Kommunale Wärmeplanung Bühl

Abschlussbericht

Herausgeber
greenventory GmbH
Georges-Köhler-Allee 302
79110 Freiburg im Breisgau

Telefon: +49 (0)761 7699 4160
E-Mail: info@greenventory.de
Webseite: www.greenventory.de

Dieses Dokument wurde im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung Bühl
von der Stadt Bühl, den Stadtwerken Bühl und der greenventory GmbH erstellt.

Projektteam

Stadt Bühl
Fachbereich Nachhaltige Stadtentwicklung,
Abteilung Klima-Umwelt-Grün
Rathaus 4
Friedrichstraße 2
77815 Bühl

Stadtwerke Bühl
Rüdiger Höche
Siemensstraße 5
77815 Bühl

greenventory GmbH
Maria Enders
Kai Mainzer
Georges-Köhler-Allee 302
79110 Freiburg im Breisgau

Bildnachweise
© greenventory GmbH

Stand
13. Juni 2024

Inhalt

Abbildungsverzeichnis **6**
Tabellenverzeichnis **8**
Abkürzungsverzeichnis **9**
Konsortium 11
1. Zusammenfassung 12
1.1 Bestandsanalyse 13
1.2 Potenziale 14
1.3 Wärmenetze als Teil der Wärmewendestrategie in Bühl 15
1.4 Sanierung und Wärmepumpen als Schlüssel der Wärmewendestrategie für Gebiete ohne Wärmenetze 15
1.5 Maßnahmen und nächste Schritte 16
1.6 Fazit 16
2. Fragen und Antworten 17
2.1 Was ist ein Wärmeplan? 17
2.2 Gibt es verpflichtende Ergebnisse? 17
2.3 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung? 18
2.4 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Ausbau von Fernwärme geeignet? 19
2.5 In welchen Gebieten werden Wärmenetze (aus)gebaut? 19
2.6 Schaffen wir die Treibhausgasneutralität? 19
2.7 Was ist der Nutzen einer Wärmeplanung? 19
2.8 Was bedeutet das für mich? 19
2.9 Was tut die Stadt? 20
3. Kommunale Wärmeplanung als Basis der Wärmewende 21
3.1 Kontext 21
3.2 Ziele des Wärmeplans und Einordnung in den planerischen Kontext 22
3.3 Schritte des Wärmeplans 22
3.4 Aufbau des Berichts 23
3. Bestandsanalyse 24
3.1 Stadtbild Bühl 24
3.2 Datenerhebung 24
3.3 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug 25
3.4 Gebäudebestand 25
3.5 Wärmebedarf 29
3.6 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger 30
3.7 Eingesetzte Energieträger 33
3.8 Gasinfrastruktur 35
3.9 Stromnetze 35
3.10 Wärmenetze 35

3.11 Wärmeerzeuger der Nahwärme 35
3.12 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung 36
3.13 Zusammenfassung Bestandsanalyse 38
4. Potenzialanalyse 40
4.1 Erfasste Potenziale 40
4.2 Methode: Indikatorenmodell 41
4.3 Ziele der Potenzialerhebung und Limitationen 44
4.4 Potenziale zur Stromerzeugung 44
4.5 Thermische Potenziale 45
4.6 Potenziale für Sanierung 47
4.7 Potenzial für eine lokale Wasserstofferzeugung 47
4.8 Zusammenfassung und Fazit für die Versorgung von Bühl mit erneuerbarer Wärme 48
5. Eignungsgebiete für Wärmenetze 49
5.1 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungsgebiete: 50
5.2 Eignungsgebiete in Bühl 50
6. Simulation des Zielszenarios 54
6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs 55
6.2 Ermittlung zukünftiger Wärmeerzeuger 55
6.3 Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung 56
6.4 Entwicklung der eingesetzten Energieträger 56
6.5 Bestimmung der Treibhausgasemissionen 57
6.6 Zusammenfassung des Zielszenarios 58
7. Maßnahmen 59
7.1 Von der Wärmewendestrategie zu konkreten Maßnahmen 59
7.2 Identifizierte Maßnahmen für Eignungsgebiete: 60
7.3 Identifizierte Maßnahmen für Einzelgebäude: 60
7.4 Identifizierte Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien: 60
8. Wärmewendestrategie 63
8.1 Wärmewendestrategie 63
8.2 Finanzierung 63
8.3 Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende 64
8.4 Fördermöglichkeiten 65
9. Fazit 67
Literaturverzeichnis 69
Anhang 1: Übersicht der Eignungsgebiete für Wärmenetze 71
Eignungsgebiet “Kirchgassgraben” 72
Eignungsgebiet “Im Feil” 73
Eignungsgebiet “Hinterfeldweg” 74
Eignungsgebiet "Ausbaugebiet Innenstadt” 75
Anhang 2: Übersicht der Maßnahmen 76

Maßnahme 1: Energiekonzept „Kirchgassgraben“ 78
Maßnahme 2: Energiekonzept „Im Feil“ 80
Maßnahme 3: Energiekonzept „Hinterfeldweg“ 82
Maßnahme 4: Wärmekonzept mit der Wohnungseigentümergenossenschaft „Birkenstraße“ 84
Maßnahme 5: Windkraftnutzung „Omerskopf“ 86
Maßnahme 6: Schwimmende PV-Anlage „Baggersee Weitenung“ 89
Anhang 3: Methodik zur Bestimmung der technischen Potenziale zur Energiegewinnung 91
1. Windkraft 91
2. Biomasse 92
3. Solarthermie (Freifläche) 93
4. Photovoltaik (Freifläche) 94
5. Dachflächenpotenziale 94
5.1 Solarthermie (Dachflächen) 95
5.2. Photovoltaik(Dachflächen) 95
6. Oberflächennahe Geothermie 95
7. Tiefengeothermie 96
8. Luftwärmepumpe 96
9. See- und Flusswärme 97
10. Abwärme aus Klärwerken 98
11. Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen 98

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Wärmebedarf und Wärmenetze in Bühl
- Abbildung 2: Luftaufnahme von Bühl.
- Abbildung 3: Schritte zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans
- Abbildung 4: Vorgehen bei der Bestandsanalyse
- Abbildung 5: Gebäudeanzahl nach Sektor in Bühl
- Abbildung 6: Verteilung der Gebäudeanzahl nach Sektor in Bühl
- Abbildung 7: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude in Bühl.
- Abbildung 8: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Bühl
- Abbildung 9: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)
- Abbildung 10: Wärmebedarf nach Sektor in Bühl
- Abbildung 11: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichte in Bühl
- Abbildung 12: Gesamtleistung der jährlich neu installierten Heizsysteme nach Energieträger, gruppiert in 5 Jahresabschnitten (Summe)
- Abbildung 13: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme in Bühl (Stand: 2022)
- Abbildung 14: Verteilung nach Alter der Heizsysteme in Bühl (Stand: 2022)
- Abbildung 15: Endenergiebedarf nach Energieträger in Bühl
- Abbildung 16: Verteilung der Energieträger in Bühl
- Abbildung 17: Wärmenetze in Bühl
- Abbildung 18: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger in Bühl
- Abbildung 19: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Bühl
- Abbildung 20: Verteilung der Treibhausgasemissionen in Stadtkern von Bühl
- Abbildung 21: Treibhausgasemissionen nach Energieträger in Bühl
- Abbildung 22: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen
- Abbildung 23: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse
- Abbildung 24: Erneuerbare Strompotenziale der Stadt Bühl
- Abbildung 25: Erneuerbare Wärmepotenziale der Stadt Bühl
- Abbildung 26: Wärmeliniendichte in Bühl
- Abbildung 27: Wärmebedarfsdichte und bestehende Wärmenetze in Bühl
- Abbildung 28: Resultierende Eignungsgebiete (orange) in Bühl
- Abbildung 29: Simulation der Zielszenarios für 2040
- Abbildung 30: Reduktionspotenzial des Wärmebedarfs
- Abbildung 31: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeuger im Jahr 2040
- Abbildung 32: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Jahr 2040
- Abbildung 33: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf
- Abbildung 34: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf
- Abbildung 35: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2040
- Abbildung 36: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios
- Abbildung 37: Eignungsgebiete für neue Wärmenetze in Bühl

- Abbildung 38: Vorgehen bei der Berechnung der Treibhausgaseinsparungen
- Abbildung 39: Standortpotenzial für Windenergieanlagen
- Abbildung 40: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Abbildung 41: Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Abbildung 42: Elektrische Energiegewinnung durch Sonnenstrahlung
- Abbildung 43: Solares Potenzial durch PV-Installation auf Dächern
- Abbildung 44: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten
- Abbildung 45: Energetische Nutzung der Umgebungsluft
- Abbildung 46: Potenziale für See- und Flusswärme
- Abbildung 47: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Überblick über die Heizzentralen der Stadtwerke Bühl zur Nahwärmeerzeugung (Stand: 2023)
- Tabelle 2: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA, 2023)
- Tabelle 3: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien
- Infobox - Definition von Potenzialen
- Infobox - Energetische Gebäudesanierung - Maßnahmen und Kosten
- Infobox: Wärmeliniendichte
- Tabelle 4: Übersicht über die Eignungsgebiete in Bühl
- Tabelle 5: Handlungsvorschläge für Akteure der kommunalen Wärmewende
- Infobox - Handlungsmöglichkeiten der Kommune
- Tabelle 6: Emissionsfaktoren für die Schlüsseltechnologien der Maßnahmen (KEA-BW, 2023)

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen
BEG NWG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Nichtwohngebäude
BEG WG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Wohngebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BBS	Biomassebeschaffungsstrategie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wirtschaft, Struktur und Bau
BW	Baden-Württemberg
CO_2	Kohlenstoffdioxid
EB	Energieberatung
EE	Erneuerbare Energien
EG	Eignungsgebiete
EM	Energiemanagement
EnEV	Energieeinsparverordnung
EV	Energieversorgung
FFH-Gebiete	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssysteme
GWh	Gigawattstunde
GWh/a	Gigawattstunde pro Jahr
HLK	Heizung, Lüftung, Klima
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz

KWP	Kommunale Wärmeplanung
LNG	Flüssigerdgas
PPP	Public-Private-Partnership
PV	Photovoltaik
SQ	Sanierungsquote
SW	Stadtwerke
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
tCO_2/MWh	Tonnen Kohlendioxid pro Megawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
WNI	Wärmenetzinfrastruktur
WN	Wärmenetze
WPG	Wärmeplanungsgesetz des Bundes
WVN	Wärmeverbundnetz

Konsortium

Auftraggeber:

Die **Stadt Bühl** zählt mit ihren rund 30.000 Bewohnern zu den Kommunen, die von der verpflichtenden Wärmeplanung in Baden-Württemberg bis Ende 2023 betroffen sind. Die Kommune setzt bei der kommunalen Wärmeplanung den politischen Rahmen und trifft strategische Entscheidungen für die Wärmeversorgung. Sie übernimmt die Koordination zwischen den verschiedenen Stakeholdern und kann die Umsetzung durch Förderprogramme und Verordnungen erleichtern.

https://www.buehl.de/

Unterstützung im Projekt:

Die **Stadtwerke Bühl** unterstützen im Auftrag der Stadt den kommunalen Wärmeplan für Bühl. Als lokale Energieversorger bringen sie umfangreiche Expertise im Energiemanagement sowie eine umfassende Datengrundlage hinsichtlich des Wärmeverbrauchs ein. Sie sind ein zentraler Akteur bei der Umsetzung der Maßnahmen, modernisieren die Energieinfrastruktur und ermöglichen die Energiewende vor Ort.

https://www.stadtwerke-buehl.de/

Auftragnehmer:

Das Beratungs- und Software-Unternehmen **greenventory GmbH** unterstützt Kommunen und Stadtwerke modular und zielgerichtet bei allen mit der kommunalen Wärmeplanung verbundenen Anforderungen und Herausforderungen. Die Grundlagen hierfür sind eine in mehr als 25 Jahren Entwicklungszeit aufgebaute Softwaretechnologie aus dem Fraunhofer ISE und KIT, ein gut aufgestelltes Team mit dem nötigen energieplanerischen Know-How, ein starkes Partnernetzwerk und eine große Leidenschaft für das Thema Energiewende. Zum realisierten Leistungsumfang gehören alle im Klimaschutzgesetz BW vorgeschriebenen Punkte, welche digital, ansprechend und partizipativ realisiert werden. Zum Unternehmen gehören mehr als 35 MitarbeiterInnen mit einem starken Fokus im Energie- und IT-Bereich und umfangreicher Fachexpertise im Kontext einer sektorübergreifenden Energie- und Infrastrukturplanung, der Zusammenarbeit mit unterschiedlichen kommunalen Institutionen und dem Einbezug der Öffentlichkeit. greenventory bringt hierbei die Erfahrung aus der kommunalen Wärmeplanung in mehr als 100 Kommunen ein.

www.greenventory.de/

1. Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren ist immer deutlicher geworden, dass Deutschland angesichts des fortschreitenden Klimawandels eine treibhausgasneutrale und dabei aber auch sichere und kostengünstige Energieversorgung benötigt. Die Wärmeversorgung spielt hierbei eine zentrale Rolle. Hierfür hat die Stadt Bühl nun mit der Kommunalen Wärmeplanung (KWP) ein strategisches Planungsinstrument erarbeitet. Die KWP analysiert bestehende Potenziale sowie die treibhausgasneutralen Versorgungsoptionen für die Wärmewende. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Wärmewende theoretisch umsetzbar ist und Bühl sich durch ein bestehendes Wärmenetz sowie eine aktive Akteursgemeinschaft in einer guten Startposition befindet. Der gegenwärtige Wärmebedarf wird derzeit zum größten Teil aus den fossilen Quellen Heizöl und Erdgas gedeckt. Dies gilt es zu ändern. Im Rahmen der KWP wurden dafür energetische Potenziale, Strategien und Maßnahmen identifiziert. In den kommenden Jahren müssen diese nun konkret umgesetzt werden, um die Wärmewende voranzutreiben.

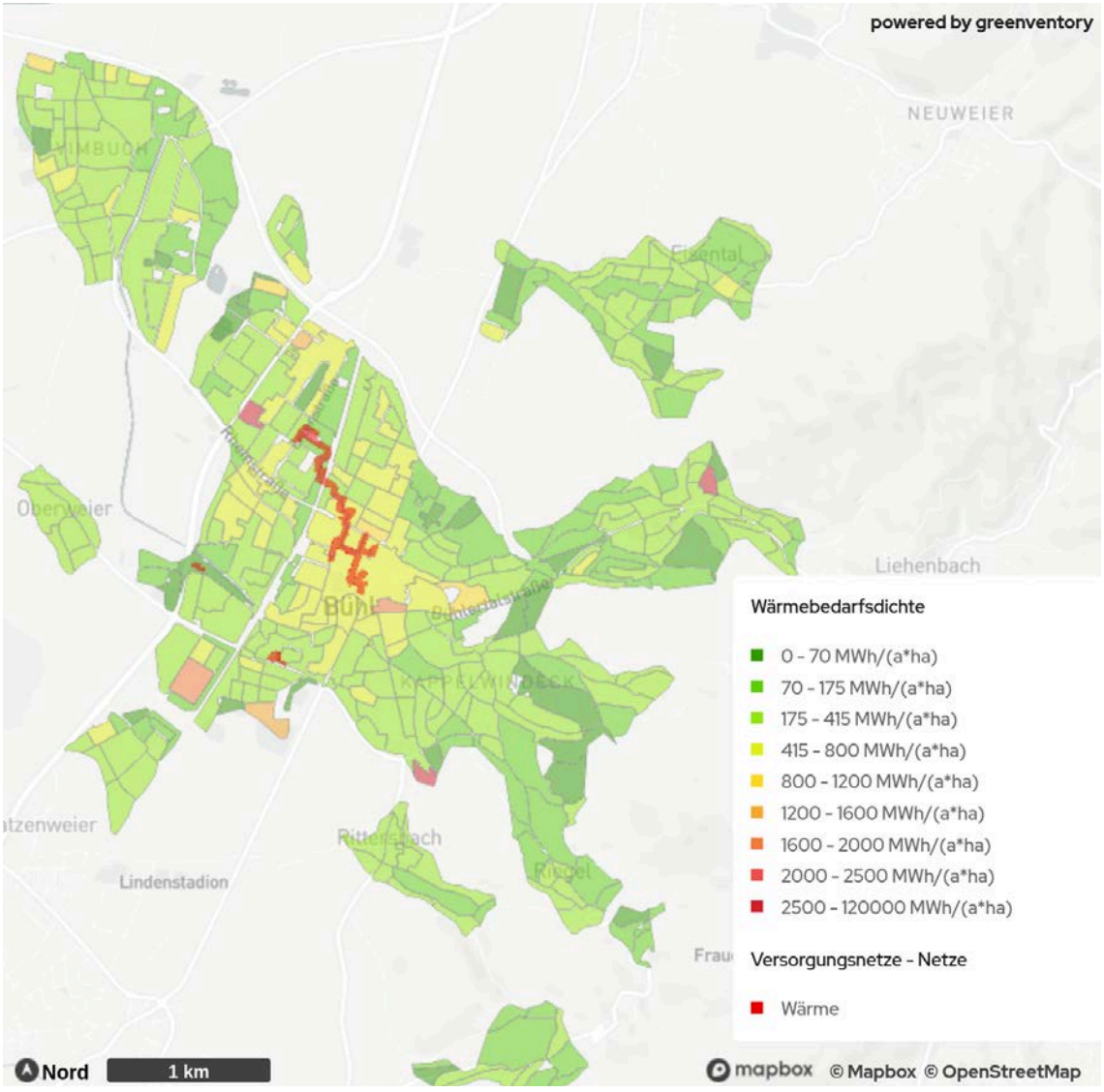


Abbildung 1: Wärmebedarf und Wärmenetze in Bühl

Die Wärmeplanung der Stadt Bühl ist eng an das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) gekoppelt. Gemäß des KlimaG BW ist die Stadt Bühl dazu verpflichtet, bis Ende 2023 einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen. Die Stadt strebt an, das im kommunalen Wärmeplan definierte Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 zu erreichen.

Die Wärmeplanung wurde durch die Stadt Bühl, die Stadtwerke Bühl und die greenventory GmbH gemeinsam erarbeitet. Zudem wurde ein digitaler Zwilling der Stadt Bühl geschaffen. Der digitale Zwilling ist ein virtuelles Modell des gesamten Gemeindegebiets. In das Modell werden die für den Wärmeplan notwendigen Daten eingepflegt, um Auswertungen und Simulationen durchzuführen. Dadurch kann ein umfassender Überblick über die Wärmeversorgung im Stadtgebiet sowie den Gebäudebestand und die erneuerbaren Potenziale gewonnen werden.

Die wichtigsten Punkte dieses Plans werden im Folgenden kurz dargestellt.

1.1 Bestandsanalyse

Die Grundlage einer guten Planung ist ein Verständnis der Ist-Situation sowie eine verlässliche Datenbasis. Letztere wurde digital aufbereitet und zur Analyse des Bestands genutzt: Eine Vielzahl von Datenquellen wurden in die Software von greenventory integriert, organisiert und für die kommunale Wärmeplanung zugänglich gemacht. Diese Daten wurden während des Projekts kontinuierlich aktualisiert und können auch in Zukunft weiter gepflegt werden.

In Bühl wurde eine umfassende Analyse des Gebäudebestands durchgeführt, welche Daten aus verschiedenen Quellen, darunter Kartenmaterial und ALKIS-Daten, zusammenführt. So konnte ermittelt werden, dass Wohngebäude mit 85,5 % den Großteil des Gebäudebestands abdecken, während Industrie-, Gewerbe-, und öffentliche Gebäude einen deutlich kleineren Anteil ausmachen. Fast 70 % der Gebäude wurden vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 erbaut, die ein Mindestmaß an Wärmedämmung vorsah. Sanierungsaktivitäten in der Vergangenheit haben jedoch die Energieeffizienz der Gebäude steigern können, was sich in einem geringen Anteil von Gebäuden mit niedriger Energieeffizienz widerspiegelt; so gehören nur 10,2 % der Gebäude zu den ineffizientesten Klassen G und H. Energetische Sanierungen können diesen Anteil noch weiter reduzieren und die Gesamteffizienz des Gebäudebestands verbessern.

Der **Gesamtwärmebedarf** in der Kommune Bühl beträgt 332 GWh/a. Dieser verteilt sich folgendermaßen auf die verschiedenen Sektoren:

- 59,4 % Wohngebäude
- 18,6 % Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- 17,3 % Industrie
- 4,7 % öffentliche Bauten

Für die Bereitstellung der Wärme in Bühl werden 343 GWh Endenergie pro Jahr benötigt. Erdgas macht dabei mit 181 GWh (52,8 %) den größten Anteil aus, gefolgt von Heizöl mit 74 GWh (21,7 %) und Biomasse mit 64 GWh (18,6 %). Nahwärme trägt aktuell 12 GWh (3,4 %) zum Endenergiebedarf bei, welche bereits zur Hälfte erneuerbar erzeugt wird.

Der Fokus der Wärmewendestrategie sollte auf der Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern liegen, die durch die Optimierung bestehender und den Bau neuer Wärmenetze, sowie den vermehrten Einbau von Wärmepumpen und eine Erhöhung der Biomassebereitstellung erreicht werden kann. Wie die hierfür benötigten Mengen an erneuerbar erzeugtem Strom und Wärme bereitgestellt werden könnten, ist Gegenstand der Potenzialanalyse im nächsten Schritt.

Die Auswertung der Kehrbuchdaten, bereitgestellt von den Bezirksschornsteinfegern, ergibt in Summe 6.191 installierte Heizsysteme mit folgender Altersverteilung: 18,1 % der Systeme sind älter als 30 Jahre und 31,4 % liegen im Altersbereich von 20 bis 30 Jahren.

Angesichts einer gewöhnlichen Nutzungsdauer von 20 Jahren für Heizsysteme ergibt sich ein akuter Handlungsbedarf. Unmittelbare Maßnahmen sollten den Austausch der besonders ineffizienten, über 30 Jahre alten Systeme gemäß § 72 GEG umfassen.

1.2 Potenziale

Innerhalb des digitalen Wärmeplans wurden Algorithmen und Simulationsmodelle genutzt, um Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz und zum Ausbau erneuerbarer Energien aufzuzeigen. Zur Identifizierung der technischen Potenziale (siehe Definition der Potenzialbegriffe) wurde eine umfassende Flächenanalyse durchgeführt, bei der sowohl übergeordnete Ausschlusskriterien als auch Eignungskriterien berücksichtigt wurden. Diese Methode ermöglicht für das gesamte Stadtgebiet eine robuste, quantitative und räumlich spezifische Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energieressourcen. Die endgültige Nutzbarkeit der hier dargestellten technischen Potenziale hängt von weiteren Faktoren, wie der Wirtschaftlichkeit und Restriktionen auf regionaler und kommunaler Ebene ab. Diese weiterführenden Untersuchungen sind Teil der Maßnahmen des KWP.

Die ermittelten **technischen Potenziale zur Stromerzeugung** zeigen, dass lokale Biomasse (20 GWh/a) nur einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten kann. Windkraft (538 GWh/a) hat ein signifikantes Potenzial, jedoch sind bei der Standortwahl neben den technischen auch zusätzliche soziale und ökologische Aspekte zu berücksichtigen. Photovoltaik auf Freiflächen (1.926 GWh/a) bietet das höchste Potenzial, wobei Flächenkonflikte, z.B. mit der Landwirtschaft, berücksichtigt werden müssen. Photovoltaik auf Dächern (190 GWh/a) bietet hingegen für Bühl ebenfalls ein wichtiges flächeneffizientes Potenzial. In Kombination mit Wärmepumpen kann der selbsterzeugte Strom für die Warmwasserbereitung und Gebäudeheizung in Übergangszeiten genutzt werden.

Die ermittelten **technischen Potenziale zur Wärmeerzeugung** zeigen, dass es eine breite Palette an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung gibt. Zu beachten ist, dass die vorhandenen Dach-/Freiflächen entweder zur Stromerzeugung oder zur Wärmeerzeugung verwendet werden können. Die quantitativen Potenziale stellen sich wie folgt dar: Solarthermie auf Freiflächen bietet mit 2.640 GWh/a das größte Potenzial, gefolgt vom Potenzial für mitteltiefe Geothermie (1.179 GWh/a). Luftwärmepumpen weisen ebenfalls ein signifikantes Potenzial (99 GWh/a) auf. Das Potenzial der Flusswasserwärme wird auf 88 GWh/a geschätzt. Biomasse bietet ein moderates Potenzial von 39 GWh/a. Das Potenzial der Klärwerksabwärme (71 GWh/a) müsste genauer auf Realisierbarkeit geprüft werden. Das Potenzial der tiefen Geothermie (52 GWh/a) sowie der Flusswasserwärme bedarf zur genauen Quantifizierung weiterer Untersuchungen. Geothermische Potenziale sind prinzipiell nur mit sehr hohen Investitionen und mit entsprechenden wirtschaftlichen und technischen Risiken zu erschließen. Der Einsatz von Wasserstoff in der dezentralen Gebäudewärmeversorgung muss bei der Fortschreibung des KWP erneut betrachtet werden. Nach aktuellem Planungsstand der Bundesregierung zum Wasserstoff-Kernnetz[1] ist die Verfügbarkeit von Wasserstoff in Bühl zumindest kurzfristig nicht gesichert, daher wird aktuell nicht mit einem großflächigen Einsatz von Wasserstoff in Gebäudeheizungen gerechnet. Dies könnte sich zukünftig jedoch auch wieder ändern, weshalb der Wärmeplan regelmäßig aktualisiert und an die aktuellen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst werden sollte.

Die Potenziale sind räumlich heterogen verteilt: Im Stadtgebiet dominieren die Potenziale der Solarthermie auf Dachflächen und der Erdwärmekollektoren, während am Stadtrand Abwärme aus dem Klärwerk und in den umliegenden Weilern Solar-Kollektorfelder potenziell möglich sind. Die Solarthermie auf

[1] vgl. https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiewirtschaftsgesetz-2240764

Freiflächen erfordert trotz hohem Potenzial eine sorgfältige Planung hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit und Möglichkeiten der Integration in bestehende und neue Fernwärmenetze. Die Erschließung dieser Potenziale wird bei der detaillierten Prüfung der Wärmenetzeignungsgebiete mit untersucht.
Die in der KWP durchgeführte Bestands- und Potenzialanalyse zeigt, dass Bühl theoretisch seinen gesamten Wärmebedarf durch erneuerbare Energien lokal decken könnte. In der Realität kann jedoch nur ein Teil des technischen Potenzials genutzt werden. Weitere Untersuchungen zu Potenzialen sind Teil der KWP-Maßnahmen.

Im Stadtkern liegt das größte Potenzial in der Gebäudesanierung mit einem Schwerpunkt auf kommunalen Liegenschaften und Wohngebäuden. Besonders Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, bieten ein hohes Einsparpotenzial durch Sanierung. Wichtige Wärmequellen ergeben sich durch die Nutzung von Aufdach-PV in Kombination mit Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse. Der Anschluss an das Wärmenetz wird nur für wenige Gebäude eine Option darstellen.

Am Stadtrand bieten sich insbesondere Möglichkeiten für Freiflächen-Solarthermie und Luftwärmepumpen. Letztere haben ein großes Potenzial für Ein- und Zweifamilienhäuser in den weniger dicht bebauten Gebieten. Luftwärmepumpen können auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregeln zum Lärmschutz eingehalten werden.

1.3 Wärmenetze als Teil der Wärmewendestrategie in Bühl

Der Aus- und Neubau von Wärmenetzen, insb. in den Neubaugebieten, sind ein Teil Wärmewendestrategie in Bühl. Die entsprechenden Eignungsgebiete wurden im Rahmen der KWP identifiziert. Die Ausweisung der Gebiete erfolgte in drei Schritten:

1. Eingrenzung potenzieller Eignungsgebiete basierend auf technisch- wirtschaftlichen Parametern.
2. Feinabstimmung mit Experten.
3. Konsultation und Anpassung der Ergebnisse in Abstimmung mit der Stadt und den Stadtwerken.

Als Ergebnis des Prozesses konnten 4 Eignungsgebiete identifiziert werden, die aktuell für Wärmenetze geeignet erscheinen (siehe Abbildung 28). Dabei ist allerdings zu beachten, dass die im kommunalen Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgung nicht verpflichtend zu erschließen sind (KEA, 2020). Stattdessen bilden sie die Basis für die weitere Stadt- und Energieplanung und müssen im Rahmen weiterer Planungsschritte genauer analysiert werden. Kapitel 5.1 geht näher darauf ein, anhand welcher Kriterien ein Eignungsgebiet festgelegt wurde und was darunter zu verstehen ist.

1.4 Sanierung und Wärmepumpen als Schlüssel der Wärmewendestrategie für Gebiete ohne Wärmenetze

Ein wesentlicher Bestandteil der Wärmewende ist die Gebäudesanierung, um den Bedarf an Wärme und den dazugehörigen Energieträgern zu senken.

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung außerhalb der Wärmenetz-Eignungsgebiete wird Aufgabe der jeweiligen Gebäudeeigentümer sein. Nach aktuellem Stand wird hierbei die Wärmepumpe in einem bedeutenden Anteil der Gebäude zum Einsatz kommen. In Gebäuden, in denen der Einbau einer Wärmepumpe nicht sinnvoll ist, werden insbesondere Biomasseheizungen eine Rolle spielen. Die zukünftige Verfügbarkeit von (grünem) Wasserstoff für Gebäudeheizungen kann aktuell nicht garantiert werden, daher wird ein flächendeckender Einsatz aktuell nicht eingeplant. Weitere Entwicklungen in diesem Bereich müssen daher abgewartet werden.

Sowohl für die geplante Gebäudesanierung als auch für den Heizungstausch wird empfohlen, sich von Experten beraten zu lassen. Diese können auf Basis der individuellen Gegebenheiten konkrete Aussagen treffen.

1.5 Maßnahmen und nächste Schritte

Für den konkreten Start in die Transformation der Wärmeversorgung werden die folgenden Maßnahmen vorgeschlagen, welche im Anhang 2 des Berichts genauer beschrieben sind:

- Erstellung von Energiekonzepten für drei Neubaugebiete, teilweise mit Anschluss umliegender Bestandsgebäude, die den Bau von kalten Nahwärmenetzen zum Ziel haben. Dies ist in folgenden Neubaugebieten geplant:
  - "Kirchgassgraben"
  - "Im Feil"
  - "Hinterfeldweg"
- Entwicklung eines Wärmekonzepts mit einer Wohnungseigentümergemeinschaft in der Birkenstraße, die 66 Wohneinheiten umfasst. Es könnte die Erweiterung des Nahwärmenetzes und die Nutzung von vorhandener Abwärme umfassen.
- Der Bau von 4 neuen Windkraftanlagen auf dem Omerskopf ist beabsichtigt. Die Durchführung ist durch die Stadtwerke Bühl und das E-Werk Mittelbaden geplant.
- Eine schwimmende Photovoltaikanlage soll auf dem Baggersee Weitenung installiert werden. Dafür wird zuerst die Netzkapazität geprüft und ggf. nachgerüstet werden.

Diese Maßnahmen gilt es nun anzugehen und in die weiteren, konkreten Planungsphasen zu überführen.

1.6 Fazit

Die kommunale Wärmeplanung in Bühl stellt ein strategisches Instrument für die Wärmewende dar. Darüber hinaus schafft sie Transparenz und Orientierung für alle beteiligten Akteure sowie gegenüber der Öffentlichkeit. Im Rahmen der Planung wurden sechs Maßnahmen identifiziert, die zukünftig umgesetzt werden sollen, um die Wärmeversorgung der Stadt nachhaltiger zu gestalten. Die Stadt Bühl arbeitet bei der Umsetzung der Maßnahmen eng mit den Stadtwerken Bühl zusammen.

Darüber hinaus bietet die im Projekt gesammelte und aufgebaute Datengrundlage wertvolle Informationen, die in Zukunft für eine schnelle und effektive Energiewende weiter genutzt werden können. Die Implementierung digitaler Werkzeuge durch den digitalen Wärmeplan ist ebenfalls ein Schritt in die richtige Richtung. Diese dienen nicht nur der Verbesserung der Wärmeplanung, sondern auch der Digitalisierung der Stadtverwaltung.

2. Fragen und Antworten

In diesem "Fragen und Antworten"-Abschnitt möchten wir den interessierten Bürgerinnen und Bürgern einen schnellen und einfachen Einstieg in das Thema der kommunalen Wärmeplanung in Bühl bieten. Wir haben die wichtigsten Fragen gesammelt und beantwortet, um einen ersten Überblick zu geben.

Abbildung 2: Luftaufnahme von Bühl.
Bildquelle: https://www.buehl.de/de/Stadt-Buerger/Umwelt-Mobilitaet/Klimaschutz/Waermeplanung

2.1 Was ist ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan ist ein strategischer Plan, der den Wärmebedarf und die Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene analysiert. Ziel ist die Gewährleistung einer nachhaltigen, effizienten und kostengünstigen Wärmeversorgung in Bühl, die bis zum Jahr 2040 treibhausgasneutral erfolgen muss. Der Plan umfasst die Analyse der aktuellen Wärmeversorgung, die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs sowie die Identifizierung von Potenzialen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Daneben beinhaltet er die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Optimierung der Energieversorgung und Energieeinsparung. Der Wärmeplan von Bühl ist spezifisch auf die Stadt zugeschnitten und berücksichtigt die lokalen Gegebenheiten.

2.2 Gibt es verpflichtende Ergebnisse?

Der Wärmeplan dient als informeller und strategischer Fahrplan, der erste Handlungsempfehlungen und Entscheidungsgrundlagen für die beteiligten Akteure liefert. Die Ergebnisse der Analysen können genutzt werden, um die kommunalen Prioritäten und Richtlinien auf das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung auszurichten. Daneben werden auch konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, die die Entwicklung der Wärmeversorgungsinfrastruktur und die Integration erneuerbarer Energien betreffen. Die Ergebnisse und Maßnahmenvorschläge des Wärmeplans dienen dem Gemeinderat und den Verantwortlichen als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung.

Der kommunale Wärmeplan muss mindestens fünf Maßnahmen benennen, deren Umsetzung innerhalb der ersten fünf Jahre nach Veröffentlichung des

Wärmeplans starten muss (Landesrecht Baden-Württemberg, 2023).

Die konkreten Maßnahmen hängen von den individuellen Gegebenheiten in Bühl und den identifizierten Potenzialen ab. In Bühl wurden insgesamt sechs Maßnahmen durch die Projektbeteiligten identifiziert und priorisiert, die in diesem Bericht genauer beschrieben werden. Die kommunale Wärmeplanung ist ein kontinuierlicher Prozess, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und angepasst.

2.3 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die kommunale Wärmeplanung nach dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) ergänzen sich in vielfacher Hinsicht, obwohl sie auf verschiedenen Ebenen agieren. Das GEG regelt in erster Linie die energetischen Anforderungen von Einzelgebäuden, während das BEG, ein Förderprogramm des Bundes, die energetische Sanierung dieser Einzelgebäude finanziell unterstützt. Die kommunale Wärmeplanung fokussiert sich hingegen auf die übergeordnete, städtische oder regionale Ebene der Energieversorgung. Alle Ansätze haben jedoch komplementäre Ziele: Sie zielen darauf ab, den CO_2-Ausstoß zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern.
Die Standards und Vorgaben, die im GEG festgelegt sind, setzen auf Gebäudeebene den regulatorischen Rahmen, sollen jedoch mit der Wärmeplanung verzahnt werden.

Konkret soll gemäß § 71 Abs. 8 Satz 3 GEG in Neubauten in Neubaugebieten, für die der Bauantrag nach dem 01.01.2024 gestellt wurde, nur noch der Einbau von Heizsystemen mit einem Mindestanteil von 65 % erneuerbarer Energien erlaubt werden. Für neu eingebaute Heizsysteme in Bestandsgebäuden oder Neubauten in Baulücken gibt es hiervon jedoch einige Ausnahmeregelungen und Übergangsfristen. Die 65 % erneuerbare Energien-Klausel des GEG greift dort erst ab 2026 in Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern bzw. ab 2028 in Kommunen mit 100.000 oder weniger Einwohnern. Darüber hinaus greift die Klausel des GEG im Zusammenspiel mit §26 des Wärmeplanungsgesetzes des Bundes (WPG) in spezifisch durch einen zusätzlichen Beschluss (Satzung) des Gemeinderats festgesetzten Neu- oder Ausbaugebieten eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes.

Für bestehende Wärmepläne, die nach nach dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) erstellt wurden, gilt nach dem WPG des Bundes ein Bestandsschutz. Dies trifft darüber hinaus auf Wärmepläne zu, die aus Länder- oder Bundesmitteln gefördert, oder nach anerkannten Praxisleitfäden erstellt wurden und im Wesentlichen den im WPG aufgeführten Anforderungen entsprechen.

