

EWR Climate Connection

Kommunale Wärmeplanung in der verbandsfreien Gemeinde **Budenheim**



Erstellungsdatum: 25.02.2026

Herausgeber & Auftraggeber

Bürgermeister Stephan Hinz
Verbandsfreie Gemeinde Budenheim
Berliner Straße 3
55257 Budenheim

Auftragnehmer

EWR Climate Connection GmbH
Lutherring 5
67547 Worms
Telefon: +49 6241 848488
E-Mail: bjoern.bein@climateconnection.de
Website: www.climateconnection.de

Projektdurchführung

Björn Bein, Projektleiter
Dr. Paul Stampfl, Projektleiter techn. Konzepte
Johannes Wipperf, Nachhaltigkeitsberater
Veith Blumenroth, Nachhaltigkeitsberater

Toolanbieter

Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH

Mit der **Nationalen Klimaschutzinitiative** initiiert und fördert die Bundesregierung seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Dieses Dokument wurde im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung der Budenheim von EWR Climate Connection GmbH erstellt.



Sehr geehrte Damen und Herren,

mit der kommunalen Wärmeplanung legt die Gemeinde Budenheim eine wichtige Grundlage für die zukünftige Ausrichtung ihrer Wärmeversorgung. In den vergangenen Monaten wurde dieser Prozess fachlich durch Climate Connection begleitet. Die Zusammenarbeit war geprägt von Sachorientierung, Weitblick und einem offenen Austausch mit allen Beteiligten.

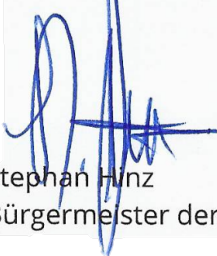
Für die konstruktive Unterstützung danke ich im Namen der Gemeinde Budenheim herzlich. Das nun vorliegende Konzept bietet eine belastbare Orientierung für die kommenden Jahre. Es zeigt mögliche Entwicklungspfade auf und schafft damit einen verlässlichen Rahmen für zukünftige Investitions- und Modernisierungsentscheidungen sowohl für private Eigentümerinnen und Eigentümer als auch für Unternehmen und die öffentliche Hand.

Ein besonderer Dank gilt allen Beteiligten aus Energieversorgung, Wirtschaft, Bürgerschaft. Ihr Mitwirken hat ein Wärmeplanungskonzept ermöglicht, das nicht nur ökologisch verantwortungsvoll, sondern auch wirtschaftlich realistisch und langfristig tragfähig ist.

Die Weiterentwicklung unserer Wärmeversorgung ist eine langfristige Aufgabe. Mit der kommunalen Wärmeplanung verfügen wir nun über eine strategische Grundlage, um die anstehenden Schritte strukturiert und transparent anzugehen.

Mein besonderer Dank gilt daher allen Projektbeteiligten und Unterstützenden, insbesondere auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unserer Verwaltung, die mit großem Einsatz zur erfolgreichen Umsetzung beigetragen haben.

Mit herzlichsten Grüßen



Stephan Hunz
Bürgermeister der Gemeinde Budenheim

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis.....	6
II. Tabellenverzeichnis.....	7
III. Abkürzungsverzeichnis.....	8
1. Zusammenfassung.....	9
2. Projektmanagement & Akteursbeteiligung	14
2.1. Akteursanalyse.....	14
2.2. Organisatorisches Beteiligungskonzept	14
2.3. Akteursbeteiligung von Bürger:innen und Industrie	16
3. Kommunaler Wärmeplan Budenheim	17
3.1. Bestandsanalyse	17
3.1.1. Ziele & Vorgehensweise.....	17
3.1.2. Digitaler Zwilling & Datenerhebung.....	18
3.1.3. Erkenntnisse der Bestandsanalyse	22
3.2. Potenzialanalyse.....	33
3.2.1. Ziele & Vorgehensweise.....	33
3.2.2. Überblick über Potenziale	34
3.2.3. Erkenntnisse der Potenzialanalyse	37
3.3. Zielszenario	50
3.3.1. Ziele & Vorgehensweise.....	50
3.3.2. Erkenntnisse des Zielszenarios	51
3.3.3. Zielbild 2045	62
3.4. Wärmewendestrategie.....	67
3.4.1. Ziele & Vorgehensweise.....	67
3.4.2. Erkenntnisse der Wärmewendestrategie	69
4. Controlling und Verstetigung.....	85
4.1.1. Systematik des Controlling-Konzepts.....	85
4.1.2. Herausforderungen im Controlling	86
4.1.3. Verstetigung.....	88
IV. Literaturverzeichnis.....	90

Anhang	91
Anhang 3: Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Energiequellen nach CO₂eq	91

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aggregierter Wärmebedarf der Gemeinde Budenheim	10
Abbildung 2: Kernphasen der kommunalen Wärmeplanung.....	10
Abbildung 3: Beteiligungskonzept.....	15
Abbildung 4: Überblick Vorgehen Bestandsanalyse	18
Abbildung 5: Gemarkung der Gemeinde Budenheim ohne eingepflegte Daten ..	19
Abbildung 6: Gebäudeanzahl nach Sektor	23
Abbildung 7: Verteilung der Gebäudezahl nach Sektoren.....	23
Abbildung 8: Verteilung nach Wohngebäuden.....	24
Abbildung 9: Entwicklung der Bebauung.....	24
Abbildung 10: Gebäudebestand nach Altersbauklassen	25
Abbildung 11: Wärmebedarf (Raum- und Prozesswärme) nach Sektor	25
Abbildung 12: Verteilung spezifischer Wärmebedarfsdichten	26
Abbildung 13: THG-Emissionen nach Sektoren.....	27
Abbildung 14: THG-Emissionen nach Energieträgern.....	27
Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach BSKO	29
Abbildung 16: Jährliche THG-Emissionen pro Kopf	29
Abbildung 17: Verteilung der Heizungen	30
Abbildung 18: Verteilung der Primärheizsysteme im Ortskern Budenheim	30
Abbildung 19: Endenergiebedarf.....	31
Abbildung 20: Verteilung der Energieträger am Beispiel.....	31
Abbildung 22: Beispielhafte Darstellung von Solarthermie-Freiflächen Potenzialen	33
Abbildung 22: Überblick Vorgehen Potenzialanalyse	34
Abbildung 23: Aufbau der Potenzialdefinitionen.....	35
Abbildung 24: Reduktionspotential nach Baualtersklassen	37
Abbildung 25: Energetische Gebäudesanierung (1/2)	38
Abbildung 26: Energetische Gebäudesanierung (2/2)	38
Abbildung 27: Eignungsgebiete Photovoltaik (Freiflächen) am Beispiel.....	39
Abbildung 28: Eignungsgebiete Photovoltaik (Dachflächen) im Ortskern	41
Abbildung 29: Eignungsgebiete Solarthermie (Freiflächen) außerhalb der Gemeinde.....	42
Abbildung 30: Beispielhafter Auszug von solarthermischen Eignungsgebieten (Dachflächen).	43
Abbildung 31: Geothermie-Eignung anhand oberflächennaher Kollektoren am Beispiel	44
Abbildung 32: Ausschnitt der Potenziale von Luftwärmepumpen	45
Abbildung 33: Überblick über verfügbare Potenziale erneuerbarer Energien	49
Abbildung 34: Beispielhafte Darstellung eines Zielszenarios	50
Abbildung 35: Überblick Vorgehen Zielszenarien.....	51
Abbildung 36: Sanierungstiefe Wohngebäude auf Basis von TABULA-Klassen.....	54

Abbildung 37: Wärmebedarfsreduktion bei Sanierungsraten von 0,8 % (blau), 1,6 % (grün) und 2,4 % (lila)	55
Abbildung 38: Wärmelinienichte der Gemeinde Budenheim	57
Abbildung 39: Algorithmische Szenarienbewertung "Wärmenetzausbau"	58
Abbildung 40: Szenario "Wärmenetzausbau" mit 1,6 % Sanierungsrate	58
Abbildung 41: Kartografisches Abbild Zielszenario 2045 nach ingenieurstechnischer Feinplanung.....	60
Abbildung 42: Wärmebedarf im Jahr 2045	63
Abbildung 43: Entwicklung des Energieverbrauchs im zeitlichen Verlauf	64
Abbildung 44: Entwicklung der THG-Emissionen im zeitlichen Verlauf.....	65
Abbildung 45: Kartografisches Zielbild 2045	66
Abbildung 46: Prozess der Maßnahmenplanung und -priorisierung	68
Abbildung 47: Überblick Vorgehen Wärmewendestrategie	68
Abbildung 48: Kategorisierung der Maßnahmen	70
Abbildung 49: Priorisierung der Maßnahmen.....	81
Abbildung 50: Transformationspfad	82
Abbildung 51: Beispiel des Controllings an einer beispielhaften Einzelmaßnahme	85

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Relevante Akteursgruppen der kommunalen Wärmeplanung.....	14
Tabelle 2: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA-BW, 2020).....	28
Tabelle 3: Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Energiequellen nach CO ₂ eq	91

III. Abkürzungsverzeichnis

§	Paragraph
%	Prozent
°C	Grad Celsius
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BISKO	Bilanzierungssystematik Kommunal
Bspw.	Beispielsweise
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU	Europäische Union
FFH-Gebiete	Fauna-Flora-Habitat-Gebiete
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel & Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssysteme
GWh	Gigawattstunde (1 GWh $\triangleq$ 1 Mio. kWh oder 1 Mrd. Wattstunden)
GWh/a	Gigawattstunde per anno
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
kWh	Kilowattstunde (1 kWh $\triangleq$ 1.000 Wattstunden)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWP	Kommunale Wärmeplanung
LIDAR	Light Detection and Ranging
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
m ³	Kubikmeter
m ³ /d	Kubikmeter pro Tag
Mind.	Mindestens
MJ/kg	Megajoule pro Kilogramm
MWh	Megawattstunde
MWh/a	Megawattstunde pro Jahr
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaisch-thermische Kollektoren
TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
tCO ₂	Tonnen Kohlenstoffdioxid(-Äquivalent)
THG	Treibhausgas
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WSchVO	Wärmeschutzverordnung

z.B.

zum Beispiel

1. Zusammenfassung

Mit der Einführung des überarbeiteten Wärmeplanungsgesetzes und des Gesetzes für erneuerbares Heizen, die jeweils am 1. Januar 2024 in Kraft traten, stehen deutsche Gemeinden und Städte vor der Herausforderung, bis 2045 treibhausgasneutral zu werden. Alle deutschen Gemeinden sind dazu verpflichtet, bis spätestens 2028 eine kommunale Wärmeplanung (kWP) zu erstellen. Die kWP dient als strategisches Instrument, das den Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen und Energieversorgern Aufschluss über die zukünftige Wärmeversorgung gibt. Dazu erfolgt die Erstellung eines Wärmeplans, der die strategische Entwicklung anhand einer Roadmap inklusive Maßnahmen zum Erreichen der Klimaneutralität im Wärmesektor umfasst.

Für die Gemeinde Budenheim ist es aufgrund der Einwohnerzahl über 8.000 Einwohnern gesetzlich vorgeschrieben, bis Ende 2028 eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen. Die kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Budenheim wurde in einem Zeitraum von knapp 12 Monaten, vom 01.12.2024 bis 31.12.2025, fertiggestellt. An der Erstellung waren die Gemeinde Budenheim, die EWR Climate Connection GmbH und die Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH beteiligt.

Das Ziel der Gemeinde Budenheim ist es, bis zum Zieljahr 2045 eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen. Dazu wurde ein kartografisches Abbild der Gemeinde als digitaler Zwilling entwickelt, der als virtuelles Modell die kommunale Infrastruktur zeigt. Dieser wird durch das Softwaretool von Hansa Luftbild abgebildet und bietet einen umfassenden Überblick über die aktuelle Wärmeversorgung im kommunalen Gebiet. Ausgehend von dem Status-Quo der Gemeinde Budenheim wurden im Rahmen der kWP-Potenziale zur Reduzierung des Wärmebedarfs der Gebäude und zur Sicherstellung der Deckung des verbleibenden Bedarfs durch eine klimaneutrale Energieversorgung identifiziert. Zudem wurde eine Wärmewendestrategie und spezifische Maßnahmen zur Umsetzung dieser Strategie für die Gemeinde Budenheim entwickelt.



Abbildung 1: Aggregierter Wärmebedarf der Gemeinde Budenheim

Kernphasen der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung basiert auf vier Kernphasen, sowie den essenziellen Nebenbestandteilen der Verstetigungsstrategie, des Controlling-Konzepts, der Kommunikationsstrategie sowie begleitenden Maßnahmen. Die Schaffung von Transparenz und Informationen für alle beteiligten Akteure und die Öffentlichkeit stellt ebenfalls einen relevanten Bestandteil der KWP dar.

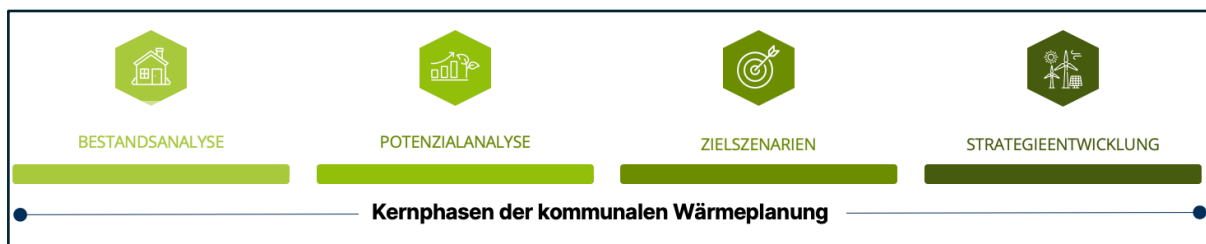


Abbildung 2: Kernphasen der kommunalen Wärmeplanung

Phase 1: Bestandsanalyse

Die Planungsgrundlage bildet ein tiefgreifendes Verständnis der aktuellen Situation, basierend auf einer sorgfältigen Analyse der Bestandsdaten. Hierfür wurden öffentlich zugängliche, kommunale Daten sowie spezifische Daten des Energieversorgers gesammelt, digital aufbereitet und während des Projekts kontinuierlich aktualisiert.

Eine detaillierte Untersuchung des Gebäudebestands in der Gemeinde Budenheim ergab, dass Wohngebäude 96,7 % des Gesamtbestands ausmachen, während Industrie-, Gewerbe- und öffentliche Gebäude einen Anteil von 3,3 % haben. Knapp 70 % der Gebäude wurden vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977 errichtet, was zu einer hohen Zahl von Gebäuden mit niedriger Energieeffizienz führt.

Der gesamte **Wärmebedarf** der Gemeinde Budenheim beträgt 302 GWh pro Jahr und verteilt sich wie folgt auf die verschiedenen Sektoren:

- 15 % entfallen auf Wohngebäude
- 83 % auf die Industrie
- 1,7 % auf Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)
- 0,3 % auf öffentliche Gebäude

Die Wärmeerzeugung in diesen Gebäuden führt zu einem jährlichen Wärmebedarf von 302 GWh. Der größte Teil davon, etwa 232 GWh (75 %), wird durch Erdgas gedeckt, gefolgt von Heizöl mit 57 GWh (18 %). Nah- und Fernwärme trägt mit 6 GWh zu etwa 2 % zu dem Endenergiebedarf bei. Solarthermie, Geothermie und Wärmepumpen sind mit 7 GWh (2 %) vertreten während Biomasse und Strom einen Anteil von 2 GWh (1 %) und 5 GWh (2 %) aufweisen.

Phase 2: Potenzialanalyse

Im Rahmen der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung kamen Algorithmen und Simulationsmodelle zum Einsatz, um Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz und dem Ausbau erneuerbarer Energien aufzuzeigen. Eine eingehende Flächenanalyse unter Berücksichtigung wichtiger Ausschluss- und Eignungskriterien ermöglichte eine detaillierte, quantitative und geographisch spezifische Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energieressourcen.

Die ermittelten **technischen Potenziale zur Stromerzeugung** der Gemeinde Budenheim ergaben folgende Ergebnisse:

- Photovoltaik auf Freiflächen weist mit 10,6 GWh/a das höchste Potenzial auf, wobei potenzielle Flächenkonflikte zu beachten sind
- Photovoltaik auf Dächern zeigt mit 8,5 GWh/a ein geringeres Potenzial als bei Freiflächen und ist kostspieliger, bietet jedoch eine höhere Flächeneffizienz und Flexibilität – In Verbindung mit Wärmepumpen bietet diese Technologie zusätzliche Vorteile für die Warmwasserbereitung und die Gebäudeheizung in Übergangszeiten
- Windenergie kann wegen baulicher Beschränkungen aufgrund von Platzmangel nicht berücksichtigt werden

Die Untersuchung der **technischen Potenziale zur Wärmeerzeugung** in der Gemeinde Budenheim zeigt eine Vielfalt an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung:

- Luftwärmepumpen stellen mit 26 GWh/a das umfangreichste Potenzial dar
- Solarthermie auf Dachflächen bieten mit 25,5 GWh/a ebenfalls erhebliche Potenziale
- Solarthermie auf Freiflächen zeigt ein moderates Potenzial von 10,6,5 GWh/a
- Flusswasser weist das höchste technische Potenzial von 44 GWh/a auf, kann aber aufgrund rechtlicher Vorschriften im Bereich der Hochwasserschutzbestimmungen sowie Naturschutzbestimmungen nicht berücksichtigt werden
- Oberflächennahe Geothermie weist ein Potenzial von 10 GWh/a auf und wird daher in weiteren Betrachtungen vernachlässigt
- Tiefe und mitteltiefe Geothermie, die hohe Investitionen und erhebliche wirtschaftliche sowie technische Risiken erfordern, wurden kurzfristig als nicht relevant eingestuft, da eine Umsetzung ausschließlich in Zusammenarbeit mit einem leistungsfähigen industriellen Partner realisierbar wäre.
- Abwärme aus Klärwerken und der Industrie ist in der Gemeinde Budenheim mit derzeit 35 GWh/a in hohem Maße verfügbar. Die Rahmenbedingungen einer zukünftigen Nutzung der Abwärme wird zwischen der Gemeinde und den ansässigen Industrieunternehmen diskutiert. Festzuhalten ist dabei, dass das Wärmepotenzial zukünftig aufgrund von Energiesparmaßnahmen seitens der Industrie sinken wird
- Biomasse zeigt ebenfalls nur ein begrenztes Potenzial von 1,2 GWh/a für die zukünftige Wärmeversorgung

Phase 3: Zielszenarien

Für das Jahr 2045 wurde ein strategisches Zielbild für die Gemeinde Budenheim entwickelt. Zunächst wurden sechs mögliche Szenarien in den Kategorien „Wärmenetzausbau“ und „All electric“ mit unterschiedlichen Sanierungspotenzialen (0,8 %, 1,6 % und 2,4 %) erstellt, die darauf aufbauend in einem finalen Zielszenario mit einer Sanierungsrate von 1,6 % zusammengefasst wurden. Gemeinsam mit relevanten Akteuren der Gemeinde Budenheim wurde das finale

Szenario in einem Workshop geschärft und die zentralen und dezentralen Eignungsgebiete bewertet.

Es wurde eine moderat-ambitionierte **Sanierungsrate** von **1,6 %** ausgewählt und der Fokus auf die Sanierung der Gebäude mit der niedrigsten Energieeffizienzklasse angenommen. Die Ergebnisse des Zielszenarios zeigen, dass bis 2045 eine umfassende Umstellung der Wärmeerzeugung nötig ist, um den Gesamtwärmeverbrauch und die Treibhausgasemissionen in der Gemeinde Budenheim langfristig zu reduzieren. Die Reduktionsfaktoren im Zieljahr 2045 wurden wie folgt bestimmt:

- **Reduktion Wärmeverbrauch:** 28 % (im Vergleich zum aktuellen Wärmeverbrauch)
- **Reduktion CO₂-Emissionen:** 95 % (im Vergleich zu den aktuellen Emissionen)

Trotz der ambitionierten Sanierungsrate und der Umstellung auf eine umweltfreundlichere Energieversorgung bleibt eine Restemission von 4.139 t CO₂ im Jahr 2045 aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien, wodurch ebenfalls CO₂-Emissionen anfallen.

In der **zukünftigen Heizlandschaft** werden für das Zieljahr folgende Versorgungsarten angenommen:

- Wärmepumpen: 60 %
- Wärmenetz und Mikrowärmenetze: 8 %
- Grüne Gase: 15 %
- Direktstrom: 6 %
- Solarthermie: 7 %
- Biomasse: 4 %

Phase 4: Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie legt detailliert dar, wie durch spezifische Maßnahmen eine Erhöhung der Energieeffizienz und eine umweltfreundlichere Energieversorgung erreicht werden kann. Der Schwerpunkt liegt auf der Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen durch die Optimierung und den Ausbau bestehender Wärmenetze, den Einsatz von Wärmepumpen und die Nutzung von Biomasse. Diese Maßnahmen werden in die weiteren Planungsphasen integriert.

Im Zuge dieser Planung wurden sechs zentrale Maßnahmen identifiziert, die zu einer nachhaltigen Gestaltung der Wärmeversorgung in der Gemeinde Budenheim beitragen sollen. Diese wurden priorisiert und auf einen Transformationspfad übertragen, der aufzeigt, welche drei Maßnahmen innerhalb der nächsten fünf Jahre umgesetzt werden sollen. Die folgenden prioritär umzusetzenden Maßnahmen wurden ausgewählt:

1. Prüfung des Wärmenetzausbaus an der Lennebergschule
2. Prüfung des Ausbaus von Gebäudenetzen an der Berliner Straße und an der Waldsporthalle
3. Sanierung kommunaler Gebäude
4. Prüfung der Ausweisung eines Sanierungsgebiets
5. Entwicklung von Bürgeraufklärungsmaßnahmen für Budenheim
6. Beratung und Schulung zu Energieeffizienz und Heizungstausch

2. Projektmanagement & Akteursbeteiligung

2.1. Akteursanalyse

Die Identifikation relevanter Akteure und deren Rollen im lokalen Netzwerk bildet eine grundlegende Komponente jedes Wärmeplans. Jedes Projekt muss individuell angegangen werden, wobei lokale Besonderheiten und die Konstellation der Akteure zu beachten sind. Zu Beginn eines jeden Beteiligungskonzeptes steht die Akteursanalyse, die eine essentielle Grundlage für die gesamte Einbeziehung der Akteure schafft.

Die folgenden Akteursgruppen bildeten das Grundgerüst der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung in Budenheim:

Ebene	Aufgabe	Häufigkeit
Lenkungskreis (LK): Bürgermeister & Beigeordnete	Entscheidungsgremium & Vorbereitung/Durchführung politischer Prozesse, Prozess & Ergebniskontrolle	Nach Abschluss jeder Phase
Steuerungsgruppe (SG): Büroleiter, Mitarbeiter aus Finanzen & Bau, Klimamanager & Datenschutzbeauftragte	Benennung des Hauptansprechpartners auf Seite der Verwaltung, Konzeptionelle Mitgestaltung, Einfließen von Ideen in den kWP-Prozess, Erstellung von Teilergebnissen	Alle 2 - 4 Wochen
Fachgruppen (FG) (Phase 1 bis 4): Mind. 2 Teilnehmer aus Steuerungsgruppe, Netzbetreiber, Schornsteinfeger und optional Projektbeiräte (Vertreter je Partei des Gemeinderats)	Bereitstellung der Daten, Einfließen von Ideen in den kWP-Prozess, Aufarbeitung von Fachinformationen	Kontinuierliche Einbindung in jeweilige Phase der kWP
Weitere Projektbeteiligte: Netzbetreiber, Schornsteinfeger:innen, Gewerbe & Industrie	Einbeziehen in die relevanten Phasen (Fachgruppen) der Wärmeplanung je nach Bedarf und in Abstimmung mit dem Lenkungskreis sowie der Steuerungsgruppe (mindestens Information der relevanten Stakeholder über Ergebnisse kWP)	Nach Bedarf und nach Abschluss der kWP
Climate Connection	Organisation und Durchführung der kommunalen Wärmeplanung, Protokollierung aller Ergebnisse & Zwischenergebnisse, Projektmanagement kWP	Kontinuierlich

Tabelle 1: Relevante Akteursgruppen der kommunalen Wärmeplanung

Die Akteursanalyse spielte eine entscheidende Rolle bei der Ausgestaltung der Beteiligungsstruktur im gesamten Prozess. Sie ermöglichte es, die lokalen Bedingungen zu berücksichtigen und die speziell für Budenheim relevanten Akteure in den passenden Formaten einzubeziehen.

2.2. Organisatorisches Beteiligungskonzept

Die beigefügte Grafik veranschaulicht, wie Gremien und die darin vertretenen Akteure in sämtlichen Phasen der Wärmeplanung aktiv beteiligt wurden. EWR Climate Connection fungiert dabei als zentrales Verbindungselement zu allen beteiligten Gruppen.

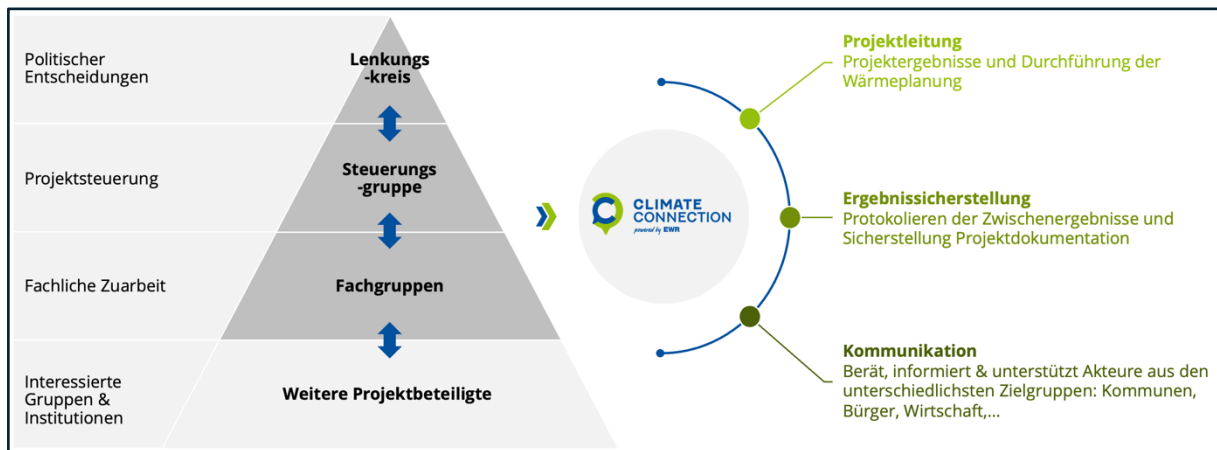


Abbildung 3: Beteiligungskonzept

Um die zentrale Koordination zwischen allen Akteuren zu gewährleisten, wurde eine klare Projektstruktur für die Projektgruppen definiert und diese mit den beteiligten Akteuren transparent kommuniziert. Auf Basis der klaren Verantwortlichkeiten leitete EWR Climate Connection die Akteursgruppen durch den Prozess und koordinierte zielführend das Projektmanagement, die Erstellung der Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung und die Kommunikation zu den relevanten Zielgruppen. Das interdisziplinäre Projektteam bestand aus Nachhaltigkeitsberatern, sowie kommunalen Vertretern und Ingenieuren, die für die Planung und Umsetzung der kWP zuständig waren. Die weiteren Gremien übernahmen dabei die nachfolgend beschriebenen Aufgaben.

Der **Lenkungskreis** war für die politischen Entscheidungen und die Beschlussfassung nach dem Abschluss der kWP verantwortlich. Um den Lenkungskreis frühzeitig über den Stand der kWP zu informieren, wurde der Gemeinderat, die kommunalpolitischen Gremien und die Beigeordneten regelmäßig über den aktuellen Stand der kWP unterrichtet. Neben der Teilnahme an der Abschlusspräsentation hatte der Lenkungskreis somit zudem die Möglichkeit an den Zwischenpräsentationen teilzunehmen, um auch während der Erstellung des Wärmeplans einen Überblick über die bis dato erzielten Erkenntnisse zu erhalten. Dadurch konnten vorab Fragen und Anmerkungen des Lenkungskreises eingeholt und in die weitere Bearbeitung integriert werden.

Die **Steuerungs- und Fachgruppen** wurden aktiv in die Erstellung der kWP mit einbezogen, sodass die Beteiligten an dem gesamten Prozess oder einem Teilprozess der kWP mitwirken und sie somit auch fachlich mitgestalten konnten. Die Fachgruppen wurden zum einen bei der Erfassung relevanter Daten im Rahmen der Bestandsanalyse hinzugezogen und zum anderen bei der Erstellung des Zielszenarios, um aktiv an der Ausgestaltung der kommunalen Wärmeplanung mitzuwirken. Somit waren sie in der ersten Phase der Bestandsanalyse vornehmlich Datenlieferant und hatten in der dritten Phase bei der Entwicklung der Zielszenarien eine partizipative Funktion und konnten die kommunale Wärmeplanung aktiv mitgestalten. Die Steuerungsgruppe wurde darüber hinaus in regelmäßigen Jour Fixe Terminen über den aktuellen Stand der kWP informiert.

Die **weiteren Projektbeteiligten** wurden ebenfalls in ausgewählten Phasen der Wärmeplanung, wie der Bestandsanalyse und der Entwicklung der Zielszenarien integriert. Dies erfolgte je nach Bedarf und in Abstimmung mit dem Lenkungskreis sowie der Steuerungsgruppe.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Integration lokaler Schlüsselakteure einen wesentlichen Bestandteil der kWP darstellt. Der tiefgehende Dialog sowie der Austausch von Ideen und Wissen wurde durch einen umfangreichen Beteiligungsprozess gefördert, um eine hohe Informationsdichte sicherzustellen. Auch hat sich herausgestellt, dass neben den formalisierten Beteiligungsformaten auch ein informeller Austausch entscheidend für den Erfolg der

Wärmeplanung war. Dieser wurde genutzt, um Inhalte zu vertiefen, Vertrauen zu schaffen und kritische Themen zu klären.

2.3. Akteursbeteiligung von Bürger:innen und Industrie

Für den Erfolg und die Akzeptanz einer kommunalen Wärmeplanung bedarf es einer aktiven Beteiligung sowie der Bereitstellung relevanter Informationen für die Öffentlichkeit. Zusätzlich wurden über Sprechstunden des Bürgermeisters die Kommunikation zu den Bürger:innen sichergestellt. Ebenfalls ist es relevant, über den gesamten Prozess der kWP die Vertreter:innen aus Gewerbe und Industrie frühzeitig mit einzubeziehen, um gemeinsam und partnerschaftlich den Grundstein für eine klimaneutrale Energieversorgung zu legen.

Alle genannten Akteure hatten die Möglichkeit, im Rahmen der Akteursbeteiligung über die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung informiert zu werden. Alle interessierten Bürger:innen sowie Vertreter:innen aus Gewerbe und Industrie wurden im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung umfassend über den Start und die Zielsetzungen der kommunalen Wärmeplanung informiert. Diese Bekanntmachung diente nicht nur der Transparenz, sondern auch der Förderung der aktiven Teilnahme der Gemeinschaft am Planungsprozess. In der Informationsveranstaltung wurden grundlegende Fragen zur Umsetzung und den erwarteten Auswirkungen der Wärmeplanung diskutiert. Zusätzlich wurde die Bedeutung dieser Maßnahmen für die einzelnen Bürger:innen und die wirtschaftliche Entwicklung in der Region hervorgehoben. Es wurde erläutert, wie durch die Wärmeplanung nicht nur ökologische, sondern auch ökonomische Vorteile erzielt werden können, indem beispielsweise lokale Energieressourcen effizienter genutzt und die Abhängigkeit von externen Energiequellen reduziert werden.

Nach dem erfolgreichen Abschluss der kWP wurden die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse in einer weiteren öffentlichen Veranstaltung präsentiert, die ebenfalls für interessierte Bürger:innen sowie Vertreter:innen aus Gewerbe und Industrie konzipiert war. Diese Veranstaltung diente nicht nur der Vorstellung der erreichten Ergebnisse, sondern auch der Vertiefung des Dialogs zwischen den Projektverantwortlichen und der Öffentlichkeit. Nach einer detaillierten Präsentation der Ergebnisse wurde eine Fragerunde angeboten, in der die Teilnehmenden die Möglichkeit hatten, spezifische Fragen zu den verschiedenen Aspekten des bevorstehenden Transformationsprozesses zu stellen. Die Diskussion konzentrierte sich insbesondere auf die praktische Umsetzung der Planungsergebnisse und die Auswirkungen auf lokale Gemeinschaften, Umweltstandards und die Wirtschaftlichkeit. Dadurch sollte eine breite Akzeptanz und Unterstützung für die bevorstehenden Maßnahmen sichergestellt werden. Darüber hinaus boten Diskussionen an Thementischen eine Plattform für einen Austausch und tiefgehende Gespräche, bei denen spezielle Interessengruppen ihre Bedenken und Vorschläge direkt an die zuständigen Fachleute richten konnten. Dies förderte eine zielgerichtete und effektive Kommunikation und ermöglichte es den Planungsverantwortlichen, direktes Feedback zu erhalten und eventuelle Anpassungen in ihren Planungen zu berücksichtigen.

