeln, wurde 2012 das **integrierte Klimaschutzkonzept** (Stadt Böblingen, 2012), vom Gemeinderat beschlossen, das ab 2023 fortgeschrieben wird. Im Rahmen von Klimaschutzteilkonzepten zur **Mobilität** (Stadt Böblingen, 2017) und **Klimaanpassung** (Stadt Böblingen, 2019) wurden spezifische Handlungsbedarfe untersucht und weitere Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele erarbeitet. Mit dem im Frühjahr 2023 gefassten Klimaplan "**Böblingen handelt - 12 Punkte für unser Klima**" wurde ein Rahmen für die aktuell wichtigsten Handlungsfelder zur Erreichung der Klimaneutralität in Böblingen, darunter der Umbau der Energieerzeugung oder klimafreundliches Bauen und energetische Sanierungen, vorgegeben. Im Mai 2023 folgte schließlich der politische Beschluss zur **Klimaneutralität Böblingens** bis 2035.

Seit der Änderung des **Klimaschutzgesetzes** Baden-Württemberg (KSG BW) im Oktober 2020 sind Stadtkreise und Große Kreisstädte verpflichtet, bis Ende 2023 einen kommunalen Wärmeplan (KWP) zu erstellen. Mit ca. 51.500 Einwohnern gehört Böblingen als Große Kreisstadt zu den verpflichteten Kommunen. Übergeordnetes Ziel der kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg ist es,

Maßnahmen mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2040 zu entwickeln. Die Wärmepläne sollen dabei regelmäßig überarbeitet und aktualisiert werden.

Ein **kommunaler Wärmeplan** ist ein übergreifendes Planungsinstrument und bildet die Grundlage und den Fahrplan zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040. Dadurch wird der Stadt ein strategisches Vorgehen bei sämtlichen städtebaulichen Veränderungen im Sinne der Klimaneutralität in der Wärmenutzung ermöglicht. Der Wärmeplan zeigt die zukünftige Entwicklung und die Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs auf, erläutert die Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien und benennt Eignungsgebiete für z. B. den Fernwärmeausbau. Darüber hinaus soll er für Gebäudeeigentümer und Energieversorger eine Orientierung sowie Planungs- und Investitionssicherheit bei der Realisierung eigener (klimaneutraler) Versorgungssysteme liefern.

Zur Bearbeitung und Erstellung des kommunalen Wärmeplans für die Stadt Böblingen wurde im August 2022 die MVV Regioplan GmbH aus Mannheim beauftragt.

2.1. Rechtlicher Rahmen

Stadtkreise und Große Kreisstädte in Baden-Württemberg sind gemäß Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz (KlimaG)¹ verpflichtet, bis zum 31. Dezember 2023 einen kommunalen Wärmeplan im Sinne von § 27 KlimaG BW aufzustellen. Dieser ist spätestens alle sieben Jahre nach der jeweiligen Erstellung unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklungen fortzuschreiben. Die zur Wärmeplanung verpflichteten Kommunen müssen die erforderlichen Daten innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung, spätestens bis zum 31. Dezember 2023, beim zuständigen Regierungspräsidium vorlegen. Dabei sind mindestens fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll.

Die Regelungen enthalten darüber hinaus Vorgaben zum Datenschutz und zur Öffentlichkeitsbeteiligung, wonach eine Pflicht zur frühzeitigen und fortlaufenden Beteiligung der Öffentlichkeit und von Interessengruppen sowie Vertreterinnen und Vertreter der Wirtschaft bei der Erstellung des kommunalen Wärmeplans besteht. Der Entwurf des Wärmeplanes ist dabei vor seinem Beschluss öffentlich auszuliegen.

Wärmeplanungsgesetz des Bundes

Die Bundesregierung hat im August 2023 das **Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze** beschlossen, mit dem die Grundlagen für die Einführung einer

¹ Mit dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 7. Februar 2023 wurde Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG) aus dem Jahr 2013, das in den Jahren 2020 und 2021 novelliert wurde, fortentwickelt.

flächendeckenden Wärmeplanung in ganz Deutschland geschaffen werden. Die Wärmeversorgung soll damit auf Treibhausgasneutralität umgestellt werden, um die Erreichung der **Klimaschutzziele der Bundesregierung bis 2045** im Wärmesektor zu unterstützen. Das Gesetz verpflichtet die Bundesländer dazu sicherzustellen, dass in ihrem jeweiligen Gebiet bis zum 30.06.2026 alle Großstädte mit über 100.000 Einwohner:innen bzw. bis zum 30.06.2028 alle Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohner:innen Wärmepläne erstellen. Bereits bis 30.06.2026 bzw. 30.06.2028 nach Landesrecht aufgestellte kommunale Wärmepläne werden durch das Bundesgesetz anerkannt und müssen erst im Rahmen der Fortschreibung – im Zyklus von fünf Jahren – die bundesrechtlichen Regelungen erfüllen.

Das Gesetz legt darüber hinaus das Ziel fest, bis zum Jahr 2030 die Hälfte der leitungsgebundenen Wärme klimaneutral zu erzeugen. Dazu sollen **Wärmenetze** bis 2030 zu einem Anteil von 30 % und bis 2040 zu 80 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus unvermeidbarer Abwärme gespeist werden. Bereits alle ab Januar 2024 neu realisierten Wärmnetze müssen verpflichtend mindestens zu 65 % mit erneuerbaren Energien oder Abwärme gespeist werden. Schließlich enthält das Wärmeplanungsgesetz für die Betreiber eines Wärmenetzes eine Verpflichtung zur Erstellung von Wärmenetz- ausbau- und Dekarbonisierungsfahrplänen.

Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Mit dem seit November 2020 geltenden Gebäudeenergiegesetz (GEG)² soll die Wärmewende in den Gebäuden unterstützt und erreicht werden. Das Gesetz bezieht sich auf alle Gebäude, die beheizt oder klimatisiert werden und enthält im Wesentlichen Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden und an den Einsatz erneuerbarer Energien, indem es Vorgaben zur Heizungs- und Klimatechnik, zu Wärmedämmstandards, den sommerlichen Hitzeschutz von Gebäuden usw. macht.

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung wurde von der Bundesregierung eine Novellierung des GEG beschlossen, wonach ab 2024 laufende Heizungen überprüft und gegebenenfalls optimal eingestellt werden sollen. Künftig soll möglichst jede neu eingebaute Heizung zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Dies gilt im Neubau in Neubaugebieten bereits ab 1.1.2024. Für bestehende, funktionierende Heizungen ändert sich dadurch nichts. Für neue Heizungen in Bestandsgebäuden gilt eine Übergangsfrist von drei Jahren. Ist absehbar, dass das Haus an ein Wärmenetz angeschlossen werden kann, gilt eine Frist von 10 Jahren. Heizungen mit fossilen Brennstoffen müssen spätestens 2045 abgeschaltet werden.

Zusammenhang von WPG und GEG

Der Kommunale Wärmeplan stellt nach Beschluss durch den Gemeinderat ein informelles Planungskonzept dar, das keine rechtliche Bindungswirkung entfaltet. Gemäß § 26 WPG i. V. m. § 71 Abs. 8 (3)

² Mit dem Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) wurde die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) abgelöst und deren Inhalte zu einer Vorschrift verbunden.

GEG ist durch eine planungsverantwortliche Stelle eine Entscheidung über die Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugesamt zu treffen, damit einen Monat nach Bekanntgabe der Entscheidung die Anforderungen an Heizungsanlagen gemäß § 71 GEG anzuwenden sind. Dies sieht im Wesentlichen vor, dass mindestens 65 Prozent der mit der Heizungsanlage bereitgestellten Wärme mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugt werden. Die Bindungswirkung formal entschiedener Wärmepläne verschafft (privaten) Investoren Planungssicherheit.

2.2. Planungsrechtliche Vorgaben

Auf die aktuellen klima- und energiepolitischen Entwicklungen hat die Gesetzgebung insbesondere durch die **Novellierungen des Baugesetzbuchs** (BauGB) 2011 und 2013³ reagiert, in dem u. a. Regelungen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel für die Bauleitplanung, die planungsrechtliche Zulässigkeit von Vorhaben oder bei städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen erweitert wurden. Insbesondere zu berücksichtigende Belange bei der Abwägung (vgl. § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB) und neue Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten, z. B. für erneuerbare Energien, sollen zur Umsetzung der Energiewende beitragen. Seit der BauGB-Novelle 2013 sind auch die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung bei der städtebaulichen Sanierung zu erfassen und zu gewichten, soweit dies nach den örtlichen Gegebenheiten und Verhältnissen angezeigt ist (§ 136 Abs. 2 S. 2 Nr. 1 BauGB).

Zu den im Rahmen der städtebaulichen Planung zu berücksichtigenden Zielen und Gestaltungsmöglichkeiten gehören beispielsweise die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und Vermeidung von Verkehrsströmen, Förderung einer klimaschonenden Stadt- und Siedlungsstruktur („kompakte Stadt“, günstige ÖPNV-Anbindung, Förderung des Radverkehrs), der Ausschluss fossiler Brennstoffe oder die Berücksichtigung gebäude- und energiebezogener Aspekte (z. B. Ausrichtung der Gebäude).

2.3. Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse

Die aktuell wesentlichen Rahmenbedingungen für die Wärmeversorgung ergeben sich zum einen aus der Entwicklung der Energie- und Rohstoffpreise, der Kosten für Investitionen in Wärmeversorgungs-technologien und der Verfügbarkeit von Ressourcen (z. B. personell, materiell, finanziell, institutionell). Zum anderen wird die Entwicklung u. a. durch energie- und wärmerrelevante Gesetze und Verordnungen oder die Förderkulisse von Bund und Ländern gesteuert:

³ Änderung durch Art. 1 Gesetz vom 11.6.2013 BGBl I S. 1548 (Nr. 29).

- Entwicklung der Fördersätze in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) für Einzelmaßnahmen, Wohn- und Nichtwohngebäude beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) oder der Bonus für die Modernisierung der energetisch schlechtesten Gebäude („Worst Performing Buildings“-Bonus) etc.,
- gesetzliche Verschärfung der Anforderungen bei Neubauten (z. B. Erneuerbare-Wärme-Gesetz BW), Pflicht zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Dach- und Parkplatzflächen (PVPf-VO BW⁴) etc.,
- Förderung zur Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze durch Machbarkeitsstudien und Transformationspläne sowie Optimierungen; Konzeption, Planung und Umsetzung neuer Wärmenetze mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien, inklusive kalter Nahwärme durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) bei der BAFA,
- Städtebauförderung des Bundes und des Landes; Programm für die städtebauliche Erneuerung und Entwicklung durch das Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen, Förderschwerpunkte sind u. a. Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel,
- Förderprogramm „Klimaschutz-Plus“ des Umweltministeriums des Landes Baden-Württemberg zur Unterstützung von Kommunen, Unternehmen, Vereinen, kirchlichen Organisationen und kommunalen Betrieben und zur Erfüllung der Klimaschutzziele KlimaG BW,
- Hinsichtlich der kommunalen KfW-Programme Energetische Stadtsanierung (Nr. 201, 202, 432) hat der Bund beschlossen, ab 2024 keine weiteren Mittel im Bundeshaushalt zur Verfügung zu stellen. Auch für die Folgejahre sind bislang keine Mittel vorgesehen (Stand: März 2024).

2.4. Ablauf der kommunalen Wärmeplanung

Die **Transformation der Wärmeversorgung** zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung und die kommunale Wärmeplanung als strategischer Steuerungsprozess sind von herausragender Bedeutung für den Klimaschutz. Jede Kommune entwickelt in ihrem kommunalen Wärmeplan einen individuellen Weg, der die spezifische städtebauliche und versorgungstechnische Ausgangssituation sowie vorhandene Potenziale, Strukturen, Prozesse und Zuständigkeiten vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Er dient somit als strategische Grundlage und Fahrplan, um konkrete Entwicklungsziele und Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen und die handelnden Akteure in den nächsten Jahrzehnten bei der Transformation der Wärmeversorgung zu unterstützen. *„Mit der Wärmeplanung macht sich die Gemeinde die Wärmeversorgung als Aufgabe der kommunalen Daseinsvorsorge zu eigen“.*⁵

⁴ Verordnung des Umweltministeriums zu den Pflichten zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Dach- und Parkplatzflächen (Photovoltaik-Pflicht-Verordnung- PVPf-VO) vom 11.10.2021, zuletzt geändert durch Verordnung vom 21.10.2022 (GBl. S. 610).

⁵ <https://www.ke-a-bw.de/waermewende/wissensportal/27-kommunale-waermeplanung>.

Die kommunale Wärmeplanung gliedert sich in vier wesentliche Arbeitsschritte: Zunächst wird eine **Bestandsaufnahme** durchgeführt, um die bestehenden Wärmeversorgungssysteme und -strukturen, aktuelle Wärmeverbräuche, die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen sowie vorhandenen Gebäudetypen und Baualtersklassen räumlich aufgelöst im Geoinformationssystem zu **analysieren**. Darauf folgt die **Potenzialanalyse**. Einerseits werden Sanierungspotenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme und andererseits Potenziale für lokal verfügbare erneuerbare Energien sowie Abwärme in der Kommune abgeschätzt und bilanziert. Auf Basis der Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse erfolgt die **Entwicklung des klimaneutralen Szenarios**, das als Zielszenario für das Jahr 2040 bzw. 2035 mit einem Zwischenschritt für das Jahr 2030 dient. Dazu gehört auch eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2040 bzw. 2035, 2030. Dies gelingt im vierten Schritt durch die Ermittlung von Eignungsgebieten für eine zentrale Versorgung über Wärmenetze bzw. für eine dezentrale Einzelversorgung von Gebäuden.

Für die Planung der zukünftigen Energieversorgung sind neben den Klimaschutzziele insbesondere die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu berücksichtigen. Neben den Eignungsgebieten beinhaltet die Handlungsstrategie – als Roadmap für die Umsetzung der Wärmewende – einen umfassend beschriebenen Maßnahmenkatalog mit Umsetzungsprioritäten für die nächsten Jahre, wobei fünf der Maßnahmen innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden sollen.⁶ Dabei ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Energieversorgern, Netzbetreibern, Bürgerschaft und weiteren relevanten Akteuren (z. B. IHK, HWK, Energieberater:innen, Schornsteinfeger:innen) erforderlich, die in nachfolgender Abbildung im parallel zum Fachprozess laufenden Beteiligungsprozess skizziert ist.

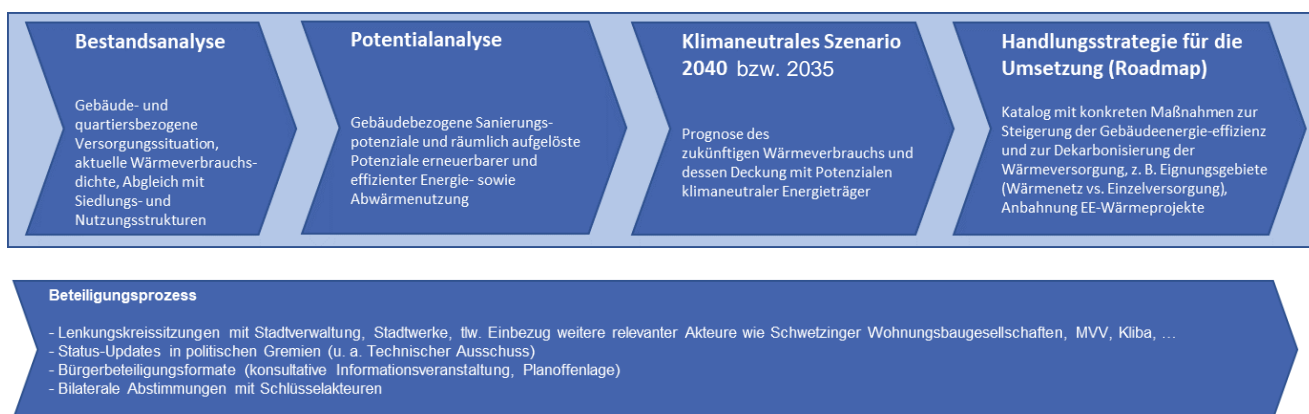


Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der kommunalen Wärmeplanung

⁶ vgl. § 27 KlimaG BW

2.5. Das Untersuchungsgebiet

Die Stadt Böblingen ist eine Große Kreisstadt im Landkreis Böblingen in Baden-Württemberg mit ca. 52.000 Einwohnern (Stand 2022) und liegt ca. 20 km südwestlich der Landeshauptstadt Stuttgart. Die Gemarkung umfasst eine Fläche von 3.904 ha und gliedert sich in ca. 38 % Siedlungs- und Verkehrsfläche, 14 % Landwirtschaft und 47% Wald. Neben der Kernstadt (mit Wohngebieten wie der Altstadt, Unterstadt, Tannenberg, Waldburg, Rauher Kapf, Grund oder Diezenhalde) liegt westlich der Stadtteil Dagersheim, der 1971 eingemeindet wurde und heute rund 6.200 Einwohner aufweist.

Die Stadt Böblingen wird wesentlich durch die enge siedlungs- und infrastrukturelle Verknüpfung mit der unmittelbar nördlich angrenzenden Stadt Sindelfingen geprägt. Beide Städte bilden ein Mittelzentrum mit über 100.000 Einwohnern innerhalb der Region Stuttgart.

2.6. Akteursbeteiligung

Der kommunale Wärmeplanungsprozess wurde aus Gründen der Akzeptanz, Transparenz und inhaltlichen Rückkopplung mit den betroffenen Akteuren von einem breiten Beteiligungsprozess auf unterschiedlichen Ebenen begleitet.

Hierzu wurde im ersten Schritt ein Lenkungskreis – bestehend aus Stadtverwaltung und Stadtwerken Böblingen – etabliert, der die Aufgabe hatte, inhaltliche Ergebnisse zu prüfen und mit der eigenen Strategie in Einklang zu bringen. Ziel war hierbei, alle handelnden Akteure strategisch hinter dem KWP zu vereinen. Im Gemeinderat als Beschlussgremium und Vermittler zur Bürgerschaft wurden fachliche Ergebnisse über den Fortschritt des KWP ebenso wie in seinem vorberatenden Gremium – Klima-, Umwelt- und Wärmebeirat (vom Gemeinderat als beratendes Gremium benannt) – regelmäßig präsentiert und diskutiert. Die Bürgerschaft wurde mit zwei öffentlichen Informationsveranstaltungen, Offenlagen von (Zwischen-)Ergebnissen sowie regelmäßiger Pressearbeit über die KWP auf dem Laufenden gehalten und hatte ebenfalls mehrfach Gelegenheit inhaltliche Eingaben zu tätigen.

Teilnehmende in Lenkungskreisen waren unter anderem:

Stadt Böblingen

Christine Kraayvanger, Bürgermeisterin, Leitung Dezernat Planen und Bauen

Oliver Tuschinski, Energiebeauftragter

Carmen Stark, Amt für Stadtentwicklung und Städtebau

Stadtwerke Böblingen

Alfred Kappenstein, techn. Geschäftsführung der SWBB

Christine Tomschi, kaufm. Geschäftsführung der SWBB

Tabelle 1: Überblick über den Beteiligungsprozess

Datum	Teilnehmende	Inhalte
28.09.2022	LK (Lenkungskreis)	Kick-Off
10.01.2023	Workshop Stadtentwicklung	Daten
10.03.2023	LK	Bestands- und Potenzialanalyse
04.05.2023	KUW-Beirat (Klima-, Umwelt- und Wärmebeirat)	Bestands- und Potenzialanalyse, erster Entwurf Eignungsgebiete
21.06.2023	Workshop Stadtentwicklung	Potenzialanalyse
17.07.2023	Bürger	Informationsveranstaltung zum Zwischenstand KWP
20.07.2023	LK	Eignungsgebiete und Zielszenario
12.09.2023	KUW-Beirat	Zielszenario und Erarbeitung Maßnahmenkatalog
27.09.2023	LK	Zielszenario und Maßnahmenkatalog
22.01.2024	LK	Zielszenario und Maßnahmenkatalog
06.02.2024	KUW-Beirat	Eignungsgebiete, Zielszenario und Maßnahmenkatalog
28.02.2024	Bürgerversammlung	Informationsveranstaltung
März 2024	Offenlage 4 Wochen	
22.04.2024	LK	Letzte Themen und Bericht
15.05.2024	ATUS	Vollständige Präsentation über die Wärmeplanung
05.06.2024	GR	Beschlussfassung

Darüber hinaus haben zu einzelnen Fachfragen bilaterale Gespräche mit den verantwortlichen Akteuren aus Stadtverwaltung, -werken, Dienstleistern usw. (Bspw: Amt für Stadtentwicklung und Städtebau, Tiefbau- und Grünflächenamt, Landratsamt Böblingen Wasserwirtschaft, IFEU Institut (Wärmeplanung Sindelfingen), Daimler, Schill und Seilacher) stattgefunden.

2.7. Datenschutz

Gemäß den Vorschriften zum Datenschutz in § 27 Abs. 5 KlimaG BW wurden in allen Darstellungen gebäudebezogene Angaben in Rastern aggregiert. Die Einteilung in Kacheln als kleinräumige Gliederung wurde nur für einzelne Baublöcke angepasst, um die geforderte Mindestanzahl von fünf Gebäuden pro Kachel sicherzustellen. Einzelne für den Schutz persönlicher Daten kritische Kacheln in Randlagen wurden in Kartendarstellungen ausgeblendet, in allen Bilanzen und Potenzial- bzw. Szenarioberechnungen jedoch berücksichtigt.

Alle gebäudebezogenen Daten, wie zum Beispiel Energieverbräuche, Einschätzungen zum Sanierungspotenzial oder auch Angaben zu Heizungsanlagen pro Gebäude werden vertragsgemäß ausschließlich zum Zwecke der KWP verwendet und nach Projektende gelöscht.

3. Bestandsanalyse

3.1. Siedlungsstruktur und -entwicklung

Die kommunale Wärmeplanung betrachtet die gesamte Gemarkungsfläche einer Kommune (inklusive Gewerbe- und Industriegebiete), die in der Regel unterschiedliche Strukturen aufweist, für die verschiedene Wärmeversorgungsoptionen betrachtet werden müssen. Auch spielt die jeweils vorhandene Infrastruktur von Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen oder Freiflächen für Energieanlagen eine wichtige Rolle für die örtliche Energieplanung. Die Siedlungsbereiche werden dabei in (sinnvolle) Teilgebiete gegliedert, um eine effiziente Bearbeitung zu ermöglichen.

Das Böblinger Stadtgebiet ist insgesamt durch eine kompakte Struktur und kurze Entfernungen gekennzeichnet. Ausgehend vom Elbenplatz im Zentrum liegt das gesamte Kernsiedlungsgebiet innerhalb eines 3 km-Luftlinienradius. Die zentralen innerstädtischen Bereiche Sindelfingens sind ebenfalls nur maximal 3 km Luftlinie vom Zentrum Böblingens entfernt. Der Stadtteil Dagersheim befindet sich in einer Entfernung von weniger als 5 km.

Städtebauliche Entwicklung und Struktur

Ausgehend von der dicht bebauten mittelalterlichen **Altstadt** auf dem Hang des Schlossbergs entwickelte sich nach dem Eisenbahnanschluss im 19. Jh. eine geplante Stadterweiterung nach Nordwesten (**Unterstadt**) mit gitterförmigem Straßengrundriss und dem Bahnhof als neuem Bezugspunkt. Die Innenstadt mit der verdichteten, kleinteiligen Altstadt, der Unterstadt und den Randbereichen weist heute eine überwiegend geschlossene Bebauung und durchmischte Nutzungen auf.

In der ersten Hälfte des 20. Jh. erfolgte eine Ausdehnung der Siedlungsentwicklung mit Industrie und Gewerbe entlang der Bahnlinie im Osten. Nach dem Wiederaufbau der kriegszerstörten Altstadt setzte sich die die Bebauung der Böblinger Hanglagen im Osten mit ähnlichem Erschließungs- und Bebauungsmuster fort. Im Osten über den Hängen und Ausläufern des Glemwaldes liegen Wohngebiete mit überwiegend lockerer Ein- und Mehrfamilienhausbebauung sowie Doppelhaus- und Reihenhäusern, deren Entwicklungen bis in die 1950er und 60er Jahre weitgehend abgeschlossen waren: **Galgenberg**, **Herdweg**, **Tannenberg** und **Waldburg**.

Große Gewerbe- und Industriegebiete entstanden im Westen auf der **Hulb**, im Südosten am **Röhler Weg**, im Gewinn Blumenmahden und auf dem Schönaicher First.

Ab Ende der 1950er Jahre folgten für den Wohnungsbau verdichtete Siedlungserweiterungen im Süden und Südosten mit überwiegend Geschosswohnungsbauten, Hochhäusern und Zeilenbebauung, z. B. das neue Stadtteil **Leere Wasen**, in der rund 1.000 Wohnungen für den sozialen Wohnungsbau errichtet wurden. Danach folgten Mitte der 1960er Jahre der Bau des Stadtteils **Grund** und die großen Wohngebiete Siebeneck und **Rauher Kapf** sowie das Gebiet entlang der **Nürtinger Straße** mit Hochhäusern, Zeilenbauten und vereinzelt Reihenhaushaus- und Einfamilienhausgebieten mit Bungalows. Ab Mitte der

1970er Jahre (bis 2002) erfolgte mit **Diezenhalde** im Süden eine weitere Stadterweiterung in Stadtteilgröße.

Im neuen, ca. 80 ha großen interkommunalen Wohn- und Gewerbegebiet **Flugfeld** werden seit den 00er-Jahren gemeinschaftlich von den Städten Böblingen und Sindelfingen Angebote für Gewerbe und Wohnen geschaffen.

Der seit 1971 zur Stadt Böblingen gehörende Ort **Dagersheim** hatte jahrhundertlang eine eigenständige dörfliche Entwicklung. Ab Anfang der 1970er Jahre folgte mit Dagersheim-Ost eine großflächige Ortserweiterung mit vereinzelt Hochhäusern, Geschosswohnungsbau und Reihenhäusern sowie dem gemeinsamen Gewerbegebiet Hulb, in welchem vorwiegend kleine und mittelständische Betriebe angesiedelt sind.