Die BEG kann als Bindeglied zwischen dem GEG und der kommunalen Wärmeplanung gesehen werden. Während das GEG Mindestanforderungen an Gebäude stellt, bietet die BEG finanzielle Anreize für Gebäudeeigentümer, diese Anforderungen nicht nur zu erfüllen, sondern sogar zu übertreffen. Dies fördert die Umsetzung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung, da durch die BEG mehr Ressourcen für die Integration von erneuerbaren Energiesystemen oder die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus steht es den Kommunen frei, gerade in Neubaugebieten ehrgeizigere Ziele und Standards als die des GEG zu definieren und diese in ihre lokale Wärmeplanung zu integrieren. Dies ermöglicht es den Kommunen, auf lokale Besonderheiten und Gegebenheiten einzugehen und so eine effektivere Umsetzung der im GEG festgelegten Ziele zu erreichen.

In der Praxis können also alle Ansätze ineinandergreifen und sich gegenseitig unterstützen, um eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung zu fördern.

2.4 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Ausbau von Fernwärme geeignet?

Im Rahmen der Wärmeplanung wurden "Eignungsgebiete" identifiziert, die insb. aufgrund ihrer Wärmebedarfsdichte grundsätzlich für die Erschließung mittels Wärmenetzen geeignet erscheinen, vgl. Abbildung 28.

Die Wärmeliniendichte (Kilowattstunden pro Jahr und Meter Trassenlänge) ist bei der Ausweisung von Eignungsgebieten ein zentraler Parameter.

2.5 In welchen Gebieten werden Wärmenetze (aus)gebaut?

Auf Grundlage dieser Eignungsgebiete werden in einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt weitere Prüfungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit und der ressourcenbedingten Umsetzbarkeit erfolgen müssen. Der Ausbau der Fernwärme bis 2040 wird vom Ergebnis dieser Prüfungen abhängen. Ausbaupläne werden von der Stadt, sobald diese Ihnen vorliegen, veröffentlicht.

2.6 Schaffen wir die Treibhausgasneutralität?

Die Treibhausgasneutralität im Wärmesektor für das Zieljahr 2040 kann theoretisch durch die Umsetzung des Wärmeplans erreicht werden. Jedoch nicht ausschließlich lokal. Es verbleibt eine Restemission, die kompensiert werden muss.

Mithilfe der Wärmewendestrategie wird ein Beispielfahrplan für die CO_2-Reduktion in der Stadt aufgestellt. Dabei wurde als Zwischenziel das Jahr 2030 festgelegt. Die Wärmeplanung fokussiert sich auf den Einsatz erneuerbarer Energien, die Steigerung der Energieeffizienz und Energieeinsparung in Gebäuden und den Ausbau von Wärmenetzen. Ihre Erreichung kann mit der Umsetzung der ausgearbeiteten Maßnahmen zwar nicht sichergestellt werden, allerdings sind diese ein Schritt in die richtige Richtung.

Die Zukunft der Gasnetze und insbesondere die Verfügbarkeit von Wasserstoff ist aktuell noch unklar, könnte aber ebenfalls eine große Rolle bei der Beantwortung dieser Frage spielen.

In Zukunft soll der kommunale Wärmeplan von Bühl alle sieben Jahre aktualisiert werden, um eine Anpassung an neue Technologien und politische Entscheidungen zu ermöglichen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund gesetzlicher Vorgaben der Bundesregierung. Durch die Ausweisung weiterer Maßnahmen in den kommenden Berichten bildet der Wärmeplan ein effektives Mittel, um das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen.

2.7 Was ist der Nutzen einer Wärmeplanung?

Die Implementierung einer kommunalen Wärmeplanung bringt mehrere signifikante Vorteile mit sich. Ein koordiniertes Vorgehen zwischen Wärme(leit)planung, Quartierskonzepten und privaten Initiativen ermöglicht eine möglichst kostengünstige Wärmewende und verhindert Fehlinvestitionen. Eine verbesserte Energieeffizienz führt zur Einsparung von Energiekosten. Die Integration erneuerbarer Energiequellen verringert den CO_2-Fußabdruck und fördert die lokale Energiewende. Eine verbesserte lokale Energieinfrastruktur kann die Versorgungssicherheit erhöhen und die Abhängigkeit von externen Energiequellen minimieren.

2.8 Was bedeutet das für mich?

Der kommunale Wärmeplan dient in erster Linie als strategische Planungsbasis und identifiziert mögliche Handlungsfelder für die Kommune. Dabei sind die im Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgungen sowie spezifische Maßnahmen als Orientierung und nicht als verpflichtende Anweisungen zu verstehen. Vielmehr dienen sie als Ausgangspunkt für weiterführende Überlegungen in der städtischen und energetischen Planung und sollten daher an den relevanten kommunalen Schnittstellen berücksichtigt werden.
Insbesondere bei der Entwicklung von Wärmenetzen, aber auch in Gebieten, die perspektivisch nicht für Fernwärme geeignet sind, werden Anwohner frühzeitig informiert und eingebunden. So kann sichergestellt werden, dass die individuellen Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung eines Gebäudes im Einklang mit der kommunalen Planung getroffen werden (BMWK, 2023).

Ich bin Mieter: Informieren Sie sich über etwaige geplante Maßnahmen und sprechen Sie mit Ihrem Vermieter über mögliche Änderungen.

Ich bin Vermieter: Berücksichtigen Sie die Empfehlungen des kommunalen Wärmeplans bei Sanierungen oder Neubauten und analysieren Sie die Rentabilität der möglichen Handlungsoptionen auf Gebäudeebene, wie Sanierungen, die Installation einer Wärmepumpe, Biomasseheizung oder der Anschluss an ein Wärmenetz im Hinblick auf die langfristige Wertsteigerung der Immobilie und mögliche Mietanpassungen. Achten Sie bei der Umsetzung von Sanierungen auf eine transparente Kommunikation und Absprache mit den Mietern, da diese mit temporären Unannehmlichkeiten und Kostensteigerungen einhergehen können.

Ich bin Gebäudeeigentümer: Prüfen Sie, ob sich Ihr Gebäude in einem Eignungsgebiet für Wärmenetze befindet. Falls ja, dann kontaktieren Sie bei Interesse an einen Netzanschluss die Stadtwerke Bühl. Diese können Ihnen Auskunft darüber geben, ob der Ausbau des Fernwärmenetzes in Ihrer Straße bereits geplant ist.

Es gibt immer noch zahlreiche alternative Maßnahmen, die Sie zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung Ihrer CO_2-Emissionen ergreifen können, falls Ihre Immobilie nicht angeschlossen werden wird. Verschiedene Technologien können dabei helfen, den Wärme- und Strombedarf Ihrer Immobilie nachhaltiger zu decken. Dazu gehören beispielsweise die Installation einer Wärmepumpe, die mit Luft, Erdwärmesonden oder -kollektoren betrieben wird, oder die Umstellung auf eine Biomasseheizung. Ebenso könnten Sie die Installation von Photovoltaik-Anlagen zur Deckung des Strombedarfs in Betracht ziehen. Prüfen Sie, welche energetischen Sanierungen zu einer besseren Energieeffizienz Ihres Gebäudes beitragen können. Dabei kann die Erstellung eines Sanierungsfahrplans sinnvoll sein, der Maßnahmen wie die Dämmung von Dach und Fassade, den Austausch der Fenster oder den hydraulischen Abgleich des Heizungssystems beinhalten kann. Moderne Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind eine weitere Option, die Energieeffizienz und den Wohnkomfort zu steigern.
Darüber hinaus gibt es verschiedene Förderprogramme, die Sie in Anspruch nehmen können. Diese reichen von der Bundesförderung für effiziente Gebäude bis hin zu möglichen kommunalen Programmen. Eine individuelle Energieberatung kann Ihnen darüber hinaus weitere, auf Ihre speziellen Bedürfnisse zugeschnittene Empfehlungen geben.

2.9 Was tut die Stadt?

Bühl unterstützt mit zielgerichteten Maßnahmen den Ausbau der Fernwärme, die Nutzung lokaler regenerativer Quellen und von Abwärmepotenzialen sowie energetischer Sanierungen und damit die Wärmewende vor Ort.

Aktuell bietet die Stadt Bühl bereits kostenfreie Energieberatungen in Kooperation mit der Energieagentur Mittelbaden an. Darüber hinaus können folgende Checks sehr kostengünstig angeboten werden:

- Heiz-Check
- Solarwärme-Check
- Eignungs-Check Solar
- Gebäude-Check
- Detail-Check

Außerdem investiert die Stadt Bühl in Kooperation mit den Stadtwerken, denen bei der Umsetzung der Wärmeplanung eine zentrale Rolle zufällt, in erneuerbare Energien.

3. Kommunale Wärmeplanung als Basis der Wärmewende

Die kommunale Wärmeplanung ist entscheidend, um Klimaziele im Wärmesektor zu erreichen. Durch gezielte Integration erneuerbarer Energiequellen und Reduktion fossiler Brennstoffe wird unter Berücksichtigung der geltenden gesetzlichen Vorgaben eine angepasste und nachhaltige Wärmeversorgung ermöglicht.

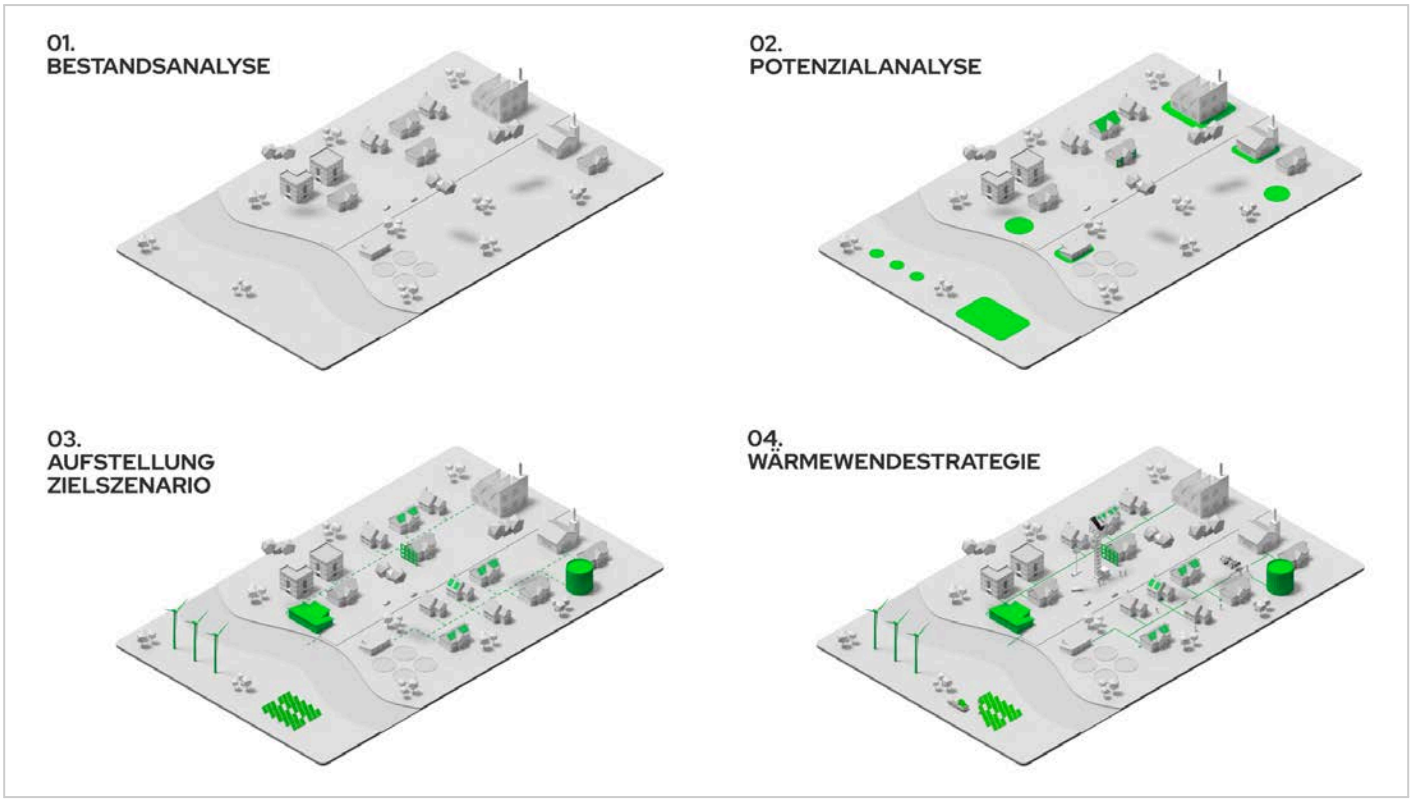


Abbildung 3: Schritte zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans

3.1 Kontext

Angesichts der existenziellen Bedrohung, die die Klimakrise darstellt, hat auch Deutschland Klimaschutzvorhaben gesetzlich festgeschrieben. Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) ist die Treibhausgasneutralität bis zum Jahre 2045 verpflichtend festgeschrieben (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023). Das Land Baden-Württemberg ist hier bereits einen Schritt weiter gegangen und sieht das Erreichen der Treibhausgasneutralität bereits bis 2040 vor (KlimaG BW). Für das Jahr 2030 ist ein Zwischenziel mit einer Reduktion der Emissionen um 65 %, verglichen mit den Emissionen des Jahres 1990, vorgesehen.

Auf diesem Transformationspfad fällt dem Wärmesektor eine zentrale Rolle zu, da fast die Hälfte aller bundesweiten Emissionen im Bereich der Wärmebereitstellung anfallen (Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser). Im Stromsektor wird bereits über 40 % der Energie erneuerbar erzeugt, während es im Wärmesektor bislang nur 16,5 % sind (Umweltbundesamt, 2023). Da Wärme sowohl lokal erzeugt als auch verbraucht werden muss, fällt die Mammutaufgabe der Dekarbonisierung des

Wärmesektors vor allem den Städten und Kommunen zu.

Die kommunale Wärmeplanung stellt eine essenzielle Plangrundlage im Energiebereich dar. Im Rahmen des Planungsverfahrens erfolgt eine systematische Erhebung von Daten zu Wärmeverbräuchen, spezifischen Heizsystemtypen und der bestehenden Energieinfrastruktur, wie es gemäß § 33 des KlimaG BW vorgegeben ist. Eine detaillierte Analyse des aktuellen und prognostizierten Wärmebedarfs im Kontext der verfügbaren erneuerbaren Energieressourcen ermöglicht es, Strategien zur Erreichung der Treibhausgasneutralität zu formulieren. In diesem Prozess werden bestimmte Gebiete definiert, in denen zentralisierte Wärmenetze prioritär implementiert werden sollen, und zugehörige Energiequellen festgelegt, die zur Wärmeerzeugung herangezogen werden. In den verbleibenden Gebieten ist eine dezentrale Wärmeversorgung vorgesehen.

Im Rahmen dieses Planungsprozesses werden Vorschläge für konkrete Projekte entwickelt, die als Maßnahmen den Wärmeplan komplettieren. Diese Maßnahmen werden priorisiert und innerhalb der nächsten fünf Jahren angegangen. Bei der Erstellung dieser Maßnahmen kommt der Kenntnis der lokalen Rahmenbedingungen durch die Stadtverwaltung Bühl, die Stadtwerke Bühl sowie weiteren lokalen Akteuren ein wichtiger Stellenwert zu. Am Ende des Planungsprozesses steht der Beschluss des Wärmeplans im Gemeinderat, anschließend beginnt die Umsetzung der Maßnahmen.

3.2 Ziele des Wärmeplans und Einordnung in den planerischen Kontext

Der kommunale Wärmeplan ist ein wichtiges Instrument zur Förderung einer nachhaltigen und effizienten Bereitstellung sowie Nutzung von Wärmeenergie in Bühl. Dabei werden drei übergreifende Ziele verfolgt:

- Versorgungssicherheit
- Treibhausgasneutralität
- Wirtschaftlichkeit

Um diese Ziele zu erreichen, strebt der kommunale Wärmeplan eine Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden und Heizungsanlagen in Bühl an. Hierbei spielen Maßnahmen wie die Gebäudesanierung, die Dämmung von Gebäuden oder die Optimierung von Heizungs- und Kühlsystemen eine wichtige Rolle. Durch diese Effizienzsteigerungen kann der städtische Wärmeverbrauch insgesamt reduziert werden, was sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile mit sich bringt.

Der kommunale Wärmeplan ist eng mit anderen planerischen Instrumenten wie dem Klimaschutzkonzept oder dem Flächennutzungsplan verknüpft. Er berücksichtigt dabei die lokalen Rahmenbedingungen des jeweiligen Gebiets, wie beispielsweise den vorhandenen Energiemix, die baulichen Gegebenheiten oder das lokale Klima. Im Anschluss an einen Wärmeplan erfolgen Machbarkeitsstudien und Umsetzungsplanungen sowie tiefgreifende Potenzialanalysen für ausgewählte Projekte.

Durch die Integration des Wärmeplans in den planerischen Kontext wird eine ganzheitliche Betrachtung der Energieversorgung ermöglicht. Es können Synergien genutzt und Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden, um nachgelagerte Prozesse, wie die Umsetzung von Quartierskonzepten sowie die Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten, effektiv anzugehen.

3.3 Schritte des Wärmeplans

Die Entwicklung des kommunalen Wärmeplans in Bühl ist ein mehrstufiger Prozess, der systematisch verschiedene Aspekte der Wärmeversorgung der Stadt analysiert und schließlich eine Strategie für die Umsetzung einer nachhaltigen und effizienten Wärmeversorgung definiert. Der Prozess umfasst vier Schritte (siehe Abbildung 3):

Im ersten Schritt, der Bestandsanalyse, wird der aktuelle Stand der Wärmeversorgung in Bühl untersucht. Dazu gehört die Erhebung von Daten zum aktuellen Wärmebedarf und -verbrauch, den resultierenden Treibhausgasemissionen, den vorhandenen Gebäudetypen und Baualtersklassen. Auch die bestehende Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie

die Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude werden erfasst.

Anschließend erfolgt im Zuge der Potenzialanalyse die Ermittlung der Potenziale für Energieeinsparungen und den Einsatz erneuerbarer Energien. Dazu gehört die Analyse der Möglichkeiten zur Energieeinsparung in den Bereichen Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und öffentliche Liegenschaften. Außerdem werden die lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärmepotenziale erhoben.

Auf Grundlage der in den ersten beiden Schritten gewonnenen Erkenntnisse werden Eignungsgebiete für Wärmenetze und Einzelversorgung in Bühl identifiziert und ein Zielszenario für die zukünftige Wärmeversorgung der Stadt Bühl entwickelt. Dieses Szenario beschreibt, wie der zukünftige Wärmebedarf in Bühl durch den Einsatz erneuerbarer Energien gedeckt werden könnte, um eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Das Szenario umfasst eine räumlich aufgelöste Beschreibung der künftigen Versorgungsstruktur für das Zieljahr.

Der letzte Schritt besteht in der Formulierung eines Transformationspfades zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans. Dazu gehören die Formulierung konkreter Maßnahmen sowie einer übergreifenden Wärmewendestrategie.

3.4 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich in acht Hauptabschnitte. Die ersten zwei Kapitel geben einen transparenten Überblick über die kommunale Wärmeplanung in Bühl. Nach einer kurzen Zusammenfassung des Projekts werden die wichtigsten Erkenntnisse für die Bevölkerung aufgezeigt und der Ablauf für die Erstellung des Wärmeplans umrissen. In den nächsten Kapiteln erfolgt eine detaillierte Beschreibung der vier Phasen, die den Kern der kommunalen Wärmeplanung ausmachen: die Bestandsanalyse, die Potenzialanalyse, die Entwicklung von Zielszenarien und die Entwicklung einer Wärmewendestrategie. Diese Abschnitte werden durch zusätzliche Elemente ergänzt, um umfassende und verständliche Einblicke in den Prozess der Wärmeplanung zu ermöglichen.

1. In der Bestandsanalyse wird die aktuelle Situation der Energieversorgung und -nutzung in Bühl beschrieben. Diese Analyse bildet die Basis für die Identifizierung von Entwicklungsmöglichkeiten und Verbesserungspotenzialen.
2. Die Potenzialanalyse untersucht die Möglichkeiten zur Integration erneuerbarer Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz. Dieser Abschnitt enthält eine detaillierte Bewertung der verfügbaren Ressourcen und ihrer technischen Potenziale.
3. Im Zielszenario wird die zukünftige Wärmeversorgung dargestellt. Basierend auf den Ergebnissen der vorherigen Schritte wird ein Szenario für das Jahr 2040 entwickelt.
4. Die Wärmewendestrategie legt einen Beispiel-Fahrplan fest, wie der Weg zur Treibhausgasneutralität im Wärmesektor aussehen kann. Sie enthält konkrete Maßnahmen, Empfehlungen und Prioritäten.

Schlussendlich werden die Befunde der kommunalen Wärmeplanung Bühl im Fazit zusammengefasst. Der Anhang 1 enthält Steckbriefe der verschiedenen Wärmenetzeignungsgebiete, die einen schnellen Überblick über die spezifischen Eigenschaften und Potenziale jedes Gebiets bieten.

Infoboxen zur Methodik sind über den gesamten Bericht verteilt und liefern wichtige Erläuterungen zur verwendeten Methodik, zu Datenquellen und zur Interpretation der Ergebnisse.

3. Bestandsanalyse

Das Ziel der Bestandsanalyse besteht darin, ein genaues Bild des aktuellen Zustands der Gebäudestruktur, des Wärmebedarfs und der vorhandenen Wärmeinfrastruktur zu erlangen. Diese umfassende Datengrundlage ermöglicht die Identifikation konkreter Handlungsbedarfe und die Ausarbeitung von Szenarien zur Dekarbonisierung, inklusive der darauf aufbauenden strategischen Maßnahmen.

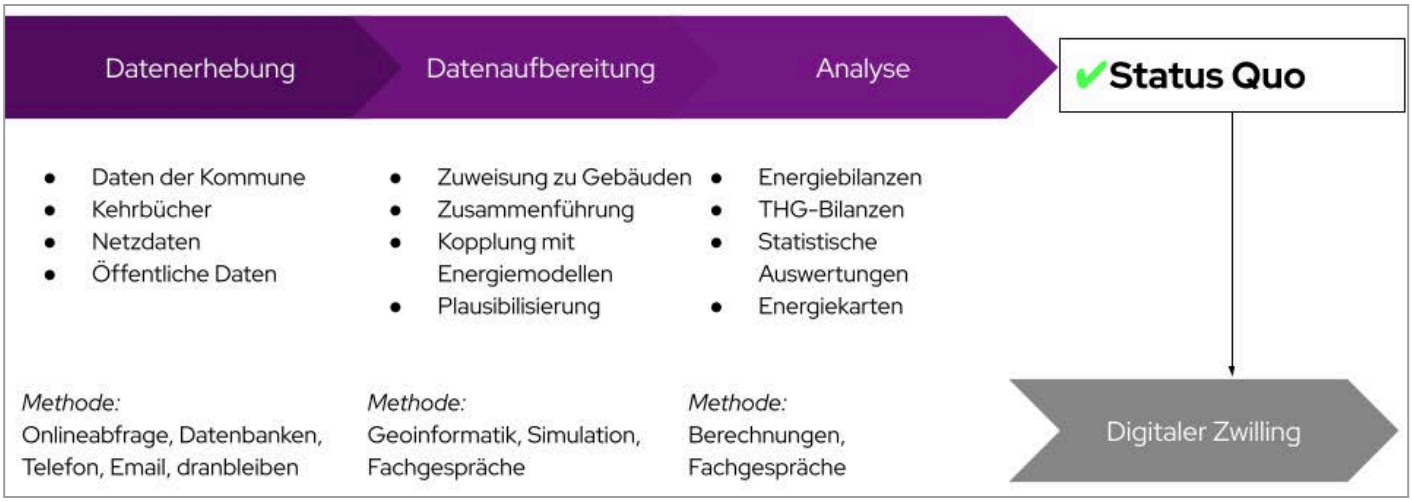


Abbildung 4: Vorgehen bei der Bestandsanalyse

3.1 Stadtbild Bühl

Die große Kreisstadt Bühl befindet sich am westlichen Rand des Schwarzwalds in Baden-Württemberg. Es stellt ein Mittelzentrum innerhalb der Region Mittlerer Oberrhein dar. Mit 29.133 Einwohnern handelt es sich um die drittgrößte Stadt des Landkreises Rastatt.

Das Stadtbild von Bühl präsentiert sich als Mischung aus historischem Stadtkern, dörflichen Strukturen und modernen Neubaugebieten. Zusätzlich zur Kernstadt kommen die 9 Stadtteile Altschweier, Balzhofen, Eisental, Moos, Neusatz, Oberbruch, Oberweier, Vimbuch und Weitenung hinzu.

Der Wirtschaftsstandort Bühl weist sowohl Industrie- als auch Dienstleistungsgewerbe auf. Es sind eine Reihe von internationalen Unternehmen wie Bosch, Schaeffler und UHU ansässig. Im Bühler Umland hat der Zwetschgenanbau eine lange Tradition, wodurch die Stadt ab dem 19. Jahrhundert zu überregionaler Bekanntheit gekommen ist. Auch der Weinbau hat das Umland geprägt.

3.2 Datenerhebung

Am Anfang der Bestandsanalyse erfolgt die systematische Erfassung von Verbrauchsdaten für Wärme, einschließlich Gas- und Stromverbrauch speziell für Heizzwecke, sowie der Abnahmemengen aus den bestehenden Wärmenetzen. Anfragen zur Bereitstellung der elektronischen Kehrbücher wurden an die zuständigen Bezirksschornsteinfeger gerichtet und im Rahmen des § 33 KlimaG BW (früher §7e KSG BW) autorisiert, der die Weitergabe solch sensibler, personenbezogener Daten für die Wärmeplanung obligatorisch macht. Zusätzlich wurden ortsspezifische Daten aus Plan- und Geoinformationssystemen (GIS) der städtischen Ämter und der Stadtwerke bezogen, die ausschließlich für die Erstellung des Wärmeplans freigegeben und verwendet wurden. Die primären Datenquellen für die Bestandsanalyse sind folgendermaßen:

- Statistik und Katasterdaten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS),
- Daten zu Strom-, Gas- und Fernwärmeverbräuchen, welche von Netzbetreibern zur Verfügung gestellt werden,

- Auszüge aus den elektronischen Kehrbüchern der Schornsteinfeger mit Informationen zu den jeweiligen Feuerstellen,
- Verlauf der Strom-, Gas-, und Fernwärmenetze,
- Daten über Abwärmequellen, welche durch Befragungen bei Betrieben erfasst wurden.

Die vor Ort gesammelten Daten wurden durch externe Datenquellen sowie durch energietechnische Modelle, Statistiken und Kennzahlen ergänzt. Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der Datenquellen und -anbieter war eine umfassende manuelle Aufbereitung und Harmonisierung der Datensätze notwendig. Zusätzlich erfolgte eine gründliche Plausibilitätsprüfung, um die Daten als valide Berechnungsgrundlagen zu etablieren.

3.3 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug

Der digitale Zwilling dient in der kommunalen Wärmeplanung als zentrales Arbeitswerkzeug für die Projektbeteiligten und erleichtert die Komplexität der Planungs- und Entscheidungsprozesse. Dabei handelt es sich um ein spezialisiertes digitales Kartentool der Firma greenventory. Auf dieser Karte ist ein virtuelles, gebäudescharfes Abbild der Stadt Bühl dargestellt - ein digitaler Zwilling der Stadt. Dieser zeigt zunächst den Ist-Zustand der Stadt auf und bildet die Grundlagen für die Analysen. Alle erhobenen Daten, einschließlich Informationen zum Wärmeverbrauch, den Heizsystemtypen und der Energieinfrastruktur wurden in den digitalen Zwilling integriert. Die Arbeit mit dem Tool bietet mehrere signifikante Vorteile: Erstens garantiert es eine homogene Datenqualität, die für fundierte Analysen und Entscheidungen unabdingbar ist. Zweitens ermöglicht es ein gemeinschaftliches Arbeiten an den Datensätzen und somit eine effizientere Prozessgestaltung. Drittens sind energetische Analysen direkt im Tool durchführbar, wodurch die Identifikation und Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen erleichtert wird. Des Weiteren können die Daten gefiltert und interaktiv angepasst werden, um spezifische Eignungsgebiete für die Wärmeversorgung auszuweisen. Dies alles trägt zu einer schnelleren und präziseren Planung bei und erleichtert die Umsetzung der Energiewende auf kommunaler Ebene.

3.4 Gebäudebestand

Der Gebäudebestand wurde durch die Zusammenführung von offenem Kartenmaterial, Zensus- und ALKIS-Daten sowie Daten der Gemeinde und weiteren Datenquellen analysiert.

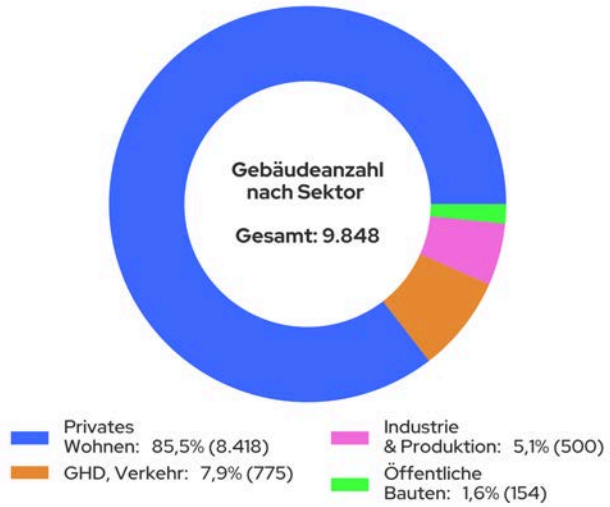


Abbildung 5: Gebäudeanzahl nach Sektor in Bühl

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Gebäude auf die verschiedenen Sektoren. Der Anteil der Wohngebäude beträgt knapp 86 %, während dem Sektor GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) ca. 8 % und dem Sektor Industrie 5 % der Gebäude zuzuordnen sind. Öffentliche Bauten machen knapp 2 % der Gebäude aus.

Der Wohnsektor dominiert somit den Gebäudebestand, weshalb er als wichtiges Element der Energiewende gesehen werden kann. In Abbildung 6 sind die (dominierenden) Sektoren der Gebäude auf Baublockebene aggregiert dargestellt. Die Gebäude des Industriesektors dominieren in den beiden Industrievierteln nord- und südwestlich des Stadtzentrums, während die meisten Gebäude des Gewerbe-, Handels und Dienstleistungssektors (GHD) im Stadtzentrum liegen. In den restlichen Gebieten und in den Dörfern sind überwiegend Wohngebäude zu finden.

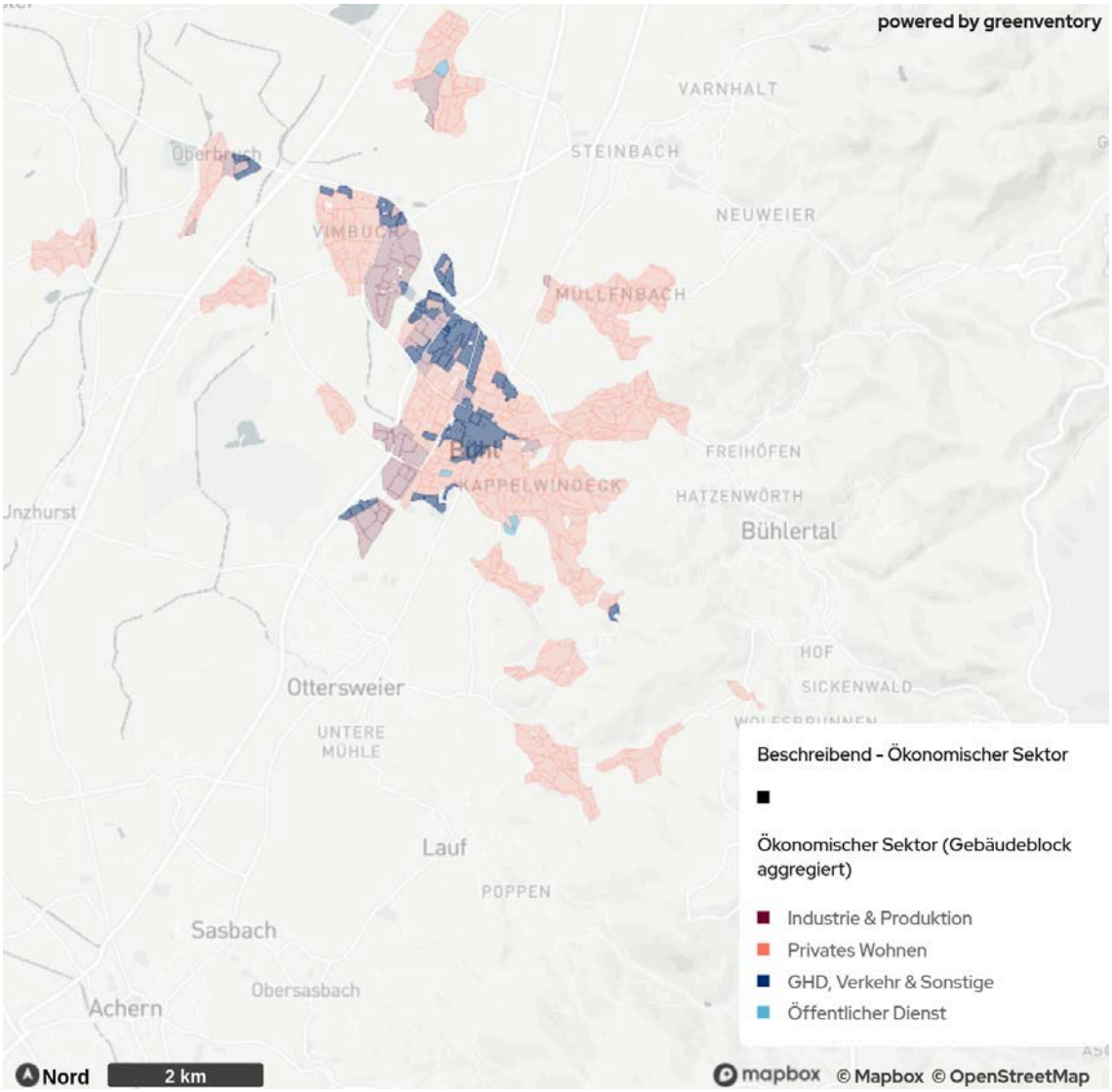


Abbildung 6: Verteilung der Gebäudeanzahl nach Sektor in Bühl

Hinweis: In Abbildungen dieses Berichts, die Daten den Gebäudeblöcken zuordnen, wird die Einfärbung durch den dominierenden bzw. durchschnittlichen Wert pro Baublock bestimmt.

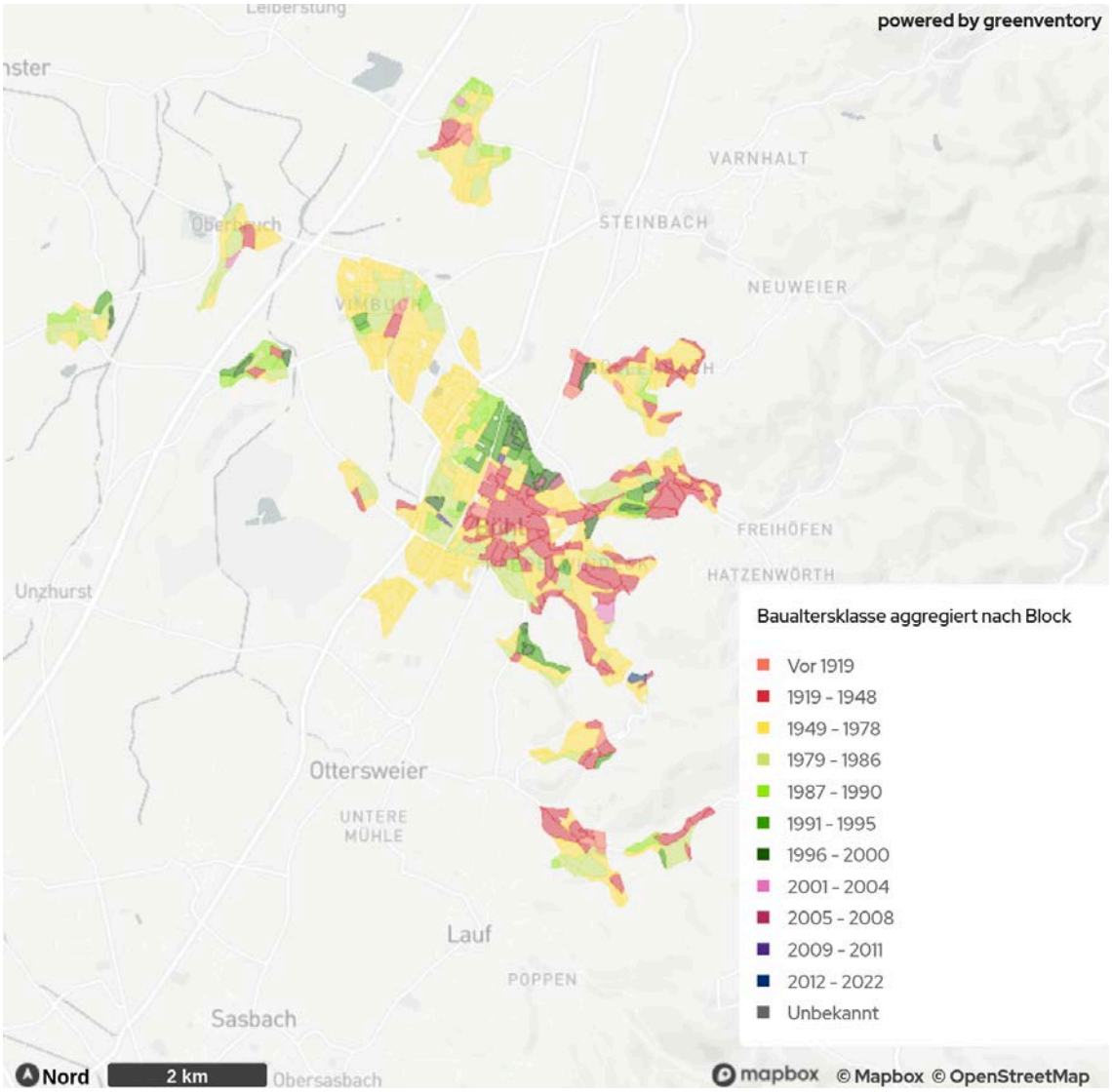


Abbildung 7: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude in Bühl.