3. Kommunaler Wärmeplan Budenheim

3.1. Bestandsanalyse

3.1.1. Ziele & Vorgehensweise

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird zur Erfassung des Ist-Zustandes eine detaillierte Analyse des Wärmebedarfs, der Gebäudetypen, Baualtersklassen sowie der aktuellen Versorgungsstruktur durchgeführt. Dies erfolgt basierend auf einer systematischen Datenerhebung.

ERGEBNIS: Detaillierte Status-Quo Analyse des Wärmebedarfs, -verbrauchs und der Versorgungsstruktur Budenheims

Der Prozess von der Erfassung der Daten bis zu einer finalen Bestandsanalyse gliedert sich in vier Prozessschritte:

1. Datenerhebung: Georeferenzierte Analyse des aktuellen Gebäudebestands

- Erhebung und Integration von Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters in Verbindung mit weiteren öffentlich zugänglichen Daten (z. B. ALKIS, INFAS, ...)
- Erstellung eines Wärmekatasters (Detailliertes Verzeichnis, das Informationen über Wärmequellen, Wärmenetze und Wärmeverbräuche enthält)
- Bedarfsweise Hinzuziehung zugekaufter Adressinformationen von Drittanbietern und Wissen aus wissenschaftlichen Erkenntnissen, Statistiken und Gebäudebilanzierungen

⇒ *Ergebnis: ca. 70 % Datenqualität*

2. Datenaufbereitung: Erstellung detaillierte, gebäudescharfe Bestandsanalyse

- Bevollmächtigung von Climate Connection durch Budenheim zur Datenerhebung. Falls nicht möglich: Bereitstellung eines Blueprints durch Climate Connection für Anfragen an Drittanbieter, um Aufwand für Budenheim zu minimieren
- Import weiterer individualisierter Dienste, wie beispielsweise Inspire-konformer WebMap-Services (WMS) für eine starke Vertiefung der Daten
- Manuelle Integration realer Verbrauchsdaten zur Schärfung der Datengüte (EWR-Energieversorger-Daten, kommunale Daten, ...)

⇒ *Ergebnis: ca. 80-90 % Datenqualität*

3. Datenanalyse: Erstellung einer Wärmebilanz

- Untersuchung der bestehenden Wärme- und Kälteversorgungsinfrastruktur differenziert nach Energieträgern und Sektoren
- Erstellung einer Energie- und Wärmebilanz für das Jahr Basisjahr 2023

4. Kartografische Darstellung: Abbildung des Energie- und Wärmebedarfs im digitalen Zwilling

- Detaillierte kartografische Darstellung eines Wärmekatasters der städtischen Struktur, einschließlich Gebäude- und Siedlungstypen
- Präzise Darstellung des Energie- und Wärmebedarfs sowie der aktuellen Versorgungs- und Beheizungsstrukturen

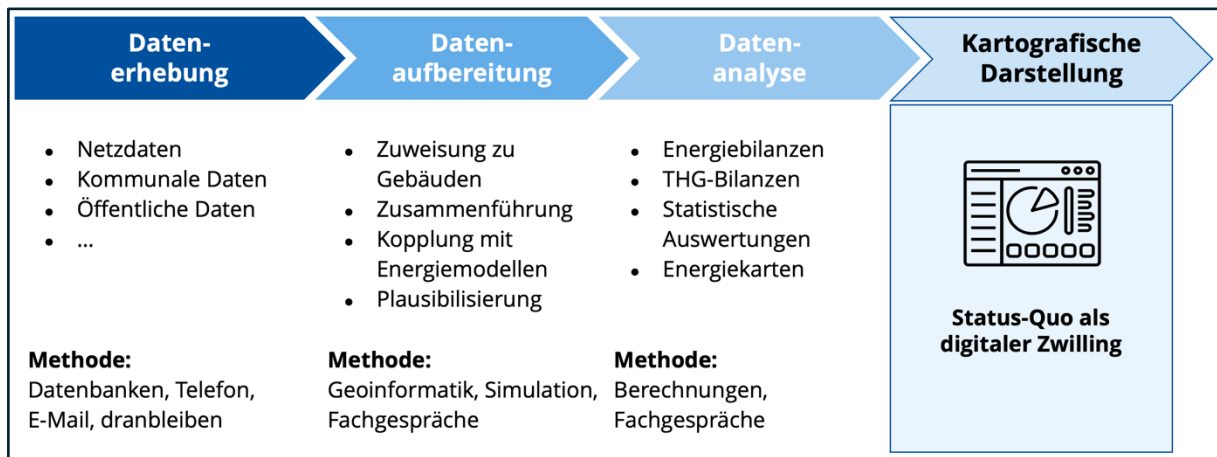


Abbildung 4: Überblick Vorgehen Bestandsanalyse

3.1.2. Digitaler Zwilling & Datenerhebung

Digitaler Zwilling

Ein digitaler Zwilling ist ein virtuelles Abbild eines physischen Objekts, Prozesses oder Systems, das in Daten und Informationen verarbeitet, analysiert und diese visuell simuliert. In der kommunalen Wärmeplanung spielt der digitale Zwilling eine entscheidende Rolle, da er als virtuelles Modell der städtischen Infrastruktur und der Wärmeversorgungssysteme Budenheims dient. Entwickelt wurde das digitale Kartierungstool von der Firma Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH. Es präsentiert ein virtuelles, gebäudegenaues Modell der Gemeinde Budenheim, das als digitaler Zwilling der Gemeinde fungiert. Dieses Modell bildet den aktuellen Status-Quo der Gemeinde ab und dient als Ausgangspunkt für weiterführende Analysen. In den digitalen Zwilling wurden sämtliche erhobenen Daten integriert, darunter z.B. Informationen zu Wärmeverbrauch, Heizsystemtypen und Energieinfrastruktur. Neben der kartografischen Abbildbarkeit der Gemeinde, hilft der digitale Zwilling auch dabei komplizierte Planungs- und Entscheidungsprozesse auf Basis der virtuellen Daten zu treffen. Die Nutzung dieses Tools bietet zudem zahlreiche Vorteile:

- Gewährleistung einer hohen Datenqualität, die für aussagekräftige Analysen und Entscheidungen essenziell ist
- Förderung der kollaborativen Arbeit an Datensätzen, was den Planungsprozess effizienter gestaltet
- Durchführung energetischer Analysen im Softwaretool, wodurch Energieeffizienzmaßnahmen leichter identifiziert und bewertet werden können
- Filtermöglichkeit und interaktive Anpassung der Daten, um spezielle Gebiete für die Wärmeversorgung auszuzeichnen



Abbildung 5: Gemarkung der Gemeinde Budenheim ohne eingepflegte Daten

Datenerfassung

Für die Durchführung der kommunalen Wärmeplanung ist die Erfassung einer Vielzahl von Daten aus verschiedenen Quellen erforderlich. Alle zu erhebenden Daten wurden aus dem Jahr 2023 erfasst und in die Wärmeplanung integriert. Dieses gilt als Basisjahr und somit als Ausgangspunkt für den Status Quo. Im nächsten Abschnitt werden die wesentlichen zu sammelnden Daten sowie deren Quellen detailliert erläutert. Die folgende Abbildung dient dazu, die benötigten Daten für die Bestandsanalyse zu veranschaulichen und einzuordnen.

Für eine effiziente Datenerfassung wurde EWR Climate Connection autorisiert, Daten direkt von den Anbietern abzurufen. So mussten spezifische landesweite Daten oder Strom- und Gasinformationen nicht von der Gemeinde Budenheim selbst angefordert und hochgeladen werden, sondern konnten direkt durch EWR Climate Connection angefragt und verarbeitet werden.

Datenschutz

Alle Daten wurden zu Gruppen von jeweils 5 benachbarten Gebäuden aggregiert und anschließend auf Straßenzugsebene geliefert. Anschließend wurden die Versorgerdaten mit den Tooldaten verschnitten und die Durchschnittswerte auf die einzelnen Häuser zerlegt.

Für die einfache Sammlung großer Datenmengen wurde eine passwortgeschützte Cloud der EWR AG eingerichtet. Dort wurden die entsprechenden Formulare zur Datensammlung bereitgestellt. In enger Zusammenarbeit mit Budenheim wurden die erforderlichen Daten entweder über die EWR Cloud oder per E-Mail bereitgestellt.

Kommunale Daten

Die zu erfassenden Daten beinhalteten:

- Klimaschutzkonzept Budenheims
- Bestehende Studien und Konzepte im Bereich Klimaschutz (Klimaschutzkonzepte, Quartierskonzepte usw.)
- Angaben zu kommunalen Gebäuden (Gebäudetyp, Energieverbrauch, Heizungstyp und Alter)
- Daten zu geplanten oder in Erwägung gezogenen Neubaugebieten
- Zukünftige größere Tiefbaumaßnahmen
- Flächennutzungspläne
- Regenerative Energieprojekte im Bereich Wind und oder PV-Anlagen

Um eine klare und effiziente Datensammlung zu gewährleisten, erhielt die Gemeinde Budenheim einen detaillierten Leitfaden zur Datenbereitstellung. Zusätzlich wurden persönliche Gespräche mit der Steuerungs- und Fachgruppe geführt, um die Vollständigkeit und Verfügbarkeit aller relevanten Daten und Informationen zu sichern.

Daten des Energieversorgers

Die Bestimmung des kommunalen Gesamtenergiebedarfs im Gemeindegebiet kann entweder durch standardisierte Bedarfskennzahlen oder durch die Erfassung von tatsächlichen Verbrauchsdaten erfolgen. Letztere spiegeln die realen Nutzungsbedingungen genauer wider als pauschale Kennzahlen. Energieversorger verfügen über detaillierte Verbrauchsdaten für Strom (einschließlich Heiz- und Wärmepumpenstrom), Wärme (Verkauf über Wärmenetze) und Gas auf Gebäudeebene.

Für eine qualitativ hochwertige Bedarfsanalyse ist die Gemeinde befugt, erforderliche Daten direkt bei den Energieunternehmen zu erheben. Zur Vereinfachung der Datenerfassung wurden diese Daten jedoch direkt von EWR Climate Connection angefordert, was die Gemeinde Budenheim deutlich entlastete. Energieunternehmen bieten als Betreiber von Energienetzen und Erzeugungsanlagen zusätzlich wichtige Informationen zur vorhandenen Infrastruktur. Besonders für große Wärmenetze sind Informationen zur eingesetzten Technologie in Heizzentralen essenziell, um mögliche Transformationspotenziale zu identifizieren. Die Datenabfrage des Energieversorgers umfasst dabei folgende Bereiche:

- Energieanlagen und -infrastrukturen
 - Energienetze (Abwasser-, Gas-, Wärmenetze)
 - Installierte Kraft-Wärme-Kopplungsleistung
 - Installierte Kapazität für elektrische Speicherung
 - Installierte Kapazität für thermische Speicherung
 - Photovoltaikanlagen (Anzahl und Leistung)
 - Wärmezentralen, inklusive Informationen zu Temperaturniveaus, Wärmeerzeugungstypen, Leistung der Erzeuger und Netzabnahme, Wärmemenge
- Verbrauchsdaten
 - Gasverbrauch
 - Wärmeverbrauch (an Wärmenetzen)
 - Wärmestromverbrauch, aufgeschlüsselt in Direktstrom und Wärmepumpenstrom

Industrie

Bei der ersten Berechnung des Wärmebedarfs ist es relevant große Industrieunternehmen zu identifizieren, die signifikant zu einem erhöhten Gesamtenergieverbrauch in der Gemeinde Budenheim beitragen. Zur Erkennung von Abwärmepotenzialen und Möglichkeiten zur Energieeffizienzsteigerung ist es erforderlich, dass Gewerbe- und Industriebetriebe spezifische Daten zu ihrem Endenergiebedarf und Wärmeverbrauch bereitstellen. Diese Industrieunternehmen wurden schriftlich kontaktiert und mittels eines Kick-Offs zur Erfassung der Industriedaten umfassend über die Nutzung der Verbrauchsdaten und Abwärmepotenziale aufgeklärt.

Daten der Schornsteinfeger

Wichtige Daten im Bereich der Heizungsanlagen in Gebäuden werden grundsätzlich von den Bezirksschornsteinfegern erfasst, verarbeitet und dokumentiert. Damit lassen sich die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung durch eine breitere Datenbasis anreichern und somit schärfen.

Nach § 11 Wärmeplanungsgesetz sind die bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger auskunftspflichtig gegenüber der planungsverantwortlichen Stelle, die Daten zur Erfüllung der Aufgaben nach § 4 bis 6 WPG für die Bestands- und Potenzialanalyse bereit zu stellen. Der Bezirksschornsteinfeger der Gemeinde Budenheim wurde dementsprechend frühzeitig angefragt, sodass die Daten zu den Heizungsanlagen in Budenheim bereits zu Beginn der Bestandsanalyse zur Verfügung standen.

Die typischerweise von den Bezirksschornsteinfegern bereitgestellte Daten umfassen unter anderem:

- Adresse (Postleitzahl, Straße, Hausnummer)
- Art der Feuerstätte
- Feuerstättennummer
- Brennstoff
- Nennwärmeleistung
- Baujahr
- Heizwert/ Brennwert
- Art der Heizung (Zentralheizung/ Einzelraumheizung)

Relevante Informationen wie Adresse, Baujahr und Heizungsart wurden bereits durch kommunale und öffentliche Daten sowie den Daten des Energieversorgers erfasst. Die Integration der Schornsteinfegerdaten kann somit die Datenqualität erhöhen, ist aber nicht ausschlaggebend für die Durchführung einer kommunalen Wärmeplanung.

Aufbereitung der Daten

Nach der Validierung, Bereinigung und Vervollständigung der Daten ermöglichte der digitale Zwilling die Durchführung von Datenauswertungen, die in verschiedenen Layern des Geoinformationssystems (GIS) visualisiert wurden. Zur Gewährleistung einer hochwertigen Datenaufbereitung und -analyse wurde ein spezieller Algorithmus entwickelt. Dieser berechnet den Wärmeverbrauch von nicht leitungsgebundenen Wärmequellen, wie beispielsweise Öl- oder Holz-betriebenen dezentralen Heizungsanlagen. Zusätzlich wurden fehlende Daten durch die Verwendung von Durchschnittswerten ergänzt (gängiger Ansatz zur Schärfung der vorliegenden Datenquellen). In regelmäßigen Austauschterminen mit der Steuerungsgruppe wurde die Datenqualität kontinuierlich durch die Expertise der Beteiligten überprüft und bei Bedarf optimiert.

3.1.3. Erkenntnisse der Bestandsanalyse

Gemeindestruktur

Die Gemeinde Budenheim zählt zum ländlich geprägten Raum und erstreckt sich über eine Fläche von 10,61 km² angrenzend im Westen der rheinland-pfälzischen Landeshauptstadt Mainz. Die Gemeinde Budenheim ist im Landkreis Mainz-Bingen die einzige verbandsfreie Kommune ohne Stadtrechte. Im Norden bildet der Rhein die Grenze, während im Süden und Westen der Lennebergwald das Ortsgebiet umschließt. Im Osten grenzen die Mainzer Stadtteile Mombach und Gonsenheim an Budenheim, im Süden schließt sich Mainz-Finthen an. Westlich liegt der Ingelheimer Stadtteil Heidesheim am Rhein, und auf der anderen Rheinseite befindet sich die zum hessischen Rheingau-Taunus-Kreis gehörende Gemeinde Walluf. Stand Dezember 2024 beherbergt die Gemeinde 8104 Einwohner, die sich auf insgesamt 2083 Gebäude verteilen. Die Gesamtnutzfläche in der Gemeinde Budenheim beträgt insgesamt 650.920 m².

Gewerbe und Industrie

Im Gewerbegebiet der Gemeinde Budenheim befinden sich die international tätigen Chemische Fabrik Budenheim sowie die BERICAP Group. Überwiegend wird die Wirtschaftsstruktur jedoch von mittelständischen Unternehmen und Kleingewerben geprägt.

Bisherige Klimaschutzmaßnahmen

In der Gemeinde Budenheim wurden neben dem Klimaschutz 20203 bereits verschiedene Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt, die zu einer deutlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen geführt haben:

- Online Seminarreihe "Solar" 2025
- Wärmeeffizienz-Kampagne: Heizungstausch und Sanierung
- Straßenbeleuchtung
- Klimafreundliche Gebäudeplanung
- Balkon-PV-Anlagen
- STADTRADELN 2025
- E-Mobilität
- Hallenbad - Austausch Beckenwasserpumpe
- Gründung einer Bürgerenergiegenossenschaft

Energiebilanziell erzeugt die Gemeinde Budenheim einen Bruchteil elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen im Vergleich zum Verbrauch. Als Beispiel wird das Jahr 2024 angeführt:

- Erzeugung regenerativer Energien ca. 6,5 MWh
- Verbrauch elektrischer Energie ca. 43,625 MWh

Im Jahr 2022 verteilte sich die Energieerzeugung auf folgende Anlagen:

- 2 Gasanlagen
- 299 PV-Anlagen

Gebäudekategorien und -typen

Die Analyse des Gebäudebestands erfolgte durch die Kombination verschiedener Datenquellen, einschließlich offenem Kartenmaterial, Zensusdaten, ALKIS-Daten, kommunalen Daten und weiteren verfügbaren Informationen. In der nachfolgenden Abbildung sind die Gebäude ausgehend von der Gesamtgebäudeanzahl von 2.083 Gebäuden nach Sektoren aufgliedert.

Gebäudeanzahl nach Sektoren

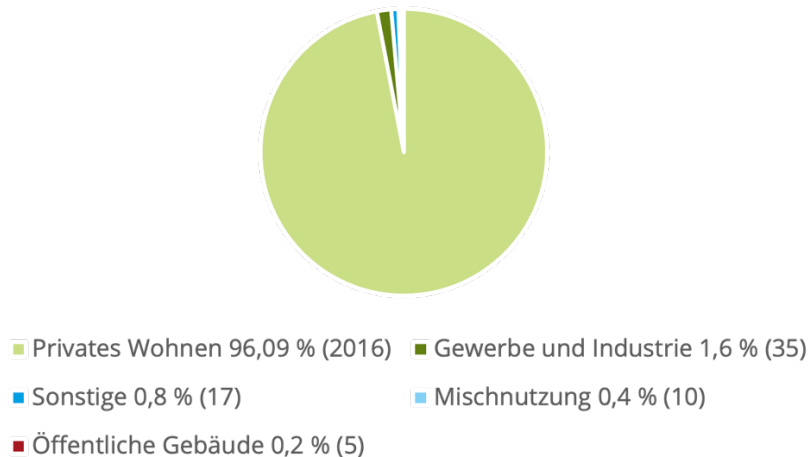


Abbildung 6: Gebäudeanzahl nach Sektor

Private Wohngebäude dominieren mit einem Anteil von 96 %. Es liegt ein geringer Anteil an Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) sowie Industrie mit 1,6 % und Gebäuden des öffentlichen Zwecks mit 0,2 % vor. Der Wohnsektor stellt den größten Anteil am Gebäudebestand dar und spielt daher eine zentrale Rolle in der Energiewende.



Abbildung 7: Verteilung der Gebäudezahl nach Sektoren

Die privaten Wohngebäude befinden sich verteilt über die gesamte Fläche der Gemeinde Budenheim. Gebäude aus dem GHD sind ebenfalls verteilt über das bebaute Gebiet zu finden. Im

Zentrum befinden sich die Gebäude des öffentlichen Dienstes. Angesichts der Möglichkeiten zur Nutzung industrieller Abwärmequellen bietet das Ortsgebiet durch die vorliegenden Industrie- und Produktionsunternehmen möglicherweise nutzbaren Potenziale. Allerdings sollten diese im Rahmen der zukünftigen Wärmeplanungen in Betracht gezogen werden.

Betrachtet man die Verteilung der Häuser ist ersichtlich, dass die Bebauung in Budenheim vornehmlich durch Einfamilienhäuser geprägt ist. Reihenhäuser bilden knapp 20 % ab, ebenso wie Mehrfamilienhäuser. Wohnblöcke und Hochhäuser machen mit knapp zwei Prozent nur einen geringen Anteil aus.

Verteilung Wohngebäude

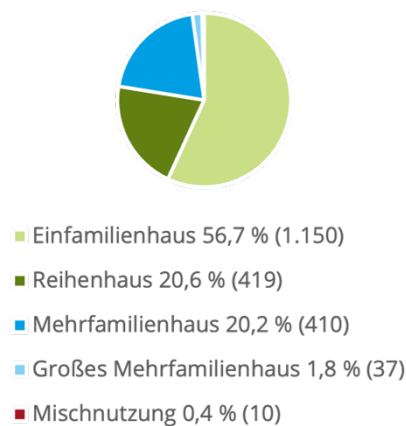


Abbildung 8: Verteilung nach Wohngebäuden

Baualtersklassen

In der Bestandsanalyse wird die Entwicklung der Bebauung anhand des Baujahrs der Gebäude untersucht. Die beigefügte Grafik ordnet die Gebäude verschiedenen Baualtersklassen farblich zu, um die zeitliche Entwicklung der Bebauung in der Gemeinde Budenheim zu veranschaulichen.

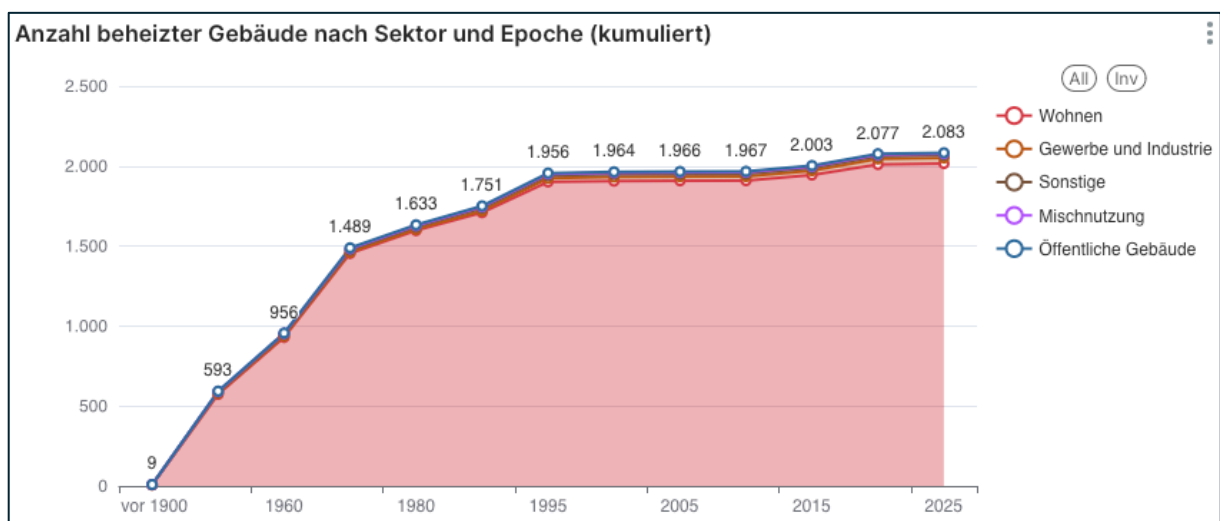


Abbildung 9: Entwicklung der Bebauung

Insgesamt wurden in der Gemeinde Budenheim 2.083 Gebäude erfasst. Die Mehrheit der Gebäude in Budenheim wurde vor der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977

errichtet, die ein Mindestmaß an Dämmung vorschrieb. Gebäude aus den Jahren 1949 bis 1978 machen mit 43,5 % den größten Teil des Gebäudebestands aus und verfügen insgesamt über das größte Potenzial für Sanierungen. Altbauten, die vor 1919 errichtet wurden, zeigen den höchsten spezifischen Wärmebedarf, besonders dann, wenn sie bisher wenig oder gar nicht saniert wurden. Obwohl diese Gebäude aufgrund ihres Sanierungspotenzials attraktiv sind, können denkmalschutzrechtliche Beschränkungen die Sanierungsmöglichkeiten einschränken. Insgesamt würde dies auf 0,3 Gebäude in der Gemeinde Budenheim Gemarkung zutreffen. Um das vollständige Sanierungspotenzial jedes Gebäudes zu nutzen, sind gezielte Energieberatungen und angepasste Sanierungskonzepte für alle Baualtersklassen erforderlich.

Anzahl beheizter Gebäude nach Epochen												
vor 1900	1945	1960	1970	1980	1985	1995	2000	2010	2015	2020	2025	Gesamt
3	354	232	335	76	31	47	2	0	24	39	5	1150
0	125	63	89	39	32	54	2	0	3	12	0	419
4	87	44	87	25	49	88	1	1	8	15	1	410
0	0	17	14	3	0	3	0	0	0	0	0	37
0	4	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	570	358	527	143	113	193	5	1	35	66	6	2026

Abbildung 10: Gebäudebestand nach Altersbauklassen

Wärmebedarf

Die Ermittlung des Wärmebedarfs für leitungsgebundene Heizsysteme wie Gas, Wärmenetze, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen erfolgte anhand der gemessenen Endenergieverbräuche. Unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade der verschiedenen Heiztechnologien konnte daraus die Nutzenergie, also der Wärmebedarf, bestimmt werden. Für nichtleitungsgebundene Heizsysteme wie Öl, Holz und Kohle sowie für beheizte Gebäude ohne spezifische Informationen zum Heizsystem wurde der Wärmebedarf anhand der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiterer gebäudespezifischer Datenpunkte kalkuliert. Bei Gebäuden mit nichtleitungsgebundenen Systemen ließ sich der Endenergieverbrauch unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade ableiten.

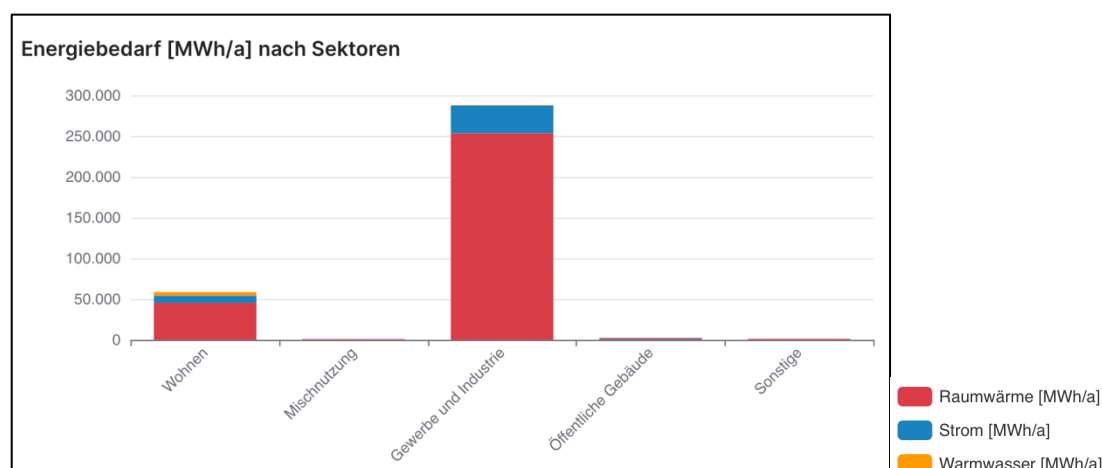


Abbildung 11: Wärmebedarf (Raum- und Prozesswärme) nach Sektor

Der aktuelle Wärmebedarf in der Gemeinde Budenheim beläuft sich auf jährlich 301 GWh. Die Industrie stellt mit 83 % den größten Anteil dar, während der private Wohnsektor 18 % des Gesamtwärmebedarfs ausmacht. Öffentliche Gebäude einschließlich kommunaler Liegenschaften tragen hingegen 0,3 % zum Wärmebedarf bei, während GHD hier einen Anteil von 1,7 % ausmachen.

Der Wärmebedarf eines Gebäudes kann als Wärmeliniedichte quantifiziert werden, welche die Wärmelast des Gebäudes einem bestimmten Abschnitt einer nahegelegenen Straße zuordnet. Diese Zuordnung basiert auf einer detaillierten Analyse der thermischen Eigenschaften des Gebäudes sowie der umgebenden Umgebung, wobei verschiedene Parameter wie Gebäudegröße, Isolierungsniveau und Klimadaten berücksichtigt werden.

Im Zentrum der Gemeinde Budenheim zeigt sich die höchste Wärmeliniedichte. Dies ist besonders relevant für die Identifikation und Erweiterung von Gebieten, die für Wärmenetze geeignet sind, da eine hohe Wärmeliniedichte auf eine starke Eignung für Wärmenetze hindeutet.

Es ist entscheidend, zwischen der aufgewendeten Endenergie für die Wärmebereitstellung und dem tatsächlichen Wärmebedarf zu unterscheiden, um Energie- und Wärmesysteme effektiv analysieren zu können. Der Wärmebedarf definiert die benötigte Menge an Nutzenergie, zum Beispiel die Raumwärme, die erforderlich ist, um einen Raum zu heizen. Die Endenergie hingegen bezieht sich auf die Menge an Energie, die eingesetzt wird, um diesen Wärmebedarf zu decken, wie etwa die Menge an Öl, die in Brennwertkesseln verbraucht wird.

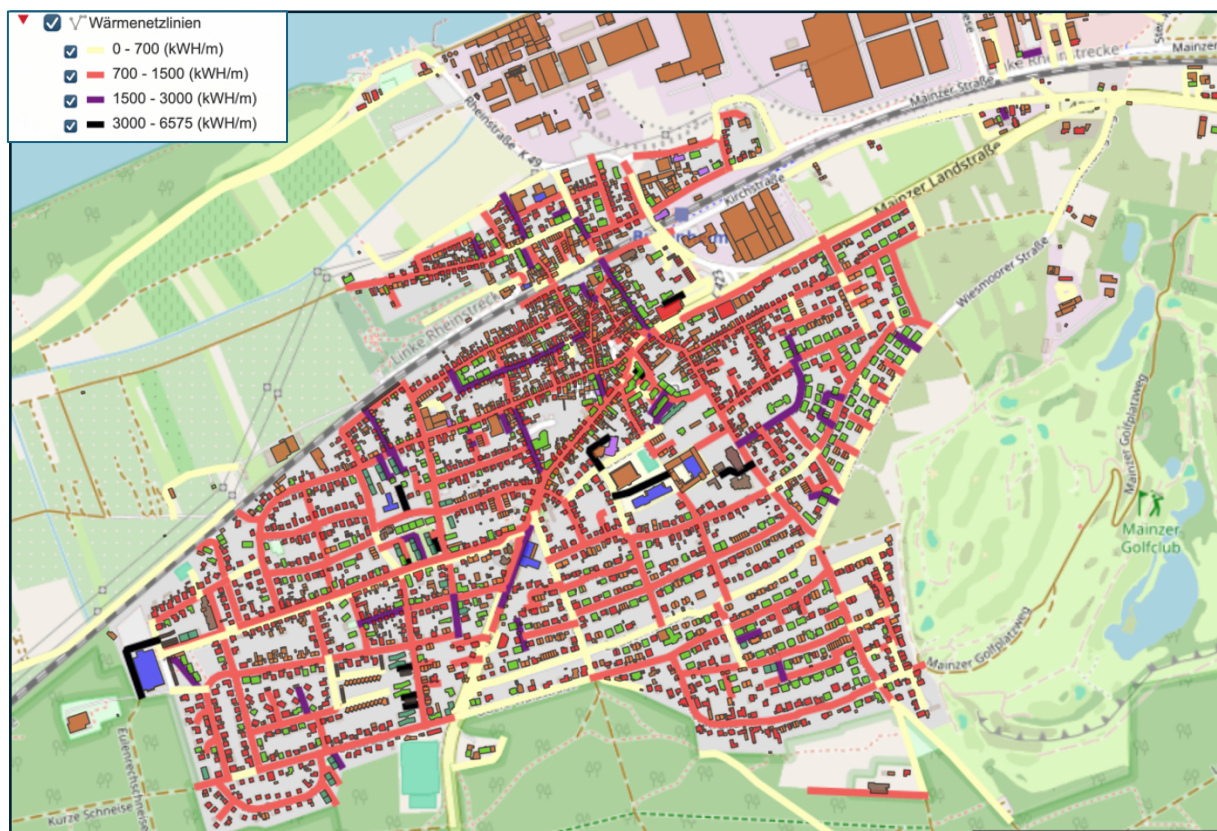


Abbildung 12: Verteilung spezifischer Wärmebedarfsdichten

THG-Emissionen nach Sektor im Jahr

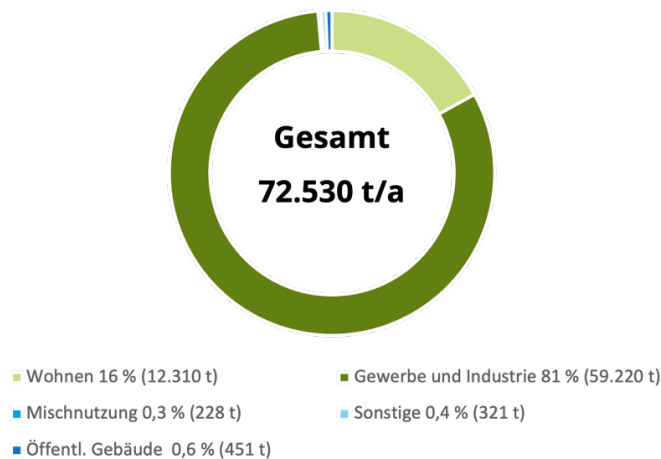


Abbildung 13: THG-Emissionen nach Sektoren

Das Ziel der Wärmeplanung besteht darin, einen Weg zur Treibhausgasneutralität aufzuzeigen. Deshalb ist ein wesentlicher Teil der Bestandsanalyse die Erfassung der Treibhausgasemissionen. In der Gemeinde Budenheim belaufen sich die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich derzeit auf 72.530 t pro Jahr. Davon entfallen 16 % auf den privaten Wohnsektor, 81 % auf Industrie und GHD, 0,3 % auf Mischnutzung, 0,4 % auf Sonstige und 0,6 % auf öffentlich genutzte Gebäude.

