

Kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bad Honnef

Abschlussbericht - **ENTWURF**

Sweco GmbH
Graeffstraße 5
50823 Köln

02.06.2025



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Klimapolitische Rahmenbedingung	7
2	Methodik	8
2.1	GIS-Modell	8
2.2	Datenerfassung	8
2.3	Projektorganisation, Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit	10
2.3.1	Projektorganisation	10
2.3.2	Akteursbeteiligung	10
2.3.3	Öffentlichkeitsarbeit	12
3	Bestandsanalyse	13
3.1	Stadtstruktur und Demographie	13
3.1.1	Demographie	13
3.1.2	Gebäudestruktur	16
3.1.3	Verkehr	17
3.1.4	Glasfaserausbau	17
3.1.5	Tourismus	18
3.1.6	Eigentumsverhältnisse	18
3.2	Städtebauliche Planungen	19
3.3	Struktur der Wärmeversorgung	20
3.3.1	Analyse der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude	20
3.3.2	Energieinfrastruktur	22
3.3.3	Kartografische Darstellung des Wärmeverbrauchs	24
3.4	Bestandsanlagen Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung	25
3.5	Energie- und Treibhausgasbilanz	26
3.5.1	Ergebnisse Wärmesektor	29
3.5.2	Ergebnisse Stromsektor	32
4	Potenzialanalyse	35
4.1	Potenzialbegriff	35
4.2	Effizienzmaßnahmen	36
4.3	Abwärmenutzung	39
4.4	Erneuerbare Energiepotenziale	40
4.4.1	Ausschluss- und Prüfungsgebiete	40
4.4.2	Solarthermie	44
4.4.3	Geothermie und Umweltwärme	46
4.4.4	Biomasse und Müllverbrennung	48
4.4.5	Abwasserwärme	49
4.4.6	Erneuerbare Gase	53
4.4.7	Erneuerbare Stromerzeugung und elektrische Wärmeerzeugung	55
4.4.8	Speichertechnologien	56
4.5	Zusammenfassung der Potenziale	58
5	Szenarienentwicklung	63
5.1	Methodik	63
5.1.1	Gewichtung der Indikatoren	65
5.1.2	Bewertung der Indikatoren	67
5.2	Eignungsgebiete	70
5.3	Szenarienvergleich	74
5.4	Szenario A – dezentrale Vollversorgung	74
5.5	Szenario B – Verstärkter Wärmenetzausbau	74
5.6	Szenario C – Wärmeversorgungsgebiete & Prüfgebiete	75
5.7	Zielszenario	76
5.7.1	Indikatoren des Zielszenarios	80

6	Maßnahmenentwicklung	86
6.1	Fokusgebiete.....	87
6.2	Detailbetrachtung der Wärmenetzgebiete	88
6.2.1	Rahmenbedingungen	88
6.2.2	Machbarkeitsstudie Bad Honnef Tal.....	91
6.2.3	Fokusgebiet Aegidienberg	95
6.3	Maßnahmensteckbriefe.....	100
7	Verstetigung und Controlling	118
7.1	Rechtliche Bindung der kommunalen Wärmeplanung.....	118
7.2	Verstetigung innerhalb der Stadtverwaltung	118
7.2.1	Verstetigung innerhalb der einzelnen Planungsebenen.....	119
7.2.2	Verantwortlichkeiten	119
7.3	Verstetigung in der Stadtgesellschaft	120
7.3.1	Fortschreibung.....	121
7.4	Controlling-Konzept.....	121
7.4.1	Monitoring	121
7.4.2	Veröffentlichung und Berichterstattung	123
7.4.3	Dynamische Anpassung	124
8	Zusammenfassung.....	125
9	Literaturverzeichnis	128
	Anhang – Formeln KWW-Technikkatalog	133

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse Akteursmapping.....	11
Abbildung 2: Darstellung der Stadt Bad Honnef mit Einzeichnung der Gebäudebestands	13
Abbildung 3: Bevölkerungsentwicklung 1992-2022 in Bad Honnef.....	14
Abbildung 4: Gemeindemodellrechnung - Bevölkerungsentwicklung in Bad Honnef nach Altersgruppen	15
Abbildung 5: Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte in Bad Honnef in EUR je Einwohner	15
Abbildung 6: Baualtersklassen der wärmeversorgten Gebäude und Wohngebäude in Bad Honnef	16
Abbildung 7: Einteilung der Gebäude des Stadtgebiets in Nutzungssektoren.....	17
Abbildung 8: Aufteilung der Eigentumsverhältnisse an den Gebäuden der Stadt Bad Honnef	18
Abbildung 9: Darstellung der Entwicklungsbereiche in Bad Honnef	19
Abbildung 10: Darstellung der Anzahl an Heizungssystemen und ihrer Gesamtleistung	21
Abbildung 11: Statistische Verteilung des Jahres der Inbetriebnahme der Heizungen	21
Abbildung 12: Darstellung der statistischen Verteilung des spezifischen Wärmeverbrauchs.....	22
Abbildung 13: Statistische Verteilung des Jahres der Inbetriebnahme aller Gasnetzabschnitte	23
Abbildung 14: Verteilung der überwiegenden Heizenergieträger in Bad Honnef.....	24
Abbildung 15: Verteilung des spezifischen Wärmeverbrauchs in Bad Honnef in	25
Abbildung 16: Wärmeverbrauch in GWh/a in Bad Honnef	29
Abbildung 17: Treibhausgasemissionen in t CO _{2e} /a im Wärmesektor in Bad Honnef	30
Abbildung 18: Treibhausgasemissionen kg CO _{2e} /a pro Einwohner*in im Wärmesektor in Bad Honnef	31
Abbildung 19: Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger	32
Abbildung 20: Stromverbrauch in GWh/a in Bad Honnef, aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren	33
Abbildung 21: Treibhausgasemissionen des Stromsektors in Bad Honnef	34
Abbildung 22: Qualitative Darstellung der verschiedenen Potenzialstufen	36
Abbildung 23: Darstellung der Aufteilung des Sanierungsstands in Bad Honnef	37
Abbildung 24: Einsparpotenzial des Wärmeverbrauchs in GWh/a durch Sanierung	38
Abbildung 25: Einteilung des Sanierungspotenzials in die Baualtersklassen der Gebäude	38
Abbildung 26: Darstellung des jährlichen Wärmeverbrauchs der 11 größten Verbraucher in Bad Honnef	40
Abbildung 27: Vergleich der Flächenspezifischen Energieerträge verschiedener Erneuerbarer Energien. ...	45
Abbildung 28: Darstellung der Potenzialflächen für Solarthermie nach Abzug der Tabuflächen.....	46
Abbildung 29: Darstellung des hydrogeologisch sensiblen Bereichs in Bad Honnef.....	48
Abbildung 30: Darstellung der zur Abwasserwärmenutzung geeigneten Kanalisationsabschnitte.....	53
Abbildung 31: Prognostizierte Kostenentwicklung für Alkali-Elektrolyse und Methanisierung	54
Abbildung 32: Darstellung der Potenzialflächen (blau) für Windenergie nach Abzug der Tabuflächen	56
Abbildung 33: Potenziale zur regenerativen Wärmeerzeugung und Wärmereduktion in GWh/a.	61
Abbildung 34: Potenziale zur regenerativen Stromproduktion in GWh/a.	61
Abbildung 35: Darstellung der Potenzialflächen.....	62
Abbildung 36: Ablauf der Fachakteur Einbindung im Zuge der Entwicklung des Zielszenarios	63
Abbildung 37: Bewertungsschema mit Wärmeversorgungsarten, Bewertungskategorien- und Indikatoren ..	64
Abbildung 38: Bewertung der Eignung von Wärmenetzen.....	71
Abbildung 39: Bewertung der Eignung dezentraler Wärmeversorgungsstrukturen.	72
Abbildung 40: Bewertung der Eignung für ein Wasserstoffnetz.	73
Abbildung 41: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario B	75
Abbildung 42: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario C	76
Abbildung 43: Darstellung der finalen Gebietseinteilung des Zielszenarios	77
Abbildung 44: Potenzielle Standorte für eine Flusswasserwärmepumpe	78
Abbildung 45: Eignungsbewertung für ein Wärmenetz bei Verschiebung des Standorts der FWWP	78
Abbildung 46: Aufteilung des Prüfungsgebiets in Versorgungsgebiete der potenziellen Standorte.	79
Abbildung 47: Gebiete des Zielszenarios mit Eignungsstufen der dezentralen Versorgung	80
Abbildung 48: Wärmeverbrauch nach Energieträgern	85
Abbildung 49: Jährliche und kumulierte THG-Emissionen der zukünftigen Wärmeversorgung.	85
Abbildung 50: Darstellung der Fokusgebiete für Bad Honnef Tal (links) und Aegidienberg (rechts).....	87
Abbildung 51: Annahmen für die Energiepreisentwicklung	91
Abbildung 52: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet Rhöndorf	92
Abbildung 53: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet Lohfeld (links)	92
Abbildung 54: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes in der Innenstadt	93
Abbildung 55: Lageplan des Untersuchungsgebiets für ein Wärmenetz in Aegidienberg	96

Abbildung 56: Luftbild des Untersuchungsgebiets für ein Wärmenetz in Aegidienberg	97
Abbildung 57: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes in Aegidienberg	97
Abbildung 58: Zeitliche Anordnung der jeweiligen Maßnahmen der Wärmewende	102
Abbildung 59: Darstellung der finalen Gebietseinteilung des Zielszenarios	127