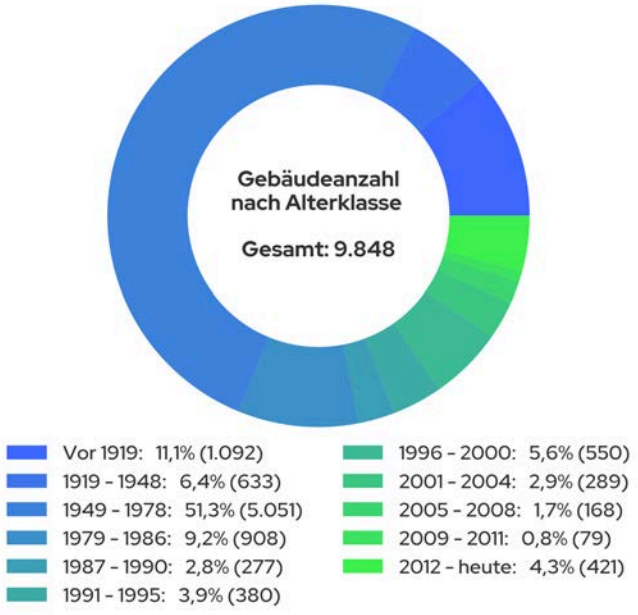


Abbildung 8: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Bühl

Aus der Verteilung dieser Gebäude auf die Baualtersklassen (siehe Abbildung 8) geht hervor, dass fast 70 % der Gebäude vor 1979 gebaut wurden. Sie wurden somit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut, die ein Mindestmaß an Dämmung vorschrieb. Gebäude aus dem Zeitraum 1949-1978 haben mit 51,3 % den mit Abstand größten Anteil am Gebäudebestand und in Summe das größte Sanierungspotenzial. Den höchsten spezifischen Wärmebedarf weisen Altbauten auf, die vor 1919 gebaut worden sind, sofern diese bisher wenig oder gar nicht saniert worden sind. Für die Sanierung sind diese Gebäude aufgrund ihrer oft soliden Bauweise attraktiv, jedoch können hier Einschränkungen durch den Denkmalschutz vorliegen, die zu beachten sind. Gezielte Energieberatungen und Sanierungskonzepte für alle Baualtersklassen sind nötig, um pro Gebäude das volle Sanierungspotenzial erschließen zu können.

Eine aggregierte Darstellung der Baualtersklassen der Gebäude Bühls auf Baublockebene ist der Abbildung 7 zu entnehmen. Hier kann man erkennen, dass sich die Gebäude mit Baujahr bis 1948 zum Großteil im und in der Nähe des Stadtzentrums, sowie in den östlichen Ortschaften des Gemeindegebiets befinden. Die Ausweisung von Sanierungsgebieten ist in Bereichen mit sehr alten Gebäuden besonders sinnvoll. Auch für die Ausweisung von Wärmenetzen kann die Verteilung der Gebäudealtersklassen bei der Planung behilflich sein.

Bei der Analyse der GEG-Energieeffizienzklassen der Gebäude, bezogen auf Verbrauchswerte, fällt auf, dass die Stadt vergleichsweise wenige Gebäude aufweist, die auf Basis der Energieeffizienzklassen vollumfänglich saniert werden müssten (siehe Abbildung 9). Von den Gebäuden, denen ein Wärmebedarf zugeordnet werden konnte, sind 10,2 % den Effizienzklassen G und H zuzuordnen, was unsanierten oder nur sehr wenig sanierten Altbauten entspricht. Weitere 10,1 % der Gebäude sind Effizienzklasse F zuzuordnen und entsprechen überwiegend Altbauten, die nach den Richtlinien der Energieeinsparverordnung (EnEV) modernisiert wurden. Durch umfassende energetische Sanierungen kann der Anteil der Gebäude in den unteren Effizienzklassen zugunsten der mittleren Effizienzklassen reduziert werden. Die Einteilung der Gebäude in die GEG-Energieeffizienzklassen wurde anhand des Baujahres, des Wärmeverbrauchs und der Grundfläche vorgenommen, da keine Daten zum Sanierungsstand der jeweiligen Gebäude vorliegen.

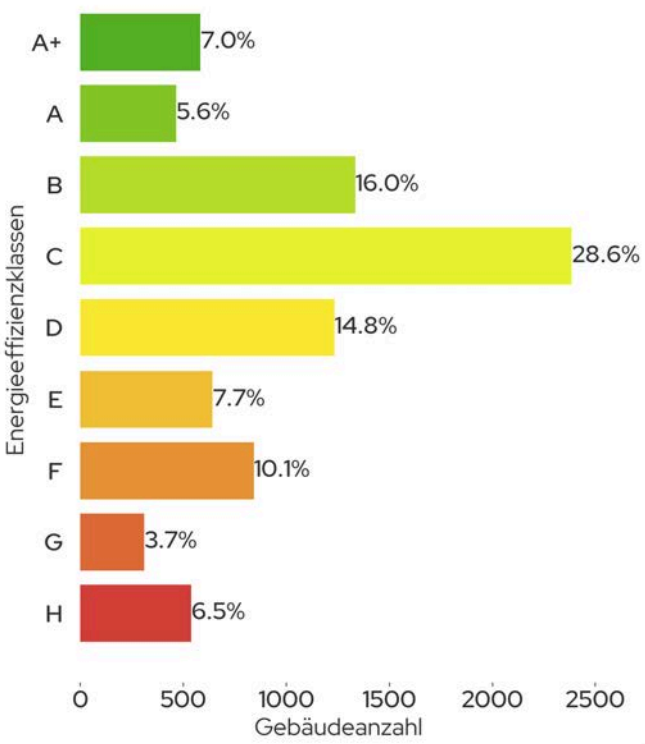


Abbildung 9: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)

3.5 Wärmebedarf

Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Wärmenetz, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die gemessenen Verbrauchsdaten (Endenergieverbräuche), sofern diese verfügbar waren. Mit den Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien konnte so der Wärmebedarf, die Nutzenergie, ermittelt werden. Bei nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (Öl, Holz, Kohle) und bei beheizten Gebäuden mit fehlenden Informationen zum verwendeten Heizsystem wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkte berechnet. Für die Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen konnte unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade auf die Endenergieverbräuche geschlossen werden.

Aktuell beträgt der Wärmebedarf in Bühl 332 GWh jährlich (siehe Abbildung 10). Mit 59,4 % ist der Wohnsektor anteilig am stärksten vertreten, während auf die Industrie 17,3 % des Gesamtwärmebedarfs entfällt. Auf den Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD) entfällt ein Anteil von 18,6 % des Wärmebedarfs und auf die öffentlich genutzten Gebäude, die ebenfalls kommunale Liegenschaften beinhalten, entfallen 4,7 %.

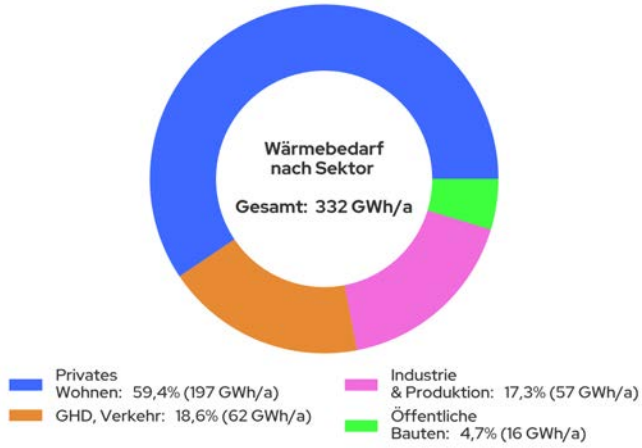


Abbildung 10: Wärmebedarf nach Sektor in Bühl

Die räumliche Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene ist in Abbildung 11 dargestellt. In Gebieten mit hohem spezifischen Wärmebedarf finden sich einige Industriebetriebe mit hohem Prozesswärmebedarf. In Gebieten mit leicht überdurchschnittlichem spezifischen Wärmebedarf sind größtenteils Altbauten zu finden, die in der Regel einen eher schlechten Sanierungszustand aufweisen.

Der Wärmebedarf ist auch als Wärmeliniendichte darstellbar (siehe Abbildung 26), die den Wärmebedarf eines Gebäudes dem nächstliegenden Straßenabschnitt zuordnet. Im Stadtzentrum ist die Wärmeliniendichte am höchsten. Dies ist mit Blick auf die Ausweisung von Wärmenetzeignungsgebieten relevant, da eine hohe Wärmeliniendichte auf eine prinzipielle Wärmenetzeignung hinweist.

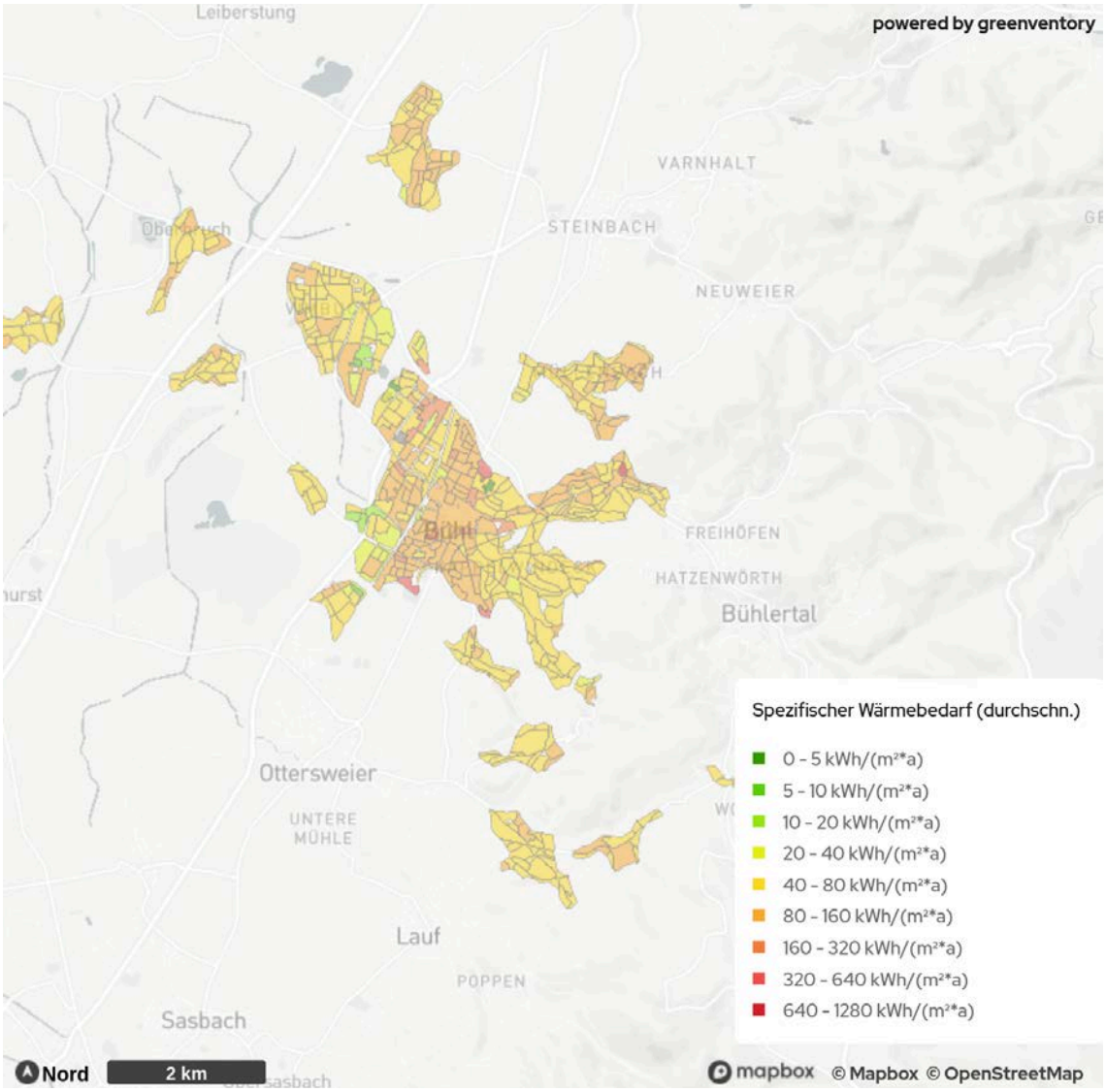


Abbildung 11: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichte in Bühl

3.6 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger

Das primäre Heizsystem je Gebäude war die Grundlage für die Ermittlung des Wärmebedarfs.

Als Datengrundlage dienten die elektronischen Kehrbücher der Bezirksschornsteinfeger, welche Informationen zum verwendeten Brennstoff sowie zu Art und Alter der jeweiligen Feuerungsanlage enthalten. Insgesamt konnten den Kehrbüchern Daten zu insgesamt 6.191 Gebäuden mit Heizsystemen entnommen werden. Ergänzt wurden diese Informationen durch Verbrauchs- und Netzdaten von den Stadtwerken. Für 3.657 Gebäude liegen keine Informationen zum Alter des Heizsystems vor. Die Diskrepanz zwischen der Anzahl der Heizungsanlagen und des Gebäudebestands ist zum einen darauf zurückzuführen, dass auch Scheunen, Ställe, Hallen und weitere Gebäude ohne vorhandene Heizsysteme erfasst wurden. Zum anderen sind die mit Fernwärme und Wärmepumpen versorgten Gebäude in den Kehrbüchern nicht erfasst. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Wärmeversorgung einiger Gebäude mit zwei oder mehr Heizsystemen (bspw. Erdgastherme und Holz-Einzelofen) erfolgt und die Kehrbücher nicht immer vollständig sind.

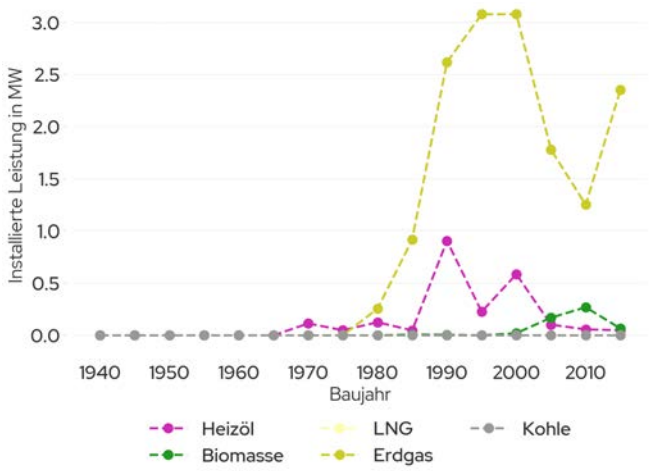


Abbildung 12: Gesamtleistung der jährlich neu installierten Heizsysteme nach Energieträger, gruppiert in 5 Jahresabschnitten (Summe)

Abbildung 12 zeigt die Gesamtleistung der jährlich neu installierten Heizsysteme je Energieträger, die den Kehrbüchern entnommen wurden. Die Leistung installierter Gasheizungen ist ab 1980 sehr stark angestiegen, bis sie um die Jahrtausendwende wieder deutlich abgefallen ist. Allerdings ist seit 2010 wieder eine Zunahme an neuen Gasheizungen zu verzeichnen. Neue Ölheizungen wurden vor allem zwischen 1990 und 2000 installiert. Außerdem steigt ab dem Jahr 2000 der Anteil von Holzfeuerungen (Biomasse) an, fällt dann jedoch wieder ab. Diese Feuerungen werden meist nicht als primäre, sondern als zusätzliche Heizsysteme in Form von Kaminöfen genutzt, weshalb sie in Summe nur einen Bruchteil der Gesamtleistung ausmachen. Sie dienen neben der Wärmebereitstellung im Wesentlichen zur Steigerung des Wohnkomforts. Heizsysteme auf Basis von Kohle und Flüssigerdgas ("Liquefied Natural Gas", LNG) sind mengenmäßig zu vernachlässigen. Gebäude, die mittels Nachtspeicherheizungen, Wärmepumpen oder Fernwärme versorgt werden, fehlen in dieser Auswertung der Schornsteinfegerdaten.

Um in Zukunft Treibhausgasneutralität im Wärmesektor gewährleisten zu können, müssen alle fossil betriebenen Heizsysteme perspektivisch ersetzt werden. Die Analyse des Alters der aktuell verbauten Heizsysteme kann einer Priorisierung des Austauschs der Heizsysteme dienen.

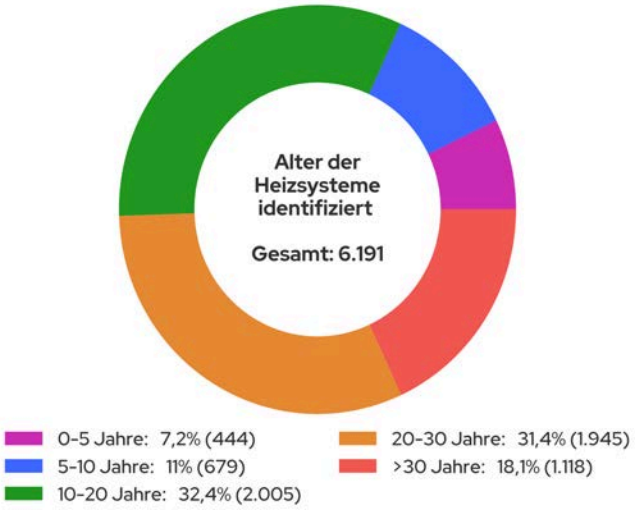


Abbildung 13: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme in Bühl (Stand: 2022)

Die Altersverteilung der Heizsysteme pro Gebäude (siehe Abbildung 13) zeigt einen hohen Anteil alter, bzw. sehr alter Heizsysteme, wenn von einer technischen Nutzungsdauer von durchschnittlich ca. 20 Jahren ausgegangen wird:

- Alter 0-5 Jahre: 7,2 % (444 Heizsysteme)
- Alter 5-10 Jahre: 11,0 % (679 Heizsysteme)
- Alter 10-20 Jahre: 32,4 % (2.005 Heizsysteme)
- Alter 20-30 Jahre: 31,4 % (1.945 Heizsysteme)
- Älter als 30 Jahre: 18,1 % (1.118 Heizsysteme)

Unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 20 Jahren für Heizsysteme ergibt sich ein deutlicher Handlungsdruck:

- Die Hälfte (49,5 %) aller Heizsysteme sind bereits mindestens 20 Jahre alt
- Fast ein Fünftel (18,1 %) der Systeme hat die 30-Jahres-Marke überschritten, was im Kontext des § 72 GEG besonders relevant ist

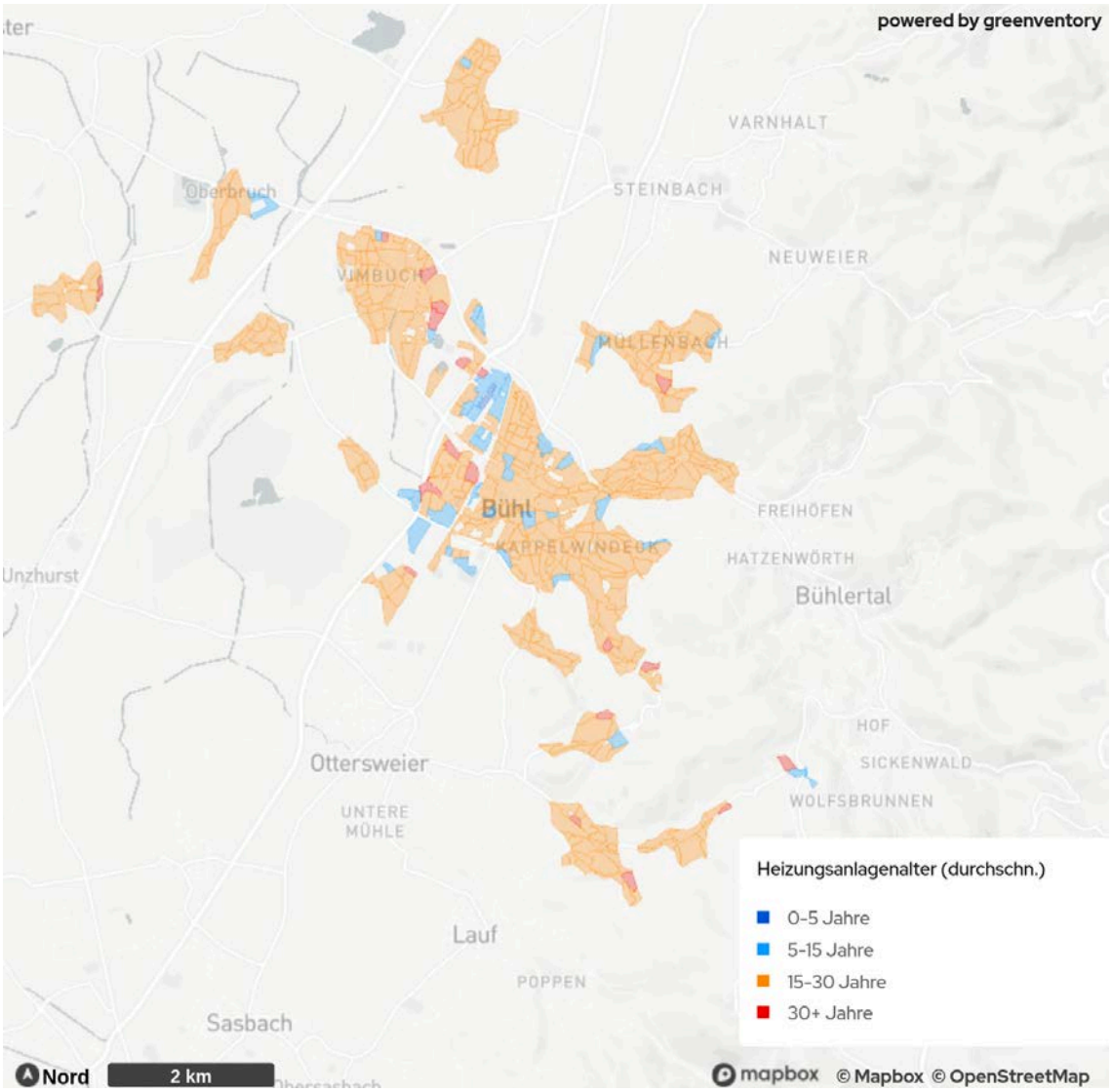


Abbildung 14: Verteilung nach Alter der Heizsysteme in Bühl (Stand: 2022)

Die örtliche Verteilung des Heizsystemalters auf Baublockebene kann Abbildung 14 entnommen werden. Man kann sehr deutlich sehen, dass in den meisten Gebieten das Durchschnittsalter der Heizsysteme mindestens 15 Jahre beträgt, in einigen Gebieten sogar mindestens 30 Jahre.

Gemäß § 72 GEG dürfen Heizkessel, die flüssigen oder gasförmigen Brennstoff verbrauchen und vor dem 1. Januar 1991 aufgestellt wurden, nicht mehr betrieben werden. Das Gleiche gilt für später in Betrieb genommene Heizkessel, sobald sie 30 Jahre in Betrieb waren. Ausnahmen gelten für Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel, Heizungen mit einer Leistung unter 4 Kilowatt oder über 400 Kilowatt sowie heizungstechnische Anlagen mit Gas-, Biomasse- oder Flüssigbrennstofffeuerung als Bestandteil einer Wärmepumpen-Hybridheizung soweit diese nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Ausgenommen sind ebenfalls Hauseigentümer in Ein- oder Zweifamilienhäusern, die ihr Gebäude zum 01.02.2002 bereits selbst bewohnt haben. Heizkessel mit fossilen Brennstoffen dürfen jedoch längstens bis zum Ablauf des 31. Dezember 2044 betrieben werden (GEG, 2024).

In der Neuerung des GEG, die ab dem 01.01.2024 in Kraft tritt, müssen neue Heizsysteme nach dem

Austausch zukünftig mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden. Dafür gilt in Kommunen mit mindestens 10.000 Einwohnern der 30.06.2028 als Frist, für Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern bereits der 30.06.2026. Liegt bereits früher eine Wärmeplanung nach dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) vor, tritt die Regelung dementsprechend früher in Kraft. Hierzu bedarf es nach § 26 des WPG-Entwurfs einer konkreten Entscheidung der Gemeinde zur Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärme- oder Wasserstoffnetzen basierend auf dem Wärmeplan.

Es ist somit ersichtlich, dass in den kommenden Jahren ein erheblicher Handlungsdruck auf Immobilienbesitzer zukommt. Dies betrifft v. a. die Punkte eines Systemaustauschs gemäß § 72 GEG. Für 18,1 % der Heizsysteme, die eine Betriebsdauer von mehr als 30 Jahren aufweisen, sollte demnach geprüft werden, ob eine Verpflichtung zum Austausch des Heizsystems besteht. Zudem sollte eine technische Modernisierung der 31,4 % der Heizsysteme mit einer Betriebsdauer zwischen 20 und 30 Jahren erfolgen oder es wird zumindest eine technische Überprüfung empfohlen. Diese könnte um die Komponente einer ganzheitlichen Energieberatung ergänzt werden.

3.7 Eingesetzte Energieträger

Für die Bereitstellung der Wärme in den Gebäuden werden 343 GWh Endenergie pro Jahr benötigt.

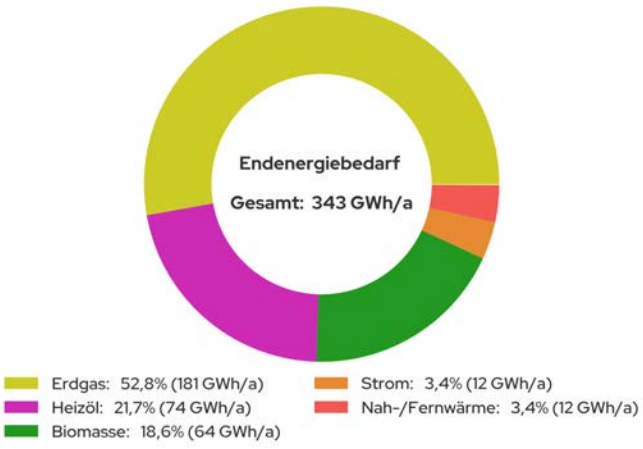


Abbildung 15: Endenergiebedarf nach Energieträger in Bühl

Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung verdeutlicht die Dominanz fossiler Brennstoffe im aktuellen Energiemix (siehe Abbildung 15). Erdgas trägt mit ca. 53 % maßgeblich zur Wärmeerzeugung bei, gefolgt von Heizöl mit ca. 22 %. Der Endenergiebedarf für Wärmenetze beträgt ca. 3,4 % und setzt sich aktuell zu ca. 10 % aus Abwärme, zu ca. 40 % aus Biomasse (Hackschnitzel) und zu etwa 50 % aus Erdgas zusammen. Zusammen mit den ca. 19 % Biomasse ist damit bereits ein erster Schritt in Richtung Dekarbonisierung getan. Ein Anteil von ca. 3,4 % des Endenergiebedarfs wird durch Strom gedeckt, der in Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird.

Ein vermehrter Einsatz von Wärmepumpen sowie ein sukzessiver Ausbau der Nah- und Fernwärmenetze, zusammen mit der Integration weiterer erneuerbarer Strom-, Wärme- und Abwärmequellen, bietet die Chance, die fossilen Anteile des Endenergieträgermixes erheblich zu reduzieren.

In Abbildung 16 ist die örtliche Verteilung der Energieträger auf Baublockebene dargestellt. In den wenigen rot markierten Gebieten dominiert die Fernwärmeversorgung. In den violetten Gebieten kommen überwiegend Ölheizungen zum Einsatz. Der größte Anteil besteht jedoch aus Gasheizungen und umfasst die gelben Gebiete. In sämtlichen gelben und violetten Gebieten besteht in Zukunft ein Handlungsbedarf bzgl. des Austauschs dieser fossilen Heizsysteme durch erneuerbare Systeme.

Die aktuelle Zusammensetzung der Endenergie verdeutlicht die Dimension der Herausforderungen auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Die Verringerung der fossilen Abhängigkeit erfordert technische Innovationen, verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, Ausbau von Wärmenetzen und die Integration verschiedener Technologien in bestehende Systeme. Eine zielgerichtete, technische Strategie ist unerlässlich, um die Wärmeversorgung zukunftssicher und treibhausgasneutral zu gestalten.

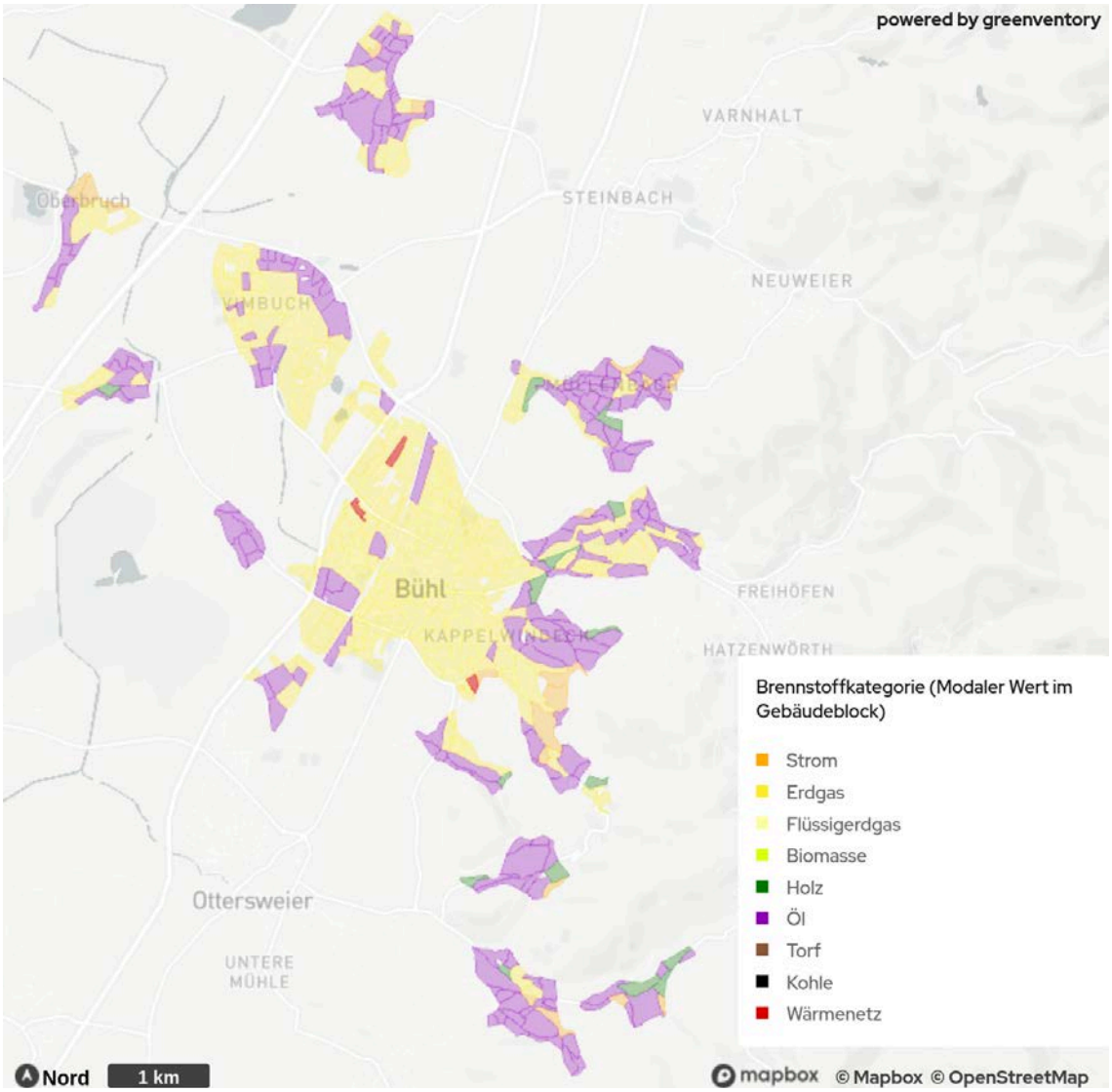


Abbildung 16: Verteilung der Energieträger in Bühl

Abbildung 17: Wärmenetze in Bühl

3.8 Gasinfrastruktur

In Bühl ist die Gasinfrastruktur im Stadtgebiet flächendeckend etabliert. Die Eignung für die Nutzung von Wasserstoff im Gasnetz ist gegenwärtig noch Gegenstand von Prüfungen. Die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserstoff hinsichtlich Menge und Preis ist allgemein noch nicht abzusehen.

3.9 Stromnetze

Die Stromnetz-Infrastruktur wurde im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht im Detail betrachtet.

3.10 Wärmenetze

Die bestehende Nahwärmeversorgung besteht in Bühl aus einem kleinen Nahwärmenetz (siehe Abbildung 17). Das Wärmenetz wird in einem Temperaturbereich von 53 bis 80 Grad Celsius betrieben.

3.11 Wärmeerzeuger der Nahwärme

Die Nahwärmeerzeugung in Bühl wird derzeit durch eine Heizzentrale, mit einer weiteren Heizzentrale als Redundanz, realisiert (siehe Tabelle 1). Die Anlagen werden auf Basis von Erdgas, Biomasse und Abwärme betrieben. Die Aufteilung der Energieträger kann der Abbildung 18 entnommen werden.

Aktuell besteht der erneuerbare Anteil der Nahwärme aus Biomasse in Form von Hackschnitzel und Abwärme.

Tabelle 1: Überblick über die Heizzentralen der Stadtwerke Bühl zur Nahwärmeerzeugung (Stand: 2023)

Standort Heizzentrale	Brennstoff
Economatstraße	Erdgas, Hackschnitzel, Abwärme
Europaplatz (Redundanz; nicht im Regelbetrieb)	Erdgas

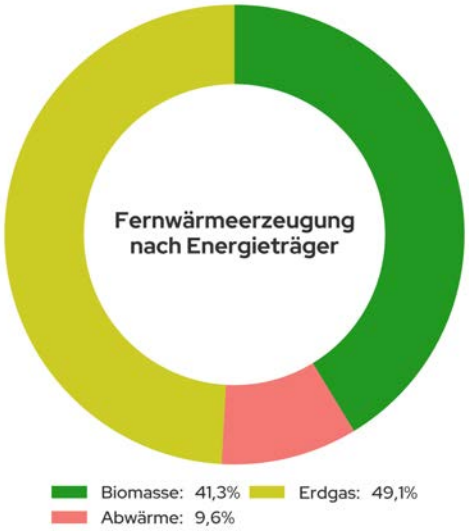


Abbildung 18: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger in Bühl

3.12 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

Ziel der Wärmeplanung ist es, einen Weg zur Treibhausgasneutralität aufzuzeigen. Ein wichtiger Teil der Bestandsanalyse liegt daher in der Erhebung der Treibhausgasemissionen.