Gas trägt mit 99,8 % am meisten zu den Treibhausgasemissionen bei, gefolgt von Heizöl mit 0,2 %. Diese Zahlen verdeutlichen die Dringlichkeit, alternative Energiequellen zu fördern und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Der geringe Anteil von Strom und Umweltwärme ist aufgrund der geringeren Relevanz nicht in die Betrachtung eingeflossen.

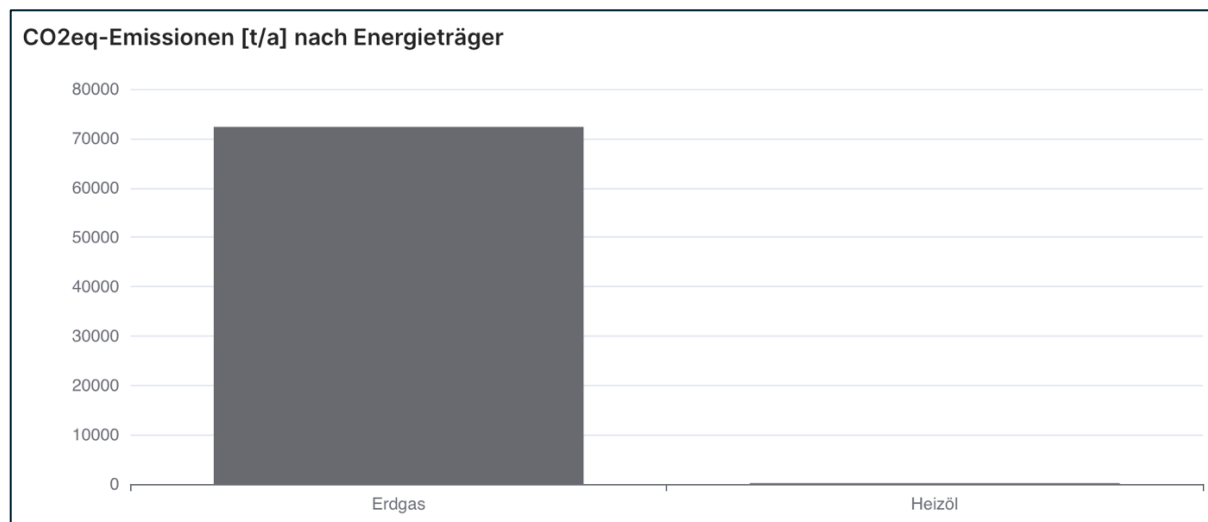


Abbildung 14: THG-Emissionen nach Energieträgern

Die Analyse dieser Faktoren zeigt den Einfluss verschiedener Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß auf. Zudem reflektieren die Emissionsfaktoren die erwartete Dekarbonisierung im Wärme- und Stromsektor, der sich von aktuell 72.000 tCO₂ pro Jahr auf zukünftig 4000 tCO₂ pro Jahr verbessern wird. Dies wird elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen in Zukunft voraussichtlich weiter fördern.

Die Emissionsfaktoren, die für die Berechnungen der Treibhausgase herangezogen wurden, können der nachfolgenden Tabelle 2 entnommen werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Umrechnung der Energieträger in Emissionsfaktoren, die in tCO₂-Äquivalenten bemessen werden. CO₂-Äquivalente (kurz CO₂eq) sind eine Maßeinheit, die verwendet wird, um die Klimawirkung verschiedener Treibhausgase zu vergleichen. Treibhausgase wie Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃) haben unterschiedliche Wirkungen auf den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung. Um diese vergleichbar zu machen, werden ihre Emissionen in CO₂eq umgerechnet, indem ihre jeweiligen Treibhauspotenziale mit der Menge an CO₂ multipliziert werden, die die gleiche Wirkung auf den Klimawandel hätte. Diese Umrechnung ermöglicht es, die Gesamtemissionen einer bestimmten Quelle oder eines bestimmten Sektors in einer einheitlichen Maßeinheit auszudrücken und zu vergleichen.

Energieträger	Emissionsfaktoren (tCO ₂ eq/MWh)		
	2021	2030	2040
Heizöl	0,311	0,311	0,311
Erdgas	0,233	0,233	0,233
Strom (Direktheizung)	0,431	0,180	0,50
Strom (Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl 4)	0,108	0,045	0,013

Tabelle 2: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA-BW, 2020)

Treibhausgasbilanz

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde gleichzeitig eine CO₂-Bilanzierung nach dem BSKO-Standard durchgeführt. Dieser gilt als Bilanzierungs-Systematik für Kommunen, der Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland vorsieht und als standardisiertes Rahmenwerk herangezogen wird (ifeu, 2019).

Im Rahmen der Treibhausgasbilanzierung werden nicht-energetische Emissionen sowie Emissionen aus dem Verkehrssektor nicht berücksichtigt, da diese Bilanzierungsergebnisse nicht im Zentrum der kommunalen Wärmeplanung stehen.

Energiebedarfe nach Sektor im Jahr

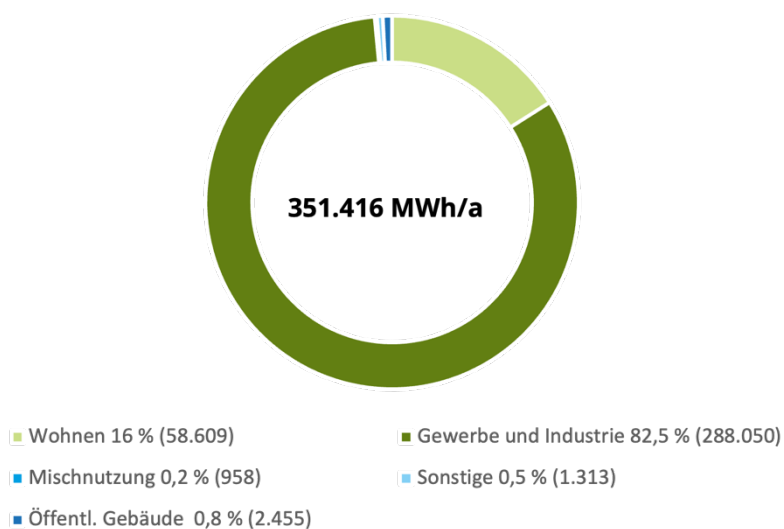


Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach BSKO

Die Ergebnisse zeigten unter anderem, dass der gesamte Endenergieverbrauch in der Gemeinde Budenheim etwa 351,416 GWh/a betrug. Davon fällt der Großteil dessen auf Gewerbe und Industrie.

Die Treibhausgasemissionen in der Gemeinde Budenheim beliefen sich auf rund 72.530 tCO₂. Die Ergebnisse decken sich mit dem Endenergieverbrauch nach BSKO und zeigen eine passende Verteilung der Treibhausgasemissionen im Sektor der privaten Haushalte.

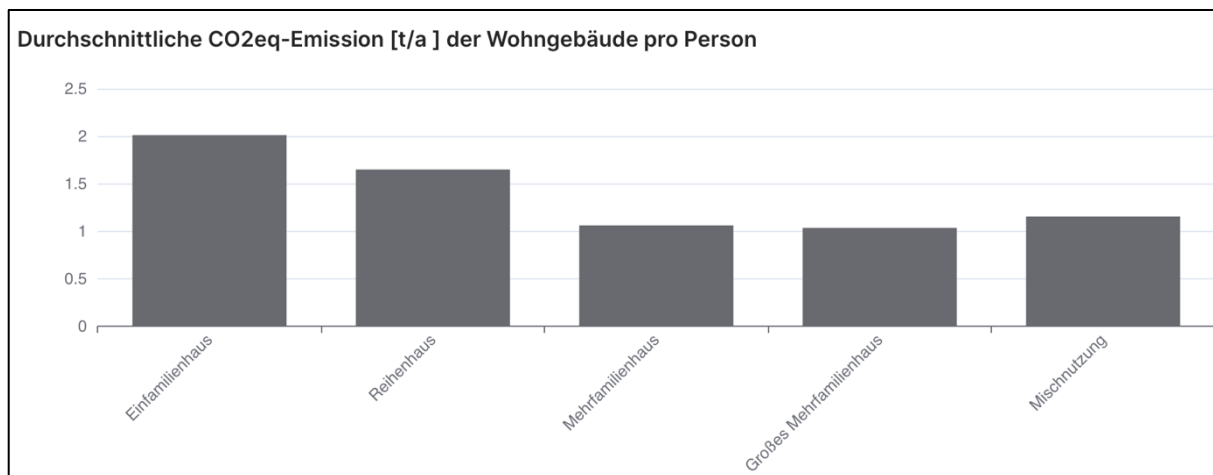


Abbildung 16: Jährliche THG-Emissionen pro Kopf

Verteilung der Heizungen

Die bestehende Infrastruktur der Wärmeerzeugung wurde analysiert, wobei das primäre Heizsystem jedes Gebäudes identifiziert wurde. Als Datenbasis dienten die Informationen über den verwendeten Brennstoff sowie die Art und das Alter der jeweiligen Heizungsanlagen. Diese wurden durch Verbrauchs- und Netzdaten ergänzt.

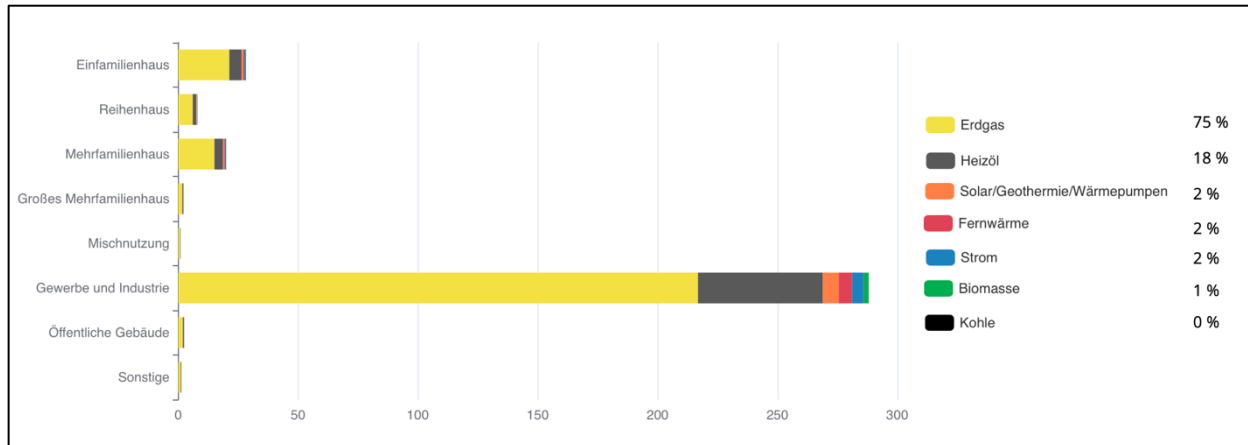


Abbildung 17: Verteilung der Heizungen

Es zeigt sich eine gemischte Verteilung der Heizungsarten. Gasheizungen sind mit knapp 75 % die dominierende Energiequelle, gefolgt von Heizöl mit knapp 18 %.

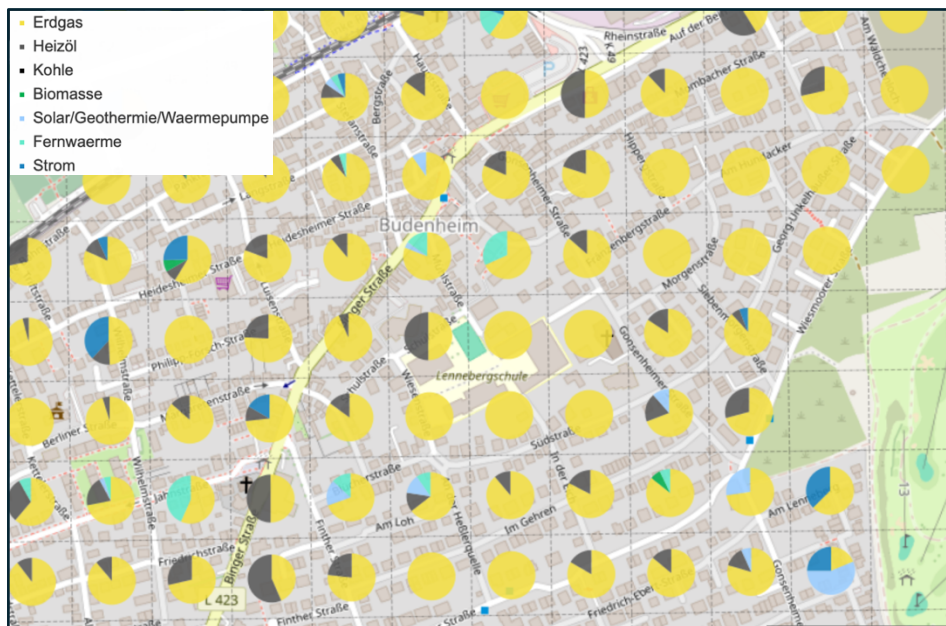


Abbildung 18: Verteilung der Primärheizsysteme im Ortskern Budenheim

Endenergiebedarf und eingesetzte Energieträger

Jährlich werden 351,416 GWh Endenergie benötigt, um die Wärmeversorgung in den Gebäuden der Gemeinde Budenheim sicherzustellen.

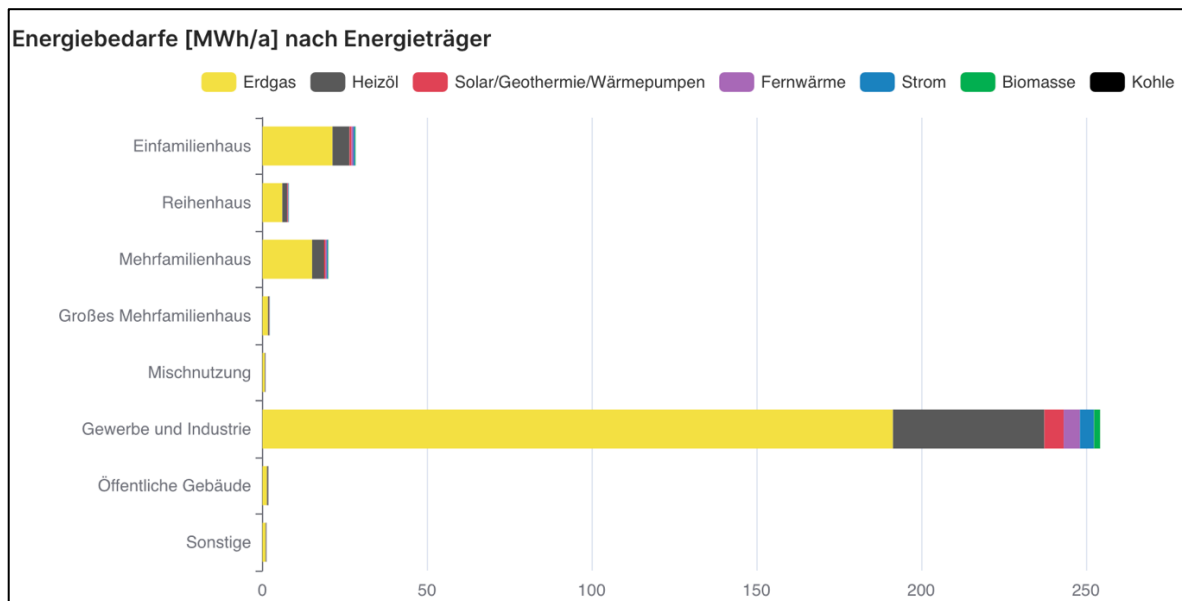


Abbildung 19: Endenergiebedarf

Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung zeigt die vorherrschende Rolle fossiler Brennstoffe im derzeitigen Energiemix. Erdgas ist mit 75 % der Hauptlieferant für Wärme, gefolgt von Heizöl mit 18 %. Solar, Geothermie und Wärmepumpen weisen einen Anteil von 2,2 % auf, während Fernwärme bei 1,8 % liegt und Strom bei 1,5 % des Anteils. Biomasse macht nur 0,6 % des Endenergiebedarfs aus und stellt damit den geringsten Anteil. Insgesamt liegen im Verhältnis wenig regenerative Heizsysteme vor.

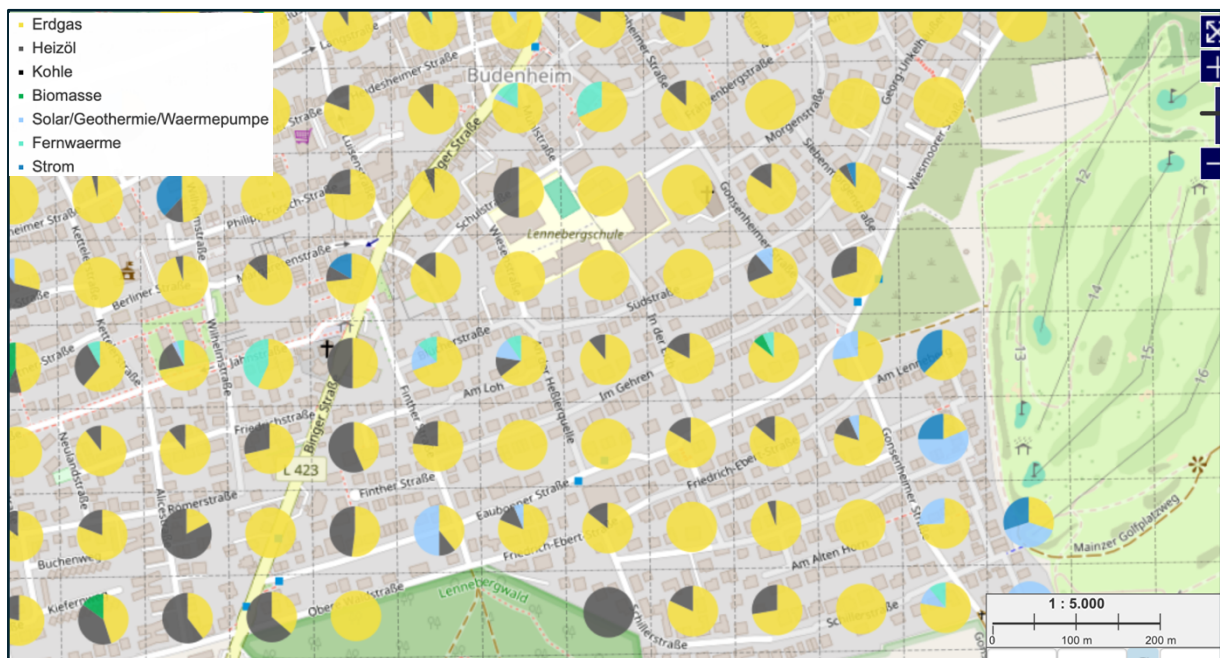


Abbildung 20: Verteilung der Energieträger am Beispiel

Die Verteilung der Energieträger zeigt, dass viele Ölheizungen im Kernbereich der Gemeinde vorliegen. Ebenfalls dominiert Erdgas im Zentrum der Gemeinde Budenheim, während Wärmepumpen in den neueren Baugebieten oder bei Nachverdichtungsgebieten zu finden sind. Biomasse ist gering verteilt und ist vornehmlich im Neubaugebiet vorzufinden.

Fazit Bestandsanalyse

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse der Gemeinde Budenheim zeigen, dass die Industrie mit großem Abstand für die meisten Emissionen in der Gemeinde verantwortlich ist. Danach folgt der Wohnsektor, mit knapp 15 % am Wärmebedarf. 69 % der Gebäude wurden vor 1979 erbaut, also vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung.

Der Wärmebedarf in der Gemeinde Budenheim beträgt insgesamt 302 GWh pro Jahr und lässt sich wie folgt auf die verschiedenen Sektoren aufteilen:

- Wohngebäude: 15 %
- Industrie und Gewerbe: 84 %
- Mischnutzung: 0,1 %
- Sonstige: 0,4 %
- Öffentliche Gebäude: 0,5 %

Die Wärmeerzeugung in diesen Gebäuden führt zu einem jährlichen Endenergiebedarf von 302 GWh. Die Verteilung des Endenergiebedarfs ist nachfolgend dargestellt.

- Erdgas: 75 %
- Nah- und Fernwärme: 1,5 %
- Heizöl: 18 %
- Biomasse: 0,6 %
- Wärmepumpen: 2,2 %
- Strom: 1,8 %

Fossile Brennstoffe dominieren in der Gemeinde Budenheim, wohingegen regenerative Energieträger wie Biomasse oder elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen gering vertreten sind. Der in der Gemeinde Budenheim überwiegend vorhandene ältere Gebäudebestand weist ein erhöhtes Sanierungspotenzial auf, der zugleich ein erhebliches Potenzial für energetische Modernisierungen eröffnet. Durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen, insbesondere im Bereich effizienter Heizsysteme, können die Treibhausgasemissionen im Wohnsektor nachhaltig gemindert werden.

3.2. Potenzialanalyse

3.2.1. Ziele & Vorgehensweise

Im Anschluss an die Bestandsaufnahme wurden systematisch technische Energieeinsparpotenziale und Möglichkeiten der Wärmebedarfsreduktion ermittelt. Zudem wurden lokale Potenziale erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme aufgezeigt. Diese zeigen Möglichkeiten auf, innerhalb der sich zukünftige Versorgungsszenarien bewegen können.

ERGEBNIS: Ermittlung und räumlich aufgelöste Darstellung von Energieeinsparmöglichkeiten und Aufzeigen lokaler Potenziale erneuerbarer Energien sowie Abwärme

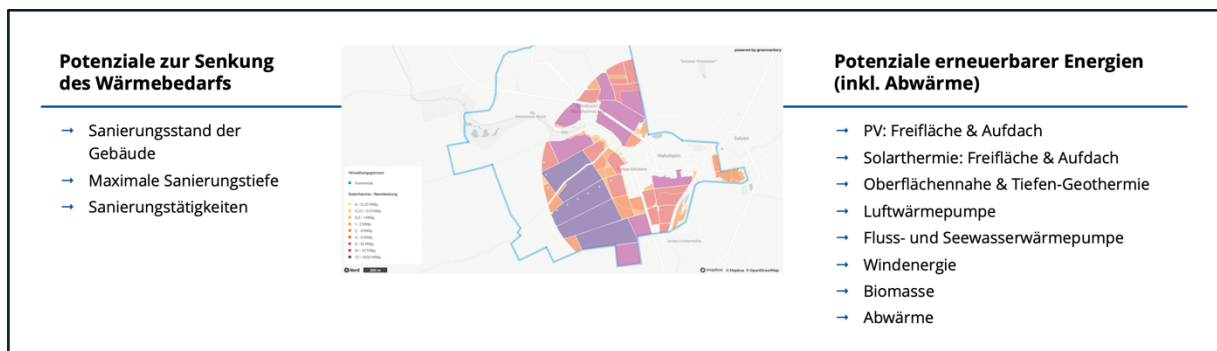


Abbildung 21: Beispielhafte Darstellung von Solarthermie-Freiflächen Potenzialen

1. Ableitung von Potenzialen zur Senkung des Wärmebedarfs

- Vorauswahl geeigneter Flächen und Eignung der Gebäude auf Basis lokaler Restriktionen
- Ermittlung der Sanierungsraten und -tiefe der Gebäudetypen pro Baualtersklasse und Gebäudetyp zur Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz
- Aufzeigen von Potenzialen zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften
- Vor-Ort-Begehungen zur Einbeziehung der nicht digital darstellbaren örtlichen Gegebenheiten in die Potenzialanalyse
- Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs anhand der aktuellen Datenbasis für die Gemeinde Budenheim
- Ingenieurtechnische Bewertung der lokalen Potenziale auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit

2. Aufzeigen von lokalen Potenzialen der erneuerbaren Energien und der Abwärme

- Identifikation und Quantifizierung erneuerbarer Energiequellen für die Wärmeversorgung, inklusive Abwärmenutzung und Kraft-Wärme-Kopplung
- Detaillierte Untersuchung, Quantifizierung und georeferenzierte Darstellung technisch möglicher Potenziale von Solar- und Geothermie, Umweltwärme, land- und forstwirtschaftlich erwirtschafteter Biomasse, Abwärme aus Abwasser oder Kläranlagen und nicht vermeidbare Abwärme aus Industrie, Gewerbe und öffentlichen Liegenschaften
- Ausweisung von Potenzialen neu geplanter (kommunaler) Neubauten in Bezug auf Energie- und Wärmeversorgung

Die identifizierten Potenziale werden im Rahmen der Potenzialanalyse ausgewiesen, sollten aber im Rahmen einer Machbarkeitsstudie weiter definiert werden, um auch die Realisierbarkeit der Potenziale bewerten zu können.

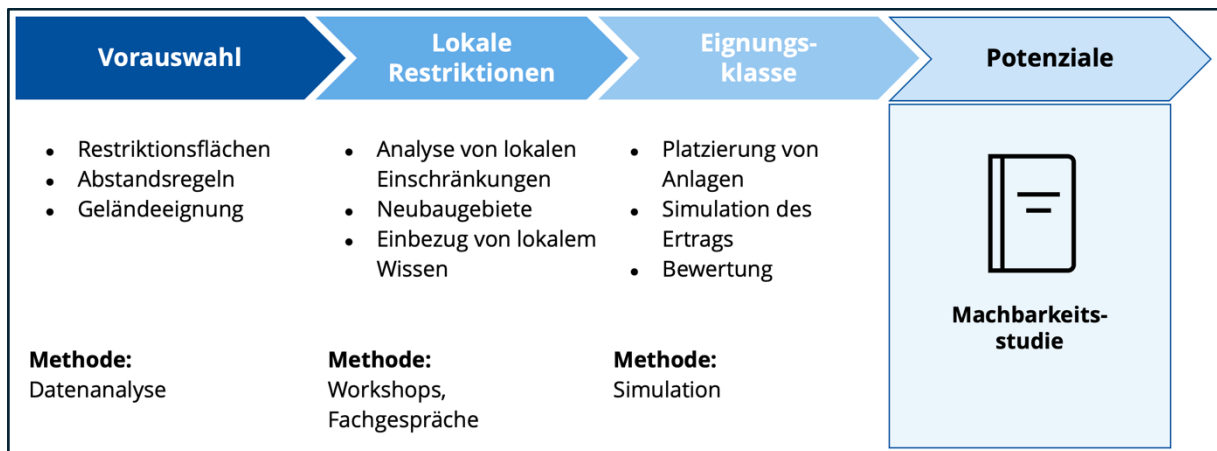


Abbildung 22: Überblick Vorgehen Potenzialanalyse

3.2.2. Überblick über Potenziale

Um die Potenzialanalyse durchzuführen, wurden die technischen Möglichkeiten der wichtigsten erneuerbaren Wärmequellen im Untersuchungsgebiet ermittelt und kartografisch dargestellt. Gleichzeitig wurden die Potenziale für regenerativen Strom erfasst und alle ermittelten Potenziale anschließend schrittweise eingegrenzt. Diese strukturierte Erfassung von Energiequellen für die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung ist ein wesentlicher Schritt in der kommunalen Wärmeplanung und zeigt 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 vorliegenden Potenzialanalyse.

Potenzialdefinitionen

Entsprechend den Empfehlungen des "Kommunale Wärmeplanung Handlungsleitfaden" der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW, 2020) liegt der Schwerpunkt der Potenzialanalyse im Rahmen der kWP auf der **Bestimmung** der **theoretischen und technischen Potenziale**. Neben der technischen Umsetzbarkeit spielen wirtschaftliche Aspekte jedoch ebenfalls eine wesentliche Rolle. Daher werden ökonomische Einschränkungen, wo sinnvoll und nachvollziehbar, in die Analyse einbezogen und entsprechend gekennzeichnet. Dies fördert eine zielgerichtete Diskussion und die Entwicklung praxisnaher Maßnahmen. Ein Überblick über die unterschiedlichen Potenzialdefinitionen ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen.

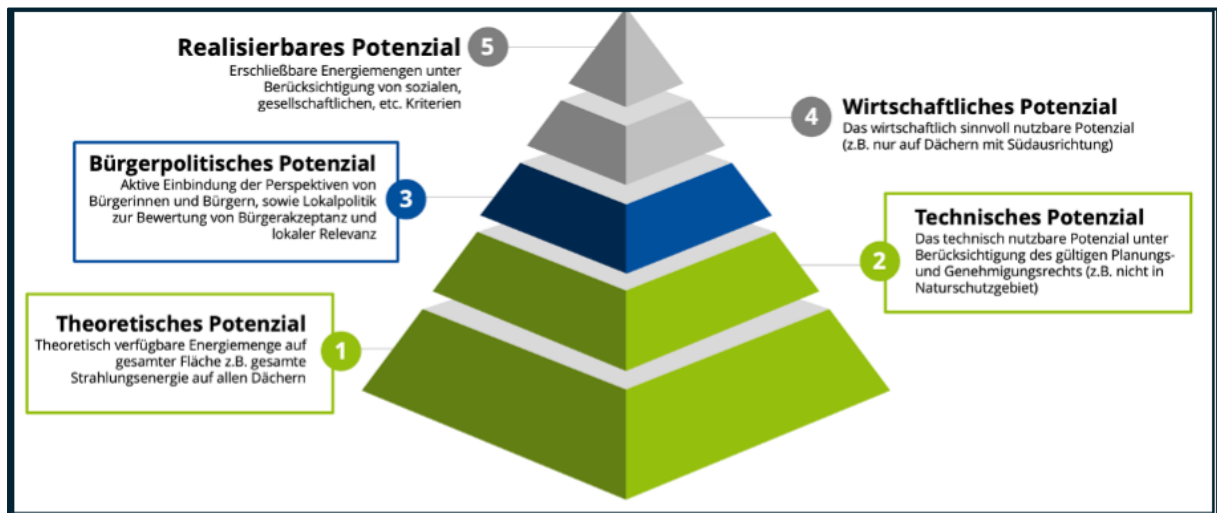


Abbildung 23: Aufbau der Potenzialdefinitionen

Das theoretische Potenzial umfasst die physikalisch vorhandenen Energieressourcen einer Region, wie die gesamte Sonnenstrahlung oder die Windenergie über eine bestimmte Fläche in der Zeitspanne von einem Jahr.

Das technische Potenzial hingegen bezieht sich auf einen Teil dieses theoretischen Potenzials, der durch technische Anlagen (z. B. Windturbinen) und unter Berücksichtigung rechtlicher und technologischer Rahmenbedingungen genutzt werden kann. Es stellt die Obergrenze der nutzbaren Energie dar. Wenn das technisch mögliche Potenzial unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitskriterien weiter eingegrenzt wird, spricht man von einem wirtschaftlichen Potenzial. Dieses umfasst Material-, Erschließungs- und Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise. Eine Grobeinschätzung der Wirtschaftlichkeit wird im Rahmen der Maßnahmenableitung vorgenommen, jedoch gilt dies nur als Grobabschätzung und muss im Rahmen weiterer Machbarkeitsstudien näher beleuchtet werden. Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von weiteren Faktoren ab, wie der Akzeptanz in der Bevölkerung oder den kommunalen Prioritäten. Wenn diese Aspekte berücksichtigt werden, spricht man von dem realisierbaren Potenzial, das auch als „praktisch nutzbares Potenzial“ bezeichnet wird.

Das wirtschaftliche Potenzial umfasst die Reduktion des technischen Potenzials durch die Einbeziehung der Wirtschaftlichkeit. Dazu zählen beispielsweise Material- und Erschließungskosten, Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise. Die tatsächliche Umsetzung wird zusätzlich von weiteren Faktoren beeinflusst, wie der Akzeptanz und den Prioritäten der Gemeinde. Wenn diese Aspekte berücksichtigt werden, spricht man vom realisierbaren oder praktisch nutzbaren Potenzial. Dieses wurde gemeinsam mit der Steuerungsgruppe eingegrenzt, indem diskutiert wurde, ob bspw. Windräder oder Photovoltaik-Anlagen auf Freiflächen der Gemeinde Budenheim gewollt sind.

Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse umfasst die Bewertung der Wärmequellen sowie die Untersuchung des Potenzials der Erzeugung von regenerativem Strom. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- **Photovoltaik (PV): Freifläche & Aufdach:** Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- **Solarthermie: Freifläche & Aufdach:** Wärmeenergie aus Sonneneinstrahlung
- **Oberflächennahe Geothermie:** Wärmepotenzial der oberen Erdschichten

- **Tiefengeothermie:** Wärmepotenzial aus tieferen Erdschichten
- **Luftwärmepumpe:** Nutzung der Umgebungsluft zur Energiegewinnung
- **Fluss- und Seewasserwärmepumpe:** Nutzung von Wasserwärme
- **Windenergie:** Potenzial zur Stromerzeugung aus Windenergie
- **Biomasse:** Energiegewinnung aus organischen Materialien
- **Abwärme aus Klärwerken:** Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- **Industrielle Abwärme:** Restwärme aus industriellen Prozessen

Indikatorenmodell

Als Basis für die Erfassung der Potenziale wird schrittweise eine Eingrenzung dieser durchgeführt. Dafür wird ein Indikatorenmodell genutzt. Dabei wurden alle Flächen analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) bewertet. Die Schritte zur Ermittlung des Potenzials sind:

1. **Erfassung des Gebiets:** Aufnahme der strukturellen Merkmale aller Flächen im Untersuchungsgebiet
2. **Abzug der Restriktionsflächen:** Begrenzung der Flächen durch harte und weiche Restriktionskriterien
 - Harte Restriktionskriterien: z.B. technologiespezifische Einschränkungen, wie Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen
 - Weiche Restriktionskriterien: z.B. Vorrangflächen für Natur- und Artenschutz
3. **Berechnung der Potenziale:** Ermittlung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle basierend auf den aktuell verfügbaren Technologien

3.2.3. Erkenntnisse der Potenzialanalyse

Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs

Die energetische Sanierung des bestehenden Gebäudebestands ist entscheidend, um die kommunalen Klimaziele zu erreichen. Die Analyse des Reduktionspotenzials hat gezeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen im Wohnsektor in der Gemeinde Budenheim jährlich etwa 85 MWh eingespart werden könnten.