Für den kommunalen Wärmeplan in Böblingen wurden in Abstimmung mit der Verwaltung folgende Teilgebiete definiert. Diese entsprechen nur teilweise den festgelegten Stadtteilen bzw. Sozialräumen. Die Abgrenzungen wurden so getroffen, dass diese für die Erarbeitung des Wärmeplans sinnvoll sind:

Tabelle 2: Überblick über die betrachteten Eignungsgebiete in Böblingen

Gebiet	Hauptnutzung	Städtebauliche Merkmale
Altes Krankenhaus	Gemeinwesen	Altes Krankenhaugelände.
Altstadt+	Mischgebiet Wohnen / Gewerbe / Gemeinwesen	Gemischte Nutzungen im Bereich der historischen Altstadt mit dichter Bebauung, meist unmittelbar am Straßenrand. Gebiete nord- und südwestlich vorwiegend mit Wohnnutzung.
Dagersheim Süd	Wohnen	Historischer Ortskern und westlich / südöstlich angrenzende Wohngebiete mit Einfamilienhäusern. Entlang Böblinger Straße / Hauptstraße vereinzelt Gewerbe und Gemeinwesen (Schule, Festhalle).
Dagersheim FW	Wohnen	Entlang der Goethestraße und Schützenweg Geschosswohnungsbau, nordwestlich der Albert-Schweitzer-Straße Ein- und Mehrfamilienhäuser.
Dagersheim Ost/West	Wohnen	Aufgelockerte Wohngebiete, primär mit Einfamilienhäusern.
Diezenhalde	Wohnen	Unterteilt in unterschiedliche Bauabschnitte mit jeweils eigener Gebäudetypologie. Einzel- / Doppelhausbebauung in Randbereichen, Mehrfamilienhäuser, Geschosswohnungsbau v.a. entlang der Freiburger Allee. Zudem zwei Schulen und Nahversorgung.
Flugfeld	Wohnen / Gewerbe	Stadtteil in Entwicklung, Neubauten auf ehemaliger Brache, sowohl Wohn- als auch Gewerbenutzung.
Galgenberg Ost	Wohnen	Wohngebiet mit hohem Grünanteil, vorw. Einfamilienhäuser, im Nordosten Geschosswohnungsbau sowie Zentrum für Freizeitaktivitäten, im Westen Grundschule.
Grund	Wohnen	Aufgelockerter, durchgrünter Stadtbereich mit mehrstöckigen Wohnkomplexen im östlichen und nördlichen Bereich, im

		südwestlichen Teil Einfamilienhäuser mit Ausnahme der Hochhäuser am Siedlungsrand. Grundschulzentrum entlang des Hangs zur Diezenhalde.
Herdweg Ost	Wohnen	Einfamilienhäuser mit Gärten, entlang des Herdwegs öffentliche Gebäude (u. a. Schulen, Kirche).
Hulb	Gewerbe	Gewerbegebiet.
Hulb Nord	Gewerbe	Industriegebiet – Logistik/Hallen, Daimler als Hauptabnehmer.
Leere Wasen	Wohnen / Gemeinwesen	Lockere, durchgrünte Wohnbebauung, Gemeinwesen (mehrere Schul-/ Kirchenzentren und Landratsamt). Entlang der Berliner Straße und der Königsberger Straße Gewerbe.
Nürtinger Straße	Wohnen	In Gebietsmitte Hochhäuser und Geschosswohnungsbau, umgeben von Einfamilienhäusern.
Panzerkaserne	Mischgebiet Wohnen / Gewerbe / Gemeinwesen	Kasernengelände mit Wohnnutzungen, Einzelhandel und weiteren Angeboten.
Rauher Kapf Nord	Gewerbe / Gemeinwesen	Östlich der Schönaicher Straße Gewerbe, westlich Freizeitanlagen.
Rauher Kapf Süd	Gewerbe / Wohnen	Östlich der Schönaicher Straße Wohngebiet mit Geschosswohnungsbau sowie Einfamilienhäusern (Waldsiedlung), westlich IBM-Areal.
Rührer Weg	Gewerbe	Vorwiegend gewerbliche Nutzung.
Tannenberg	Wohnen	Wohnsiedlung in Parzellenstruktur mit überwiegend Einfamilienhäusern.
Therme	Gewerbe / Gemeinwesen	Freizeitangebot Therme und nördlich Gebäude der Bau-Berufsgenossenschaft.
Unterstadt	Mischgebiet Wohnen / Gewerbe / Gemeinwesen	Verdichtete Struktur mit Mischnutzung von Wohnen, Gewerbe (u. a. Einzelhandel, Dienstleistungen) und Gemeinwesen (z. B. Mildred-Scheel-Schule, Polizeirevier Böblingen).
Waldburg Ost	Wohnen	Wohnsiedlung mit Einfamilienhäusern und eher lockerer Bebauung.

Baualtersklassen

Die Stadtentwicklung und Stadtstruktur Böblingens spiegelt sich in der Verteilung der Baualtersklassen wider (vgl. Abbildung 2). Rund 9 % des Gebäudebestands sind vor dem 2. Weltkrieg entstanden, der größere Teil davon in der Altstadt und dem Kern von Dagersheim vor 1919 bzw. zwischen 1919 bis 1948. Der mit rund 60 % größte Anteil der Gebäude Böblingens ist in der Nachkriegszeit im Zuge der verschiedenen Siedlungserweiterungen Leere Wasen, Grund, Tannenberg, Herweg Ost, Waldburg Ost, Galgenberg Ost, Teilen der Nürtinger Straße und um das Zentrum Dagersheims erbaut worden. Etwa 19 % des Siedlungsbestandes ist nach Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (ab

1979) entstanden, vor allem im Stadtteil Diezenhalde. Jüngere Entwicklungen nach Mitte der 90er ergaben sich ebenfalls in Diezenhalde sowie im Nordosten Dagersheims. Etwa 12 % der Gebäude besitzen in den zugrundeliegenden Daten des Zensus 2011 keine Baualtersangabe, wobei dies vor allem Industrie- und Gewerbegebäude betrifft.

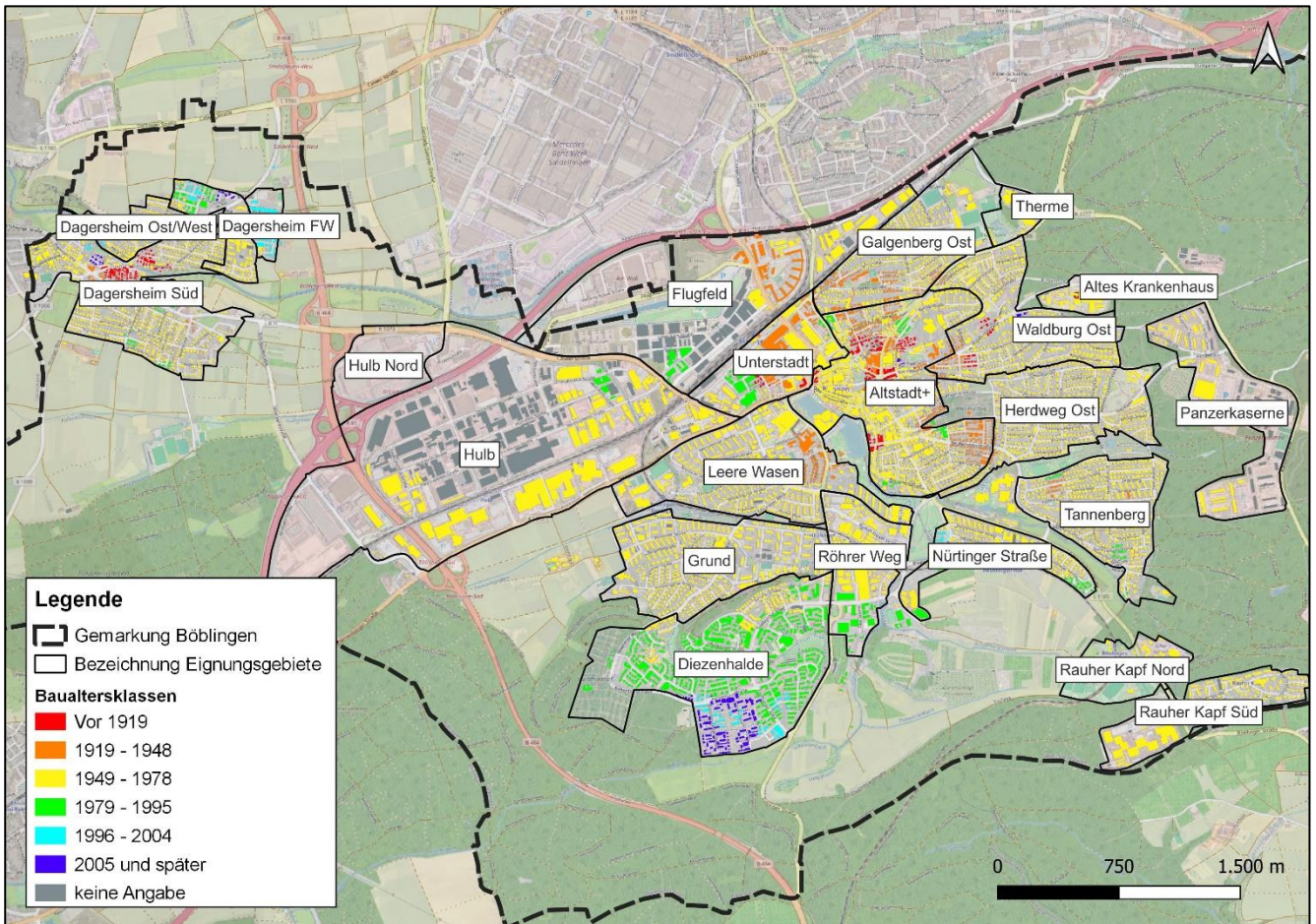


Abbildung 2: Wohngebietsentwicklung in Böblingen nach Baualtersklassen (Datenquelle: Zensus 2011)

Hinsichtlich der Geschossigkeit der Gebäude im Böblinger Siedlungsbereich überwiegen die zweigeschossigen Gebäude, die etwas über die Hälfte des Gebäudebestandes ausmachen. Es folgen ein- und dreigeschossige Gebäude mit je einem Anteil von 14 %. Geschosswohnungsbau (ab 4 Geschosse und höher) bildet rund 9 % des Gebäudebestands. 23 Gebäude verfügen über mehr als 10 Stockwerke, wobei diese Gebäude überwiegend in den Gebieten Nürtinger Straße und Grund liegen. Für 11 % der Gebäude liegen wie auch bei der Baualtersklasse keine Daten vor.

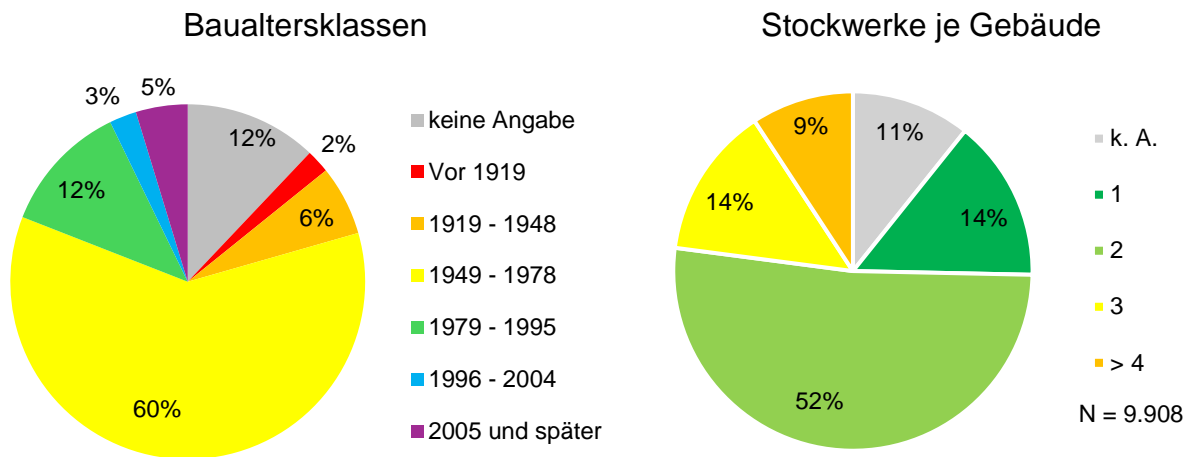


Abbildung 3: Verteilung der Baualtersklassen und Stockwerkszahlen (Stand: Zensus 2011)

3.2. Methodik und Datengrundlage

Der Wärmeplan wurde in Verbindung mit einem Geoinformationssystem (GIS) erstellt. Dabei wurden insbesondere bereits georeferenzierte Daten der Stadt zum Gebäudebestand mit Angaben zu den Verbräuchen leitungsgebundener Energieträger sowie Daten zu Feuerstellen im Stadtgebiet aufbereitet, miteinander verschnitten und ggf. weiter ergänzt.

Unter Beachtung des Datenschutzes wurden adressbezogene Daten, insbesondere Verbrauchsangaben oder Daten aus Kehrbüchern der Schornsteinfeger für die Auswertung und Darstellung zusammengefasst. Alle Daten, die unter die Datenschutzbestimmungen fallen, werden nach Abschluss des Projektes gelöscht.

Geliefert werden für die kommunale Wärmeplanung vorrangig folgende Daten:

- Verbräuche
 - Fernwärmeverbräuche
 - Gasverbräuche
 - Stromverbräuche zur Beheizung von Gebäuden
- Leistungsdaten
 - Die Schornsteinfeger liefern leistungsgebundene Zahlen der Feuerstätten in den Bezirken
- Netzdaten
 - Gas- und Stromnetze
 - FW-Netze
- Erzeugerdaten
 - Heizzentralen
 - Erneuerbare und KWK-Anlagen
 - Beschlossene / in Entwicklung befindliche Projekte der Wärmeversorgung

- Kommunale Daten
 - Hauskoordinaten mit Zuordnung von Adressen
 - ALKIS Datensatz

Eine detaillierte Liste der gelieferten Daten befindet sich in Anlage 1.

3.3. Methodik

3.3.1. Verarbeitung der Daten

Adresskorrekturen und Umrechnung auf Gebäudeebene

Die Verbrauchsdaten für Fernwärme, Gas und Heizstrom werden im Regelfall ebenso wie die Leistungsdaten der Schornsteinfeger auf Adressbasis geliefert. Die Adressbezeichnungen unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht. Daten, die lediglich durch Adresszusätze, Leerzeichen etc. voneinander abweichen werden fehlerkorrigiert, um sie danach gebäudescharf in ein Geoinformationssystem zu übertragen. Manche Adressen sind jedoch nicht zuordenbar. Diese Adressen können nicht gebäudescharf zugeordnet werden und werden somit einem „Fehlerlayer“ zugeordnet, der im weiteren Verlauf der Wärmeplanung in den Verbrauchsdaten immer mitberücksichtigt wird.

Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte

Als Vorbereitung zur Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte wurden die Gebäude-Shapes aus den ALKIS-Daten der Stadt Böblingen mit den Verbrauchsdichten und den Hauskoordinaten verschnitten. Für die Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte wurde ein QGIS-Plugin genutzt, welches explizit für die Berechnung der Wärmeverbrauchsdichte programmiert und erstellt wurde. Die Wärmeverbrauchsdichte wird in Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Jahr ($\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$) angegeben.

Für die Benutzung des Plugins werden die Nutzenergieverbräuche der Gebäude benötigt. Die Nutzenergie (kWh/a) aller Energieträger pro Gebäude liegen auf dem Gebäudelayer, welcher aus den ALKIS-Daten und den Hauskoordinaten für die gesamte Gemarkung Böblingen entnommen wurde. Somit wird jeder Verbrauchspunkt per Adresszuweisung einem Gebäudepolygon zugewiesen.

Die Wärmeverbrauchsdichte wird in einer Kachel-Darstellung (75×75 m) dargestellt. Die in den Rastern errechneten Werte werden in der Einheit $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ (Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Jahr) dargestellt. Aus Datenschutzgründen wird die Wärmeverbrauchsdichte in diesem Bericht in gröberer Auflösung gezeigt.

Einteilung in Industrie

Für die Wärmeplanung wird gefordert, dass Energieverbrauch und Treibhausgasbilanz in folgende Sektoren unterteilt übermittelt werden: Gewerbe und Sonstiges, Industrie, kommunalen Einrichtungen, Wohnen. Für den Sektor Industrie lag in Böblingen keine Einteilung vor. Auch eine Einteilung nach

Zugehörigkeit der Wirtschaftszweige nach WZ2008 wie von der KEA vorgeschlagen war nicht möglich, da auch über die Wirtschaftszweige keine Daten vorlagen.

Dementsprechend wurde die Annahme getroffen, dass Verbräuche, die über 3 Mio. kWh liegen und nicht zu den kommunalen Einrichtungen oder Erzeugungsanlagen für die Fernwärme gehören als Industrie klassifiziert werden.

3.3.2. Hochrechnung Verbräuche (Vollbenutzungsstunden)

Da für den Energieträger Gas sowohl die Leistungsdaten über die Schornsteinfeger als auch der jährliche Verbrauch über die Versorgungsdaten vorliegen, ist es möglich, Vollbenutzungsstunden für den Energieträger Gas auszulesen. Diese individuell errechneten Vollbenutzungsstunden – unterschieden nach Gebäudetyp – kommen dann auch zur Hochrechnung der Leistungsdaten der nicht leitungsgebundenen Energieträger zum Einsatz. Somit können Verbrauchswerte nicht-leitungsgebundener Energieträger wie z. B. Heizöl und Holz errechnet werden. Für Gebäude, bei denen mehrere Heizarten nur als Zusatzheizung zu einer anderen Heizart angegeben sind, wird angenommen, dass Holz für die Befuerung des Kamins genutzt wird.

Die Abschätzung der Vollbenutzungsstunden geschieht auf Nutzenergiebasis. Zur Umrechnung zwischen End- und Nutzenergie kommen die in der folgenden Tabelle dargestellten Wärmewirkungsgrade zum Einsatz.

Tabelle 3: Wärmewirkungsgrade im Jahresdurchschnitt

Energieträger	Wärmewirkungsgrad (Jahresdurchschnitt)	Heizungsart	Leistungs-kategorie [kW]	Quelle
Wärmenetze	97%	Hausübergabestation indirekt	<150	Technikkatalog KEA
Erdgas	90%	Gasbrennwertgerät 20% und Gas-therme 80%	alle Leistungs-klassen	Technikkatalog KEA
Heizöl	87%	Ölbrennwertkessel	10-offen	Technikkatalog KEA
Luft-Wärme-pumpe	325%	Luft-Wasser-Wär-mepumpe dezent-ral	1,8-8	Technikkatalog KEA
Erdwärme-Wärmepumpe	380%	Sole/Wasser WP, Mittelwert Flä-chenheizung und Heizkörper		Technikkatalog KEA
Biomasse	63%	Mischwert aus Holzhackschnitzel-heizung, Pelletkes-sel mit Regelung und Raumaustrag und Holzheizung mit Scheitholz	alle Leis-tungs-klassen	Mischwert aus Technikkatalog KEA

Direktstrom	100%	Stromdirekthei- zung fest einge- baut	2-7	Technikkatalog KEA
Wasserstoff, inkl. Beimi- schung zu Erd- gas	95%	H2 Brennwertkessel		Kurzgutachten zur Überarbeitung von An- forderungssystemen und Standards im Ge- bäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaft- lichkeitsbetrachtungen für Neubauten und Bestandsgebäude (bmwk.de)
Synt. Brenn- stoffe (PtX)	95%	PtG Brennwertkessel		
Solarthermie	93%			Substitutionseffekte von Erneuerbarer Wärme (umweltbundesamt.de)
Sonstige fos- sile Brenn- stoffe	75%	Mischung aus Holz und Öl für grobe Abschätzung Kohle		Mischwert

Tabelle 4: Auswertung Vollbenutzungsstunden nach Gebäudetyp für Böblingen

Abkürzung	Vollbenutzungsstunden (h/Jahr)	Weitere Annahmen	
Badeg	656		
Btrg	1052	Anteil Warmwasser an Wärmeenergieverbrauch	0,18
Büro	1377		
Fhfg	1304	Anteil Deckung Wärmeenergieverbrauch über Kamin	0,15
Gast	1660		
Gdehs	760	Umrechnungsfaktor für Vollbenutzungsstunden	1,054
Ghs	956		
HDL	1182		
Heim	951		
Hotel	2344		
Kiga	1520		
Kirche	856		
Krhs	1593		
Lagg	802		
Post	1005		
Rathaus	2090		
Relg	748		
Schule	774		
Senhm	897		
Sportg	1217		
Tgar	1012		
Tkst	1054		
Veranst	1264		
Vergnst	718		
Vwg	1024		
WBtrg	867		
WBüro	1333		
WGhs	1212		
Whs	992		
Wkst	860		
Mittelwert	1020		

3.3.3. Auswertung Gebäudealter und Stockwerkszahlen

Die Stockwerkzahl der Gebäude sowie das Alter der Gebäude sind wichtige Faktoren, welche im weiteren Verlauf der Wärmeplanung gebraucht werden. Bspw. zur Berechnung der Nutzfläche oder des Sanierungspotenzials bis 2040.

Die Daten werden aus öffentlichen Quellen (Zensus, OSM (Open Street Map)) generiert. Daher ist zu erwähnen, dass nicht für jedes Gebäude beide Informationen vorliegen. Ggfs. kann es auch zu

Interpolationen kommen, bspw. wenn für ein Gebäude keine Stockwerkzahl vorliegt, jedoch alle umliegenden Gebäude eine Stockwerkzahl zugewiesen haben. In diesem Falle kann es dazu kommen, dass dem Gebäude ohne Stockwerkzahl durch Interpolation der Stockwerkzahlen der Nebengebäude eine eigene Stockwerkzahl zugewiesen wird, die nicht zwingend der Realität entsprechen muss.

Im Falle der Kommunalen Wärmeplanung in Böblingen konnten ca. für 70 % der Gebäude eine Stockwerkzahl zugewiesen werden. Alle weiteren Informationen zu den Stockwerkzahlen wurden durch eine kNN-Matrix innerhalb eines dafür entwickelten Python-Skripts interpoliert.

3.4. Versorgungsstruktur

In der Gemarkung Böblingen bestehen zwei Fernwärmenetze: das Netz der SWBB und das der FTG. Die Stadtteile Diezenhalde und Grund wurden von der SWBB als Fernwärmegebiete entwickelt. Hulb, Nürtinger Straße und Rauher Kapf werden aktuell von der SWBB mit Fernwärme erschlossen. Durch die Transportleitung für die Abwärme Daimler hat die FTG auch im Flugfeld und der Unterstadt Fernwärmegebiete erschlossen. Auch die Panzerkaserne wird – bilanziell von der FTG – mit Fernwärme versorgt. Im nördlichen Dagersheim besteht ein Fernwärme-Inselnetz.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der FW-Anschlüsse in den einzelnen Stadtteilen.

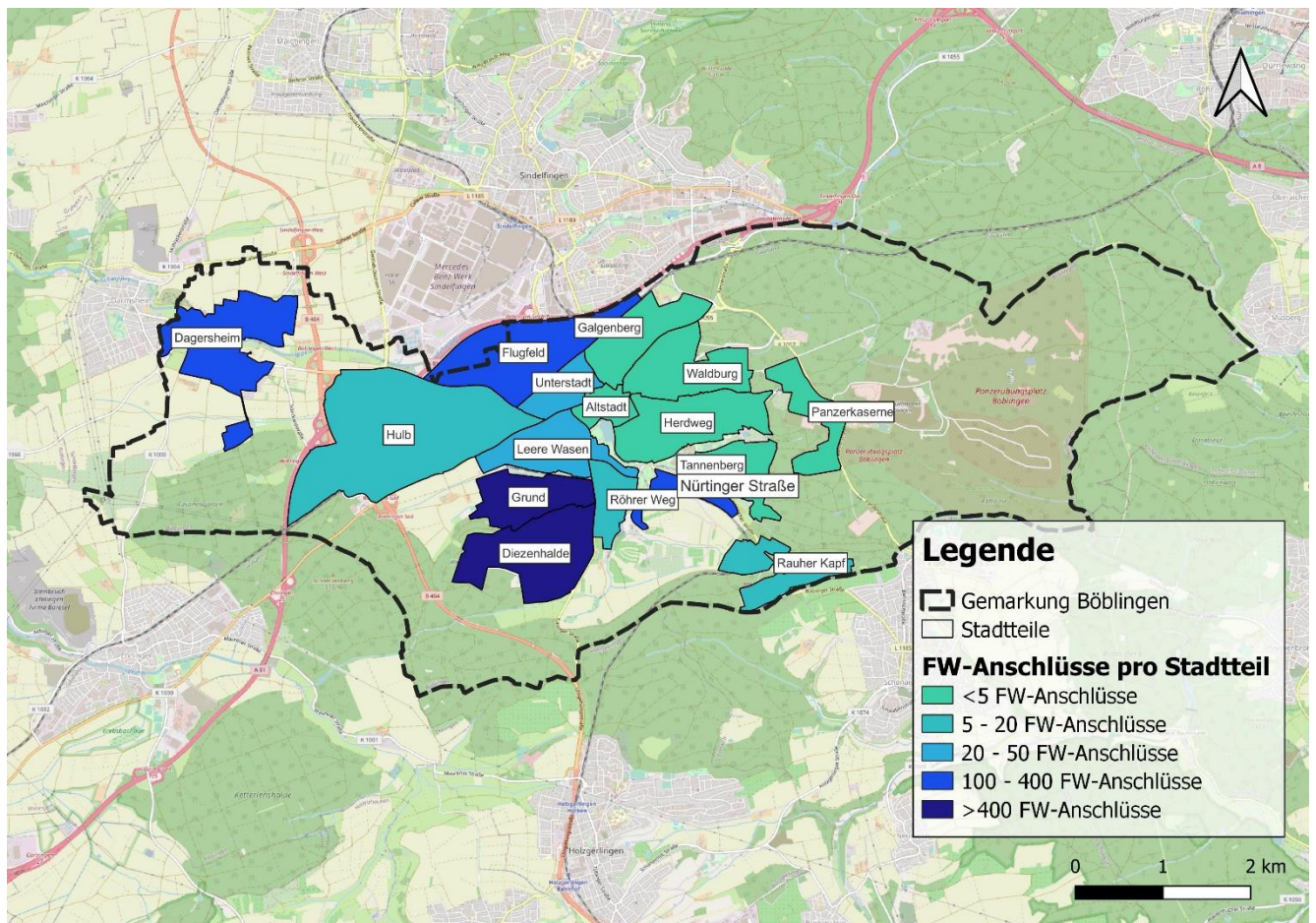


Abbildung 4: FW-Anschlüsse pro Stadtteil (Kartengrundlage: OpenStreetMap)

Darüber hinaus wird die Wärme in Böblingen vorrangig durch Gas erzeugt (siehe Abbildung 5). Der Stadtteil Tannenberg wird vorrangig dezentral über Heizöl versorgt, weist dadurch aber auch den höchsten Anteil an Wärmepumpen auf.

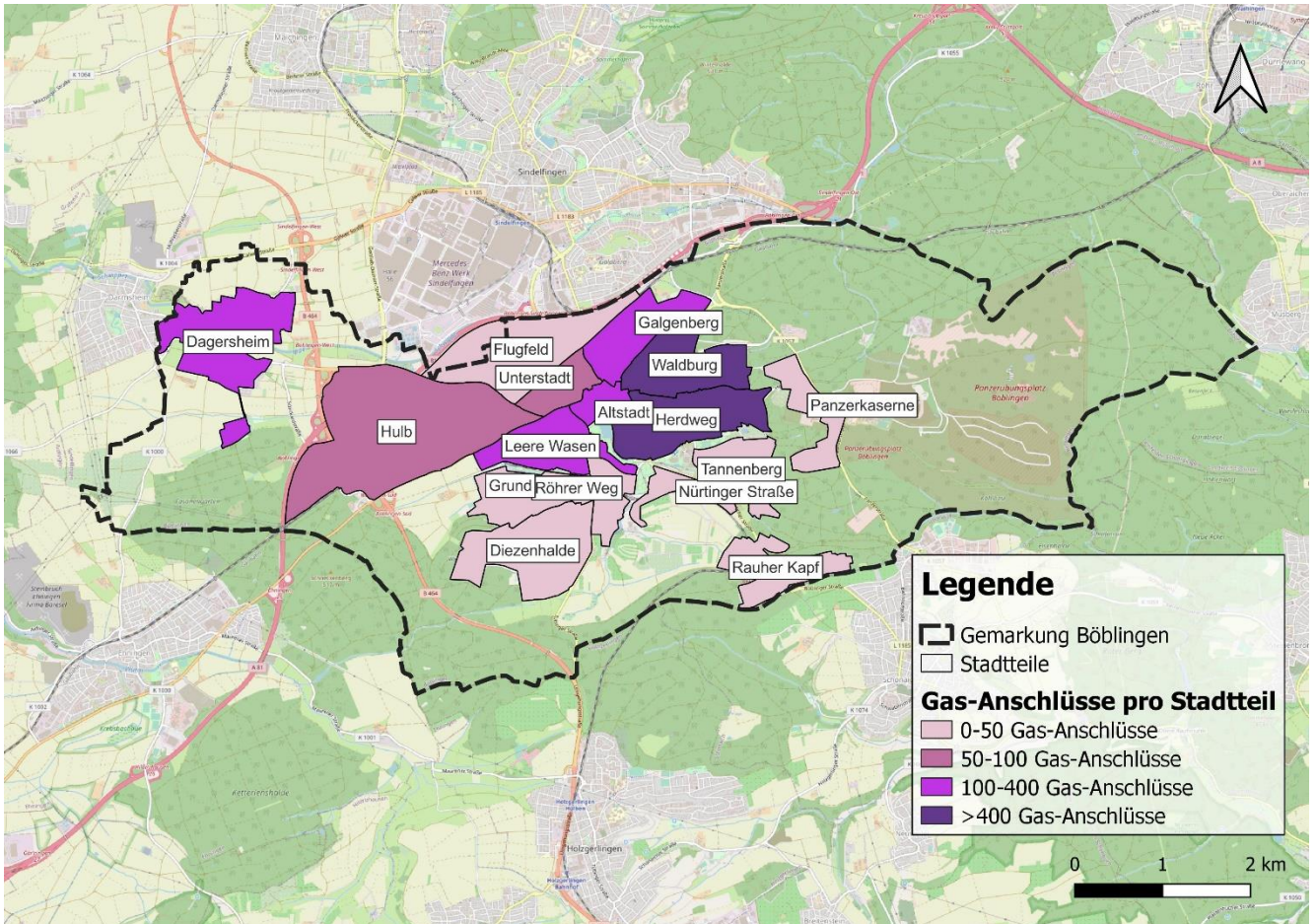


Abbildung 5: Gas-Anschlüsse pro Stadtteil (Kartengrundlage: OpenStreetMap)

Die Verteilung der dezentralen Versorgungsstrukturen wird in Kapitel 3.6 beschrieben.