In Bühl betragen aktuell die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 75.193 Tonnen pro Jahr. Sie entfallen zu 60 % auf den Wohnsektor, zu 19 % auf den Gewerbe- Handels und Dienstleistungssektor (GHD), zu 16 % auf die Industrie, und zu 4 % auf öffentlich genutzte Gebäude (siehe Abbildung 19). Damit sind die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen in etwa proportional zu deren Anteilen am Wärmebedarf (siehe Abbildung 10). Jeder Sektor emittiert also pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme ähnlich viel Treibhausgas, wodurch eine Priorisierung einzelner Sektoren auf Basis der spezifischen Emissionen nicht erfolgen muss.

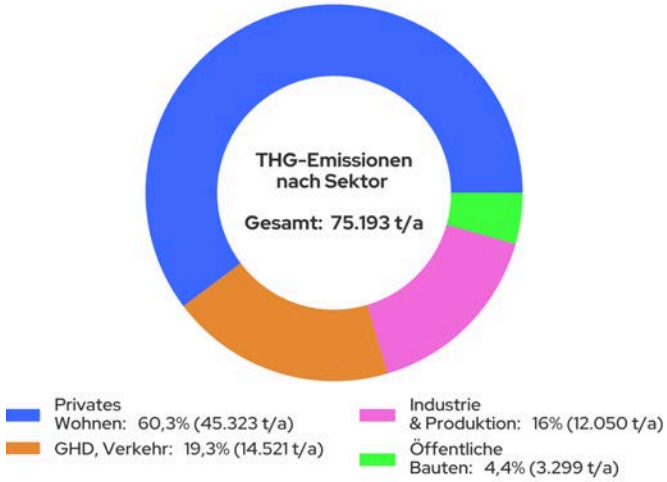


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Bühl

Eine örtliche Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen auf Rasterebene ist in Abbildung 20 dargestellt. Im innerstädtischen Bereich sind die Emissionen tendenziell höher. Gründe für hohe lokale Treibhausgasemissionen können eine Häufung besonders schlecht sanierter Gebäude sein, gepaart mit dichter Besiedelung, oder Industriebetriebe mit hohem Prozesswärmeverbrauch und dadurch auch hohen Emissionen. Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bedeutet neben dem positiven Effekt auf das globale Klima auch eine Verbesserung der Luftqualität, was besonders in den Wohnvierteln eine erhöhte Lebensqualität mit sich bringt.

Erdgas ist mit 57 % der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen, gefolgt von Heizöl mit 31 %. Der Anteil von Strom ist mit 7 % deutlich geringer und auch Nahwärme (3 %) und Biomasse (2 %) machen nur einen Bruchteil der Treibhausgas-Emissionen aus (siehe

Abbildung 21). Die Zahlen unterstreichen die Notwendigkeit, alternative Energien zu fördern, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren.

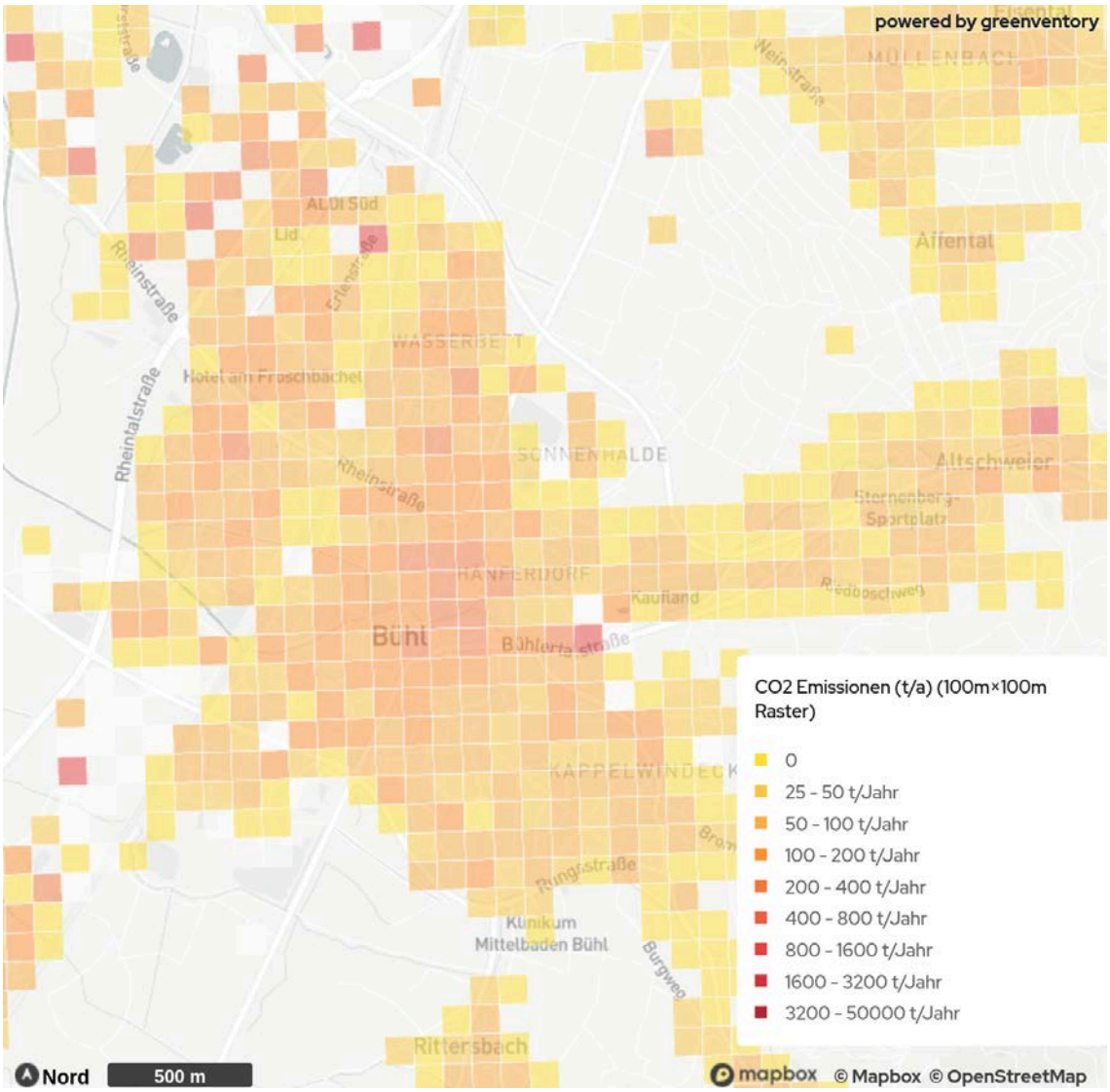


Abbildung 20: Verteilung der Treibhausgasemissionen in Stadtkern von Bühl

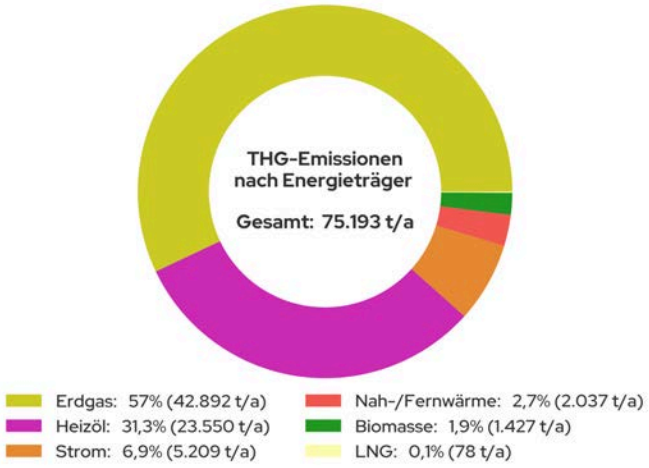


Abbildung 21: Treibhausgasemissionen nach Energieträger in Bühl

Die verwendeten Emissionsfaktoren lassen sich Tabelle 2 entnehmen. Bei der Betrachtung der Emissionsfaktoren wird der Einfluss der Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß deutlich. Zudem spiegelt sich die erwartete Dekarbonisierung des Stromsektors in den Emissionsfaktoren wider. Dieser entwickelt sich für den deutschen Strommix von heute 0,438 tCO_2/MWh auf zukünftig 0,032 tCO_2/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte.

Tabelle 2: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA, 2023)

Energie-träger	**Emissionsfaktoren** (tCO_2/MWh)		
	2021	**2030**	**2040**
Strom	0,485	0,270	0,032
Heizöl	0,311	0,311	0,311
Erdgas	0,233	0,233	0,233
Steinkohle	0,431	0,431	0,431
Biogas/ Biomethan	0,090	0,086	0,081
Biomasse (Holz)	0,022	0,022	0,022
Solarthermie	0,013	0,013	0,013

3.13 Zusammenfassung Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse in Bühl basiert auf der Analyse und Aufbereitung zahlreicher Datenquellen wie Kehrbücher, Statistiken, Fragebögen und Verbrauchsdaten.

Diese Bestandsanalyse macht deutlich, dass die Wärmewende eine herausfordernde Aufgabe ist. Aktuell basiert die Wärmeversorgung zu etwa 75 % auf fossilen Energieträgern. Der Wohnsektor hat die höchste Anzahl an Gebäuden und macht den größten Anteil an Emissionen aus. Erdgas ist in diesem Sektor der dominierende Energieträger für die Wärmeerzeugung. Mit 1.118 Heizungsanlagen, die älter als 30 Jahre sind, sowie insgesamt 3.063 Anlagen, die mindestens 20 Jahre alt sind, besteht ein erheblicher Sanierungs- und Erneuerungsbedarf. Dies verdeutlicht den dringenden Handlungsbedarf, bietet jedoch auch eine wertvolle Gelegenheit, um nachhaltige und effiziente Wärmeversorgungslösungen zu implementieren.

Für eine erfolgreiche Wärmewende sind breit angelegte Sanierungen und Modernisierungen von Heizsystemen

unerlässlich, um den Einsatz fossiler Brennstoffe zu reduzieren und somit die Treibhausgasemissionen zu senken. Trotz der Herausforderungen bietet sich für Bühl durch ein bereits vorhandenes Wärmenetz, die Beteiligung der Stadtwerke und das Engagement der Stadt Bühl die Chance, die Wärmewende aktiv zu lenken.

Der Abgleich der aktuellen Situation mit den erneuerbaren Potenzialen und Abwärmequellen ist für ein vollständiges Bild der Wärmewende essenziell.

Das Fazit lautet daher: Eine fundierte Datengrundlage ist vorhanden und es gibt sowohl deutlichen Handlungsbedarf als auch konkrete Ansatzpunkte für die Transformation des Wärmebereichs.

4. Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse erfolgt die strukturierte Erfassung von Energiequellen für die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung auf der Gemarkung in Bühl. Sie ist ein wesentlicher Schritt in der kommunalen Wärmeplanung. Die Potenziale zeigen die Möglichkeiten auf, innerhalb derer sich zukünftige Versorgungsszenarien bewegen können. Potenziale außerhalb der Gemarkung können in der zukünftigen Wärmeversorgung ebenfalls eine Rolle spielen, sind jedoch kein Bestandteil der Potenzialanalyse.

Abbildung 22: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen

4.1 Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Visualisierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten
- Tiefengeothermie: Nutzung des Wärmepotenzials aus tieferen Erdschichten
- Luftwärmepumpe: Energetische Nutzung der Umgebungsluft
- Flusswasserwärmepumpen: Nutzung der Wasserwärme
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen

Diese detaillierte Erfassung ist eine Basis für die strategische Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.

Abbildung 23: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

4.2 Methode: Indikatorenmodell

Als Basis für die Potenzialanalyse wird eine stufenweise Eingrenzung der Potenziale vorgenommen.

Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In einem Indikatorenmodell werden alle Flächen analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes.
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen).
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

In Tabelle 3 ist eine Auswahl der wichtigsten für die Analyse herangezogenen Flächenkriterien aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Eine detaillierte Beschreibung der angewandten Methodik zur Bestimmung der verschiedenen Potenziale zur Energiegewinnung ist in Anhang 3 zu finden.

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung dient die Potenzialanalyse dazu, zukunftsfähige Strategien unter Einbindung relevanter Akteure zu entwickeln. In Anlehnung an die Empfehlungen des Handlungsleitfadens zur Kommunalen Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW, 2020) liegt der Schwerpunkt dieser Analyse auf der Ermittlung des technischen Potenzials.

Neben der technologischen Machbarkeit sind jedoch insbesondere wirtschaftliche Aspekte von Relevanz. Wo es nachvollziehbar und sinnvoll ist, werden daher ökonomische Beschränkungen in die Analyse einbezogen und entsprechend gekennzeichnet. Dies ermöglicht eine zielorientierte Diskussion und die Entwicklung praxisnaher Maßnahmen.

Tabelle 3: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial	Wichtigste Kriterien (Auswahl)
Windkraft	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z .B. Gewässer), Infrastruktur (z. B. Hochspannungsleitungen), Naturschutz (z. B. FFH-Gebiete), Flächengüte (z. B. Windgeschwindigkeiten)
PV (Freiflächen)	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Hochwassergebiete), Infrastruktur (z. B. Bahnstrecken), Naturschutz (z.B. Biosphärenreservate), Flächengüte (z. B. Hangneigung)
PV (Dachflächen)	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Solarthermie (Freiflächen)	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Hochwassergebiete), Infrastruktur (z.B. Bahnstrecken), Naturschutz (z. B. Biosphärenreservate), Flächengüte (z. B. Nähe zu Wärmeverbrauchern)
Solarthermie (Dachflächen)	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Biomasse	Landnutzung (z. B. Acker- und Waldflächen), Hektarerträge von Energiepflanzen, Heizwerte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Oberflächennahe Geothermie	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z .B. Hangneigung), Infrastruktur (z. B. Straßen), Naturschutz (z. B. Naturschutzgebiete), Flächen mit erwiesenem oder vermutetem Potenzial (GEOTIS), Temperaturschichtung im Untergrund, Gesteinstypen, Wärmeleitfähigkeit
Tiefengeothermie	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Gewässer), Infrastruktur (z. B. Straßen), Naturschutz (z. B. Naturschutzgebiete), Flächen mit erwiesenem oder vermutetem Potenzial (GEOTIS), Temperaturschichtung im Untergrund, Gesteinstypen, Wärmeleitfähigkeit
Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, techno-ökonomische Anlagenparameter (z. B. spezifische Lärmemissionen, COP), gesetzliche Vorgaben (z. B. TA Lärm)
Abwärme aus Klärwerken	Klärwerk-Standorte, Anzahl versorgter Haushalte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Industrielle Abwärme	Wärmemengen, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit
Fluss- und Seewasserwärme pumpen	Landnutzung (freie Flächen um Gewässer), Temperatur- und Abflussdaten der Gewässer, techno-ökonomische Anlagenparameter

Infobox - Definition von Potenzialen

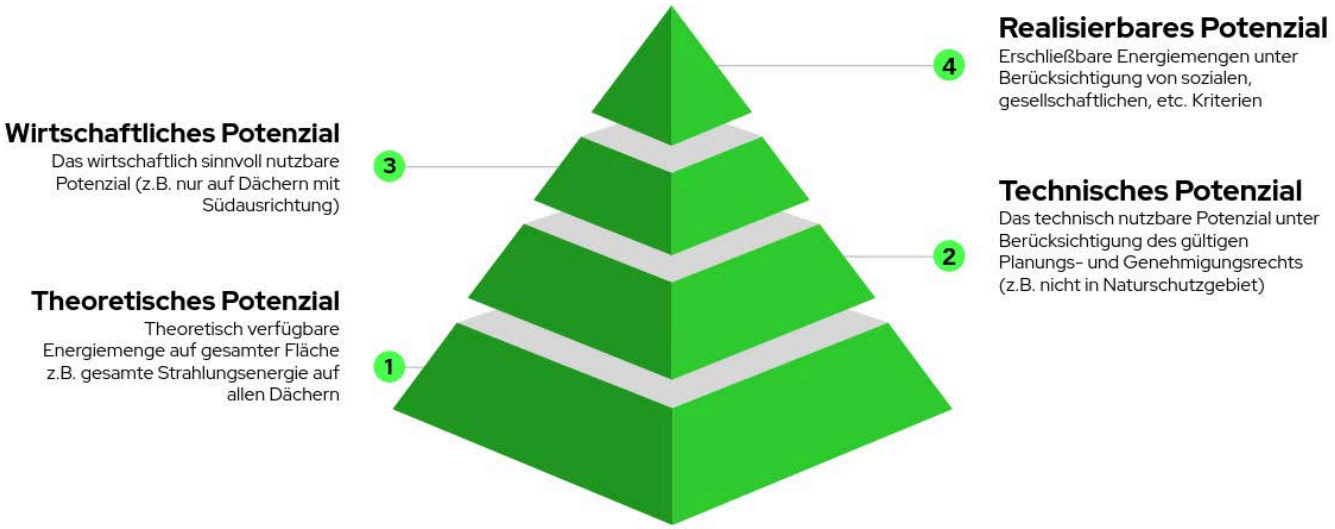
Infobox: Potenzialbegriffe

Theoretisches Potenzial:
Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

Technisches Potenzial:
Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:
→ *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. Natur-und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang" eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.
→ *Bedingt geeignetes Potenzial* (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert einräumt als dem Klimaschutz (z. B.durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieanlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

Wirtschaftliches Potenzial:
Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Material- und Erschließungskosten sowie Betriebskosten und erzielbare Energiepreise).

Realisierbares Potenzial:
Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. "praktisch nutzbaren Potenzial".



4.3 Ziele der Potenzialerhebung und Limitationen

Die Kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Instrument, um breite Möglichkeiten im Bereich der erneuerbaren Wärmeversorgung aufzuzeigen und Szenarien für die Zukunft zu erörtern. Hierbei spielt eine konsistente und homogene Methodik eine entscheidende Rolle, um verschiedene Potenziale auf einer möglichst neutralen Vergleichsbasis erheben und bewerten zu können. Anpassungen von rechtlichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel sich ändernde Abstandsregelungen, erfordern zudem eine fortlaufende Aktualisierung der erhobenen Daten. Es ist zu beachten, dass die KWP nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt. Zudem hat auch die Nutzung öffentlicher Kataster ihre Grenzen, da diese teilweise ungenau oder veraltet sind. Folglich können Abweichungen zu bereits bestehenden Potenzialstudien auftreten. Diese Differenzen sollten jedoch nicht zu eng betrachtet werden, da der Schwerpunkt der KWP auf der Identifizierung von Möglichkeiten und Folgeprojekten zur Erreichung der Treibhausgasneutralität im Jahr 2040 liegt. Durch die Berücksichtigung aktueller Kriterien schafft die KWP eine Datengrundlage, welche in weiteren Prozessen vertieft und verfeinert werden kann.

4.4 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale in Bühl zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom (siehe Abbildung 24). Die quantitativen Ergebnisse lauten wie folgt:

- Tiefengeothermie: 7 GWh/a
- Biomasse: 20 GWh/a
- Windkraft: 538 GWh/a
- Photovoltaik (Freifläche): 1.926 GWh/a
- Photovoltaik (Aufdach): 190 GWh/a

Das Potenzial der Tiefengeothermie zur erneuerbaren Stromerzeugung wird aufgrund der angenommenen Temperaturschichtung im Untergrund als nicht attraktiv eingeschätzt, für die Wärmeerzeugung (vgl. nächstes Kapitel) könnte die Tiefengeothermie jedoch eine größere Rolle spielen. Zur genaueren Bewertung des hier vorhandenen Potenzials und der Nutzungsmöglichkeiten sind weitere Studien und insb. Messungen nötig.

Die Nutzung von ausschließlich im Stadtgebiet vorhandener Biomasse könnte nur einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten. Der Einsatz von Biomasse sollte daher eher für die Wärmeerzeugung genutzt werden.

Mit 538 GWh/a bietet die Windkraft ein signifikantes Potenzial. Allerdings sind hier Aspekte der Akzeptanz sowie der Einfluss auf die lokale Flora und Fauna zu berücksichtigen.

Photovoltaik (Freifläche) stellt mit 1.926 GWh/a das größte erneuerbare Potenzial dar. Dieses berücksichtigt jedoch keine Flächenkonflikte, beispielsweise mit landwirtschaftlichen Nutzflächen, sowie die Netzanschlussmöglichkeiten.

Obwohl das Potenzial für gebäudeintegrierte Photovoltaik mit 190 GWh/a geringer ausfällt als bei der Freiflächen-PV, bietet diese den Vorteil, dass sie mit weniger planerischem Aufwand und ohne zusätzlichen Flächenbedarf umgesetzt werden kann. Die spezifischen Kosten sind jedoch im Vergleich zu Freiflächenanlagen höher. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial von PV auf Dachflächen gerade für die Warmwasserbereitstellung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten interessant.

Zusammenfassend bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung in Bühl, wobei jede Technologie ihre eigenen Herausforderungen und Kostenstrukturen mit sich bringt. Bei der Umsetzung von Projekten sollten daher sowohl die technischen als auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig abgewogen werden.

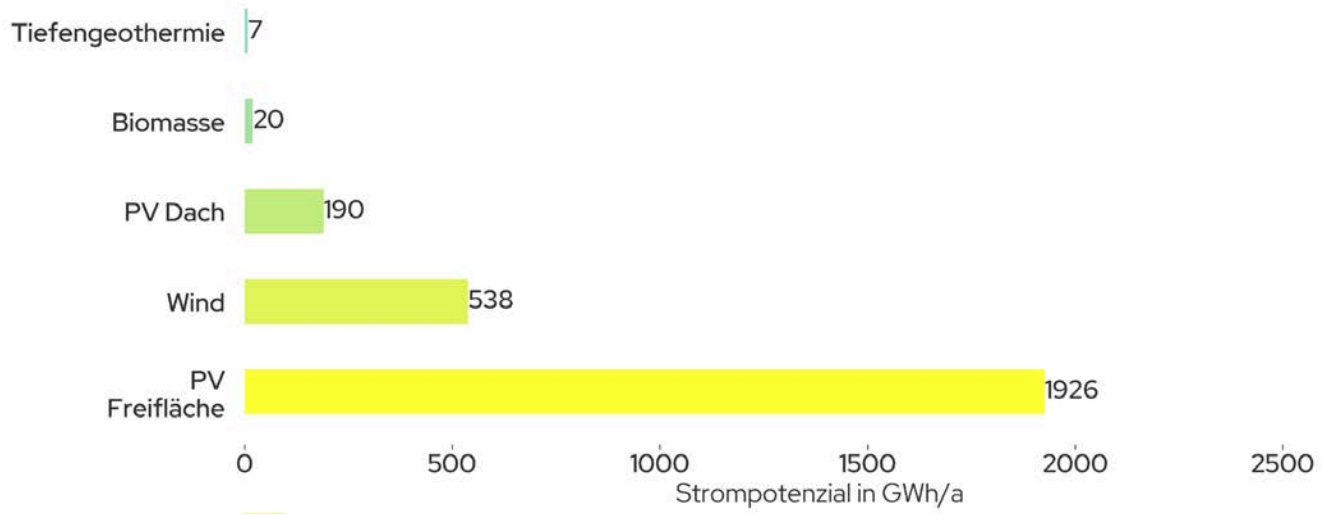


Abbildung 24: Erneuerbare Strompotenziale der Stadt Bühl

4.5 Thermische Potenziale

Die Untersuchung der thermischen Potenziale für Bühl offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung (siehe Abbildung 25). Die quantitativen Potenziale in GWh/a sind wie folgt:

- Biomasse: 39 GWh/
- Tiefengeothermie: 52 GWh/a
- Abwärme aus Klärwerken: 71 GWh/a
- Flusswärme: 88 GWh/a
- Seewärme: 105 GWh/a
- Luftwärmepumpe: 199 GWh/a
- Solarthermie (Aufdach): 238 GWh/a
- Oberflächennahe Geothermie (Sonden): 1.179GWh/a
- Solarthermie (Freifläche): 2.640 GWh/a

Die Potenziale sind heterogen verteilt. Im Stadtgebiet dominieren vor allem die Dachflächenpotenziale für Solarthermie. Oberflächennahe Geothermie ist ebenfalls in Teilen des Stadtgebiets zu finden. In den Stadtrandlagen bestehen zudem technische Potenziale zur Errichtung von Solar-Kollektorfeldern.
Ein wichtiger Aspekt, der in der Betrachtung der erhobenen Potenziale Berücksichtigung finden muss, ist das Temperaturniveau des jeweiligen Wärmeerzeugers. Das Temperaturniveau hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzbarkeit und Effizienz von Wärmeerzeugern, insbesondere Wärmepumpen.

Solarthermie (Freifläche) stellt mit einem Potenzial von 2.640 GWh/a die größte einzelne Ressource dar. Dabei sind jedoch Flächenverfügbarkeit und Anbindung an Wärmenetze zu berücksichtigen, welche zum heutigen Stand noch nicht voll ausgebaut sind. Zudem sei darauf hingewiesen, dass es bei Solarthermie- und PV-Freiflächenanlagen eine Flächenkonkurrenz gibt.
Die mögliche Erschließung und Nutzung der Abwärme aus der Abwasser Kläranlage Bühl muss nachfolgend noch untersucht werden. Es sei dabei anzumerken, dass es sich um ein eher begrenztes Potenzial handelt, welches eine große Distanz zum nächsten Wohngebiet aufweist.

Wärmepumpen sind eine etablierte und unter gewissen Bedingungen energetisch hocheffiziente Technologie für die Wärmeerzeugung und können vielseitig im Gemeindegebiet genutzt werden. Besonders für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser stellt die Wärmepumpe eine attraktive Lösung dar und kann auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregelung zum Lärmschutz eingehalten werden.

Oberflächennahe Geothermie weist an den Rändern der Siedlungsgebiete ebenfalls ein hohes Potenzial von 1.179 GWh/a auf, welches durch den Einsatz von bis zu 100m tiefen Sonden in Kombination mit einer Wärmepumpe nutzbar gemacht werden kann.

Das Potenzial für Flusswasserwärmepumpen wird auf 88 GWh/a geschätzt. Das thermische Biomassepotenzial beträgt 39 GWh/a und setzt sich aus Waldrestholz, Hausmüll, Grünschnitt, Rebschnitt und dem möglichen Anbau von Energiepflanzen zusammen.

Zwar wurden Datenerhebungen bezüglich der Nutzung industrieller Abwärme durchgeführt, jedoch konnten keine geeigneten neuen Quellen identifiziert werden.

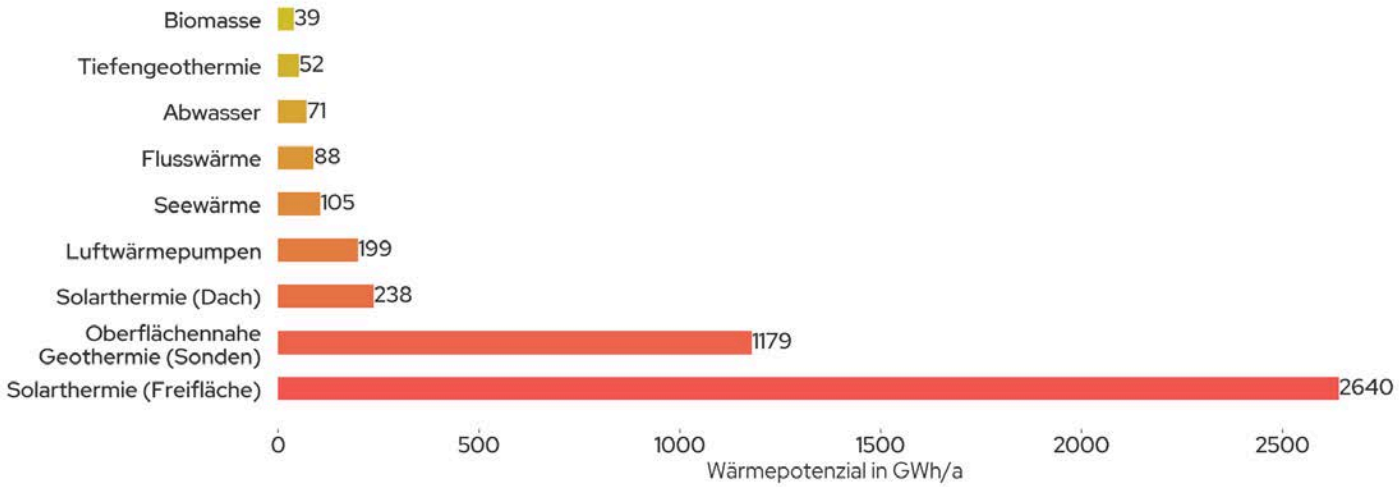


Abbildung 25: Erneuerbare Wärmepotenziale der Stadt Bühl

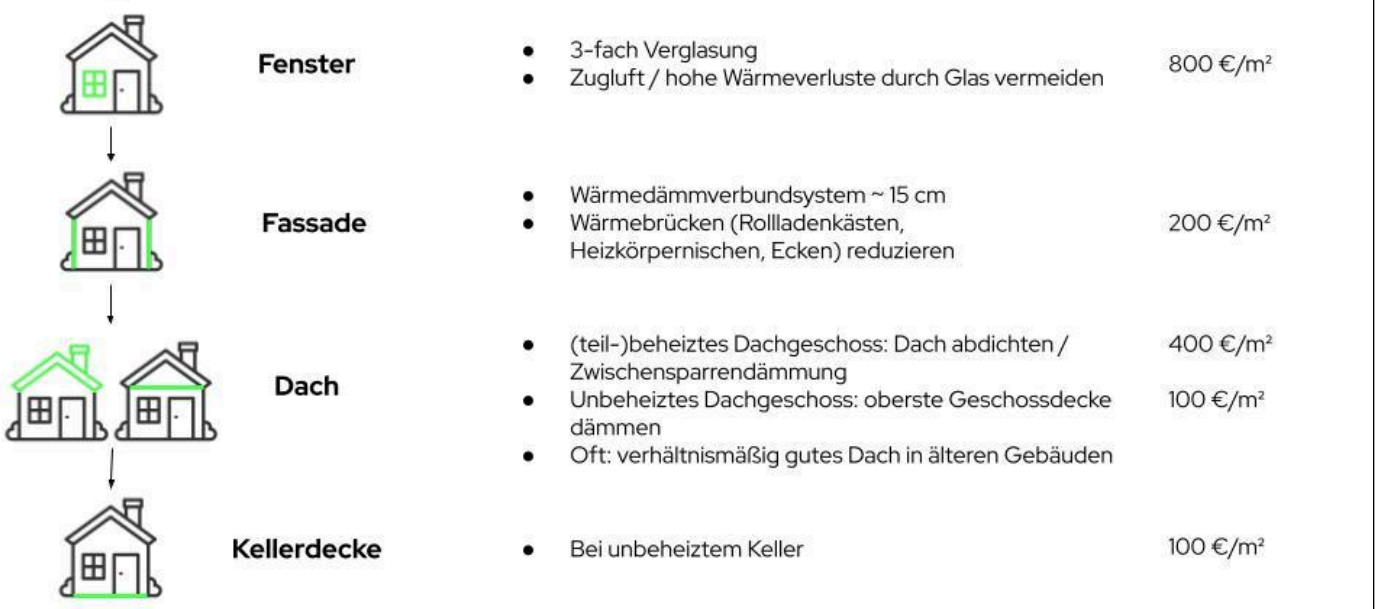
4.6 Potenziale für Sanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele dar. Die Untersuchung zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen ein Reduktionspotenzial von bis zu 138 GWh bzw. 42 % des Gesamtwärmeverbrauchs in Bühl realisiert werden könnte. Erwartungsgemäß liegt der größte Anteil des Sanierungspotenzials bei Gebäuden, die bis 1978 erbaut wurden. Diese Gebäude sind sowohl in der Anzahl als auch in ihrem energetischen Zustand besonders relevant. Sie wurden vor den einschlägigen Wärmeschutzverordnungen erbaut und haben daher einen erhöhten Sanierungsbedarf.

Besonders im Wohnbereich zeigt sich ein hohes Sanierungspotenzial. Hier können durch energetische Verbesserung der Gebäudehülle signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit einem Austausch der Heiztechnik bietet dies insbesondere für Gebäude mit Einzelversorgung einen großen Hebel. Typische energetische Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle sind in der Infobox "Energetische Gebäudesanierungen" dargestellt. Diese können von der Dämmung der Außenwände bis hin zur Erneuerung der Fenster reichen und sollten im Kontext des Gesamtpotenzials der energetischen Sanierung betrachtet werden.

Infobox - Energetische Gebäudesanierung - Maßnahmen und Kosten

Infobox: Energetische Gebäudesanierung



Das Sanierungspotenzial bietet nicht nur eine beträchtliche Möglichkeit zur Reduzierung des Energiebedarfs, sondern auch zur Steigerung des Wohnkomforts und zur Wertsteigerung der Immobilien. Daher sollten entsprechende Sanierungsprojekte integraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung sein.

4.7 Potenzial für eine lokale Wasserstofferzeugung

Die lokale Erzeugung von Wasserstoff zur Verwendung als Energieträger für Wärme wird aufgrund der geringen lokalen Verfügbarkeit von Überschussstrom, sowie der noch ungeklärten zukünftigen zentralen Bereitstellung über Gasnetze, in der vorliegenden Planung als zunächst unwahrscheinlich angenommen und daher in diesem Bericht nicht weiter betrachtet. Eine mögliche zukünftige Nutzung kann und sollte jedoch bei sich

ändernden Rahmenbedingungen in die Planungen aufgenommen werden.

4.8 Zusammenfassung und Fazit für die Versorgung von Bühl mit erneuerbarer Wärme

Die Potenzialanalyse für erneuerbare Energien in der Wärmeerzeugung in Bühl offenbart signifikante Chancen für eine nachhaltige Wärmeversorgung. Das vor Ort identifizierte technische Potenzial für Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien übersteigt den Wärmebedarf deutlich.

Bühl zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Öl- und Gasheizungen aus, was ein erhebliches Umrüstungspotenzial auf erneuerbare Energien impliziert. Durch das hohe Sanierungspotenzial, durch dessen Erschließung der Wärmebedarf substanziell gesenkt werden kann, wird der Sanierung bei der Wärmewende eine Schlüsselrolle zukommen. Parallel dazu sollten der Aus- und Neubau von Wärmenetzen und die Dekarbonisierung des bestehenden Netzes aktiv vorangetrieben werden.

Die geografische Beschaffenheit der Stadt begünstigt den Ausbau von Wärmenetzen im Hinblick auf die Wärmedichte. Die bauliche Umsetzung hingegen erfordert eine detaillierte Planung, ein hohes Maß an Koordination zwischen den Beteiligten und ist mit sehr hohen Investitionen verbunden. Dieser Ausbau reduziert die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen. Es soll hier jedoch erwähnt werden, dass zum aktuellen Zeitpunkt keine Klarheit über die zukünftig in den Wärmenetzen genutzten Energieträger und die jeweiligen Energiemengen herrscht. Hierfür sind nachgelagerte Machbarkeitsstudien nötig, die die tatsächliche Nutzbarkeit und Menge der einzelnen Energieträger ermitteln.

Die Analyse identifiziert zudem ein großes Potenzial für Solarthermie auf Freiflächen. Dieses Potenzial steht allerdings in direkter Flächenkonkurrenz mit der Landwirtschaft und anderen aktuellen Nutzungen. Durch den hohen Energieertrag pro Fläche kann dieses Potenzial jedoch einen signifikanten Beitrag zur Dekarbonisierung bestehender und zukünftiger Netze liefern. In Kombination mit Speichertechnologien könnte im Winter eine sichere Wärmeversorgung gewährleistet werden, die von der Stromversorgung weitgehend unabhängig ist und somit den Autarkiegrad der Wärmeversorgung erhöht.

Das Potenzial für Photovoltaik auf Freiflächen steht ebenfalls in bereits genannter Flächenkonkurrenz, kann jedoch den Anteil erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung signifikant steigern. Durch die vernachlässigbaren Leitungsverluste von Strom im Vergleich zu Wärme können PV-Freiflächenanlagen auch mit größerem Abstand zum Siedlungsgebiet errichtet werden.

Angesichts der städtischen Struktur empfiehlt sich für Bühl der Ausbau der Fernwärme, wo dies unter Beachtung möglicher zu erschließender Wärmequellen sinnvoll und wirtschaftlich darstellbar ist. Im verbleibenden Stadtgebiet wird die Implementierung von Luftwärmepumpen empfohlen, wo dies unter Beachtung geltender gesetzlicher Abstandsregeln und der individuellen Beschaffenheit eines Gebäudes möglich und sinnvoll ist. Zukünftige Entwicklungen bei der Wasserstoffverfügbarkeit oder anderen Wärmeerzeugungstechnologien, werden Teil der Fortschreibung des Wärmeplans sein.