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Transparente Darstellung der identifizierten Datenquellen und Daten	8
Tabelle 2: Überblick Szenario Workshop	11
Tabelle 3: Überblick Maßnahmen Workshop	12
Tabelle 4: Darstellung der relevanten Kennzahlen des Gas-, Wärme- und Stromnetzes	24
Tabelle 5: Wesentliche Kennzahlen für EE- und KWK-Bestandsanlagen inkl. Speicher	26
Tabelle 6: Annahmen zur Berechnung der Verbräuche nicht leitungsgebundener Energieträger	27
Tabelle 7: spezifische THG-Emissionen der einzelnen Energieträger in CO ₂ -Äquivalente [11]	27
Tabelle 8: Datengüte und Anteil am Wärmeverbrauch der einzelnen Endenergieträger in Bad Honnef	28
Tabelle 9: Identifizierte Ausschluss- und Prüfungsgebiete für die energietechnische Flächennutzung	41
Tabelle 10: Temperatur, Ablaufmenge und potenzielle Wärmeentzugsleistung	51
Tabelle 11: Erläuterung von Speichermöglichkeiten	57
Tabelle 12: Zusammenfassung der Potenziale der verschiedenen Anwendungen	59
Tabelle 13: Auflistung der Indikatoren für die einzelnen Bewertungskategorien	65
Tabelle 14: Gewichtungen der einzelnen Bewertungsindikatoren	66
Tabelle 15: Bewertung der Indikatoren, die nicht gebäudescharf bewertet werden.	67
Tabelle 16: Klassifikation der Wärmebedarfsdichte nach potenzieller Eignung für Wärmenetze	69
Tabelle 17: Darstellung der Abstufungen der Indikatoren, die gebäudescharf bewertet werden	70
Tabelle 18: Ergebnisindikatoren des Zielszenarios für Variante A	82
Tabelle 19: Ergebnisindikatoren des Zielszenarios für Variante B	83
Tabelle 20: Zusammenfassung der Indikatoren der Fokusgebiete	88
Tabelle 21: Annahmen für technische und wirtschaftliche Eingangsparameter in der Netzberechnung	88
Tabelle 22: Annahmen für Energiepreisentwicklung und Entwicklung der Emissionsfaktoren	90
Tabelle 23: Technische und wirtschaftliche Daten zum potenziellen Wärmenetz	94
Tabelle 24: Technische und wirtschaftliche Daten zum Untersuchungsgebiet	98
Tabelle 25: Auflistung aller Maßnahmensteckbriefe	100
Tabelle 26: Indikatoren und Controlling Instrumente der einzelnen Maßnahmen	122

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
ALKIS	Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem
ARA	Abwasserreinigungsanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BISKO	Bilanzierungs-Systematik-Kommunal
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSB	Bauschutzbereich
BSN	Bereich für den Schutz der Natur
COP	Coefficient of Power
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EW	Einwohnerwert
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FFPVA	Freiflächen-Photovoltaikanlage
FFSTA	Freiflächen-Solarthermieranlage
FWWP	Flusswasserwärmepumpe
GIS	Geoinformationssystem
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
IKSK	Integriertes Klimaschutzkonzept
ISA	Institut für Siedlungswasserwirtschaft
KRL	Kommunalrichtlinie
KWK	Kraftwärmekopplung
KWW	Kompetenzzentrum kommunale Wärmewende
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LAWA	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LEP	Landesentwicklungsplan
LPIG DVO	Verordnung zur Durchführung des Landesplanungsgesetzes
MaStR	Marktstammdatenregister
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
PtG	Power to Gas
PV	Photovoltaik
REK	Rheinische Entsorgungskooperation
SCOP ¹	Seasonal Coefficient of Performance
THG	Treibhausgas
WEE	Windenergieerlass
WPG	Wärmeplanungsgesetz

¹ Jahresarbeitszahl (Verhältnis Nutzwärme zu eingebrachter elektrischer Arbeit) einer Wärmepumpe für verschiedene Betriebszustände.

1 Aufgabenstellung und Klimapolitische Rahmenbedingung

Ziel der Bundesgesetzgebung ist das Erreichen der Treibhausgasneutralität bis 2045. Auf Bundesebene wurde daher am 24.11.2023 das Wärmeplanungsgesetz (WPG) beschlossen, welches Kommunen zur Durchführung einer Kommunalen Wärmeplanung verpflichtet, somit auch die Stadt Bad Honnef (im Nachfolgenden „die Stadt“, Auftraggeber oder AG genannt).

Nach dem Wärmeplanungsgesetz sind Kommunen wie die Stadt Bad Honnef mit weniger als 100.000 Einwohnern verpflichtet, spätestens bis zum Ablauf des 30. Juni 2028 die Kommunale Wärmeplanung abzuschließen. Angesichts des kurzen Zeithorizonts bis zum geplanten Erreichen der Klimaneutralität in der Wärmeversorgung und der herausfordernden infrastrukturellen Erfordernisse, ist es ein sinnvoller Entschluss der Stadt Bad Honnef, bereits im Jahr 2024 eine Wärmeplanung in Auftrag zu geben. Ebenfalls gilt die Pflicht den Stand der Wärmewende alle 5 Jahre überprüfen zu lassen und im Bedarfsfall eine Fortschreibung der Wärmeplanung in die Wege zu leiten.

Die Kommunale Wärmeplanung dient als übergreifendes informelles Planungsinstrument für Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und ermöglicht ein strategisches Vorgehen bei städtebaulichen Veränderungen im Sinne des Klimaschutzes. Im Rahmen des Wärmeplans werden Potenziale für Erneuerbare Energie, unvermeidbare Abwärme und Energieeffizienzmaßnahmen mit bestehenden Wärmeverbräuchen und vorherrschenden Infrastrukturen verschnitten und daraus Eignungsgebiete für leitungsgebundene Wärmeversorgung identifiziert. An die Kommunale Wärmeplanung können weitere Entwicklungskampagnen anschließen wie integrierte Quartierskonzepte oder Machbarkeitsstudien im Rahmen der BEW-Förderung. Für die Bürger*innen und Energieversorger im Planungsgebiet gibt die Wärmeplanung eine Orientierung für die weitere Entwicklung der Wärmeversorgung hin zur Treibhausgasneutralität im Wärmesektor. Eine rechtliche Bindung ergibt sich aus der Wärmeplanung weder für die Kommunen noch für Unternehmen oder Eigentümer*innen.

Bereits im Zuge der Entwicklung eines Integrierten Klimaschutzprogramms wurden für die Stadt Bad Honnef Analysen zur energetischen Ist-Situation durchgeführt sowie erste Potenziale aufgezeigt und Maßnahmen abgeleitet. Die Ergebnisse werden in der kommunalen Wärmeplanung aufgegriffen und weitergeführt.

2 Methodik

Der Wärmeplan wurde in Verbindung mit einem Geoinformationssystem (GIS) erstellt. Das GIS-Modell bildet das Stadtgebiet digital nach und ermöglicht eine räumlich differenzierte Betrachtung auf beliebiger Ebene (vom einzelnen Gebäude bis hin zum gesamten Stadtgebiet). Das Modell wird unter anderem mit Informationen über Gebäudestruktur und Energieverbräuche gefüllt. Es dient zur Analyse der Energieinfrastruktur und Identifikation von Wärmeversorgungsgebieten, ermöglicht aber ebenso eine öffentliche Darstellung der Energieinfrastruktur der Stadt und erhöht die Transparenz des Planungsprozesses.

2.1 GIS-Modell

Für den Aufbau des GIS-Modells nutzt Sweco das von Esri entwickelte ArcGIS System, mit dem die Daten anschaulich aufbereitet und in einer Karte dargestellt werden können. Zur Analyse und Verbindung verschiedener Daten und Datenquellen wird die Software FME von Safe Software genutzt.

Zu Beginn des Projektes werden über den Dienstleister ENEKA frei verfügbare Daten gesammelt. In NRW werden die Geobasisdaten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) von den Kreisen und kreisfreien Städten tagesaktuell geführt und bereitgestellt. Diese Daten nutzt ENEKA, um ein Modell der Stadt anzulegen. Das Modell wird erweitert durch Daten der Infas 360 GmbH, die vor allem Daten über Immobilienportale beziehen. Ebenfalls werden durch weitere Simulationen bereits Energiebedarfsdaten auf Grundlage der Gebäudestrukturen berechnet. Datenlücken werden durch sinnvolle Annahmen plausibilisiert. Die Daten schaffen einen ersten Überblick über die Stadtstruktur und die energetische Situation der Stadt, werden aber im Zuge der Bestandsanalyse durch Primärdaten der BHAG und Daten der Schornsteinfeger*innen komplettiert, um die Genauigkeit der Planung auf ein angemessenes Niveau zu heben.

2.2 Datenerfassung

Für die Erfassung der Daten, die nicht öffentlich zugänglich sind, werden Datenabfragebögen genutzt. Die Datenabfrage hält sich an die DSGVO und an die Bestimmungen zur Datenverarbeitung aus §10 des Wärmeplanungsgesetzes. Demnach werden Daten nur aggregiert für mindestens 5 benachbarte Hausnummern verarbeitet. Zur Steigerung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Bearbeitung werden die identifizierten Datenquellen und notwendigen Daten in Tabelle 1 aufgelistet. Zusätzlich wird der jeweilige Datentyp beschrieben, die Jahreszahl angegeben, auf die sich die Daten beziehen oder an denen die Daten bereitgestellt wurden und die Klasse der Datengüte anhand der BSKO² Kategorien bewertet. Somit kann der Energie- und THG-Bilanz eine BSKO-konforme Datengüte zugeordnet und die Qualität der Bilanz bestimmt werden.