3.5. Erzeugung der Fernwärme

SWBB

Der größte Teil der Wärme im Fernwärmenetz der SWBB in Böblingen stammt aus dem RMHK (Restmüllheizkraftwerk), welches in 2019 72% der Wärme im Netzgebiet SWBB bereitstellt. Darüber hinaus wurden 15% von der FTG bezogen, deren Wärme vollständig aus dem Heizkraftwerk Daimler stammt. Die restliche Wärme im FW-Netz der SWBB wird vorrangig durch das BHKW und die Heizkessel im Grund und durch den Energiepark Hulb erzeugt (siehe Abbildung 6).

FTG und Dagersheim

Zusätzlich setzte die FTG an die FTG-Kunden und an die Panzerkaserne in 2019 41.000 MWh ab, die vollständig durch die Abwärme von Daimler versorgt werden. Das Netz in Dagersheim wird vollständig durch das Gas-BHKW Dagersheim gespeist (Abbildung 7).

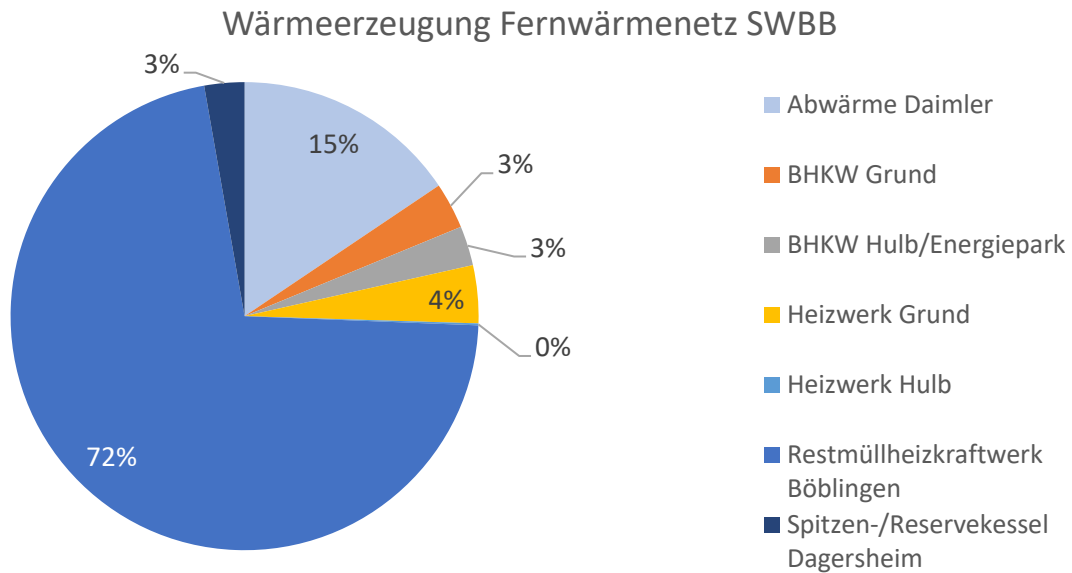


Abbildung 6: Wärmeerzeugung FW-Netz SWBB (Stand 2019)

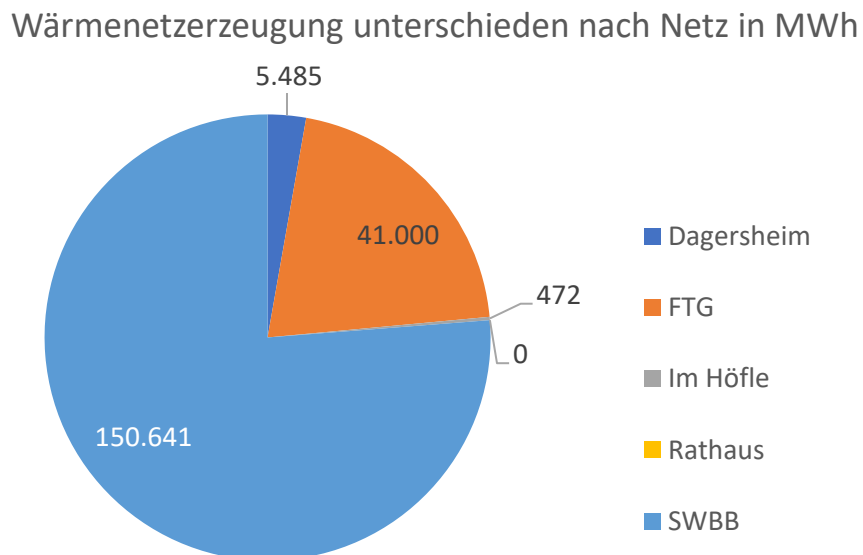


Abbildung 7: Wärmenetzerzeugung nach Netz (Stand 2019)

Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet. Insgesamt handelt es sich um fünf Anlagen auf der Gemarkung Böblingen und eine Anlage auf Sindelfinger Gemarkung. Auf

Böblinger Gemarkung stehen folgende Anlagen: Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) in Dagersheim, ein BHKW im Gewerbegebiet Hulb, ein Spitzenlastheizkraftwerk im Stadtteil Grund, ein Mini-BHKW unter dem Rathaus in der Altstadt, sowie das Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) Böblingen auf dem Gelände der Müllverbrennungsanlage. Dazu kommt das Heizkraftwerk Daimler auf der Gemarkung Sindelfingen.

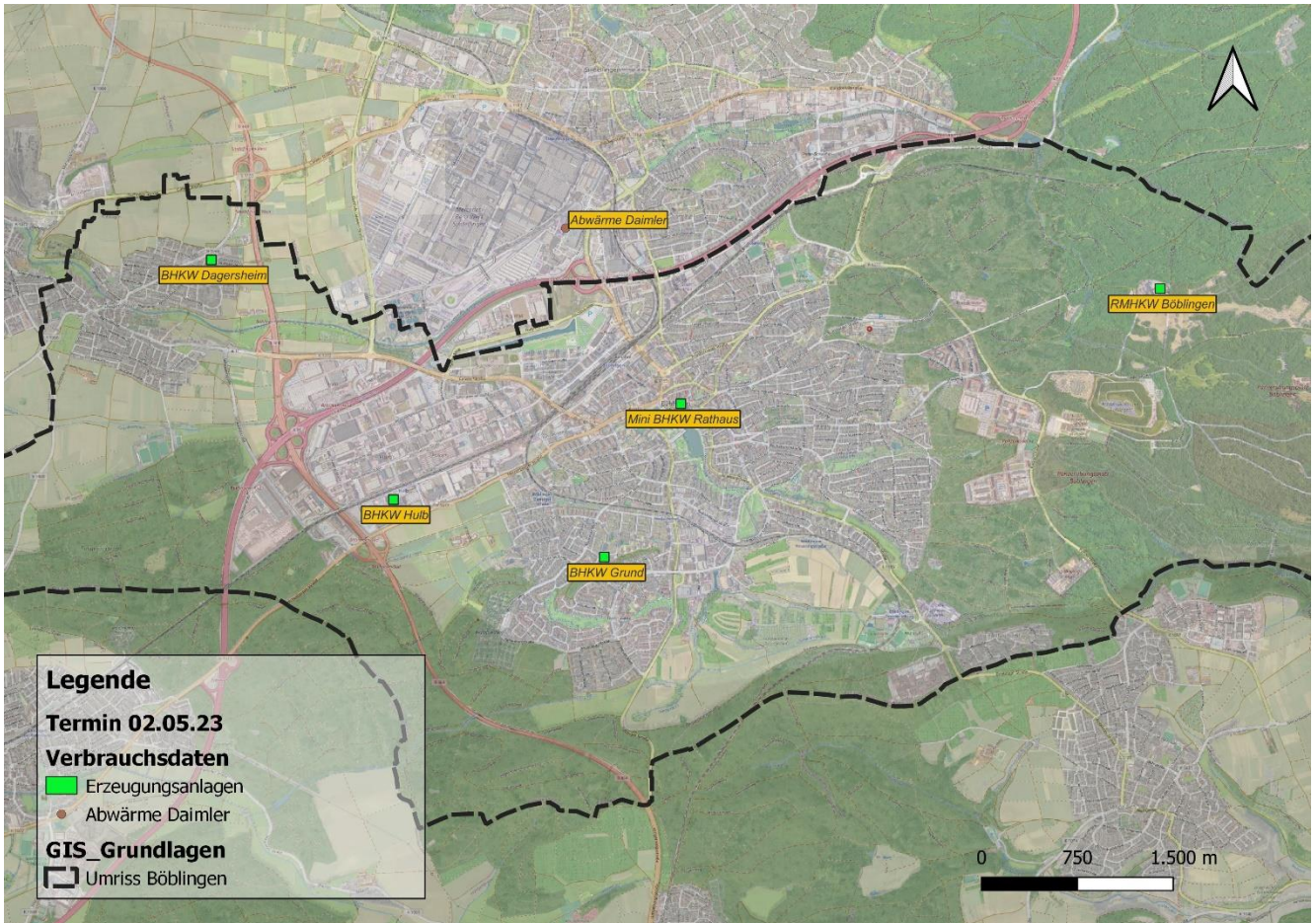


Abbildung 8: Verteilung der Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet Böblingen

3.6. Energie- und Treibhausgasbilanz

Nach dem Leitfaden der Kommunalen Wärmeplanung (Kapitel 3.2.2 im Leitfaden) ist für das Aufstellen eines Wärmeplans bis 2030 und 2040 die Beurteilung der Ist-Situation unerlässlich. Hierfür muss zum einen der Wärmeverbrauch und zum anderen die Treibhausgas-Emissionen ermittelt werden.

Hierbei wurden die Verbrauchswerte herangezogen und mit den Emissions-Faktoren des Technikcatalogs der KEA zur Ermittlung der kommunalen Wärmeplanung verrechnet. Beim Emissionsfaktor für die Fernwärme wurden die Zahlen der Stadtwerke Böblingen herangezogen, welche als Experten vor Ort agieren.

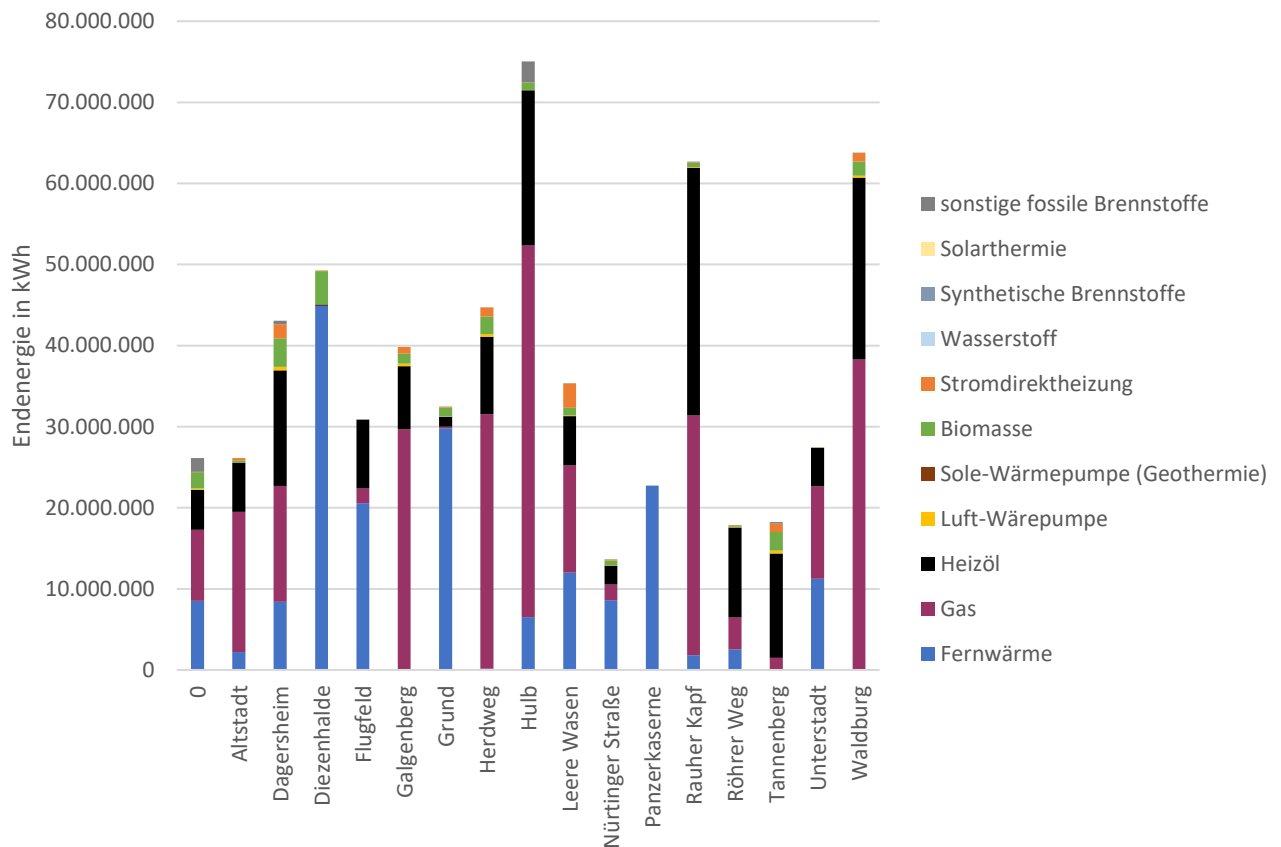


Abbildung 9: Endenergiebedarf pro Stadtteil im Bestand (2019)

Abbildung 9 zeigt den Endenergiebedarf in Kilowatt-Stunden pro Jahr für die jeweiligen Stadtteile Böblingens. Im Stadtteil „0“ werden alle Verbräuche, welche nicht zuzuordnen waren, eingeordnet, sodass dieser Verbrauch nicht verloren geht.

Auffällig sind die hohen Gas- und/oder Heizölverbräuche in von Gewerbe und Industrie geprägten Stadtteilen **Rauher Kapf**, **Röhrer Weg** und **Hulb** sowie in den Wohngebieten **Altstadt**, **Waldburg**, **Tannenberg**, **Herdweg** und **Galgenberg**. Das Gewerbegebiet **Hulb** wird derzeit bereits mit Fernwärme erschlossen, sodass hier in den nächsten Jahren mehr Fernwärme für die Wärmeerzeugung und weniger Gas und Heizöl verwendet werden wird. Im Stadtteil Galgenberg geht ein Teil des hohen Gasverbrauchs auf die Therme zurück. Im Stadtteil Waldburg besitzt das alte Krankenhaus einen hohen Verbrauch an Gas und Heizöl.

In den Wohngebieten **Diezenhalde** und **Grund** sowie in der **Panzerkaserne** bestehen schon heute sehr hohe Anschlusszahlen an die Fernwärme, wodurch die Fernwärme der primäre Energieträger in diesen Gebieten ist. Diese Stadtteile wurden schon als fernwärmeversorgte Gebiete geplant und umgesetzt, sodass andere Energieträger nur sehr untergeordnet vorkommen.

Im Jahr 2019 ist Gas der dominierende Energieträger, gefolgt von Heizöl und Fernwärme, wobei sich schon heute abzeichnet, dass die Fernwärme immer mehr Anteile erreicht. Andere Energieträger, wie Biomasse, sonstige fossile Energieträger oder Heizformen wie Wärmepumpen, Stromdirektheizungen sind untergeordnet vertreten.

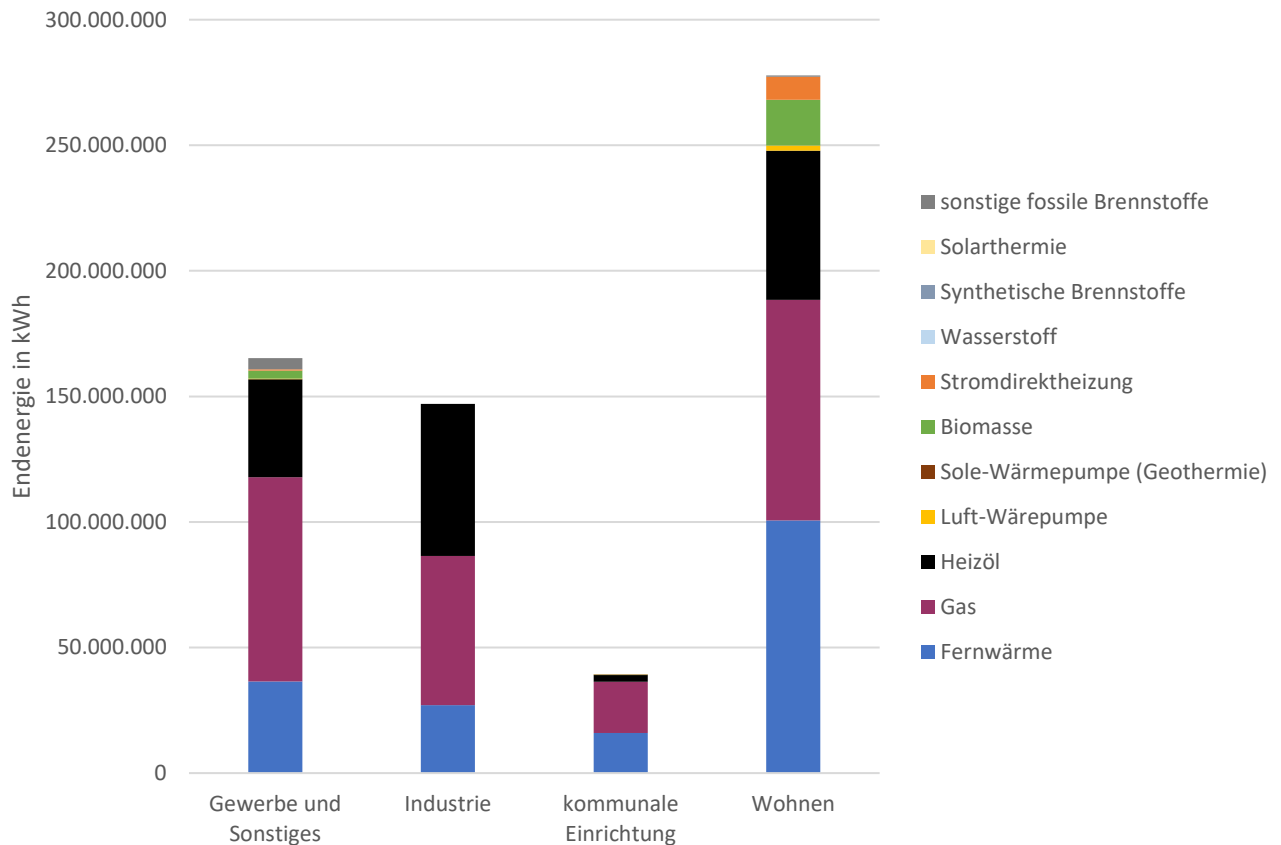


Abbildung 10: Endenergieverbrauch pro Sektor im Bestand (2019)

In Abbildung 10 wird der Endenergiebedarf in Kilowatt-Stunden pro Jahr auf die jeweiligen Sektoren (Gewerbe und Sonstiges, Industrie, kommunale Einrichtung und Wohnen) dargestellt. Im Stadtteil „0“ werden alle Verbräuche, die nicht zuzuordnen waren, untergebracht.

Im Sektor **Gewerbe und Sonstiges** wird zu einem Großteil (>50 %) der benötigten Energie durch Gas erzeugt. Heizöl und Fernwärme kommen hierbei zu ähnlichen Teilen zum Tragen. Weiter werden Energieträger wie Biomasse und sonstige fossile Energieträger, sowie Stromdirektheizungen zur Wärmeerzeugung derzeit eingesetzt.

Im Sektor **Industrie** werden Heizöl und Gas zu sehr ähnlichen Teilen verbraucht. Als dritte Quelle wird Fernwärme benötigt, wobei sich der Bedarf hierbei in den nächsten Jahren stark steigern wird, da in Hüb bereits heute schon die Fernwärme-Anschlüsse aufgestockt werden. Ebenso wird der Anteil der Industrie ggfs. auf lange Sicht eher zurückgehen. Darüber hinaus kann der absolute Verbrauch an

Heizöl bei Industrie und Gewerbe etwas verzerrt dargestellt werden, da explizit in der Berechnung auf Leistungsdaten geschaut wird, welche über die Daten der Bezirks-Schornsteinfeger vorliegen.

In den **kommunalen Einrichtungen** ist Gas der primäre Energieträger zur Erzeugung der Wärme, dicht gefolgt von Fernwärme (Heizöl wird in den kommunalen Liegenschaften nur untergeordnet benötigt). Andere Energieträger wurden bis 2019 nicht in den kommunalen Einrichtungen verwendet.

Im Sektor **Wohnen** ist schon heute der prozentuale Anteil der Versorgung mit Fernwärme größer als die Anteile von Gas und Heizöl. Nichtsdestotrotz wird auch hier die Fernwärme in der Zukunft weiter ausgebaut werden müssen.

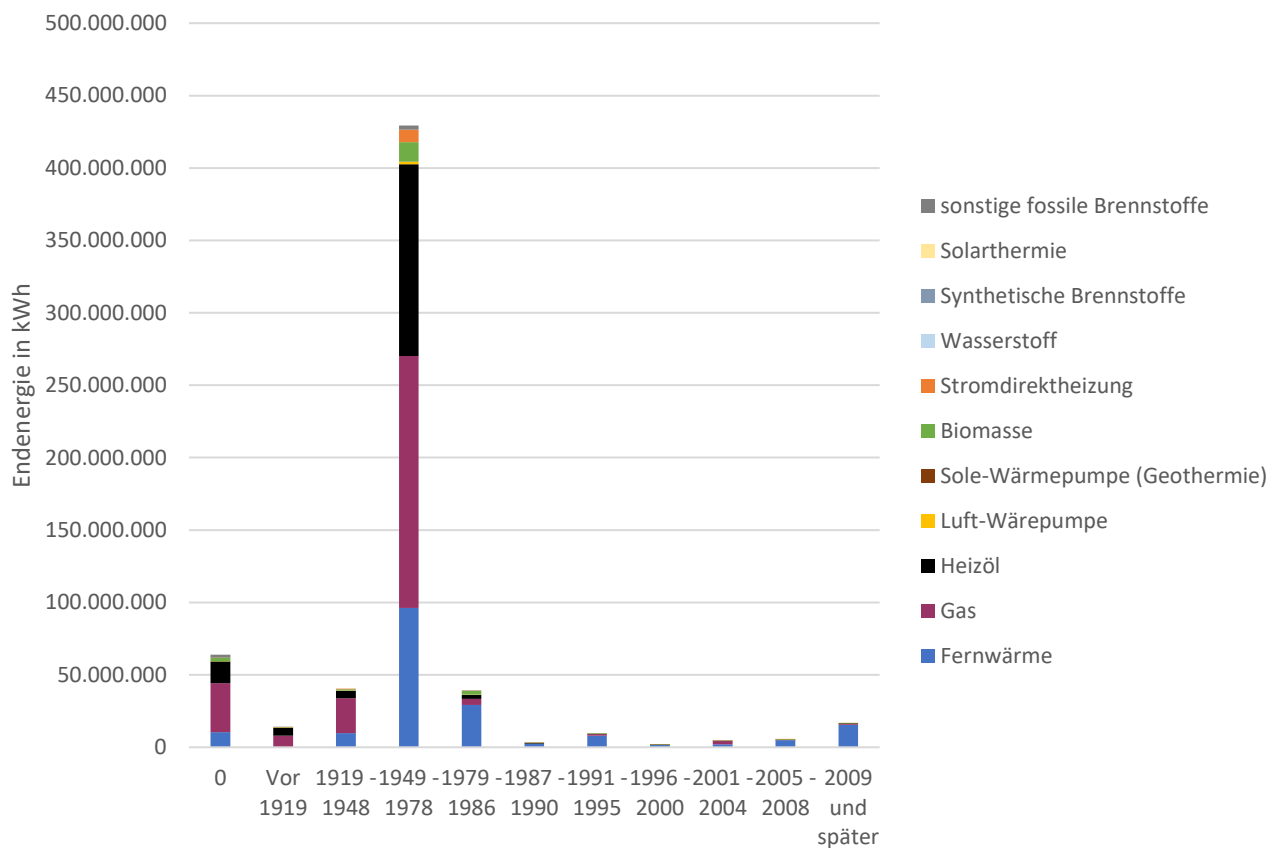


Abbildung 11: Endenergieverbrauch pro Baualtersklassen im Bestand (2019)

In Abbildung 11 wird der Endenergieverbrauch (kWh/a) der einzelnen Energieträger bzw. Heiztechnologien auf die Baualtersklassen im Bestand (2019) verteilt dargestellt.

Hierbei fällt auf, dass der größte Energieverbrauch von Gebäuden der Altersklasse **1949-1978** hervorgeht., wobei Gas, Heizöl und Fernwärme die bestimmenden Energieträger sind. Dies resultiert zum einen daraus, dass zu dieser Zeit viel gebaut wurde (Nachkriegszeit) und somit viele Gebäude Böblingens in diese Baualtersklasse fallen und zum anderen daher, dass diese Gebäude ein hohes

Sanierungspotenzial haben, da sie energetisches Verbesserungspotenzial aufweisen. Dies wird auch in Kapitel 3.1 (Bedarfsprognose) nochmal deutlich.

Ebenso fällt auf, dass der Anteil der Fernwärmenutzung ab **1979** bis **heute** (2009 und später) prozentual die führende Wärmeversorgung darstellt wobei für die Gebäude ab **2009 und später** die Kurve nochmal ansteigt.

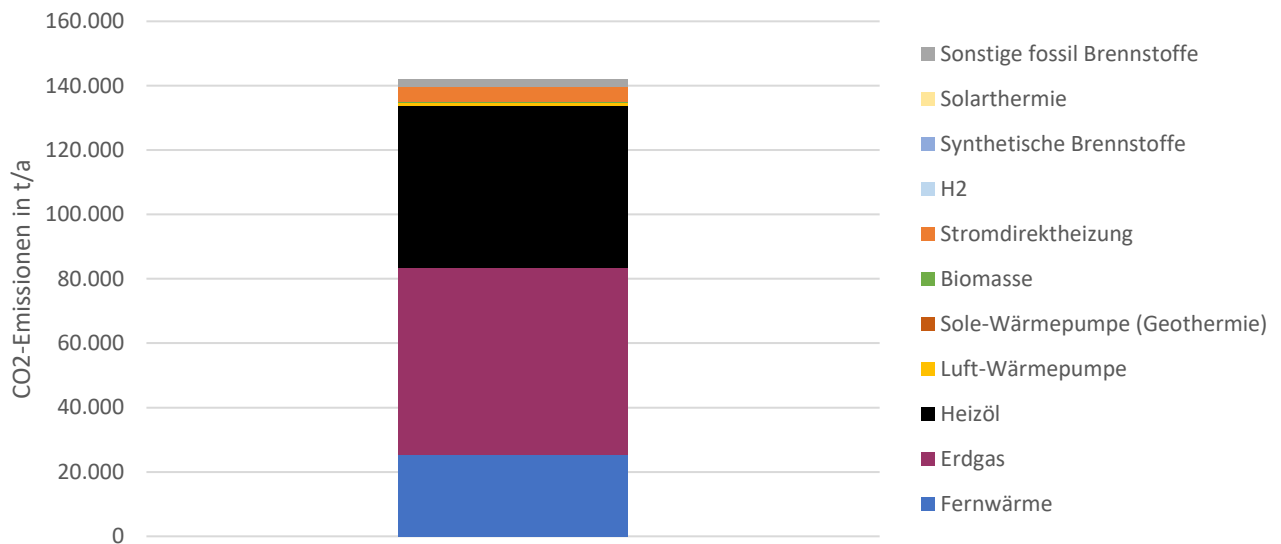


Abbildung 12: CO2-Emissionen (Äquivalente) für die Wärmeversorgung der relevanten Energieträger im Bestand (2019)

Abbildung 12 stellt die CO2-Äquivalente in Tonnen pro Jahr (Stand 2019) der einzelnen Energieträger bzw. Heiztechnologien dar.