5. Eignungsgebiete für Wärmenetze

Die Ausweisung von Eignungsgebieten für die Versorgung mit Wärmenetzen ist ein wichtiger Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung und dient als Grundlage für weiterführende Planungen und Investitionsentscheidungen. Für eine fundierte Entscheidungsgrundlage zur finalen Festlegung von Wärmenetzversorgungsgebieten sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, wie z. B. die Durchführung von Machbarkeitsstudien.

Abbildung 26: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete

Wärmenetze ermöglichen die zentrale Nutzung klimafreundlicher Wärmequellen und stellen deshalb eine bedeutende Infrastruktur der zukünftigen Wärmeversorgung dar. Nahwärme bietet eine effiziente Lösung zur Erschließung größerer Versorgungsgebiete und der Verknüpfung von Wärmeverbrauchern mit erneuerbaren Energiequellen. Da der Aufbau von Wärmenetzen sehr hohe Investitionen verursacht und mit einem erheblichen Aufwand bei Planung, Erschließung und Bau verbunden ist, gilt es, diese Gebiete sorgfältig auszuwählen und in weiteren Analysen detaillierter zu untersuchen. Bei der Aufstellung des Zielszenarios ist es dementsprechend von großer Bedeutung, sogenannte Eignungsgebiete für Wärmenetze aufzuzeigen, in denen deren Nutzung und Betrieb als effizient und wirtschaftlich erwartet werden. Grundsätzlich kann man vier Kategorien von Gebieten unterscheiden:

- Eignungsgebiete für Wärmenetze: Gebiete, welche auf Basis der bisher vorgegebenen Bewertungskriterien für Wärmenetze grundsätzlich geeignet sind.
- Wärmenetzausbaugebiete: Gebiete, in denen der Wärmnetzausbau perspektivisch geplant ist.
- Fernwärmevorranggebiete mit Anschluss- und Benutzungszwang: Bewohner sind zum Anschluss an das Wärmenetz verpflichtet.
- Einzelversorgungsgebiete: Gebiete ohne Erschließung mit Fernwärme. Die Wärmeerzeugung erfolgt individuell im Einzelgebäude.

Im Rahmen der Wärmeplanung liegt der Fokus auf der Identifikation von Eignungsgebieten, welche dann durch Machbarkeitsstudien genauer untersucht werden müssen, um so zu einem Wärmenetzausbaugebiet zu werden. Der Prozess der Identifikation der Eignungsgebiete erfolgte in drei Stufen:

1. **Vorauswahl:** In einem ersten Schritt wurden diese Eignungsgebiete automatisiert ermittelt. Hierzu wurden folgende Kriterien berücksichtigt: Ausreichender erwarteter Wärmeabsatz (Wärmeliniendichte) und vorhandene Ankergebäude. Zudem wurden

Versorgungsgebiete von Bestandswärmenetzen sowie bereits verabschiedete Vorranggebiete für Wärmenetze berücksichtigt.

2. **Lokale Restriktionen:** Im zweiten Schritt wurden diese automatisiert erzeugten Gebiete im Rahmen von Expertenworkshops genauer betrachtet. Dabei wurden sowohl örtliche Fachkenntnisse als auch die Ergebnisse der Potenzialanalyse miteinbezogen. Es wurde vor allem analysiert, in welchen Gebieten neben einer hohen Wärmedichte auch die Nutzung der Potenziale zur Wärmeerzeugung günstig erscheint. Jene Gebiete, die als geeignet bewertet wurden, konnten für die Zielszenarien bei der Bestimmung des Energieträgermixes berücksichtigt werden.
3. **Umsetzungseignung:** Im letzten Schritt wurden die verbleibenden Gebiete von den Stadtwerken einer ersten Analyse unterzogen und weiter eingegrenzt.

Infobox: Wärmeliniendichte

Infobox: Wärmeliniendichte

Die Wärmeliniendichte ist ein wichtiger Indikator für die Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. Sie wird in Kilowattstunden pro Jahr und Meter Trassenlänge ausgedrückt. Da bei der Ausarbeitung des Zielszenarios noch kein Trassenverlauf zukünftiger Wärmenetze vorhanden ist, wird das existierende Straßennetz als potenzieller Trassenverlauf herangezogen.
Für die Berechnung der Wärmeliniendichte wird der Wärmebedarf jedes Gebäudes dem nächstgelegenen Straßenabschnitt zugeordnet, summiert und durch die Straßenlänge geteilt.

5.1 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungsgebiete:

In diesem Wärmeplan, der nach den Vorgaben des KlimaG BW erstellt wurde, werden keine verbindlichen Ausbaupläne beschlossen. Die Wärmenetzeignungsgebiete dienen als strategisches Planungsinstrument für die Infrastrukturentwicklung der nächsten Jahre.

Zudem hat die Kommune grundsätzlich die Möglichkeit, ein Gebiet als Wärmenetzvorranggebiet auszuweisen. Gebäudeeigentümer innerhalb eines Wärmenetzvorranggebietes mit Anschluss- und Benutzungszwang sind verpflichtet, sich an das Wärmenetz anzuschließen. Diese Verpflichtung besteht bei Neubauten sofort. Im Bestand besteht die Verpflichtung erst ab dem Zeitpunkt, an dem eine grundlegende Änderung an der bestehenden Wärmeversorgung vorgenommen wird.

In einem (der Wärmeplanung) nachgelagerten Schritt sollen auf Grundlage der Eignungsgebiete von den Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern konkrete Ausbauplanungen für Wärmenetzausbaugebiete erstellt werden, die neben der Wärmebedarfsdichte weitere Kriterien, wie die wirtschaftliche, technische und ressourcenbedingte Umsetzbarkeit, mit einbeziehen.

Für den nach KlimaG BW erstellten Wärmeplan gilt in Bezug auf das GEG:
„Fällt in einer Kommune vor Mitte 2026 oder Mitte 2028 eine Entscheidung zur Ausweisung eines Gebiets für den Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes basierend auf einem Wärmeplan, wird dort die Verpflichtung zur Nutzung von 65 Prozent erneuerbaren Energien in Heizsystemen bereits dann wirksam. Der Wärmeplan allein reicht jedoch nicht aus, um diese früheren Verpflichtungen nach dem GEG auszulösen. Vielmehr braucht es auf dieser Grundlage eine zusätzliche Entscheidung der Kommune über die Gebietsausweisung, die öffentlich bekannt gemacht werden muss." (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023).

Das bedeutet, wenn die Stadt Bühl beschließt, vor 2028 Neu- und Ausbaugebiete für Wärmenetze oder Wasserstoff auszuweisen, und diese veröffentlicht, gilt die 65%-EE-Pflicht für Bestandsgebäude einen Monat nach Veröffentlichung.

5.2 Eignungsgebiete in Bühl

Im Zuge der Wärmeplanung wurden innerhalb von Bühl "Eignungsgebiete" für Wärmenetze eingegrenzt.

Außerhalb der Eignungsgebiete ist damit die Einzelversorgung der Gebäude notwendig. Für Bühl wurden die Eignungsgebiete für Wärmenetze auf Basis der folgenden drei Kriterien identifiziert: Die mögliche Wärmeabnahme, visualisiert als Wärmeliniendichte (siehe Abbildung 26), der Lage von Bestandsnetzen (siehe Abbildung 27) und geplanten Neubaugebieten.

Es zeigt sich deutlich, dass die höchste Wärmedichte im Stadtkern und dem unmittelbar daran angrenzenden Gebiet im Nord-Westen der Stadt zu finden sind. Dies deckt sich mit dem Verlauf des Bestandsnetzes in der Innenstadt.

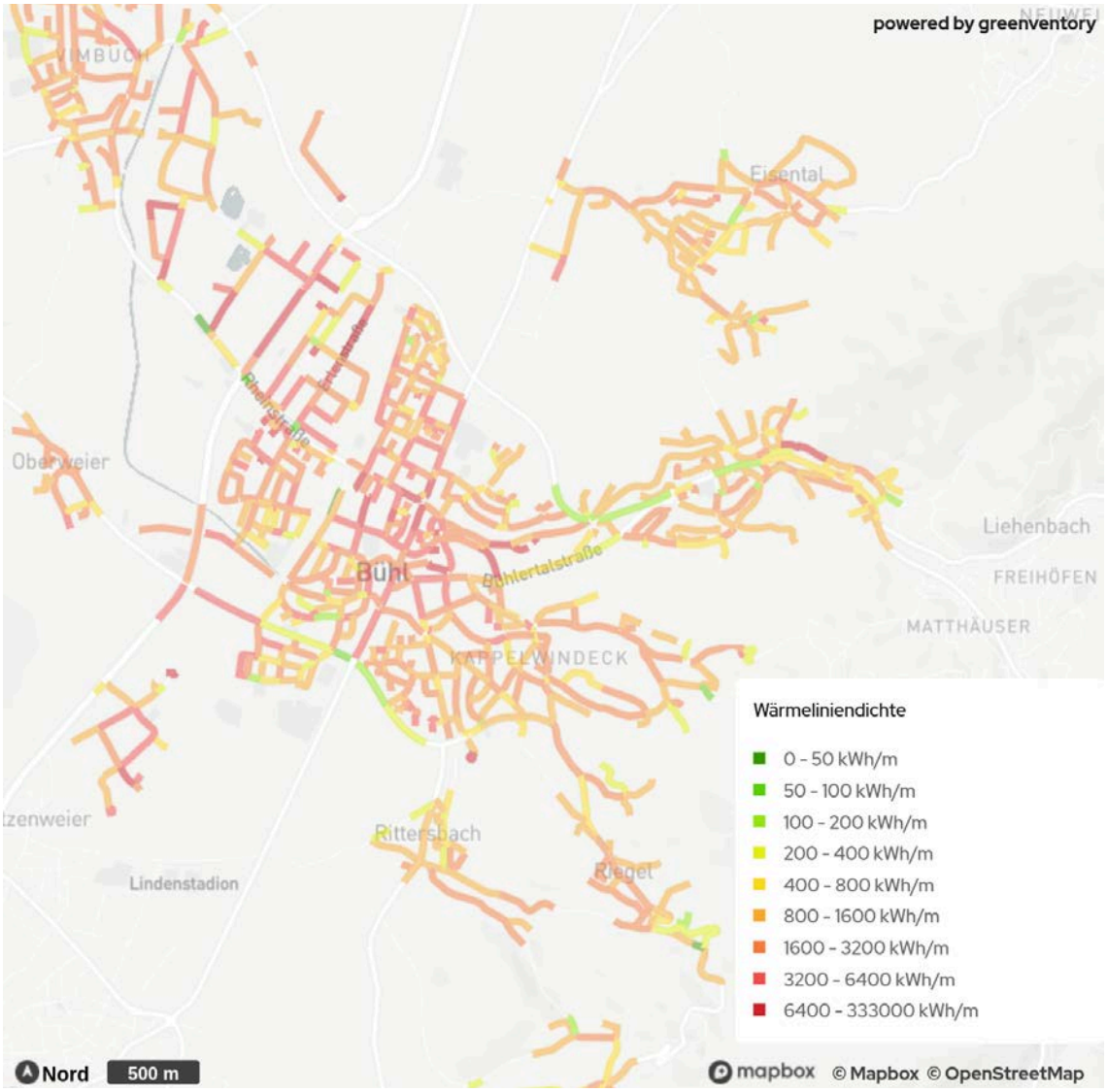


Abbildung 26: Wärmeliniendichte in Bühl

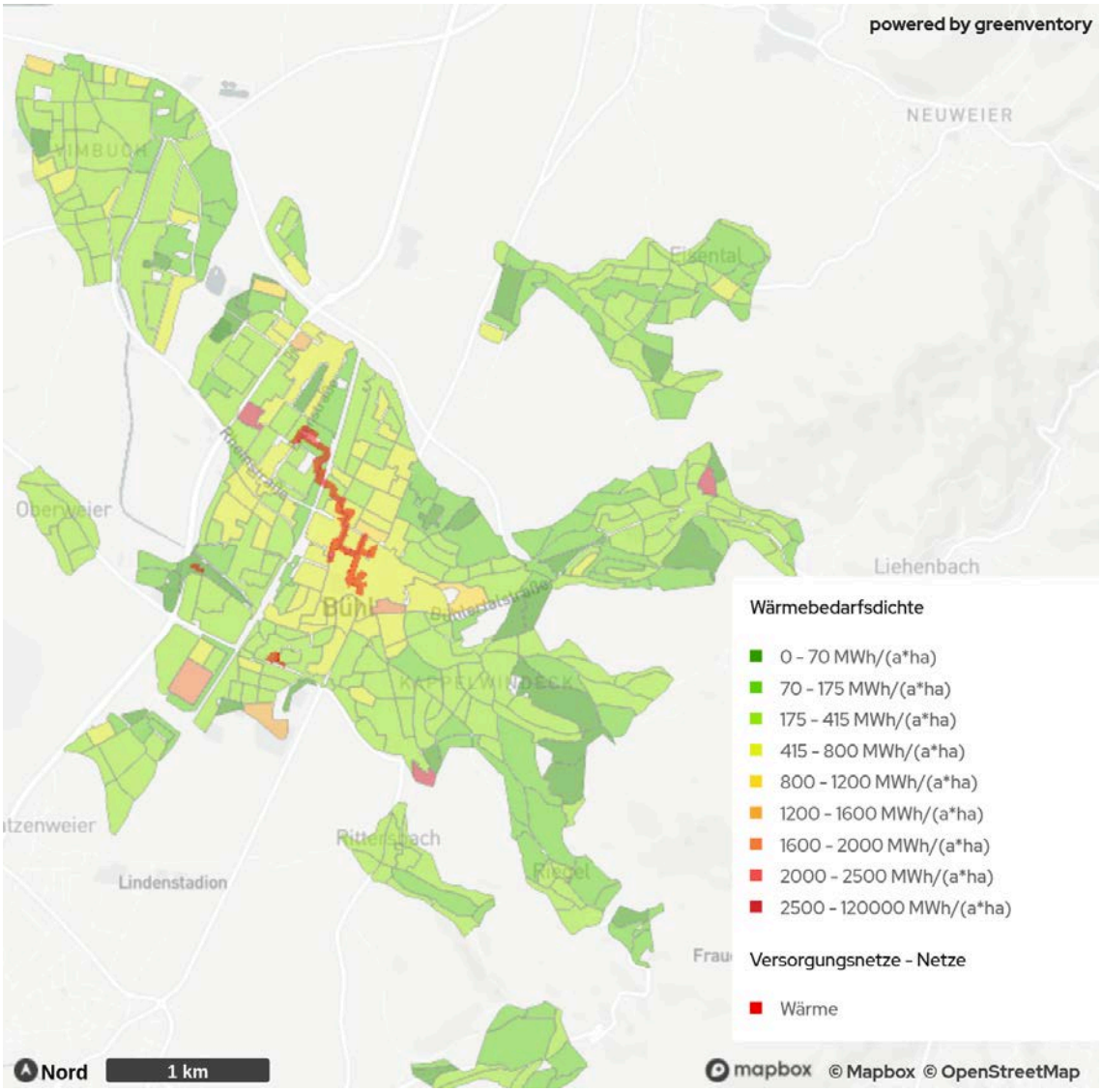


Abbildung 27: Wärmebedarfsdichte und bestehende Wärmenetze in Bühl

Aus den genannten Kriterien ergeben sich die in Abbildung 28 orange eingezeichneten Eignungsgebiete für Wärmenetze. Mit dem Bestandsnetz und den drei Neubaugebieten wurden insgesamt vier Eignungsgebiete identifiziert. Eine Übersicht aller Eignungsgebiete, einschließlich des erwarteten Wärmebedarfs und Gebäudeinformationen sind in Tabelle 4 dargestellt. Steckbriefe und weiterführende Informationen zu den einzelnen Gebieten sind dem Anhang 1: Übersicht der Eignungsgebiete zu entnehmen. Es sollte bei den genauen Grenzen der Eignungsgebiete beachtet werden, dass diese dem Planungsstand bei Berichtserstellung entsprechen und eine erste Eingrenzung darstellen. Anpassungen im weiteren Planungsverlauf sind daher noch möglich.

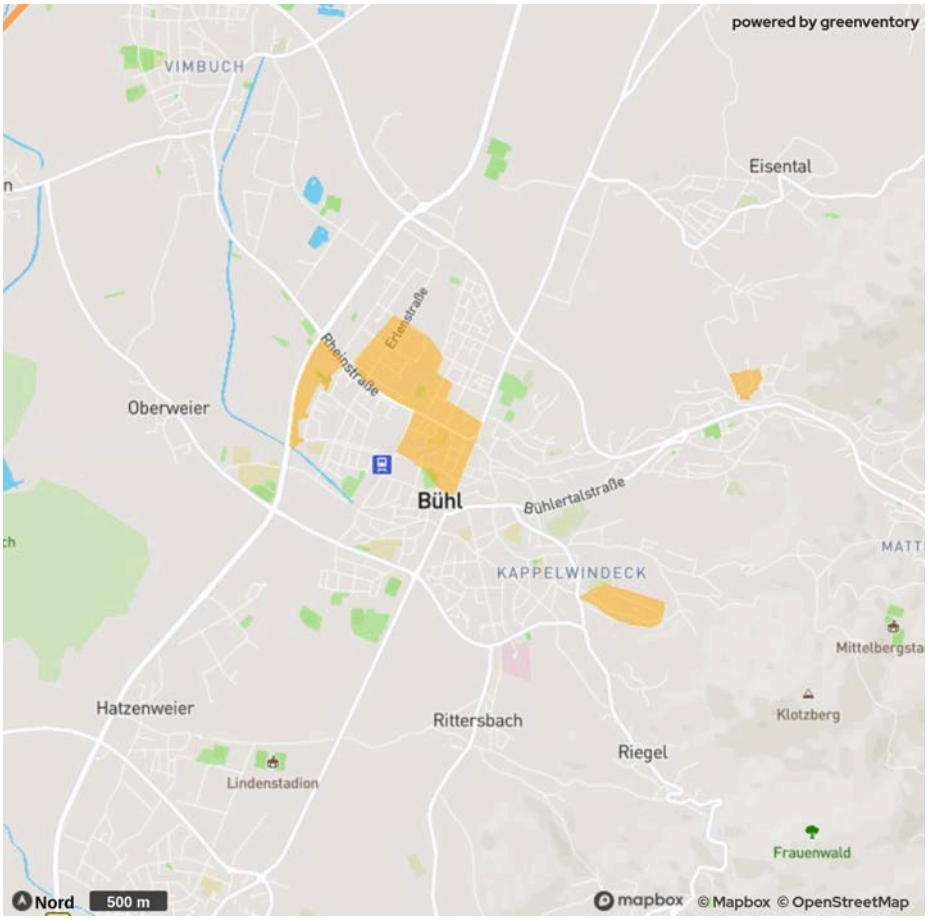


Abbildung 28: Resultierende Eignungsgebiete (orange) in Bühl

Tabelle 4: Übersicht über die Eignungsgebiete in Bühl

Eignungsgebiet	Wärmebedarf Bestands- und geplante Neubaubauten	Anzahl Bestandsgebäude gesamt	Durchschnittliches Anlagenalter der Heizungen
"Kirchgassgraben"	Abhängig von der Anzahl der zukünftigen Wohneinheiten. Aktuell noch in Klärung.	-	-
"Im Feil"	0,3 GWh/a	14	15 Jahre
"Hinterfeldweg"	1,6 GWh/a	57	20 Jahre
"Ausbaugebiet Innenstadt"	18,5 GWh/a	386	18 Jahre

6. Simulation des Zielszenarios

Das Zielszenario beschreibt den Endzustand einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Es wird oft auch Zielfoto oder Zielbild genannt. Dieses Kapitel beschreibt die Methodik sowie die Ergebnisse einer Simulation des ausgearbeiteten Zielszenarios. Es basiert auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse sowie den Eignungsgebieten für Wärmenetze und Eignungsgebieten für Einzelversorgung.

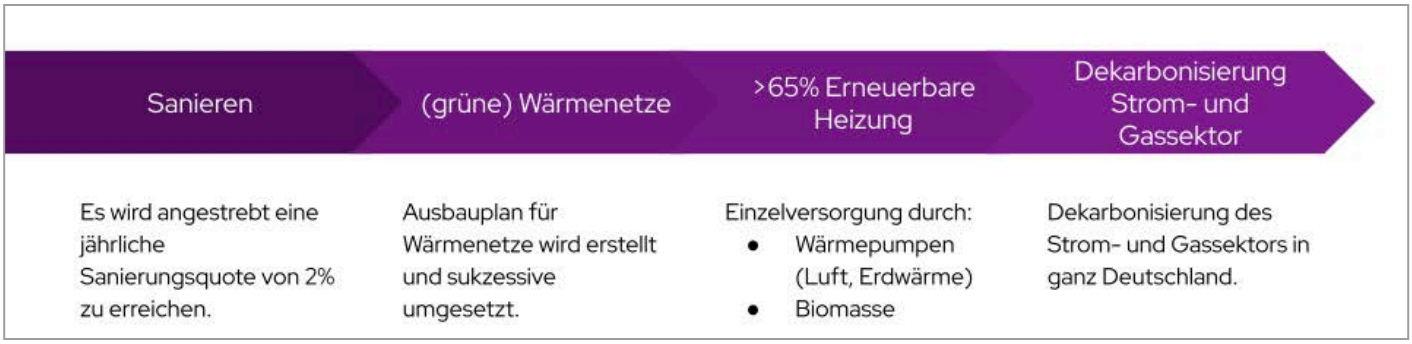


Abbildung 29: Simulation der Zielszenarios für 2040

Die Formulierung eines zukunftsorientierten Zielszenarios ist zentraler Bestandteil des kommunalen Wärmeplans. Das Zielszenario dient als Blaupause für eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen mehrere Kernfragen geklärt werden:

- ➔ Wo sind Wärmenetze sinnvoll und realisierbar?
- ➔ Wie lässt sich die Wärmeversorgung dieser Netze treibhausgasneutral gestalten?
- ➔ Wie viele Gebäude müssen bis zur Zielerreichung energetisch saniert werden?
- ➔ Welche Alternativen zur Wärmeversorgung existieren für Gebäude, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können?

Durch die Beantwortung dieser Fragen schafft das Zielszenario eine solide Grundlage für zukünftige Entscheidungen im Bereich der Wärmeversorgung der Stadt. Die Erstellung des Zielszenario erfolgt in drei Schritten:

1. Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs mittels Modellierung.
2. Identifikation geeigneter Gebiete für Wärmenetze (dieser Schritt wurde bereits im vorherigen Kapitel genauer betrachtet).
3. Evaluierung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung der Gebäude, die nicht an Wärmenetze angeschlossen werden können.

Zu beachten ist, dass das Zielszenario die Technologien zur Wärmeerzeugung nicht verbindlich festlegt, sondern es als Ausgangspunkt für die strategische Infrastrukturentwicklung dient, etwa den Ausbau von Wärmenetzen. Die Umsetzung dieser Strategie ist abhängig von zahlreichen weiteren Variablen, die im Rahmen dieser Szenarioanalyse nicht berücksichtigt werden. Dazu gehören beispielsweise die Bereitschaft der Gebäudeeigentümer, treibhausgasneutrale Wärmeerzeugungstechnologien zu implementieren, Schwankungen in Anlagen- und Brennstoffpreisen sowie der Erfolg bei der Kundenakquisition für Wärmenetze.

Infolgedessen stellt dieses Szenario keinen definitiven Leitfaden für Investitionsentscheidungen dar, sondern dient vielmehr einer Exploration der Zukunft. Um die technische Machbarkeit des Wärmenetzausbaus festzustellen und daraufhin fundierte Entscheidungen

zu treffen, sind detaillierte Untersuchungen erforderlich, etwa in Form von Machbarkeitsstudien.

6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs

Der zukünftige Wärmebedarf ist eines der wichtigsten Ergebnisse des Zielszenarios. Es ist unerlässlich, den Wärmebedarf signifikant zu reduzieren, um eine realistische Chance zu haben, den zukünftig anfallenden Wärmebedarf über erneuerbare Energien decken zu können. Für Wohngebäude wird eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr angenommen (dena, 2016). Damit wird prognostiziert, dass in jedem Jahr für 2 % dieser Gebäude eine Sanierung der Gebäudehülle (Dämmung) vorgenommen wird und sich dadurch der Wärmebedarf reduziert. Im Wohnsektor erfolgt die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs modellbasiert unter Nutzung von Gebäudetypen. Der Wärmebedarf im sanierten Zustand wird basierend auf TABULA bestimmt (IWU, 2012). Dabei wird für jedes Wohngebäude die entsprechende TABULA-Klasse ermittelt und damit der spezifische Wärmebedarf für den sanierten Zustand angenommen.

Für Nichtwohngebäude wird eine Reduktion des Wärmebedarfs anhand von Reduktionsfaktoren angenommen. Es werden folgende Einsparungen des Wärmebedarfs bis 2050 angenommen und entsprechend dem gewählten Zieljahr 2040 interpoliert (KEA, 2020):

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 37 %
- Industrie: 29 %
- Kommunale Liegenschaften: 33 %

Die Simulation der Wärmebedarfsreduktion erfolgt jahresscharf und gebäudespezifisch. Dabei werden jedes Jahr jene 2 % der Gebäude mit dem schlechtesten Sanierungszustand saniert. Im aktuell dargestellten Szenario werden zukünftige Neubaugebiete nicht betrachtet. Abbildung 30 macht den Effekt der Sanierung auf den zukünftigen Wärmebedarf deutlich. Für das Zwischenjahr 2030 ergibt sich so ein prognostizierter Wärmebedarf von 269 GWh pro Jahr. Im Vergleich zum Basisjahr ergibt das ein Reduktionspotenzial des jährlichen Wärmebedarfs von 62 GWh, was einer Minderung von 23 % entspricht. Für das Zieljahr 2040 reduziert sich der Wärmebedarf durch fortschreitende Sanierungen weiter, sodass der jährliche Wärmebedarf in 2040 nur noch 230 GWh beträgt. Das Reduktionspotenzial beträgt somit 101 GWh bzw. 44 %, gegenüber dem Basisjahr.

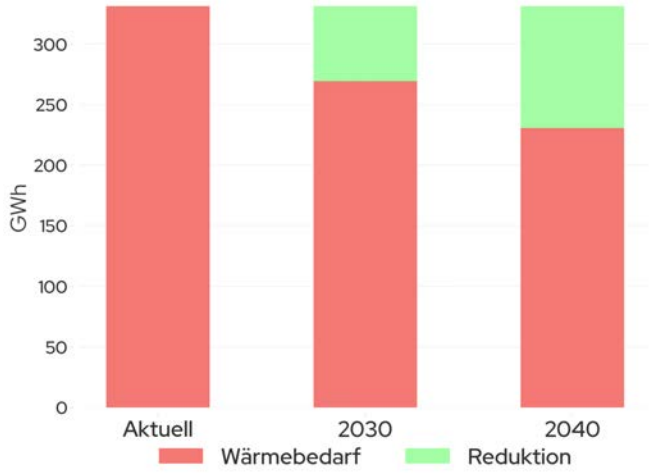


Abbildung 30: Reduktionspotenzial des Wärmebedarfs

6.2 Ermittlung zukünftiger Wärmeerzeuger

Nach der Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs erfolgt die Zuweisung der zukünftigen Wärmeerzeugungstechnologie. Für jene Gebäude, die in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegen, wird zunächst ein Anschluss an das Wärmenetz mittels einer Hausübergabestation angenommen.

Für Gebäude, die außerhalb eines solchen Gebietes liegen, wird eine Einzelversorgung angenommen. Dafür wird analysiert, ob ein ausreichendes Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs durch eine Wärmepumpe besteht. Falls auf dem jeweiligen Flurstück die Möglichkeiten zur Installation einer Wärmepumpe vorhanden sind, wird eine Luft-Wärmepumpe oder eine Erd-Wärmepumpe zugeordnet. Andernfalls wird ein Biomassekessel angenommen. Dieser kommt auch bei großen gewerblichen Gebäuden zum Einsatz.

Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 31 für das Jahr 2040 dargestellt. Eine Analyse der eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien macht deutlich, dass in diesem Szenario ca. 39 % der Gebäude zukünftig mit Luft-Wärmepumpen beheizt werden könnten, was einer Anzahl von 3.553 entspricht. Um dies zu erreichen, müssten jährlich 209 Wärmepumpen

in der Kommune installiert werden. Erdwärmepumpen zur dezentralen Beheizung stellen im Szenario einen Anteil von 32 %. Einzelheizungen mit Biomasse könnten zukünftig in ca. 25 % der Gebäude zum Einsatz kommen. Über Wärmenetze sollen in Zukunft 4,7 % der Gebäude beheizt werden, wobei dieser Anteil in Anbetracht der teilweise noch nicht klar definierten Anzahl geplanter Neubauten noch steigen kann.

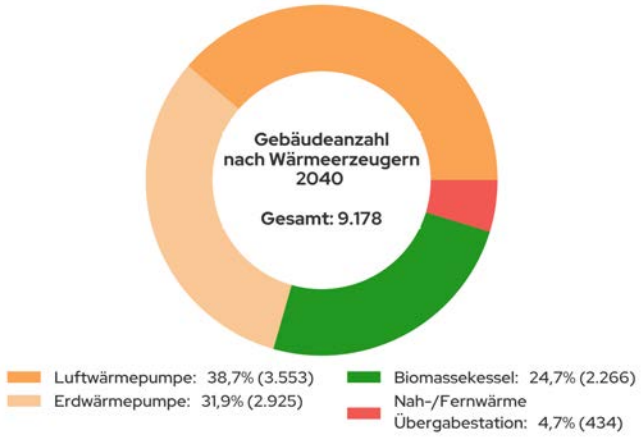


Abbildung 31: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeuger im Jahr 2040

6.3 Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung

Im Kontext der geplanten Fernwärmeerzeugung bis 2040 wurde eine Prognose hinsichtlich der Zusammensetzung der verwendeten Energieträger durchgeführt. Diese basiert auf Kenntnissen zu aktuellen und zukünftigen Energieerzeugungstechnologien sowie Gesprächen mit den Stadtwerken.

Großwärmepumpen, die Umweltwärme (Luft, Flusswasser sowie Geothermie in ausgewählten Randlagen) und Strom kombinieren, könnten zukünftig ca. 17% der benötigten Fernwärme bereitstellen. Sie würden durch Technologien wie Biogas (59%) und feste Biomasse (22%) sowie industrielle Abwärme (1,8%) ergänzt. Die Kombination dieser Technologien ist sinnvoll, um Lastspitzen zu decken und eine gewisse Redundanz der Energieträger zu gewährleisten. Bis zum Zieljahr 2040 könnte grundsätzlich auch Wasserstoff zur Fernwärmeerzeugung beitragen, wurde nach aktuellem Planungsstand jedoch hierfür nicht vorgesehen.

Jeder dieser Energieträger wurde aufgrund seiner technischen Eignung, Umweltverträglichkeit und Effizienz im Kontext der Fernwärmeerzeugung ausgewählt. Es ist wichtig zu betonen, dass diese initialen Werte in nachgelagerten Machbarkeitsstudien, die für jedes Eignungsgebiet durchgeführt werden, noch weiter verfeinert und validiert werden müssen.

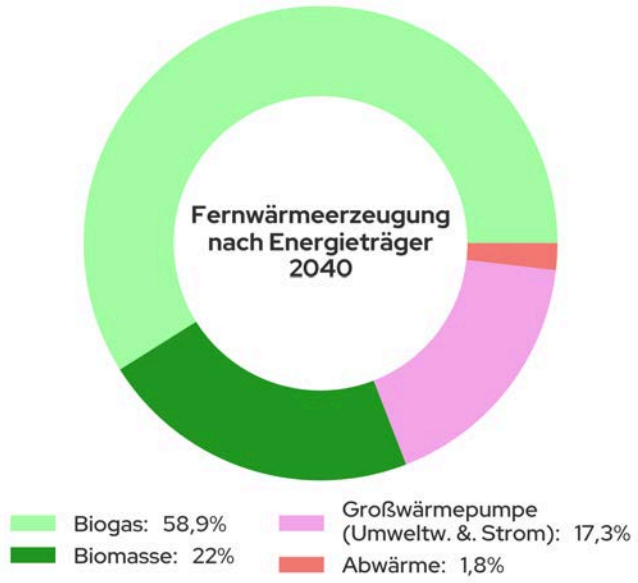


Abbildung 32: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Jahr 2040

6.4 Entwicklung der eingesetzten Energieträger

Basierend auf den zugewiesenen Wärmeerzeugungstechnologien aller Gebäude im Gemeindegebiet wird der Energieträgermix für das Zieljahr 2040 berechnet.

Der Energieträgermix zur Deckung des zukünftigen Endenergiebedarfs gibt Auskunft darüber, welche Energieträger in Zukunft zur Wärmeversorgung zum Einsatz kommen.

Zuerst wird jedem Gebäude ein Energieträger zugewiesen. Anschließend wird dessen Endenergiebedarf basierend auf dem Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie sowie des Wärmebedarfs berechnet. Dafür wird der jeweilige Wärmebedarf im Zieljahr durch den thermischen

Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie dividiert. Der Endenergiebedarf nach Energieträger für das Zwischenjahr 2030 sowie das Zieljahr 2040 ist in Abbildung 33 dargestellt.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Energieträger am Endenergiebedarf erfährt einen Übergang von fossilen hin zu nachhaltigen Energieträgern. Zudem sinkt der gesamte Endenergiebedarf durch die Annahme fortschreitender Sanierungen.
Der Anteil der Fernwärme am Endenergiebedarf 2040 wird steigen, da in diesem Szenario angenommen wird, dass die Wärmenetzeignungsgebiete (vgl. Kapitel 5) vollständig erschlossen sein werden. Der Anteil von Strom für dezentrale Wärmepumpen am Endenergiebedarf 2040 fällt trotz der fast 70% mit Wärmepumpen beheizten Gebäude vergleichsweise gering aus. Dies hat zwei Ursachen: Zum einen nutzen Wärmepumpen Umweltwärme, sodass für die Erzeugung von 1 kWh Wärme nur ca. 0,25 kWh Strom als Endenergieträger eingesetzt werden muss; zum anderen sind Wärmepumpen in Gebäuden mit vergleichsweise geringem Wärmebedarf installiert, da in diesem Szenario die großen Verbraucher am Wärmenetz angeschlossen sind oder mit Biomasse beheizt werden. Biomasse und deren Derivate Holz, Biomethan und Biogas machen daher im Endenergiebedarf 2040 den größten Anteil am Endenergiebedarf aus.

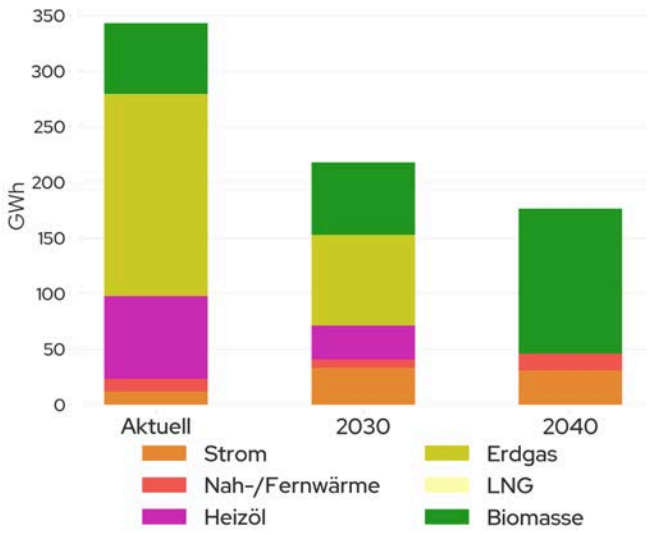


Abbildung 33: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

6.5 Bestimmung der Treibhausgasemissionen

Die dargestellten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger bei der Einzelversorgung und in Wärmenetzen führen zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 34). Es zeigt sich, dass im angenommenen Szenario eine Reduktion um ca. 93% erzielt werden kann. Dies bedeutet, dass ein CO_2-Restbudget im Wärmesektor von ca. 5.000 tCO_2 im Jahr 2040 anfällt. Dies müsste dann kompensiert oder durch weitere technische Maßnahmen im Rahmen des kommunalen Klimaschutzes bilanziell reduziert werden. Dieses Restbudget ist den Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energieträger zuzuschreiben, die den Emissionen entlang der Energiebereitstellungskette (z.B. Fertigung und Installation von Solarthermie-Modulen) Rechnung tragen.