Tabelle 1: Transparente Darstellung der identifizierten Datenquellen und Daten samt Jahresbezug, Datentyp und Klasse der Datengüte

Datensatz	Datenquelle	Bezugsjahr(e) / Stand	Datentyp	Klasse der Datengüte
Bevölkerungsentwicklung	Kommunalprofil Bad Honnef	Stand November 2023	Amtliche Statistik	A
Altersstrukturen	Kommunalprofil Bad Honnef	Stand November 2023	Amtliche Statistik	A
Anzahl touristischer Übernachtungen	Sitzung des Haupt- und Finanzausschusses	Stand September 2023	Wirtschaftsförderungskonzept	B
Verkehrszahlen Elektromobilität und Verbrenner	Straßenverkehrsamt Bad Honnef	2012 - 2022	Amtliche Statistik	A
Durchschnittliches Einkommen der Bevölkerung	Kommunalprofil Bad Honnef	Stand November 2023	Amtliche Statistik	A

² Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Datengüte A: Regionale Primärdaten; Datengüte B: Primärdaten und Hochrechnung; Datengüte C: Regionale Kennwerte und Statistiken; Datengüte D: Bundesweite Kennzahlen

Datensatz	Datenquelle	Bezugsjahr(e) / Stand	Datentyp	Klasse der Datengüte
Baualtersklassen	ENEKA (aus ALKIS und von Infas 360)	Datenimport März 2024	Amtliche Statistik + Daten der Privatwirtschaft	B
Einteilung der Nutzungs-sektoren	ENEKA (aus ALKIS und von Infas 360)	Datenimport März 2024	Amtliche Statistik + Daten der Privatwirtschaft	B
Gebäudeabmessungen	ENEKA (aus ALKIS Geo-daten)	Datenimport März 2024	Amtliche Statistik	A
Denkmalschutzliste	Stadt Bad Honnef	Stand Dezember 2021	Amtliche Liste	A
Eigentumsverhältnisse	Stadt Bad Honnef	Stand Juni 2024	Amtliche Statistik	A
Transformationspläne	Stadt Bad Honnef	Stand Juni 2024	Städtische Informationen	A
Städtebauliche Planungen	Stadt Bad Honnef	Stand Juni 2024	Städtische Informationen	A
Bestandsanlagen Erneuerbare Energien und KWK	MaStR	Stand Ende 2023	Bundesweite Datensammlung	A
Bestandsanlagen Solarthermie	LANUV Solarkataster	Stand Ende 2022	Hochrechnung	B
Einspeisung PV	BHAG	2023	Realdaten	A
Einspeisung KWK	BHAG	2023	Realdaten	A
Flächenpotenzial Solar	LANUV Solarkataster, PV-Potenzialanalyse Rhein-Sieg Kreis	Stand Mai 2024	Hochrechnung	B
Flächenpotenzial Wind	LANUV Kartenmaterial	Stand Mai 2024	Hochrechnung	B
Flächenpotenzial Geothermie	Geologischer Dienst NRW	Stand Mai 2024	Hochrechnung	B
Ausschlussgebiete	LANUV Kartenmaterial, PV-Potenzialanalyse Rhein-Sieg Kreis	Stand Mai 2024	Bestimmungen des Naturschutzes, Immissions-schutzes und Baurecht	A
Potenzielle Abwärmemenge aus Abwasser und Kläranlagen	Stadtbetriebe Bad Honnef	2021-2023	Realdaten	A
Nicht vermeidbare Abwärme	Betreiber*innen Abwärmquellen	Stand 2024	Realdaten	A
Leistungsgebundene Energieverbräuche	BHAG	2021-2023	Realdaten	A
Informationen über nicht leistungsgebundene Heizungssysteme	Bezirksschornsteinfe-ger*innen	Stand Juni 2024	Realdaten	A

Datensatz	Datenquelle	Bezugsjahr(e) / Stand	Datentyp	Klasse der Datengüte
Verbrauch nicht leitungsgebundene Heizungs-systeme	Bezirksschornsteinfe-ger*innen	Stand Juni 2024	Hochrechnung	B
Informationen über Ener-gieinfrastruktur (Gasnetz, Stromnetz, Wärmenetz)	BHAG	Stand Juni 2024	Realdaten	A
Informationen zu beste-henden und geplanten Anlagen zur Erzeugung von regenerativen Gasen	BHAG	Stand Juni 2024	Realdaten	A
Informationen über Heiz-zentralen, Gas-, Wärme-, und Stromspeicher	BHAG	Stand Juni 2024	Realdaten	A

2.3 Projektorganisation, Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Für eine erfolgreiche Wärmeplanung und anschließende -umsetzung ist die gezielte Ansprache, Information und/oder Beteiligung der Akteure essenziell. Daher werden nachfolgend die relevanten Stakeholder definiert sowie potenzielle Kommunikationskanäle aufgezeigt. Der Beteiligungsumfang orientiert sich an den Vorgaben des WPG, den Leitfäden zur kommunalen Wärmeplanung des Landes NRW, des KWW und des AGFW inkl. der Arbeitsblätter AGFW FW 701 und 702.

2.3.1 Projektorganisation

Zu Projektstart wurde eine Steuerungsgruppe eingerichtet, welche die Konzepterstellung fachlich begleitet. Diese konnte bei Bedarf um zusätzliche Fachakteure erweitert werden. Insgesamt fanden im Rahmen der Konzepterstellung vier Steuerungsgruppensitzungen statt. Die Steuerungsgruppe setzt sich zusammen aus Vertretern der Stadt Bad Honnef und der Bad Honnef AG. Darüber hinaus war ein Vertreter der Energie-agentur Rhein-Sieg als regelmäßiges Mitglied Teil der Sitzungen und Abstimmungen. Der Fachbereich Stadtplanung der Stadt Bad Honnef diente als zentrale Koordinierungsstelle.

Im Rahmen des **Projektauftakts** wurde das Beteiligungskonzept erläutert und im **Konzeptionsworkshop** detailliert besprochen. Es wurde festgelegt, dass Zwischenergebnisse im ersten Schritt der Politik bzw. in den entsprechenden Gremien präsentiert werden. Im Anschluss erfolgt die Information der Öffentlichkeit.

2.3.2 Akteursbeteiligung

Im Konzeptionsworkshops wurde gemeinsam mit der Stadt Bad Honnef und der Bad Honnef AG ein Akteurs-mapping durchgeführt und relevante Fachakteure identifiziert. Die Ergebnisse der Akteursanalyse sind in Ab-bildung 1 dargestellt. Es wird zwischen einer direkten Zusammenarbeit, Beteiligung weiterer Fachakteure und einem vorwiegenden Informationsfluss mit Möglichkeit der Beteiligung unterschieden.

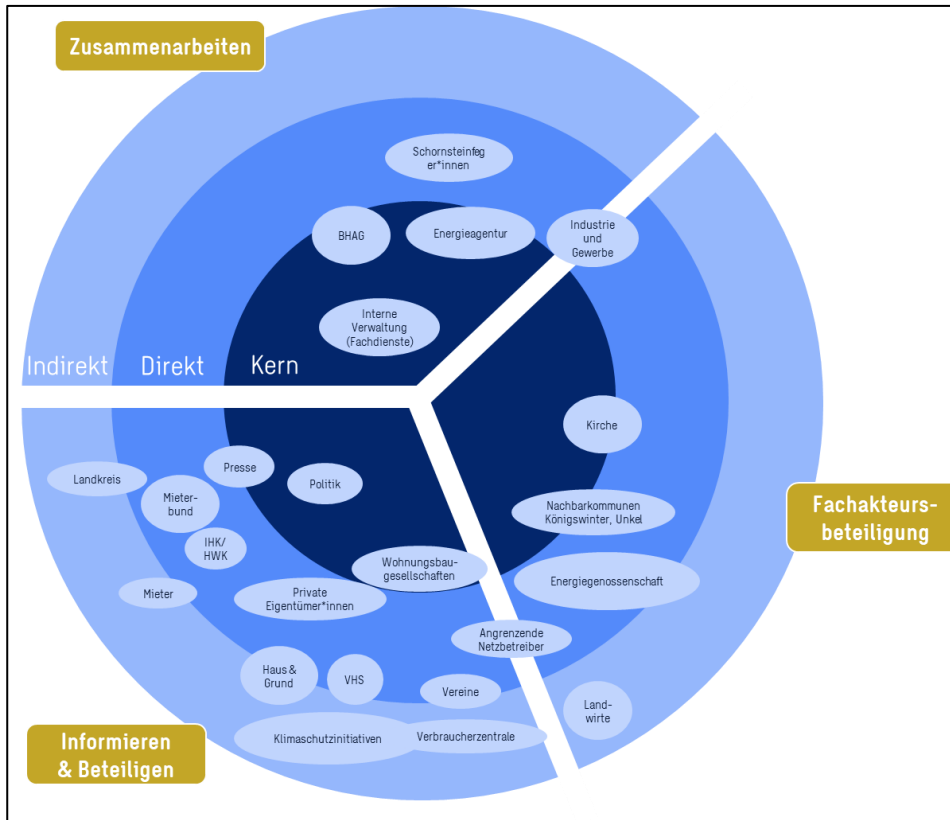


Abbildung 1: Ergebnisse Akteursmapping

Die **aktive Ansprache und Einbindung** der Akteure erfolgte im weiteren Verlauf im Rahmen des Szenario- und Maßnahmenworkshops. Die Auswahl der einzubindenden Akteure erfolgte in Absprache mit der Stadt.