Der größte Teil des Sanierungspotenzials liegt bei Gebäuden, die zwischen 1980 und 1990 errichtet wurden. Diese Gebäude sind aufgrund ihrer Anzahl besonders relevant, da sie einen hohen Sanierungsbedarf aufweisen. Die Baualtersklassen von 1985 weisen insgesamt fast 61 % des gesamten Sanierungspotenzials auf und können somit erheblich zu den möglichen Energieeinsparungen beitragen.

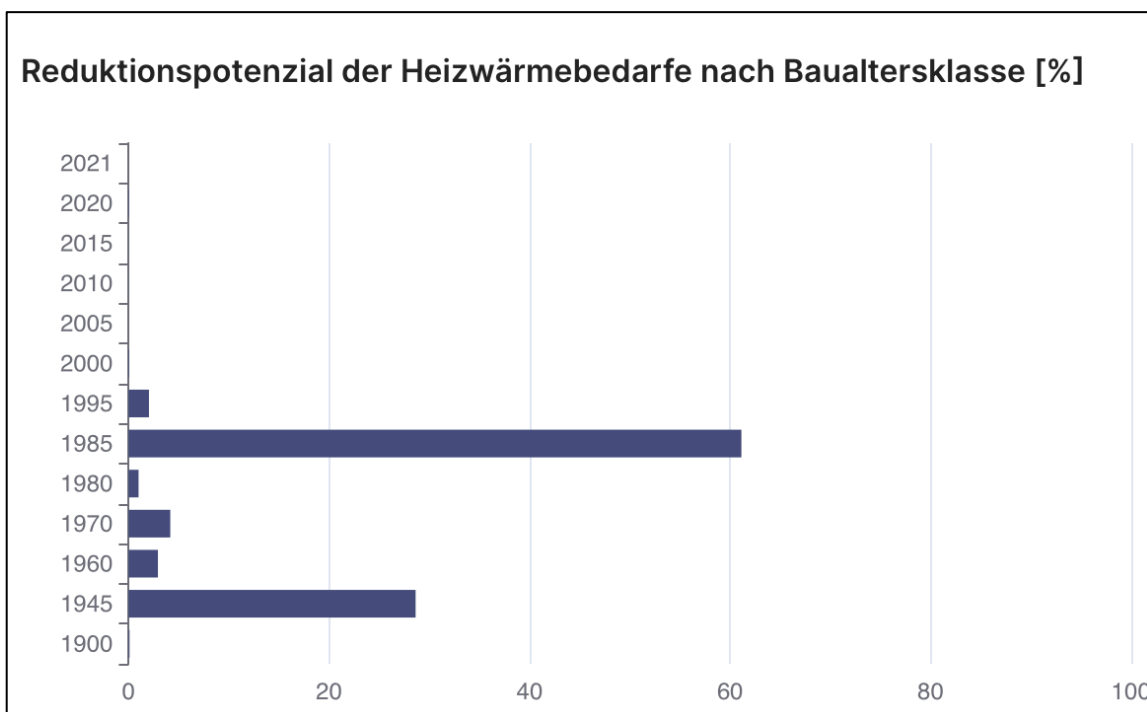


Abbildung 24: Reduktionspotential nach Baualtersklassen

Durch die Verbesserung der Gebäudehülle können insbesondere im Wohnbereich signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit dem Austausch der Heiztechnik bietet dies gerade bei Gebäuden mit Einzelversorgung große Vorteile. Typische Maßnahmen zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle umfassen beispielsweise die Dämmung der Außenwände und den Austausch der Fenster, wie in der nachfolgenden Abbildung zu energetischer Gebäudesanierung aufgezeigt. Diese Maßnahmen sollten im Rahmen des gesamten Potenzials der energetischen Sanierung betrachtet werden.

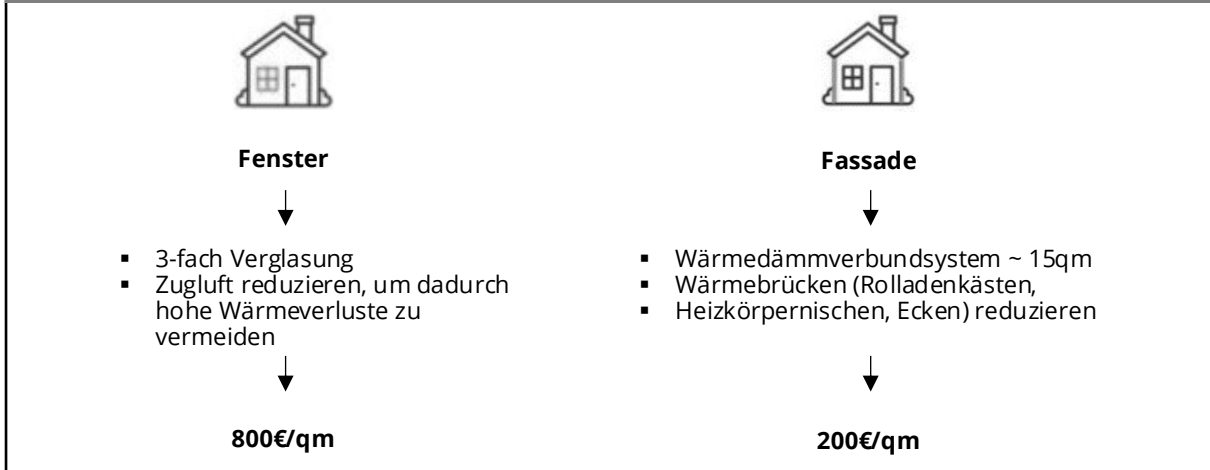
Infobox: Energetische Gebäudesanierung


Abbildung 25: Energetische Gebäudesanierung (1/2)

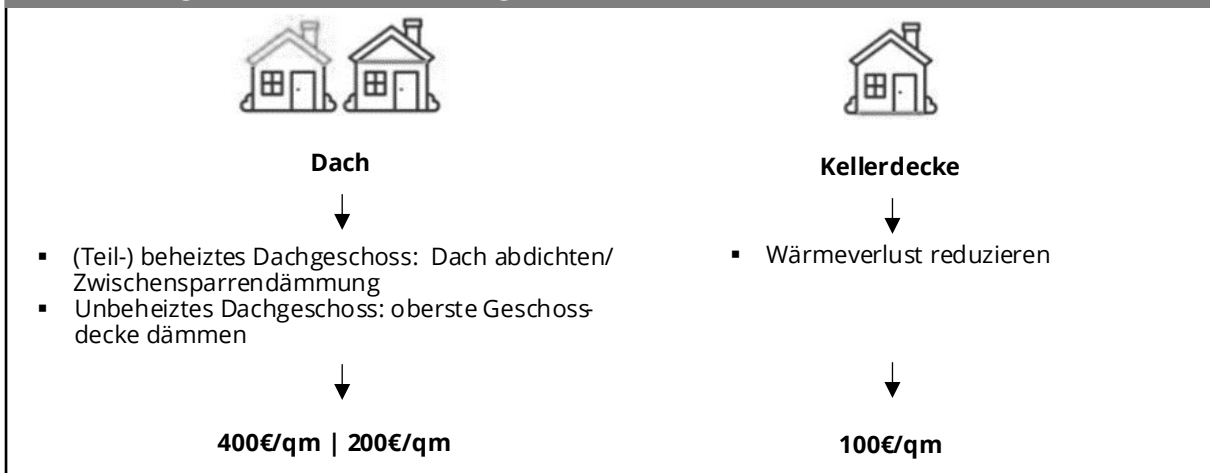
Infobox: Energetische Gebäudesanierung


Abbildung 26: Energetische Gebäudesanierung (2/2)

Das Potenzial für Sanierungen bietet nicht nur eine erhebliche Möglichkeit, den Energieverbrauch zu senken, sondern auch den Wohnkomfort zu erhöhen und den Immobilienwert zu steigern. Deshalb sollten entsprechende Sanierungsprojekte ein wesentlicher Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung sein.

Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien

Photovoltaik (PV): Freifläche und Aufdach

Photovoltaik wandelt Sonnenenergie direkt in elektrischen Strom um. Solarthermie hingegen nutzt die Sonnenstrahlung, um durch Solarkollektoren (z. B. Röhren- oder Flachkollektoren) direkt Wärme mit Temperaturen zwischen 80 °C und 150 °C zu erzeugen. Die Potenziale beschreiben die technisch möglichen PV-Potenziale, bei denen die Verfügbarkeit der Flächen durch die Anbindung an Wärmenetze, die noch nicht vollständig ausgebaut sind, zusätzlich berücksichtigt werden muss.

Freiflächen-Potenziale

Photovoltaik-Anlagen eignen sich für die Stromerzeugung innerhalb einer Gemeinde. Um potenzielle Flächen für die Nutzung von Photovoltaikanlagen zu bestimmen, wurde der Solarkataster des Landes Rheinland-Pfalz als Berechnungsgrundlage herangezogen.

Die Berechnung der PV-Potenziale für Freiflächen und Aufdach im Solarkataster Rheinland-Pfalz basiert auf hochauflösenden Laserscan-Daten (LIDAR), Luftbildern und Geobasisdaten wie ALKIS und ATKIS. Diese Daten erfassen die Baumerkmale jedes Gebäudes (Ausrichtung, Dachneigung, Verschattung, Fläche) und die Sonneneinstrahlung über das Jahr. Daraus werden die potenziellen Erträge sowohl auf einzelnen Gebäuden als auch gebäudescharf auf Verbandsgemeinde-Ebene bestimmt (Energieatlas Rheinland-Pfalz 2025; ergänzende Berechnungen durch HL-MM und K212).

Für die Gemeinde Budenheim ergibt sich somit ein geeignetes technisches PV-Freiflächenpotenzial von 11 GWh/a. Flächen im Überschwemmungsgebiet wurden aus baurechtlichen Gründen dabei nicht berücksichtigt.



Abbildung 27: Eignungsgebiete Photovoltaik (Freiflächen) am Beispiel

Es ist wichtig zu beachten, dass die Freiflächen derzeit hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt werden. Daher muss festgelegt werden, welche dieser Flächen zukünftig für Freiflächen-Solarthermie oder PV-Anlagen genutzt werden können. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten könnten diese auch als Agri-PV-Anlagen konzipiert werden, wodurch die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen weiterhin möglich wäre.

Aufdach-Potenziale

Zunächst werden die nutzbaren Dachflächen identifiziert, indem Ausrichtung, Neigung und Luftbilddaufnahmen ausgewertet wurden. Hindernisse wie Dachgauben und Schornsteine wurden von diesen Flächen abgezogen.

Anschließend wird die gleiche Berechnungsmethode wie beim Freiflächen-PV angewendet basierend auf den Berechnungsmethoden des Solarkatasters der Energieagentur Rheinland-Pfalz.

Unter Berücksichtigung baulicher, statischer oder anderer Einschränkungen wurde das Aufdachpotenzial als geeignet eingestuft. Insgesamt wird ein Potenzial von 7 GWh/a für Aufdach-Photovoltaik ermittelt.

Das Potenzial der Aufdach-Photovoltaik bietet den Vorteil, dass sie ohne zusätzlichen Flächenbedarf realisiert werden kann. Allerdings sind die spezifischen Kosten höher als bei Freiflächenanlagen. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial der PV-Anlage jedoch insbesondere für die Warmwasserbereitung im Sommer und die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten attraktiv. Rahmenbedingen wie Statik der Gebäude können innerhalb der Wärmeplanung nicht auf Gebäudeebene berücksichtigt werden. Die Verschattungsanalyse auf Basis der Aufdachpotenziale wurde in der Analyse berücksichtigt, ebenso bauliche Einschränkungen wie Schornsteine wurden mittels statistischer Schätzwerte einberechnet.



Abbildung 28: Eignungsgebiete Photovoltaik (Dachflächen) im Ortskern

Solarthermie: Freifläche und Aufdach

Freiflächen-Potenziale

Thermische Solaranlagen wandeln die Strahlung der Sonne in Wärme, die zur Trinkwassererwärmung oder Heizungsunterstützung verwendet werden kann. Da die Solarstrahlung vorwiegend in den Sommermonaten hohe Erträge liefert, der Hauptwärmebedarf für die Gebäudebeheizung jedoch im Winter liegt, können Solarthermieranlagen in der Regel nur etwa 10-30 % des Wärmebedarfs decken. Dies geschieht ohne den Einsatz großer saisonaler Wärmespeicher und entsprechender großer Anlagenflächen. In der Objektversorgung werden Solarthermieranlagen fast ausschließlich in Kombination mit einem weiteren Wärmeerzeuger, wie einer Pelletheizung oder einem Gas-/ Ölkessel, eingesetzt. Dadurch wird der Warmwasserbedarf im Sommer gedeckt und teilweise auch die Heizung in der Übergangs- oder Winterzeit unterstützt. Es ist zu beachten, dass eine gewisse Konkurrenz zwischen Solarthermie und Photovoltaik auf Freiflächen gilt, die für die Stromerzeugung genutzt werden könnten.

Zur Bestimmung der Flächen für Freiflächen-Solarthermie kann ebenfalls auf den Kriterienkatalog des Solarkatasters der Energieagentur Rheinland-Pfalz zurückgegriffen.

Dadurch ergibt sich ein geeignetes technisches Solarthermie-Freiflächenpotenzial von 11 GWh/a.

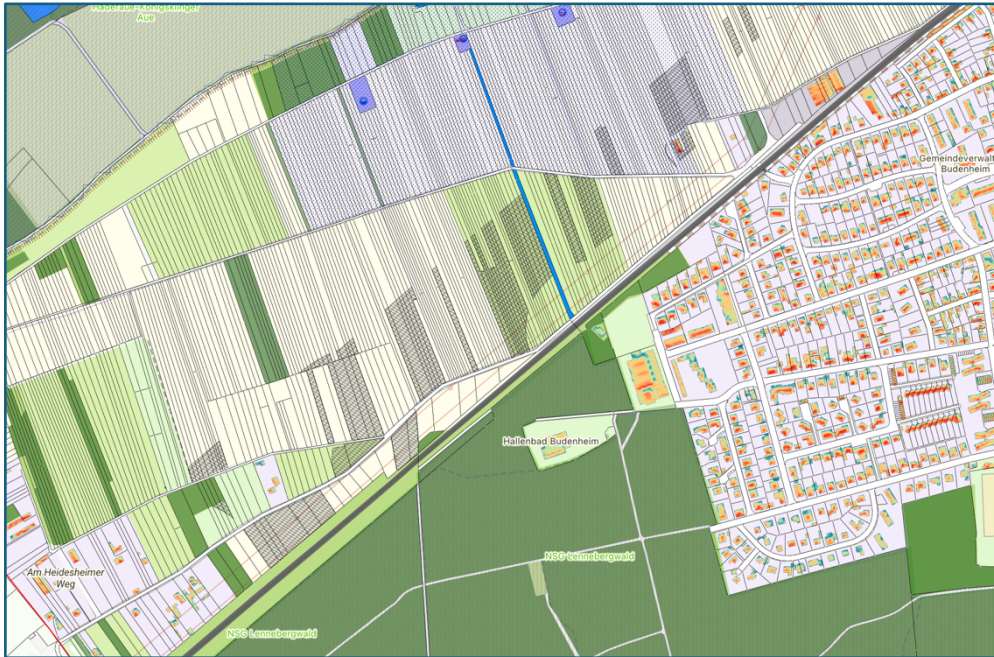


Abbildung 29: Eignungsgebiete Solarthermie (Freiflächen) außerhalb der Gemeinde

Aufdach-Potenziale

Die Analyse der Solarthermie-Aufdach-Potenziale umfasst eine detaillierte virtuelle Platzierung der Solarmodule auf den Dächern der betrachteten Gebäude. Hierbei werden zwei verschiedene Szenarien betrachtet: Zum einen werden handelsübliche Module aufgeständert, wobei auch hier eine optimale Ausrichtung nach Süden und eine Neigung von 20° berücksichtigt wurden. Zum anderen werden die Module direkt auf den vorhandenen geneigten Dachflächen modelliert. Anschließend werden die Leistungen dieser Module unter Berücksichtigung der lokalen Wetterdaten für Budenheim, wie Sonnenscheindauer und Einstrahlungsintensität, kombiniert. Dies ermöglichte die Berechnung des durchschnittlichen Jahresertrags sowie des Jahreslastgangs, der die Erzeugung über das Jahr hinweg darstellt.

Die Gesamtanalyse zeigt ein Potenzial von 1 GWh/a für die Nutzung der Solarthermie auf den Dächern der betrachteten Gebäude in Budenheim. Diese Erkenntnisse bieten einen wichtigen Einblick in die Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Gemeinde und könnten als Grundlage für zukünftige Planungs- und Entwicklungsmaßnahmen dienen.



Abbildung 30: Beispielhafter Auszug von solarthermischen Eignungsgebieten (Dachflächen).

Geothermie Potenziale

Die Analyse der Potenziale für Geothermie und Umweltwärme umfasst sowohl die Unterscheidung zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie als auch die Einbeziehung von Gewässern als Quellen für Umweltwärme.

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe geothermische Anlagen nutzen die durch Erdwärme und solare Einstrahlung erwärmte Erde und das Grundwasser. Zur Bestimmung des Potenzials der oberflächennahen Geothermie (bis 100 m Tiefe) wurden zunächst alle Wohn- und Gewerbegebiete erfasst. Dabei wurden Wege und Straßen mit einer Pufferzone von 3 Metern berücksichtigt, während Gewässer und Schutzzonen ausgeschlossen wurden. Zudem wurde die gegenseitige Beeinflussung der Sonden berücksichtigt und die maximale mögliche Wärmeentzugsleistung sowie das energetische Potenzial der Erdwärmesonden auf Flurstückebene berechnet. Die Berechnungsgrundlage zur Berechnung der Potenziale für Geothermie basiert auf den verfügbaren Daten des Geothermischen Informationssystems *GeotIS* des Landesamtes für Geologie und Erdbau Rheinland-Pfalz.

Die für den Betrieb der Wärmepumpen notwendige elektrische Energie ist in den angegebenen Potenzialen nicht berücksichtigt. In Budenheim ist die Nutzung von oberflächennaher Geothermie möglich. Die nachfolgende Abbildung bietet eine Übersicht über die Eignung der Gebiete und die bestehenden Restriktionen, wie Wasserschutzgebiete. In den ortsspezifischen Teilgebietssteckbriefen sind die Nutzungsmöglichkeiten und Einschränkungen der oberflächennahen Geothermie für die gesamte Gemeinde detailliert dargestellt.

Das Gesamtpotenzial wurde durch die Addition der einzelnen Potenziale ermittelt, was für die Gemeinde Budenheim ein Gesamtpotenzial von 10 GWh/a aus Erdsonden ergibt.

Zur möglichen Nutzung der Erdwärmesonden bedarf es zudem wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Standorteinschätzung in Budenheim:

Budenheim befindet sich in einem Prüfgebiet. Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist daher erforderlich. Die Standortverhältnisse sind aus wasserwirtschaftlicher und hydrogeologischer Sicht im Zuge einer Einzelfallprüfung zu bewerten. Eine Beteiligung der Fachbehörden SGD, LfU und/oder LGB im Antragsverfahren ist somit erforderlich.

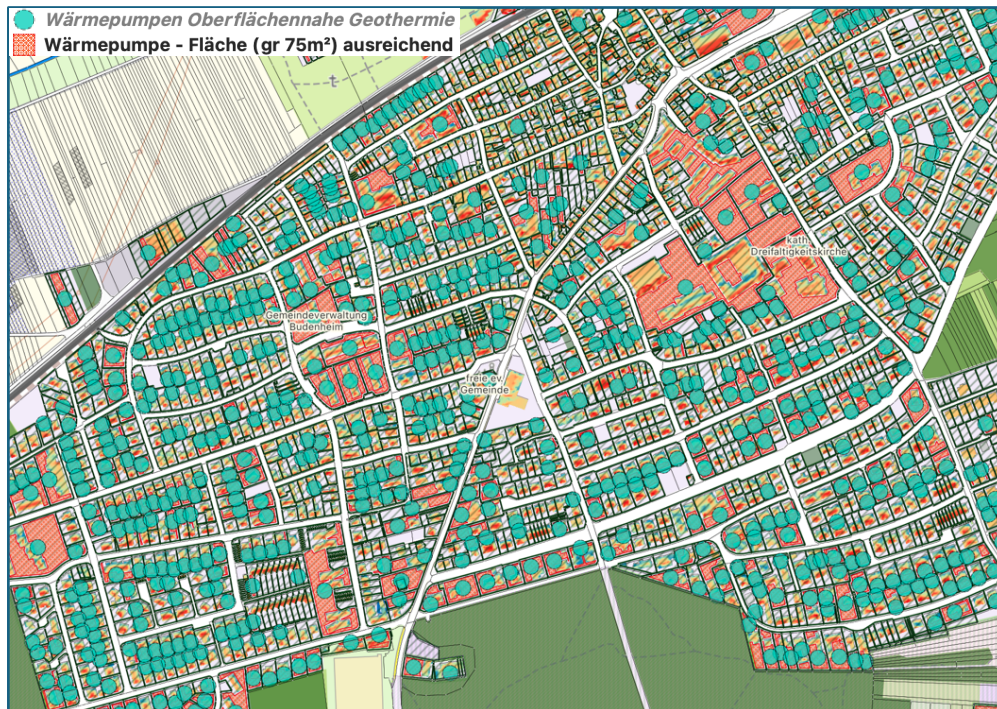


Abbildung 31: Geothermie-Eignung anhand oberflächennaher Kollektoren am Beispiel

Tiefengeothermie

Die Gemeinde Budenheim weist Potenziale für die Nutzung tiefer Geothermie zur Wärme- und/oder Stromerzeugung auf. Aufgrund der hohen Kosten für tiefe Geothermiebohrungen wurden das Potenzial als nicht wirtschaftlich tragbar eingestuft und fand daher in der Potenzialanalyse keine Berücksichtigung.

Unter der Voraussetzung, dass die Nutzung ausschließlich zur Versorgung bestehender Gebäude erfolgen würde, ist die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens nicht gegeben. In Zusammenarbeit mit einem industriellen Partner sowie durch die Entwicklung weiterer Synergien in der Nutzung der Erdwärme, könnten sich jedoch perspektivisch tragfähige Nutzungsmöglichkeiten ergeben.

Diese Potenziale sollten in regelmäßigem Austausch mit potenziellen Partnern und im Rahmen künftiger Energieplanungsprozesse weiter überprüft und konkretisiert werden

Luftwärmepumpen

Wärmepumpen können unter Einsatz von Energie (meist Strom) der Umwelt Wärme entziehen und auf das benötigte Temperaturniveau bringen, um sie in Gebäuden nutzbar zu machen. Obwohl die verschiedenen Technologien (Luft, Wasser, Geothermie) das gleiche Funktionsprinzip nutzen, sind die jeweiligen Herausforderungen bei der Implementierung und den Betriebsparametern sehr unterschiedlich. Luft-Wärmepumpen sind hinsichtlich der Investitionskosten vergleichsweise

günstig und eignen sich besonders gut für freistehende Häuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser.

Das Potenzial für Wärmepumpen im Gemeindegebiet von Gemeinde Budenheim beträgt 26 GWh/a. Diese Potenziale sind jedoch nur technische Potenziale und müssen demnach in weiteren Machbarkeitsstudien noch genauer untersucht werden, damit eine valide Aussage getroffen werden kann.

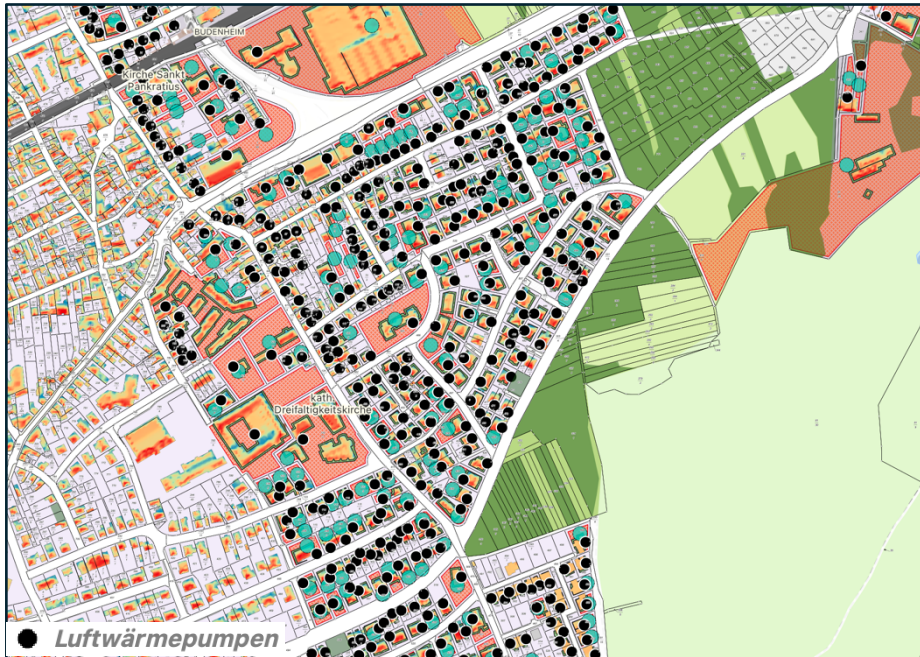


Abbildung 32: Ausschnitt der Potenziale von Luftwärmepumpen

Ein wichtiger Aspekt, der bei der Betrachtung der erhobenen Potenziale berücksichtigt werden muss, ist das Temperaturniveau des jeweiligen Wärmeerzeugers. Dieses hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzbarkeit und Effizienz der Wärmeerzeuger, insbesondere bei Wärmepumpen. Zudem muss bedacht werden, dass die meisten der genannten Wärmeerzeugungspotenziale saisonal variieren, sodass Speicherlösungen für eine bedarfsgerechte Wärmebereitstellung in die Planung einbezogen werden sollten.

Fluss- und Seewärmepumpen

Grundsätzlich sind Flüsse ab einem gewissen Durchfluss für die Wärmegewinnung mithilfe von Wärmepumpen geeignet. Die erzeugte Wärme kann zur Versorgung von Einzelgebäuden oder (Mikro-) Nahwärmenetzen in der Nähe des Flusses genutzt werden. Das gegebenenfalls vorliegende Potenzial wird jedoch nicht quantifiziert, da für die Nutzung der Wärme aus Gewässern immer eine Einzelfallprüfung erforderlich ist und Parameter wie die maximal zulässige Abkühlung des Gewässers individuell untersucht und festgelegt werden muss.

Ein Potenzial für Wasserkraft liegt technisch betrachtet in der Gemeinde Budenheim aufgrund der Lage am Rhein vor. Das Potenzial in Höhe von 44 GWh/a kann allerdings nur technisch betrachtet werden. Aufgrund der Hochwasserschutz- sowie Umweltschutzbestimmungen kann eine Flusswärmepumpe theoretisch nur auf dem Gebiet der Chemischen Fabrik KG Budenheim gebaut werden. Da es dafür gesonderter vertraglicher Regelungen mit dem Konzern bedarf, wurde das Potenzial im Rahmen der Analyse vorgestellt, aber für die weitere Wärmeplanung nicht weiter betrachtet.

Windenergie

Der Standort Budenheim weist aufgrund des Naturschutzgebietes um den Lennebergwald keinerlei Windkraftpotenziale auf. Allerdings könnte Windkraft in Zukunft über die Beteiligung an externen Projekten genutzt werden.

Wasserstoff

Obwohl die lokale Erzeugung von Wasserstoff zur Verwendung als Energieträger grundsätzlich möglich erscheint, sollte die Gemeinde Budenheim von diesem Vorhaben Abstand nehmen. Es gibt mehrere plausible Gründe, die gegen die Nutzung von Wasserstoff in der Gemeinde Budenheim sprechen:

- **Hohe Kosten für Infrastruktur:** Die Entwicklung und der Aufbau der notwendigen Infrastruktur für die Wasserstofferzeugung und -verteilung sind mit hohen Investitionskosten verbunden. Für eine kleine Gemeinde, wie die Gemeinde Budenheim könnten diese Kosten wirtschaftlich nicht tragbar sein.
- **Netzverfügbarkeit und Leitungsbau:** Ein geplantes überregionales Wasserstoffnetz wird die Gemeinde Budenheim nicht durchqueren. Aufgrund der fehlenden Netzverfügbarkeit ist die Umsetzung und der Nutzen der Wasserstoffproduktion in der Gemeinde Budenheim nicht rentabel.
- **Alternative Energielösungen:** Es gibt alternative, weniger kostenintensive und weniger komplexe Energielösungen, die für die Gemeinde Budenheim besser geeignet sind. Vorzugsweise sollte die Gemeinde Budenheim auf eine effizientere Nutzung der vorhandenen erneuerbaren Energien setzen.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Ausbaupläne des Wasserstoffkernnetzes und der Verfügbarkeit wurde innerhalb des Prozesses der kommunalen Wärmeplanung von der Steuerungsgruppen abgesehen dies weiter zu verfolgen. Aufgrund dessen wird empfohlen, dass die Gemeinde Budenheim stattdessen alternative Energieoptionen in Betracht zieht, die besser auf die lokalen Gegebenheiten abgestimmt sind.

Biomasse

Bei der Versorgung einzelner Objekte mit Anlagen im Bereich der Biomassenutzung werden traditionell Pelletheizungen oder gelegentlich Hackschnitzelanlagen verwendet. Zusätzlich kann Holz in Kaminöfen genutzt werden, oft als "Komfort-" oder "Zusatzheizung" neben einer Zentralheizung, die mit einem anderen Brennstoff betrieben wird. Biogene Festbrennstoffe wie Holzhackschnitzel sind ebenfalls wichtige erneuerbare Brennstoffe für Wärmenetze. Da Holzhackschnitzel jedoch nicht unbegrenzt verfügbar sind und nur dann klimaneutral sind, wenn sie aus nachhaltiger Forstwirtschaft oder aus Landschafts- und Verkehrswegepflegeholz stammen, sollten sie in Wärmeanwendungen ressourcenschonend eingesetzt werden, insbesondere wenn hohe Vorlauftemperaturen im Netz erforderlich sind. Dies ist auch dann relevant, wenn andere Wärmequellen wie Solarthermieanlagen im Winter nicht genügend Wärme liefern oder Wärmepumpen aufgrund niedriger Quellentemperaturen nicht effizient betrieben werden können. Holz kann ebenfalls zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung verwendet werden.

Zur Bestimmung des Potenzials von Biomasse wurden zunächst alle Flächen der Gemeinde Budenheim kartiert, analysiert und kategorisiert. Anschließend wurden die Potenzialhöhen auf Basis spezifischer Erträge ermittelt.

Bei der Identifikation des Biomassepotenzials werden nach der Verschneidung mit Ausschlussflächen als Gebiete Waldflächen mit dem Substrat Waldrestholz ausgewiesen

Zur Berechnung des energetischen Potenzials werden für die nachwachsenden Biomassetypen mit einem üblichen Ertrag pro Fläche gerechnet. Für die feste Biomasse des Waldrestholzes wird lediglich die thermische Verwertung zur Wärmeerzeugung berechnet.

Dadurch ergibt sich ein Potenzial von 1 GWh/a für die Gemeinde Budenheim.

Abwärme aus Industrie

Industrielle Abwärme bezeichnet die Wärme, die als Nebenprodukt in Industrieprozessen oder Gewerbebetrieben entsteht und derzeit ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Diese Abwärme kann für verschiedene Zwecke genutzt werden, darunter:

- **Anlagen- oder prozessinterne Nutzung:** Die Abwärme wird dem gleichen Produktionsprozess oder der Anlage, aus der sie stammt, wieder zugeführt. Dieser Ansatz wird auch als Wärmerückgewinnung bezeichnet.
- **Betriebsinterne Nutzung:** Die Abwärme wird innerhalb desselben Betriebs für andere Produktionsprozesse oder zur Beheizung von Gebäuden verwendet.
- **Externe Nutzung:** Die Abwärme wird außerhalb des Betriebs entweder am selben Standort oder durch Einspeisung in Wärmenetz genutzt.

Die Abwärme von Industrien ist insbesondere bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) relevant, da sie als wertvolle Energiequelle genutzt werden kann, um die Effizienz der Energieerzeugung zu steigern und den Gesamtenergieverbrauch zu reduzieren. Durch die Integration von Abwärme in KWK-Systeme können sowohl die CO₂-Emissionen gesenkt als auch die Kosten für Heizung und Kühlung gesenkt werden.