Den größten CO2-Anteil besitzen die Energieträger Gas und Heizöl, gefolgt von Fernwärme und Stromdirektheizung. In sehr geringen Mengen kommen sonstige fossile Brennstoffe und Biomasse vor. Dabei wird klar, dass die fossilen Energieträger deutlich größere CO2-Emissionen aufweisen. Wichtig zu erwähnen ist, dass auch Fernwärme CO2 emittiert, da viele Erzeugungsanlagen für die Fernwärme auf Gas beruhen.

Für die Berechnung der CO2-Emissionen aus Stromerzeugnissen (Wärmepumpen, Stromdirektheizungen etc.) wurde der Strom-Mix aus dem Technikkatalog der KEA verwendet (UBA und IINAS-Szenario).

Alle Berechnungen beruhen auf den CO2-Emissionsfaktoren inkl. Vorketten des Technikkatalogs der KEA, lediglich der CO2-Emissionsfaktor der Fernwärme beruht auf Berechnungen der Stadtwerken Böblingen. Alle CO2-Emissionsfaktoren sind in Anlage 2 ersichtlich.

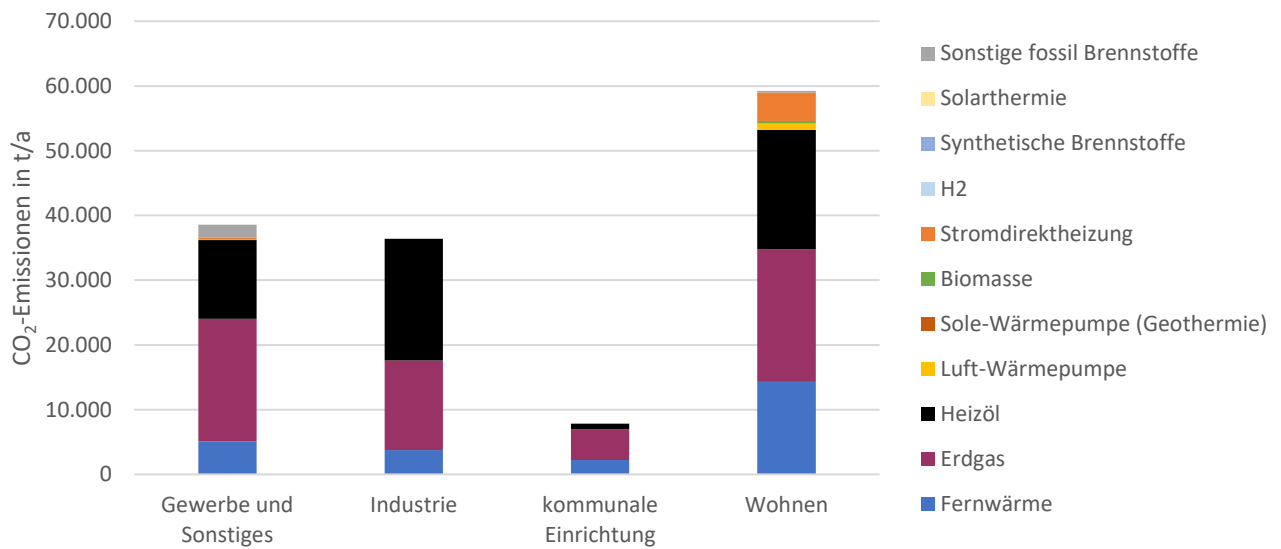


Abbildung 13: CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung aufgeteilt auf die Sektoren (2019)

Abbildung 13 stellt die CO₂-Emissionen in Tonnen pro Jahr im Bestand (2019) auf die Sektoren **Gewerbe und Sonstiges**, **Industrie**, **kommunale Einrichtungen** und **Wohnen** dar.

In den Sektoren **Gewerbe und Sonstiges**, **Wohnen** und vor allem in den **kommunalen Einrichtungen** ist der Haupt-Emittent von CO₂ Gas, gefolgt von Heizöl und Fernwärme. Im Sektor **Wohnen** wird deutlich, dass neben Luft-Wärmepumpen auch mehr als 500 Stromdirektheizungen in den Gebäuden vorhanden sind und diese auch >4000 t/a CO₂ emittieren.

Lediglich im Sektor **Industrie** ist der Energieträger Heizöl die größte Quelle für CO₂, gefolgt von Gas und Fernwärme.

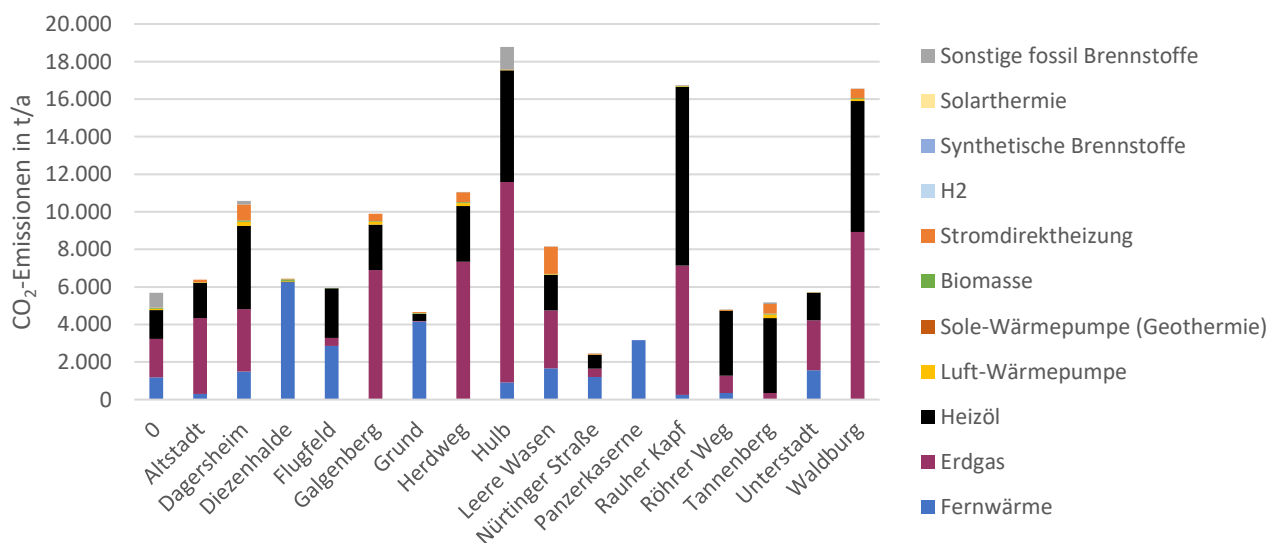


Abbildung 14: CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung pro Stadtteil im Bestand (2019)

Die Abbildung 14 stellt abschließend die CO₂-Emissionen in Tonnen pro Jahr im Bestand (2019) verteilt auf die Stadtteile Böblingens dar.

Daraus geht hervor, dass die größten CO₂-Emissionen aus den Gewerbe- und Industriegebieten (**Hulb** und **Rauher Kapf**) hervorgehen. Die hohen Emissionswerte des Wohngebietes **Waldburg** gehen, wie bereits weiter oben beschrieben, vor allem auf die Nutzung des Kreiskrankenhauses Böblingen zurück (vgl. Abbildung 9).

3.7. Wärmedichten

Als „Wärmedichte“ wird der Wärmeverbrauch auf einer räumlich begrenzten Fläche verstanden. Umso höher die Wärmedichte, desto höher auch der Wärmeverbrauch pro m² Bodenfläche. Daher ist eine hohe Dichte immer ein starker Indikator dafür, dass effiziente und nachhaltige Lösungen für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung gebraucht werden, wie bspw. ein Anschluss des Gebietes an ein Fernwärmenetz oder auch eine Nahwärmenetz-Lösung, also eine zentrale Lösung zur Wärmeversorgung mit Wärmenetzen. Bei geringerer Dichte bieten sich daher dezentrale Lösungen besser an. In Kapitel 3.3 wird beschrieben, wie die Wärmebedarfsdichte berechnet wird.

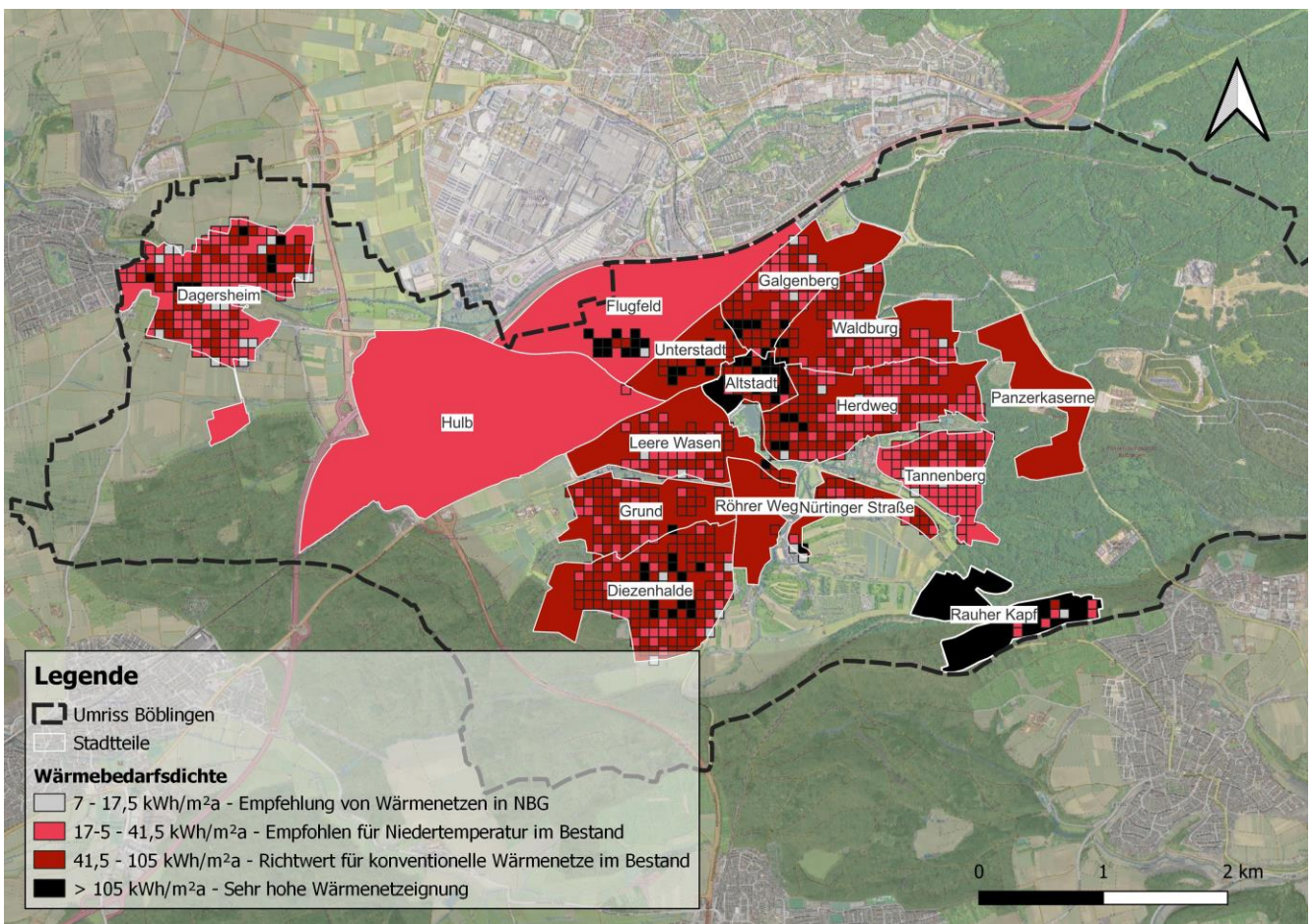


Abbildung 15: Gesamtwärmebedarf pro m² Bodenfläche

Abbildung 15 zeigt den Wärmebedarf pro m² Bodenfläche der Gemarkung Böblingen. Die Wärmeverbrauchsdichte nimmt im östlichen Teil der Stadt (Stadtteile Waldburg, Herdweg, z.T. im nördlichen Bereich im Stadtteil Galgenberg und im Stadtteil Tannenberg) deutlich ab, während die südlichen Stadtteile Böblingens durch eine hohe Bebauungsdichte einen hohen Wärmebedarf aufweisen. Besonders hohe Verbraucher wurden hier separat ausgewiesen, diese betreffen:

- BHKW Dagersheim
- BHKW Grund
- BHKW Hulb
- Panzerkaserne
- Krankenhaus
- Polizei
- Therme
- IBM
- Schill und Seilacher
- Rathaus
- Daimler (Standort Böblingen)

4. Potenzialanalyse

4.1. Bedarfsprognosen

Die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA) hat im Juni 2023 eine aktualisierte Version des Technikkatalogs zur kommunalen Wärmeplanung veröffentlicht. Der Technikkatalog enthält unter anderem den flächenbezogenen Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklassen im Ist-Stand (teilsaniert) und energetischer Sanierung mit Ziel 2040 (vgl. Abbildung 16). Die potenzielle Endenergieeinsparung der Wohngebäude kann mit den Kennwerten des Technikkatalogs (KEA, 2023) nach Altersklassen berechnet werden. Beispiel: Für die Wohngebäude der Altersklasse 1949-1978 wird ein heutiger spezifischer Endenergieverbrauch von 208 kWh/m²*a angenommen. Der verbleibende Endenergieverbrauch nach Sanierung dieser Gebäude im Jahr 2040 liegt bei 73 kWh/m²*a (Einsparung -64,9 %). Für das Jahr 2035 ist dementsprechend eine geringere Wärmeeinsparung berechnet. Die jährliche Endenergieeinsparung kann je nach Bezugsjahr der Bestandsanalyse berechnet werden.

Das größte Einsparungspotenzial durch Sanierungen betrifft die Altersklassen 1919-1948 und insbesondere 1949-1978. Die späteren Altersklassen weisen niedrigere Potenziale aufgrund der gestiegenen gesetzlichen Vorgaben zur Energieeinsparung seit den 1970er Jahren auf. Die Altersklasse „bis 1919“ umfasst viele Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen und/oder bei denen bestimmte energetische Sanierungsmaßnahmen, z. B. eine Ertüchtigung der Gebäudehülle; nicht sinnvoll sein kann.

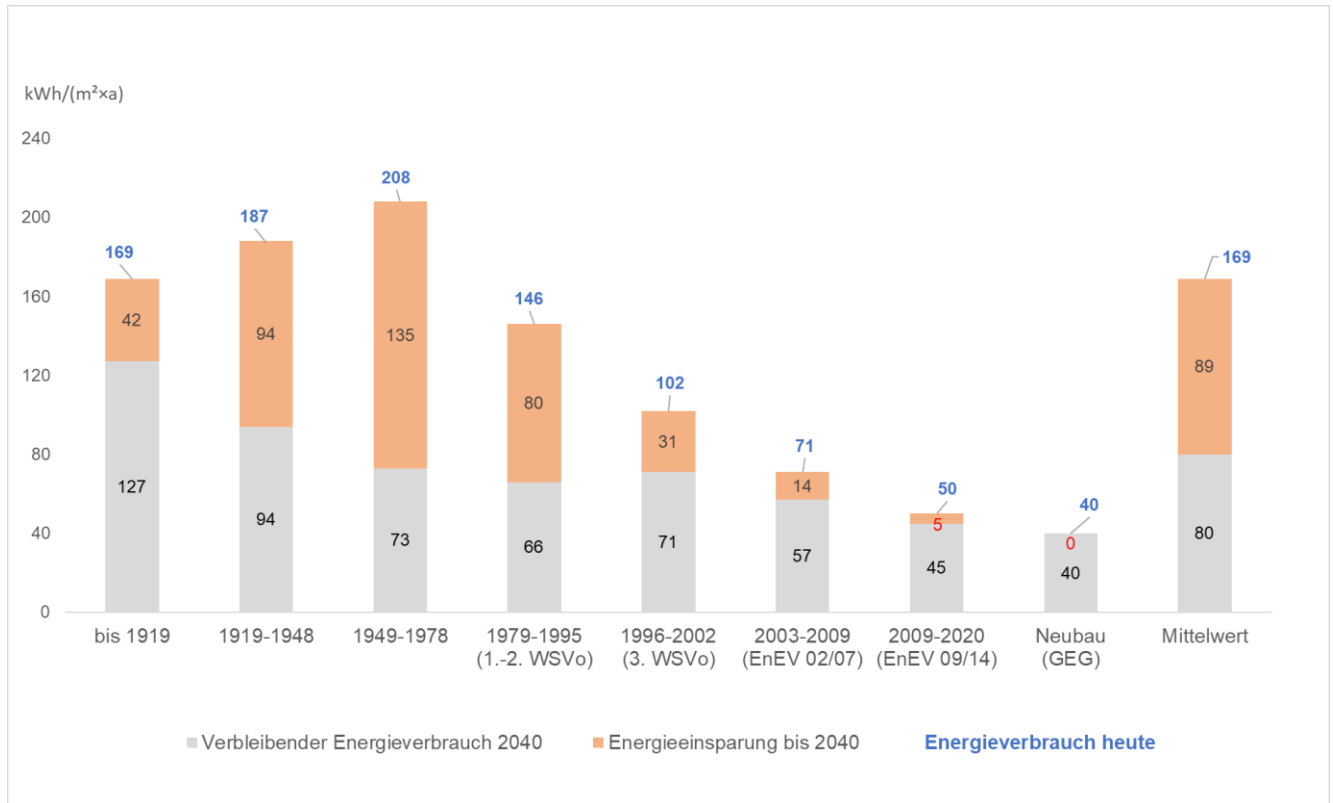


Abbildung 16: Flächenbezogener Endenergieverbrauch für Wohngebäude nach Altersklassen-Ist-Stand (teilsaniert) und energetischer Sanierung mit Ziel 2040 bzw. 2035 (Quelle: (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA), 2023))

Die KEA-Kennzahlen sind wichtige Grundlagen für die Potenzialanalyse. Mit der jährlichen Endenergieeinsparung der Wohngebäude kann der zukünftige Wärmebedarf berechnet werden. Danach können zwei Szenarien (2030 & 2040 bzw. 2035) bezüglich der zukünftigen Gesamtendenergie erstellt werden. Zusätzlich können die jährlichen Endenergieeinsparungspotenziale nach Altersklassen für die Identifizierung von möglichen Sanierungsgebieten verwendet werden.

Bezüglich der öffentlichen Gebäude und kleinen Gewerbeeinheiten werden auch die KEA-Zahlen verwendet. Für die Industrie wird eine andere Annahme für die Einsparung von Nutzenergie bis 2040 getroffen. In den Gewerbegebieten wird ein Prozessgasanteil von 17 % aus dem vorhandene Wärmebezug herausgerechnet (Fraunhofer ISI, 2015, Seite 8). Zusätzlich wird bis 2040 von einer Raumwärmeeinsparung von 18% ausgegangen (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2011). Die Wärmebedarfseinsparung wird in der Abbildung 17 dargestellt.

Der höchste Gasverbrauch in Böblingen wird in Zukunft stark reduziert, da der Standort IBM aus Böblingen verlagert wird. Für das neue Gebiet wird ein fiktiver Verbrauch von 3.840.000 kWh/a angenommen. Genaue Zahlen hierzu sind erst nach Vorliegen des Energiekonzeptes möglich.

Es wird aktuell ein neues Krankenhaus im Flugfeld gebaut, das fernwärmeversorgt werden soll. Der prognostizierte Verbrauch der Stadtwerke von 12 Mio. kWh/a des Krankenhauses wurde manuell im Flugfeld für die Prognosejahre hinzugefügt.

Für die Fläche des bestehenden Kreiskrankenhauses wird es eine Nachnutzung geben. Ziel ist die Entwicklung eines Technologie- und Innovationsstandortes.

Für die Nachnutzung wird der Verbrauch voraussichtlich niedriger sein. Es wird ein Verbrauch von 80 % des bisherigen Krankenhausbedarfes angenommen.

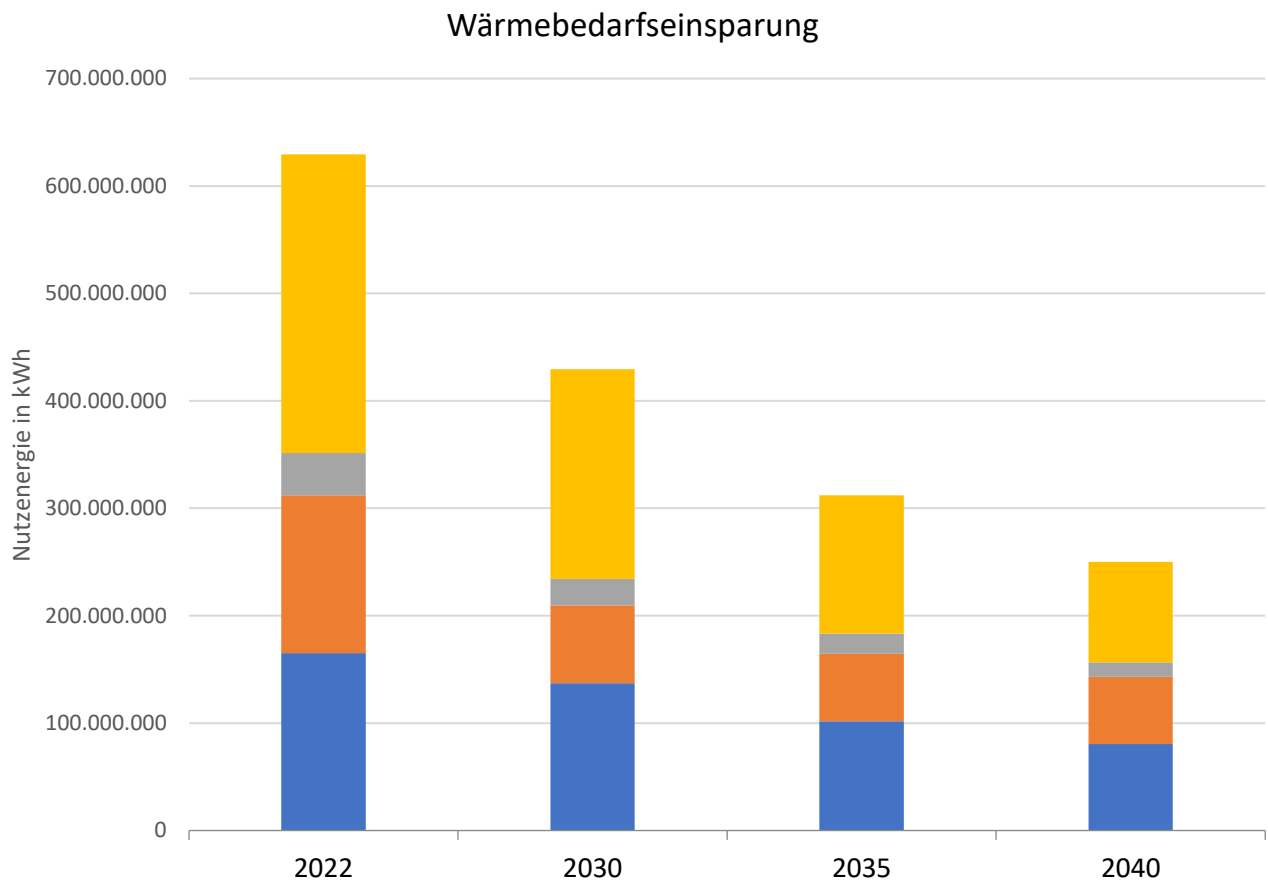


Abbildung 17: Wärmebedarfseinsparung nach KEA-Prognosen in Böblingen (Nutzenergie)

4.2. Erzeugungspotenziale

4.2.1. Biomasse

Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und organischen Abfällen für die Energieerzeugung ist eine vielversprechende Strategie zur Ausnutzung von lokalen Ressourcen und Minderung der Treibhausgasemissionen. Das Biomassepotenzial spielt eine wichtige Rolle für die nachhaltige

Kreislaufwirtschaft einer Stadt; eine systematische Ausnutzung kann einen wichtigen Beitrag zur Klimaneutralität leisten.

Waldrestholz ist eine der wichtigsten und am häufigsten genutzten nachwachsenden Rohstoffe. Der Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung (KEA BW, 2020) gibt einen Anhaltswert für Flächenerträge bezüglich der Energieerzeugung von Waldrestholz an (4,3 MWh/ha). Die bewaldeten Flächen des städtischen Forstbetriebes auf der Gemarkung Böblingen betragen 960,7 Hektar (Mailverkehr Landratsamt Böblingen, 2022). Die bewaldeten Flächen im Eigentum des Landes Absatz BW betragen 390,5 ha (Mailverkehr Forst Baden-Württemberg, 2022) und die bewaldeten Flächen im Eigentum des Bundes betragen 443 ha (Mailverkehr Bundesforstbetrieb Heuberg, 2022). Die bewaldeten Flächen, die sich innerhalb der Gemarkung der Stadt Böblingen befinden, werden in Abbildung 18 dargestellt.

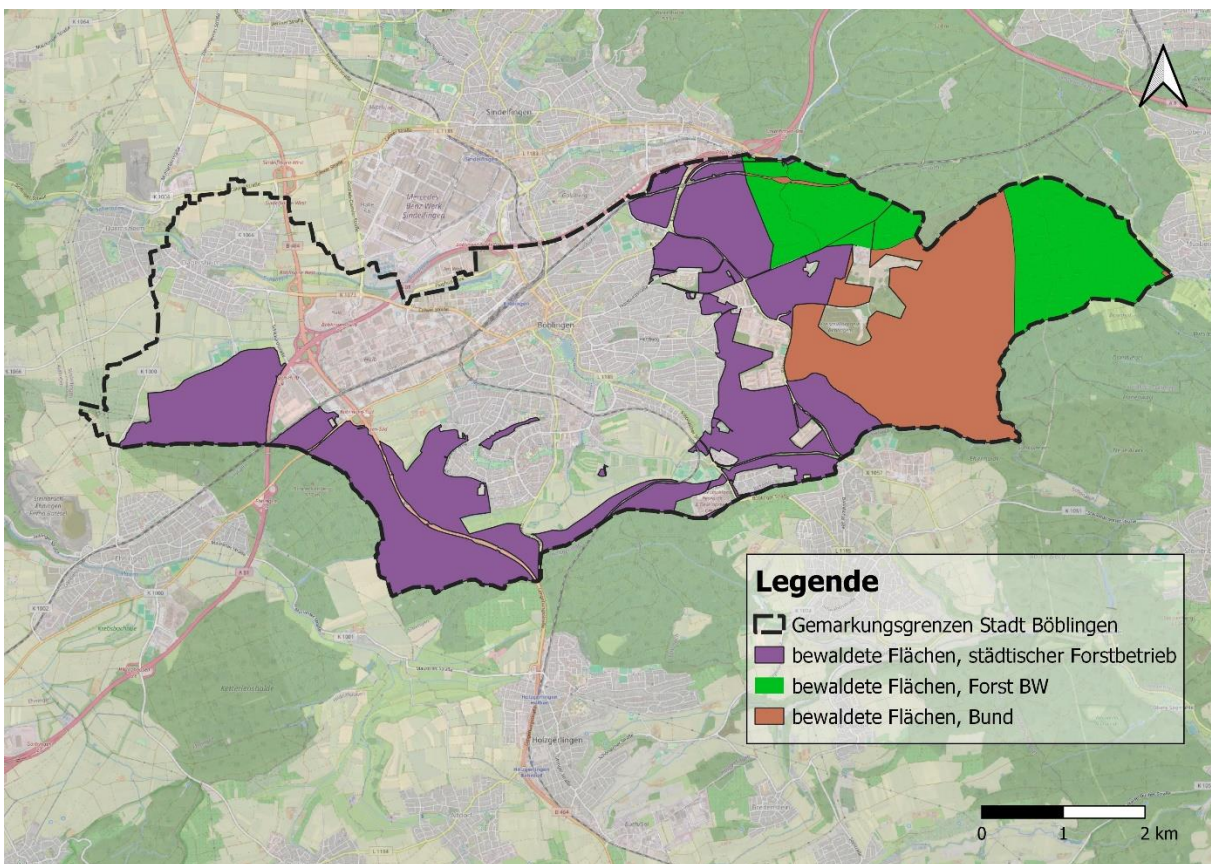


Abbildung 18: Bewaldete Flächen auf der Gemarkung Böblingen (Grundlage: Open Street Map, 2022)

Entsprechend der Flächenangaben beträgt der maximal potenzielle Energieertrag von Waldrestholz:

$$4,3 \text{ MWh/ha} \cdot \text{Jahr} \times 1.794,2 \text{ ha} = 7.715,06 \text{ MWh/Jahr} \approx 7.715 \text{ MWh/Jahr}.$$

Der Wert (7.715 MWh/Jahr) ist das theoretische maximale Potenzial für den Energieertrag von Waldrestholz gemäß der KEA-Kennzahlen. In Abstimmung mit den Stadtwerken Böblingen wurde für Waldrestholz ein realistischerer potenzieller Energieertrag von **4.000 MWh/Jahr**⁷ angenommen.