Tabelle 2 und Tabelle 3 geben einen Überblick über die Themen der durchgeführten Workshops sowie die beteiligten Akteure.

Tabelle 2: Überblick Szenario Workshop

	Szenario-Workshop
Themen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung Ergebnisse Bestands- und Potenzialanalyse • Abstimmung Energieeinsparpotenziale • Vorstellung Systematik Szenarienentwicklung • Abstimmung von Indikatoren und Gewichtungen
Teilnehmende	<p>Steuerungsgruppe (Stadt, BHAG, Sweco)</p> <p>Sowie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energieagentur Rhein-Sieg • Verein Lebenswerte Innenstadt (Wohnungswirtschaft) • SchornsteinfegerInnen • Herr Harald Gebauer (Leiter Energiedienstleistungen EDL/BHAG) • Ggf. Wohnungsbau-gesellschaften (z.B. GWG, Deutsche Reihenhäuser AG)
Grundlage	<p>Ergebnisse Bestands- und Potenzialanalyse, Methodik Szenarienentwicklung nach KWW</p> <p>Auswertung Sweco</p>

Tabelle 3: Überblick Maßnahmen Workshop

	Maßnahmen-Workshop
Themen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung finaler Szenarien und Diskussion Zielszenario • Ableitung und Detailbesprechung notwendiger Maßnahmen und Fokusgebiete • Priorisierung von Maßnahmen
Teilnehmende	<ul style="list-style-type: none"> • Teilnehmende Szenario Workshop
Grundlage	Ausgearbeitete Szenarien

Durch die Workshops wurden nicht nur zentrale Ergebnisse der KWP erarbeitet, sondern auch wichtige Akteure informiert und beteiligt, die als Multiplikatoren dienen können.

Ergänzend dazu wurden seitens Sweco bei Bedarf, bilaterale Gespräche mit Fachakteuren geführt. So u.a. mit der BHAG in Rahmen der Datenakquise und Eignungsbewertung der Gebiete oder relevanten ansässigen Unternehmen. Der Erstkontakt wurde dabei über die Stadt bzw. über die Projektleitung des AGs hergestellt. Durch Sweco wurden Datenabfragebögen bereitgestellt.

Gremientermine

Die Information der **Politik** fand im Rahmen von zwei Gremienterminen statt. Die Vorstellung der Zwischenergebnisse erfolgte im Rahmen des Ausschusses für Stadt- und Quartiersentwicklung, Planen, Bauen und Digitalisierung am 03.09.2024. Die finalen Ergebnisse werden im selben Ausschuss am 17.06.2025 den Teilnehmenden vorgestellt.

2.3.3 Öffentlichkeitsarbeit

Die Information und Partizipation der Bürgerschaft fördert die Akzeptanz und erhöht die spätere Umsetzungswahrscheinlichkeit der entwickelten Maßnahmen. Für eine möglichst kontinuierliche und transparente Kommunikation wurden folgende Formate vorgesehen:

Öffentliche Auftaktveranstaltung

Die Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse wurden im Rahmen einer **öffentlichen Auftaktveranstaltung** am 02.10.2024 im Foyer des Rathauses der Bürgerschaft präsentiert. Zudem wurden die weiteren zukünftigen Möglichkeiten zur Beteiligung vorgestellt (Workshops, bilateraler Austausch). Neben der Bürgerschaft wurden relevante Akteure und Multiplikatoren gezielt zu der Veranstaltung eingeladen.

Öffentliche Abschlussveranstaltung

Das Konzept wird im Rahmen einer öffentlichen Ergebnispräsentation der Öffentlichkeit vorgestellt. Ein Termin steht noch nicht fest.

Informationsstand

Im Anschluss an die Abschlussveranstaltung wird ein öffentlicher Informationsstand als niedrigschwelliges Format angeboten. Das Informationsmaterial wird von Sweco entwickelt. Die Stadt fungiert als Veranstalter (Druck und Produktion von Informationsmaterialien; Bereitstellung von Equipment etc.).

Pressearbeit und Social Media

Ergänzend zu den öffentlichen Terminen erfolgte eine kontinuierliche Information durch die verschiedenen Informationskanäle der Stadt, wie **Pressearbeit und Social Media**. Die bereits bestehende **Projektseite**³ diente zur kontinuierlichen zeit- und ortsunabhängigen Informationsbereitstellung. Hier wurden Zwischenergebnisse veröffentlicht und Veranstaltungen und weitere Beteiligungsformate angekündigt. Die Aktualisierung der Homepage erfolgte durch die Stadt. Sweco unterstützte bei Bedarf mit Textvorlagen und Abbildungen.

³ <https://klimaschutz.meinbadhonnef.de/themen/energie/kommunale-waermeplanung/>

3 Bestandsanalyse

Für eine strategische Energieplanung ist zunächst die Betrachtung des aktuellen energetischen Bestands notwendig. Der Aufbau einer sorgfältigen Datenbank ermöglicht dabei eine strukturierte Vorgehensweise. Die Aussagekraft der Planungsergebnisse ist stark abhängig von der Qualität der zugrundeliegenden Daten. Daher ist die Nutzung und Zusammenführung von Daten von Energieversorgungs- und Netzbetriebsunternehmen, Schornsteinfeger*innen und kommunalen Ämtern wichtig.

3.1 Stadtstruktur und Demographie

Bad Honnef ist eine Stadt im Rhein-Sieg Kreis mit ungefähr 26.000 Einwohner*innen und liegt am südlichen Rand NRWs. Die Stadt teilt sich in die Tallage, mit den Stadtteilen Rhöndorf, Rommersdorf, Bondorf, Selhof und der Innenstadt sowie die Berglage mit dem Stadtteil Aegidienberg auf. Die Tallage liegt direkt am Rhein und verfügt über ein dicht bebautes Stadtgebiet. Die Berglage liegt im Osten des Stadtgebiets und ist durch einen ländlicheren Charakter geprägt. Zwischen den beiden Lagen liegt das Naturschutzgebiet Siebengebirge, was sich auf dem Bad Honnefer Stadtgebiet in Stadtwald (42%), Privatwald (37%) und Staatswald (21%) aufteilt. Insgesamt wird Bad Honnef von 60% Waldgebiet bedeckt. Diese einzigartige Stadtstruktur (siehe Abbildung 2) gilt es im Zuge der Wärmewende zu berücksichtigen.

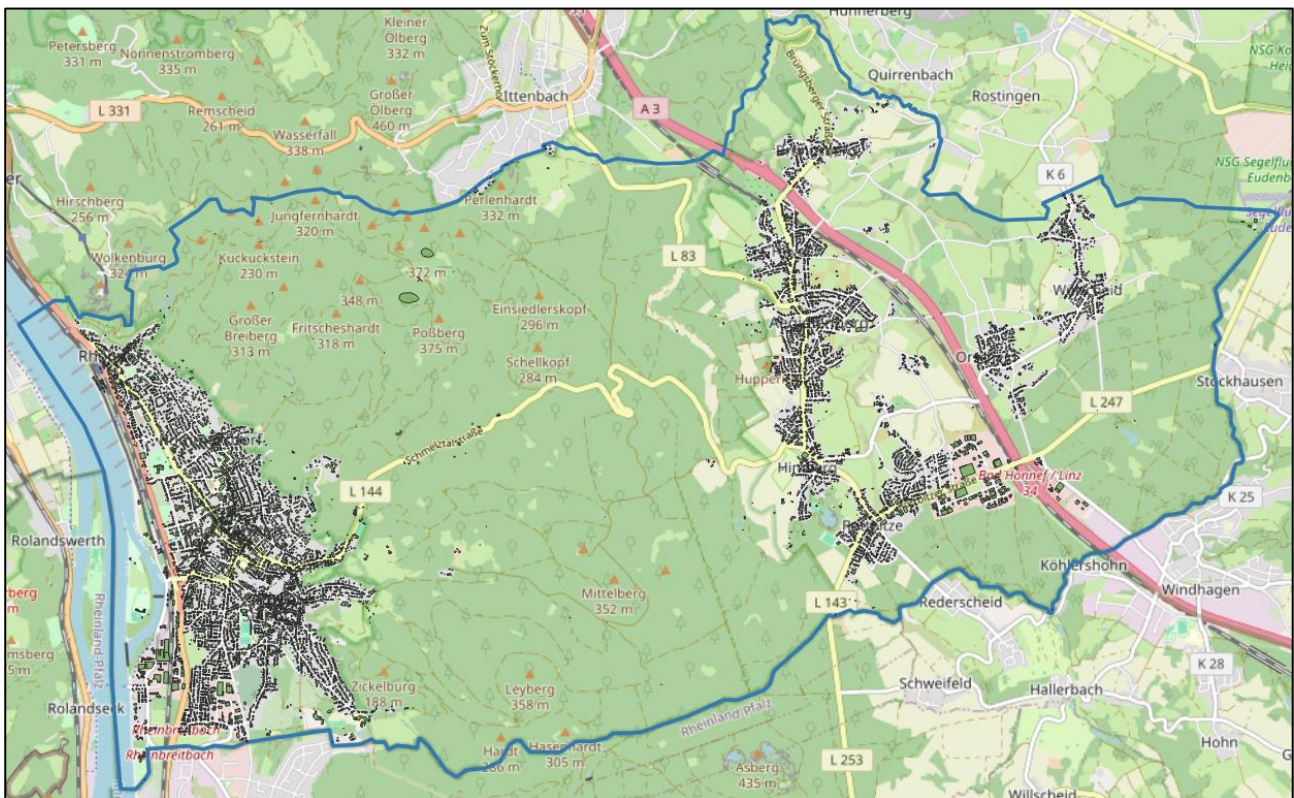


Abbildung 2: Darstellung der Stadt Bad Honnef mit Einzeichnung der Gebäudebestands