Aus den Ergebnissen der Bestandsanalyse lässt sich entnehmen, dass 35 GWh/a an Abwärme mit einem Temperaturniveau von über 300 °C bereits in dem lokal ansässigen Unternehmen Chemische Fabrik KG Budenheim genutzt wird. Weitere Abwärmepotenziale aus der Industrie wurden mittels eines Fragebogens, der an alle lokalen Unternehmen verschickt wurde, ermittelt. Von den angeschriebenen Unternehmen haben 6 geantwortet und den Fragebogen ausgefüllt. Dabei haben 3 Unternehmen angegeben, dass bei ihnen Abwärme anfällt, während dies bei den weiteren 3 nicht der Fall war. Insgesamt waren 2 Unternehmen grundsätzlich bereit, Abwärme abzugeben. Das gesamte Abwärmepotenzial der Gemeinde Budenheim konnte nach heutigem Stand bei knapp 35 GWh/a quantifiziert werden.

Dabei bildeten die Grundlage der Einschätzung der Abwärmepotenziale unterschiedliche Abwärmemengen und Temperaturniveaus, die in dem Unternehmen vorherrschten. Insgesamt konnten folgende Abwärmepotenziale identifiziert werden:

- **Hochtemperatur-Abwärme:** Bis zu 35 GWh/a als mit einem Temperaturniveau von 85-100 °C

Insgesamt beträgt das großindustrielle Abwärmepotenzial in der Gemeinde Budenheim rund 35 GWh pro Jahr. Der größte Teil des Abwärmepotenzials stammt vom Industrieunternehmen Chemische Werke KG Budenheim. Das Potenzial wird beim Unternehmen zum aktuellen Zeitpunkt als hohes Potenzial eingestuft. Es handelt sich dabei jedoch nicht um gemessene, sondern um weitergegebene Werte, basierend auf den Erfahrungen der langjährigen Energieverantwortlichen.

Demnach ist es von hoher Relevanz, die Daten nachzumessen, um eine valide Datenbasis für die Einstufung der weiteren Nutzung des Abwärmepotenzials treffen zu können.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass durch eigene Maßnahmen zur Energieeffizienz die zur Verfügung stehenden Abwärmemengen in Zukunft wohl deutlich geringer werden und somit fragwürdig ist, inwiefern es sinnvoll ist, Maßnahmen zur Hebung dieses Potenzial durchzuführen.

Abwärme aus Abwasser

Die ungenutzte Restwärme im Abwasser stellt ein zu prüfendes Potenzial dar. Durch den Einsatz von Wärmepumpentechnologie kann diese Wärme extrahiert und auf ein nutzbares Temperaturniveau gebracht werden. Diese Möglichkeit besteht vor allem in Hauptsammelkanälen mit ausreichender Durchflussmenge. Obwohl der Einbau von Abwasserwärmetauschern in diese Kanäle technisch machbar ist, ist er jedoch kostspielig. Eine natürliche Begrenzung der Wärmemenge ergibt sich daraus, dass das Abwasser nicht zu stark abgekühlt werden darf, um die Reinigungsprozesse in den Kläranlagen nicht zu beeinträchtigen. Vor der Nutzung des Abwassers vor der Kläranlage muss daher sichergestellt werden, dass die Mindesttemperatur in der Kläranlage nicht unterschritten wird. Dies führt zu einer Konkurrenz um die Nutzung zwischen verschiedenen Entnahmestellen, die je nach Einzugsgebiet der Kläranlage in unterschiedlichen Regionen liegen können.

Für die in der Gemeinde Budenheim durchgeführte Wärmeplanung wurden die Potenziale für Kläranlagen aufgrund der hohen Distanz zu den nächsten Kläranlagen aus technisch-logistischen Gründen nicht näher betrachtet.

Fazit Potenzialanalyse

Zusammenfassend lässt sich aufzeigen, dass in der Gemeinde Budenheim ein hohes Sanierungspotenzial vorliegt. Das größte Potenzial der Gebäudesanierung liegt im privaten Wohnsektor. Insbesondere Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, bieten ein hohes Einsparpotenzial durch Sanierung. Somit kann die Senkung der Treibhausgas-Emissionen des Wohnbereichs einen großen Hebel auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Gemeinde haben.

Zudem verfügt die Gemeinde Budenheim über bedeutende energetische Potenziale mit verschiedenen erneuerbaren Energieträgern. Das kombinierte Potenzial aus erneuerbaren Wärme- und Stromquellen ist ausreichend, um eine klimaneutrale Versorgung der Gemeinde zu gewährleisten. Dies erfordert allerdings lokal angepasste Lösungen zur Erschließung und Einbindung der Quellen als auch Speicherlösungen zum Ausgleich von Saisonalitäten. Die Möglichkeiten der Nutzung geeigneter erneuerbarer Energien werden in der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht.

Potenzial Erneuerbarer Energien [GWh/a]

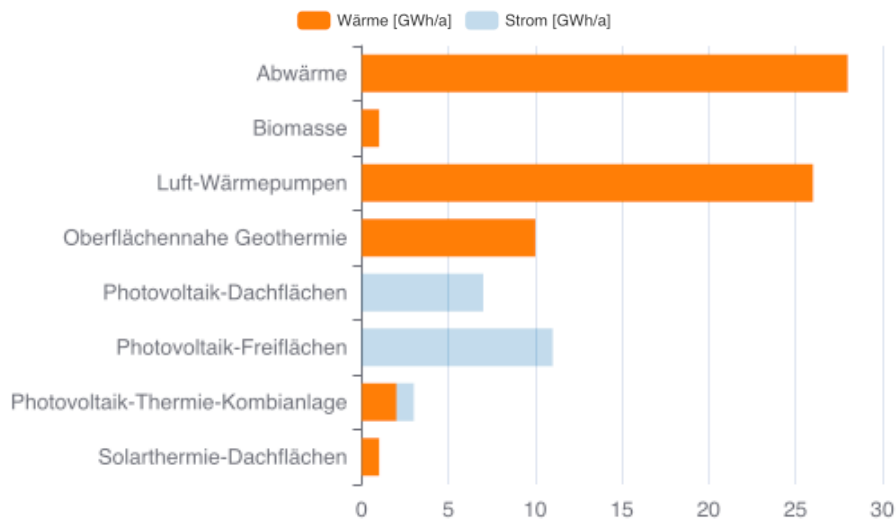


Abbildung 33: Überblick über verfügbare Potenziale erneuerbarer Energien

Die quantitativen Potenziale der Wärmeversorgung verteilen sich wie folgt:

- Solarthermie (Freifläche): 11 GWh/a
- Oberflächennahe Geothermie (Sonden): 10 GWh/a
- Luftwärmepumpen: 26 GWh/a
- Solarthermie (Aufdach): 1 GWh/a
- Abwärme aus industriellen Prozessen: 35 GWh/a
- Biomasse: 1 GWh/a

Die Ergebnisse der Stromerzeugung lassen sich folgendermaßen quantifizieren:

- Photovoltaik (Freifläche): 11 GWh/a
- Photovoltaik (Aufdach): 7 GWh/a

3.3. Zielszenario

3.3.1. Ziele & Vorgehensweise

Nach der Ableitung der Potenziale erneuerbarer Energien wurden realistische Szenarien für die zukünftige Energieversorgung im Zieljahr 2045 erstellt. Ebenfalls wurden Entwicklungspfade für die Jahre 2030, 2035 und 2040 aufgezeigt. Ein wichtiger Bestandteil dieser Planung war die Ausweisung von Eignungsgebieten für die Versorgung mit Wärmenetzen, die als Grundlage für kommunale Wärmeplanungen und weiterführende Investitionsentscheidungen dienen. Ein Eignungsgebiet ist ein ausgewiesenes Areal, dass grundsätzlich für den Aufbau oder die Ausweitung von Wärmenetzen in Frage kommt. Neben den zentralen Eignungsgebieten wurden zudem dezentrale Eignungsgebiete ausgewiesen, die nicht mit Wärmenetzen, sondern mit dezentralen Einzelheizungen versorgt werden.

ERGEBNIS: Entwicklung eines realistischen Zielszenarios anhand von Eignungsgebieten für die Wärmeversorgung im Zieljahr 2045 und Aufzeigen geeigneter Entwicklungspfade

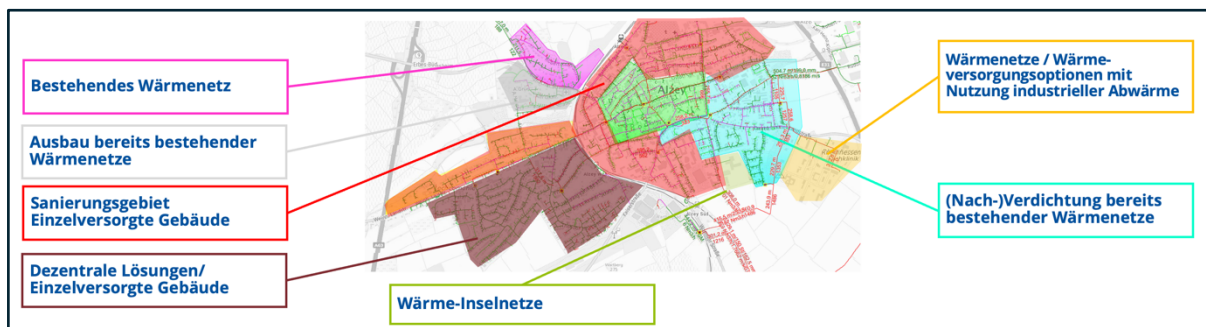


Abbildung 34: Beispielhafte Darstellung eines Zielszenarios

1. Entwicklung von Zielszenarien für das Zieljahr 2045

- **Schritt 1:** Festlegung von Parametern (Sanierungsraten) für die Szenario-Erstellung im digitalen Zwilling (z. B., „All electric“, „Biogas-Netze“, „Wasserstoffnetze“ und „Wärmenetzausbau“)
- **Schritt 2:** Erstellung verschiedener Szenarien mit jeweils unterschiedlichen Sanierungsraten im digitalen Zwilling
- **Schritt 3:** Manuelle Ableitung eines detaillierten und realistischen Ziel-Szenarios der zukünftigen Wärmeversorgungsarten in Form von Eignungsgebieten
 - Beschreibung der benötigten Energieeinsparungen in der zukünftigen Versorgungsstruktur
 - Flächenhafte Darstellung zentraler und dezentraler Wärmeversorgungsgebiete (Zonierung)
 - Diskussion, Anpassung und Verabschiedung des Zielszenarios mit der Steuerungsgruppe und allen relevanten Akteuren der Gemeinde

2. Aufzeigen von Entwicklungspfadern

- Ausweisung von Teilgebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial durch Gebäudesanierungen
- Auszeichnung von Fokusgebieten für Wärmenetze, Wasserstoff oder dezentrale erneuerbare Energien
- Darstellung der zur klimaneutralen Bedarfsdeckung geplanten Versorgungsstrukturen für die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 sowie das Zieljahr 2045

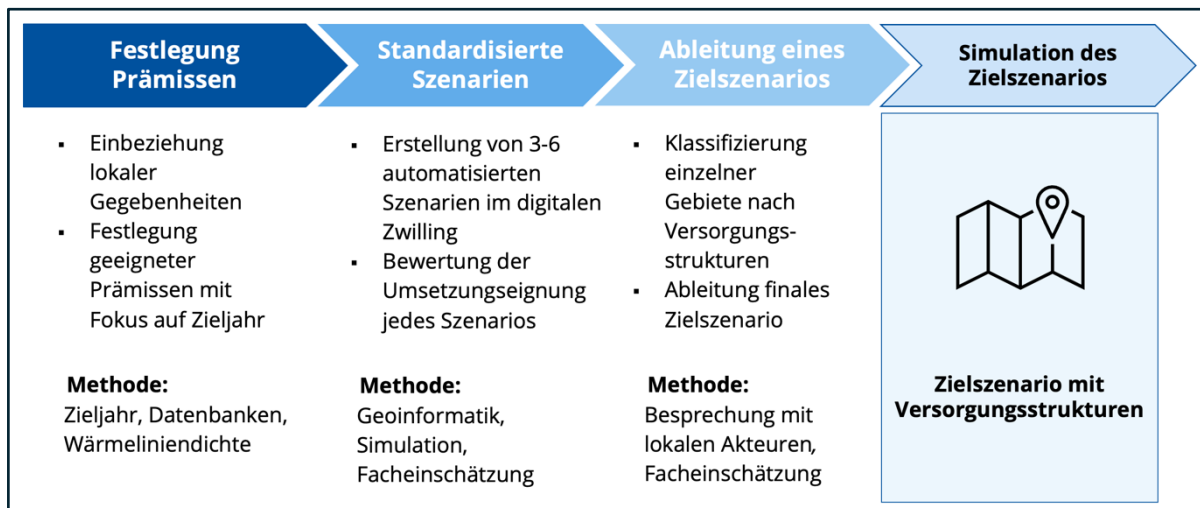


Abbildung 35: Überblick Vorgehen Zielszenarien

3.3.2. Erkenntnisse des Zielszenarios

Identifikation der Eignungsgebiete

Ein Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist die Identifizierung von Bereichen, in denen Nah- oder Fernwärmenetze möglich sind. Diese Netze nutzen klimafreundliche Wärmequellen und sind entscheidend für die zukünftige Wärmeversorgung. Sie verbinden Wärmeverbraucher mit erneuerbaren Energiequellen und ermöglichen die Dekarbonisierung mehrerer Gebäude gleichzeitig.

Da der Bau eines Wärmenetzes hohe Investitionen erfordert und mit großem Aufwand bei Planung, Erschließung und Bau verbunden ist, müssen die entsprechenden Gebiete sorgfältig ausgewählt und in weiteren Analysen detailliert untersucht werden. Bei der Festlegung des Zielszenarios ist es daher entscheidend, sogenannte Prüfgebiete für Wärmenetze zu identifizieren, in denen deren Nutzung und der Betrieb als effizient und wirtschaftlich erwartet wird.

Laut § 3 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) werden folgende Kategorien von Gebieten unterschieden (Bundesministerium der Justiz, Bundesamt für Justiz 2023):

- **(14) Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet:** Ein Wärmenetzgebiet, ein Wasserstoffnetzgebiet, ein Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung oder ein Prüfgebiet.
- **(17) Wärmenetz:** eine Einrichtung zur leitungsgebundenen Versorgung mit Wärme, die kein Gebäudenetz im Sinne des § 3 Absatz 1 Nummer 9a des Gebäudeenergiegesetzes in der am 1. Januar 2024 geltenden Fassung ist.
- **(18) Wärmenetzgebiet:** Gebiete, in denen ein Wärmenetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wärmenetz versorgt werden soll, wobei innerhalb der Wärmenetzgebiete zu unterscheiden ist zwischen:
 - i. **Wärmenetzverdichtungsgebieten:** Gebiete, in denen Letztverbraucher, die sich in unmittelbarer Nähe zu einem bestehenden Wärmenetz befinden, mit diesem verbunden werden sollen, ohne dass hierfür der Ausbau des Wärmenetzes nach Buchstabe b erforderlich würde,

- ii. **Wärmenetzausbaugebiete:** Gebiete, in denen es bislang kein Wärmenetz gibt und die durch den Neubau von Wärmeleitungen an ein bestehendes Wärmenetz angeschlossen werden sollen,
- iii. **Wärmenetzneubaugebiete:** Gebiete, die an ein neues Wärmenetz nach Nummer 7 angeschlossen werden sollen
- **(23) Wasserstoffnetzgebiet:** Gebiete, in denen ein Wasserstoffnetz besteht oder geplant ist und ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher über das Wasserstoffnetz zum Zweck der Wärmeerzeugung versorgt werden soll.
- **(10) Prüfgebiet:** Gebiete, die nicht in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet nach den Nummern 6, 18 oder 23 eingeteilt werden sollen, weil die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll, etwa leitungsgebunden durch grünes Methan im Einklang mit § 28.
- **(6) Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung:** Gebiete, die überwiegend nicht über ein Wärme- oder ein Gasnetz versorgt werden sollen. In diesen Gebieten wird die Wärmeerzeugung voraussichtlich auf Gebäudeebene erfolgen.

Darüber hinaus wurden für die Gemeinde Budenheim noch Gebiete betrachtet, die unter die Kategorie der Mikronetze, bzw. Gebäudenetze fallen:

- **Prüfgebiete Mikronetze:** Gebiete, in denen noch keine zentrale Wärmeversorgung besteht, diese aber geprüft werden sollten und die 16 Gebäude oder weniger in ihre zentrale Wärmeversorgung einschließen würden. Diese Gebiete können neben der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) auch durch Bundesförderungen für effiziente Gebäude (BEG) unterstützt werden.

Die identifizierten Gebiete für den Ausbau oder die Implementierung von Wärmenetzen dienen lediglich als strategisches Planungsinstrument für die zukünftige Infrastrukturentwicklung. Diese Eignung bedeutet nicht, dass die Machbarkeit bereits nachgewiesen ist, sondern sie dient als Grundlage für weitere Untersuchungen. Um fundierte Entscheidungen über die finalen Wärmenetzversorgungsgebiete treffen zu können, sind weitere Untersuchungen, wie z. B. Machbarkeitsstudien, notwendig.

Der Prozess der Identifikation dieser Eignungsgebiete erfolgt in drei Stufen:

1. **Vorauswahl geeigneter Kriterien:** Zunächst werden Prüfgebiete basierend auf dem Wärmebedarf der Gemeinde und festgelegten Sanierungsraten automatisiert ermittelt. Zusätzlich werden (falls vorhanden) Versorgungsgebiete bestehender Wärmenetze und bereits beschlossene Vorranggebiete für Wärmenetze in die Auswahl einbezogen. Neben dem „Wärmenetz“-Szenario können in diesem Schritt noch weitere Szenarien betrachtet werden.
2. **Lokale Restriktionen:** Im zweiten Schritt werden die automatisiert erzeugten Gebiete in Expertenworkshops mit lokalen Akteuren aus dem Lenkungskreis, der Steuerungsgruppe und Fachgruppen genauer analysiert. Hier fließen sowohl lokale Fachkenntnisse als auch die Ergebnisse der Potenzialanalyse ein. Es wird insbesondere untersucht, in welchen Gebieten neben einer hohen Wärmedichte auch die Nutzung der Potenziale zur Wärmeerzeugung vorteilhaft erscheint.
3. **Überführung in finales Zielszenario:** Die priorisierten Eignungsgebiete werden in kurzfristige Maßnahmen überführt, um die ersten Schritte der Wärmewende einzuleiten.

In einem weiteren Schritt der Wärmeplanung sollen Projektentwickler und Wärmenetzbetreiber auf Grundlage der Prüfgebiete konkrete Ausbauplanungen für Wärmenetzausbaugebiete erstellen. Diese Planungen berücksichtigen neben der Wärmebedarfsdichte auch die wirtschaftliche, technische und ressourcenbedingte Umsetzbarkeit.

Für den erstellten Wärmeplan gilt im Hinblick auf das Gebäudeenergiegesetz (GEG 2024): Wenn eine Gemeinde vor Mitte 2026 oder Mitte 2028 ein Gebiet für den Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes auf Basis eines Wärmeplans ausweist, tritt dort die Verpflichtung zur Nutzung von 65 % erneuerbarer Energien in Heizsystemen in Kraft. Der Wärmeplan allein ist jedoch nicht ausreichend, um diese Verpflichtungen auszulösen. Es bedarf zusätzlich einer Entscheidung der Gemeinde über die Gebietsausweisung, die öffentlich bekannt gemacht werden muss (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz & Bundesamt für Justiz 2023).

Vorauswahl geeigneter Kriterien

Auswahl aus Standardkriterien

Auf die Gestaltung der Wärmeversorgung wirken vier verschiedene Einflusskriterien, die anhand lokaler Relevanz und Verfügbarkeit bewertet werden. Sie bilden die Basis für die Ableitung von differenzierten Szenarien, verknüpft mit unterschiedlichen Sanierungsraten für den Gebäudebestand. Anzumerken ist hierbei, dass diese Einflusskriterien auch variabel miteinander kombiniert werden können.

1. **Wärmenetzausbau:** Das erste Szenario konzentriert sich auf den Ausbau bestehender Wärmenetze anhand definierter Eignungsgebiete. Hierbei erfolgt die Priorisierung des Netzausbaus anhand festgelegter Grenzwerte. In den Bereichen außerhalb dieser Eignungsgebiete wird auf eine dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen und Biomasse gesetzt.
2. **„All electric“:** Im zweiten Szenario steht die elektrische Wärmeversorgung im Vordergrund. Die Wärmeversorgung wird primär durch Wärmepumpen sichergestellt. Falls der Einsatz von Wärmepumpen nicht möglich ist, wird Biomasse als Alternative verwendet. Zusätzlich werden die Gebiete der heutigen Wärmenetzversorgung weiter verdichtet.
3. **Grüne (Bio-)Gasnetze:** Das dritte Szenario sieht vor, dass die heutigen Gaskunden zukünftig mit Biogas versorgt werden. In diesem Fall werden auch die bestehenden Wärmenetze nachverdichtet, während außerhalb dieser Gebiete eine dezentrale Versorgung durch Wärmepumpen und Biomasse erfolgt.
4. **Wasserstoff-Netze:** Im vierten Szenario wird der Einsatz von Wasserstoff als Hauptenergieträger untersucht. Hier sollen die aktuellen Gaskunden auf Wasserstoff umgestellt werden. Gleichzeitig werden die bestehenden Wärmenetzgebiete nachverdichtet, und außerhalb dieser Gebiete erfolgt die Versorgung dezentral mit Wärmepumpen und Biomasse.

Grüne Biogasnetze und Wasserstoffnetze werden in der weiteren Betrachtung für die Gemeinde Budenheim nicht weiter berücksichtigt, da sie dort keine Anwendung finden oder eine Nutzung auf Basis aktueller Bestrebungen und Ausbaupläne unrealistisch ist. Der Ausbau der notwendigen Infrastruktur wäre zu aufwendig und die Verfügbarkeit der benötigten Ressourcen nicht zuverlässig genug. Die anderen Szenarien bieten hingegen effizientere und nachhaltigere Lösungen für die Wärmeversorgung und werden in den nächsten Abschnitten gezielt betrachtet.

Festlegung Sanierungsraten

Die Zielszenarien werden unter Einbeziehung der Gebäudesanierung bis zu einer Dekarbonisierung des Strom- und Gassektors betrachtet. Demnach stellt die Sanierung bestehender Gebäude eines der wichtigsten Bestandteile bei der Ableitung des Zielszenarios dar.

Der heterogene, private Wohngebäudebestand in der Gemeinde Budenheim stammt überwiegend aus der Zeit vor der ersten Wärmeschutzverordnung, die hauptsächlich durch Wohngebäude geprägt ist. Einige Wohngebäude wurden bereits nachträglich modernisiert, wodurch der Wärmebedarf im Vergleich zum ursprünglichen Zustand gesenkt wurde. Da detaillierte Daten zu bereits durchgeführten Sanierungen nicht für jedes Gebäude vorliegen, wurde eine durchschnittliche Sanierungsquote über den gesamten Bestand jeder Baualtersklasse angenommen. Mögliche Sanierungen umfassen beispielsweise Verbesserungen der Heizungstechnik oder einzelne Maßnahmen an der Gebäudehülle (wie Fensteraustausch und Dachmodernisierungen).

Um den Wärmebedarf anhand unterschiedlicher Kennzahlen bewerten zu können, wurden verschiedene Szenarien entwickelt. Für Wohngebäude wurden jährliche **Sanierungsraten** von 0,8 %, 1,6 % und 2,4 % angenommen. Dies bedeutet, dass jährlich die festgelegte Prozentanzahl der Gebäudehülle (Dämmung) saniert wird, was den Wärmebedarf in der Gemeinde Budenheim über die Jahre reduziert. Anzumerken ist, dass bei der Berechnung des Wärmebedarfs bis zum Jahr 2045 zukünftige Neubaugebiete nicht berücksichtigt werden.

Die **Sanierungstiefe** wird auf Grundlage von TABULA-Klassen als „intensiv“ bewertet, da für die Gemeinde Budenheim aufgrund der aktuellen Gegebenheiten eine übliche Sanierung angenommen wird (Loga et al., 2015). Die TABULA-Klassen zeigen den Wärmebedarf einzelner Gebäudeklassen im sanierten Zustand auf. Dabei wird für jedes Wohngebäude die entsprechende TABULA-Klasse ermittelt und der Grad der energetischen Sanierung von Gebäuden bestimmt. Diese Klassen unterscheiden sich in den Maßnahmen, die ergriffen werden, um die Energieeffizienz zu verbessern, wie z.B. Dämmung, Fensterersatz und Heizungsoptimierung. Höhere Klassen repräsentieren dabei umfassendere Sanierungsmaßnahmen, die zu signifikant geringeren Energieverbräuchen führen.

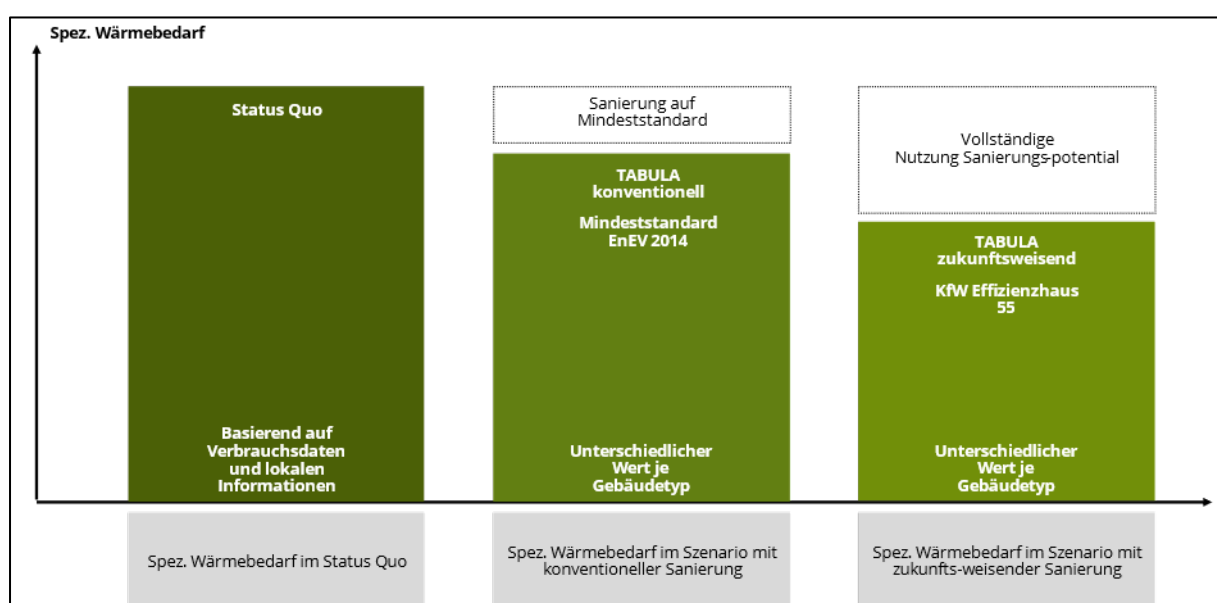


Abbildung 36: Sanierungstiefe Wohngebäude auf Basis von TABULA-Klassen

Der Gebäudebestand lässt sich grundsätzlich in Wohngebäude und Nichtwohngebäude unterteilen. Während Wohngebäude hauptsächlich private Wohn- und Mehrfamilienhäuser umfassen, bilden Nichtwohngebäude verschiedene Nutzungsarten wie Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, öffentliche Gebäude sowie Hotels und Gastronomie ab. In der Gemeinde Budenheim macht der Bereich der Nichtwohngebäude nur einen Anteil von knapp 3,5 % aus, wird aber in dieser Betrachtung dennoch berücksichtigt.

Für Nichtwohngebäude wird eine Reduktion des Wärmebedarfs durch Reduktionsfaktoren auf Basis der KEA BW (2020) prognostiziert. Die erwarteten Einsparungen des Wärmebedarfs bis 2040 verteilen sich dabei wie folgt:

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 3,8 %
- Industrie: 1,3 %
- Kommunale Liegenschaften: 1,8 %

Die Simulation der Wärmebedarfsreduktion erfolgt detailliert und gebäudespezifisch für jedes Jahr. Diese basiert auf dem spezifischen Wärmebedarf abhängig von der Baualtersklasse und dem Gebäudetyp und dient als Grundlage für weitere Berechnungen. Anzumerken ist, dass in dieser Betrachtung die Gebäude mit dem niedrigsten Sanierungszustand bevorzugt saniert werden.

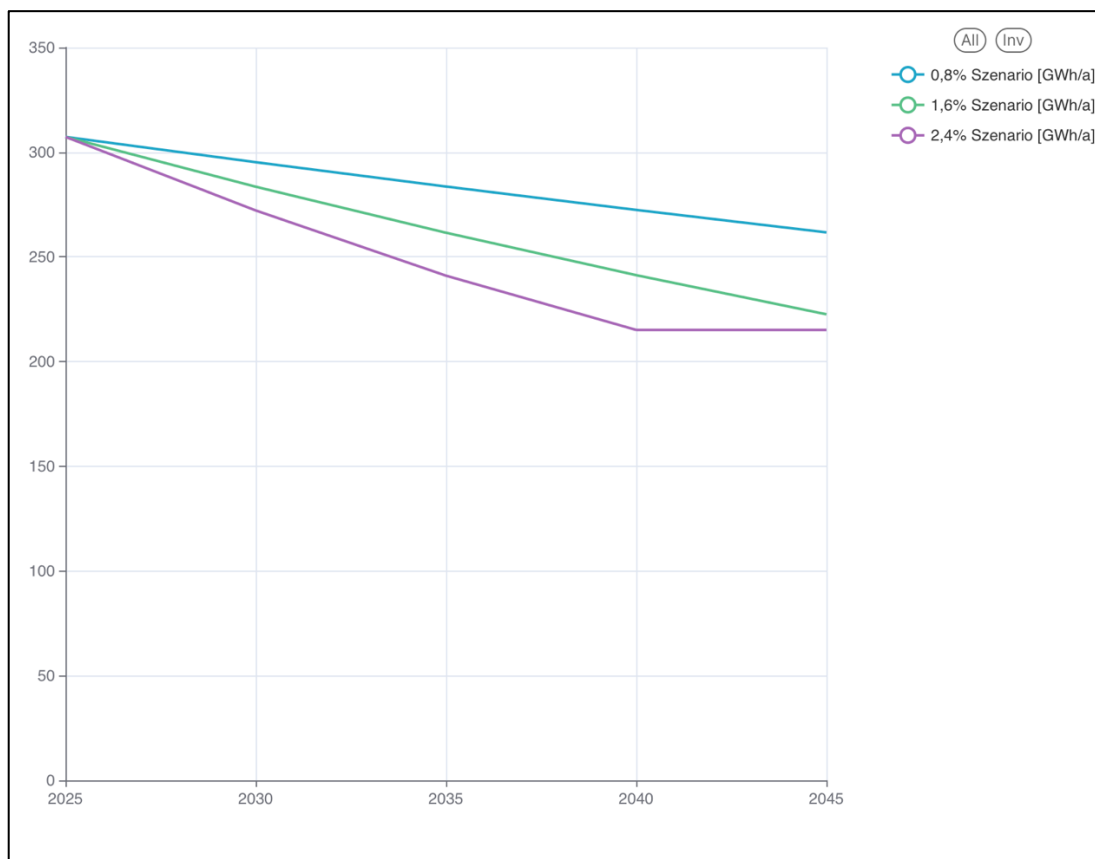


Abbildung 37: Wärmebedarfsreduktion bei Sanierungsraten von 0,8 % (blau), 1,6 % (grün) und 2,4 % (lila)

Szenario „Wärmenetzausbau“

In diesem Szenario steht der Ausbau bestehender Wärmenetze anhand definierter Eignungsgebiete im Vordergrund. Dies sind Bereiche, in denen der Ausbau oder die Implementierung von Wärmenetzen als potenziell geeignet betrachtet wird. Die Erweiterung oder

der Ausbau eines Wärmenetzes wird durch spezifische Grenzwerte gesteuert. Gebiete, die diese Kriterien nicht erfüllen, setzen auf dezentrale Lösungen wie Wärmepumpen und Biomasse. Zudem kann so auch in weniger dicht besiedelten oder strukturell benachteiligten Regionen eine effiziente Wärmeversorgung sichergestellt werden.

Die Identifikation von Eignungsgebieten für Wärmenetze kann dabei durch verschiedene methodische Ansätze erfolgen:

1. **Basierend auf Bestandswärmenetzen:** Bestehende Wärmenetze bieten eine Grundlage für die Erweiterung und Optimierung neuer Gebiete. Durch die Analyse der vorhandenen Infrastruktur können Gebiete identifiziert werden, die von einer Anbindung profitieren würden.
2. **Basierend auf vorgegebenen Gebieten:** Hierbei können verschiedene vorgegebene Gebiete, wie z.B. von WebGIS-Nutzerzeichnungen (Eigene Ebenen) oder Vorranggebiete, als Basis dienen. Diese vorgegebenen Gebiete ermöglichen eine zielgerichtete Planung und Berücksichtigung spezieller regionaler Gegebenheiten und Anforderungen.
3. **Basierend auf minimaler Wärmeliniendichte der Straßenzüge:** Ein weiterer methodischer Ansatz zur Identifikation von Eignungsgebieten ist die Berechnung und Analyse der minimalen Wärmeliniendichte der Straßenzüge. Eine Wärmeliniendichte gibt den Wärmebedarf, der an einem Straßenzug anliegenden Gebäude an. Je höher die Wärmeliniendichte ist, desto höher ist das wirtschaftliche Potenzial einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung, da eine hohe Wärmeabnahmemenge je installierter Infrastruktur erschlossen werden kann.