Gemäß einem 2016 vom Gemeinderat beschlossenen „Totholzkonzept“ soll das gesamte Waldrestholz grundsätzlich im Wald verbleiben. Potenziale für Waldrestholz können somit nur mit Aufhebung oder Änderung des Totholzkonzeptes der Stadt erschlossen werden.

Landwirtschaft ist ebenso eine wichtige Quelle bezüglich des Biomassepotenziales. Der Leitfaden gibt als Anhaltswert bezüglich der Energieerzeugung von Mais 50 MWh/ha als Flächenertrag an. In Böblingen werden 540 ha der Freiflächen landwirtschaftlich genutzt. Davon sind laut Klimaanpassungskonzept der Stadt Böblingen 54 % Ackerland, 29 % Grünland, 11 % Streuobstflächen und 4 % Gartenland (Stadt Böblingen, 2019). Die ausgewiesene Flächenkulisse des LUBW für Biomasse stellt sich nach Gesprächen mit dem Grünflächenamt als ungeeignet heraus, da sich der Großteil der vorgeschlagenen Flächen auf Flächen mit bereits anderer geplanter Nutzung (Freizeit, mögliche Nutzung als Industriegebiet, Baufelder) befindet.

Es wird angenommen, dass ein Anteil (30 %) des Ackerlandes für den Maisanbau genutzt wird. Der potenzielle Energieertrag der Maisverarbeitung beträgt:

$$(0,54 \times 540 \text{ ha} \times 0,3) \times 50 \text{ MWh/ha} = 4.374 \text{ MWh/Jahr}$$

Das entspricht auch den Angaben zum Ortsentwicklungskonzept Dagersheim (Stadt Böblingen, 2017), in dem ca. 60 ha zur Biomassenutzung ausgewiesen werden.

Die potenzielle Gesamtenergieertrag (Waldrestholz und Mais) beträgt somit:

4.000 MWh/Jahr + 4.374 MWh/Jahr = 8.347 MWh/Jahr = 8,3 GWh/a

4.2.2. Oberflächennahe Geothermie

Bei der Erdwärme unterscheidet man grundsätzlich zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie (unter 400 Meter Bohrung). Je tiefer gebohrt wird, desto höher sind die Temperaturen, die sich zur Nutzung von Wärmeenergie an die Oberfläche befördern lassen. Durch die relativ niedrigen Temperaturen der oberflächennahen Geothermie und der Nachschaltung einer Wärmepumpe eignet sich diese weniger für unsanierte Bestandsgebäude, da diese eine deutlich höhere Vorlauftemperatur für das Heizungssystem benötigen.

Bei der oberflächennahen Geothermie (bis 400 m Tiefe) gibt es vorrangig die drei folgenden Verfahren:

⁷ Das Biomassepotenzial (Holz) des Landkreises Böblingen wurde auf Basis des digitalen Landschaftsmodells des Kreises sowie einer Flächennutzungskarte der HU Berlin ermittelt und auf die Stadt Böblingen heruntergerechnet (Hochschule für Technik von SWBB).

- Grundwassernutzung
- Erdwärmekollektoren
- Erdwärmesonden

Im Weiteren werden nur Erdwärmesonden betrachtet. Sie bilden im Gegensatz zur Grundwassernutzung ein geschlossenes Rohrsystem, das kein Wasser an den Grund abgibt, sondern lediglich die vorhandene Erdwärme nutzt. Außerdem ist die Bodennutzung bei Erdwärmesonden im Gegensatz zu Erdwärmekollektoren weiterhin uneingeschränkt möglich, da Erdwärmekollektoren in ca. 1-2 m flächenintensiv unter der Erdoberfläche verteilt werden. Dies bedeutet aber nicht, dass die Nutzung der anderen Verfahren in bestimmten Fällen nicht dennoch sinnvoll(er) sein kann.

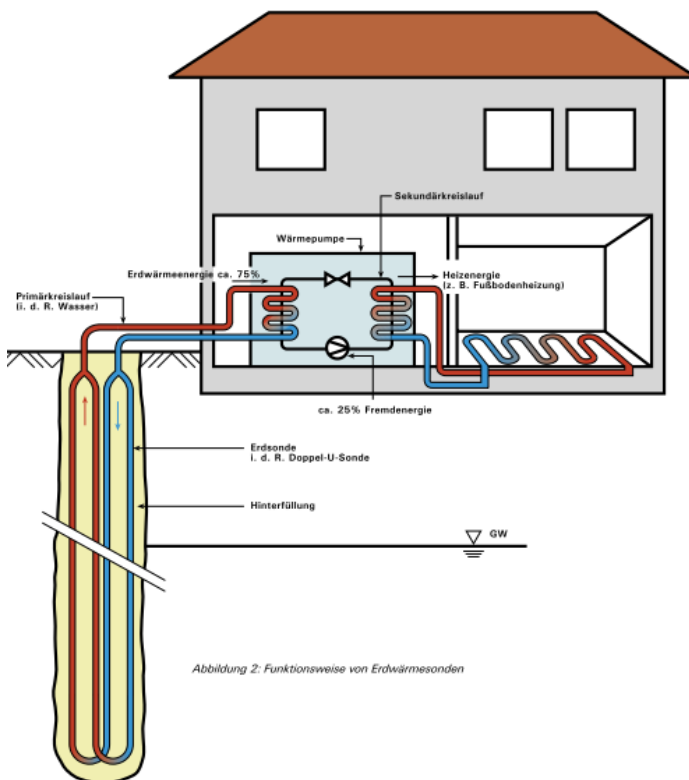


Abbildung 19: Schematische Abbildung einer Erdwärmesonde (Quelle: Leitfaden kommunale Wärmeplanung (KEA BW, 2020))

Innerhalb der Bohrung für eine Erdwärmesonde befindet sich ein geschlossenes Rohrsystem, das die Erdwärme mithilfe einer Wärmeträgerflüssigkeit an die Oberfläche befördert und hier durch einen Wärmetauscher oder eine Wärmepumpe in ein mögliches Sole- oder Wassernetz abgibt.

Man spricht von Erdwärmesondenfeldern, wenn mehr als 5 Erdwärmesonden in räumlichen Zusammenhang stehen. Solche Felder bieten sich als zentrale Erzeugungsquelle eines potenziellen Wärmenetzes an.

Große Erdwärmesondenfelder behindern allerdings das passive Nachfließen von Wärme aus der Umgebung durch benachbarte Erdwärmesonden. Deshalb kann „... die spezifische Leistungsfähigkeit einer Einzelsonde nur dann erreicht werden, wenn das Sondenfeld im Sommer aktiv regeneriert wird, also Wärme in die Erdwärmesonden eingespeist wird“ (Stober and Bucher, 2020).

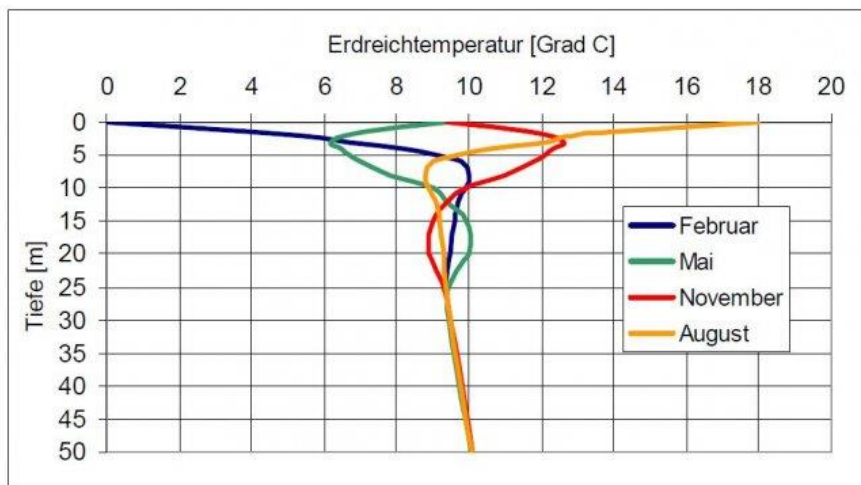


Abbildung 20: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante (Quelle: Optimierung von Erdwärmesonden, Begriffe Geothermie (erdsondenoptimierung.ch))

Die Temperaturen bleiben in tieferen Erdschichten über das Jahr konstanter und steigen in der Tiefe an. Bei einer oberflächennahen geothermischen Anlage wird eine Sole-Wärmepumpe hinter die geothermische Bohrung geschaltet. Die Sole-Wärmepumpe nutzt die Erdwärme als Umweltwärme zur Erzeugung von Heizenergie. Wärmepumpen arbeiten effizienter mit einer möglichst geringen Temperaturspreizung. Somit arbeitet eine Luft-Wärmepumpe im Winter bei Lufttemperaturen unter 4°C deutlich ineffizienter als eine Sole-Wärmepumpe mit geothermischer Bohrung.

Wasserschutzgebiete

Bau und Betrieb von Erdwärmebohrungen in Wasserschutzgebieten sind in den Zonen I bis III / IIIA i. d. R. verboten. Ausnahmen sind in den Zonen III / IIIA im Einzelfall möglich, wenn eine Verunreinigung des Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

Flächen außerhalb von Wasserschutzgebieten sind hingegen grundsätzlich für Geothermie in Betracht zu ziehen. In diesen Gebieten sind Zustrombereiche von Grundwassernutzungen, Bohrtiefenbegrenzungen und Einzelfallbeurteilungen ggf. in Abstimmung mit der Unteren Wasserschutzbehörde zu erörtern.

Bergrecht

Für eine grundstücksübergreifende Erdwärmeerschließung oder Erdwärmeerschließungen tiefer 100 m schreibt das Bergrecht eine umfassende bergrechtliche Genehmigung durch die Bergbehörde nach §§ 6 ff. und §§ 51 ff. BBergG vor.

Die KEA BW weist Potenziale für Erdwärmesonden aus. Die schematische Vorgehensweise wird in Anlage 3 dargestellt.

In den folgenden beiden Abbildungen werden die KEA-Potenziale für Böblingen und für Dagersheim dargestellt.

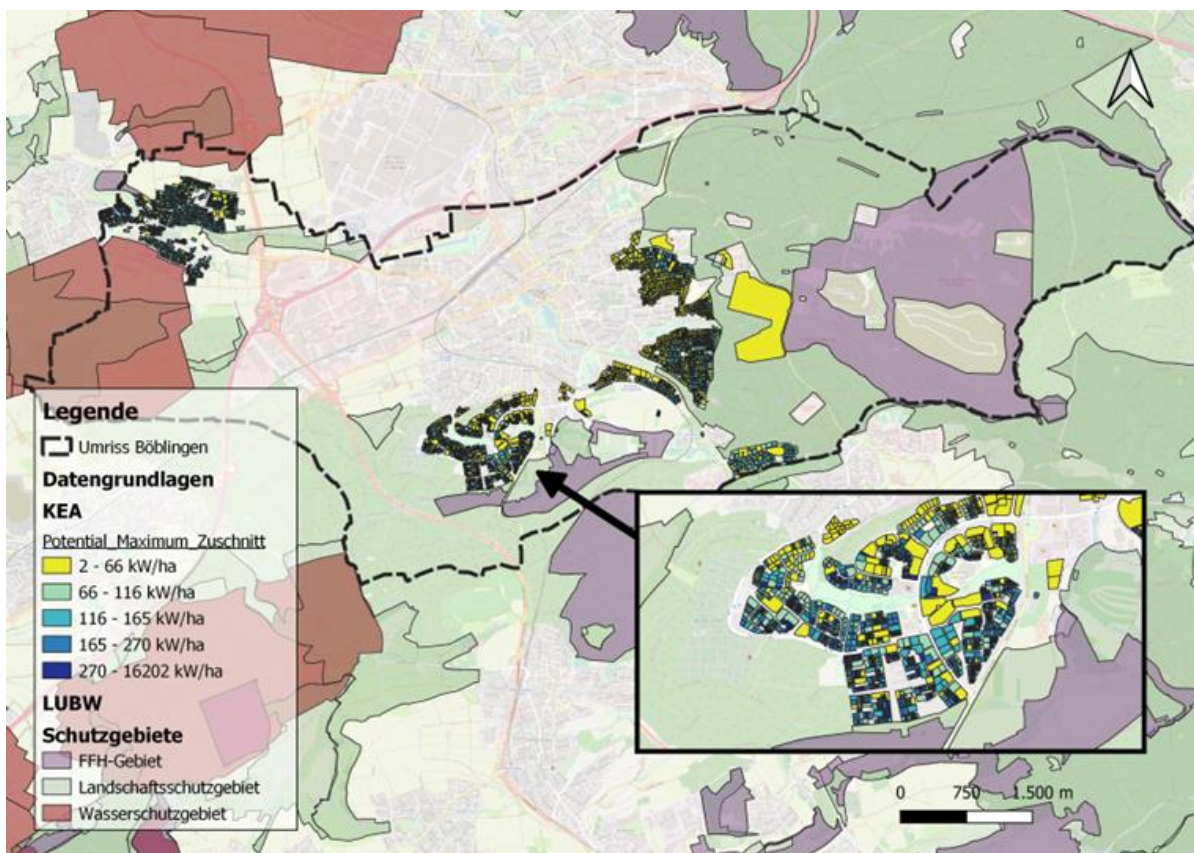


Abbildung 21: Oberflächennahes Geothermiefotenzial Böblingen (Quelle: KEA, eigene Darstellung)

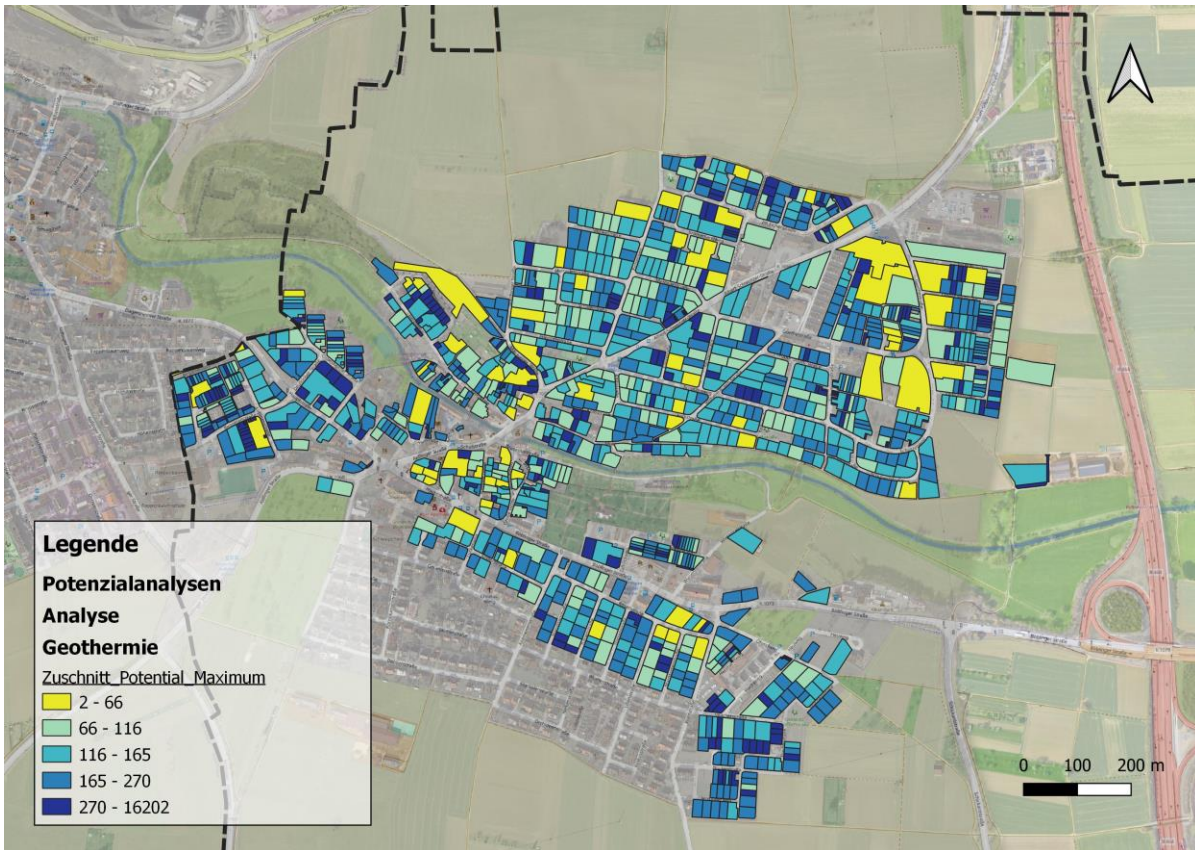
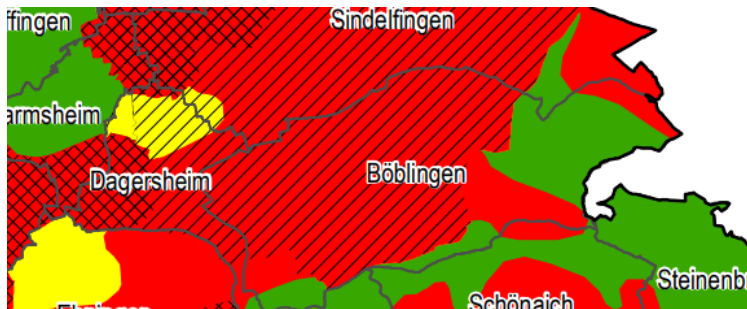


Abbildung 22: Oberflächennahes Geothermiepotenzial Dagersheim (Quelle: KEA, eigene Darstellung)

In Böblingen sind durch Geothermie Schadensfälle durch oberflächennahe geothermische Bohrungen in Anhydrit-Formationen entstanden. Hier kamen Anhydritschichten dauerhaft mit Grundwasser in Kontakt, was dazu führte, dass es Erdhebungen gab. Die Auflagen für Bohrungen haben sich seit der Entstehung der Schadensfälle erhöht. Bei Erreichen von Anhydrit-Formationen sind die Bohrungen daher abubrechen (*Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS) Einleitung Ziele und Zielgruppen*, 2018).



Legende

- LK Böblingen
- Gemarkungsgrenze
- xxxxx Wasserschutzgebietszone
- ////// Quellschutzgebietszone
- Nutzung von Erdwärmesonden (EWS)
- EWS grundsätzlich möglich
- EWS ggf. möglich mit erhöhten Auflagen zum Grundwasserschutz
- EWS nicht möglich

Erstelldatum 03.06.2014
Landratsamt Böblingen
Amt für Vermessung und Flurneuordnung
GIS-Kompetenzzentrum
Parkstraße 2
71034 Böblingen



www.landkreis-boeblingen.de

Abbildung 23: Ampelkarte Geothermie Ausschnitt Böblingen (Quelle: Landkreis Böblingen)

Wegen der Schadensfälle in Böblingen wurde eine Ampelkarte für Erdwärmesonden entwickelt (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, 2014). Die Ampelkarte gibt vor, in welchen Gebieten des Landkreises Erdwärmesonden grundsätzlich möglich sind, mit erhöhten Auflagen möglich oder gar nicht möglich (siehe Abbildung 23). Gemäß der Abstimmung mit dem Landratsamt wurde die Ampelkarte als maßgebliches Kriterium für die weitere Planung von Erdwärmesonden in der kommunalen Wärmeplanung Böblingen festgelegt. Dementsprechend sind im Stadtgebiet Böblingen keine Erdwärmesonden möglich. In Dagersheim sind Erdwärmesonden mit erhöhten Auflagen möglich.

Auch die geothermische Grundwassernutzung ist laut dem Landratsamt als schwierig zu betrachten. Erdwärmekollektoren sind als Möglichkeit mit einzubeziehen; sie werden im Weiteren aber nicht näher betrachtet, da sie einen großen Flächenbedarf innerhalb des Stadtgebietes erfordern.

Dagersheim

In Dagersheim sind Erdwärmesonden mit erhöhten Auflagen grundsätzlich möglich. Es wurde die Annahme festgelegt, dass auf ca. 30% der privaten Flurstücke Anstrengungen zur Geothermieerschließung gemacht werden.

Das würde einem Potenzial von ca. 5.000 MWh/a entsprechen.

Erdwärmesondenfeld in Dagersheim:

Alternativ kann für das Inselnetz Dagersheim auch ein Erdsondenfeld infrage kommen (siehe dazu auch Kapitel 5.3.2). In der folgenden Betrachtung wird davon ausgegangen, dass über ein Sondenfeld zwischen 7.000 und 8.000 MWh/a gewonnen werden kann.⁸ Diese Energie kann alternativ erzeugt werden, wenn alle Flurstücke in Dagersheim für Erdwärmesonden genutzt würden.

Im Schnitt sind mit einer Erdwärmesonde in der Region Dagersheim laut KEA 0,02478 kW/m zu erreichen. Bei einer Bohrung von 100 m ergeben sich 2,478 kW pro Sonde. Die gesamte Leistung, die in Dagersheim auf allen Flurstücken erzeugt werden könnte, beträgt 8.997 kW. Unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von 83% reduziert sich die bereitzustellende Wärmeleistung auf 7.467,51 kW im Wärmenetz. Zur Vereinfachung werden Verluste im Wärmenetz mit null angenommen. Bei einer bereitzustellenden Leistung von 7.467,51 kW und einer Leistung von 2,478 kW pro Erdwärmesonde werden ca. 3.000 Erdwärmesonden à 100 m Bohrtiefe benötigt, um das gleiche Potenzial abzubilden, das in Dagersheim maximal auf den Flurstücken vorhanden wäre. Zwischen den Sonden ist ein Abstand von 6 m einzuhalten, um die gegenseitige Beeinflussung der Sonden zu vermeiden. Ein Sondenfeld mit 50 mal 60 Sonden ergibt 3.000 Sonden insgesamt.

Ein solches Sondenfeld hätte einen Mindestflächenbedarf von $300 \text{ m} * 360 \text{ m} = 108.000 \text{ m}^2$.

⁸ Die Berechnung dient dazu, die Größendimensionen eines Erdsondenfeldes aufzuzeigen; technisch-/wirtschaftliche Aspekte der Machbarkeit werden nicht betrachtet.

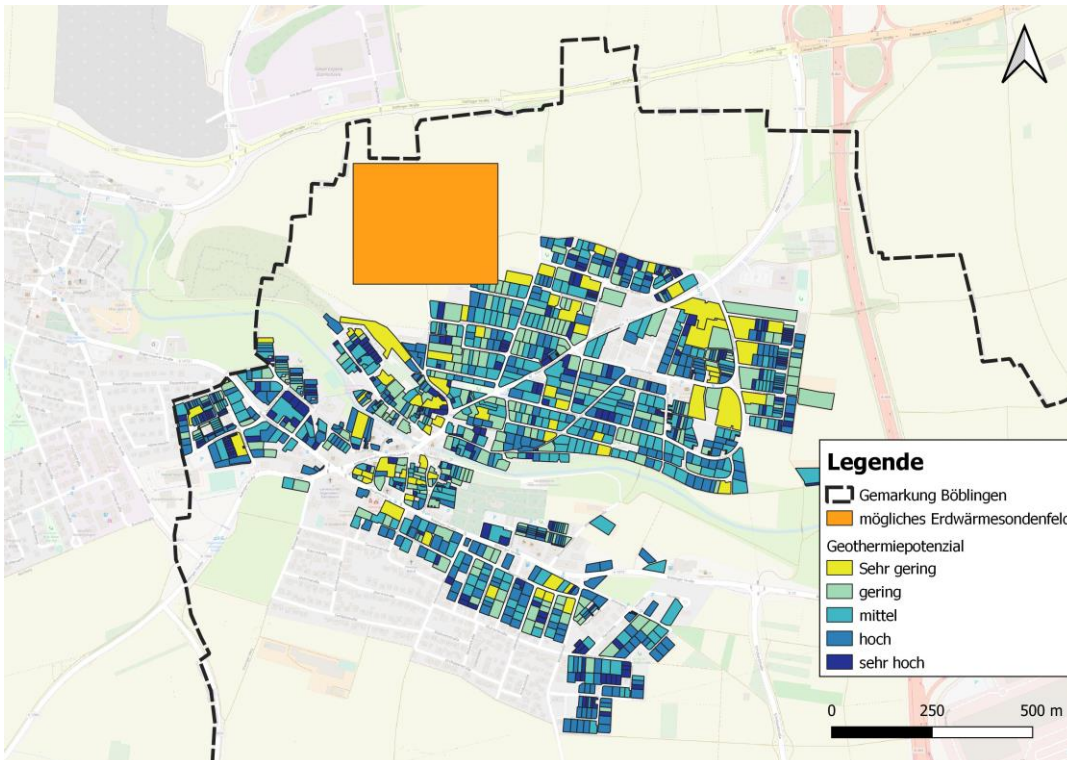


Abbildung 24: Beispielhafte Darstellung der Größendimension eines Erdsondenfeldes

4.2.3. Tiefengeothermie

Eine Tiefengeothermieanlage nutzt die Wärme ab mindestens 400 m Tiefe. In diesen Tiefen kann Wärme mit hohen Temperaturen genutzt werden, die dann direkt (fast ohne den Einsatz von zusätzlichem Strom) in ein Wärmenetz eingespeist werden kann.

Der Realisierung einer tiefengeothermischen Anlage gehen umfangreiche Voruntersuchungen und Genehmigungsverfahren voraus. Daher kann im Rahmen der vorliegenden KWP kein realistisches tiefengeothermisches Potenzial abgeschätzt werden.

4.2.4. Solarthermie

Die Anwendungsmöglichkeiten zur Erzeugung von Wärme bzw. Kälte aus Sonnenenergie wird als Solarthermie bezeichnet. Solarthermische Kollektoren werden vorwiegend auf privaten oder gewerblichen Gebäudedächern installiert, können jedoch auch als solarthermische Großanlagen in Kombination mit Langzeitspeichern für die Nah- und Fernwärmeversorgung eingesetzt werden.

Böblingen liegt in einem Breitengrad, in dem die Strahlungsintensität der Sonne keinen ganzjährigen und vollständigen solarthermischen Heizbetrieb gewährleistet. In der Praxis bedeutet dies, dass in der Übergangszeit (Frühjahrs- und Herbstmonate) nur temporär auf eine Zuschaltung der konventionellen Heizung verzichtet werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Nutzung

solarthermischer Anlagen durchschnittlich 60 % des Endenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung sowie 10 % des Endenergieverbrauchs für die Gebäudeheizung gedeckt werden können. In der Sommerzeit können solarthermische Anlagen fossile Heizungsanlagen somit vollständig ersetzen. Ob dabei 5 %, 10 % oder 15 % erneuerbare Wärme erreicht werden, hängt von der installierten Aperturfläche in m² je m² Wohnfläche ab. Beim Ein- und Zweifamilienhaus reicht die Spanne von 0,023-0,07 m² je m² Wohnfläche, beim MFH von 0,02-0,06 m² je m² Wohnfläche. Durchschnittlich beträgt die Wärmeausbeute ca. 400 kWh/m² im Jahr (KEA BW, 2020).

Dachflächen

Das Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) hat im Jahr 2021 eine aktualisierte Version des Solarkatasters für Dachflächen veröffentlicht. Die Analyse beinhaltet unter anderem die Eignung der Dachflächen (sehr hohe, hohe, mittlere, geringe Einstrahlung) sowie Daten für die 3D-Dachfläche der Dachseiten, die sich für die Installation einer Photovoltaikanlage oder Solarthermieanlage eignet (in m²). Die Daten für Böblingen werden in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Kollektorflächen nach Eignung in Böblingen (Quelle: LUBW, 2021)

Dachflächen-Eignung	Modulfläche (m ²)
sehr hoch	1.070.644
hoch	326.476
mittel	166.441
gering / vor Ort zu prüfen	110.473
Summe	1.674.035

Für die Berechnung des Solarthermiepotenzials auf Dachflächen in Böblingen wird ebenfalls die Technikenzahl des Leitfadens für die kommunale Wärmeplanung verwendet: Jährlicher Kollektorsertrag von 400 kWh/m². Als realistische Einschätzung des Potenzials wird die Annahme der Nutzung von 5% der Dachflächen mit sehr hoher und hoher Eignung getroffen (vgl. Tabelle 5):

$(1.070.644 \text{ m}^2 + 326.476 \text{ m}^2) \times 400 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \times 0,05 = 27.942.400 \text{ kWh/a} = 27.942 \text{ MWh/a}$

Freiflächen

Alle Freiflächen, die von LUBW als potenzielle Flächen für PV in Böblingen genannt sind, sind grundsätzlich auch für Solarthermie geeignet. Ob PV oder Solarthermie installiert wird, ist davon abhängig, ob eine Solarthermieanlage zur Wärmeerzeugung an ein Wärmenetz erschlossen werden kann.