3.1.1 Demographie

Gemäß dem Kommunalprofil der Stadt Bad Honnef des Statistischen Landesamts für Information und Technik hat sich, wie in Abbildung 3 dargestellt, der Bevölkerungsstand in den letzten 30 Jahren um mehr als 10% vergrößert und weist somit ein signifikant höheres Wachstum auf als eine typische kleine Mittelstadt oder eine Kommune in Nordrhein-Westfalen. Grund dafür ist ein hoher Anteil zugezogener Bürger*innen. [1, p. 4]

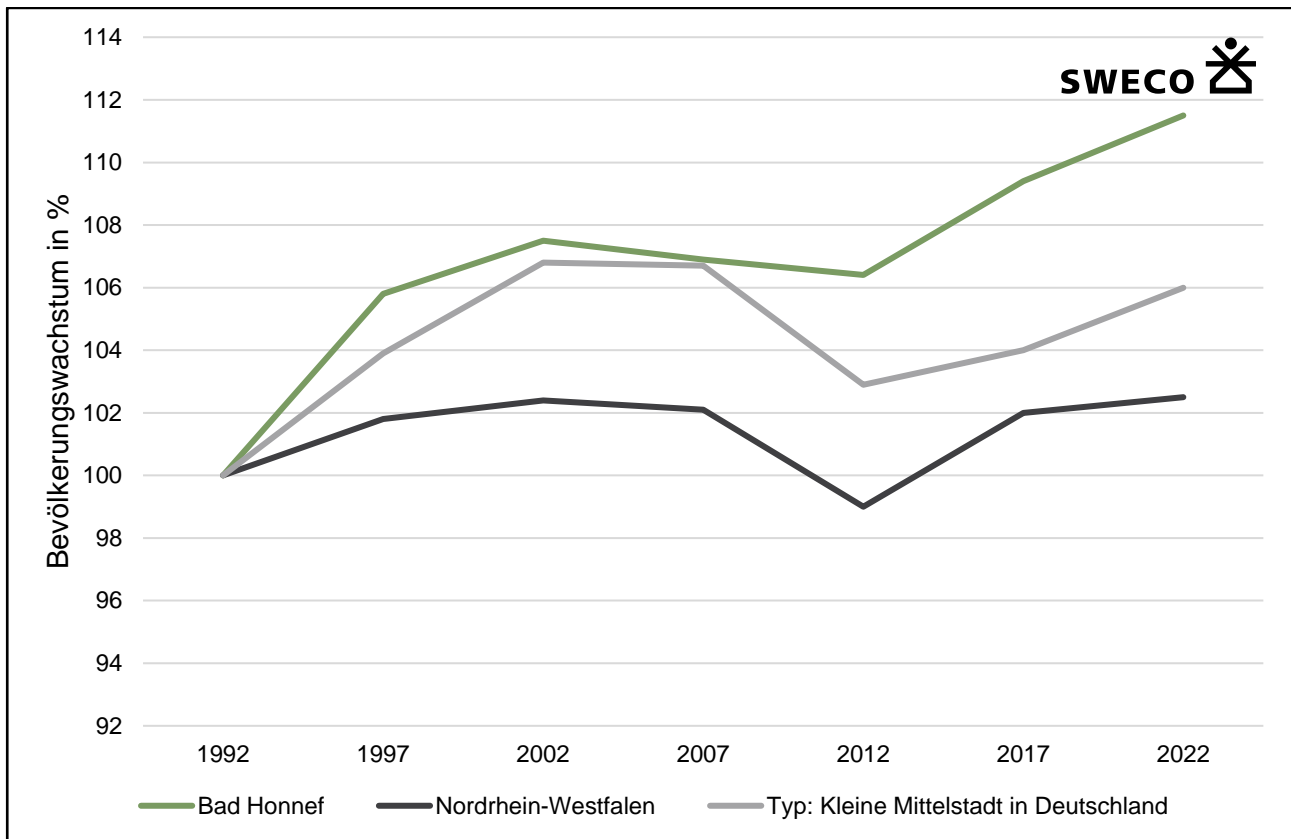


Abbildung 3: Bevölkerungsentwicklung 1992-2022 in Bad Honnef [1, p. 4]

Der Trend der letzten 10 Jahre zeigt ein Bevölkerungswachstum von knapp 5 %. Einer Modellrechnung des Statistischen Landesamtes zufolge wird das Bevölkerungswachstum in Bad Honnef von 2023 bis 2050 allerdings nur 3,7% betragen, sodass in dieser Modellrechnung von einem zukünftigen Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit ausgegangen wird. Dies ist insbesondere durch die Altersstruktur in Bad Honnef zu begründen, die einen hohen Anteil an Personen >65 Jahre aufweist (Abbildung 4). Durch den allgemeinen Rückgang der Geburtenrate wird sich diese Ausprägung in den Jahren bis 2050 voraussichtlich noch weiter steigern. [1, p. 8]

Bezüglich des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte liegt die Bevölkerung Bad Honnefs deutlich oberhalb des Durchschnitts Nordrhein-Westfalens und des Rhein-Sieg Kreises, wie Abbildung 5 darstellt.

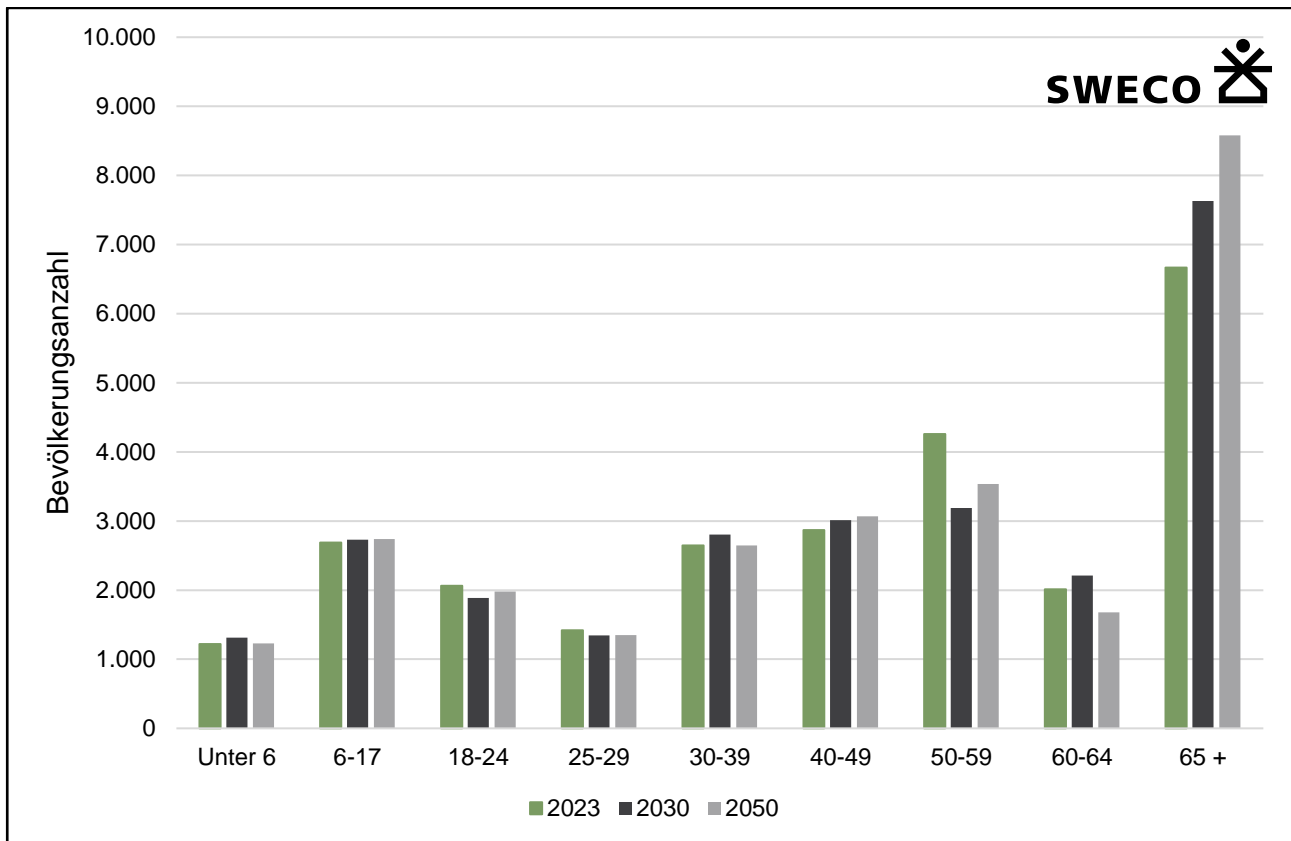


Abbildung 4: Gemeindemodellrechnung - Bevölkerungsentwicklung in Bad Honnef nach Altersgruppen bis 2050 [1, p. 8]