Durch die Kombination dieser Ansätze kann eine umfassende und fundierte Planung für die Entwicklung neuer Wärmenetze erfolgen, die sowohl bestehende Strukturen als auch zukünftige Anforderungen berücksichtigt.

Die Wärmeliniendichte sowie die Siedlungsstruktur und bestehende Wärmenetze stellen in Gemeinde Budenheim die wichtigsten Indikatoren zur Bestimmung geeigneter Gebiete für die Wärmeversorgung dar. Die Wärmeliniendichte, angegeben in Kilowattstunden pro Jahr und Meter Trassenlänge, ist entscheidend für die Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. Da im Zielszenario noch keine konkreten Trassenverläufe für zukünftige Wärmenetze festgelegt sind, wird das bestehende Straßennetz als potenzieller Trassenverlauf genutzt. Zur Berechnung der Wärmeliniendichte wird der Wärmebedarf jedes Gebäudes dem nächstgelegenen Straßenabschnitt zugeordnet, summiert und durch die Straßenlänge geteilt. Diese Methode ermöglicht es, die Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen präzise zu bestimmen und geeignete Gebiete für die Wärmeversorgung zu identifizieren.

Die Erzeugung von Gebieten um Leitungen mit minimaler Wärmeliniendichte wurde für die Gemeinde Budenheim auf einen Grenzfaktor von 3.000 kWh/(m a) festgelegt, da ab diesem Grenzwert ein Wärmenetz wirtschaftlich wäre. Hierbei wird der Grenzfaktor genutzt, um die Effizienz der Wärmeverteilung zu optimieren. Dieser Grenzfaktor dient als Maßstab, um die Effizienz der Wärmeverteilung entlang der Leitungen zu optimieren und potenzielle Eignungsgebiete für Wärmenetze auszuweisen. Gebiete, die diesen Grenzwert unterschreiten, werden als besonders geeignet für den Ausbau von Wärmenetzen betrachtet.



Abbildung 38: Wärmelinienichte der Gemeinde Budenheim

Szenario „All electric“

Im zweiten Szenario liegt der Schwerpunkt auf der elektrischen Wärmeversorgung, wobei die Hauptquelle der Wärme durch den Einsatz von Wärmepumpen bereitgestellt wird. Diese nutzen elektrische Energie, um Wärme aus der Umgebungsluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser zu gewinnen und in die Gebäude zu leiten. Die Effizienz und Umweltfreundlichkeit dieser Technologie machen sie zu einer bevorzugten Wahl für die künftige Wärmeversorgung.

Falls der Einsatz von Wärmepumpen in bestimmten Gebieten oder Gebäuden nicht praktikabel ist, wird auf Geothermie als alternative Wärmequelle zurückgegriffen. Diese Alternative stellt sicher, dass auch in Bereichen, in denen Wärmepumpen nicht eingesetzt werden können, eine umweltfreundliche und zuverlässige Wärmeversorgung gewährleistet ist.

Algorithmisch entwickelte Szenarien

Für die Gemeinde Budenheim wurden auf Basis der drei unterschiedlichen Sanierungsraten von 0,8 %, 1,6 % und 2,4 % insgesamt sechs Szenarien gebildet. Diese beziehen sich auf die festgelegte Wärmelinienichte von 3.000 kWh/(m a) im „Wärmeausbau-Szenario“ und der Integration des „All electric“-Szenarios.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die drei automatisiert entwickelten Szenarien auf Basis unterschiedlicher Sanierungsraten und „Wärmenetzausbau“ (3.000 kWh/(m a)):

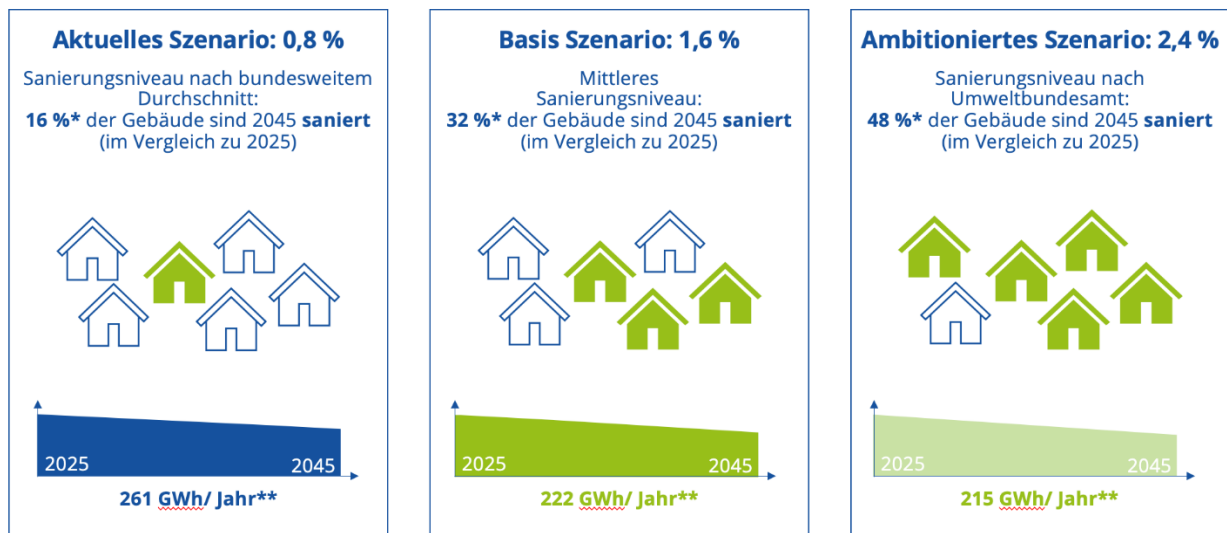


Abbildung 39: Algorithmische Szenarienbewertung "Wärmenetzausbau"

Dabei verhält sich die Aufteilung der zentralen und dezentralen Wärmeversorgungsgebiete je nach Höhe der Sanierungsrate unterschiedlich. Die jeweiligen Verteilungen ist in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.

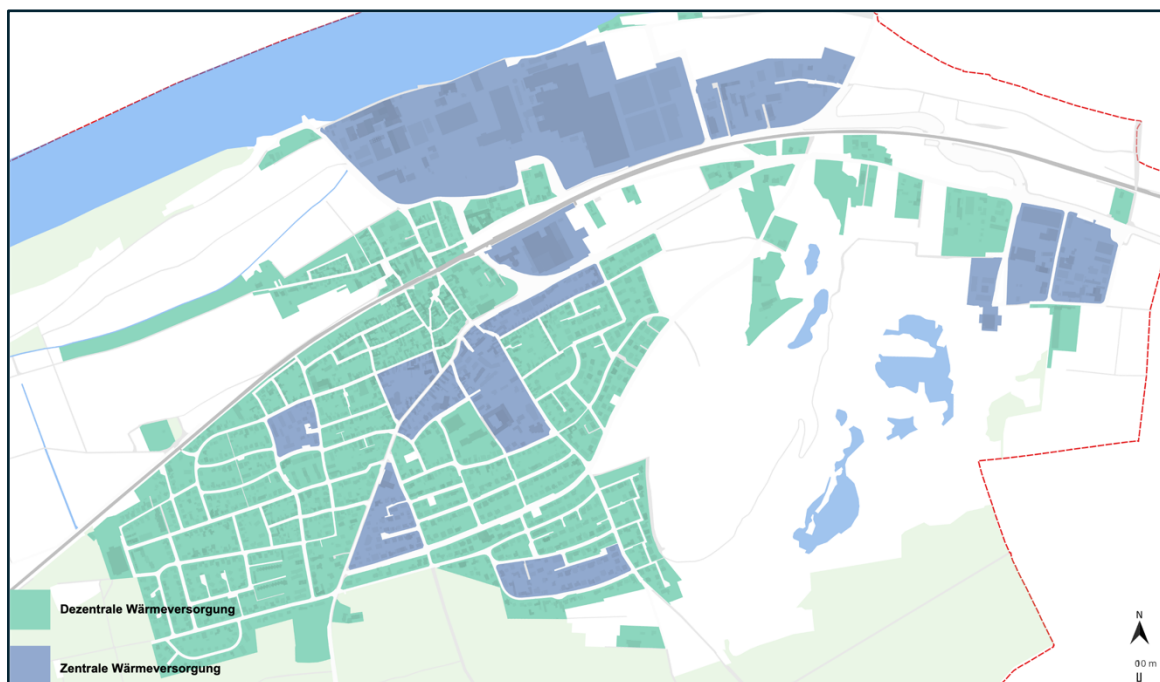


Abbildung 40: Szenario "Wärmenetzausbau" mit 1,6 % Sanierungsrate

Da in diesem Szenario ausschließlich dezentrale Wärmeversorgungsgebiete ausgewiesen wurden und diese sich bei allen Sanierungsraten gleich verhält, wird im Nachgang nur ein Abbild der potenziellen zukünftigen Wärmeversorgung aufgezeigt.

Die algorithmisch ausgewiesenen Eignungsgebiete dienen dazu, Bereiche für vertiefte Planungen zu identifizieren und zu initiieren.

Lokale Restriktionen

Die im vorherigen Kapitel abgeleiteten algorithmischen Szenarien bildeten die Grundlage für die Einbeziehung lokaler Restriktionen zur Ableitung des finalen Zielszenarios der Gemeinde Budenheim. Mithilfe ingenieurstechnischer Planungsleistung seitens der Hansa Luftbild Mobile Mapping GmbH erfolgte eine manuelle Ableitung eines detaillierten und realistischen Zielszenarios.

Grundsätzlich erfolgte die Erstellung des Zielszenarios anhand von drei Schritten, die nacheinander durchlaufen wurden, um das durch Ingenieure entwickelte finale Zielszenario festzulegen:

1. **Modellierung des zukünftigen gebäudegenauen Wärmebedarfs**
Wurde bereits im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse ermittelt
2. **Identifikation geeigneter Gebiete für Wärmenetze**
Wurde bereits im vorherigen Kapitel bei der Entwicklung algorithmischer Szenarien betrachtet
3. **Evaluierung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung**
Festlegung von Alternativen der Wärmeversorgung für Gebäude, die nicht an Wärmenetze angeschlossen werden können

Es ist wichtig zu beachten, dass das Zielszenario die Technologien zur Wärmeerzeugung nicht verbindlich festlegt, sondern als Ausgangspunkt für die strategische Infrastrukturentwicklung dient, wie beispielsweise den Ausbau von Wärmenetzen. Die Umsetzung dieser Strategie hängt von zahlreichen weiteren Variablen ab, die in dieser Szenarioanalyse nicht berücksichtigt werden können. Dazu gehören unter anderem die Bereitschaft der Gebäudeeigentümer, treibhausgasneutrale Wärmeerzeugungs-technologien zu implementieren, politische Rahmenbedingungen, Schwankungen in Anlagen- und Brennstoffpreisen sowie der Erfolg bei der Kundenakquise für Wärmenetze. Infolgedessen dient dieses Szenario nicht als Leitfaden für Investitionsentscheidungen, sondern vielmehr als Exploration der Zukunft. Um die technische Machbarkeit des Wärmenetzausbaus festzustellen und fundierte Entscheidungen zu treffen, sind detaillierte nachfolgende Untersuchungen erforderlich, wie beispielsweise Machbarkeitsstudien.

Folgende Prämissen werden bei der Erstellung des finalen Zielszenarios berücksichtigt:

- **Sanierung:** Es wird angestrebt eine festgelegte jährliche Sanierungsquote zu erreichen
- **(Grüne) Wärmenetze:** Wärmenetze werden, sofern sinnvoll und umsetzbar, in identifizierten Eignungsgebieten ausgebaut
- **> 65 % Versorgung der Heizungen mit erneuerbaren Energien:**
Einzelversorgungslösungen erfolgen durch Wärmepumpen (Luft, Erdwärme), Wasserstoff und Biomasse
- **Dekarbonisierung:** Emissionsreduktion durch nachhaltige Transformation des Strom- und Gassektor

Zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsgebiete

Ausgehend von den sechs algorithmischen Szenarien wurde festgelegt, für welche Gebiete die Bereitstellung von Wärme und der Einsatz erneuerbarer Energien zentral über Wärmenetze oder dezentral durch Einzelheizungen erfolgte. Diese Szenarien wurden miteinander verglichen und basierend auf den Erkenntnissen das finale Zielszenario entwickelt.

Wärmenetze sind für eine nachhaltige Wärmeversorgung von großer Bedeutung und spielen eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung der Wärmewende. Sie ermöglichen zudem die Nutzung von Energiequellen wie Abwasserwärme oder Biomasse, die in Einzelheizungen nicht verwendet werden.

Im Rahmen der Wärmeplanung wurden Gebiete mit durchschnittlichen Wärmeliniedichten von mehr als 3.000 kWh/(m a) identifiziert (s. Ab. 39). Dies lässt sich insbesondere durch die dichte und zusammenhängende Bebauung mit überwiegend älteren Gebäuden begründen. Gebiete mit hohen Wärmedichten bieten bessere wirtschaftliche Bedingungen für Wärmenetze, da hier größere Wärmemengen pro Trassenabschnitt transportiert und abgegeben werden und die Infrastruktur somit gut ausgelastet ist. Entscheidend ist dabei auch, wie viele Gebäude entlang der Trassen angeschlossen werden, wie aufwändig die Verlegung ist, wo Standorte für Heizzentralen möglich sind und welche Erzeugungspotenziale genutzt werden können. In vielen Gebäuden gibt es zudem Einschränkungen bei der Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeugung, beispielsweise aufgrund von Platzmangel für Geothermiebohrungen, Aufstellmöglichkeiten für Luft-Wärmepumpen oder verfügbarem Raum im Gebäude für Pelletheizungen. Gebiete, welche die Kriterien für eine Nutzung von Wärmenetzen nicht erfüllen, sollen zukünftig dezentral mit Wärmepumpen oder Biomasse versorgt werden. Durch die Kombination dieser Ansätze wird ein robustes, flexibles und umweltfreundliches Wärmenetz geschaffen, das den unterschiedlichen Anforderungen und Gegebenheiten der verschiedenen Gebiete gerecht wird.

Finales Zielszenario

Das finale Zielszenario stellt den Endzustand einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung dar und dient damit als Vorlage und Orientierung für eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung in der Gemeinde Budenheim.



Abbildung 41: Kartografisches Abbild Zielszenario 2045 nach ingenieurtechnischer Feinplanung

Das entwickelte Zielszenario wurde im Rahmen eines 3-stündigen Workshops mit allen relevanten lokalen Akteuren besprochen. Es wurde eine Übersicht über die sechs Szenarien sowie der

Vorschlag eines entwickelten finalen Zielszenarios präsentiert. Dieses wurde anhand eines kartografischen Abbilds mit ausgewiesenen zentralen und dezentralen Versorgungsgebieten vorgestellt. Die Teilnehmer diskutierten über die Eignung und Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Wärmeversorgung in den jeweiligen Eignungsgebieten. Dabei wurden Änderungsvorschläge seitens der lokalen Akteure berücksichtigt und diese direkt in das finale Zielbild mit einbezogen. Das daraus resultierende Ergebnis war eine kartografische Darstellung der Eignungsgebiete einer zentralen Wärmeversorgung sowie dezentraler Fokusgebiete in der Gemeinde Budenheim.

Das Gebiet südlich des Gewerbegebiets, Richtung Ortskern und werden als mögliches Wärmeversorgungsgebiet mit der Empfehlung zum Ausbau von Wärmenetzen klassifiziert. Für eine langfristige, wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Perspektive ist es ratsam, den Aufbau eines Wärmenetzes in einem Gebiet zu beginnen und dieses bei Bedarf eines weiteren Ausbaupotenzials zu vergrößern. Da die Erweiterung bestehender Netze mit bereits vorhandener Wärmeerzeugung in der Regel einfacher ist als der Neuaufbau einer Wärmeversorgung, wird dies auch in Gemeinde Budenheim angestrebt.

Im Bereich der dezentralen Wärmeversorgung wird jeweils ein Gebietszusammenhang betrachtet, der für eine dezentrale Versorgung geeignet ist. Diese Regionen sind durch eine geringere Wärmeliniendichte geprägt. Ebenso fallen in den Bereich auch Außenbereiche mit einer hohen internen Wärmeliniendichte, aber ohne eigenes Erzeugungspotenzial, die nur über lange Zuleitungen mit Wärmenetzen versorgt werden könnten. Die spezifischen Energieträger dieser Gebiete werden im Rahmen der Wärmewendestrategie definiert und anhand von Maßnahmen erläutert.

3.3.3. Zielbild 2045

Sanierungsrate von 1,6 % pro Jahr

Die aktuelle Gebäudesanierungsrate in Deutschland beträgt 0,7 % pro Jahr. Unter Berücksichtigung vorhandener lokaler Fachkräfte sowie dem verfügbaren Kapital wurde in Abstimmung mit dem Lenkungskreis und der Fachgruppe die jährliche Sanierungsrate für das Gebiet der Gemeinde Budenheim auf 1,6 % festgelegt. Dies bedeutet eine Verdoppelung der bisherigen Sanierungsaktivitäten auf dem Gebiet der Gemeinde.

Der Fokus liegt dabei auf der Sanierung von Gebäuden mit der niedrigsten Energieeffizienz, um schnellstmöglich signifikante Verbesserungen zu erzielen. Dadurch kann die energetische Qualität der Gebäude in Gemeinde Budenheim auch langfristig erheblich gesteigert werden. Bis zum Jahr 2045 sollen dadurch über 32 % der Gebäude in Gemeinde Budenheim die Anforderungen der Effizienzklassen A bis D erfüllen. Dies bedeutet, dass die meisten Gebäude energetisch auf einem sehr hohen Niveau liegen werden. Diese energetische Verbesserung führt zu einer signifikanten Reduzierung des Energieverbrauchs für die Bürger:innen in der Gemeinde Budenheim und unterstützt die Gemeinde gleichzeitig dabei die Reduktionsziele zu erfüllen.

Ermittlung der zukünftigen Wärmeerzeugung

Der zukünftige Wärmebedarf der Gemeinde Budenheim im Jahr 2045 zeigt eine Umstellung von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien. Insgesamt werden ca. 10 % des Wärmebedarfs durch ein Wärmenetz gedeckt. In Großteil der Gebiete, diejenigen, welche sich nicht oder nur eingeschränkt für ein Wärmenetz eignen, muss die Umstellung auf eine klimafreundliche Wärmeerzeugung dezentral erfolgen. Diese Gebiete werden als „Einzelheizungsgebiete“ bezeichnet, in denen die Gebäude auch zukünftig mit eigenen, durch erneuerbare Quellen betriebenen Heizsystemen versorgt werden müssen. Der Wärmebedarf durch dezentrale Versorgung wird mit einem Anteil von knapp 60 % durch Wärmepumpen gedeckt, während 7 % durch Solarthermie und PVT-Anlagen sowie 4 % durch Biomasse werden. Direktstrom wird ein Anteil von 6 % zugerechnet. Den Wärmenetzen und Gebäudenetzen wird mit einer Veranschlagung von 8 % im Zieljahr Rechnung getragen. Ein Restanteil von Gas wird durch die Dekarbonisierung durch grüne Gase auf 15 % geschätzt. Wasserstoff spielt in den Berechnungen zur zukünftigen Wärmeversorgung in Budenheim nur eine marginale Rolle, sodass er hier vernachlässigt wurde.

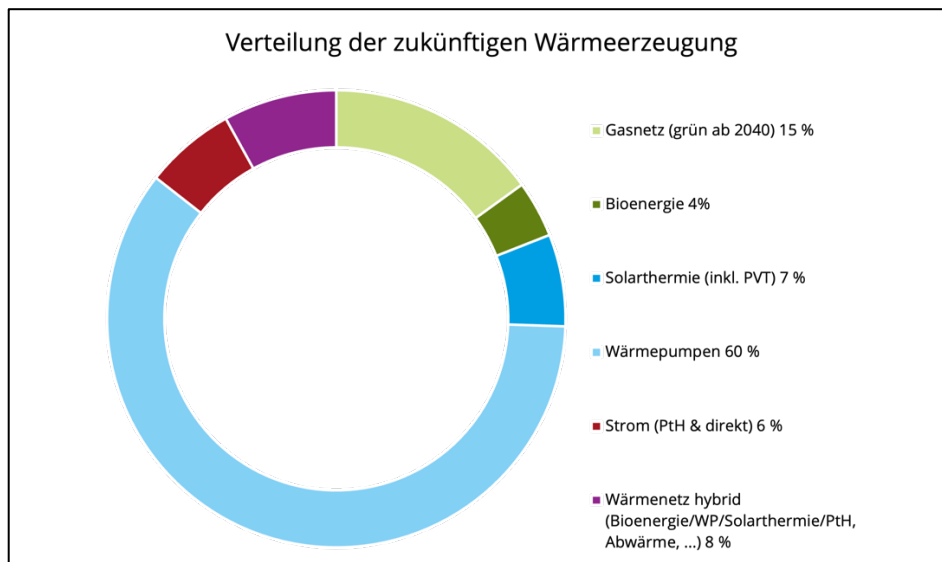


Abbildung 42: Wärmebedarf im Jahr 2045

Wärmepumpen bilden neben Wärmenetzen die Schlüsselkomponente der Energiewende. Sie nutzen Strom, um Wärme aus der Umwelt zu entziehen und auf das erforderliche Temperaturniveau für die Gebäudenutzung zu bringen. Dabei können, abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, unterschiedliche Wärmequellen genutzt werden. Wenn die Installation einer Wärmepumpe auf dem jeweiligen Grundstück möglich ist, kann entweder eine Luft-Wärmepumpe oder eine Erd-Wärmepumpe (Geothermie) genutzt werden. Ist dies nicht möglich, wird ein Biomassekessel als Wärmeerzeugungstechnologie angenommen.

Diese Einteilung ist jedoch nicht als Vorgabe für ein einheitliches Vorgehen innerhalb der Eignungsgebiete gedacht und stellt auch keine endgültigen Rahmenbedingungen oder Begrenzungen dar. Im weiteren Verlauf sind Änderungen und Konkretisierungen unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher, kapazitiver und sozialer Aspekte zu erwarten.

Aufzeigen von Entwicklungspfaden

Auf Grundlage der zugewiesenen Wärmeerzeuger aller Gebäude wird der Energieträgermix für die Gemeinde Budenheim im Zieljahr 2045 berechnet. Dieser Mix zeigt anhand der Stützjahre 2030, 2035 und 2040 die Entwicklungspfade der zukünftigen Energieträger zur Wärmeversorgung aller Gebäude in der Gemeinde Budenheim auf.

Zunächst wurde jedem Gebäude in der Gemeinde Budenheim ein Energieträger zugewiesen. Anschließend wurde der Endenergiebedarf basierend auf dem Wirkungsgrad des jeweiligen Wärmeerzeugers und dem Wärmebedarf berechnet. Der Endenergiebedarf aller Gebäude wird berechnet, indem man den Wärmebedarf im Zieljahr durch den thermischen Wirkungsgrad der Heizgeräte teilt.

Es zeigt sich ein Übergang von fossilen zu nachhaltigen Energieträgern in der Zusammensetzung des Endenergiebedarfs. Durch die fortschreitenden Sanierungen sinkt zudem der gesamte Endenergiebedarf.

Im Jahr 2045 soll der Großteil des Endenergiebedarfs über dezentrale Wärmeversorgung gedeckt werden. Der Strombedarf für die Wärmeerzeugung beträgt rund 222 GWh.

Szenarien [GWh/a]

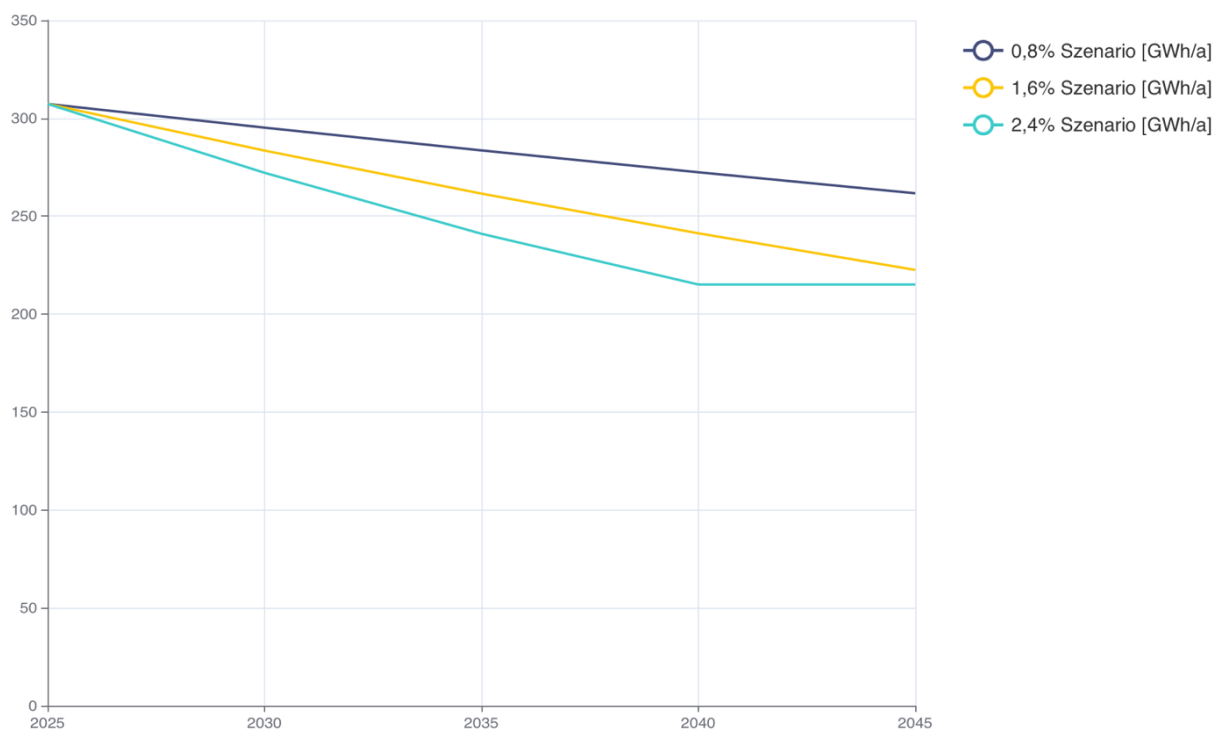


Abbildung 43: Entwicklung des Energieverbrauchs im zeitlichen Verlauf

Strombedarf für Wärmeerzeugung

Der Strombedarf für die Wärmeerzeugung ist ein entscheidender Faktor für die Energiewende, da er die Grundlage für eine klimafreundliche und nachhaltige Energieversorgung bildet. Eine ausreichende und erneuerbare Stromversorgung ist notwendig, um die Wärmeversorgung auf umweltfreundliche Technologien wie Wärmepumpen umzustellen.

Der aktuelle Stromverbrauch für die Wärmeerzeugung in Budenheim liegt bei etwa 43,5 GWh pro Jahr und macht somit nur einen kleinen Anteil von 12 % der gesamten Wärmeerzeugung aus. Aufgrund des Zielbildes der Wärmeplanung wird im Jahr 2045 ein Energiebedarf für die Wärmeerzeugung von 222 GWh pro Jahr erwartet. Dies ist auf den Einsatz von Wärmepumpen zurückzuführen, was zu einem erhöhten Strombedarf führt und somit den Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen notwendig macht. Trotz des steigenden Strombedarfs wird jedoch der Gesamtenergieeinsatz durch diese Umstellungen reduziert.

Zusammensetzung der Nah- und Fernwärmeerzeugung

Die Zusammensetzung der Energieträger für die zukünftige Erzeugung von Nah- und Fernwärme in der Gemeinde Budenheim wird ausschließlich durch den Betrieb von neuen Wärmenetzen bestimmt. Für die Simulation des Zieljahres wurde eine Zusammensetzung der Nah- und Fernwärmeerzeugung in der Gemeinde Budenheim zugrunde gelegt, basierend auf nationalen Studien zur künftigen Wärmeversorgung Deutschlands und Gesprächen mit der Steuerungsgruppe.

Besonders die Transformationspläne der Wärmenetzbetreiber sowie die in den Maßnahmen vorgeschlagene Transformationsstrategie der kommunalen Energieinfrastruktur werden die zukünftige Zusammensetzung der Nah- und Fernwärmeerzeugung zur Erreichung der

Treibhausgasneutralität definieren. Daher kann die finale Zusammensetzung der Nah- und Fernwärme gegebenenfalls von den dargestellten Anteilen abweichen.

Bestimmung der Treibhausgasemissionen

Die geplanten Änderungen in der Zusammensetzung der Energieträger betreffen vor allem den schrittweisen Rückgang von Erdgas und Heizöl zugunsten von Nah- und Fernwärme sowie Strom. Diese Anpassungen, kombiniert mit der Nutzung neuer Energieträger für die Erzeugung von Nah- und Fernwärme, werden zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen führen.

Durch die Umstellung auf eine emissionsärmere Verteilung der Energieträger ohne fossile Brennstoffe könnten die CO₂-Emissionen von ursprünglich rund 72.000 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr auf etwa 4.000 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr reduziert werden. Die Berechnung der CO₂-Emissionen erfolgte auf Basis der CO₂-Emissionswerte aus dem Technikkatalog der KEA BW (KEA-BW, 2020).

Im prognostizierten Szenario kann somit eine Reduktion von etwa 95 % erreicht werden. Das verbleibende CO₂-Budget im Wärmesektor wird dann 4.139 tCO₂ im Jahr 2045 betragen. Dies ist beispielsweise auf den Bau von PV-Anlagen oder Wärmepumpen zurückzuführen, wodurch ebenfalls CO₂-Emissionen anfallen. Dieses Restbudget muss entweder kompensiert oder durch weitere technische Maßnahmen im kommunalen Klimaschutz ausgeglichen werden (KEA-BW). Dies steht im Einklang mit dem Klimaschutzgesetz, wie von der KEA-BW bestätigt.

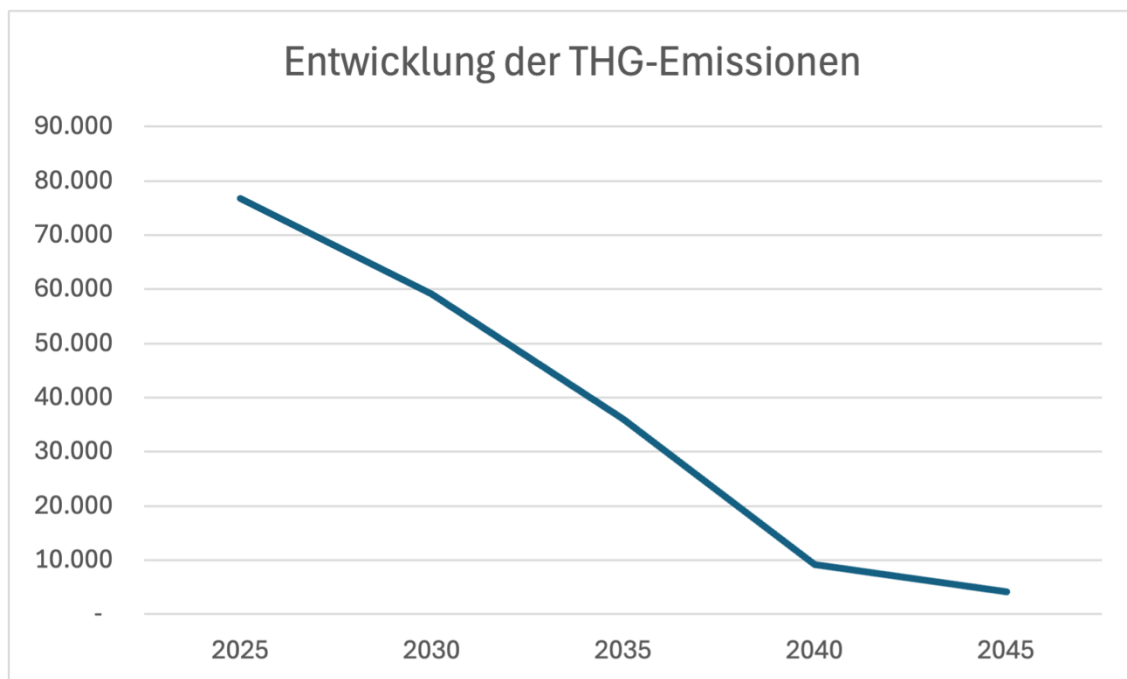


Abbildung 44: Entwicklung der THG-Emissionen im zeitlichen Verlauf

Zusammenfassung des Zielszenarios

Zusammenfassend zeigt die Simulation des Zielszenarios, dass bis 2045 eine umfassende Umstellung der Wärmeerzeugung nötig ist, um den Gesamtwärmeverbrauch und die Treibhausgasemissionen in der Gemeinde Budenheim langfristig zu reduzieren. Dies kann nur durch eine vollumfängliche Sanierung der Gebäude erfolgen. Entsprechend wurde für die Gemeinde Budenheim ein optimistischer Sanierungspfad mit einer Sanierungsrate von 1,6 % und einem Fokus auf Gebäude mit der niedrigsten Energieeffizienz angenommen.