Für die Berechnung der Potenziale für Photovoltaik oder Solarthermie auf Freiflächen gibt der Energieatlas generell Potenzialflächen auf Konversionsflächen und Seitenrandstreifen und auf benachteiligten Gebieten vor, wobei letztere auf der Gemarkung Böblingen nicht vorkommen. Die Potenzialflächen auf

Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (Stand 2018) werden nochmal bezüglich eines Hinweises unterteilt. Hier gibt es die Hinweise „Liegt innerhalb einer weichen Restriktionsfläche“ und „keine Information“.

Im Folgenden wird kurz dargestellt wieviel Potenzial für Solarthermie besteht, wenn alle für PV-Freiflächen verfügbaren Flächen für Solarthermie genutzt werden würden. Gemäß den LUBW-Daten gibt es 214.500 m² von potenziellen Flächen für die Installation von Solarthermieanlagen (Abbildung 25). Als Annahme wird die Deckung von 70% der Freiflächen mit Anlagen getroffen.

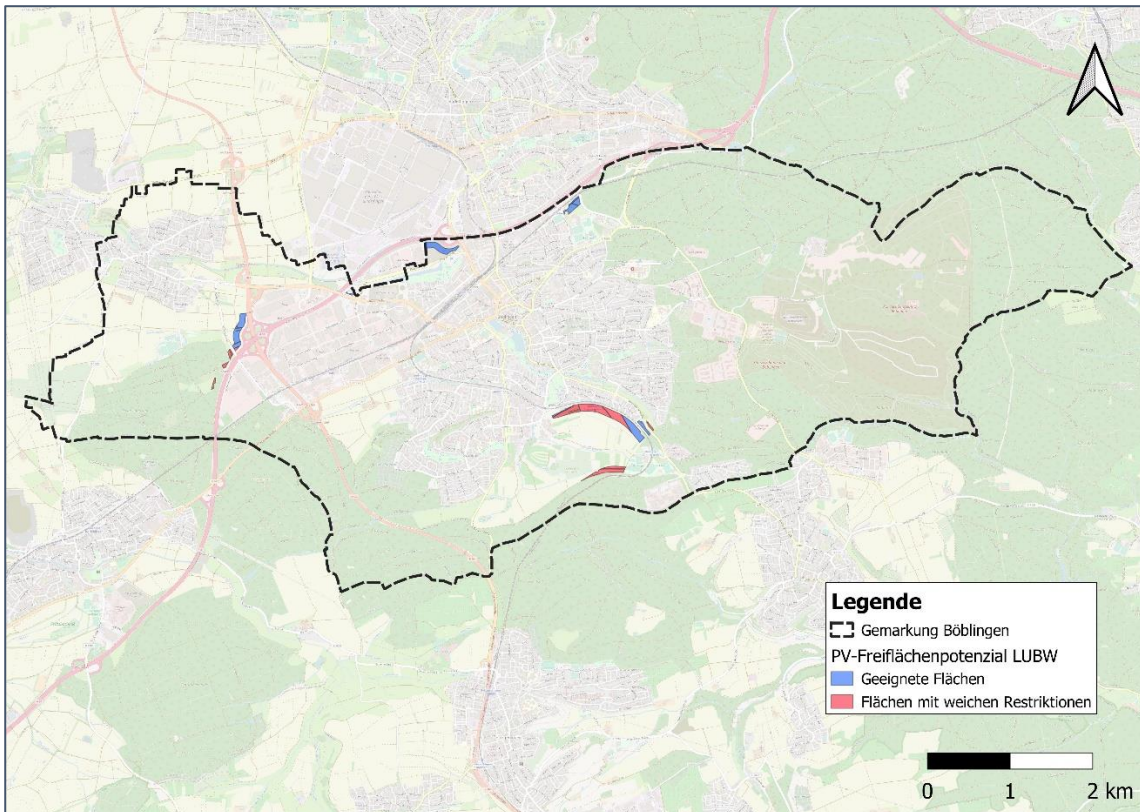


Abbildung 25: Potenzielle Flächen für PV oder Solarthermieanlagen in Böblingen (Quelle LUBW, 2018)

Laut LUBW max. theoretisches Potenzial:

$$214.500\text{m}^2 \times 400 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \times 0,7 = 60.060.000 \text{ kWh/a} = 60.060 \text{ MWh/a}$$

Bei der Beurteilung des theoretischen Potenzials muss auch die fachliche Stellungnahme der Stadt Böblingen bezüglich der potenziellen PV-Freiflächen berücksichtigt werden (Abteilung Umwelt und Grünflächen). Die ausgewiesene Flächenkulisse des LUBW für Freiflächen-PV stellt sich dabei als weitgehend ungünstig heraus, da sich fast alle der vorgeschlagenen Freiflächenphotovoltaik (FFPV)-Flächen auf Flächen mit bereits anderer geplanter Nutzung (Freizeit, mögliche Nutzung als Baugebiet, Baufelder etc.) von Seiten der Stadt befindet. Andere Gründe für die Ungeeignetheit der LUBW-Flächen sind vorhandene geschützte Biotope, FFH-Mähwiesen, Überflutungsgebiete,

Kaltluftproduktionsgebiete usw. im Bereich der potenziellen Flächen. Die einzigen konkreten Flächen für PV (oder Solarthermie) sind die Flächen, die im Rahmen des integrierten Ortsentwicklungskonzeptes Dagersheim (2017) als Potenzialflächen⁹ ermittelt wurden (380.000 m²).

Max. theoretisches Potenzial in Böblingen (Grundlage Ortsentwicklungskonzept Dagersheim):

$$380.000 \text{ m}^2 \times 400 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \times 0,7 = 106.400.000 \text{ kWh/a} = 106.400 \text{ MWh/a}$$

4.2.5. Photovoltaik zur Stromerzeugung

Dachflächen

Gemäß den Angaben des Energieatlas BW (LUBW, Stand: 2018) gibt es auf Dachflächen in Böblingen eine bestehende installierte PV-Leistung von 8,98 MW. Die berechnete Stromerzeugung beträgt 8.357 MWh/a und die Netzeinspeisung 7.472 MWh/a.

Für die Berechnung der theoretisch maximalen Stromerzeugung von Photovoltaik auf Dachflächen können Berechnungen der LUBW (PV-Dachflächenpotenzial) verwendet werden (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Photovoltaik Dachflächenpotenzial in Böblingen (Quelle: LUBW, 2021)

Dachflächen-Eignung	Gebäude	Modulfläche (m ²)	Strommenge (kWh/a)
sehr hoch	7.373	1.070.644	103.252.811
hoch	6.316	326.476	39.701.114
mittel	5.105	166.441	22.663.273
gering / zu prüfen	12.313	110.473	12.249.163
Insgesamt	31.107	1.674.035	177.866.363

Unter der (realistischen) Einschätzung, dass nicht alle Dachflächen in Böblingen mit PV-Anlagen gedeckt werden können, wird die Annahme getroffen, dass 80 % des maximalen Potenzials erreicht werden kann:

$$(177.866.363 \text{ kWh/a} \times 0.8) / 1000 = 142.293 \text{ MWh/a}$$

Freiflächen

Der Energieatlas der LUBW (Stand 2018) gibt in Bezug auf die Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Bestand eine Leistung von 1,031 MW an.

⁹ Hierbei muss eine „Überlappung“ mit Potenzialflächen für Biomasse und Nutzungskonkurrenzen berücksichtigt werden.

Der Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung in BW (KEA BW, 2020) gibt eine Technik Kennzahl für die Berechnung der Stromerzeugung von PV auf Freiflächen vor, die als durchschnittlichen Flächenertrag einer PV-Freiflächenanlage von 40 kWh/m² Bodenfläche ausgibt. Folglich beträgt das maximale theoretische Potenzial:

$$(214.500 \text{ m}^2 \times 40 \text{ kWh/m}^2) / 1000 = 8.580 \text{ MWh/a}$$

Gemäß Erläuterung in Kapitel 3.2.4 hat die Stadt Böblingen die Eignung der LUBW-potenziellen Freiflächen auch für PV weitgehend als ungünstig bewertet. Die einzigen potenziell vorstellbaren Flächen befinden sich mit rund 380.000 m² in Dagersheim (Integriertes Ortsentwicklungskonzept Dagersheim, 2017).

Die potenzielle Stromerzeugung von PV auf Freiflächen beträgt¹⁰:

$$(380.000 \text{ m}^2 \times 40 \text{ kWh/m}^2) / 1000 = 15.200 \text{ MWh/a}$$

4.2.6. Umweltwärme aus Außenluft und Oberflächengewässer (mittels Wärmepumpe)

Eine Potenzialberechnung für die Umweltwärme aus Außenluft wird nicht durchgeführt, da Luft immer zur Verfügung steht. Luft kann mithilfe von Luft-Wasser-Wärmepumpen mit geringem Stromeinsatz zur effizienten Wärmeerzeugung genutzt werden. Grundsätzlich entziehen Wärmepumpen der Außenluft (oder dem Erdreich bzw. dem Grundwasser oder einem anderen Wärmeträger wie industrieller Abwärme oder Abwasser) Wärme und heben („pumpen“) sie unter Zuführung von mechanischer Energie in einem Kreislaufprozess durch Verdampfung und Verdichtung eines Arbeitsmediums auf ein höheres Temperaturniveau. Diese „gepumpte“ Wärme kann dann an das Medium im Heizverteilsystem eines Gebäudes abgegeben und als Raumwärme genutzt werden. Zum Antrieb wird überwiegend elektrischer Strom genutzt, bei größeren Anlagen auch Gas. Wärmepumpen erfüllen als effiziente Technologie die Vorgaben des GEG, sobald sie über 50 % Umweltwärme nutzen. Der Energiebedarf eines Wärmepumpensystems kann dabei neben konventionell erzeugtem Strom und Gas auch über regenerativ erzeugten Eigenstrom (z. B. PV) gedeckt werden. Bei steigenden Preisen für Wärmepumpentarife und sinkenden Kosten für Batteriespeicher werden Komplettlösungen für dezentrale Energiemanagements zunehmend wirtschaftlich. Diese Eigenverbrauchsoptimierung ist nicht zuletzt auch auf Grund von gesunkenen EEG-Einspeisevergütungen und gestiegenen Strompreisen attraktiv.

Der Einsatz der Wärmepumpen ist insbesondere bei gut gedämmten Häusern mit geringen Vorlauftemperaturen im Wärmeverteilsystem wie beispielsweise bei Flächenheizungen vorteilhaft. Dies ist im Neubau oder im sanierten Altbau der Fall, so dass als Einsatzorte bspw. Niedrigenergiehäuser mit Fußbodenheizung in Betracht kommen. Mit baulichen Anpassungen an der Heizungstechnik (z. B.

¹⁰ Hierbei muss eine „Überlappung“ mit Potenzialflächen für Biomasse und Nutzungskonkurrenzen berücksichtigt werden.

Vergrößerung der Wärmeübertragerflächen der Raumheizkörper) ist der Einsatz im unsanierten Altgebäudebestand ebenfalls technisch möglich, allerdings aufgrund der in der Regel höheren benötigten Vorlauftemperaturen im Vergleich zur Flächenheizung auf ökologischen und ökonomischen Nutzen zu prüfen.

Oberflächengewässer werden in Böblingen aufgrund der Größe im weiteren Verlauf nicht weiter betrachtet. Sowohl die Schwippe, der Murkenbach oder andere Bäche fallen aufgrund zu niedriger Temperaturen im Winter für die Energienutzung weg.

4.2.7. Abwärme

Die Wärmeengewinnung durch Abwärme ist eine effiziente und nachhaltige Methode, um Energie zurückzugewinnen, die bei industriellen Prozessen oder anderen Anwendungen wie z. B. Abwasser als „Abfallprodukt“ entsteht. Statt diese Wärme ungenutzt in die Umwelt abzugeben, werden spezielle Wärmerückgewinnungssysteme eingesetzt, um die Abwärme zu erfassen und für andere Zwecke zu nutzen. Dies kann beispielsweise in Kraftwerken geschehen, wo die Abgase der Verbrennungsprozesse zur Erzeugung von Dampf genutzt werden, der wiederum eine Turbine antreibt und somit elektrische Energie erzeugt. Auch in der Industrie können Wärmetauscher eingesetzt werden, um die Abwärme von Produktionsanlagen zur Beheizung von Gebäuden oder zur Vorwärmung von Prozessmedien zu nutzen.

RMHKW

Die Restmüllverbrennung ist ein thermisches Verfahren zur Entsorgung nicht recycelbarer Abfälle. In speziellen Müllverbrennungsanlagen wird der Restmüll bei hohen Temperaturen, typischerweise zwischen 800 und 1.000 Grad Celsius, verbrannt. Dabei entsteht Wärmeenergie, die durch Wärmetauscher zur Erzeugung von Dampf genutzt wird.

Der erzeugte Dampf treibt eine Turbine an, die mit einem Generator gekoppelt ist, um elektrische Energie zu produzieren. Diese elektrische Energie wird ins Stromnetz eingespeist und kann zur Versorgung von Haushalten, Industrieanlagen und anderen Verbrauchern genutzt werden.

Durch Gespräche/Workshops mit der Stadt, den Stadtwerken und dem Zweckverband wurde entschieden, dass die Wärmeengewinnung aus Restmüll grundsätzlich konstant fortgeführt wird, also keine Erhöhung der verwerteten Restmüllmengen stattfindet.

In 2019 wurden 96.700 MWh Wärme des RMHKWs an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Böblingen abgegeben. In 2021 waren es 118.000 MWh. Durch die steigenden Abnehmer im Wärmenetz wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass das Restmüllpotenzial für eine Wärmemenge von 118.000 MWh für das Fernwärmenetz in Zukunft besteht.

Das RMHKW verwertet im Sommer viel Restmüll, dessen Abwärme nicht vollumfänglich genutzt werden kann. Die Anzahl der Abnehmer für Wärme werden sich durch den intensiven Ausbau des Fernwärmenetzes in Böblingen stark erhöhen. Dementsprechend kann man davon ausgehen, dass der Wärmebedarf im Sommer (insbesondere Warmwasser) durch das Restmüllheizkraftwerk bereitstellbar ist.

Ein zusätzliches Potenzial des RMHKW entsteht durch erhöhten Warmwasserverbrauch im Sommer im Fernwärmenetz. Annahme hierfür ist, dass sich zukünftig nur der Heizbedarf und nicht der Warmwasserverbrauch senkt. Diese Annahme legt zugrunde, dass sich das Nutzerverhalten kaum ändert und der Wärmebedarf vor allem durch zunehmende energetische Gebäudesanierungen gesenkt wird. Wegen der erhöhten Anzahl an Fernwärmeanschlüssen in Zukunft verschiebt sich die zu erzeugende Energie im Fernwärmenetz unterjährig. Anders ausgedrückt: Wenn mehr Haushalte mit Fernwärme versorgt werden, sorgt das also dafür, dass ein größerer Anteil der Wärme im Sommer nachgefragt wird (wie in Abbildung 26 zu sehen).

Im Sommer (5 Sommermonate) kann diese zusätzliche Wärme durch das RMHK geliefert werden. Hier entsteht ein Potenzial von fast 7.000 MWh.

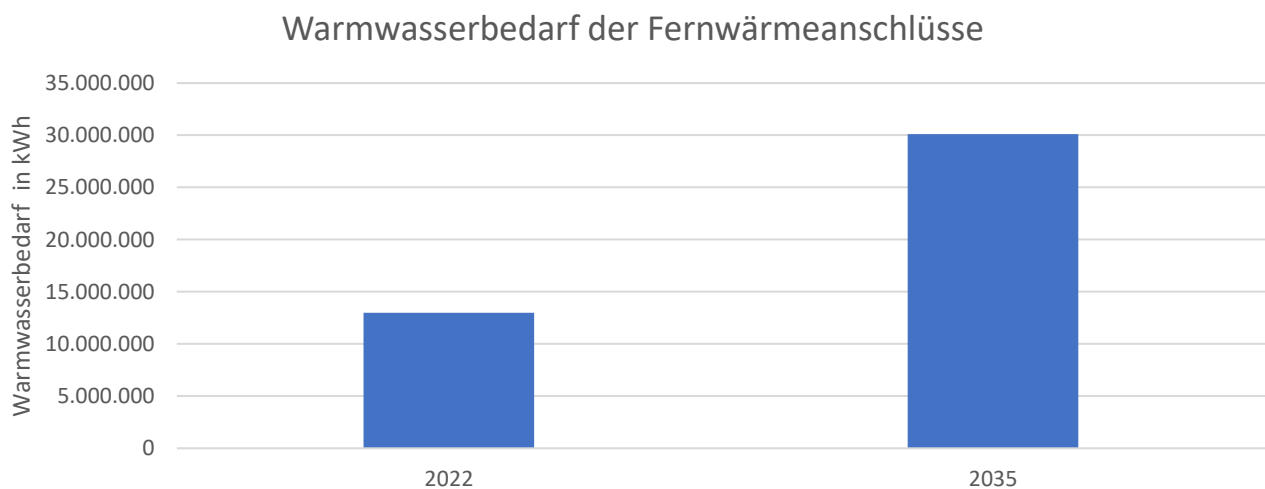


Abbildung 26: Warmwasserbedarf der Fernwärmeanschlüsse (eigene Darstellung auf Basis der geplanten Fernwärmeanschlüsse Böblingen)

Saisonaler Wärmespeicher am RMHKW

Ein saisonaler Wärmespeicher (auch sprachlich korrekter „intersaisonaler Wärmespeicher“ genannt) (Bundesverband Geothermie, 2023) ist eine innovative Lösung, um überschüssige Wärme in wärmeren Monaten zu speichern und sie in kälteren Zeiten zur Heizung oder anderweitigen Energieerzeugung zu nutzen. Dabei stehen vier Hauptoptionen zur Speicherung der Wärme zur Verfügung: Behälter oder Tanks, Erdbecken, Erdsonden und Aquifer.

Ein Wärmespeicher in Behälterform besteht aus einem gut isolierten Tank, in dem das warme Medium wie Wasser oder Salz gespeichert wird. Der Vorteil solcher Behälter liegt in ihrer Flexibilität und einfachen Handhabung, da sie an verschiedenen Standorten platziert werden können. Hingegen bieten Erdbecken, die sich in die Erde eingraben lassen, eine größere Wärmekapazität und können somit größere Mengen an Wärme speichern. Sie eignen sich besonders für Anwendungen, bei denen ein kontinuierlicher, saisonaler Wärmebedarf besteht, wie zum Beispiel in Fernwärmesystemen für Wohnsiedlungen oder Gewerbegebieten.

Erdsonden-Wärmespeicher nutzen das natürlich im Untergrund vorhandene Gestein als Wärmespeicher-Medium. Eine Wärmespeicherkapazität von bis zu 80 °C kann hierbei erreicht werden. Erdsonden-Wärmespeicher sind vor allem dort sinnvoll, wo wenig Grundwasserbewegung auftritt, da diese Wärmeverluste verursachen. Aufgrund der Trägheit des Gesteins (bspw. im Vergleich zu Wasser), können Erdsonden-Wärmespeicher keine Leistungsspitzen der Wärmelieferanten abfangen. Sie werden daher häufig in Verbindung mit weniger trägen Pufferspeichern und Wärmepumpen genutzt.

Aquifer-Wärmespeicher nutzen natürlich vorkommende Grundwasserreservoirs zur Speicherung von Wärme. Hierbei wird das Reservoir durch zwei Brunnenbohrungen erbohrt, wobei durch einen Brunnen kaltes Wasser gefördert (kalter Brunnen) und durch den zweiten das erwärmte Wasser wieder hinabgepumpt wird (warmer Brunnen). Zur Nutzung der Wärme (Entladung) wird das warme Wasser durch den warmen Brunnen entnommen und über einen Wärmeüberträger in einen Verbraucherkreislauf überführt (Arbeitskreis Langzeit-Wärmespeicher, 2023).

Die Wahl der Wärmespeicher-Methoden ist jedoch von verschiedenen Parametern abhängig (Marx *et al.*, 2011; Arbeitskreis Langzeit-Wärmespeicher, 2024):

- vorhandenen Fläche (Platzbedarf)
- vorhandene Topographie
- Geologie und Hydrogeologie (v. a. Aquifer- und Erdsonden-Wärmespeicher)
- baurechtliche Bestimmungen
- weitere Randbedingungen.

Je nach Einsatz des Wärmespeichers (z. B. für Wohnsiedlungen oder für die Speicherung von Abwärme-Potenzialen) muss eine geeignete Bauart und Standort gewählt werden.

Je nach Art des Speichermediums sind verschiedene Temperatur-Spannen / Gradienten erreichbar.

Durch den Einsatz von Wärmespeichern könnte man bspw. den Betrieb von Wärmepumpen und der p2h-Anlage (SWBB) effizienter gestalten. Bei einer frühen Annahme der SWBB (Quelle: SWBB Power Point „Potentiale Klimaneutralitätsstrategie SWBB“), dass eine Kapazität von 2x50 MWh (je 750 m³) bei 75 Zyklen pro Jahr erreicht würde, läge das Speichervolumen (für beide Wärmespeicher) bei ca.

7,5 GWh/a, bei einer technischen Lebensdauer von rund 40 Jahren. Dabei wäre eine Einsparung von ca. 1.650 t CO₂ pro Jahr denkbar.

- Annahme Substitution von Erdgas mit 220 t CO₂/GWh

Eine Simulation der TU Dresden hat mit der Software flixOpt für einen Speicher am RMHKW allerdings nur eine wirtschaftliche Speichergröße von 77 MWh ausgewiesen. In diesem Fall müssen noch andere Optionen für das Stellen weiterer Speicher z. B. an der Kläranlage Sindelfingen/Böblingen in Betracht gezogen werden um ein jährliches Speicherpotenzial von 7,5 GWh/a zu erreichen.

Kläranlage Abwärme

Die Abwärmenutzung in Kläranlagen ist eine effiziente und ressourcenschonende Methode, um die bei den Reinigungsprozessen anfallende Abwärme zu verwerten. Kläranlagen produzieren bei der biologischen Abwasserreinigung und anderen Prozessen Wärme, die bisher oft ungenutzt in die Umwelt abgegeben wurde. Durch den Einsatz von Wärmetauschern oder Wärmepumpen kann diese Abwärme jedoch zurückgewonnen und für verschiedene Zwecke genutzt werden.

Die Abwärme in der Kläranlage Sindelfingen könnte mithilfe einer Großwärmepumpe maßgeblich zur Erzeugung der Fernwärme beitragen.

Eine Hochrechnung der IBS Ingenieurgesellschaft (Kooperationsprojekt des DWA Landesverbandes Baden-Württemberg, ifeu und der IBS Ingenieurgesellschaft mbH, gefördert vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) weist für die Kläranlage Sindelfingen/Böblingen eine mögliche erzeugbare Abwärmeleistung von maximal 13,2 MW aus. Mit einer Abkühlung von 5 Kelvin und 7.000 Vollbenutzungsstunden würde das einem Wärmepotenzial von 92.400 MWh für Sindelfingen und Böblingen zusammen entsprechen. Wenn man die maximal nutzbare Leistung auf 10 MW reduziert, entspricht das einem Potenzial von 70.000 MWh.

Im Gespräch mit den Stadtwerken wurden die 7.000 Vollbenutzungsstunden als unrealistisch klassifiziert.

In einer Machbarkeitsstudie der Stadtwerke wurde betrachtet, ob Abwärme der Kläranlage in das Netz Hüb eingespist werden kann. Durch die hohen Temperaturen, die im Winter im Netz benötigt werden, kann die Kläranlage nach aktuellem Stand in sehr kalten Zeiten kaum oder keinen Beitrag zur Fernwärme leisten. Darüber hinaus wird in wärmeren Zeiten primär die Wärme des RMHKW abgenommen, die eine mögliche Nutzung der Abwärme der Kläranlage in wärmeren Zeiten verdrängen würde. So kommen die Stadtwerke auf lediglich 1.500 Vollbenutzungsstunden für die Abwärme der Kläranlage und somit lediglich auf ein realistisch nutzbares Potenzial von 9.000 MWh.

Dieses Beispiel gilt für die aktuellen Temperaturen im FW-Netz und die Einspeisung über Hüb. Es wird empfohlen sich im weiteren Verlauf mit den SW Sindelfingen nochmal zu besprechen, ob eine

gemeinsame Abwärmenutzung der Kläranlage über das FTG-Netz oder Daimler angestrebt wird, um die hohen Potenziale der Kläranlage nutzen zu können. Im weiteren Verlauf kann auch ein saisonaler Wärmespeicher helfen, um die Vollbenutzungsstunden zu erhöhen.

Klärschlammverwertung

Der sogenannte Klärschlamm fällt immer an, denn eine Vermeidung von Klärschlamm ist nicht möglich. Er ist ein Abfallprodukt der Abwasserreinigung in Kläranlagen und besteht aus Wasser, organischen und mineralischen Stoffen sowie weiteren Rückständen (z. B. Medikamente oder Mikroplastik). Eine thermische Verwertung von Klärschlämmen ist laut dem Umweltbundesamt die ökologischste Verwertungsmethode, da sowohl Phosphor zurückgewonnen wird, als auch Energie gewonnen werden kann.

Es ist geplant eine Klärschlammverwertungsanlage auf dem Gelände des Restmüllheizkraftwerkes (RMHKW) auf Böblinger Gemarkung zu errichten. Die Klärschlammverwertungsanlage soll sowohl für die Wärme- und Stromerzeugung als auch für die Rückgewinnung von Phosphor genutzt werden.

Für die Umwelt ist die thermische Verwertung von Klärschlamm eine positive Sache, denn durch die thermische Verwertung werden klimaschädliche Gase (Methan, Kohlenmonoxid, Ammoniak), welche bspw. durch die Verrottung bei der Ausbringung als Dünger auf den Feldern entsteht, vermieden. Weiter werden gewisse Stoffe durch diese Form der Verwertung zerstört (wie bspw. Medikamenten-Rückstände) oder entfernt (wie bspw. Schwermetalle). Auch kann der Einsatz von konventionellen und fossilen Energieträgern zur Wärmeerzeugung verringert werden.

Die Klärschlammverwertungsanlage soll nach aktuellen Angaben im Jahr 2027 in Betrieb gehen und ein Abwärmepotenzial (bis 2040) von ca. 17.500 MWh pro Jahr besitzen, welches jeweils für die Gemarkung Böblingen, als auch für die Gemarkung Sindelfingen anfällt (Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen, 2023).

Abwärme Daimler AG

Aktuell speist Daimler 22.400 MWh/a ein. Die Einspeisung durch Daimler ist aktuell erdgasbasiert. Zukünftig wird Daimler die Produktion voraussichtlich auf Wasserstoff und Elektro umstellen. Die erste rein elektrische Lackieranlage soll noch in den 2020er Jahren in Betrieb gehen

Derzeit wird die Daimler Abwärme-Einspeisung in das FW-Netz netzseitig vor allem durch die Einspeisung des RMHKW begrenzt. Zukünftig wird diese Begrenzung mit zunehmendem Zubau von erneuerbaren Energien - die tendenziell im Sommer größeren Beitrag leisten können - weiter begrenzt. Durch diese Begrenzung wird davon ausgegangen, dass die Abwärme von Daimler in 2035 nur noch halb so viel Beitrag zum Fernwärmenetz geben kann, als heute. Dementsprechend wird im Zielszenario bis 2035 eine Abwärmenutzung von Daimler von 11.200 MWh ausgegangen (Quelle Telefonat Herr Hinsberger, Daimler AG).

Abwärme Rechenzentrum Hulb

Derzeit gibt es Überlegungen ein modernes Rechenzentrum im Gewerbegebiet Hulb zu errichten. Nach Schätzungen könnte das Rechenzentrum ca. 12 MW Leistung als Abwärme bereitstellen. Diese Leistung könnte durch eine dort angesiedelte Großwärmepumpe genutzt werden.