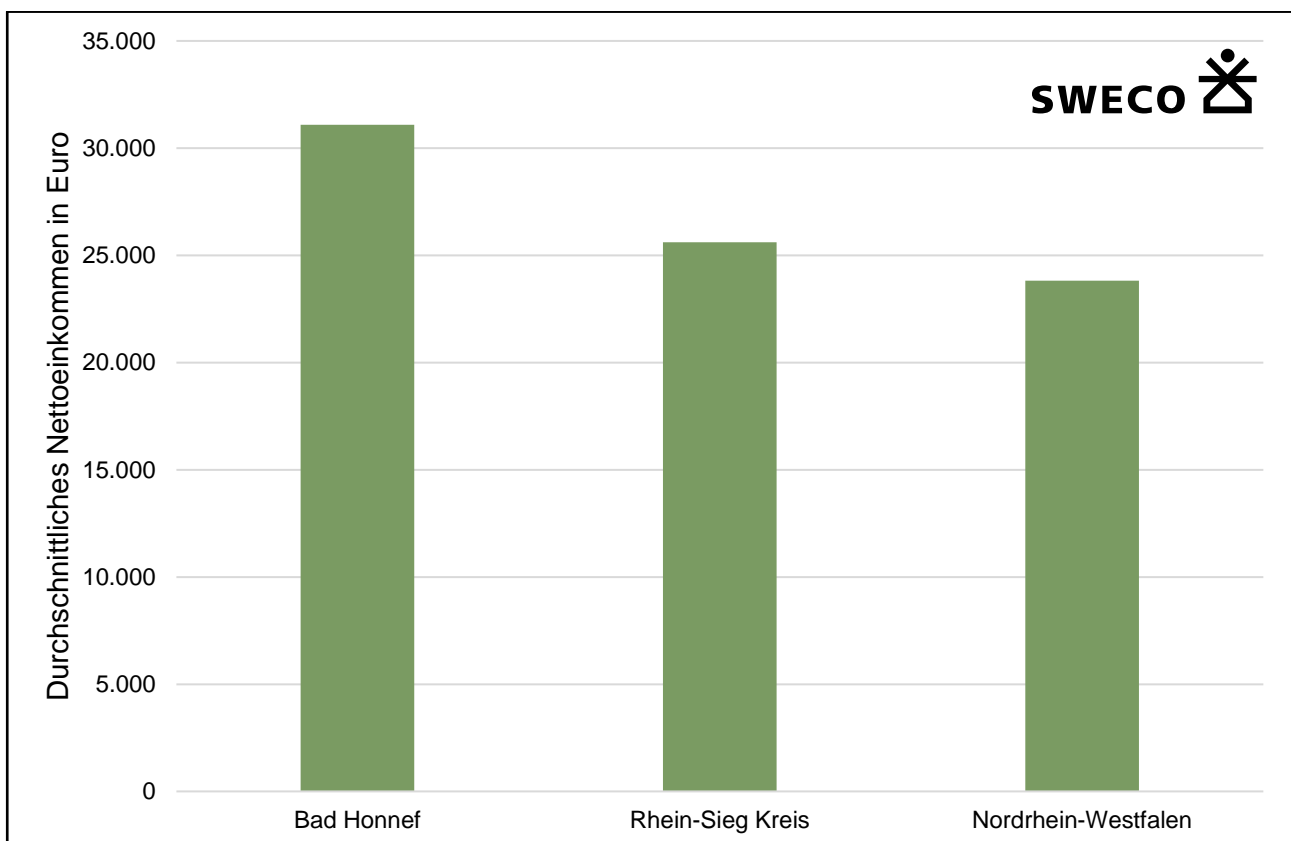


Abbildung 5: Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte in Bad Honnef in EUR je Einwohner [1, p. 21]

3.1.2 Gebäudestruktur

Nachfolgend werden Daten zu Baujahr und Verbrauchssektor der Gebäude genauer analysiert. In Abbildung 6 werden die Baualtersklassen aller Gebäude und der Wohngebäude im Bad Honnefer Stadtgebiet, zu denen Wärmebezugsdaten verfügbar sind, dargestellt. Der Gebäudebau in Bad Honnef ist vor allem in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts rasant gestiegen. Dies liegt am Wachstum des Stadtteils Aegidienberg, der hauptsächlich ab den 50er Jahren besiedelt wurde. Die Tallage verfügt hingegen über einen signifikanten Anteil an Gebäuden, die vor den 50er Jahren und sogar vor den 20er Jahren erbaut wurden und somit über eine wesentliche ältere Gebäudestruktur. Hier befindet sich auch der Großteil der 294 Baudenkmäler und der 89 Flurstücke, die als Bodendenkmäler eingetragen sind.

Der rasante Städtebau nimmt in diesem Jahrhundert stark ab. In der dicht besiedelten Tallage sind die Flächen zum Bau neuer Gebäude ausgereizt. In Aegidienberg hingegen ist die Siedlungsdichte geringer und es gibt viel unbebaute Fläche. Allerdings ist ein Großteil der Fläche durch Äcker, Wald- und Landschaftsschutzgebiete geprägt. Ein signifikantes Wachstum der Stadt ist aus diesen Gründen unwahrscheinlich. Das Sanierungspotenzial, das sich aus den örtlichen Gebäudestrukturen ergibt, wird im Kapitel 4 Potenzialanalyse diskutiert.

Die Einteilung der wärmeversorgten Gebäude in Nutzungssektoren wird in Abbildung 7 dargestellt. Die meisten Gebäude des Stadtgebiets lassen sich dem privaten Haushaltssektor zuschreiben. Industrie- und Gewerbebauten machen nur einen geringen Anteil am Gebäudebereich in Bad Honnef aus.

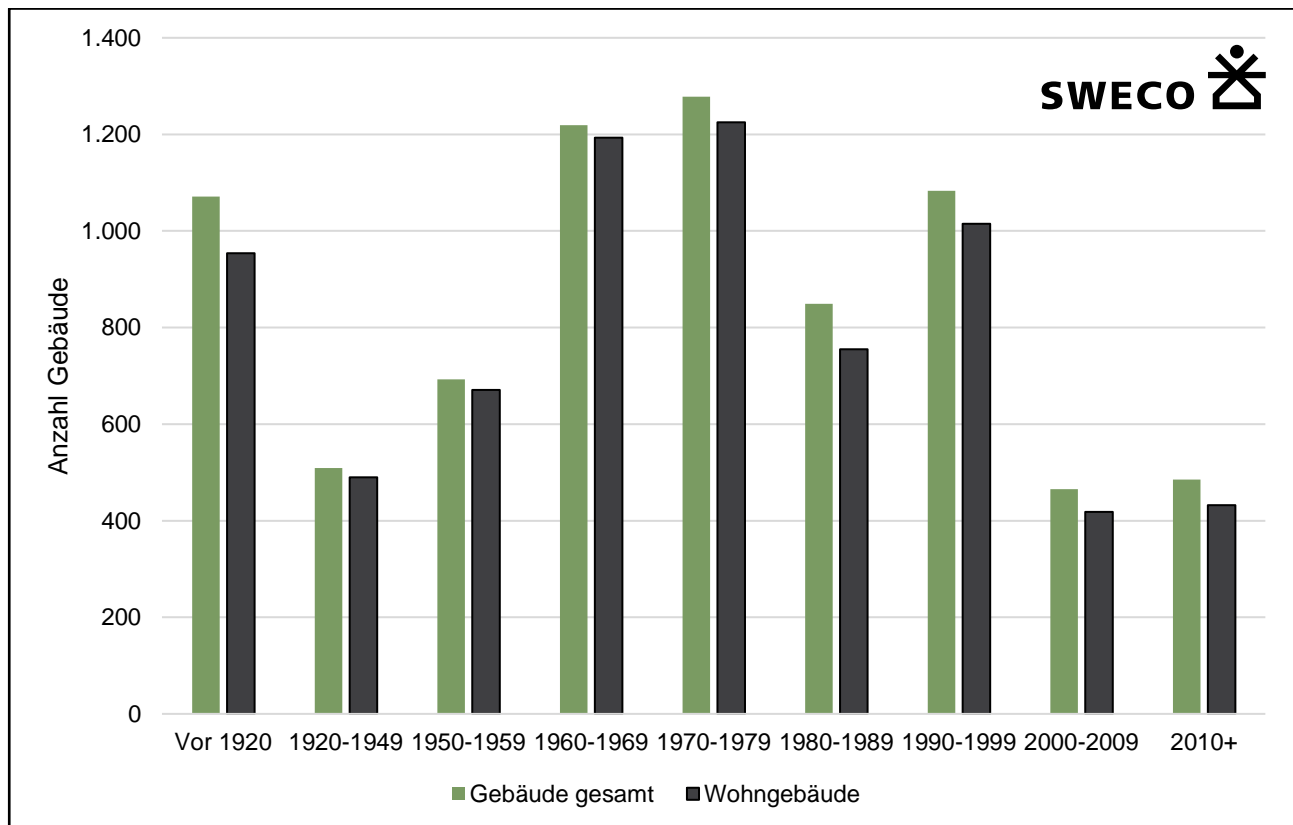


Abbildung 6: Baualtersklassen der wärmeversorgten Gebäude und Wohngebäude in Bad Honnef. Die Daten stammen aus dem ENEKA Modell