Zudem wurde ein Eignungsgebiet für Wärmenetze und dezentral versorgte Gebiete ausgewiesen. Der Bereich um die Lenneberggrundschule wurde als zentrales Wärmeversorgungsgebiet klassifiziert. Ergänzt wurde dies um sechs Prüfgebiete für Mikronetze unter Beibehaltung der EDG-Versorgungsstruktur. Im größten Teil des Gemeindegebiets wird eine dezentrale Wärmeversorgung angestrebt.



Abbildung 45: Kartografisches Zielbild 2045

Um das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen, muss der Wärmeverbrauch in der Gemeinde Budenheim bis 2045 um etwa 28 % gesenkt werden. Dies erfordert umfassende energetische Sanierungen der Gebäude, weshalb eine jährliche Sanierungsrate von 1,6 % pro Jahr angesetzt ist. In der zukünftigen Heizlandschaft werden die meisten Gebäude dezentral über Luftwärmepumpen oder oberflächennahe Geothermie versorgt (ca. 60 %). Die restlichen Gebäude werden mittels grüner Gase (15 %), Solarthermie (7 %), Direktstrom (6 %) oder zentral mit Wärmenetzen beheizt (8 %) und lediglich 4 % der Heizanlagen fallen auf Biomasse.

Die CO₂-Emissionen können im Vergleich zu den aktuellen Emissionen um 95 % gesenkt werden. Trotz dieser Bemühungen bleibt eine Restemission von 4.139 tCO₂ im Jahr 2045 aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien, wodurch ebenfalls CO₂-Emissionen anfallen.

3.4. Wärmewendestrategie

3.4.1. Ziele & Vorgehensweise

Im Anschluss an die Entwicklung der Zielszenarien wird eine Wärmewendestrategie inklusive eines Maßnahmenkatalogs zur Umsetzung entwickelt. Die Wärmewendestrategie bietet einen Ansatz zur Dekarbonisierung des Wärmesektors und ist in verschiedene zeitliche Phasen unterteilt. Sie unterscheidet zwischen kurzfristigen Zielen, die sofort oder innerhalb der nächsten fünf Jahre umgesetzt werden sollen, und langfristigen Zielen, die innerhalb der nächsten zehn Jahre oder bis zum festgelegten Zieljahr erreicht werden sollen. Diese Strategie dient als Leitfaden für die Implementierung nachhaltiger Wärmelösungen und legt die Grundlage für langfristige Entwicklungen. Das Ziel ist es, einen nahtlosen Übergang zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu gewährleisten. Im Rahmen der Maßnahmenableitung wird ebenfalls eine grobe finanzielle Einschätzung bezüglich einzelner Maßnahmen gegeben. Diese muss in tiefergehenden Machbarkeitsstudien weiter untersucht und präzisiert werden.

ERGEBNIS: Umsetzungsstrategie, die den Weg zu einer klimaneutralen Energieversorgung anhand ausgewählter Maßnahmen aufzeigt

Der Prozess von der Erstellung der Wärmewendestrategie bis zur Ableitung eines Transformationspfads auf Basis der priorisierten Handlungsmaßnahmen gliedert sich in vier Prozessschritte:

Ableitung einer Wärmewendestrategie

- Zusammenfassung der Ergebnisse der Zielszenarien in übergeordneten Handlungsfeldern
- Festlegung von 3-4 übergeordneten Zielen, die als Basis einer Strategie für die nächsten 5 Jahre definiert werden

Entwicklung von Maßnahmen

- Ableitung möglicher Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, Reduzierung des Wärmeenergiebedarfs und Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in ausgewiesenen Versorgungsgebieten
- Formulierung von Maßnahmensteckbriefen für die abgeleiteten Maßnahmen

Identifikation von 2-3 Fokusgebieten

- Festlegung von 2-3 Fokusgebieten, die bezüglich einer klimafreundlichen Wärmeversorgung kurz- und mittelfristig prioritär zu behandeln sind
- Priorisierung der Maßnahmenvorschläge für die sukzessive Umsetzung

Entwicklung eines Transformationspfads

- Erarbeitung von Umsetzungsskizzen für mittel- und langfristige Maßnahmen inkl. Wirtschaftlichkeitsberechnung und der Erläuterung des methodischen Vorgehens
- Durchführung eines Kostenvergleichs für angedachte typische Versorgungslösungen
- Festlegung spezifischer Schritte und Meilensteine sowie Entwicklung eines Zeitplans für die Umsetzung der priorisierten Maßnahmen

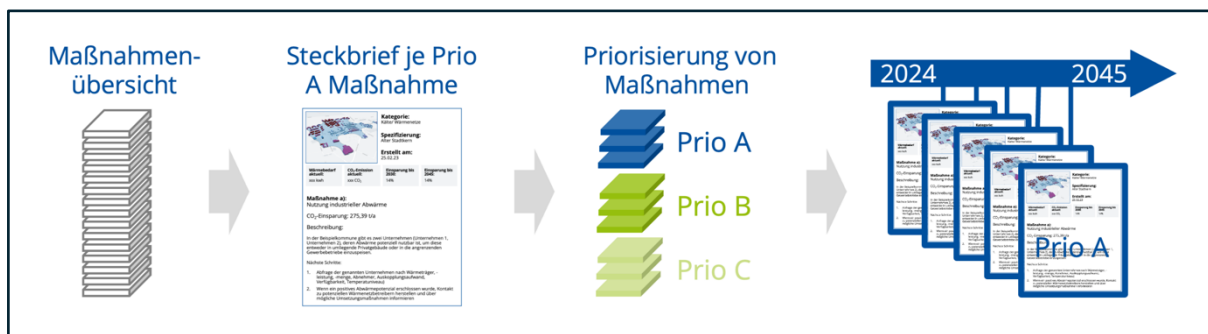


Abbildung 46: Prozess der Maßnahmenplanung und -priorisierung

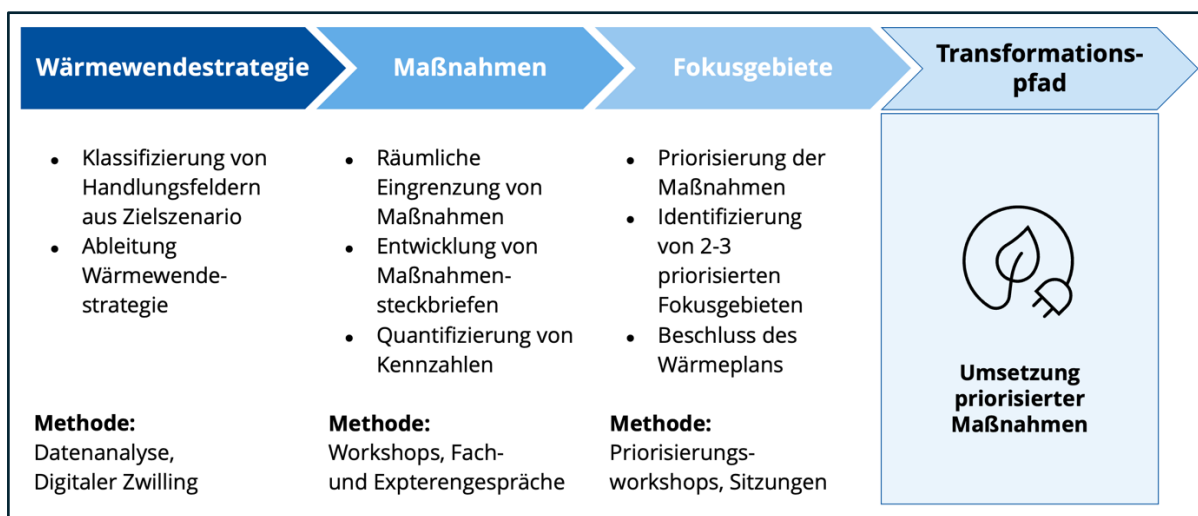


Abbildung 47: Überblick Vorgehen Wärmewendestrategie

3.4.2. Erkenntnisse der Wärmewendestrategie

Ableitung einer Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie in Budenheim fußt auf drei Säulen:

1. Sanierungsmaßnahmen von mind. 1,6 % zur Reduzierung des Energieverbrauchs
2. Prüfung des Baus eines Wärmenetzes im Ortskern sowie von Gebäudenetzen für kommunale Gebäude
3. Umstellung auf klimafreundliche, dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen

Die Wärmewendestrategie lässt sich in eine früh-, mittel- und langfristige Strategie unterteilen. Diese werden nachfolgend basierend auf den strategischen Säulen erläutert.

Bei Betrachtung der kurzfristigen strategischen Ziele sollte der Schwerpunkt darauf liegen, die Machbarkeit der Nah- und Fernwärmeversorgung in den Prüfgebieten der Wärmenetze zu evaluieren. Dies soll den Bewohner:innen der Gemeinde Budenheim frühzeitig Klarheit darüber verschaffen, ob und wann ein Wärmenetz in ihrer Straße verfügbar sein wird. Hierzu sind Machbarkeitsstudien zur Bewertung erneuerbarer Wärmequellen sowie zur Überprüfung der Verfügbarkeit zukünftiger Heizzentralenstandorte erforderlich. Geplant sind Machbarkeitsstudien für den Neubau von Wärmenetzen und Studien zur Erschließung weiterer Wärmequellen wie Solarthermie in Kombination mit Erdsondenfeldern. Nach Abschluss der Studien und positiver Bewertung der Eignungsgebiete soll die weitere Planung der potenziellen Wärmenetze erfolgen.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in der Gemeinde Budenheim hängt nicht nur von technischen Maßnahmen ab, sondern erfordert auch den Erhalt und die Stärkung geeigneter kommunaler Strukturen. Auch innerhalb der Gemeinde ist es wichtig, personelle Kapazitäten für das Thema Wärmewende bereitzustellen, um kontinuierliche Expertise und administrative Kapazitäten zu gewährleisten. Diese Ressourcen sind nicht nur für die Umsetzung, sondern auch für die fortlaufende Überwachung und Optimierung der Maßnahmen erforderlich.

Im Rahmen der mittelfristigen Strategie bis 2030 sollte die Sanierung der Gebäude bereits in Teilen sein. Aufgrund der alten Gebäudestruktur in der Gemeinde Budenheim stellt der wesentliche Bestandteil der Wärmewende die Sanierung des Gebäudebestands dar. Energetische Sanierungen mit einer angestrebten Sanierungsrate von 1,6 % pro Jahr sollen die Gesamteffizienz des Gebäudebestands signifikant verbessern. Dazu sind verschiedene Maßnahmen erforderlich, wie beispielsweise die Schaffung finanzieller Anreize und Förderprogramme für Hausbesitzer und Vermieter oder die Bereitstellung von Beratungs- und Informationsdiensten, um die Vorteile energetischer Sanierungen aufzuzeigen.

Die Erreichung der langfristigen Ziele bis 2045 könnte durch eine durchschnittliche Sanierungsrate von jährlich etwa 1,6 % erreicht werden. Die Umstellung der verbleibenden konventionellen Wärmequellen auf erneuerbare Energien sollte bis dahin abgeschlossen sein. Für Gebäude, die sich außerhalb der Eignungsgebiete für Wärmenetze befinden und voraussichtlich nicht an diese angeschlossen werden, basiert die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung vor allem auf der Nutzung von Wärmepumpen und Biomasseheizungen.

Entwicklung von Maßnahmen

Nachfolgend werden konkrete technische Ansätze, Implementierungsstrategien und Maßnahmen aufgezeigt, die zur Erreichung der Wärmewende erforderlich sind. Diese Maßnahmen basieren auf

einer Analyse der Potenziale, der verfügbaren Technologieoptionen und der aktiven Einbindung wichtiger Stakeholder.

Die Auswahl der Maßnahmen stützt sich auf die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse, die den zukünftigen Wärmebedarf, die bestehende Wärmeinfrastruktur und die verfügbaren Potenziale zusammenführte. Das Zielszenario und die in dem Rahmen abgeleiteten dezentralen und zentralen Wärmeversorgungsgebiete dienen als Grundlage für die Erstellung der spezifischen Maßnahmen. Diese sind in sechs Kategorien untergliedert:

Icon	Beschreibung
	Technische Maßnahmen
	Kommunikative Maßnahmen
	Organisatorische Maßnahmen

Abbildung 48: Kategorisierung der Maßnahmen

Innerhalb dieser Kategorien wurden insgesamt sieben konkrete Maßnahmen abgeleitet:

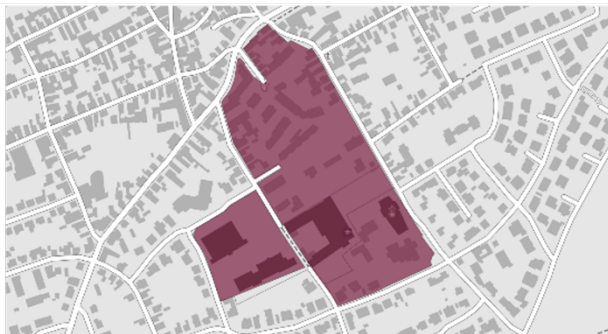
- Maßnahme 1: Prüfung Wärmenetzbau „Lenneberggrundschule“
- Maßnahme 2: Prüfung Gebäudenetz „Berliner Straße“
- Maßnahme 3: Prüfung Gebäudenetz „Waldsporthalle“
- Maßnahme 4: Sanierung kommunaler Gebäude
- Maßnahme 5: Prüfung und Ausweisung eines Sanierungsgebiets
- Maßnahme 6: Aufklärung der Bürgerinnen und Bürger
- Maßnahme 7: Beratung und Schulung zu Energieeffizienz und Heizungstausch

Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmen ausführlich im Rahmen eines Maßnahmensteckbriefs vorgestellt und detailliert erläutert. Jeder Maßnahme wurde eine geografische Verortung zugeordnet, ausgehend von den zuvor identifizierten Eignungsgebieten.

Es erfolgt ein Überblick über die wichtigsten Kennzahlen sowie eine kurze Erläuterung der vorzunehmenden Maßnahme. Zudem wird ein grober Überblick über die zu erwartenden Kosten gegeben und Annahmen zu einem möglichen Projektplan getroffen. Je nach Umfang der Maßnahme wird diese nochmal detailliert erläutert sowie nächste Schritte und Verantwortlichkeiten aufgezeigt.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass mit zunehmendem zeitlichem Abstand die Unsicherheit in den Prognosen steigt, da viele Entwicklungen noch nicht genau vorhersehbar sind. Insbesondere bei der Bewertung der geplanten Einsparung der CO₂-Emissionen und den anfallenden Kosten. Durch die regelmäßige Aktualisierung der Wärmeplanung spätestens alle fünf Jahre können jedoch verbleibende Bereiche wie technische Entwicklungen oder die Anpassung der Kosten präzisiert und verfeinert werden.

Wärmenetzprüfgebiet Lennebergschule



Kategorie
Wärmenetzprüfgebiet

**Aktueller
Wärmebedarf**

2,8 GWh

**Reduktion Wärme-
bedarf bis 2045**

29 %

**Aktuelle CO₂-
Emission**

655 t CO₂/Jahr

**Geplante Ein-
sparung bis 2045**

98 %

Kurzbeschreibung

Der aktuelle Heizwärmebedarf liegt bei etwa 2,8 GWh/a und soll bis 2045 auf rund 2,0 GWh/a sinken ($\approx -29\%$). Als Maßnahme wird ein niedertemperierte Mikronetz der 4. Generation geprüft. Technisch bietet sich eine zentrale Wärmepumpe an, bevorzugt mit Geothermie als Hauptquelle, sofern geeignete Bohr- oder Freiflächen vorhanden sind. Aufgrund der baulichen Situation ist auch eine Luft/Wasser-Wärmepumpe realistisch. Sind Grund- oder Abwassermengen verfügbar, kann eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe als alternative Quelle bewertet werden. Eine PV-gekoppelte Fahrweise und ein Kurzzeit-Wärmespeicher zur Lastglättung sind anzustreben. Für Spitzenlast/Backup kommen Power-to-Heat sowie Bioenergie (z. B. Biomethan-/Biogas-Kessel, alternativ Pellets/Hackschnitzel) in Frage. Das heute vorhandene gasbetriebene BHKW kann übergangsweise als Einspeisepunkt/Backup genutzt und in einen Transformationspfad zur Dekarbonisierung eingebunden werden.

Erwartete Kosten (netto, Stand 2025)

Für den Netzbau mit rund 0,8–1,4 km Trasse ist mit Investitionen von etwa 2,4–4,2 Mio. € zu rechnen. Einschließlich Heizzentrale (Groß-Wärmepumpe), Spitzenlast/Backup (PtH/Biomethan), Kurzzeit-Wärmespeicher, MSR/Energiemanagement sowie Planung und Nebenkosten ergibt sich eine Gesamtinvestition von ca. 3,9–6,8 Mio. €. Unter Annahme einer BEW-Förderung werden Wärmegestehungskosten von etwa 18–26 ct/kWh_{th} erwartet. Bei einem BEG-Gebäudenetz kann die Zuschusssituation je nach Konfiguration ähnlich ausfallen.

Erwarteter Aufwand

Für Vorbereitung und Ausführungsbegleitung ist ein laufender Koordinationsaufwand von rund **0,05 FTE** einzuplanen.

Machbarkeitsstudie
1 Jahr

Planung und Bau
5-7 Jahre

Betrieb
30-40 Jahre



Mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) werden Machbarkeitsstudien sowie anschließend Planung und Bau (bzw. Erweiterung/Umstellung) erneuerbarer Wärmenetze gefördert. Die BEW-Machbarkeitsstudie (Modul 1) bildet die belastbare Grundlage für die technische und wirtschaftliche Bewertung und ist verpflichtende Voraussetzung für weitere BEW-Förderstufen.

Mikronetzprüfgebiet Berliner Straße



Kategorie
Mikronetzprüfgebiet

**Aktueller
Wärmebedarf**
1,3 GWh

**Reduktion Wärme-
bedarf bis 2045**
34 %

**Aktuelle CO₂-
Emission**
290 t CO₂/Jahr

**Geplante Ein-
sparung bis 2045**
98 %

Kurzbeschreibung

Das Quartier zwischen Berliner Straße und Heidesheimer Straße weist einen aktuellen Wärmebedarf von etwa 1,3 GWh pro Jahr auf. Als Maßnahme wird die Umsetzung eines niedertemperierten, BEW- oder BEG-förderkonformen Mikro- bzw. Quartiersnetzes geprüft (vorrangig 4. Generation, mit Option auf Elemente der 5. Generation dort, wo es sinnvoll ist). Technisch bietet sich eine zentrale Wärmepumpe an, vorzugsweise mit oberflächennaher Geothermie als Hauptquelle, sofern geeignete Bohr- oder Freiflächen vorhanden sind. Alternativ sind Luft Wasser Wärmepumpen möglich. Eine PV gekoppelte Betriebsweise und ein Kurzzeitspeicher zur Lastglättung sind anzustreben. Für Spitzenlast und Backup kommen Power to Heat sowie Bioenergie in Betracht, zum Beispiel Biomethan oder Biogas Kessel, alternativ Pellets oder Hackschnitzel. Für die Objekte Berliner Straße 2 bis 10 (derzeit gasbetriebenes BHKW) sind Synergien bei Backup und Spitzenlast, die hydraulische Einbindung sowie eine mögliche Netzerweiterung mitzudenken.

Erwartete Kosten (netto, Stand 2025)

Für den Netzbau ist mit rund 0,8–1,4 km Trasse ist mit Netzkosten von ca. 2,4–4,2 Mio. € zu rechnen. Einschließlich Heizzentrale (Groß-Wärmepumpe), Kurzzeit-Wärmespeicher, PTH/Backup) sowie Planung und Nebenkosten ergibt sich eine Gesamtinvestition von ca. 3,6–6,2 Mio. €. Unter Annahme einer BEW-Förderung werden Wärmegestehungskosten von etwa 15–22 ct/kWh_{th} erwartet. Bei einem BEG-Gebäudenetz kann die Zuschussituation ähnlich ausfallen.

Erwarteter Aufwand

Für Vorbereitung und Ausführungsbegleitung ist ein laufender Koordinationsaufwand von rund **0,05 FTE** einzuplanen.

Machbarkeitsstudie
1 Jahr

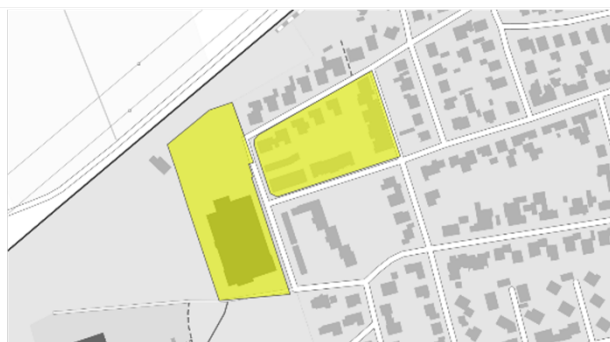
Planung und Bau
4 Jahre

Betrieb
30-40 Jahre



Für kleine Netze mit bis zu 16 Gebäuden (max. 100 Wohneinheiten) kommt zusätzlich zur BEW die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Betracht. Diese Option ist besonders dann sinnvoll, wenn die Erweiterung überschaubar bleibt und eine homogene, dicht beieinander liegende Bebauung im Umfeld erschlossen wird.

Mikronetzprüfgebiet Waldsporthalle



Kategorie
Mikronetzprüfgebiet

**Aktueller
Wärmebedarf**

709 MWh

**Reduktion Wärme-
bedarf bis 2045**

30 %

**Aktuelle CO₂-
Emission**

120 t CO₂/Jahr

**Geplante Ein-
sparung bis 2045**

98 %

Kurzbeschreibung

Rund um Waldbad und Bürgerhaus bietet sich ein niedertemperiertes Mikro-/Quartiersnetz der 4. Generation an. Als Maßnahme wird die technische Grundstruktur bevorzugt mit zentrale Großwärmepumpe als Grundlast (Geothermie bei geeigneten Bohr- bzw. Freiflächen, alternativ Luft/Wasser), Kurzzeit Wärmespeicher zur Lastglättung sowie Power to Heat für Spitzen und Backup. Das bestehende gasbetriebene BHKW am Waldbad kann übergangsweise als Spitzenlast/Backup dienen und bei Dekarbonisierung mit grünem Gas perspektivisch eingebunden werden. Ein PV-Ausbau auf kommunalen Dachflächen erhöht den Eigenstromanteil der Wärmepumpe. Synergien mit angrenzenden Liegenschaften (hydraulische Einbindung, gemeinsame Speicher/Erzeugung) sind mitzudenken.

Erwartete Kosten (netto, Stand 2025)

Für den Netzbau ist mit rund 0,5–0,9 km Trasse zu rechnen; daraus ergeben sich Netzkosten von etwa 1,5–2,7 Mio. €. Die Heizzentrale (Großwärmepumpe, Kurzzeitspeicher, PtH/Backup inkl. MSR) liegt bei rund 0,8–1,4 Mio. €. Unter Einbezug von Planung und Nebenkosten ergibt sich eine Gesamtinvestition von ca. 2,5–4,6 Mio. €. Bei Annahme einer BEW-Förderung werden Wärmegestehungskosten von grob 16–23 ct/kWh_{th} erwartet.

Erwarteter Aufwand

Für Vorbereitung und Ausführungsbegleitung ist ein laufender Koordinationsaufwand von rund **0,05 FTE** einzuplanen.

Machbarkeitsstudie
1 Jahr

Planung und Bau
4 Jahre

Betrieb
30-40 Jahre



Für kleine Netze mit bis zu 16 Gebäuden (max. 100 Wohneinheiten) kommt neben der BEW auch die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Betracht. Solche „Gebäudenetze“ können sowohl Wärmeerzeuger als auch Leitungsnetz fördern. Sinnvoll ist diese Option vor allem, wenn die Netzgröße überschaubar bleibt und kommunale Liegenschaften samt einzelner Nachbargebäude einbindet.

Dezentrale Objektversorgung “Sanierung kommunaler Gebäude”



Kategorie
Technische Maßnahme



Verortung
Budenheim

**Aktueller
Wärmebedarf**
3,65 GWh

**Reduktion Wärme-
bedarf bis 2045**
32 %

**Aktuelle CO₂-
Emission**
902 t CO₂/ Jahr

**Geplante
Einsparung bis
2045**
100 %

Kurzbeschreibung

Der aktuelle Wärmebedarf liegt bei rund 3,65 GWh/ Jahr. Die aktuellen CO₂-Emissionen umfassen aktuell 902 t CO₂/Jahr. Bis 2045 müssen durch die Umstellung der Heizsysteme bis zu 100 % des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien gedeckt werden.

Die kommunalen Gebäude, sind durch dezentrale Wärmetechnologie zu versorgen, welche die 65%-EE-Regel des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) erfüllen. Mit Sanierungsmaßnahmen kann der Jahreswärmebedarf gesenkt und die Effizienz von Heizungsanlagen gesteigert werden.

Die **vorzunehmende Maßnahme** definiert sich durch die Erstellung geeigneter Sanierungsfahrpläne und der Nutzung von Förderungen zur Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen. Regelmäßige Evaluationen geben Auskunft über den Erfolg der Maßnahme.

Die Stadt nimmt bei der Maßnahme eine planende Rolle ein.

Erwarteter Aufwand

Für die Durchführung der Sanierungsplanung und -ausführung werden laufende Personalkosten in Höhe von **0,5 FTE** angenommen.

Projektplan

Zur Umsetzung der Maßnahme ist neben der Entwicklung geeigneter Sanierungsfahrpläne die Bereitstellung von Haushaltsmitteln vonnöten. Für die Umsetzung bedarf es geeigneten Personals und eine erfolgreiche interne Kommunikation und Motivation.

Energetisches Sanierungsgebiet



Kategorie
Technische Maßnahme



Verortung
Gemeinde Budenheim

Kurzbeschreibung

Im Rahmen einer integrierten energetischen Quartierssanierung sollen durch vorbereitende Untersuchungen sowie die Ausarbeitung eines konkreten Sanierungskonzepts die Grundlagen für eine zielgerichtete energetische Verbesserung eines definierten Gebiets geschaffen werden. Dazu wird zunächst das Untersuchungsgebiet festgelegt und eine umfassende Bestandsaufnahme durchgeführt, unter Einbeziehung geeigneter Planungswerkzeuge (z. B. kommunale Wärmeplanung – kWP). Auf dieser Basis entsteht ein förderfähiges, integriertes Konzept zur energetischen Aufwertung des Quartiers, das bestehende Strategien und Konzepte (z. B. kWP, IKS) sinnvoll verknüpft. Zur Schaffung verbindlicher Rahmenbedingungen wird anschließend eine Sanierungssatzung gemäß § 142 BauGB erlassen, mit der das Sanierungsgebiet rechtlich festgelegt wird. Flankierend werden Bürgerinformationsmaßnahmen umgesetzt und ein Sanierungsmanagement aufgebaut, um Betroffene transparent über Vorteile und rechtliche Pflichten zu informieren sowie die Steuerung und Begleitung des gesamten Sanierungsprozesses sicherzustellen.

Erwarteter Aufwand

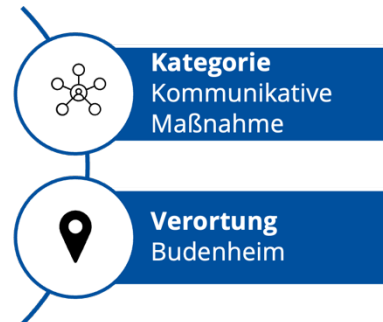
Für die Durchführung und Implementierung aller dargestellten Schritte werden zusätzliche Personalkapazitäten in Höhe von **1–2 FTE** auf Seiten der Gemeinde angenommen

Die Gemeinde nimmt hier eine gestaltende und steuernde Rolle ein.

Projektplan

Zur Umsetzung der Maßnahme ist ein stufenweises Vorgehen erforderlich: Zunächst erfolgt die Festlegung des Untersuchungsgebiets und eine umfassende Bestandsaufnahme als Grundlage für die weitere Planung. Darauf aufbauend wird ein integriertes, förderfähiges Klimaschutz- oder Quartierskonzept erarbeitet und in ein konkretes Sanierungskonzept mit priorisierten Maßnahmen, Zeit- und Umsetzungsplanung überführt. Anschließend wird das Sanierungsgebiet durch den Erlass einer Sanierungssatzung gemäß § 142 BauGB rechtlich gesichert. Parallel werden Bürgerinformations- und Beteiligungsformate etabliert und ein Sanierungsmanagement aufgebaut, das die Maßnahmenumsetzung koordiniert, den Prozess kontinuierlich begleitet und als zentrale Anlaufstelle für Akteure und Betroffene fungiert.

Aufklärung der Bürgerinnen und Bürger



Kurzbeschreibung

Private Haushalte stellen in der Gemeinde Budenheim den mit Abstand größten Sektor dar. Die Aufklärung und Mobilisierung der Bevölkerung nimmt daher eine wesentliche Rolle im Gelingen der Wärmewende ein. Nur durch die ausreichende Motivation zu privaten Heizungstauschprojekten und Gebäudesanierungen kann der Weg hin zu einer treibhausgasneutralen Verbandsgemeinde gelingen. Dafür sollte eine zentrale Anlaufstelle zur Beantwortung von Fragen und zur Aufklärung von Fördermitteln eingerichtet werden.

Die **Maßnahme** zielt darauf ab, durch Informationsmaterial und -formate, wie zum Beispiel Fachvorträge, über die Wärmewende aufzuklären. Dadurch soll eine Entscheidungshilfe gegeben werden. Durch ergänzende Beratungsangebote soll die Unterstützung bei der Umsetzung eigener Maßnahmen gewährleistet werden.

Die Gemeinde nimmt dabei eine planende und koordinierende Rolle ein

Erwarteter Aufwand

Für die Durchführung der Maßnahme werden laufende Personalkosten in Höhe von **0,1 FTE** angenommen. Die Kosten sind durch die Gemeinde zu erbringen.

Projektplan

Zur Durchführung der Maßnahme müssen passende Informationsmaterialien und -formate ausgearbeitet werden. Diese sollten für die Bürgerinnen und Bürger leicht zugänglich sein. Bei der Ausarbeitung ist auf eine Aktualität der vermittelten Inhalte zu achten und diese ggf. zu aktualisieren. Ein regelmäßiger Austausch in Form von Diskussionsrunden trägt zur Auseinandersetzung von Bürgeranliegen bei und unterstützt die Auswahl geeigneter Inhalte.

Beratung und Schulung zu Energieeffizienz und Heizungstausch



Kategorie
Kommunikative
Maßnahme



Verortung
Budenheim

Kurzbeschreibung

Ein großer Teil der Wärmeversorgung in Budenheim erfolgt nach wie vor über fossile Energieträger in veralteten Heizungsanlagen. Die Sensibilisierung für moderne, energieeffizientere Systeme in öffentlichen und privaten Gebäuden ist ein wichtiger Baustein zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung – insbesondere im privaten Bereich.

Derzeit sind in Budenheim nur wenige Anlagen auf Basis von Wärmepumpen und Biomasse im Einsatz. Pro Einfamilienhaus lassen sich dadurch allerdings jährlich etwa 4,8 t CO₂ vermeiden und bis zu 14.000 kWh Energie einsparen – ein erhebliches Potenzial für den Klimaschutz und die Reduzierung der Energiekosten.

Die vorzunehmende **Maßnahme** definiert sich durch die Durchführung von Schulungen und Beratungsangeboten für Haushalte, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen zur Steigerung der Energieeffizienz und Optimierung von Heizsystemen empfohlen. Ziel ist es, Energieeinsparpotenziale aufzuzeigen und die Umsetzung kosteneffizienter Maßnahmen zu fördern.

Die Gemeinde nimmt hier eine koordinierende Rolle ein.

Erwarteter Aufwand

Für die Durchführung der Bürgerberatung werden laufende Personalkosten in Höhe von **0,1 FTE** angenommen. Die Kosten sind durch die Stadt Budenheim zu erbringen.

Projektplan

Zur Erreichung einer effizienten Beratung ist die Evaluation des Angebots kontinuierlich durchzuführen (Monitoring) und mit Hilfe von Informationsveranstaltungen und Förderung des Erfahrungsaustauschs regelmäßig nachzusteuern.

Implementierung der Wärmeplanung in den Verwaltungsablauf



Kategorie
Organisatorische
Maßnahme



Verortung
Budenheim

Kurzbeschreibung

Die Implementierung der kommunalen Wärmeplanung sieht die Einbindung politischer Entscheidungsträger sowie die Schaffung fester Prozesse, etwa durch die Integration in bestehende Steuerungsrunden, Ausschüsse oder Verwaltungsabläufe. Auch die langfristige personelle und finanzielle Absicherung, z.B. durch die Einrichtung einer Stelle für Wärmewende-Management, unterstützt eine wirkungsvolle Umsetzung und spätere Fortschreibung der Wärmeplanung.

Die vorzunehmende **Maßnahme** definiert sich durch die weitere Abstimmung der Wärmeplanung innerhalb der Gemeindeverwaltung im Austausch mit den verschiedenen Ämtern und dem Verwaltungsapparat. Hierzu können Abstimmungen aus der Maßnahme „Interkommunale Zusammenarbeit“ genutzt werden, um die eigenen Abläufe mit denen der Nachbarkommunen abzugleichen und voneinander zu lernen. Dazu gehören regelmäßige Besprechungen der kommunalen Verwaltungen

Erwarteter Aufwand

Für die Durchführung der Bürgerberatung werden laufende Personalkosten in Höhe von **0,1 FTE** angenommen. Die Kosten sind durch die Gemeinde zu erbringen.