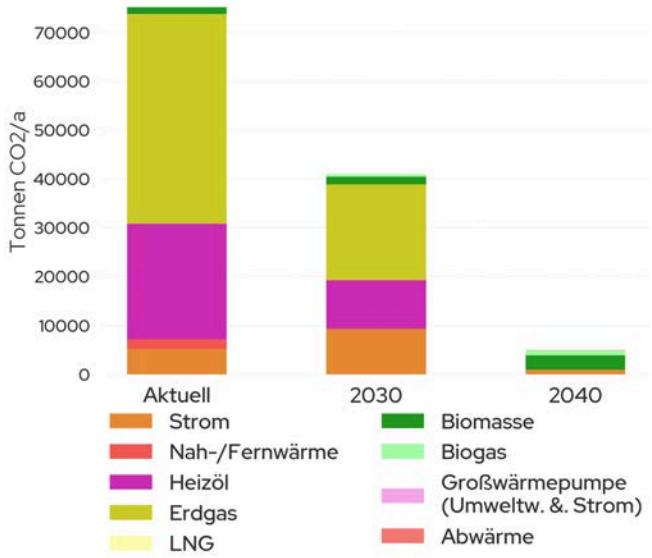


Abbildung 34: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

Einen wesentlichen Einfluss auf die zukünftigen THG-Emissionen haben neben der eingesetzten Technologie auch die zukünftigen Emissionsfaktoren. Für die vorliegende Berechnung wurden die in der Tabelle 2 aufgeführten Faktoren angenommen.

Dies wird gerade mit Hinblick auf die Emissionen für Strom im Jahr 2030 deutlich, welche hier ca. 9.331 tCO_2 ausmachen und dann bis 2040, mit einer zunehmenden Dekarbonisierung des Stromsektors auf 984 tCO_2 zurückgehen (siehe Abbildung 34).

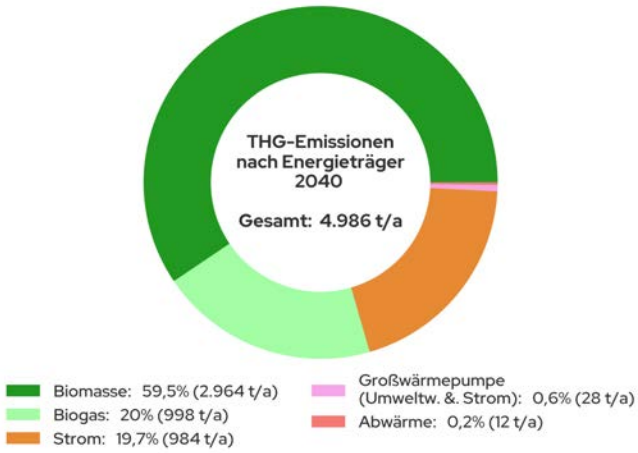


Abbildung 35: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2040

Wie in Abbildung 35 zu sehen ist, wird im Jahr 2040 Biomasse den Großteil der verbleibenden Emissionen ausmachen. Um eine vollständige Treibhausgasneutralität erreichen zu können, sollte im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung der Kompensation dieses Restbudgets Rechnung getragen werden.

6.6 Zusammenfassung des Zielszenarios

Zusammenfassend zeigt die Simulation des Zielszenarios, wie sich der Wärmebedarf bis 2040 bei einer Sanierungsquote von 2% entwickelt. Der bundesweite Durchschnitt der Sanierungsquote liegt aktuell jedoch bei lediglich 0,8 %. Dies unterstreicht die Dringlichkeit großflächiger Sanierungen, um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten. Im betrachteten Szenario werden die meisten Gebäude dezentral über Wärmepumpen oder Biomasse beheizt. Parallel dazu sind ein Bau von neuen Wärmenetzen und der Ausbau und die Dekarbonisierung des Bestandswärmenetzes notwendig. Für diesen Wandel müssen unterschiedliche erneuerbare Energiequellen konsequent erschlossen werden. Trotz dieser Bemühungen bleibt eine Lücke von ca. 5.000 tCO_2/a, die weiterhin emittiert werden. Im Rahmen der Fortschreibungen des Wärmeplans sollten hierzu weitere Maßnahmen und Strategien entwickelt werden.

7. Maßnahmen

In diesem Kapitel werden konkrete technische Ansätze, Implementierungsstrategien und Maßnahmen beschrieben und diskutiert, welche zur Erreichung der Wärmewende notwendig sind. Diese sind das Ergebnis einer systematischen Analyse von Potenzialen, Technologieoptionen und einer aktiven Einbindung wichtiger Stakeholder.

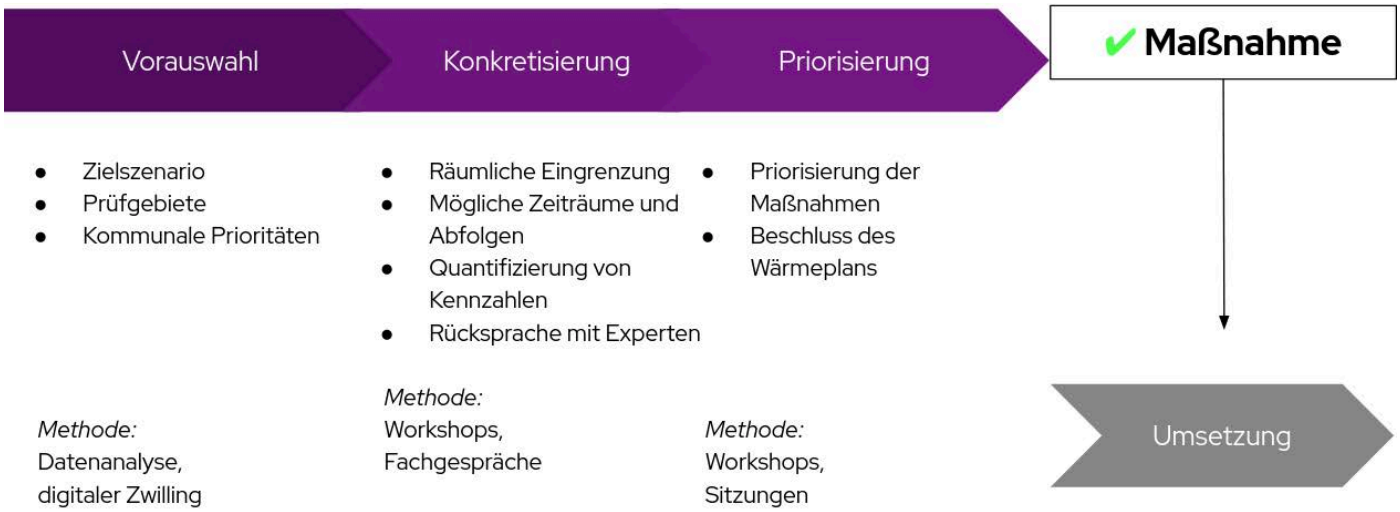


Abbildung 36: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios

7.1 Von der Wärmewendestrategie zu konkreten Maßnahmen

In den vorhergehenden Kapiteln dieses Berichts wurden die wichtigsten Elemente einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung identifiziert, dargestellt und simulativ quantifiziert. Auf dem Weg zur Umsetzung der Wärmewende müssen diese nun zeitlich angeordnet, konkretisiert und in einzelne Projekte (Maßnahmen) überführt werden. Die Schlüsselkomponenten einer treibhausgasneutralen Wärme für Bühl sind:

- Energetische Sanierung: Sanierungsquote von mindestens 2 %
- Ausbau der Nahwärme sowie der Neubau neuer kalter Wärmenetze
- Verstärkte Integration von Wärmepumpen
- Ausbau von PV und Wind
- Nutzung lokaler regenerativer Quellen: Wind, PV, Geothermie
- Höchste Effizienz in Neubaugebieten

Dieses Schlüsselkomponenten wurden in einem partizipativen Prozess zu konkreten Maßnahmen ausgearbeitet. Die Maßnahmen sind ein zentraler Bestandteil des Wärmeplans und stellen die ersten Schritte auf dem Transformationspfad zum Zielszenario dar. Laut § 27 Abs. 2 KlimaG BW müssen im Wärmeplan mindestens fünf dieser Maßnahmen benannt werden, mit deren Umsetzung innerhalb von 5 Jahren nach Veröffentlichung des Wärmeplans begonnen werden soll. Dabei können diese Maßnahmen sowohl konkrete Bauvorhaben mit klar zu beziffernder Treibhausgas-Einsparung sein als auch sogenannte "weiche" Maßnahmen, beispielsweise im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit.

Der Auswahl der "harten", quantitativen Maßnahmen liegen die Daten aus der Bestands- und Potenzialanalyse zugrunde, mit deren Hilfe der zukünftige Wärmebedarf, die bestehende Wärmeinfrastruktur und die vorhandenen Potenziale zusammengeführt wurden. Der dadurch entstandene Optionsraum wurde durch die fachliche Beurteilung der Stadtwerke Bühl und greenventory sowie durch die Ortskenntnis der Stadtverwaltung Bühl soweit plausibilisiert, dass die Definition von sechs Maßnahmen ermöglicht wurde. Anschließend wurden diese Maßnahmen anhand von quantitativen

(CO_2-Einsparung, Kosten) und qualitativen Kriterien priorisiert.
Die Maßnahmen sind im Anhang 2: Übersicht der Maßnahmen detailliert ausgearbeitet. Mögliche weitere Schritte sind im Kapitel Wärmewendestrategie allgemeiner formuliert. Sie werden im Rahmen der kontinuierlichen Aktualisierung des Wärmeplans konkretisiert.

7.2 Identifizierte Maßnahmen für Eignungsgebiete:

1. Energiekonzepte für drei Neubaugebiete: in den drei Neubaugebieten "Kirchgassgraben", "Im Feil" und "Hinterfeldweg" soll jeweils ein grundsätzliches Energiekonzept entwickelt werden, dass die zukünftige Wärmeversorgung der Neubauten - und einiger angrenzender Bestandsgebauten - mit kalter Nahwärme zum Ziel hat. Hierbei sollen Technologien wie Eisspeicher, Wärmepumpen und PV-Anlagen zum Einsatz kommen.

7.3 Identifizierte Maßnahmen für Einzelgebäude:

1. Wärmekonzept mit Wohnungseigentümergenossenschaft: In der Birkenstraße soll für ein großes Gebäude mit 66 Geschosswohnungen ein Wärmekonzept erstellt werden, welches die treibhausgasneutrale Wärmeversorgung gewährleisten soll. Neben den notwendigen Sanierungsmaßnahmen zur Senkung des Wärmebedarfs gibt es bereits Überlegungen zu einem möglichen Anschluss an das bestehende Nahwärmenetz in der Innenstadt.

7.4 Identifizierte Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien:

1. Neubau von Windkraftanlagen: Auf dem Omerskopf sollen durch die Zusammenarbeit der Stadtwerke Bühl und des E-Werks "Mittelbaden" vier neue Windkraftanlagen errichtet werden. Durch ein verschlanktes Genehmigungsverfahren sollen die Anlagen bereits innerhalb von 5 Jahren stehen können. Für die Finanzierung soll im Rahmen einer Genossenschaft eine Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger ermöglicht und unterstützt werden.
2. Schwimmende Photovoltaikanlage: Auf dem Baggersee "Weitenung" soll eine schwimmende Photovoltaikanlage zum Einsatz kommen, die maximal 15 % des Sees bedecken soll und eine maximale Leistung von 3,5 MW besitzen wird. Eine Prüfung und eventuelle Verstärkung des lokalen Stromnetzes ist vor dem Anschluss der Anlage durchzuführen, um die Stabilität des dortigen Stromnetzes auch weiterhin gewährleisten zu können.

Weitere Empfehlungen: Neben den genannten Maßnahmen sind in Tabelle 5 zusätzliche Handlungsempfehlungen für die Akteure der Wärmewende aufgelistet. Diese sollen Denkanstöße liefern und Initiativen fördern.

Die Infobox: Kommunale Handlungsmöglichkeiten stellt zudem weitere Möglichkeiten der Kommune zur Gestaltung der Energiewende dar.

Tabelle 5: Handlungsvorschläge für Akteure der kommunalen Wärmewende

Handlungsvorschläge für Schlüsselakteure	
Immobilienbesitzer	→ Inanspruchnahme von Energieberatungen → Gebäudesanierungen → Investition in energieeffiziente Heizsysteme unter Berücksichtigung der zukünftigen Wärmeversorgung laut Wärmeplan → Austausch von mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizungsanlagen → Installation von Photovoltaikanlagen
Stadtwerke Bühl	→ Flexible Tarifgestaltung für Energielieferung → Partnerschaften mit Technologieanbietern → Ausbau von Energieeffizienz-Dienstleistungen → konsequenter Ausbau von erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung → Investition in Speichertechnologien → Erstellung von detaillierten Netzstudien basierend auf den Ergebnissen der KWP für Wärme-, Strom- und Gasnetze → Erstellung von Dekarbonisierungs- und Transformationsplänen für Wärmenetze → Modernisierung und Ausbau der Stromnetzinfrastruktur → Implementierung von Lastmanagement-Systemen → Ausbau und Dekarbonisierung des Wärmenetzes (WN) → Erschließung und Sicherung erneuerbarer Energiequellen für Wärmenetze → Bewertung der Machbarkeit von kalten Nahwärmenetzen → Digitalisierung und Monitoring für Wärmenetze → Identifikation von geeigneten Quartieren für Wärmeversorgung → Vorverträge mit Wärmeabnehmern in Eignungsgebieten und Abwärmelieferanten → Implementierung von großflächigen erneuerbaren Energieprojekten
Stadt Bühl	→ Umsetzung und Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans → Schaffung von personellen Kapazitäten für die Wärmewende → Erreichen einer zielgerechten Sanierungsquote für kommunale Liegenschaften → Aufbau und Weiterentwicklung von Wärmenetzen im Dialog mit Stadtwerken und Projektierern → Einführung und Ausbau von Förderprogrammen und Informationskampagnen → Öffentlichkeitsarbeit, Information zu KWP

Infobox - Handlungsmöglichkeiten der Kommune

Infobox: Kommunale Handlungsmöglichkeiten

Bauleitplanung bei Neubauten:
Verpflichtende energetische und versorgungstechnische Vorgaben für Neubauten (gem. § 9 Abs. 1 Nr. 12, 23b; § 11 Abs. 1 Nr. 4 und 5 BauGB).

Regulierung im Bestand:
Einführung von Verbrennungsverboten für fossile Energieträger in bestimmten Gebieten (Vorgabe von Emissionsschutznormen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB).

Anschluss- und Benutzungszwang:
Erlass einer Gemeindesatzung zur Festlegung eines Anschluss- und Benutzungszwangs für erneuerbare Wärmeversorgungssysteme.

Verlegung von Fernwärmeleitungen:
Abschluss von Gestattungsverträgen für die Verlegung von Fernwärmeleitungen im Gemeindegebiet.

Stadtplanung:
Spezielle Flächen für erneuerbare Wärme in Flächennutzungsplänen.

Stadtumbaumaßnahmen:
Einbindung von Klimaschutz und -anpassung in städtebauliche Erneuerungsprozesse.

Öffentlichkeits- und Bürgerbeteiligung:
Proaktive Informationskampagnen und Bürgerbeteiligungsformate zur Steigerung der Akzeptanz von Wärmewende-Maßnahmen.

Vorbildfunktion der Kommune:
Umsetzung von Best-Practice-Beispielen in öffentlichen Gebäuden.

Direkte Umsetzung bei kommunalen Stadtwerken oder Wohnbaugesellschaften:
Umgehende Umsetzung der Maßnahmen zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei kommunalen Stadtwerken oder Wohnbaugesellschaften.

8. Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie stellt einen systematischen Ansatz zur Dekarbonisierung des Wärmesektors dar. Die Wärmewendestrategie dient als Leitfaden für die Umsetzung nachhaltiger Wärmelösungen und legt den Grundstein für langfristige Entwicklungen. Ziel ist es, einen nahtlosen Übergang zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung sicherzustellen.

8.1 Wärmewendestrategie

In der Startphase sollte der Fokus auf der Erstellung von Umsetzungskonzepten der Nahwärme in den Neubaugebieten gelegt werden, sowie dem Ausbau der Nahwärme des bereits bestehenden Wärmenetzes, um auf Seiten der Bewohner so früh wie möglich Klarheit schaffen, ob, wann und in welcher Form mit einer Nahwärmeversorgung gerechnet werden kann. Hierzu müssen erneuerbare Wärmequellen mittels Machbarkeitsstudien bewertet werden. Anvisiert sind beispielsweise der Bau einer schwimmenden Photovoltaikanlage sowie der Bau neuer Windkraftanlagen. Des Weiteren soll die Aktivität bei der Sanierung von Bestandsgebäuden zunehmen. Ziel sollte sein, eine Sanierungsrate von mindestens 2 % pro Jahr zu erreichen.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in Bühl ist nicht nur von technischen Maßnahmen abhängig, sondern erfordert auch den Erhalt und die Stärkung geeigneter Strukturen in der Kommune. Mit den Stadtwerken Bühl verfügt die Stadt über einen kompetenten Akteur. Auch in der Kommune ist die Berücksichtigung personeller Kapazitäten für das Thema Wärmewende von Bedeutung, um kontinuierliche Expertise und administrative Kapazitäten sicherzustellen. Diese Personalressourcen werden nicht nur für die Umsetzung, sondern auch für die fortlaufende Überwachung und Optimierung der Maßnahmen hilfreich sein.

In der mittelfristigen Phase bis 2030 sollen der Bau von kalten Nahwärmenetzen in den Neubaugebieten und die Nachverdichtung und der Ausbau der Nahwärme in den definierten Wärmenetzeignungsgebieten fortgeführt werden. Parallel dazu soll die Umstellung des Einbaus von Wärmepumpen in den zukünftig dezentral versorgten Gebäuden vorangetrieben werden. Hierfür müssen vsl. ein Ausbau und eine Anpassung der Kapazitäten des Stromnetzes erfolgen.

Die langfristigen Ziele bis 2035 und 2040 sollten den Abschluss der Dekarbonisierung der Nahwärme und den Austausch aller noch verbleibenden fossilen Heizungssysteme zugunsten einer Wärmepumpe oder Biomasseheizung in den einzelversorgten Gebäuden umfassen. Bis 2040 sollte die jährliche Sanierungsquote von ca. 2 % im Mittel weiterhin eingehalten werden.

8.2 Finanzierung

Die erfolgreiche Umsetzung der Energie- und Wärmewende stellt eine erhebliche finanzielle Herausforderung dar, die eine koordinierte Anstrengung von öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren erfordert. Es ist unerlässlich, eine multifaktorielle Finanzierungsstrategie zu entwickeln, die mehrere Einkommensquellen und Finanzinstrumente berücksichtigt.

Öffentliche Finanzierung: Staatliche Förderprogramme, sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene, sind ein entscheidender Faktor der Finanzierungsstruktur. Diese Mittel könnten insbesondere für anfängliche Investitionen in Infrastruktur und Technologieeinführung entscheidend sein. Zudem wird empfohlen, einen festen Anteil des kommunalen Haushalts für die Wärmewende vorzusehen. Eine genaue Quantifizierung muss von den beschlossenen und geplanten Zielen der Kommune abhängen. Es ist hervorzuheben, dass Bühl bereits erhebliche Anstrengungen unternimmt und gute bestehende Strukturen aufweist.

Private Investitionen und PPP: Über die Einbindung von Privatunternehmen durch Public-Private-Partnerships (PPP) können finanzielle Ressourcen für Wärmeprojekte mobilisiert werden.

Darüber hinaus können spezialisierte Kreditprogramme von Banken und Finanzinstituten eine wichtige Rolle spielen.

Gebühren und Einnahmen: Eine strategische Preisgestaltung für Wärmeabgabe und Energieeinspar-Contracting hier v. a. durch die Stadtwerke können sowohl die Kosten decken als auch den Verbrauch regulieren.

8.3 Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende

Die Investition in eine erneuerbare Wärmeversorgung bietet Bühl nicht nur ökologische, sondern auch ökonomische Vorteile. Einer der entscheidenden Aspekte ist die Schaffung neuer Arbeitsplätze in unterschiedlichen Sektoren, von der Entwicklung bis zur Wartung erneuerbarer Wärmetechnologien. Diese Diversifizierung des Arbeitsmarktes belebt die regionale Wirtschaft und fördert gleichzeitig die lokale Wertschöpfung. Kapital, das in lokale erneuerbare Energieressourcen und Technologien investiert wird, bleibt innerhalb der Gemeinde und fördert die lokale Wirtschaft in einem breiten Spektrum. Die langfristigen Betriebskosten für erneuerbare Wärmequellen wie Solarthermie und Geothermie sind in der Regel niedriger als bei fossilen Brennstoffen. Da dies jedoch von vielen Faktoren abhängt, bleibt abzuwarten, ob dadurch signifikante finanzielle Entlastungen bei den Wärmeabnehmern möglich sein werden. Lokale Handwerksbetriebe und Zulieferer können von der gesteigerten Nachfrage nach Installations- und Wartungsdienstleistungen profitieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der potenzielle Anstieg der Steuereinnahmen durch die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Zudem kann die lokale Energieproduktion die Abhängigkeit von volatilen, globalen Energiemärkten reduzieren. Insgesamt sollte die Finanzierung der Wärmewende als eine Investition in die wirtschaftliche Vitalität und nachhaltige Zukunft der Gemeinde Bühl betrachtet werden.

8.4 Fördermöglichkeiten

Der folgende Abschnitt gibt eine Übersicht über grundsätzlich geeignete Fördermöglichkeiten für die Umsetzung von Maßnahmen als Bestandteile der Wärmewendestrategie. Aus aktuellem Anlass muss an dieser Stelle jedoch erwähnt werden, dass aufgrund des Urteils des Bundesverfassungsgerichts vom 15. November 2023 und der daraus folgenden haushaltswirtschaftlichen Sperre nach § 41 BHO für Verpflichtungsermächtigungen im Bundeshaushalt 2023 sowie im Sondervermögen Klima- und Transformationsfonds (KTF) die Annahme und Bewilligung von entsprechenden Anträgen aktuell teilweise pausiert ist. Die zukünftige Gestaltung dieser Förderprogramme ist zum aktuellen Zeitpunkt noch unklar.

Folgende Fördermöglichkeiten orientieren sich an den im Wärmeplan ausgewählten und beschriebenen Maßnahmen und werden zu deren Begleitung empfohlen:

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die **Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)** entwickelt, die Zuschüsse für Investitionen in Wärmenetze ermöglicht. Zielgruppen sind Energieversorgungsunternehmen, Kommunen, Stadtwerke und Vereine/Genossenschaften. Es soll die Dekarbonisierung der Wärme- und Kältenetze in Deutschland beschleunigen. Die Förderung konzentriert sich auf den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen (mindestens 75 %) an erneuerbaren Energien und Abwärme sowie den Ausbau und die Umgestaltung bestehender Netze. Das Förderprogramm ist in vier Module gegliedert, die im Folgenden beschrieben werden:

Gefördert werden im ersten Schritt (Modul 1) die Kosten für Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze und Transformationspläne für den Umbau bestehender Wärmenetzsysteme. Die Förderung beträgt bis zu 50 % der förderfähigen Ausgaben und ist auf 2 Mio. Euro pro Antrag begrenzt. Es gibt darüber hinaus Investitionszuschüsse von bis zu 40 % für Maßnahmen für den Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 % mit erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist werden, sowie für die Bestandsinfrastruktur von Wärmenetzen (Modul 2). Auch bei Bestandswärmetzen sind gewisse Einzelmaßnahmen (Modul 3) aus Solarthermieanlagen, Wärmepumpen, Biomassekessel, Wärmespeicher, Rohrleitungen für den Anschluss von EE-Erzeugern und Abwärme, sowie für die Erweiterung von Wärmenetze, und Wärmeübergabestationen, förderfähig. Des Weiteren besteht eine Betriebskostenförderung (Modul 4) für erneuerbare Wärmeerzeugung aus Solarthermieanlagen und strombetriebenen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen (BAFA, 2022).

Der **KfW-Zuschuss Energetische Stadtsanierung (Programmnummer 432) für Klimaschutz und -anpassung im Quartier** fördert Maßnahmen, die die Energieeffizienz im Quartier erhöhen. Zielgruppen sind kommunale Gebietskörperschaften und deren Eigenbetriebe. Es gibt einen Zuschuss in Höhe von 75 % der förderfähigen Kosten für die Erstellung integrierter Quartierskonzepte für energetische Sanierungsmaßnahmen und für ein Sanierungsmanagement, das die Planung und Umsetzung der in den Konzepten vorgesehenen Maßnahmen begleitet und koordiniert (KfW, 2023).

Im Hinblick auf das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird die **Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)** angepasst (BMWSB, 2023). Das BEG vereint verschiedene frühere Förderprogramme zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich. Das BEG fördert verschiedene Maßnahmen in den Bereichen Einzelmaßnahmen (BEG EM), Wohngebäude (BEG WG) und Nichtwohngebäude (BEG NWG). Im Rahmen der BEG EM werden Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Anlagentechnik, der Wärmeerzeugung, der Heizungsoptimierung, der Fachplanung und Baubegleitung gefördert. Die Fördersätze variieren je nach Maßnahme. Für den Heizungstausch gibt es Zuschüsse von bis zu 70 %, abhängig von der Art des Wärmeerzeugers und des Antragstellers (BAFA, 2023). Für Bürger, die sich über die verschiedenen Fördermöglichkeiten im Bereich der Energieeffizienz und erneuerbaren Energien informieren möchten, stellt

das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) eine zentrale Informations- und Antragsstelle dar (BAFA, 2022). Hier können sowohl allgemeine Informationen als auch spezifische Details zu einzelnen Förderprogrammen und Antragsverfahren eingeholt werden.

9. Fazit

Die kommunale Wärmeplanung in Bühl ist ein wichtiger Schritt zur nachhaltigen Energieversorgung der Stadt. Der Wärmeplan unterstützt die Stadt, die Stadtwerke Bühl sowie die Bürgerschaft bei der langfristigen Planung der Wärmeversorgung.

Die Analyse des Bestands in Bühl zeigt einen großen Handlungsbedarf auf. So beträgt der Anteil fossiler Energieträger in der Wärmeversorgung heute etwa 75 %, mit Erdgas als dominierendem Energieträger. Diese fossile Versorgung gilt es zu dekarbonisieren. Dem Wohnsektor kommt hier eine Schlüsselrolle zu, da dieser für ca. 60 % der Emissionen verantwortlich ist. Sanierung, Energieberatung und der Ausbau der Wärmenetzinfrastruktur sind hier wesentliche Komponenten zum Gelingen der Wärmewende.

Bühl hat sich in den vergangenen Jahren eine erste Basis in Bezug auf die Wärmenetzinfrastruktur erarbeitet. Momentan werden 3,4 % der Heizenergie für Gebäude über Wärmenetze bereitgestellt. Diesen Anteil gilt es zu erhöhen und die Netze mit erneuerbaren Wärmequellen zu versorgen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden zahlreiche thermische Potenziale für die Integration erneuerbarer Energien ins Wärmenetz identifiziert. Diese gilt es nun weiter zu untersuchen, um die Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit festzustellen.

Es wurde gezeigt, dass Wärmepumpen bereits heute ein großes Potenzial besitzen und in Zukunft ca. 70 % der Heizsysteme ausmachen können. Eine Untersuchung der technischen Potenziale zeigt zudem, dass auf Gebäudedächern und Freiflächen jährlich theoretisch mehr als 2.000 GWh Strom produziert werden könnten. Dieses Potenzial kann zusätzlich um Stromerzeugung durch Windkraft ergänzt werden. Zudem steht im Gemeindegebiet Holz als nachwachsender Rohstoff potenziell zur Verfügung. Sollte es gelingen, zukünftig die Tiefengeothermie zu nutzen, würde dies die Versorgungslage der Strom- und Wärmeversorgung in Bühl stark verändern, es wäre dann eine Anpassung der aktuellen Planung nötig.

Die vollständige Erschließung aller im Bericht dargestellten technischen Potenziale auf Bühler Gemarkung wird jedoch nicht möglich sein. Insbesondere die realisierbaren Potenziale auf Freiflächen (landwirtschaftliche Flächen) werden durch Nutzungskonkurrenz, die hohe Qualität der Böden, soziale Akzeptanz sowie Natur- und Artenschutzbelange eingeschränkt. Aufgrund von nachhaltiger Bewirtschaftung der Bühler Waldflächen ist das lokale Potenzial an Brennholz ebenfalls beschränkt.

Wärmenetze werden zukünftig in den Neubaugebieten eine wichtige Rolle spielen, gesamtstädtisch gesehen allerdings nur einen geringen Teil der Wärmeversorgung stellen. Im Rahmen des Projekts wurden Gebiete identifiziert, die sich für Wärmenetze eignen (Eignungsgebiete) und für die nun Umsetzungskonzepte erarbeitet werden. Hierbei ist die Verfügbarkeit von Flächen für die Wärmegewinnung sicherzustellen. Für die Dekarbonisierung des bestehenden Wärmenetzes und dessen geplanten Ausbau könnten auch außerhalb des Gemeindegebiets liegende Quellen für Biogas und Biomethan in Betracht gezogen werden. Darüber hinaus ist sowohl der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen als auch die Errichtung von Heizzentralen mit hohen Investitionen verbunden. Die nötigen finanziellen Mittel müssen bereitgestellt werden.

Während in den identifizierten Eignungsgebieten zukünftig die Wärmenetzinfrastruktur aufgebaut wird, wird in den verbleibenden Bereichen auf eine effiziente Einzelversorgung durch Wärmepumpen, PV und Biomasseheizungen gesetzt. Wasserstoff wird nach aktuellem Wissensstand zunächst nicht für Heizsysteme in Gebäuden zur Verfügung stehen. In der Fortschreibung des Wärmeplans soll auf technologische Entwicklungen und die mögliche Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff in der Zukunft eingegangen werden.

Die während des Projekts erarbeiteten sechs konkreten Maßnahmen bieten einen ersten Schritt hin zur

Transformation der Wärmeversorgung. Dabei sind, neben dem Neu- und Ausbau von Wärmenetzen, die Erschließung regenerativer Energiequellen von zentraler Bedeutung.

Die Energiewende ist für alle mit einem erheblichen Investitionsbedarf verbunden. Fossile Versorgungsoptionen sind allerdings mit einem zunehmenden Preis- und Versorgungsrisiko verbunden, während erneuerbare Energien lokale Wertschöpfung und Preisstabilität bedeuten.

Es ist daher von wesentlicher Bedeutung, alle verfügbaren Akteure und Finanzierungsmöglichkeiten zu nutzen sowie intelligente Finanzierungskonzepte zu entwickeln. Bürgerbeteiligungen in Form von Genossenschaften sollen eine zentrale Rolle spielen. Dies wird dazu beitragen, das Bewusstsein und die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger für die Wärme- und Energiewende zu erhöhen und die Stadt Bühl in eine nachhaltigere und energieeffizientere Zukunft zu führen.

Es ist klar, dass die kommunale Wärmewende ein Kraftakt wird, der die Anstrengungen aller Akteure fordert. Bühl befindet sich hier in einer guten Position, da sowohl Stadtwerke als auch politische Akteure die Herausforderung der Wärmewende erkannt haben und aktiv an der Lösung arbeiten. Auf kommunaler Ebene ist jedoch nicht alles steuerbar, sodass aktuelle sowie noch zukünftige Bundes- und Landesziele und Gesetzesänderungen einen großen Einfluss auf die Umsetzung der Wärmewende haben können. Die Umsetzung der sechs identifizierten Maßnahmen ist jedoch ein wichtiger Anfang für die städtische Wärmewende.

Gelingt dieser Kraftakt, so wird die Wärmewende einen großen Beitrag zu einer nachhaltigeren Zukunft ebnen und auch die lokale Wertschöpfung und den Standort Bühl stärken.

Literaturverzeichnis

BAFA. (2022). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. BAFA.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html

BAFA. (2023). *Förderprogramm im Überblick*. BAFA.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html

BMWK. (2023). *Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Gebäudeenergiegesetz (GEG)*. Energiewechsel.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Navigation/DE/Service/FAQ/GEG/faq-geg.html

BMWK. (2023). *Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. BMWK.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/entwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes.pdf?__blob=publicationFile&v=8

BMWSB. (2023). *Bundesregierung einigt sich auf neues Förderkonzept für erneuerbares Heizen*. BMWSB.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/04/geg-foerderkonzept.html

BMWSB. (2023). *Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG)*. BMWSB.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf;jsessionid=AD290818DAE9254DBAF11EC268661C84.1_cid505?__blob=publicationFile&v=3

BMWSB. (2023). *Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG)*. Energiewechsel.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf;jsessionid=AD290818DAE9254DBAF11EC268661C84.1_cid505?__blob=publicationFile&v=3

dena. (2016). *Der dena-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.* Deutsche Energie-Agentur dena.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/8162_dena-Gebaeudereport.pdf

IWU. (2012). *„TABULA" – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern*. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.iwu.de/index.php?id=205

KEA. (2020). *Leitfaden Kommunale Wärmeplanung*. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-02_2021.pdf

KEA. (2022). *Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung | Wärmewende*. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikkatalog

KfW. (2023). *Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (432)*. KfW.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/

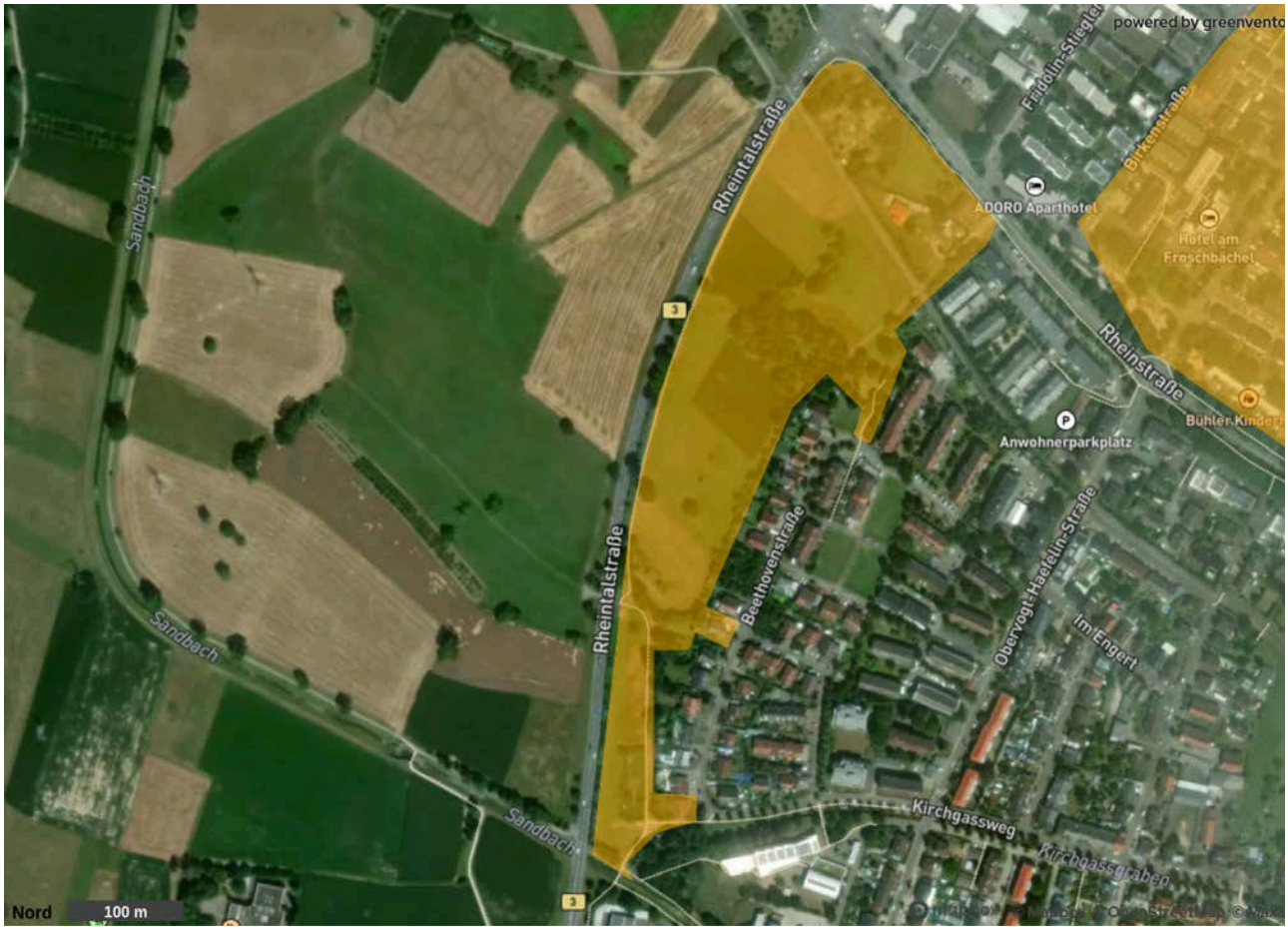
Umweltbundesamt. (2023). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick

Anhang 1: Übersicht der Eignungsgebiete für Wärmenetze

Die Eignungsgebiete stellen Bereiche dar, in denen die Eignung für den Ausbau oder die Implementierung von Wärmenetzen als vorstellbar eingestuft wird. Diese vorstellbare Eignung impliziert allerdings nicht die nachgewiesene Machbarkeit, diese muss in weiteren Untersuchungen geprüft werden.
Im Rahmen des kommunalen Wärmeplans wurden insgesamt 4 Eignungsgebiete identifiziert, die im Folgenden detailliert vorgestellt werden.