Bei einer Auslastung von 1.500 Stunden im Jahr würde man auf ca. 18 GWh/a Wärmebereitstellung, bei einem Strombedarf von ca. 6.400 MWh, kommen. Daraus ergäbe sich eine CO₂-Einsparung von ca. 2.700 t CO₂ pro Jahr (Quelle: Stadtwerke Böblingen).

4.2.8. Wind zur Stromerzeugung

Insbesondere in der Heizperiode stellen Windkraftanlagen einen notwendigen Baustein der Stromversorgung aus regenerativen Quellen dar. Dabei ergänzen sich die Erzeugungsprofile von PV und Windkraft gut. Während PV sein Maximum im Sommerhalbjahr hat, hat die Windkraft ihres im Winterhalbjahr.

Durch die im Zielszenario anzunehmenden Deckungsanteile von elektrisch betriebenen Wärmepumpen und den dadurch zu erwartenden zusätzlichen Strombedarfen kommt dem Ausbau der regenerativen Stromerzeugung mit Erträgen in der Heizperiode eine Schlüsselrolle für die Wärmewende zu.

Es gibt keine Windkraftanlage auf der Gemarkung der Stadt Böblingen (LUBW, Stand 2023). Im Energieatlas der LUBW sind Berechnungen bezüglich des Windpotenziales auf Gebietsebene vorhanden. In der Gemarkung Böblingen gibt es insgesamt 413 ha, die als bedingt geeignete und geeignete Flächen für die Installation von Windenergieanlagen geeignet sind. 293 ha von den sind bedingt geeignete Flächen¹¹ und 120 ha sind geeignete¹². Der maximale Netto-Jahresstromertrag von den bedingt geeigneten Flächen beträgt 147.735 MWh pro Jahr (maximale Anlagenanzahl: 16) und der maximale Netto-Jahresstromertrag der geeigneten Flächen 39.538 MWh pro Jahr (maximale Anlagenanzahl: 4). Das ist ein Gesamtstromertrag von 187.274 MWh pro Jahr. Auf der folgenden Karte werden die Flächen des Windpotenziales dargestellt:

¹¹ Flächen mit einer mittleren gekappten Windleistungsdichte von mindestens 215 W/m² in 160 Meter Höhe über Grund, die nicht innerhalb von Ausschlussflächen liegen, deren Nutzungsmöglichkeit für Windenergieanlagen aufgrund bekannter Flächenrestriktionen jedoch im Einzelfall besonders zu prüfen ist (LUBW, 2019).

¹² Flächen mit einer mittleren gekappten Windleistungsdichte von mindestens 215 Watt pro Quadratmeter (W/m²) in 160 Meter Höhe über Grund, die nicht innerhalb von Ausschluss- und Restriktionsflächen liegen (LUBW, 2019).

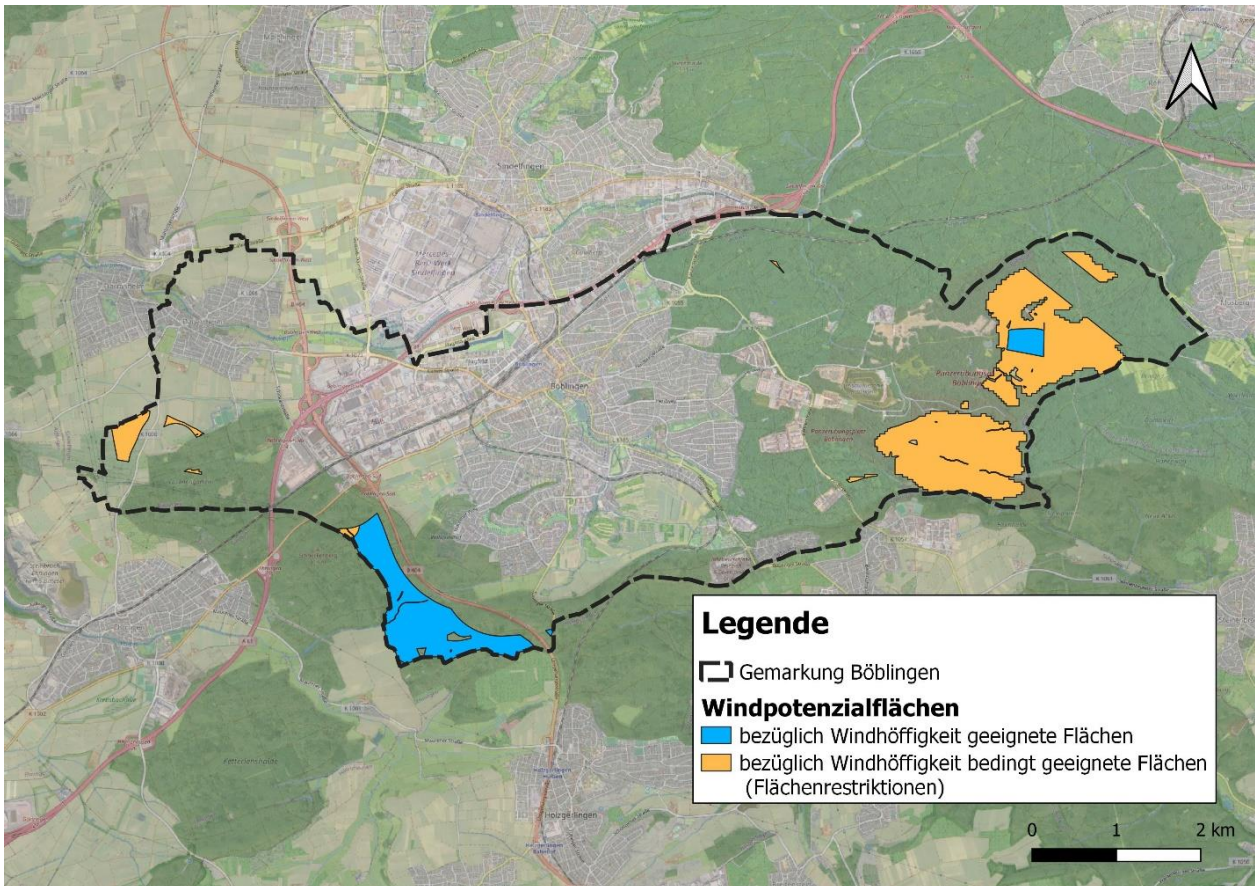


Abbildung 27: LUBW-Windpotenzialflächen (Quelle: LUBW, 2019)

Die Stellungnahmen der Stadt Böblingen bezüglich der Eignung einiger der Flächen müssen gleichfalls berücksichtigt werden. Die westlichen Flächen (südlich von Dagersheim) werden als *nachrangig und höchstens punktuell vorstellbar* von der Stadt bewertet. Zu beachten ist, dass diese Flächen auf einem Streuobstgebiet liegen und dass eine Abstimmung mit Sindelfingen vorausgesetzt wird. Die kleine Fläche, die im Fasanengarten liegt (nordöstlich von Ehningen), wurde von der Stadt Böblingen ausgeschlossen. Bezüglich der östlichen Flächen (Wald westlich von Musberg) werden die Flächen als *vorstellbar für Windkraftanlagen, wenn waldverträglich* beschrieben. Es gibt auch Abstimmungsbedarf mit Leinfelden - Echterdingen für diesen Staatswaldflächen.

Die „bezüglich Windhöffigkeit geeignete Flächen“ im Süden der Gemarkung sind für die Stadt Böblingen und die Gemeinden Ehningen und Holzgerlingen für die Entwicklung eines interkommunalen Windparks vorstellbar. Die Stadt Böblingen befindet sich in Abstimmung mit den zwei Gemeinden für Untersuchungen zur Realisierbarkeit eines gemeinsamen Windparks mit dem Ziel, die Synergien zu nutzen und zahlreiche Haushalte mit erneuerbarem Strom zu versorgen.

4.3. Transformation von Gasnetzen

Ausbau von Wasserstoff in Deutschland

Ein vorhandenes Gasnetz gilt für die Energieversorger bzw. für die Betreiber dieser Gasnetze als großer Vermögenswert, welcher nur im Notfall eine Stilllegung erfahren sollte. Deshalb muss nach Alternativen Ausschau gehalten werden, um die bestehenden Leitungen weiterhin zu erhalten und zu nutzen. Hierfür kann Wasserstoff eine mögliche grüne Alternative für den fossilen Rohstoff Erdgas darstellen, v. a. nachdem für die fossilen Energieträger wie Gas und Öl in den kommenden Jahren zunehmend steigende Kosten zu erwarten sind.

Mit der Veröffentlichung der Nationalen Wasserstoffstrategie im Jahr 2020 wurde die Basis für eine Wasserstoffwirtschaft in Deutschland geschaffen. Diese Strategie wurde im Juli 2023 aktualisiert und das Ambitionsniveau erhöht (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2023). Die erhöhten Ambitionen erfordern den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur. Die Planung für ein Wasserstoff-Kernnetz hat bereits begonnen. Die Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) sind beauftragt einen Antrag mit Maßnahmen zur Errichtung des Wasserstoff-Kernnetzes zu erstellen und der Bundesnetzagentur vorzulegen. In der Planung des Wasserstoff-Kernnetzes werden große Wasserstoffherzeuger und -verbraucher in Deutschland identifiziert, inklusive der geplanten Projekte, und dementsprechend aufgebaut. Die Planung des Wasserstoff-Kernnetzes ist in Einklang mit dem europäischen H₂-Backbone (europaweite Wasserstoffstrategie). Zurzeit befindet sich das Projekt in der Auswertungs- und Prüfungsphase durch die Bundesnetzagentur. Nach einer erfolgreichen Prüfung und einer gesetzlichen Verankerung eines kapitalmarktfähigen Finanzierungsmodells für das Wasserstoffkernnetz, wird ein gemeinsamer Antrag abgegeben (Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V., 2024).

Der größte Nutzen von Wasserstoff wird in der Industrie und im Verkehrssektor erwartet. Auch bei steigenden Wasserstoffkosten geht man davon aus, dass die Nachfrage in beiden Sektoren bestehen bleiben wird. In der Wärmeherzeugung hat Wasserstoff eine nachrangigere Rolle, da es für die Wärmeherzeugung bereits klimafreundliche Alternativen gibt, wie z. B. Wärmepumpen, Fernwärme, Biomasse. In Gebäuden, die nicht an ein Fernwärmenetz angeschlossen werden können und in denen alternative Wärmetechnologien, wie z.B. Luftwärmepumpen aufgrund des Gebäudezustands nicht möglich sind, könnte der Einsatz von Wasserstoff eine Option sein (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2023). Es ist jedoch zu beachten, dass die Nutzung von Wasserstoff in Gebäuden nur dann eine Option ist, wenn Wasserstoffabnehmer (z. B. Industrieunternehmen) in der Nähe sind oder wenn ein Wasserstoffinselnetz wirtschaftlich ist.

Eine weitere Option, die für die Wärmeversorgung in Frage kommen würde, sind Wasserstoffinselnetze. In diesem Fall wird das ausgewählte Gebiet vom bestehenden Gasnetz abgetrennt und im Inselbetrieb versorgt. Die Versorgung kann durch eine Elektrolyse vor Ort erfolgen, oder durch einen Wasserstoffspeicher, der regelmäßig mit Wasserstoff beliefert wird. Solche Inselnetzlösungen könnten

in Gebieten, die neue bzw. nicht-sanierungsbedürftige Gasnetze haben, in Betracht gezogen werden. Hier ist es wichtig zu beachten, dass die Elektrolysetechnologie noch keine hohe Effizienz nachweist wie bspw. die der Wärmepumpen. Luftwärmepumpen haben eine Effizienz von 350 % (Energie Experten, 2024). Das heißt, mit 1 kWh Strom können 3,5 kWh Heizwärme hergestellt werden. Aktuell haben Elektrolyseure eine Effizienz von 80 % (ASUE, 2022). Das würde bedeuten, dass mit 1 kWh Strom lediglich 0,8 kWh an Energie gewonnen werden kann. Daraufhin folgt die Nutzung von Wasserstoff in Heizkesseln, was zu zusätzlichen Verlusten führt.

Es gibt bereits einige Entwicklungen, in der die Wirkungsgrade von Elektrolyseuren deutlich erhöht wurden. Deshalb wird empfohlen, die Entwicklung der Wirkungsgrade von Elektrolyseuren regelmäßig zu verfolgen.

Der folgende Entscheidungsbaum kann als Leitbild genutzt werden.

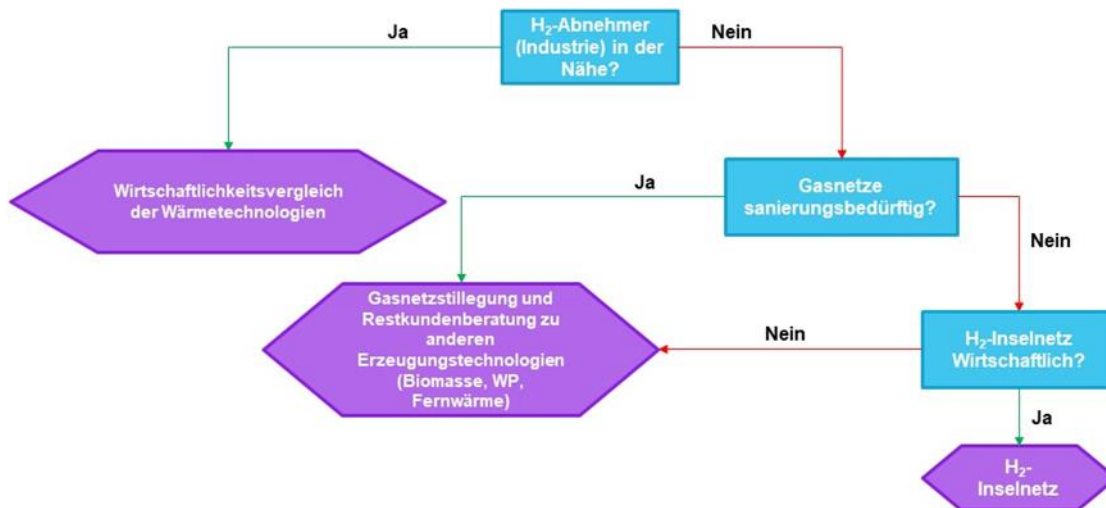


Abbildung 28: Entscheidungsbaum für den Einsatz von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung (eigene Darstellung)

Pilot-Projekt zu Wasserstoff in der Wärmeversorgung

Bisher gibt es keinen kommerziellen Wasserstoffkessel, der mit 100 % Wasserstoff heizt. Es gibt jedoch Pilotprojekte, in der die Nutzung von 100 % Wasserstoff in Heizkesseln geprüft werden. Ein Beispiel ist das „H2Direkt“ Projekt in Hohenwart, dass seit September 2023 zehn Privathaushalte und ein Gewerbegebiet mit 100 % Wasserstoff versorgt (Energie Südbayern, 2024). Für dieses Pilotprojekt hat das Unternehmen Vaillant Heizkessel entwickelt, die mit 100 % Wasserstoff arbeiten (Vaillant, 2024). Bei einer erfolgreichen Kommerzialisierung der Wasserstoffkessel sollte neben der Entwicklung des Wasserstoff-Kernetzes auch die Gasnetze und deren Umrüstung näher betrachtet werden.

Wasserstoffnutzung in Böblingen

In Bezug auf Böblingen könnte zukünftig Daimler ein Wasserstoffabnehmer werden, was die Nutzung von Wasserstoff in den Gebieten Hulb und Hulb Nord ermöglichen könnte. Im Gewerbegebiet Hulb wird derzeit jedoch schon der Ausbau der Fernwärme durchgeführt und soll auch in den kommenden Jahren weiter vorangetrieben werden, sodass dort Wasserstoff vorerst keine übergeordnete Rolle spielen wird.

Für die Eignungsgebiete Galgenberg Ost, Waldburg Ost und Herdweg Ost wurde ebenfalls untersucht, ob eine Wasserstoffnutzung als Möglichkeit zur Erzeugung von erneuerbaren Energien besteht. Aktuell sind keine Wärmenetze dort ausgebaut. Das vorhandene, weit verbreitete Gasnetz besitzt jedoch einen großen Wert für die Stadtwerke Böblingen. Jedoch sind die angesprochenen Stadtteile als charakteristische Wohngebiete erbaut und größtenteils weniger stark verdichtet, wodurch auch eine niedrige bis mittlere Wärmebedarfsdichte resultiert. Aufgrund der angegebenen Parameter und des nicht Vorhandensein von größeren Unternehmen oder gar eines Gewerbe- oder Industriegebietes im näheren Umkreis wird die Nutzung von Wasserstoff in diesen Gebieten als unrealistisch angesehen.

Ebenso sollte generell geprüft werden, ob die Möglichkeit, mit Wasserstoff zu heizen, sich in den kommenden Jahren als wirtschaftlich erweist.

5. Wärmewendestrategie

5.1. Ausweisung der Eignungsgebiete

Die Einteilung der Vorranggebiete erfolgte im Rahmen eines Workshops mit dem K UW-Beirat der Stadt (Klima-, Umwelt- und Wärmebeirat) Böblingen. Hierzu wurde maßgeblich die Wärmebedarfsdichtekarte von Abbildung 15 herangezogen.

Folgende Kriterien wurden des Weiteren in diesem Workshop betrachtet:

- vorhandene Fernwärmenetze
- Projektierung der neuen Fernwärmetrasse
- vorhandene Gasnetze
- Alter der Straßen.

Die Kennwerte zur Einteilung der Netzeignung aus Abbildung 15 stammen aus dem Leitfaden für kommunale Wärmeplanung der KEA. Diese Kennwerte spiegeln grobe Orientierungshilfen wider, d. h. die einzelnen Stadtteile und Gebiete sind grundsätzlich genauer und individuell zu betrachten. Die Ergebnisse der genaueren Betrachtung fließen in die Steckbriefe für die Eignungsgebiete ein (vgl. Kapitel 5.2.).

Eine sinnvolle Aufteilung des Siedlungsgebietes anhand von geographischen Gegebenheiten sowie Wärmeverbrauchsdaten ist für die Festlegung von Eignungsgebieten essenziell. Bei diesem Schritt wurde eng mit den Experten der Stadt Böblingen sowie mit den Stadtwerken Böblingen zusammengearbeitet, um das lokale Know-How einzusetzen und sinnvolle Eignungsgebiete abzugrenzen.

Grundlegend wurde auf Basis der Stadtteile gearbeitet, wobei es jedoch gerade im Bereich der Altstadt, sowie in den östlich an die Altstadt angrenzenden Stadtteilen Galgenberg, Waldburg und Herdweg zu Anpassungen kam. Das Eignungsgebiet Altstadt wurde nach Osten hin erweitert. Im weiteren Verlauf wird daher von „Altstadt+“ gesprochen. Dies resultiert primär auf den hohen Verbrauchswerten in diesem Bereich, wodurch sich dort nach Angaben der KEA konventionelle Wärmenetze im Bestand eignen bzw. eine sehr hohe Wärmenetzeignung vorliegt. Die angrenzenden östlichen Stadtteile wurden für die Festlegung der Eignungsgebiete dahingehend verkleinert. Außerdem wurden verschiedene Stadtteile weiter untergliedert.

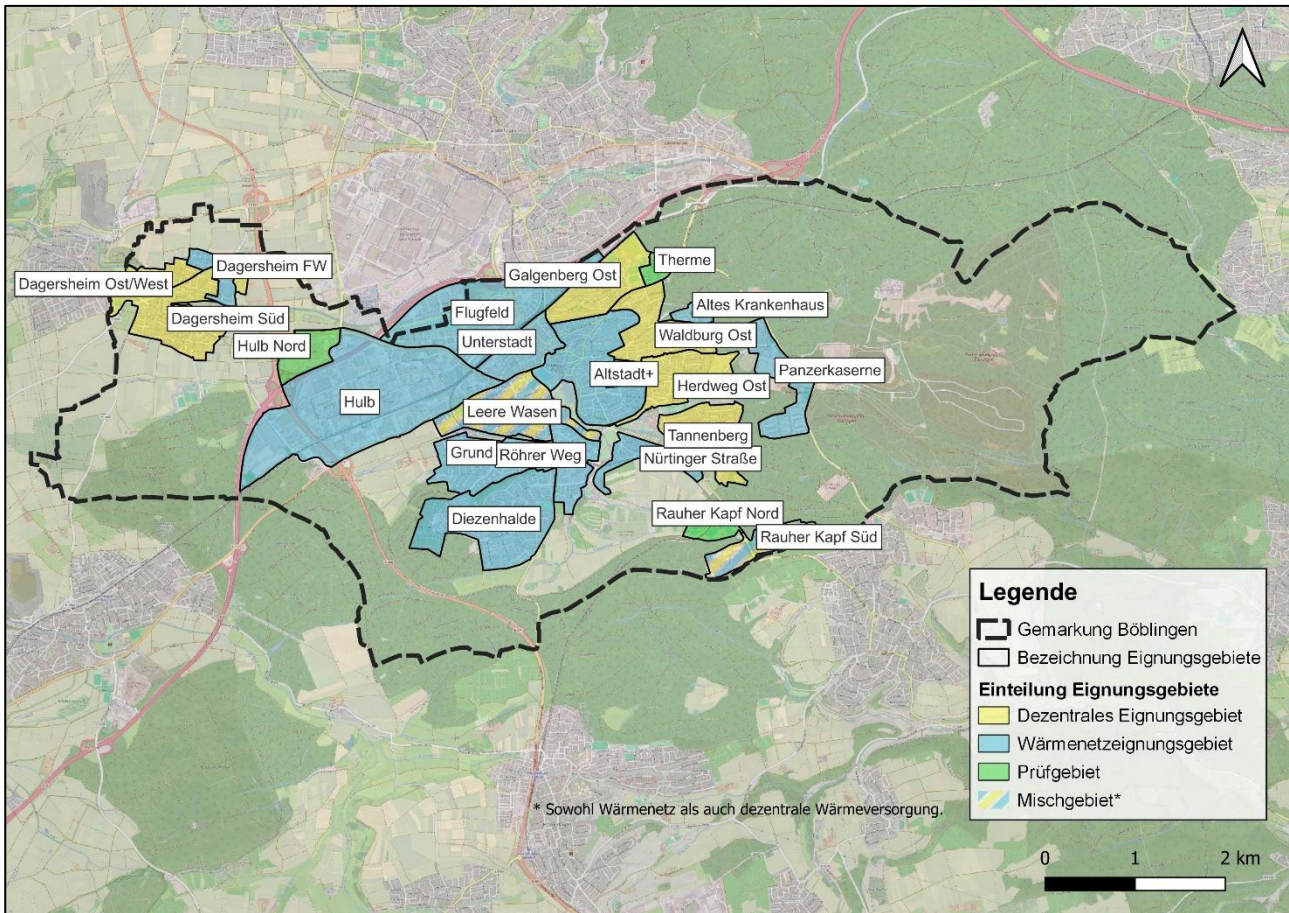


Abbildung 29: Darstellung der erarbeiteten Eignungsgebiete

Abbildung 29 zeigt die Aufteilung sowie die Festlegung der Eignungsgebiete für die Kommunale Wärmeplanung in Böblingen. Grundsätzlich werden vier verschiedene Eignungsgebiete unterschieden.

1. Wärmenetzeignungsgebiete
2. Dezentrale Eignungsgebiete
3. Prüfgebiete
4. Mischgebiete

In **Wärmenetzeignungsgebieten** soll der Ausbau der Wärmenetze, vor allem der Fernwärme, vorangetrieben werden. Böblingen verfügt schon über zwei verschiedene Fernwärmenetze, welche von den Stadtwerken Böblingen oder der FTG betrieben werden. Somit besteht in allen Wärmenetzeignungsgebieten die Aufgabe, die vorhandenen Wärmenetze auszubauen, um eine möglichst flächendeckende Auslastung zu erreichen.

Als Wärmenetzeignungsgebiete werden die bereits nahezu vollständig Fernwärme-versorgten Stadtteile Diezenhalde, Grund und die Panzerkaserne sowie bisher teilweise Fernwärme-versorgte Stadtteile wie die Nürtinger Straße bezeichnet. Dazu kommen noch die Eignungsgebiete Hulb, Dagersheim FW, Flugfeld, Unterstadt, Altstadt+ und der Röhler Weg.

Dezentrale Eignungsgebiete sind als Gebiete ohne Voraussetzungen für die Umsetzung eines Wärmenetzes. Dies kann hydraulische, geographische sowie wirtschaftliche Gründe haben. In dezentralen Eignungsgebieten wird vorwiegend auf Luft-Wärmepumpen, Solarthermie, Photovoltaik oder oberflächennahe Geothermie gesetzt.

Tannenberg besitzt heute schon den größten Anteil an Wärmepumpen in Böblingen und ist durch seine Lage und das Nicht-Vorhandensein eines Fernwärmenetzes sowie einer geringen Anschlussquote an das Gasnetz als dezentrale Eignungsgebieten ausgewiesen. Hinzu kommt noch der südliche, sowie zentrale Teil Dagersheims sowie Galgenberg Ost, Waldburg Ost und Herdweg Ost, welche ebenfalls aufgrund der städtebaulichen Struktur, der geringen Wärmedichte sowie des nicht Vorhandenseins eines bestehenden Wärmenetzes als dezentrale Eignungsgebieten ausgewiesen werden. Für die Ausweisung der Gebiete Galgenberg Ost, Waldburg Ost und Herdweg Ost wurde ebenfalls eine Transformation des Gasnetzes als Grobplanung betrachtet (vgl. Kapitel 4.3).

Als **Prüfgebiete** werden Eignungsgebiete ausgewiesen, welche zum aktuellen Stand noch nicht abschließend eingeschätzt werden können. Für Prüfgebiete wird bis zum Jahre 2030 geprüft, welche Energieversorgung für diese Gebiete als sinnvoll erachtet wird. Hierzu zählen Hulb Nord, die Therme sowie Rauher Kapf Nord.

Weiter werden noch zwei **Mischgebiete** in Böblingen festgelegt. Als Mischgebiet werden Gebiete definiert, welche sowohl durch ein Wärmenetz als auch durch dezentrale Einzelheizungen versorgt werden und die keinem Schwerpunktgebiet zugeordnet werden können. Die Leeren Wasen als auch der Rauhe Kapf Süd werden als Mischgebiete in der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesen.

5.2. Steckbriefe

Mithilfe von Steckbriefen werden die wichtigsten Informationen zu den Eignungsgebieten zusammengefasst. Sie dienen unter anderem in Zwischenpräsentationen als Diskussionsgrundlage und wurden im Planungsprozess fortlaufend aktualisiert.

Die Steckbriefe bilden für jedes einzelne Eignungsgebiet folgende Informationen ab:

- Lage und Größe (inkl. Übersichtskarte, welche die Gebietsabgrenzung zeigt)
- Städtebauliche Kurzbeschreibung
- Gebäudealter
- KWP-relevante Informationen zur Gebietsentwicklung (falls notwendig)
- Gasnetzverfügbarkeit
- Wärmeverbrauchsichte
- Endenergieverbrauch und dessen Zusammensetzung nach Energieträgern von 2022 sowie für 2030 und 2035
- Ausweisung im Zuge der kommunalen Wärmeplanung

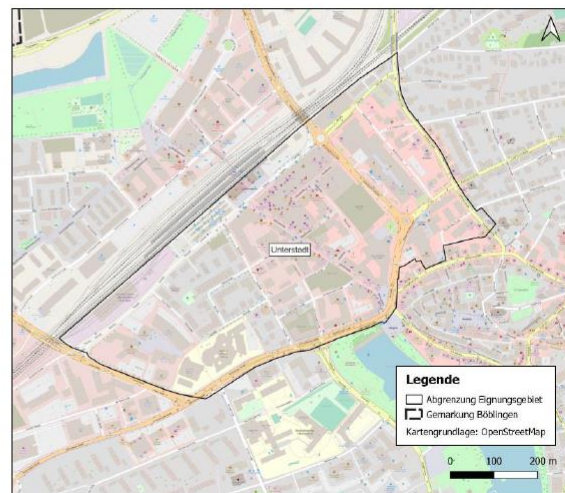
- Fernwärme: Bestand / Anteil bis 2030 / Anteil bis 2035
- Zeitliche Priorität des Fernwärmenetzes
- Empfehlungen für Haus- / Wohnungsbesitzer*innen
- Sonstige Hinweise (falls notwendig)

In Abbildung 30 ist ein beispielhafter Steckbrief für das Gebiet „Unterstadt“ dargestellt. Die weiteren Steckbriefe aller Eignungsgebiete können Anlage 4 entnommen werden.