Projektplan

Zur Implementierung der kommunalen Wärmeplanung in die Gemeindeverwaltung ist der Abgleich vorhandener Konzepte und darauf basierend der Aufbau struktureller und organisatorischer Verankerung innerhalb der Verwaltung vorgesehen. Durch die Koordination, Kommunikation und Verstetigung mit allen relevanten Akteuren können die Maßnahmenentwicklung, -umsetzung und Planabgleich durch kontinuierliche Weiterentwicklung über den Verlauf der Wärmewende sichergestellt werden.

Interkommunale Zusammenarbeit



Kategorie
Organisatorische
Maßnahme



Verortung
Budenheim

Kurzbeschreibung

Durch die Kooperation im Rahmen der interkommunalen Zusammenarbeit zwischen der Gemeinde und den Nachbargemeinden lassen sich regionale Potenziale erneuerbarer Energien (z. B. Freiflächen-PV und Solarthermie) besser erschließen, Planungskosten teilen und größere, wirtschaftlichere Versorgungslösungen realisieren. Gleichzeitig stärkt sie die strategische Abstimmung, z. B. bei Siedlungsentwicklung, Industrieansiedlungen oder Fördermittelanträgen.

Die vorzunehmende **Maßnahme** definiert sich durch Abstimmung der Wärmeplanung mit den Nachbarkommunen sowie der Betrachtung von Synergien an den Gemeindegrenzen. Dazu gehören regelmäßige Besprechungen mit dem Landkreis.

Die Gemeinde nimmt dabei eine koordinierende Rolle ein.

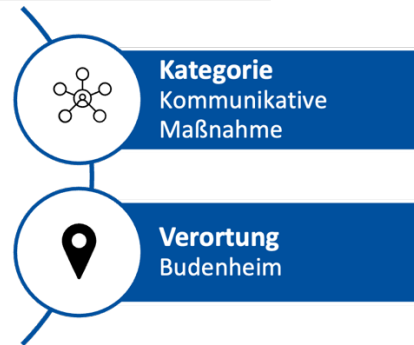
Erwarteter Aufwand

Für die Koordination, Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der regelmäßigen Austauschformate werden laufende Personalkosten in Höhe von **0,05 FTE** angenommen. Die Kosten sind durch die Gemeinde zu erbringen.

Projektplan

Zur Etablierung einer interkommunalen Zusammenarbeit ist ein kontinuierlicher Austausch mit den Akteuren der umliegenden Gemeinden vonnöten. Das gemeinsame Identifizieren und Heben von Potenzialen knüpft an den regelmäßigen Austausch an. Dafür bedarf es eines gemeinsamen Zielbilds der Wärmeversorgung bis 2045.

Abgleich Wärmeplanung mit Gas- und Stromnetzentwicklung



Kurzbeschreibung

Der Abgleich der Wärmeplanung mit der Gas- und Stromnetzentwicklung dient dazu, Versorgungsstrategien besser aufeinander abzustimmen und Synergien zu nutzen, um eine wirtschaftlich und technisch sinnvolle Transformation der Energieinfrastruktur zu ermöglichen.

Die vorzunehmende **Maßnahme** definiert sich durch Bewertung des Bedarfs und der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit des Ausbaus und der Modernisierung der Netz-Infrastruktur. Dazu kommt die Klärung der Integration künftiger Entwicklungen, insbesondere des PV-Ausbaus und der zunehmenden Elektrifizierung der Mobilität und Wärmeversorgung. Ergänzend kommt die Erfassung und Auswertung relevanter Daten zur Netzbelastung und zukünftigen Anforderungen hinzu. Ebenfalls ist die Festlegung von Maßnahmen zur Bereitstellung notwendiger Flächen (z. B. für Trafostationen) vorgesehen.

Zentral dabei ist die Einrichtung eines regelmäßigen Austauschformats mit den Stromnetz- und Gasnetzbetreibern, um zukünftigen Plänen und Änderungen gesetzlicher Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen.

Die Gemeinde nimmt dabei eine unterstützende Rolle ein.

Erwarteter Aufwand

Für die Koordination der Gespräche werden laufende Personalkosten in Höhe von **0,05 FTE** angenommen. Die Kosten sind durch die Gemeinde zu erbringen.

Projektplan

Für den Abgleich der Gas- und Stromnetzentwicklung ist ein Austausch mit dem Netzbetreiber und regelmäßiger Dialog zur Ertüchtigungs- und Ausbaustrategie als zentraler Meilenstein (mind. jährlich) mit dem Netzbetreiber vorgesehen.

Identifikation von 2-3 Fokusgebieten

Im Rahmen eines Priorisierungsworkshops wurde nach der Vorstellung der Wärmewendestrategie und der Maßnahmensteckbriefe eine detaillierte Priorisierung der Maßnahmen mit der Steuerungsgruppe vorgenommen. Gemäß § 20 Absatz 1 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG, 2024) ist der Gemeinderat verpflichtet, relevante Maßnahmen aus 2-3 Fokusgebieten zu beschließen und deren Umsetzung innerhalb von fünf Jahren nach Beschlussbeginn zu starten. Diese Maßnahmen können sowohl konkrete Bauvorhaben mit klar quantifizierbarer Treibhausgas-Einsparung umfassen als auch „weiche“ Maßnahmen, beispielsweise im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit.

In die Bewertung der Kriterien zur Auswahl der relevantesten Maßnahmen wurden quantitative Faktoren wie CO₂-Einsparung und Kosten sowie qualitative Kriterien mit einbezogen. Zusätzlich wurden technische Aspekte, wie mögliche Umsetzungshürden und die Dringlichkeit einzelner Maßnahmen zur Schaffung eines soliden Rahmens für die Wärmewende, berücksichtigt.

Die Maßnahmen wurden anhand der nachfolgenden Matrix bewertet und basierend auf der Priorisierung der relevantesten ausgewählt.

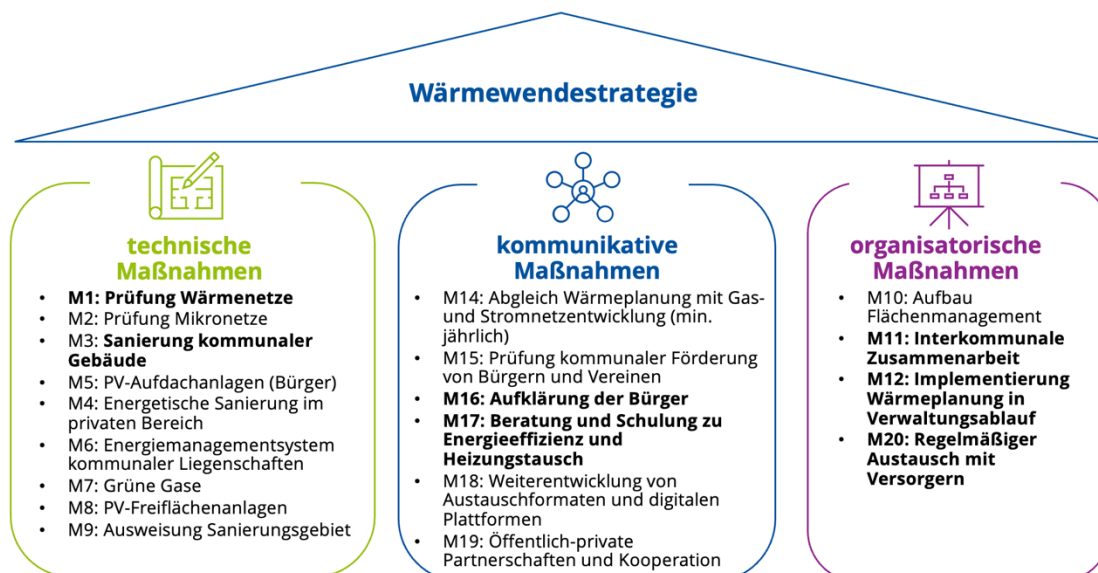


Abbildung 49: Priorisierung der Maßnahmen

Aus den priorisierten Maßnahmen, die innerhalb Budenheims näher betrachtet werden sollen, lassen sich 3 Fokusgebiete ableiten, sowie weitere Maßnahmen, die sich auf das gesamte Gemeindegebiet beziehen:

- Maßnahme 1: Prüfung Wärmenetzbau „Lenneberggrundschule“
- Maßnahme 2: Prüfung Gebäudenetz „Berliner Straße“
- Maßnahme 3: Prüfung Gebäudenetz „Waldsporthalle“
- Maßnahme 4: Sanierung kommunaler Gebäude
- Maßnahme 5: Prüfung eines Sanierungsgebiets
- Maßnahme 6: Aufklärung der Bürgerinnen und Bürger
- Maßnahme 7: Beratung und Schulung zu Energieeffizienz und Heizungstausch

Entwicklung eines Transformationspfads

Nach Priorisierung der Maßnahmen wurden diese ebenfalls in einem partizipativen Prozess auf einen Zeitstrahl über die nächsten fünf Jahre gelegt. Dabei flossen Überlegungen zu einer sinnvollen Abfolge und der Umsetzbarkeit der Maßnahmen in die Einordnung ein. Die Ergebnisse zeigen die Schritte auf dem Transformationspfad zum Erreichen des Zielszenarios.

Dies stellt sicher, dass die ausgewählten Maßnahmen nicht nur effektiv zur Reduktion der Treibhausgasemissionen beitragen, sondern auch von der Gemeinde getragen und festgesetzt werden, indem sie in einer logischen Reihenfolge festgehalten werden. So wird ein strukturierter und zielgerichteter Ansatz für die kommenden fünf Jahre gewährleistet.



Abbildung 50: Transformationspfad

Im Anschluss an die Verabschiedung des kommunalen Wärmeplans sollte demnach direkt ab Q3 2026 mit der Prüfung des Wärmenetzes an der Lenneberggrundschule begonnen werden. Dies bedeutet die Erstellung eines Förderantrags sowie die Umsetzung einer Machbarkeitsstudie, sodass bei einer positiven Prüfung die Umsetzung des Wärmenetzes möglichst schnell begonnen werden kann. Ebenso verhält sich die Prüfung der Gebäudenetze in der „Berliner Straße“ und an der „Waldsporthalle“, die allerdings erst in Q3 2027 starten soll. Wichtig anzumerken ist, dass während der Prüfung erst die Wirtschaftlichkeit der Wärmenetze überprüft wird und demnach erst nach Abschluss der Prüfung festgelegt wird, ob das Wärmenetz gebaut wird. Die Priorisierung dieser Maßnahmen aus dem Wärmeplan, ist lediglich eine Empfehlung zur Prüfung der weiteren Schritte und somit nicht rechtlich bindend.

Die Sanierung der Gebäudehüllen wurde ab Q4 2026 als zentrale Maßnahme für die Gemeinde Budenheim priorisiert. Hierbei sollte der Fokus bei der Sanierung zunächst auf die öffentlichen kommunalen Gebäude gelegt werden, damit die Gemeinde als Vorreiter im Bereich der Sanierungen fungiert.

Regelmäßige Bürgeraktivierungsmaßnahmen mit Beginn ab Q1 2026 sollen die zuvor aufgezeigten Maßnahmen in deren Umsetzung unterstützen, das Verständnis für die kommunale Wärmeplanung weiter schärfen und die Vorteile der geplanten Maßnahmen ersichtlich aufzeigen.

Zeitgleich soll mit der Implementierung der Wärmeplanungsprozesse in den Verwaltungsaufbau sichergestellt werden, dass alle einzubeziehenden Fachbereiche der Verwaltung informiert sind

und die ihnen zugewiesenen Aufgaben in der Wärmeplanung umsetzen können, etwa die Berücksichtigung etwaiger Wärmenetzbaupläne im Bereich des Bauamts.

Zusammenfassung des Zielszenarios

Die Wärmewendestrategie bietet einen Ansatz zur Dekarbonisierung des Wärmesektors, unterteilt in kurzfristige (innerhalb von fünf Jahren) und langfristige Ziele (innerhalb von zehn Jahren oder bis zum Zieljahr), und dient als Leitfaden für nachhaltige Wärmelösungen zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung.

Die Wärmewendestrategie in der Gemeinde Budenheim fokussiert sich auf vier Säulen:

1. Sanierungsmaßnahmen von mind. 1,6 % zur Reduzierung des Energieverbrauchs
2. Prüfung des Baus eines Wärmenetzes im Ortskern sowie von Gebäudenetzen für kommunale Gebäude
3. Umstellung auf klimafreundliche, dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen

Im Anschluss an die Entwicklung der Strategie wurden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Dekarbonisierung der Wärmeversorgung abgeleitet und in Maßnahmensteckbriefen ausformuliert. Danach erfolgte eine Priorisierung der Maßnahmen und eine Festlegung von Fokusgebieten sowie die Überführung der Maßnahmen auf einen Transformationspfad.

Die daraus abgeleiteten prioritär umzusetzenden Maßnahmen in den ausgewählten Fokusgebieten sind folgende:

- Maßnahme 1: Prüfung Wärmenetzbau „Lenneberggrundschule“
- Maßnahme 2: Prüfung Gebäudenetz „Berliner Straße“
- Maßnahme 3: Prüfung Gebäudenetz „Waldsporthalle“
- Maßnahme 4: Sanierung kommunaler Gebäude
- Maßnahme 5: Ausweisung eines Sanierungsgebiets
- Maßnahme 6: Aufklärung der Bürgerinnen und Bürger
- Maßnahme 7: Beratung und Schulung zu Energieeffizienz und Heizungstausch

Die Umsetzung der priorisierten Maßnahmen in der kommunalen Wärmeplanung ist von entscheidender Bedeutung, um die Energieeffizienz zu steigern und die Klimaziele der Gemeinde Budenheim zu erreichen. Durch gezielte Maßnahmen können Gemeinden ihren CO₂-Ausstoß reduzieren und die Lebensqualität ihrer Bürger:innen verbessern. Um diesen Prozess zu unterstützen, ist es unerlässlich die identifizierten und priorisierten Maßnahmen gezielt voranzutreiben. Damit werden alle Verantwortlichen und Entscheidungsträger aufgerufen, die Dringlichkeit zu erkennen und konkrete Schritte für eine nachhaltige Wärmeversorgung in Ihrer Gemeinde voranzutreiben. Handeln Sie jetzt und gestalten Sie eine klimafreundliche Zukunft für Gemeinde Budenheim!

4. Controlling und Verstetigung

4.1.1. Systematik des Controlling-Konzepts

Ein wirksames Controlling-Konzept bildet einen zentralen Bestandteil der strategischen Umsetzung des kommunalen Wärmeplans. Es dient der systematischen Steuerung, Überwachung und Evaluation der definierten Maßnahmen sowie der kontinuierlichen Fortschrittskontrolle hinsichtlich der gesetzten Ziele zur Umsetzung des Wärmeplans. Dabei stellt es sicher, dass die Maßnahmen der kommunalen Wärmewendestrategie effizient und fristgerecht realisiert werden. Das Controlling schafft zudem eine belastbare Grundlage für die Fortschreibung der Planungen und ermöglicht eine zielgerichtete Rückkopplung in verwaltungsinterne und politische Entscheidungsprozesse.

Grundsätzlich unterscheidet das Controlling-Konzept der Wärmeplanung der Gemeinde Budenheim zwei Herangehensweisen, die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung als komplementär anzusehen sind: der sogenannte Top-Down- und der Bottom-Up-Ansatz. Das Top-Down-Controlling ist strategisch ausgerichtet und basiert auf übergeordneten Zielvorgaben – bspw. den im Wärmeplanungsgesetz oder Klimaschutzgesetz verankerten Treibhausgas-Minderungszielen. Es überprüft, inwieweit die auf kommunaler Ebene entwickelten Maßnahmen zur Erreichung dieser Vorgaben beitragen. Die Steuerung erfolgt hierbei zentral durch eine zuständige Stelle in der Gemeinde Budenheim. Demgegenüber steht das operativ orientierte Bottom-Up-Controlling, das einzelne Maßnahmen, lokale Entwicklungen und Projektfortschritte erfasst. Es beruht auf Rückmeldungen aus der Projektumsetzung, etwa durch Vorhabenträger, Energieberaterinnen und -berater oder durch digitale Monitoringinstrumente wie Wärmekataster, Bürgerumfragen oder Energieberichte.

Jede im Zuge der Wärmewendestrategie entwickelten Maßnahmen wurden systematisch den Top-Down- und Bottom-Up-Kategorien zugeordnet und die zu kontrollierenden Kennzahlen festgelegt. So sind bspw. die regelmäßige CO₂-Bilanzierung, der Aufbau eines kommunalen Flächenmanagements sowie das Monitoring des Endenergieverbrauchs kommunaler Liegenschaften dem Top-Down-Controlling zuzuordnen. Dagegen fallen die Fortschrittsdokumentation bei der Umsetzung der Wärmenetze, Rückmeldungen zur Gebäudeenergieberatung oder die Bewertung der Sanierungsquote in Quartieren in den Bereich des Bottom-Up-Controllings.

M 6 Energiemanagementsystem kommunaler Liegenschaften	
Controlling-Ansatz	Top-Down
Ziel	Reduktion des Wärmebedarfs bis 2045 um 26 %
Relevante Kennzahlen	Energieverbrauch je m ² , Kosten, CO ₂ -Bilanz
Involvierte Akteure	Gebäudemanagement, Energiecontrolling
Erfolgsfaktoren	Politischer Rückhalt und gesicherte Finanzierung, Integration in langfristige Gebäudestrategie, Fachkundige Projektsteuerung und Baubegleitung, Nutzung von Förderprogrammen (z. B. KfW, BEG)
Erfassung	Energiemonitoring-Software, Verbrauchsanalysen, Energieberichte
Zuständigkeit	Energiemanagement

Abbildung 51: Beispiel des Controllings an einer beispielhaften Einzelmaßnahme

4.1.2. Herausforderungen im Controlling

Die Implementierung eines wirkungsvollen Controlling-Konzepts in der kommunalen Wärmeplanung ist mit einer Reihe praktischer und organisatorischer Herausforderungen verbunden, die es im Rahmen der Verstetigungsstrategie (siehe Kapitel [1.1.3]) gezielt zu adressieren gilt.

Ein zentrales Hemmnis stellt der Zugang zu relevanten Daten dar. In vielen Fällen liegen Verbrauchsdaten nicht in ausreichender Qualität oder Aktualität vor. Unterschiedliche Erhebungsformate, uneinheitliche Datenquellen und nicht standardisierte Schnittstellen können die Widerspruchsfreiheit der Auswertung erschweren. Zudem ist im Umgang mit personenbezogenen oder gebäudebezogenen Daten die Einhaltung der Datenschutzvorgaben sicherzustellen, was zusätzliche technische und rechtliche Anforderungen mit sich bringt.

Ein weiteres Problem besteht in der schwierigen Messbarkeit des Beitrags einzelner Maßnahmen zur Treibhausgasminderung. Insbesondere sogenannte „weiche“ Maßnahmen, wie Informationskampagnen, Beratungsangebote oder Beteiligungsformate, sind hinsichtlich ihrer messbaren Wirkung nur bedingt erfassbar. Dies erschwert die Bewertung ihrer Effektivität und kann zu Unsicherheiten bei der Priorisierung und Fortschrittskontrolle führen.

Den Herausforderungen der Messbarkeit, kann mit der zielgerichteten Auswahl geeigneter Indikatoren und Kennzahlen begegnet, die regelmäßig erfasst werden und eine transparente Bewertung des Fortschritts ermöglichen. Besonders geeignet sind dafür Maßnahmen, die quantifizierbar sind, wie der Ausbau erneuerbarer Energien, die Entwicklung des Endenergieverbrauchs, die Reduktion der CO₂-Emissionen sowie die Sanierungsaktivitäten im Gebäudebestand. Auch der Fortschritt beim Ausbau erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung sollte als zentrale Maßnahme der kommunalen Wärmeplanung systematisch überwacht werden. Relevante Indikatoren umfassen die Brennstoffverteilung zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, den Anteil fossiler Energieträger sowie die damit verbundenen CO₂-Emissionen. Ebenso wird die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den verschiedenen Sektoren – Wohnen, Gewerbe und Industrie – beobachtet, um Einsparpotenziale zu identifizieren. Hierzu zählen insbesondere die jährlichen Verbräuche für Raumwärme, Warmwasser und Strom. Zur Bewertung der Treibhausgasreduktionen werden sowohl die absoluten CO₂-Emissionen (in Tonnen CO₂-Äquivalent) als auch die spezifischen Emissionen pro Kopf und pro Quadratmeter Nutzfläche herangezogen. Ergänzend dient die Sanierungsrate und -tiefe als Indikator für den Fortschritt der energetischen Gebäudesanierung. Hierbei werden die Anzahl und Art der umgesetzten Maßnahmen, die sanierten Nutzflächen sowie die daraus resultierenden Energiekennzahlen berücksichtigt. Darüber hinaus ermöglichen Analysen nach Baualtersklassen ein differenziertes Bild der erzielten Fortschritte innerhalb des Gebäudebestands.

Eine weitere Herausforderung stellt eine unzureichende Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren – sowohl intern innerhalb der Verwaltung als auch extern mit Dienstleistern, Netzbetreibern oder der Zivilgesellschaft – dar. Fehlende Schnittstellen, mangelnder Informationsaustausch und unterschiedliche Erwartungshaltungen können zu Reibungsverlusten führen und die Wirksamkeit der Maßnahmen beeinträchtigen. Darüber hinaus sind Verantwortlichkeiten für die Datenpflege und die Berichterstattung innerhalb der Verwaltung häufig nicht eindeutig zugewiesen. Dies betrifft insbesondere die regelmäßige Fortschreibung von Kennzahlen, die Pflege von Monitoring-Tools sowie die strukturierte Aufbereitung von Informationen für Politik und Öffentlichkeit. Ohne klare organisatorische Zuständigkeiten besteht das Risiko von Informationslücken und Verzögerungen im Controlling-Prozess. Hierzu ist fachlich

geeignetes Personal mit passenden zeitlichen Ressourcen entsprechend zu der jeweiligen Dringlichkeit der Aufgaben notwendig.

Um diesen Kommunikationsdefiziten vorzubeugen, empfiehlt sich die Etablierung eines strukturierten Energiemanagementansatzes. Ein solches Konzept ermöglicht die systematische Identifikation und Priorisierung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz. Insbesondere die regelmäßige Organisation von Workshops und Schulungen für alle Beteiligten – darunter Verwaltungsmitarbeitende, lokale Unternehmen, politische Mandatsträger und interessierte Bürger – fördert das Bewusstsein für energieeffiziente Maßnahmen und stärkt die Akzeptanz der Wärmewende vor Ort. Gleichzeitig wird durch den gezielten Wissensaustausch die praktische Umsetzung der Wärmeplanung verbessert. Eine zentrale Koordinationsstelle, wie beispielsweise das Klimaschutzmanagement ist entscheidend für die erfolgreiche Steuerung und Überwachung des Wärmeplans. Diese fungiert als Schnittstelle zwischen Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Bürgerschaft und trägt wesentlich zu einer kohärenten Umsetzung der Ziele bei. Darüber hinaus bieten Zertifizierungssysteme wie der European Energy Award (EEA) oder die Zertifizierung für nachhaltige Quartiere der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) wertvolle Unterstützung. Diese Auszeichnungen dienen nicht nur der Qualitätssicherung und Zielkontrolle, sondern erhöhen auch die Glaubwürdigkeit und Motivation aller Beteiligten. Der European Energy Award ermöglicht etwa eine systematische Bewertung der Fortschritte in der kommunalen Energiepolitik und bietet praxisnahe Orientierungshilfen zur weiteren Optimierung. Durch die Integration solcher Instrumente kann die Gemeinde Budenheim ihren Weg hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sichtbarer, strukturierter und effektiver gestalten. Es wird empfohlen, diese Management- und Zertifizierungsmöglichkeiten kontinuierlich zu evaluieren und an die spezifischen Bedürfnisse der Kommune anzupassen.

Zur Inspiration und Orientierung für die kommunale Wärmeplanung in der Gemeinde Budenheim dient beispielsweise die Auszeichnung der Verbandsgemeinde Wörrstadt mit dem European Energy Award. Die Verbandsgemeinde Wörrstadt erhielt den Preis 2017 als erste Verbandsgemeinde Deutschlands. Innerhalb von nur 20 Monaten etablierte sie ein integriertes Energiemanagementsystem, das Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Klimaschutz organisatorisch verankert. Ein bereichsübergreifendes Energieteam koordinierte die Maßnahmen, unterstützt durch eine fest verankerte Zuständigkeit im Verwaltungsstellenplan – ein Beispiel für strukturelle Innovation im kommunalen Klimaschutz. Die VG führte systematische Prozesse zur Bewertung, Steuerung und Fortschrittskontrolle ein. Geplant und umgesetzt wurden u. a. der Ausbau der Ladeinfrastruktur, die Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED, die Optimierung des Gebäudemanagements sowie Quartierskonzepte mit Bürgerbeteiligung. Das Projekt zeigt, dass eine starke Integration eines Controlling-Konzepts in bestehende Verwaltungsprozesse und Fachsysteme wesentlich dazu beitragen kann, die Wirkung des Instruments zu erhöhen und die Wärmewendeziele gezielt zu unterstützen. Eine enge funktionale Verknüpfung mit der Haushaltsplanung, der Liegenschaftsverwaltung und dem Bauplanungswesen fördert die institutionelle Verankerung der Klimaschutzziele in der kommunalen Gesamtstrategie und schafft damit eine solide Grundlage für eine langfristig wirksame Umsetzung. Gleichzeitig erfordert die kommunale Wärmeplanung eine ausgewogene Betrachtung von Investitionsaufwand und langfristigem Nutzen: Maßnahmen wie der Ausbau erneuerbarer Energien, der Aufbau von Wärmenetzen oder die energetische Sanierung von Gebäuden gehen zwar mit hohen Anfangskosten einher, bieten jedoch erhebliche ökologische und ökonomische Vorteile. Durch die Reduktion des Endenergieverbrauchs können Energiekosten nachhaltig gesenkt und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern verringert werden, während die Kommune eine Vorreiterrolle im kommunalen Klimaschutz einnimmt. Darüber hinaus stärkt die Einbindung regionaler Unternehmen die lokale Wertschöpfung und unterstützt die wirtschaftliche Entwicklung vor Ort. Förderprogramme auf Landes- und Bundesebene, wie die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), helfen, finanzielle Belastungen für Kommune und Bürger zu mindern. Eine

transparente Darstellung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse in regelmäßigen Fortschrittsberichten oder Re-Evaluierungen (mindestens alle fünf Jahre gemäß Wärmeplanungsgesetz) schafft zusätzlich Vertrauen, verdeutlicht die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen und wird durch die zentrale Koordinierungsstelle im Klimaschutzmanagement verantwortet.

Zur erfolgreichen Umsetzung des Controlling-Konzepts sind daher klare Zuständigkeiten, standardisierte Datenprozesse, eine stringente Systemintegration sowie ein kontinuierlicher, strukturierter Dialog zwischen allen relevanten Akteuren erforderlich. Die genannten Erfolgsfaktoren wurden in der Verwaltungsspitze der Verbandsgemeinde thematisiert. Die Verwaltung möchte die Herausforderungen des Controllings beachten und entsprechende Maßnahmen treffen, um das Controlling bestmöglich zu gewährleisten.

4.1.3. Verstetigung

Die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung erfordert nicht nur eine initiale Strategieentwicklung, sondern insbesondere auch eine dauerhafte Verankerung in den laufenden Verwaltungsprozessen. Ziel ist es, die Wärmewende als kontinuierliche kommunale Aufgabe zu institutionalisieren und durch geeignete Strukturen, Routinen und digitale Werkzeuge langfristig wirksam zu gestalten.

Ein zentraler Baustein ist die fortlaufende Pflege und Weiterentwicklung des digitalen Zwillings der Gemeinde Budenheim. Dieser dient als dynamisches Abbild der konstruierten Umwelt und bildet die Grundlage für eine fakten- und datenbasierte Planung, Steuerung und Visualisierung von Maßnahmen. Die kontinuierliche Aktualisierung des Modells ermöglicht eine präzise Fortschreibung des Wärmeplans und eine koordinierte Integration mit anderen Fachplanungen, insbesondere der Stadtentwicklung.

Zur operativen Maßnahmenverfolgung werden die im Wärmeplan definierten Maßnahmen systematisch in das Projektmanagement-Tool „Monday“ überführt. Dies erlaubt eine klare Zuordnung von Verantwortlichkeiten auch mit externen Partnern, Terminen und Umsetzungsständen. Durch die Kopplung mit bestehenden Aufgaben der Stadtentwicklungsplanung können Synergien genutzt und Zielkonflikte frühzeitig erkannt werden. Die transparente Dokumentation der Ergebnisse für alle relevanten Beteiligten erfolgt über die genutzte Softwareumgebung. Dadurch wird ein gemeinsames Lagebild geschaffen, das sowohl verwaltungsintern als auch gegenüber externen Akteuren eine einheitliche Informationsgrundlage bietet.

Zur Verstetigung des Austauschs findet einmal jährlich ein strukturiertes Treffen zwischen der Verbandsgemeindeverwaltung, lokalen Versorgungsunternehmen, dem Netzbetreiber und der Wirtschaft in der Gemeinde Budenheimstatt. Ziel dieses Formats ist es, Fortschritte zu evaluieren, Schnittstellen zu identifizieren und Handlungsbedarfe frühzeitig zu adressieren. Ergänzt wird dies durch die regelmäßige Begleitung einer öffentlichen Wärmeplanungsveranstaltung, die der Information und Aktivierung der Stadtgesellschaft dient. Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung erfolgen je nach Maßnahme veranlasst durch und in enger Abstimmung mit dem Klimaschutzmanagement der Verbandsgemeinde und beinhalten auch Briefings für politische Vertreterinnen und Vertreter.

Ein zentrales Dokument der Verstetigung ist der jährliche Controlling-Bericht zur Umsetzung der Wärmeplanung. Dieser wird als Präsentation im zuständigen politischen Gremium vorgestellt, mit dem Klimaschutzmanagement abgestimmt und bei Bedarf durch eine mündliche Erläuterung

ergänzt. Zusätzlich erfolgt alle zwei Monate ein Jour fixe zur interdisziplinären Abstimmung über den Stand und die Weiterentwicklung der Maßnahmen im Kontext der Wärmewende mit dem lokalen Energieversorger.

Zur kommunikativen Einbindung relevanter Akteure, wird die Stakeholder-Liste regelmäßig aktualisiert und neu priorisiert. Dies ermöglicht eine zielgerichtete Ansprache und verbessert die Steuerungsfähigkeit. Die Dokumentation der Austausche und der Veranstaltungen wird transparent für die Verbandsgemeindespitze und Klimaschutzmanagement aufbereitet und fortlaufend gepflegt. Abschließend wird die Treibhausgas-Wärmebilanz fortgeschrieben. Hierfür werden aktuelle Daten der Energieversorger eingeholt, aufbereitet und in das digitale Controlling überführt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Gemeinde Budenheim über eine belastbare Datengrundlage zur Erfolgskontrolle und Nachjustierung der Strategie verfügt.

IV. Literaturverzeichnis

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (2024). Geodatenkatalog. Abgerufen am 23.09.2025.

Bundesministerium der Justiz. (2024). Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Abgerufen am 21.09.2025.

Bundesministerium der Justiz. (2024). Gebäudeenergiegesetz (GEG). Abgerufen am 15.09.2025.

Bundesministerium der Justiz. (2024). Wärmeplanungsgesetz (WPG). Abgerufen am 05.07.2025.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). (2018). Energieerzeugung aus Abfällen: Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030.

ifeu. (2019). Methodenpapier zur Bilanzierung kommunaler Treibhausgasemissionen (BISKO). Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

KEA-BW. (2020). Statusbericht kommunaler Klimaschutz 2020. Karlsruhe: Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH.

Loga, T. Stein, B. Diefenbach, N. & Born, R. (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU).

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (2023). Verfügbares Einkommen 2021 steigt in nahezu allen Verwaltungsbezirken.

World Bank Group. (2024). Global Solar Atlas. Abgerufen am 24.09.2025.

Anhang

Anhang 1: Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Energiequellen nach CO₂eq

Energiequelle/Brennstoff	Methan (CH ₄)	Lachgas (N ₂ O)	Fluorkohlenwasserstoffe (FKW)	CO ₂ -Emissionen
Strom	Nein	Nein	Nein	Ja
Heizöl	Ja	Nein	Nein	Ja
Erdgas	Ja	Nein	Nein	Ja
Steinkohle	Ja	Ja	Nein	Ja
Biogas/Biomethan*	Ja	Nein	Nein	Ja (teilweise)
Biomasse (Holz)*	Ja	Nein	Nein	Ja (teilweise)
Solarthermie	Nein	Nein	Nein	Nein

*Es gilt zu beachten, dass die Emissionen von Biogas/Biomethan und Biomasse (Holz) stark von der Herkunft und Produktionsmethode abhängen können. Bei nachhaltiger Produktion und Nutzung können diese Brennstoffe als klimaneutral betrachtet werden, da die CO₂-Emissionen durch das Wachstum der Pflanzen ausgeglichen werden.

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Energiequellen nach CO₂eq

Anhang 4: Auswahl der wichtigsten zu berücksichtigten Kriterien der Potenziale

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

Tabelle 4: Wichtige zu berücksichtigende Kriterien ausgewählter Potenziale