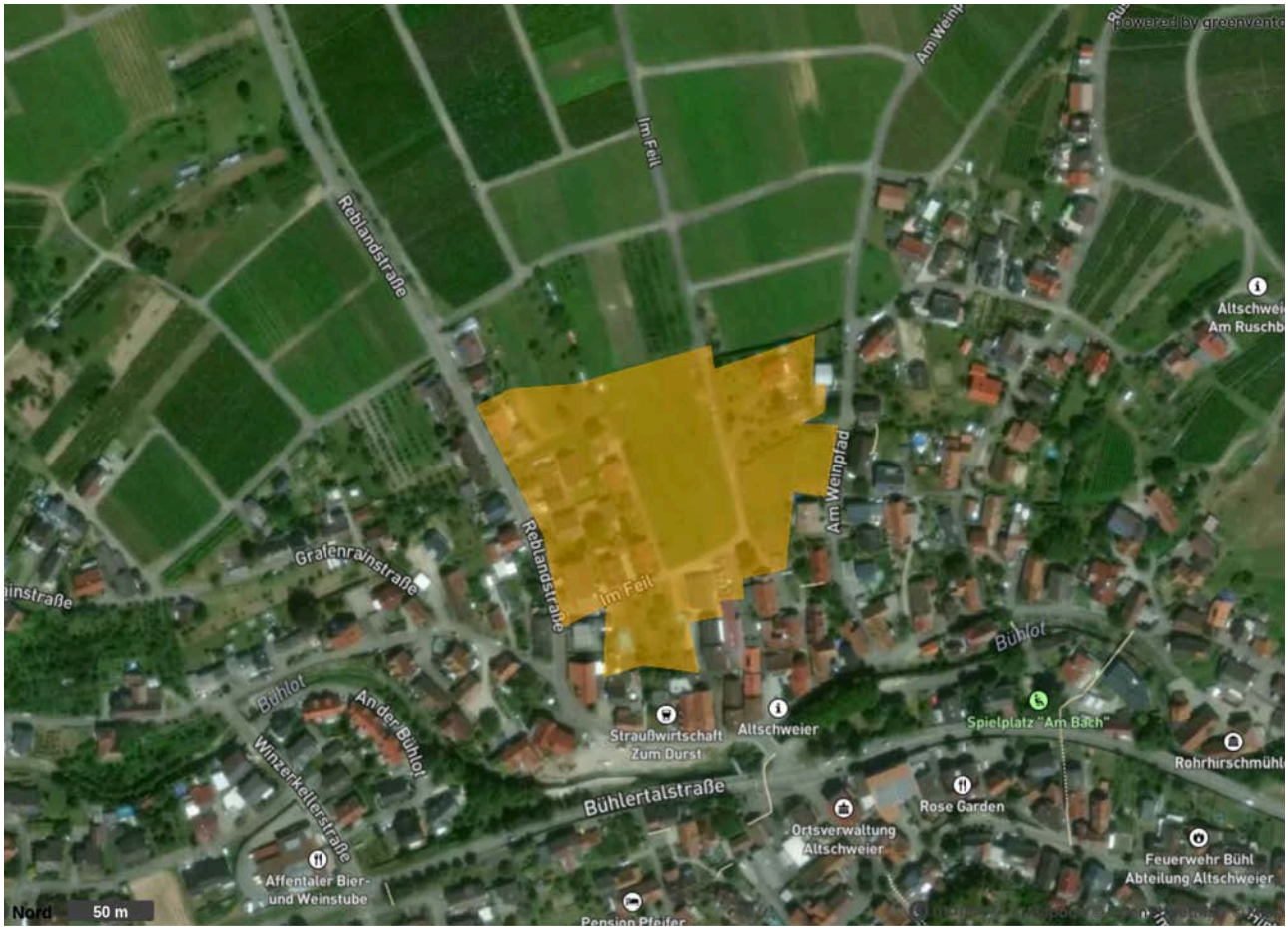
Abbildung 37: Eignungsgebiete für neue Wärmenetze in Bühl

Eignungsgebiet "Kirchgassgraben"



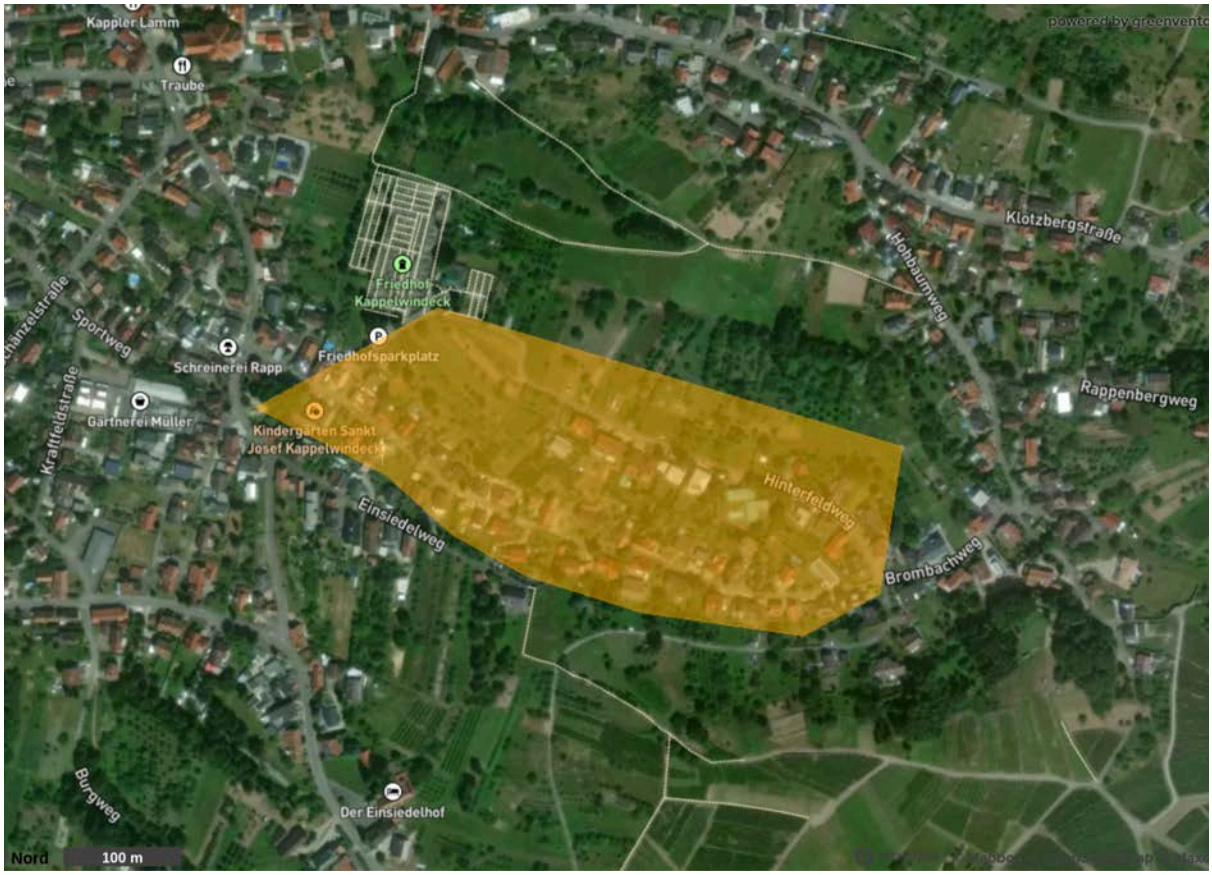
Wärmebedarf geplante Neubauten	**Abhängig von der Anzahl der zukünftigen Wohneinheiten. Aktuell noch in Klärung.**
Anzahl Gebäude gesamt (Stand 2023)	**Anzahl der zukünftigen Wohneinheiten aktuell noch in Klärung**
Durchschnittliches Anlagenalter der Heizungen (Stand: 2023)	**-**
Verknüpfte Maßnahme	**1**

Eignungsgebiet “Im Feil”



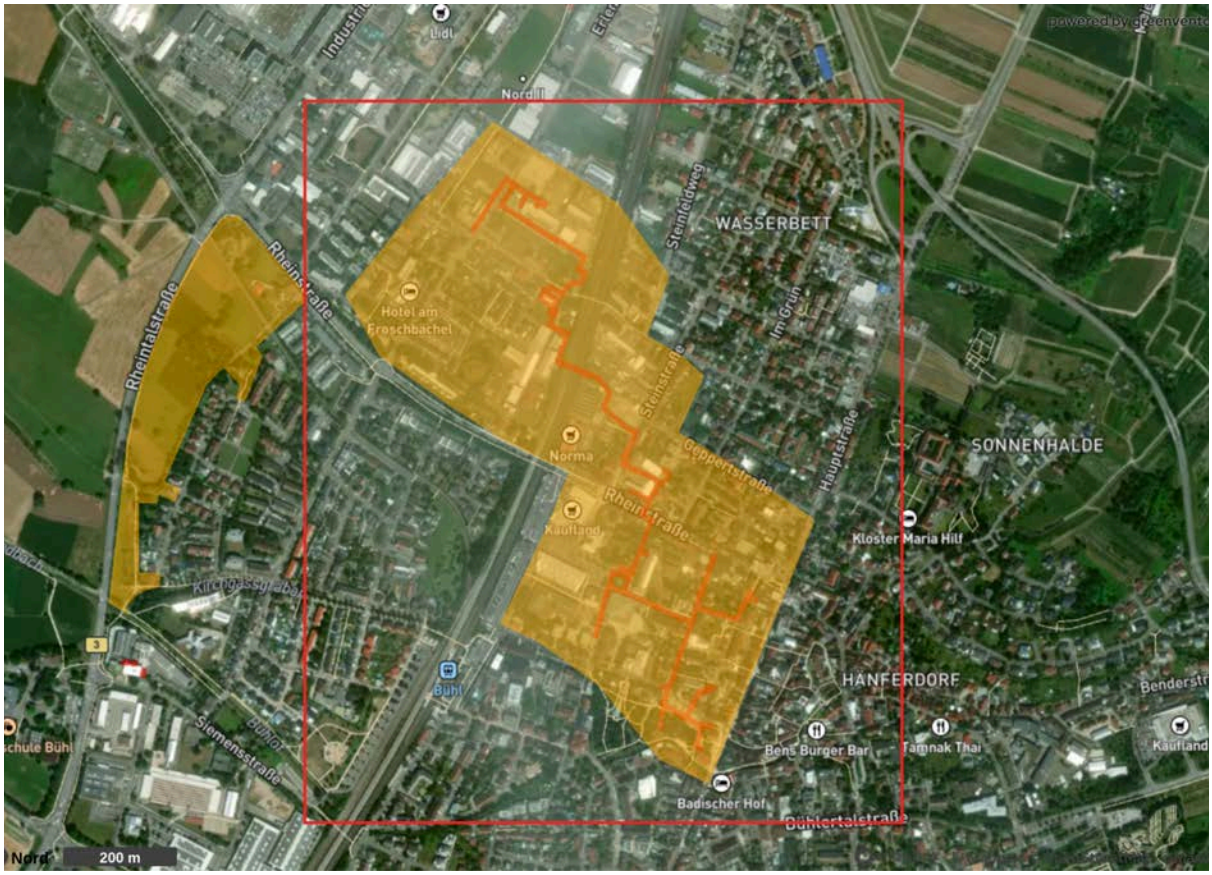
Wärmebedarf Bestands- und geplante Neubaubauten	**0,3 GWh/a**
Anzahl Gebäude gesamt (Stand 2023)	**14**
Durchschnittliches Anlagenalter der Heizungen (Stand: 2023)	**15 Jahre**
Verknüpfte Maßnahme	**2**

Eignungsgebiet "Hinterfeldweg"



Wärmebedarf Bestands- und geplante Neubaubauten	**1,6 GWh/a**
Anzahl Gebäude gesamt (Stand 2023)	**57**
Durchschnittliches Anlagenalter der Heizungen (Stand: 2023)	**20 Jahre**
Verknüpfte Maßnahme	**3**

Eignungsgebiet "Ausbaugebiet Innenstadt"



Wärmebedarf gesamtes Gebiet (Stand 2023)	**18,5 GWh/a**
Anzahl Gebäude gesamt (Stand 2023)	**386**
Durchschnittliches Anlagenalter der Heizungen (Stand 2023)	**18 Jahre**
Verknüpfte Maßnahme	**-**

Anhang 2: Übersicht der Maßnahmen

Der Kern des Wärmeplans bildet die Identifizierung von Maßnahmen, die den Einstieg in die Transformation zum angestrebten Zielszenario markieren. Gemäß § 27 Abs. 2 KlimaG BW sind mindestens fünf Maßnahmen im Wärmeplan zu nennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll. Diese können sowohl "harte" Maßnahmen mit messbarer CO_2-Einsparung als auch "weiche" Maßnahmen, etwa in der Öffentlichkeitsarbeit, sein. Für die Auswahl der quantitativen Maßnahmen dienten die Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse als Grundlage. In Kombination mit dem Fachwissen der Stadtwerke Bühl und greenventory, sowie der lokalen Expertise der Stadt, wurde der Handlungsspielraum so eingegrenzt, dass sechs zielführende Maßnahmen ausgewählt werden konnten. Im folgenden Anhang werden die einzelnen Maßnahmen vorgestellt und genauer erläutert. Zu jeder Maßnahme werden eine geographische Verortung vorgenommen sowie die wichtigsten Kennzahlen ausgewiesen. Die Maßnahmen stellen erste, wichtige und konkrete Schritte hin zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung dar.

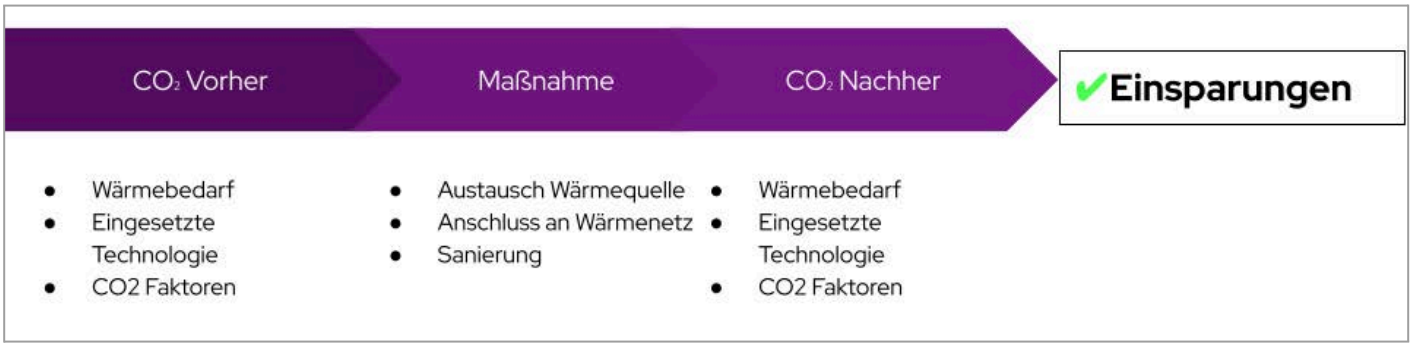


Abbildung 38: Vorgehen bei der Berechnung der Treibhausgaseinsparungen

Zur Berechnung von Treibhausgaseinsparungen wird zunächst der initiale Wärmebedarf erfasst und mit den zugehörigen Technologien und CO_2-Faktoren verknüpft ("CO_2: Vorher"). Im Rahmen einer Maßnahme erfolgen Änderungen wie der Austausch der Wärmequelle, der Anschluss an ein Wärmenetz oder Sanierungen. Nach Umsetzung der Maßnahme wird der neue Wärmebedarf zusammen mit den aktualisierten Technologien und den zugehörigen CO_2-Faktoren bestimmt ("CO_2: Nachher"). Die Differenz zwischen den CO_2-Werten vor und nach der Maßnahme ergibt das Treibhausgaseinsparpotenzial.

Basierend auf den eingesetzten Energieträgern für die lokale Wärmeerzeugung außerhalb der Wärmenetze (Einzelversorgung) und den zugehörigen CO_2-Faktoren (siehe Tabelle 2) wurde der lokale CO_2-Faktor für Wärme mit 0,224 CO_2/MWh berechnet.

Für das bestehende Wärmenetz wird der CO_2-Faktor für Wärmenetze mit erneuerbarem Brennstoff angesetzt.

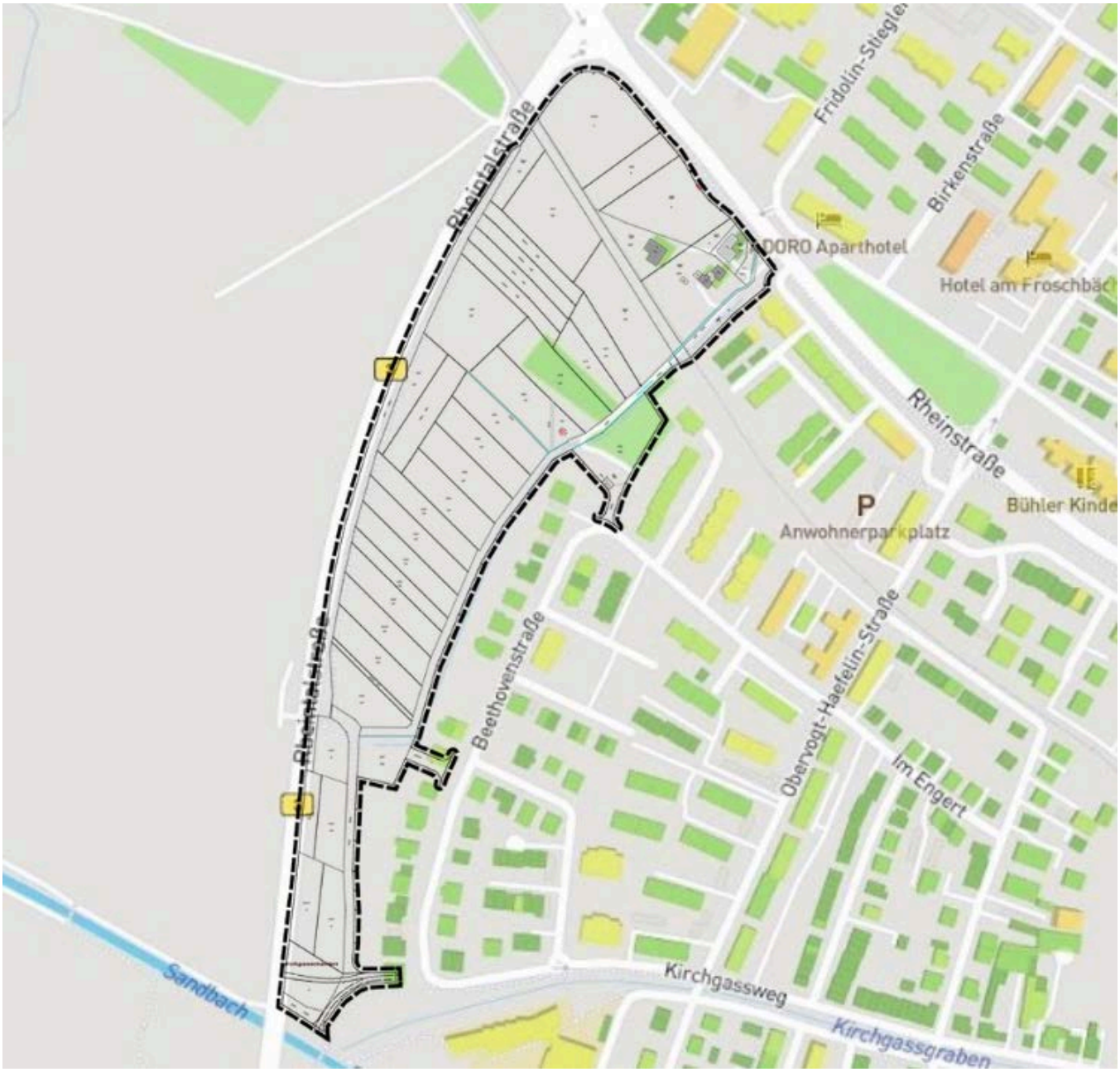
Bei der Erschließung von neuen Wärmequellen für Wärmenetze (Flusswärme, Abwärme Klärwerk sowie Solarthermie-Freifläche) werden 12,5 % Netzverluste zu Grunde gelegt. Das heißt, dass 87,5 % des Potenzials als Endenergie am Hausanschlusspunkt zur Verfügung stehen.

In den Maßnahmensteckbriefen werden, wo es aktuell bereits möglich ist, die geschätzten Kosten für die Maßnahmenumsetzung angegeben. Vor Beginn der Maßnahmen sollte jeweils geprüft werden, ob Fördermittel zur Verfügung stehen. Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetz (BEW) wird der Wärmenetzausbau und Machbarkeitsstudien gefördert.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren für die Schlüsseltechnologien der Maßnahmen (KEA-BW, 2023)

	Erläuterung	**CO_2-Faktor (t/MWh)**
Wärmeversorgung Bestand	Gas, Öl, Biomasse basierend auf Bestandsanalyse	0,214
Wärmeversorgung Neubau und nach Sanierung	65% Erneuerbar (Wärmepumpe), 35% Gas	0,1044
Wärmenetz erneuerbarer Brennstoff	Annahme für Bestandsnetz (inkl. Kompensation)	0,06
Abwärme Industrie + Wärmepumpe + Wärmenetz	Abwärme aus Prozessen	0,04
Abwärme Klärwerk + Wärmepumpe + Wärmenetz	Klärwerksabwärme	0,029
Umweltwärme + Wärmepumpe + Wärmenetz	Erdwärmesondenfeld, Kalte Nahwärme (+Quelle)	0,029
Freiflächen-Solarthermie + Wärmenetz + ggf. Speicher	FF-Solarthermie	0,013
Eingesparte Wärme	Sanierung	0
Strommix Deutschland	Emissionen der aktuellen Stromerzeugung	0,438
Windkraft		0

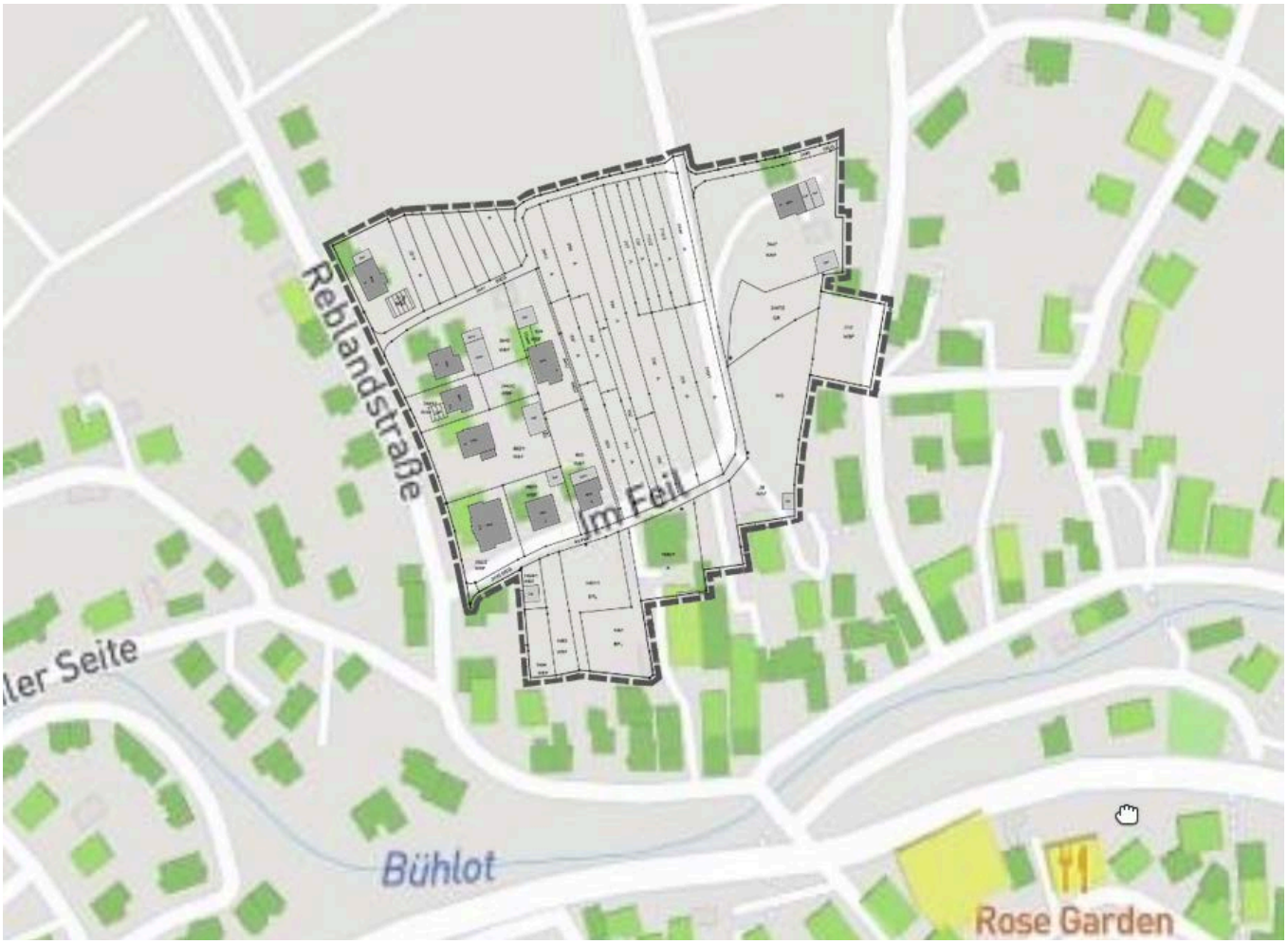
Maßnahme 1: Energiekonzept „Kirchgassgraben“



Maßnahme Typ	Planung & Studie | Wärmenetz
Flächen/Ort	Das ca. 7,9 ha große Plangebiet östlich der B3 und südlich der Rheinstraße. Davon fallen ca. 6 ha auf ein Wohngebiet.
Beschreibung der Maßnahme	Den Aufstellungsbeschluss zum Bebauungsplan „Kirchgassgraben“ fasste der Gemeinderat im Jahr 2020. Mit ca. 7,9 ha ist der Kirchgassgraben das größte

	Neubaugebiet, welches sich derzeit im Bebauungsplanverfahren befindet. Bevor das Gebiet erschlossen werden kann und Bauplätze ab 2027/2028 vermarktet werden, soll ein grundsätzliches Energiekonzept erarbeitet werden, welches: • die „blaue“ und „grüne“ Infrastruktur berücksichtigt • das Neubaugebiet als „Smart City“ ausrichtet • das Schwammstadt-Prinzip ermöglicht Hierbei können folgende Technologien zum Einsatz kommen: Bidirektionales Kalt-Wärme-Netz, Eisspeicher, Wärmepumpen in den Gebäuden, Bereitstellung der erforderlichen elektrischen Energie durch PV-Anlagen
Verantwortlicher Akteur	Stadt Bühl, Stadtwerke Bühl
Prognostizierter Wärmebedarf	2 GWh/a
Substituierte Technologie	Konventionelle Wärmeerzeugung im Einzelgebäude (Bestand)
Eingesetzte Technologie	Umweltwärme + Wärmepumpe + Wärmenetz
Geschätzte Kosten	3 – 5 Mio. €
Priorität	hoch
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 5 Jahren

Maßnahme 2: Energiekonzept „Im Feil“



Maßnahme Typ	Planung & Studie | Wärmenetz
Flächen/Ort	Das 2,3 ha große Baugebiet im Ortsteil Altschweier nördlich der Bühlot
Beschreibung der Maßnahme	Für das Baugebiet „Im Feil“ solle laut aktuellem Sachstand für ca. 19 Einfamilienhäuser (entspricht zwischen 19 WE und 38 WE) und 2 Doppelhäuser bzw. 4 Doppelhaushälften (entspricht 4 WE), die sich in das umgebende Siedlungsgebiet einbetten, ein Energiekonzept erarbeitet werden. Hierbei können folgende Technologien zum Einsatz kommen: Bidirektionales Kalt-Wärme-Netz, Eisspeicher, Wärmepumpen in den Gebäuden, Bereitstellung der erforderlichen elektrischen Energie durch PV-Anlagen.
Verantwortlicher Akteur	Stadt Bühl, Stadtwerke Bühl

Prognostizierter Wärmebedarf	0,3 GWh/a
Substituierte Technologie	Konventionelle Wärmeerzeugung im Einzelgebäude (Bestand)
Eingesetzte Technologie	Umweltwärme + Wärmepumpe + Wärmenetz
Anmerkungen	Stand 31.12.2023: Satzungsbeschluss Ende 2025, Erschließung des Baugebiets 2026 Vermarktung der Grundstücke ca. ab 2027
Geschätzte Kosten	400.000 €
Priorität	**mittel**
Umsetzungsbeginn	**Spätestens 2025**

Maßnahme 3: Energiekonzept „Hinterfeldweg“

Maßnahme Typ	Planung & Studie | Wärmenetz
Flächen/Ort	Das 2,3 ha große Baugebiet Hinterfeldweg Bühl Kappelwindeck
Beschreibung der Maßnahme	Mit dem ca. 2,3 ha großen Plangebiet „Hinterfeldweg“ wird das bestehende Wohngebiet „Hohbosch-Langacker-Brombach-Satz“ in westlicher Richtung bis zum Friedhof fortgeführt. Erschlossen wird das Gebiet vom Brombachweg aus über den Hinterfeldweg. Die Bebauung orientiert sich an der Bestandsbebauung in offener Bauweise mit ca. 18 Einfamilien- und ca. 5 Doppelhäusern bzw. 10 Doppelhaushälften. Dies entspricht in Summe etwa 28 bis 46 Wohneinheiten. Ein Energiekonzept bietet sich hier insbesondere im Zusammenhang mit den umliegenden Bestandsgebäuden an. Hierbei können folgende Technologien zum Einsatz kommen: Bidirektionales Kalt-Wärme-Netz, Eisspeicher, Wärmepumpen in den Gebäuden, Bereitstellung der erforderlichen elektrischen Energie durch PV-Anlagen.
Verantwortlicher Akteur	Stadt Bühl, Stadtwerke Bühl

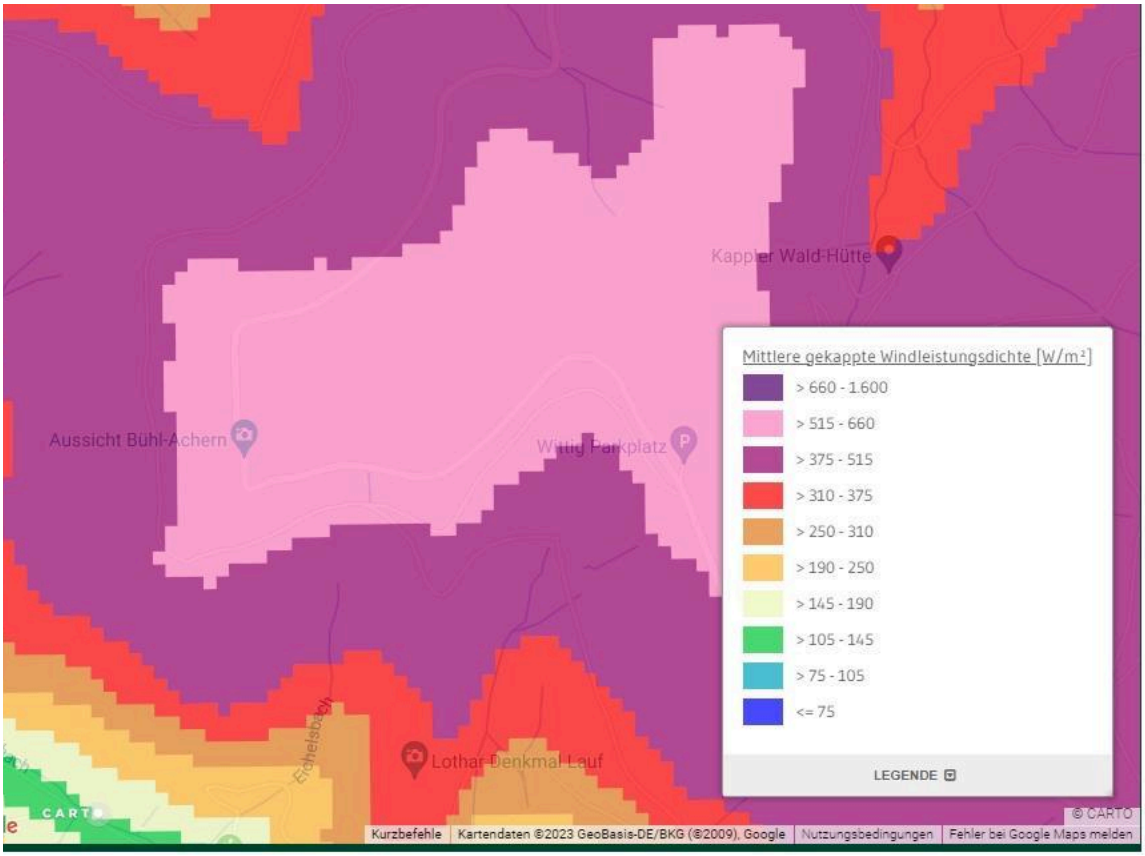
Prognostizierter Wärmebedarf	0,1 GWh/a
Substituierte Technologie	Konventionelle Wärmeerzeugung im Einzelgebäude (Bestand)
Eingesetzte Technologie	Umweltwärme + Wärmepumpe + Wärmenetz
Anmerkungen	Planungsstand 2023: Satzungsbeschluss zu Ende 2025, Erschließung 2026, Vermarktung der Grundstücke ca. ab 2027
Geschätzte Kosten	400.000 €
Priorität	**mittel**
Umsetzungsbeginn	**Spätestens 2024**

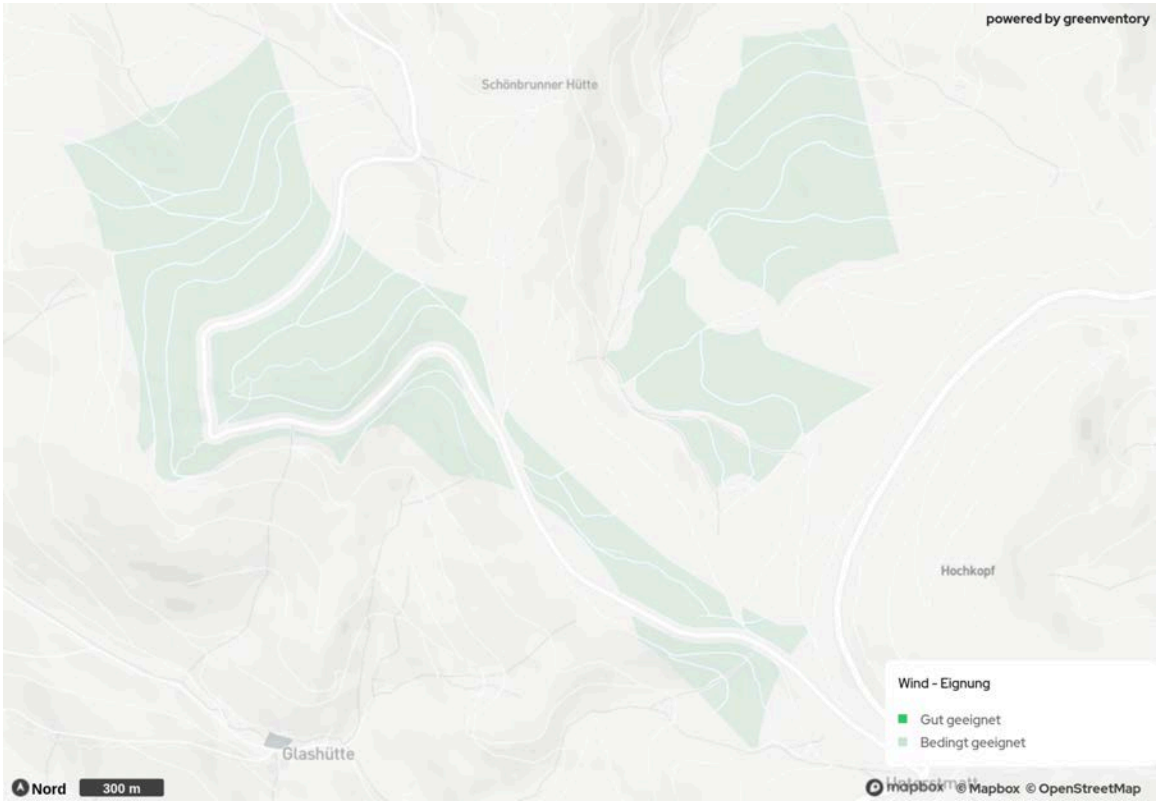
Maßnahme 4: Wärmekonzept mit der Wohnungseigentümergenossenschaft „Birkenstraße“