Detailbetrachtung Eignungsgebiete

7) Unterstadt

Lage / Größe	Zentrale Lage, grenzt an den westlichen Teil der Altstadt an Größe: 34,8 ha
Städtebauliche Kurzbeschreibung	Verdichtete Struktur mit Mischnutzung von Wohnen, Gewerbe (u. a. Einzelhandel & Dienstleistungen) und Gemeinwesen (z. B. Mildred-Scheel-Schule, Polizeirevier Böblingen)
Gebäudealter	Gebäudealter sehr unterschiedlich
KWP-relevante Informationen zur Gebietsentwicklung	
Gasnetz vorhanden?	Ja
Wärmeverbrauchsichte	Hoch



Detailbetrachtung Eignungsgebiete

7) Unterstadt

Ausweisung im Zuge der kommunalen Wärmeplanung	Wärmenetzeignungsgebiet der FTG
Fernwärme (langfr. mit EE)	Bestand: ~ 42 % Bis 2030: ~ 70 % Bis 2035: ~ 90 %
Zeitliche Priorität des Fernwärmenetzes im Gebiet	Hohe Priorität
Empfehlungen für Haus-/ Wohnungsbesitzer*innen	Fernwärmeanschluss mit Übergabestation
Sonstige Hinweise	

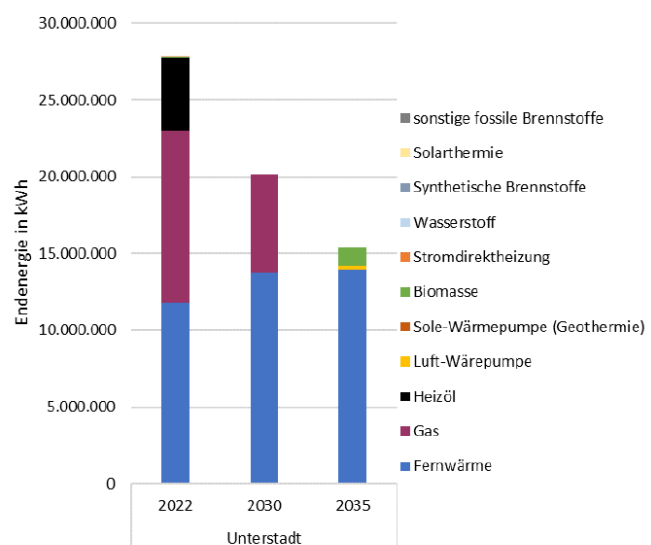


Abbildung 30: Beispielhafte Darstellung eines Steckbriefes (Unterstadt)

5.3. Zielszenario

In § 27 KlimaG BW wird vorgegeben, dass eine KWP ein klimaneutrales Szenario für das Jahr 2040 mit Zwischenziel für das Jahr 2030 zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs und der zur Bedarfsdeckung klimaneutralen Versorgungsstruktur erfordert. Das Zielszenario im Folgenden bildet dieses klimaneutrale Zukunftsszenario entsprechend ab. Hierbei werden die prognostizierten Bedarfe (vgl. Kap. 4.1) und die erneuerbaren Energiepotenziale in einem städtischen Transformationspfad gebündelt. Hierzu werden für jedes Eignungsgebiet der zukünftige Energiemix für 2030 und 2040 abgeschätzt (Wärmeversorgungsszenario), der die Ausweisungsergebnisse der Eignungsgebiete (vgl. Kap.5.1) berücksichtigt. Über einen Zwischenschritt 2030 wird der Energiemix nach und nach durch klimafreundliche Energieträger ersetzt. Für die Fernwärme wird der Transformationsplan zu Grunde gelegt (vgl. Kap.5.3.2).

5.3.1. Wärmeversorgungsszenario

In Abbildung 31 ist die Endenergiebilanz für den Wärmesektor (in kWh/a), gegliedert nach Energieträgern dargestellt, die der Summe der aktuellen Endenergieverbräuche aller Eignungsgebiete Böblingens entspricht. Die Energieträger Fernwärme, Erdgas, Heizöl, Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen (Erdwärme), Biomasse, Stromdirektheizung, synthetische Brennstoffe / H₂, Solarthermie und sonstige fossile Brennstoffe spielen für das Basisjahr und die Jahre 2030 und 2040 eine Rolle. Ziel der Wärmeplanung ist eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040. Dazu ist eine Ablösung der fossilen Energieträger notwendig, weshalb die Anteile von Erdgas, Heizöl und sonstiger fossilen Energien in den Szenarien bis 2030 zunächst deutlich gesenkt und bis 2040 auf null reduziert werden. Durch Sanierungspotenziale und bessere Wirkungsgrade von Heizungstechnologien (z. B. Luft-Wärmepumpe) wird der Endenergiebedarf bzw. -verbrauch künftig deutlich rückläufig sein (müssen). Der geringe Anteil, den Wärmepumpen in Zukunft zur Endenergiebilanz beitragen, ist mit der hohen Effizienz der Technologie zu erklären. Je nach Wärmequelle wurden für Wärmepumpen Coefficients of Performance (COP; Effizienzkennzahl für Wärmepumpen) von 3,25 (Außenluft) und 3,8 (oberflächennahe Erdwärme) angenommen. Das heißt, dass eine kWh Strom in jeweils über drei kWh Wärme gewandelt werden. Der Anteil, den die Wärmepumpen zur Deckung des Wärmebedarfs (Nutzenergie) beitragen, ist also über drei Mal höher.

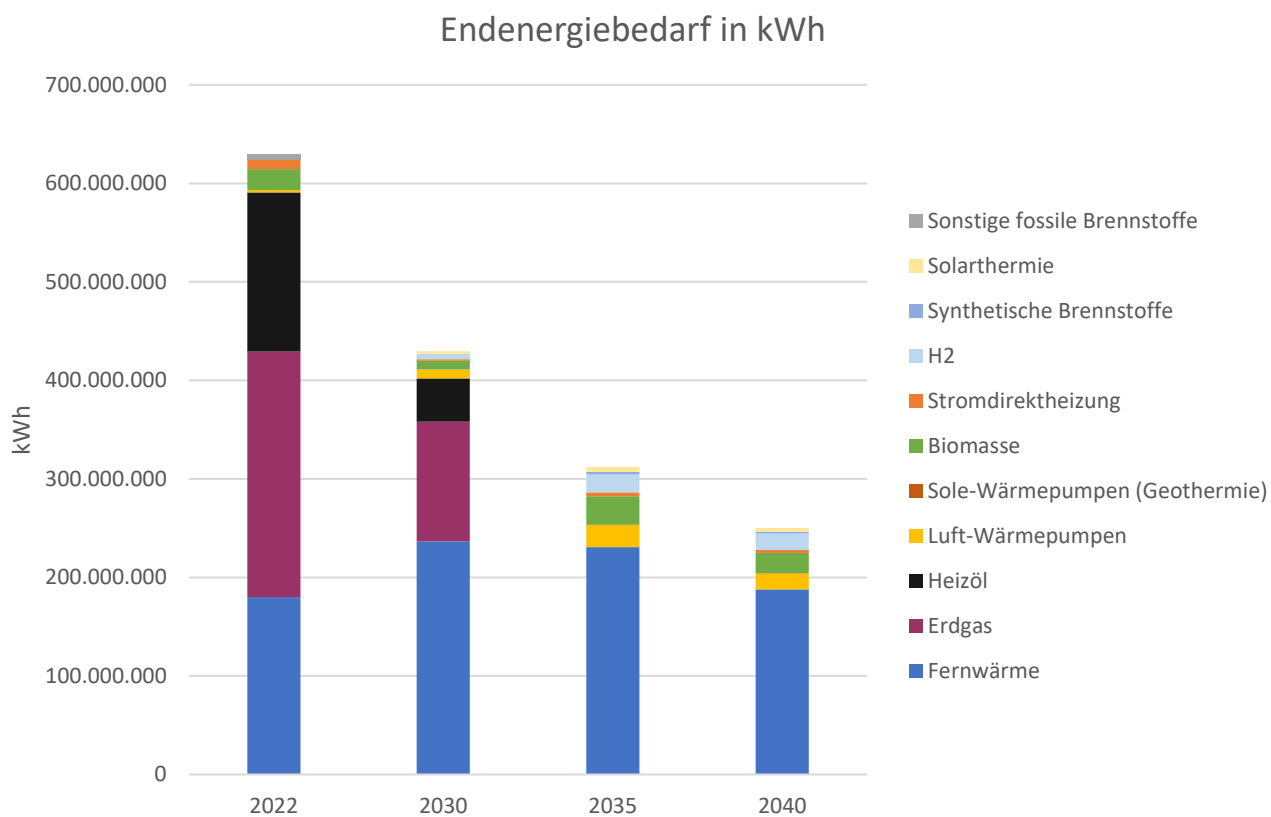


Abbildung 31: Endenergiebedarf in Böblingen bis 2040

Die Endenergiebilanzen der einzelnen Eignungsgebiete sind den Steckbriefen in Anlage 4 (Steckbriefe Eignungsgebiete) zu entnehmen.

5.3.2. Transformation Wärmenetze

Wärmenetz Böblingen

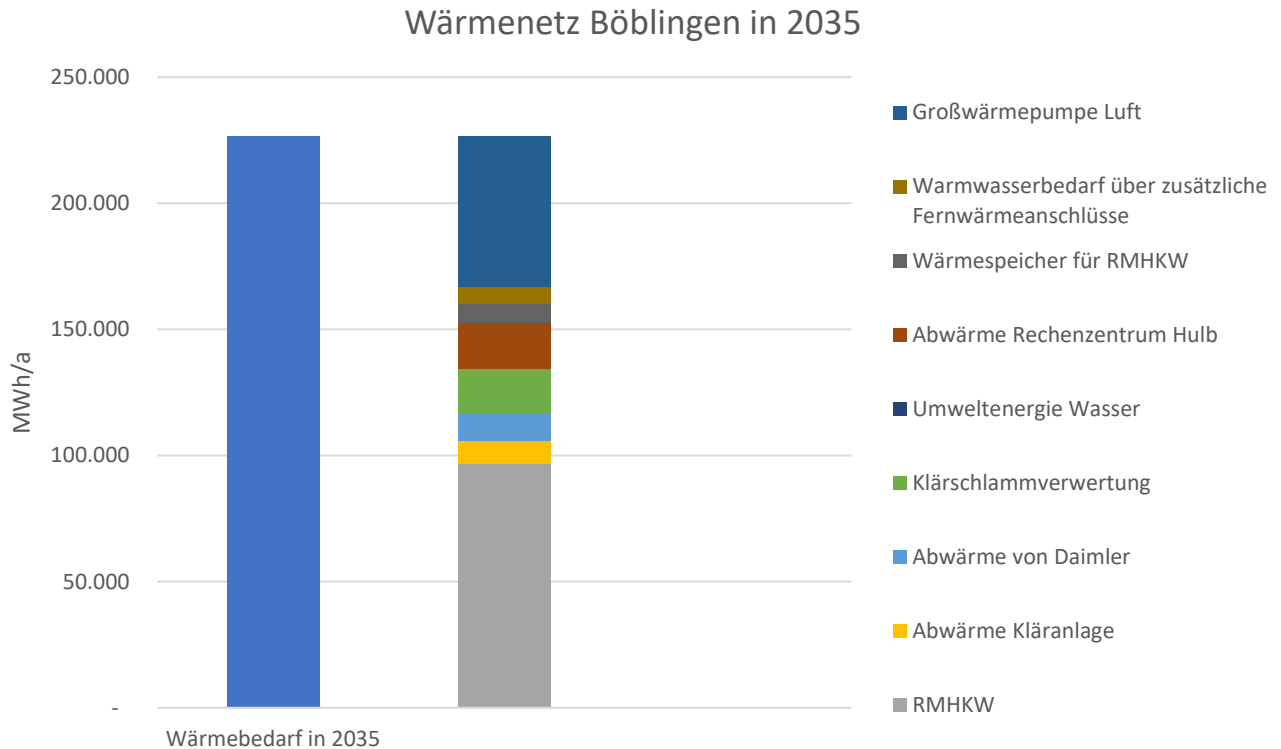


Abbildung 32: Szenario zur Fernwärmeerzeugung für das Fernwärmenetz Böblingen

Hier wird ein Wärmeversorgungsszenario für die Wärmeversorgung im Stadtgebiet Böblingen dargestellt. Große Mengen der Fernwärme Böblingen werden weiterhin über das Restmüllheizkraftwerk gedeckt. Darüber hinaus kommen weitere Wärmeerzeuger wie z. B. die Klärschlammverwertung, Abwärme Daimler, Abwärme eines Rechenzentrums, Abwärme der Kläranlage etc. in Betracht. Die Annahmen für die Menge an Abwärme, RMHKW Wärme Klärschlammverwertung etc. werden in Kapitel 4.2.7 genauer erläutert.

Da über die vorhandenen Wärmequellen in erster Abschätzung nicht die gesamte Fernwärme des Stadtgebietes abdeckbar ist, wurde in diesem Szenario der Restbedarf über eine Großwärmepumpe Luft gedeckt.

Das vorhandene Szenario stellt keine Sicherheit, sondern vielmehr eine Möglichkeit für die Erzeugung der Zukunft dar. Es bestehen darüber hinaus Möglichkeiten, die Wärmeversorgung z. B. über größere Mengen Klärschlammverwertung, Abwärmespeicher an der Kläranlage oder Tiefengeothermie zu decken.

Wärmenetz Dagersheim

Für das FW-Netz Dagersheim liegt eine Machbarkeitsstudie von EfU (Engineering für Umwelttechnik GmbH) für die klimaneutrale Erzeugung des Netzes vor. Die Erzeugung wurde hier mit einer Mischung

aus Festholzvergasung und zwei Wärmepumpen, die maßgeblich mit einer großflächigen PV-Anlage unterstützt werden sollen, simuliert. Zur Spitzenlastdeckung kommt ein Holzhackschnitzelkessel zum Einsatz. Für die Annahme des Zielszenarios wird auf Grundlage dieser Machbarkeitsstudie davon ausgegangen, dass ca. 30 % der Energie für das Fernwärmenetz Dagersheim aus Wärmepumpen und der Rest über Biomasse Restholz versorgt wird.

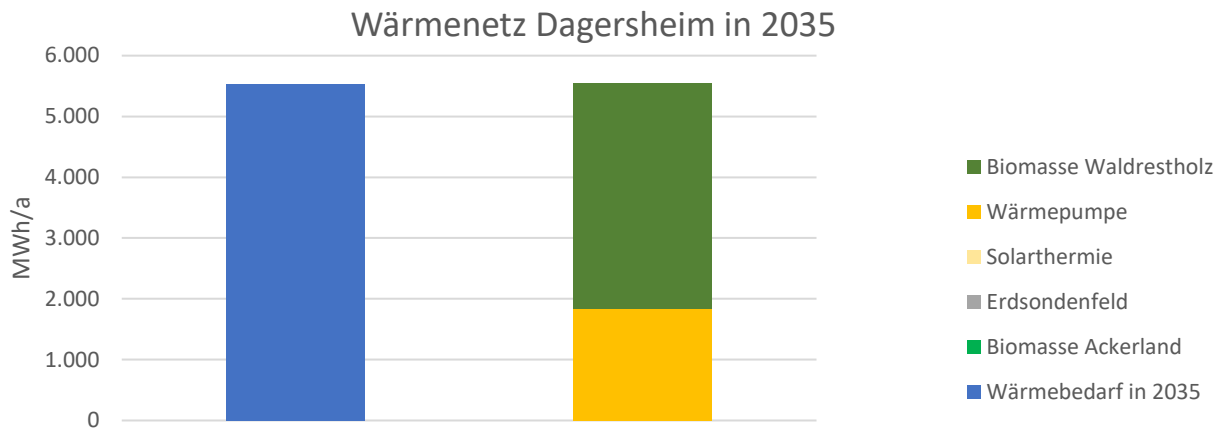


Abbildung 33: Szenario zur Fernwärmeerzeugung für das Fernwärmenetz Dagersheim

Alternativ kann hier im weiteren Verlauf auch ein Erdsondenfeld mit Wärmepumpen zur Erzeugung der Fernwärme in Dagersheim betrachtet werden.

Die dritte Alternative wäre ein Anschluss an das Böblinger Netz. Dieser gestaltet sich aber als voraussichtlich unwirtschaftlich und selbst im Böblinger Netz sind die Erzeugungsformen beschränkt. Deshalb bietet es sich an, dass das Dagersheimer Netz eine Insellösung bleibt.

5.3.3. CO₂-Bilanz

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen (inkl. Äquivalente und Vorketten) für 2030 und 2040 bzw. 2035 wurden die CO₂-Emissionswerte des Technikkataloges der KEA-BW herangezogen (vgl. Anlage 2). Hier wird auch ein CO₂-Emissionsfaktor des prognostizierten Strommixes auf Grundlage des IINAS-Szenarios¹³ ausgewiesen, der für Wärmepumpen, deren Anteil bereits bis 2030 deutlich steigt, und für Direktstromheizungen zur Anwendung kommt. Neben der Gebäudeeffizienz und dem Auslaufen der Energieträger Gas und Heizöl leistet also auch besonders die Dekarbonisierung der Stromerzeugung einen wesentlichen Beitrag zum Rückgang der Emissionen. Daher ist auch die Hebung lokaler

¹³ IINAS = Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, www.iinas.org

Abbildung 35: Treibhausgasemissionen für die Wärmeversorgung in 2035, eingeteilt nach Sektoren

5.4. Maßnahmenkatalog

Das umsetzungsorientierte Handlungskonzept zur Wärmeplanung in Böblingen gliedert sich in „harte“, d. h. investive und „weiche“, d. h. kommunikative Maßnahmen, die die Wärmewende in Böblingen unterstützen und ermöglichen sollen. Für das Handlungskonzept wurden Maßnahmen definiert, die auf die Bereiche Fernwärmeversorgung, Wärmewende in den einzelnen Sektoren und den übergeordneten Support und Öffentlichkeitsarbeit aufgeteilt sind. Die Einzelmaßnahmen sind nach einer einleitenden Beschreibung über Ziele und Wesen der Maßnahme mit weiteren Merkmalen dargestellt und eingeordnet.

- Maßnahmenbeginn: Abschätzung des konkreten Beginns oder des zeitlichen Rahmens (kurzfristig in den nächsten zwei Jahren, mittelfristig bis in 5 Jahren, langfristig in den nächsten 5 bis 10 Jahren).
- Dauer: Grobe Abschätzung der Projekt- oder Maßnahmendauer.
- Initiator und weitere handelnde Akteure bzw. Zielgruppen: Wer ist für den Start der Maßnahme verantwortlich, und welche weiteren Akteure arbeiten mit oder sollen angesprochen werden?
- Laufende Kosten und geschätzte Höhe der Investitionen: Sofern ermittelbar, werden die Kosten für den laufenden Betrieb oder z. B. Personalkosten abgeschätzt. Für die Abschätzung der voraussichtlichen Gesamtinvestitionskosten (inkl. Planung und Vorbereitung), die für die weitere Umsetzungsplanung bzw. Projektentwicklung erforderlich sind, wird teilweise auf spezifische, durchschnittliche Kostenansätze zurückgegriffen.

Die Darstellung der Umsetzungsschritte entspricht einer Art Handlungsanweisung, die den Prozess der Maßnahmenumsetzung vorab strukturiert, um eine zügige Projektentwicklung zu unterstützen. Fett markierte Maßnahmen sollten am dringendsten umgesetzt werden. Gemäß § 27 Abs. 2 S. 3 KlimaG BW hat die Stadt mindestens fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre, d. h. bis zum Jahr 2029, begonnen werden soll. In der Maßnahmenübersicht sind die TOP-Maßnahmen fett markiert, die von der Stadt Böblingen in den nächsten 5 Jahren begonnen werden sollten. Der Maßnahmenkatalog befindet sich in Anlage 5.

6. Fazit und Ausblick

Die Stadt Böblingen betreibt aktiv Klimaschutz und hat dieses Thema als Stabstelle Klimaschutz direkt bei der Verwaltungsspitze angedockt. Ergänzend wird das Thema dezentral in vielen Fachämtern aufgegriffen und umgesetzt.

Nichtsdestotrotz bleibt die Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz durch die beträchtliche Steigerung von Sanierungsraten und -tiefen erforderlich, um die Klimaneutralitätsziele zu erreichen. Die Stadt kann Vorhaben im Neubaubereich mit zielorientierter Bauleitplanung steuern. Im Gebäudebestand gilt es, für kommunale Liegenschaften und Akteure mit größeren Gebäudebeständen Sanierungsfahrpläne zu erarbeiten. Grundsätzlich ist es sinnvoll, Maßnahmen an der Gebäudehülle zeitlich vor der Umstellung der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser durchzuführen. So kann beim Anlagentausch eine optimale Auslegung der Anlagentechnik auf die neuen Gebäudeanforderungen gewährleistet werden. Langfristig rechnen sich Einsparmaßnahmen an der Gebäudehülle, insbesondere wenn Energiekosten weiter steigen werden. Mit Blick auf den denkmalgeschützten und sonstigen schützenswerten Gebäudebestand sind gute Lösungen zu finden, die Klima- und Denkmalschutz gleichermaßen berücksichtigen.

Die zentrale Herausforderung ist weiter erneuerbare Energien für eine klimaneutrale Wärmenutzung zu erschließen. Während bei dezentraler Gebäudeversorgung notwendige Flächen (z. B. zur Erschließung von oberflächennaher Geothermie) meist auf dem Grundstück verfügbar sind, wird im städtebaulich dicht verbauten Bereich auf Wärmenetze gesetzt. Die Untersuchungen zur Erschließung der klimaneutralen Wärmeerzeugung sind intensiv voranzutreiben. Des Weiteren gilt es die Herausforderung des intensiven Wärmenetzausbaus zu meistern.

Die dezentrale Wärmeversorgung steht ebenfalls vor einer großen Transformation. Hier sind Wärmepumpen die vielversprechendste und empfehlenswerte Technologie, mit denen Umweltenergie nutzbar gemacht werden kann (z. B. Außenluft, oberflächennahe Geothermie, Grundwasser). Als sinnvoller Zwischenschritt zur erneuerbaren Wärmeversorgung können bivalente Wärmeerzeugungs- bzw. Hybridsysteme eingesetzt werden, in denen Wärmepumpen mit bestehenden fossilen Kesseln kombiniert werden. Darüber hinaus sind Biomasseheizungen als Alternative möglich.

Der vorliegende kommunale Wärmeplan wurde mit allen verfügbaren Daten erstellt und hat zum Ziel, eine langfristig klimaneutrale Wärmeversorgung Böblingens zu ermöglichen. Allerdings basiert er auf Wissen und Fachkenntnissen, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Alle maximal sieben Jahre ist die Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans gesetzlich vorgeschrieben. Dies dient zum Monitoring des Wärmewendefortschritts einerseits. Andererseits lassen sich wirtschaftliche, technologische oder ökologische Entwicklungen aufgreifen und im Rahmen eines Updates in den Wärmeplan integrieren. Das heißt, dass sich der kommunale Wärmeplan ebenfalls regelmäßig weiterentwickelt und der heutige Stand nicht in allen Details bis 2040 unveränderlich festgeschrieben ist.

Baden-Württemberg und seine Städte sind Vorreiter bei der kommunalen Wärmeplanung, deren Prozess mit Beschluss des Wärmeplans am Anfang steht und deren Umsetzungserfolg vom Willen und Handeln der gesamten Böblinger Stadtgesellschaft abhängt: packen wir es an!

Weiter bilden die Gesetzgebung sowie die Bereitstellung und Vorhandensein von stimmigen Fördermitteln bzw. Fördermittel-Programmen wichtige und maßgebende Strukturen, welche das Voranschreiten des Klimaschutzes sowie der kommunalen Wärmeplanung unterstützen. Die Landes- und Bundesgesetzgebung stellt wichtige Weichen (z.B. aufgrund der Datenbereitstellungspflicht), die eine kommunale Wärmeplanung ermöglichen und somit den Klimaschutz auf kommunaler Ebene voranbringen. In den kommenden Jahren und Monaten muss hier jedoch noch weiter verfeinert werden. Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) des Bundes ist ein noch recht junges Gesetz und muss sich noch in der Praxis, vor allem im Zusammenspiel mit der Landesgesetzgebung Baden-Württembergs, beweisen.

Ebenso wird das unbürokratische und schnelle Abgreifen von Fördermitteln eine entscheidende Rolle in der Zukunft spielen. Auch hier muss noch weitergearbeitet werden, Bürokratie zum Teil vereinfacht werden sowie schnellere und sinnvollere Wege gefunden werden, um sowohl Kommunen als auch Privatpersonen weiter zu unterstützen den Klimaschutz voranzubringen.

7. Literaturverzeichnis

Arbeitskreis Langzeit-Wärmespeicher (2024) *Saisonalspeicher.de*. Available at: <https://www.saisonalspeicher.de/> (Accessed: 28 March 2024).

ASUE (2022) *Elektrolyse-Wirkungsgrad und Effizienz verbessert | ASUE*. Available at: https://asue.de/aktuelles_presse/elektrolyse-wirkungsgrad_und_effizienz_verbessert (Accessed: 3 April 2024).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2023) *Nationale Wasserstoffstrategie - BMBF*. Available at: https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/energiewende-und-nachhaltiges-wirtschaften/nationale-wasserstoffstrategie/nationale-wasserstoffstrategie_node.html (Accessed: 3 April 2024).

Bundesverband Geothermie (2023) *Saisonale (Wärme-) Speicher*. Available at: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/s/saisonale-waerme-speicher> (Accessed: 28 March 2024).

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2011) 'Energieeffizienz bei Wärmeversorgungs-systemen in Industrie'.

Energie Experten (2024) *Wärmepumpe: Wirkungsgrad & Effizienz im Vergleich*. Available at: <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/waermepumpenheizung/wirkungsgrad> (Accessed: 3 April 2024).

Energie Südbayern (2024) *H2Direkt*. Available at: <https://www.esb.de/h2direkt> (Accessed: 3 April 2024).

Fraunhofer ISI (2015) 'Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013. Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Kurzfassung'.

KEA BW (2020) *Leitfaden kommunale Wärmeplanung*. Available at: www.um.baden-wuerttemberg.de (Accessed: 21 June 2022).

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) (2023) 'Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung V1.1'.

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (2014) *Ampelkarte: Zulassungsfähigkeit von Erdwärmesonden im Kreis Böblingen*. Available at: https://www.lrabb.de/site/LRA-BB-2018/get/params_E-1690094903/5769549/zupm211_Ampelkarte_Stand_03.06.14.pdf (Accessed: 28 March 2024).

Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS) Einleitung Ziele und Zielgruppen (2018).

Marx, R. *et al.* (2011) 'Saisonale Wärmespeicher-Bauarten, Betriebsweise und Anwendungen Seasonal Thermal Energy Stores-Design, Operation and Applications', *Juni*. doi: 10.1002/cite.201100064.

Stadt Böblingen (2012) 'Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Böblingen'.

Stadt Böblingen (2017) *Integriertes Ortsentwicklungskonzept Dagersheim – Beschluss 17.05.2017 (Drucksache Nr. 17/120)*.

Stadt Böblingen (2017) 'Klimaschutz Teilkonzept: Klimafreundliche Mobilität für die Stadt Böblingen'.

Stadt Böblingen (2019) 'Klimaanpassungskonzept'.

Stadt Böblingen (2023) *Klimaschutz | Stadt Böblingen*. Available at: <https://www.boeblingen.de/start/StadtPolitik/klimaschutz.html> (Accessed: 28 March 2024).

Stober, I. and Bucher, K. (2020) *Geothermie*. 3. Auflage, *Geothermie*. 3. Auflage. Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-60940-8.

Vaillant (2024) *Heizen mit Wasserstoff*. Available at: <https://www.vaillant.de/heizung/klimafoerderung/heizen-mit-wasserstoff/> (Accessed: 3 April 2024).

Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. (2024) *Wasserstoff-Kernnetz - FNB GAS*. Available at: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/> (Accessed: 3 April 2024).

Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen (2023) *Zukunftsvision Klärschlammverwertung*. Available at: <https://www.zvkbb.de/start> (Accessed: 28 March 2024).