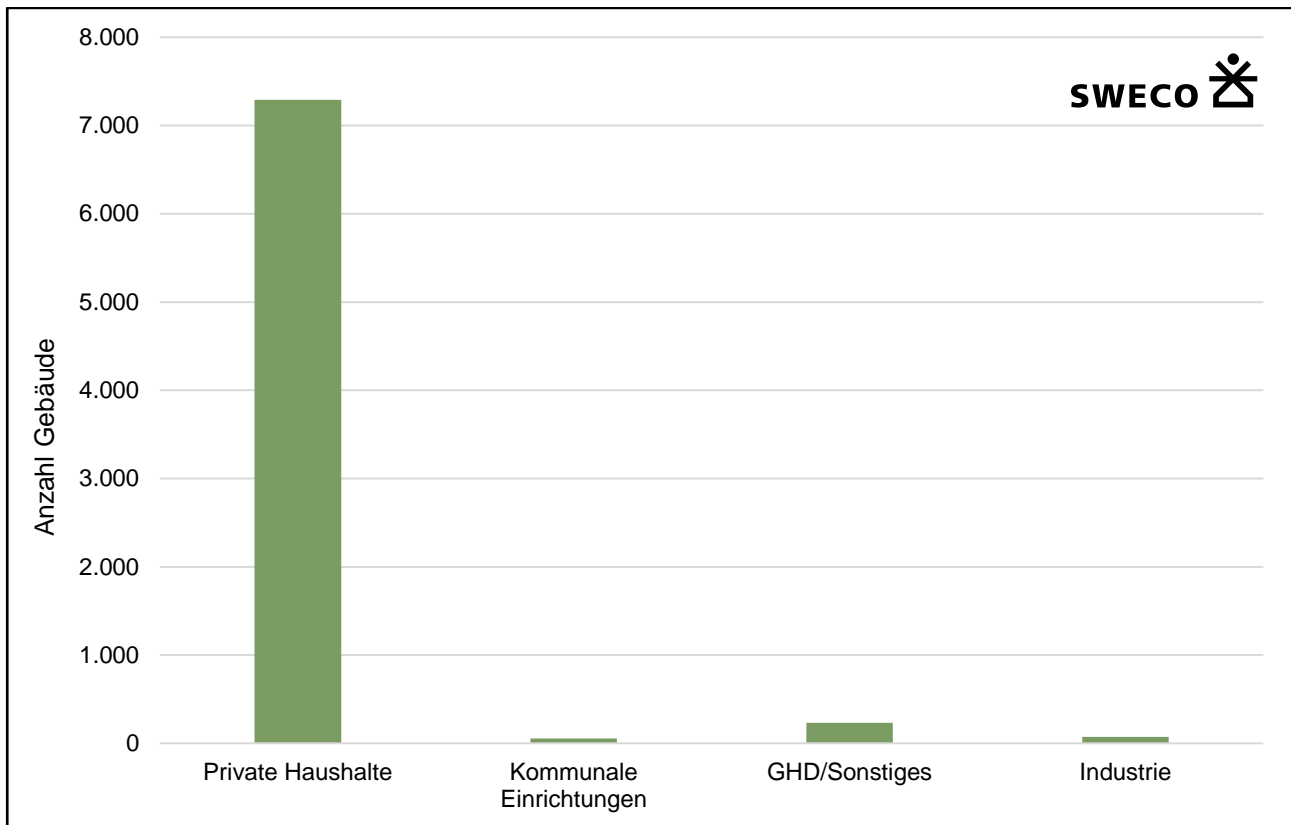


Abbildung 7: Einteilung der Gebäude des Stadtgebiets in Nutzungssektoren

3.1.3 Verkehr

Im Stadtgebiet sind im Jahr 2022 15.585 PKWs gemeldet (598 PKWs je 1000 Einwohner), davon haben 253 (1,6 %) einen Elektroantrieb, 577 (3,7 %) einen Hybridantrieb und 14.755 (94,7 %) einen klassischen Verbrennungsmotor [2]. Somit sind elektrische betriebene Fahrzeuge zwar aktuell eine Randerscheinung, allerdings hat sich die Anzahl vollelektrisch betriebener Fahrzeuge in den Jahren 2018-2022 mehr als verzehnfacht und die Anzahl an Fahrzeugen mit Hybridmotor mehr als verfünffacht. Im Vergleich zum Jahr 2007 (515 PKWs je 1000 Einwohner) hat die Gesamtanzahl an zugelassenen PKWs um 21 % zugenommen. [1, p. 22]

Es lässt sich erkennen, dass der Zuwachs der PKWs nicht nur auf den Zuwachs der Bevölkerung zurückzuführen ist, sondern auch im Bevölkerungsschnitt mehr PKWs angeschafft werden. Elektrisch angetriebene Fahrzeuge werden in der Zukunft den Strombedarf deutlich erhöhen und somit eine große Rolle im Energiesektor einnehmen.

3.1.4 Glasfaserausbau

Im Zuge der Digitalisierung ist der Ausbau des Glasfasernetzes ein wichtiger und notwendiger Schritt. Beim Einbau von Glasfasernetzen werden in der Regel die Straßen geöffnet und entsprechende Kabel unterirdisch verlegt. Bei der Planung von Wärmenetzen sollte der Ausbau von Glasfasernetzen stets beobachtet werden, um etwaige Synergieeffekte nutzen zu können.

Die Graue-Flecken-Förderung der Bundesregierung fördert Gebietskörperschaften für den Ausbau der Telekommunikationsnetze. Dabei gilt das Ziel den Anschlussnehmern eine Bandbreite von mindestens 1 Gbit/s zu ermöglichen. Die Aufgreifschwelle für die Gigabit-Förderung von 100 Mbit/s ist im Jahr 2023 weggefallen. In Bad Honnef sind Stand Mai 2024 bereits knapp 4.200 Gebäude mit einer Bandbreite von mindestens 1 Gbit/s ausgestattet. Somit werden in Zukunft rund 3.700 weitere Gebäude an ein Glasfasernetz angeschlossen. [3]

Ebenfalls sollten im Fall des Aufbaus neuer Wärmeinfrastrukturen Straßensanierungsprojekte mit Maßnahmen zur Verlegung von Wärmenetzen nach Möglichkeit zusammengelegt werden.

3.1.5 Tourismus

Als eine Stadt, die wiederholt mit dem Prädikat *Erholungsort* ausgezeichnet wird, ist die Tourismusbranche entsprechend ausgeprägt in Bad Honnef. Im Jahr 2022 haben rund 20.000 Gäste Bad Honnef besucht und es gab 134.000 Übernachtungen. Dies liegt unterhalb der Werte für die Zeit vor Corona, was vermuten lässt, dass der aktuelle Stand touristischer Übernachtungen sogar weiter gestiegen ist. Im September 2023 wurde im Haupt- und Finanzausschuss für Wirtschaftsförderung, Tourismus und Liegenschaften ein Tourismuskonzept vorgestellt, in dem gezielte Maßnahmen zu einer Steigerung der Qualität der Besuche führen und somit den Tourismus noch weiter antreiben soll. Eine Steigerung des Tourismus hat automatisch auch einen höheren Energiebedarf des GHD-Sektors zur Folge. Wie stark sich diese Energiebedarfssteigerungen im Vergleich zu Energieeffizienzmaßnahmen in den Gebäuden auf den zukünftigen Wärmeverbrauch auswirken, ist allerdings nur schwierig einzuschätzen und wird im Zuge der kommunalen Wärmeplanung nicht weiter berücksichtigt. Bei der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung, kann der Einfluss dieses Effekts der vergangenen Jahre bereits besser eingeschätzt werden. [4]

3.1.6 Eigentumsverhältnisse

Entsprechend der Verteilung der Gebäude in Abbildung 7 ist der Sektor der privaten Haushalte dominierend in Bad Honnef. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den Eigentumsverhältnissen der Gebäude. In Abbildung 8 sind die Eigentumsverhältnisse der Stadtgebäude aufgeteilt in verschiedene Eigentümerkategorien dargestellt. 92,4% der Gebäude befinden sich in privater Hand. Die Stadt Bad Honnef hingegen besitzt nur 3,3% der Gebäude und 0,6% der Gebäude gehören anderen öffentlichen Trägern. Unter der Kategorie Sonstiges gehören Institutionen wie Vereine, GmbHs, Baugesellschaften, etc. Diese Kategorie macht 3,7% des Gebäudebestandes aus. In diesen 3,7% werden im Zuge der Maßnahmenentwicklung nach Möglichkeit große Akteure mit vielen Eigentumsgebäuden gesucht, die für den Aufbau eines Wärmenetzes als Ankerkunden fungieren könnten. Allerdings ist der Einfluss potenzieller Ankerkunden aufgrund des geringen Anteils am Immobilienmarkt entsprechend gering.