Maßnahme Typ	Planung & Studie | Baumaßnahme | Wärmenetz
Flächen/Ort	66 Geschosswohnungen im Gewerbegebiet Nord 2
Beschreibung der Maßnahme	Ein Wärmekonzept mit der Wohnungseigentümergenossenschaft “Birkenstraße”, mit dem Ziel der deutlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen im Brauchwärmebereich, soll durchgeführt werden. Erste Gespräche zwischen den Stadtwerken und der Wohnungseigentümergenossenschaft, bestehend aus 66 Wohnungseigentümern, haben bereits stattgefunden. Aktuelle Überlegungen zum Inhalt des Konzepts sind eine Erweiterung des bestehenden Nahwärmenetzes sowie die Abwärmenutzung durch umliegende Industrien. Ein Wärmekonzept bietet sich hier insbesondere mit Blick auf die umliegenden Bestandsgebäude an.
Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Bühl
Substituierte Technologie	Wärmeversorgung Bestand
Eingesetzte Technologie	Wärmenetz erneuerbarer Brennstoff

Geschätzte Kosten	700.000€
Priorität	hoch
Umsetzungsbeginn	Bereits begonnen

Maßnahme 5: Windkraftnutzung „Omerskopf“





Maßnahme Typ	Planung & Studie | Windkraft
Flächen/Ort	Omerskopf, Gemarkung Bühl
Beschreibung der Maßnahme	4 Windkraftanlagen mit einer Nabenhöhe von 160m und einer Leistung von 4,2 MW sollen auf dem Omerskopf gebaut werden. Die Stadtwerke Bühl sind diesbezüglich bereits mit dem E-Werk Mittelbaden im Gespräch. Der Windenergie bieten sich in Baden-Württemberg zukünftig weiterhin gute Ausbaumöglichkeiten. Windenergie trägt erheblich zur Reduzierung von Treibhausgasen bei, weshalb dem Ausbau der Windkraft im Rahmen der Wärme- und Energiewende eine große Bedeutung zufällt. *Der Windatlas wurde im Mai 2019 durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft veröffentlicht und ersetzt den Windatlas aus dem Jahr 2011.* Bei der Finanzierung des Projekts sollen die Bürgerinnen und Bürger im Rahmen einer Genossenschaft mit eingebunden werden. Durch ein verkürztes Genehmigungsverfahren kann bereits binnen 5 Jahren mit einer Realisierung des Projekts gerechnet werden.
Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Bühl, E-Werk Mittelbaden
Substituierte Technologie	Strommix Deutschland

Eingesetzte Technologie	Windkraft
Jährliches Treibhausgaseinsparpotenzial	ca. 22.000 tCO_2/a
Anmerkung	Die Treibhausgaseinsparung bezieht sich auf den jährlichen Ertrag von 4 Windkraftturbinen mit ca. 3.000 erwarteten Volllaststunden pro Jahr. Die Höhe der Treibhausgaseinsparung ergibt sich aus den Emissionen, die die Erzeugung dieser Strommenge unter der Annahme des aktuellen Bundesstrommixes verursachen würde.
Geschätzte Kosten	ca. 35 - 40 Mio. €
Priorität	hoch
Umsetzungsbeginn	Spätestens 2025

Maßnahme 6: Schwimmende PV-Anlage „Baggersee Weitenung“

Maßnahme Typ	Planung & Studie | Photovoltaik
Flächen/Ort	Baggersee Weitenung, Gemarkung Bühl
Beschreibung der Maßnahme	Einen Teil der großen technischen Potenziale der Photovoltaik zu nutzen ist ein wichtiger Pfeiler der Energie- und Wärmewende in Bühl. Der Bau einer schwimmenden Photovoltaikanlage (“Floating PV”) auf dem Baggersee Weitenung soll hierbei einen Beitrag leisten. Aktuelle Planungen beziehen sich auf eine Anlage der Größe von maximal 15 % der Seefläche, mit einer maximalen Leistung von 3,5 MW. Derzeit untersuchen die Stadtwerke Bühl, wie sich der Anschluss einer solchen Anlage auf das lokale Stromnetz auswirken würde. Möglicherweise muss dem Bau der Photovoltaikanlage der Ausbau des Stromnetzes vorgeschaltet werden. Bei der Finanzierung des Projekts sollen die Bürgerinnen und Bürger im Rahmen einer Genossenschaft mit eingebunden werden.
Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Bühl
Nutzbarer Strom	3,8 GWh/a

Substituierte Technologie	Strommix Deutschland
Eingesetzte Technologie	Photovoltaik
Jährliches Treibhausgaseinsparpotenzial	1.665 tCO_2/a
Anmerkung	Die Treibhausgaseinsparung bezieht sich auf den jährlichen Ertrag der geplanten PV-Anlage. Die Höhe der Treibhausgaseinsparung ergibt sich aus den Emissionen, die die Erzeugung dieser Strommenge unter der Annahme des aktuellen Bundesstrommixes verursachen würde.
Geschätzte Kosten	Ca. 5 Mio. €
Priorität	hoch
Umsetzungsbeginn	Spätestens 2025

Anhang 3: Methodik zur Bestimmung der technischen Potenziale zur Energiegewinnung

Die Methodik zur Bestimmung der erfassten Potenziale zur Energiegewinnung beruht auf der SaaS-Lösung von greenventory, die eine integrierte und sektorübergreifende Energieplanung ermöglicht. Diese Plattform nutzt fortschrittliche KI-Algorithmen für die digitale Inventarisierung des Energiesystems auf Gebäudeebene und moderne Simulationsverfahren zur Ermittlung repräsentativer Last- und Erzeugungsprofile. m Folgenden werden die Methoden für die einzelnen Potenziale genauer erläutert.

1. Windkraft

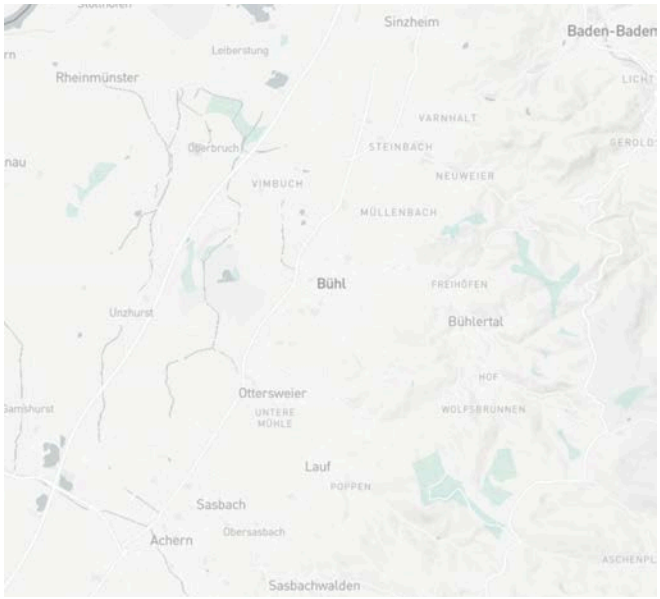


Abbildung 39: Standortpotenzial für Windenergieanlagen

Windkraftanlagen machen sich die Strömungen des Windes zunutze, welche die Rotorblätter in Bewegung setzen. Mittels eines Generators erzeugen diese aus der Bewegungsenergie elektrischen Strom, der anschließend ins Netz eingespeist wird. Windkraftanlagen sind heute mit Abstand die wichtigste Form der Windenergienutzung. Die mit großem Abstand dominierende Bauform ist der dreiblättrige Auftriebsläufer mit horizontaler Achse. Für diese Bauart wurden die flächenspezifischen Potenziale ermittelt.

Gebietsbestimmung: Zur Bestimmung der Potenzialflächen werden diejenigen Gebiete herausgefiltert bzw. abgestuft ausgewiesen, die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von Windkraftanlagen nicht genügen oder gesonderter Prüfung bedürfen (bedingte Eignung). Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden jene Gebiete herausgefiltert, die als Naturschutzgebiete gelten oder unter die Abstandsregeln fallen. Die in diesem Zuge ausgeschlossenen (oder als gesondert zu prüfenden) Gebiete lassen sich unterteilen in Siedlungsflächen und den dazugehörigen aktuellen rechtlichen Abständen, Naturschutzgebieten und Gebieten mit baulicher Infrastruktur (Straßen, Flughäfen, etc.) mit den entsprechenden gesetzlich vorgeschriebenen Abständen. Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von 1900 Volllaststunden jährlich für potenzielle Turbinen.

Potenzialberechnung: Auf Basis von Klimadaten und der Oberflächenbeschaffenheit der betrachteten Gebiete werden die Windverhältnisse in unterschiedlichen Höhen berechnet.

Auf den ermittelten Potenzialgebieten werden unter Berücksichtigung bereits existierender Windkraftanlagen, Turbinen platziert und zu Windparks zusammengefasst. Hierbei wird aus einer Vielzahl am Markt erhältlichen Anlagentypen jeweils das für den Standort mit seinen lokalen Windverhältnissen am besten geeignete Modell gewählt (z. B. Stark- / Schwachwindanlage, charakterisiert nach

Leistungskurve). Inzwischen kommen Turbinen mit mehr als 6,0 MW Nennleistung und 160 m Rotordurchmesser zum Einsatz.

Mit der zeitlich aufgelösten Windgeschwindigkeit und den technischen Parametern der Anlagen wird das zeitliche Profil der Stromerzeugung pro Anlage und ein jährlicher Energieertrag berechnet.

Wirtschaftliche Eingrenzung: Im Anschluss erfolgt eine wirtschaftliche Bewertung der berechneten Potenziale. Zusätzlich zu den Erträgen werden auch die Kosten möglicher Windparks berechnet. Diese beinhalten Investitionen für die Turbinen, den Netzanschluss, die Wartung und den Betrieb der Anlagen. Diese Kosten werden der voraussichtlichen Stromerzeugung gegenübergestellt, um die Stromgestehungskosten [€/kWh] zu ermitteln. Diese können dann für die Maßnahmenempfehlung genutzt werden.

Zur besseren Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit werden außerdem alle existierenden und potentiellen Turbinen herausgefiltert, die weniger als 1.900 Volllaststunden pro Jahr erzielen.

2. Biomasse

Zur energetischen Nutzung von Biomasse können die Stoffe entweder direkt verbrannt oder zuvor mittels anaerober Vergärung in Biogas umgewandelt werden. Die energetische Nutzung kann vollständig der Wärmebereitstellung dienen oder auch zur Stromerzeugung genutzt werden.

Gebietsbestimmung: Für die Bestimmung der für Biomassenutzung geeigneten Gebiete werden sämtliche Naturschutzgebiete ausgeschlossen. Anschließend werden folgende Gebiete mit den jeweiligen Substraten als geeignete Gebiete für die anschließende Potenzialberechnung herangezogen:

- Landwirtschaftliche Flächen: Mais, Stroh
- Waldflächen: Waldrestholz
- Reben: Rebschnitt
- Gras: Grünschnitt
- Wohngebiete: Hausmüll, Biomüll

Potenzialberechnung: Für die Zuordnung der Substrate zu den Gebietstypen wird angenommen, dass Mais als Energiepflanze auf Ackerflächen angebaut wird. Zur Berechnung des energetischen Potenzials wird mit einem durchschnittlichen Ertrag pro Fläche gerechnet.

Zur Bestimmung der Biomasse in Siedlungsgebieten wird die Einwohnerzahl als Merkmal herangezogen und mit einer durchschnittlichen Abfallmenge pro Person multipliziert. Die Bestimmung der Personenanzahl pro Gebiet erfolgt durch deren prozentualen Anteil am betrachteten Gesamtgebiet und dessen Einwohnerzahl.

Wirtschaftliche Eingrenzung: Um eine realistische Einschätzung der durch oben beschriebene Vorgehensweise erzielten Werte zu erreichen, werden folgende wirtschaftliche Einschränkungen verwendet:

- Gras (unrentabel), Stroh (Flächenkonkurrenz Mais) und Müll (in der Regel bereits vollkommen verwertet) wurden ausgenommen
- Mais: nur 10 % verwendet (nachhaltige Fruchtfolge)

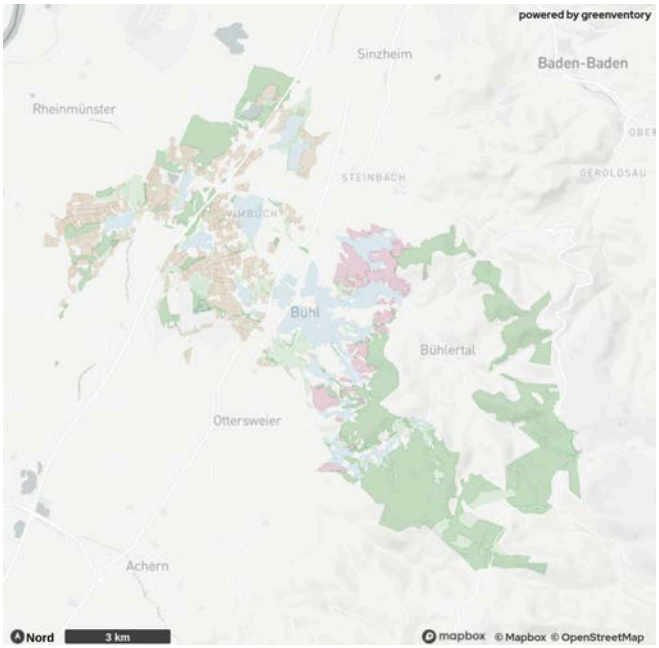


Abbildung 40: Erschließbare Energie aus organischen Materialien

3. Solarthermie (Freifläche)

Die Solarthermie nutzt die Strahlung der Sonne und wandelt diese mittels Sonnenkollektoren (z. B. Röhrenkollektoren oder Flachbettkollektoren) in Wärme auf einem Temperaturniveau zwischen 80 °C und 150 °C um. Diese kann durch ein angeschlossenes Verteilsystem an die entsprechenden Nutzungsorte transportiert werden.

Gebietsbestimmung: Als grundsätzlich geeignet werden Flächen ausgewiesen, die keinen Restriktionen unterliegen. Anschließend werden diejenigen Flächen entfernt (bzw. als bedingt geeignet ausgewiesen), die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von Solarthermieanlagen nicht oder nur bedingt genügen. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden jene Gebiete herausgefiltert, die als Naturschutzgebiete gelten oder unter die gesetzlichen Abstandsregeln fallen. Die in diesem Zuge ausgeschlossenen (oder als gesondert zu prüfenden) Gebiete lassen sich unterteilen in Siedlungsflächen, Naturschutzgebieten und Gebieten mit baulicher Infrastruktur (Straßen, Flughäfen, etc.) mit den entsprechenden gesetzlich vorgeschriebenen Abständen.

Von den so bestimmten Potenzialgebieten werden kleinere Flächen entfernt (< 20 x 20 m²), deren Erschließung nicht praktikabel wäre. Zusätzlich werden alle weiteren Flächen ausgeschlossen, die nicht mittels eines Suchradius von 25 m zu einem 0,5 ha großen Gebiet verbunden werden können. Es wird ein Mindestabstand von 5 m von den Modulen zum Rand des jeweiligen Gebietes angenommen.

Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von über 900 jährlichen Volllaststunden und eine Mindestgröße von 500 m² pro Fläche.

Potenzialberechnung: Zur Potenzialberechnung werden die identifizierten Flächen mit Modulen belegt. Für die Leistungsdichte werden 3.000 kW/ha zugrunde gelegt (basierend auf den Werten bestehender Solarthermie-Großprojekte in Deutschland). Für die Modulplatzierung wird eine Ausrichtung nach Süden mit einem Neigungswinkel von 20° angenommen. Aus Einstrahlungsdaten und der Verschattung werden die jährlichen Volllaststunden berechnet. Unter Berücksichtigung des Reihenabstands der Module kann so ein Jahresenergieertrag pro Gebiet bestimmt werden. Dafür wird der Unterschied zwischen theoretisch errechneter und praktisch erzielter Wärmemenge mit einem Reduktionsfaktor von 0,61 berücksichtigt.

Wirtschaftliche Abgrenzung: Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit der Potenziale werden nur die Flächen in der Berechnung berücksichtigt, deren Entfernung zur Siedlungsfläche einen Maximalabstand von 1.000 m unterschreitet. Zudem wird das Ergebnis in "gut geeignete" (< 200 m) und "bedingt geeignete" (< 1000 m) Flächen eingeteilt.

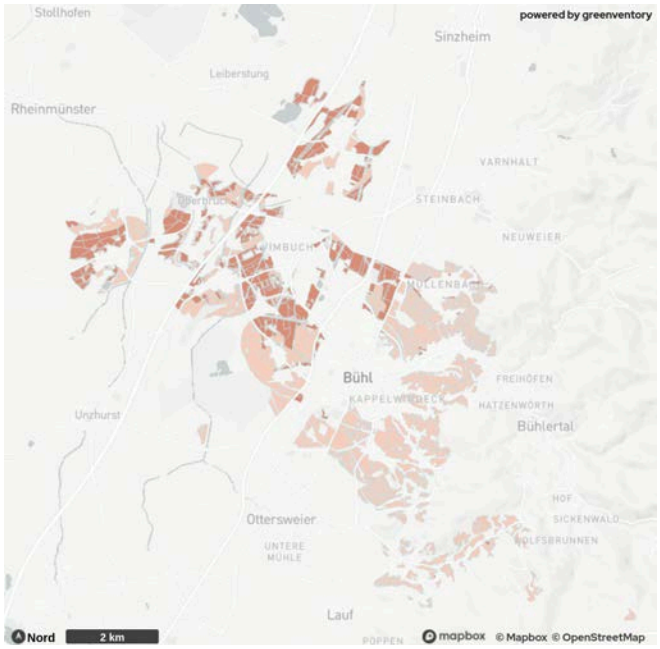


Abbildung 41: Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung

4. Photovoltaik (Freifläche)

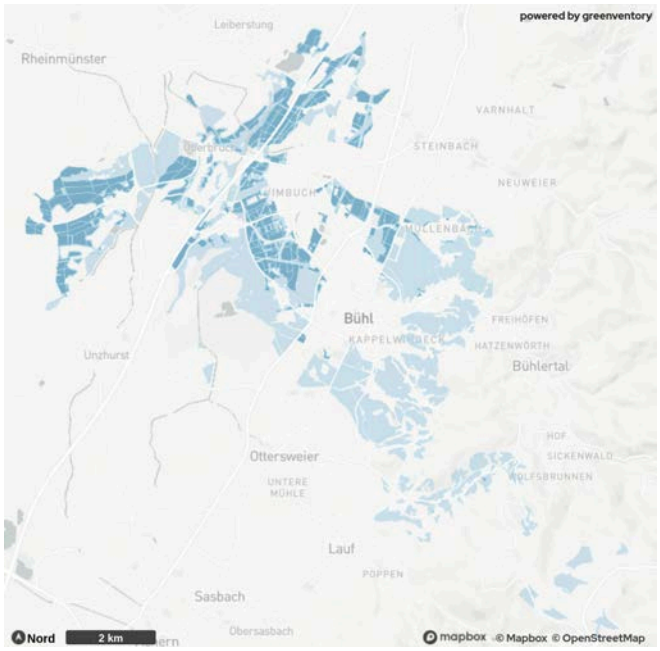


Abbildung 42: Elektrische Energiegewinnung durch Sonnenstrahlung

Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom.

Gebietsbestimmung: Als grundsätzlich geeignet, werden den Flächen ausgewiesen, die keinen Restriktionen unterliegen. Anschließend werden diejenigen Flächen entfernt (bzw. als bedingt geeignet ausgewiesen), die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von Photovoltaikanlagen nicht oder nur bedingt genügen. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden jene Gebiete herausgefiltert, die als Naturschutzgebiete gelten oder unter die gesetzlichen Abstandsregeln fallen. Die in diesem Zuge ausgeschlossenen (oder als gesondert zu prüfenden) Gebiete lassen sich unterteilen in Siedlungsflächen, Naturschutzgebieten und Gebieten mit baulicher Infrastruktur (Straßen, Flughäfen, etc.) mit den entsprechenden gesetzlich vorgeschriebenen Abständen.

Von den so bestimmten Potenzialgebieten werden kleinere Flächen entfernt (< 500 m²), deren Erschließung nicht praktikabel wäre. Zusätzlich werden alle weiteren Flächen ausgeschlossen, die nicht mittels einem Suchradius von 25 m zu einem mindestens 0,5 ha großen Gebiet aggregiert werden können. Es wird ein Mindestabstand von 5 m von den Modulen zum Rand des jeweiligen Gebietes angenommen.

Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von über 900 jährlichen Volllaststunden.

Potenzialberechnung: Im nächsten Schritt werden auf diesen Flächen Module platziert. Dabei werden Parameter marktüblicher PV-Module für Größe und Leistung angenommen. Es wird eine Ausrichtung nach Süden mit einem Neigungswinkel von 20° vorgesehen. Die auf die Module treffende Sonneneinstrahlung setzt sich aus direkter, diffuser und reflektierter Strahlung zusammen. Mit Modellen, die auf Satelliten- und Atmosphärendaten basieren und mit Messungen kalibriert werden, können Wolken berücksichtigt und die Globalstrahlung pro Ort und Höhe bestimmt werden. Pro Gebiet werden dann die durchschnittliche Höhe und das Gefälle ermittelt. Verschattungen durch das Terrain werden in den Modellen berücksichtigt. Aus den Strahlungsdaten und der Verschattung werden dann die jährlichen Volllaststunden berechnet. Unter Berücksichtigung des Reihenabstands und der Leistung der Module kann so ein Jahresenergieertrag pro Gebiet errechnet werden.

Wirtschaftliche Abgrenzung: Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit der Potenziale werden nur die Flächen in der Berechnung berücksichtigt, auf denen mehr als 1.125 Volllaststunden pro Jahr erreicht werden und der Neigungswinkel des Geländes maximal 5° beträgt, bzw. zwischen 5° und 30°, solange der Azimutwinkel des Moduls 20° nicht überschreitet.

5. Dachflächenpotenziale

Zusätzlich zum Freiflächen-Potenzial wird das solare Potenzial durch die Installation auf Dächern betrachtet. Als geographische Eingrenzung dienen sämtliche Gebäude.

Hierbei handelt es sich um das technische Potenzial (siehe Definition von Potenzialen), das gebäudebezogene Einschränkungen aufgrund des Denkmalschutzes nicht berücksichtigt.

Abbildung 43: Solares Potenzial durch PV-Installation auf Dächern

5.1 Solarthermie (Dachflächen)

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW zum Einsatz, die das Wärmeerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass 25 % der Grundfläche aller Gebäude über 50 m² Dachfläche für Solarthermie genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Wärmeerzeugung durch Anwendung von flächenspezifischer Solarthermieleistung und durchschnittlichen Volllaststunden berechnet.

Folgender Wert kommt zum Einsatz:

- Flächenspezifische jährliche Wärmeerzeugung: 400 kWh/m²

5.2. Photovoltaik(Dachflächen)

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW zum Einsatz, die das Stromerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass 50 % der Grundfläche aller Gebäude über 50 m² Dachfläche für Photovoltaik genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Stromerzeugung durch Anwendung von flächenspezifischer Photovoltaik-Leistung und durchschnittlichen Volllaststunden berechnet. Folgender Wert kommt zum Einsatz für die Modulfläche:

- Flächenspezifische jährliche Stromerzeugung: 160 kWh/m²

6. Oberflächennahe Geothermie

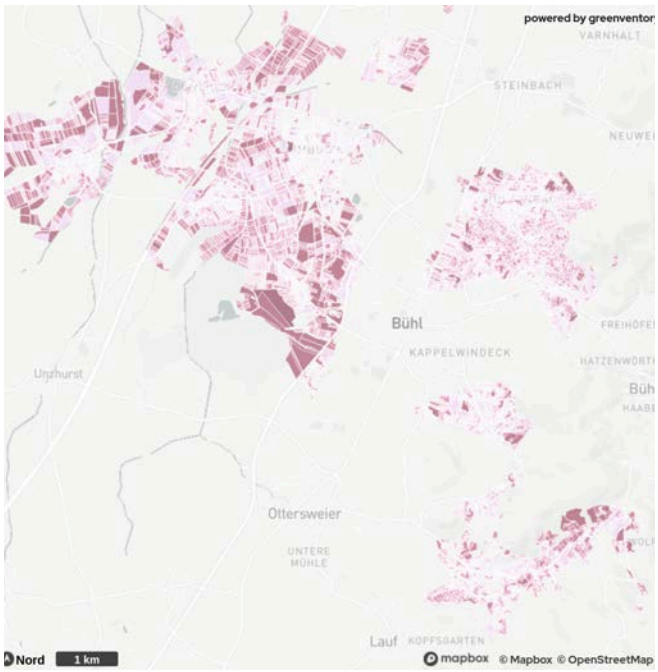


Abbildung 44: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten

Durch die relativ konstanten Temperaturen in der oberen Erdschicht kann mit Hilfe einer Wärmepumpe ganzjährig Wärme extrahiert werden. Das System der Erdwärmesonden mit Wärmepumpe besteht aus drei Teilen: einem U-förmigen Rohr mit einer Tiefe von bis zu 100 m, einer elektrisch betriebenen Pumpe und einem sich an das Rohr anschließenden Verteilsystem. Die zirkulierende Flüssigkeit im Rohr wird durch die höheren Temperaturen im Erdreich (Wärmequelle) erwärmt und mit Hilfe der Wärmepumpe an die Zielorte transportiert (Wärmesenken), wo sie die Wärme abgibt.

Gebietsbestimmung: Zunächst werden sämtliche Wohn- und Gewerbegebiete erfasst, wobei Wege und Straßen mit einer Pufferzone von 3 m berücksichtigt

werden und Gewässer und Schutzzonen ausgeschlossen werden.

Potenzialberechnung: Aufgrund der größeren Tiefe und der zentralen Bedeutung der Wärmeleitfähigkeit und -kapazität bei der Abschätzung des Potenzials werden ortsspezifische Werte des Geodatenkatalog verwendet und keine pauschalen Schätzungen vorgenommen.

Ausgehend von 1.800 Volllaststunden kann mittels der GPOT-Methodologie, ortsspezifischer Wetterdaten und weiterer Annahmen ein jährliches Potenzial pro Bohrloch bestimmt werden. Für das Gesamtpotenzial werden die einzelnen Potenziale aufsummiert. Die für den Betrieb der Wärmepumpe aufzuwendende elektrische Energie ist dabei nicht berücksichtigt.

7. Tiefengeothermie

Nutzung des Wärmepotenzials aus tieferen Erdschichten, üblicherweise 2 bis 5 km Tiefe.

Gebietsbestimmung: Zur Berechnung der Potenziale für Tiefengeothermie werden i.W. Flächen mit erwiesenem oder vermutetem Potenzial (GEOTIS) in Verbindung mit Informationen zur Temperaturschichtung im Untergrund, Gesteinstypen, Wärmeleitfähigkeit sowie übliche Flächenrestriktionen wie Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Gewässer, Infrastruktur (z. B. Straßen), Naturschutz (z. B. Naturschutzgebiete), berücksichtigt.

Potenzialberechnung: Für mögliche Standorte wird ermittelt, welche Temperaturen in einem möglichen Bohrloch erzielt werden könnten und in Verbindung mit üblichen Volumenströmen und Temperaturdifferenzen letztlich die Wärmemenge, die entnommen werden könnte, berechnet.

8. Luftwärmepumpe

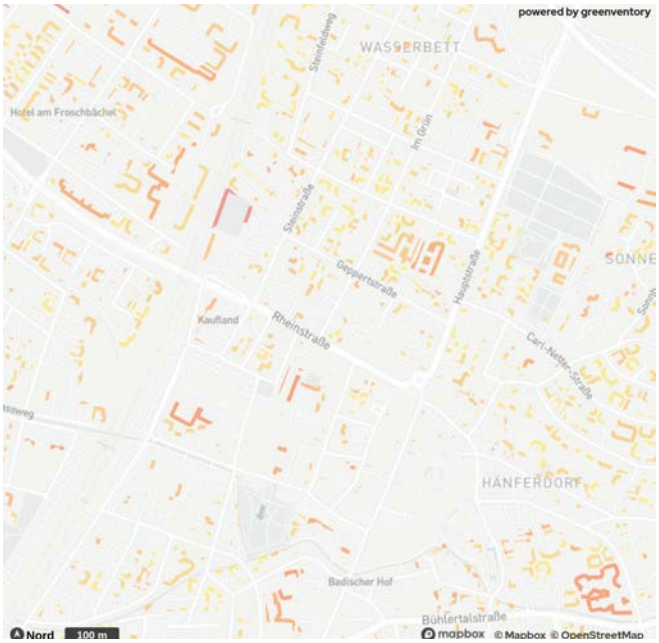


Abbildung 45: Energetische Nutzung der Umgebungsluft

Die Installation von Luft-Wasser-Wärmepumpen hat das Potenzial, den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, indem die Wärme der Umgebungsluft als Energiequelle genutzt wird.

Die Ermittlung der Potenziale für die Anwendung von Luft-Wärmepumpen in Gebäuden hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Diese umfassen neben den örtlichen Gegebenheiten auch technische Parameter der Wärmepumpen und lärmschutzrechtliche Aspekte.

Gebietsbestimmung: Die Methode fußt auf der Erstellung einer Flächenberechnung für jedes Gebäude, wobei die Außeneinheit der Wärmepumpe innerhalb eines Abstands von maximal 8 Metern zum Gebäude installiert werden sollte. Dies ist notwendig, um eine effiziente Wärmeübertragung zu gewährleisten und Wärmeverluste zu minimieren. Gleichzeitig muss jedoch stets sichergestellt sein, dass genügend Abstand zu anderen Gebäuden vorhanden ist, um Probleme mit den Schallemissionen der Außeneinheit zu vermeiden.

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm legt die entsprechenden Richtlinien für die Wahl des

Standortes der Außeneinheit fest. Abhängig vom Siedlungstyp (Wohngebiet, Industrie, Krankenhaus etc.) wird die maximal zulässige Lautstärke ermittelt. Unter Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung ergeben sich daraus die Mindestabstände einer Wärmepumpe zu den Nachbargrundstücken und die entsprechenden Verbotsflächen.

Weiterhin werden Straßen, Plätze und ähnliche Bereiche als zusätzliche Verbotsflächen definiert. Potenzielle Installationsflächen für eine Wärmepumpe ergeben sich dann aus den Umgebungsflächen des eigenen Gebäudes, die von den Verbotsflächen der umliegenden Gebäude und den zusätzlichen Verbotsflächen unberührt bleiben.

Potenzialberechnung: Mit der ermittelten Installationsfläche und der Leistung pro Fläche der Wärmepumpe kann die installierbare Leistung der Wärmepumpe berechnet werden. Durch einen Vergleich mit den Verbrauchsdaten, den Volllaststunden des Jahres und der jahreszeitenbedingten Leistungszahl wird der (mittlere) Strombedarf der Wärmepumpe und die erzeugte Wärmemenge pro Jahr berechnet.

9. See- und Flusswärme

Abbildung 46: Potenziale für See- und Flusswärme

Die nachfolgende Beschreibung befasst sich mit der Berechnung der Potenziale für Wärmepumpen, die Oberflächenwasser (Flüsse und Seen) als Wärmequelle nutzen. Diese Art der Wärmeerzeugung nutzt Groß-Wärmepumpen, die in ein Wärmenetz zur Versorgung einer Vielzahl von Gebäuden einspeisen. Hierfür sollen mögliche Standorte, Leistungen und Jahreserzeugungsmengen bestimmt werden.

Gebietsbestimmung: In einem ersten Schritt werden alle relevanten Flüsse und Seen in der untersuchten Region ermittelt. Diese bilden die potenziellen Wärmequellen für die Wärmepumpen.

Daraufhin werden mögliche Aufstellflächen für die Wärmepumpen ermittelt. Dazu wird eine potenzielle Fläche von 50 Metern rund um die identifizierten Gewässer definiert. Ausschlusskriterien sind dabei unter anderem Siedlungsflächen, Naturschutzgebiete und andere ungeeignete Areale.

Potenzialberechnung: Innerhalb der identifizierten Aufstellflächen werden mögliche Standorte für die Wärmepumpen festgelegt, wobei ein Mindestabstand zwischen den Standorten eingehalten wird. In diesen Abständen werden nun fiktive Wärmepumpen mit der jeweils vorgegebenen thermischen Leistung in den geeigneten Flächen platziert.

Ausgehend von dieser Auslegung für den jeweils einzelnen Standort wird anschließend berechnet, welche Wärmemengen den Gewässern jeweils insgesamt und gleichzeitig entzogen werden könnten. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass maximal 5% des mittleren Niedrigwasserabflusses aus Flüssen und maximal 0,5 K aus dem gesamten Seevolumen entnommen werden können.

10. Abwärme aus Klärwerken

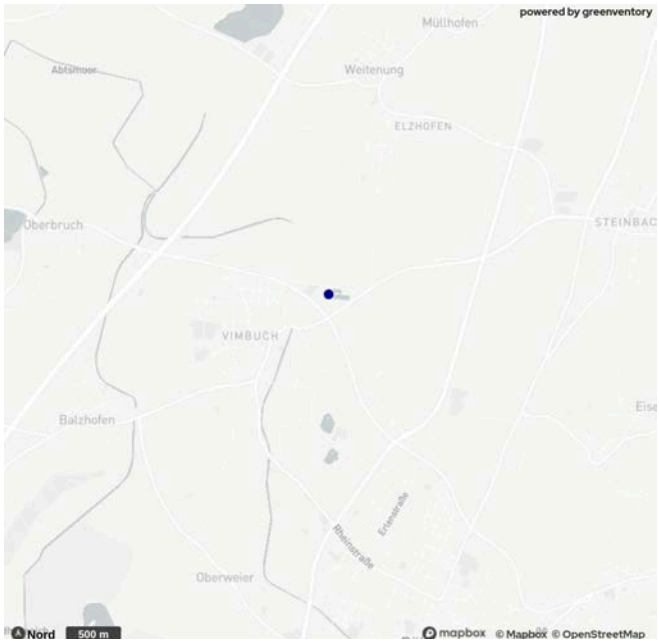


Abbildung 47: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen

Die mögliche Wärmegewinnung aus dem Abwasser wird an den Klärwerk-Ausläufen erhoben. Alternativ könnte die Abwärme des Abwassers auch direkt an den Abwassersammlern bestimmt werden. Da jedoch eine Mindesttemperatur des Abwassers zu gewährleisten ist, stehen beide Methoden in Konkurrenz zueinander. Durch die höhere abgreifbare Temperaturdifferenz am Klärwerk-Auslauf im Vergleich zu den Sammlern liefert die zentrale Entnahme das größere Potenzial, was im Folgenden auch berechnet wurde. Die so gewonnene Wärme kann anschließend für die Einspeisung in Niedertemperatur-Wärmenetze verwendet werden.

Gebietsbestimmung: Das Abwärmepotenzial aus Abwasser wird an den Klärwerken erfasst, diese fungieren als Punktquellen.

Potenzialberechnung: Das Abwasservolumen pro Klärwerk wird über die Anzahl der angeschlossenen Verbraucher geschätzt, welche dem zentralen Register der europäischen Umweltagentur entnommen wird. Es wird von einer Abwassermenge von 200 l pro Person und Tag auf einem Temperaturniveau von 10 °C und einer Abkühlung um 5 K durch die Wärmeentnahme ausgegangen. Zur Bestimmung der Wärmeleistung werden 18 Volllaststunden pro Tag angenommen.

11. Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen

Industriebetriebe verfügen teils über große Abwärmequellen, die, je nach Temperaturniveau der Quelle, für die Einspeisung in warme oder kalte Wärmenetze erschlossen werden können.

Gebietsbestimmung: Industriebetriebe fungieren als Punktquellen. Die relevanten Betriebe wurden durch eine Analyse von Gewerbedaten sowie in Zusammenarbeit mit der Kommune bzw. Stadtwerke identifiziert und angeschrieben.

Potenzialberechnung: Zur Erfassung der Potenziale wurden Fragebögen nach den Anforderungen der KEA-BW an die Unternehmen verschickt und von diesen dann Informationen zum jeweiligen Abwärmepotenzial sowie dessen Verfügbarkeit und des Temperaturniveaus angegeben. Teilweise handelt es sich dabei nur um Erfahrungswerte. Von zwei der angeschriebenen relevanten Betriebe kamen positive Rückmeldungen zu Abwärmepotenzialen.

greenventory GmbH

Georges-Köhler-Allee 302
D-79110 Freiburg im Breisgau

https://greenventory.de