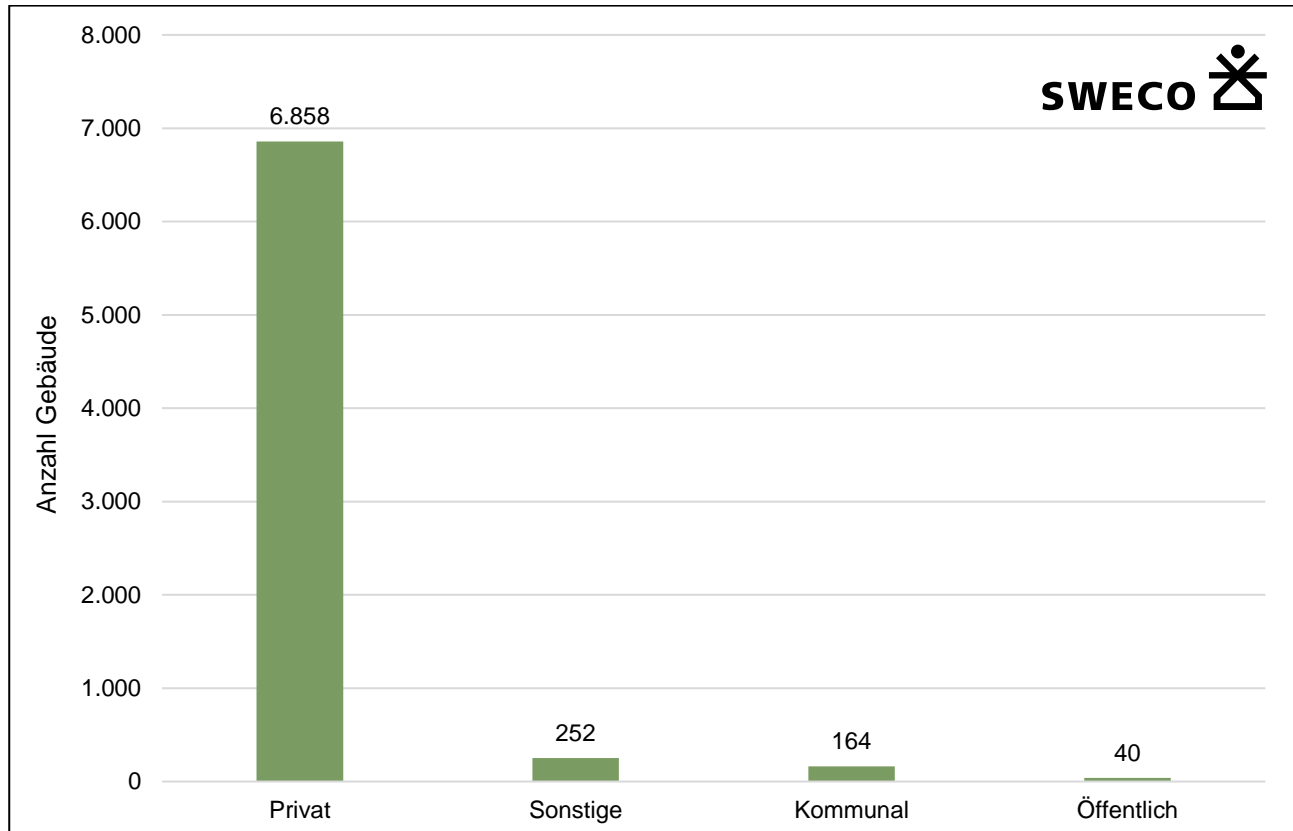


Abbildung 8: Aufteilung der Eigentumsverhältnisse an den Gebäuden der Stadt Bad Honnef © Stadt Bad Honnef (2024) / © Land NRW (2024) / © Amt für Katasterwesen und Geoinformation des Rhein-Sieg-Kreises (2024) - dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

3.2 Städtebauliche Planungen

Städtebauliche Rahmenplanungen spielen eine entscheidende Rolle in der angestrebten zeitnahen Umsetzung prioritärer Maßnahmen. Sie bieten die erforderlichen Rahmenbedingungen zur Integration einer nachhaltigen Wärmebereitstellung. Zukünftige Neubau- und Entwicklungsgebiete, bei denen noch keine konkrete Siedlungsplanung vorliegt und die nicht unmittelbar in potenziell geeigneten Wärmenetzgebieten liegen, werden nicht mit in die Wärmeplanung integriert. In diesen Gebieten muss die Energieversorgung im Zuge der Detailplanung näher geprüft werden.

In Bad Honnef stehen derzeit mehrere Gebiete und Bebauungsplangebiete im Fokus der Stadtentwicklung. Die nachfolgenden Erläuterungen wurden in Abstimmung mit dem Fachamt Stadtplanung der Stadt Bad Honnef gemeinsam diskutiert. In Abbildung 9 sind die Bereiche zu den folgenden Erläuterungen dargestellt.

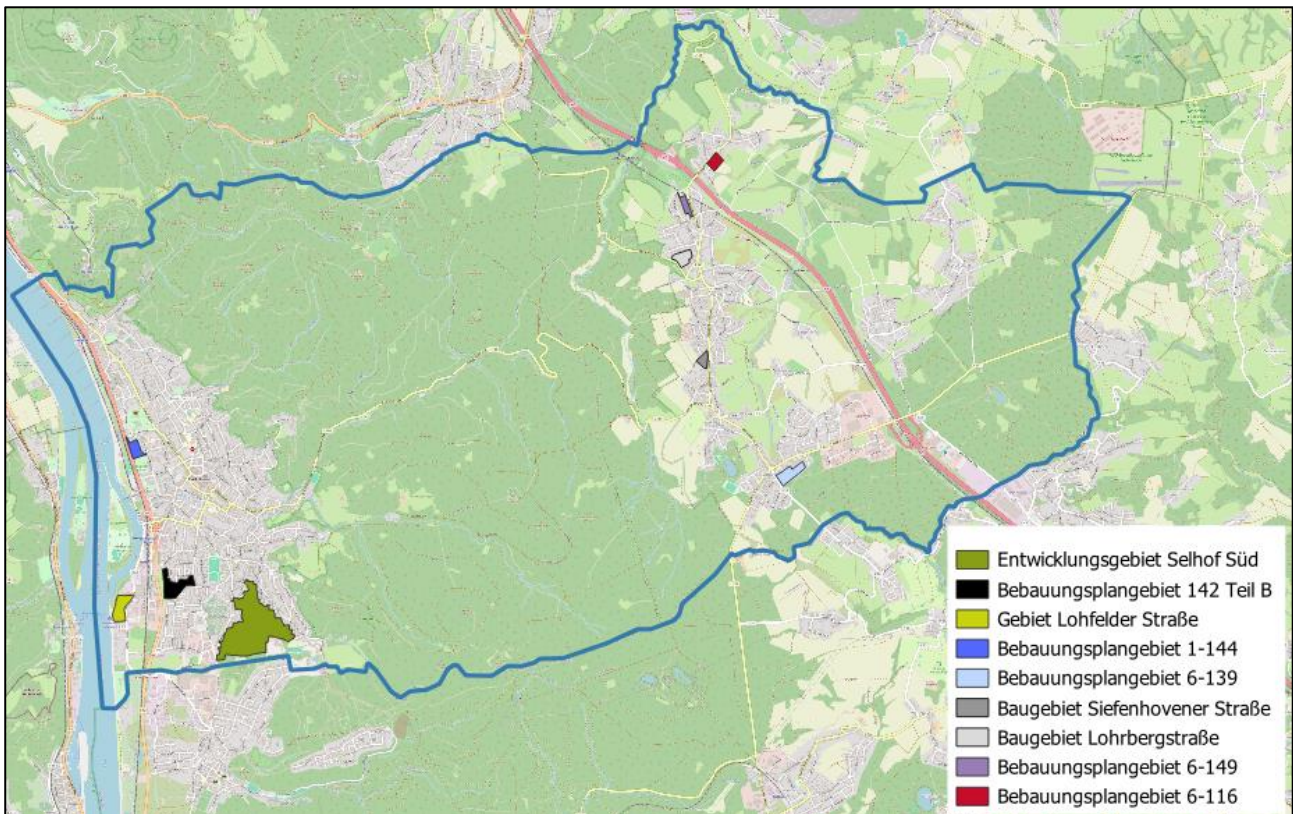


Abbildung 9: Darstellung der Entwicklungsbereiche in Bad Honnef

Das Entwicklungsgebiet Selhof Süd umfasst eine Fläche von 28 Hektar und ist Gegenstand vorbereitender Untersuchungen für eine städtebauliche Entwicklungsmaßnahme gemäß dem Baugesetzbuch (BauGB). In Kooperation mit NRW.Urban wird ein Projekt angestrebt, das vermehrten geförderten Wohnungsbau sowie ökologisches Planen und Bauen beinhaltet. Ob in diesem Gebiet eine leitungsgebundene Wärmeversorgung sinnvoll ist, sollte zukünftig geprüft werden, wenn konkrete Informationen über dieses Gebiet vorliegen.

Im Bebauungsplangebiet 14/2 Teil B „Am Weiher/ Floßweg“ liegt ein alter, revisionsbedürftiger Bebauungsplan vor. Die aktuelle Beschlusslage sieht ein neues Konzept mit geschätzten 180 Wohneinheiten (WE) vor, wobei auch hier Ziele wie geförderter Wohnungsbau und ökologisches Bauen verfolgt werden sollen. Dieses Gebiet liegt im ausgewiesenen Prüfgebiet (siehe Kapitel 5.7).

Das Gebiet an der Rheinstraße und Lohfelder Straße hat derzeit keine laufende Bebauungsplanung, bietet aber Potenzial für eine Konversion und Weiterentwicklung von ehemals gewerblicher Nutzung hin zu einer gemischten Nutzung, einschließlich Wohnraum.

Das Bebauungsplangebiet 1-144 „Neues Wohnen Alexander-von-Humboldt-Straße/ Am Spitzenbach/ B 42“ befindet sich in einer Phase, in der die Nutzungsplanung und Vermarktungsstrategie für die städtische Fläche noch offen sind. Auch dieses Gebiet liegt in einem ausgewiesenen Prüfgebiet (siehe Kapitel 5.7).

Das Verfahren für das Bebauungsplangebiet 6-139 „Rederscheider Weg - Drosselweg“ steht kurz vor dem Satzungsbeschluss. Hier sind bereits Flächenplanungen für einen Blockheizkraftwerk-Standort (BHKW) und Vorabgespräche zur Erschließung erfolgt. Die Vermarktung und Entwicklung des Gebiets haben eine hohe Priorität auf der kommunalen Agenda und aufgrund der fortgeschrittenen Planung wird dieses Gebiet in das Prüfgebiet integriert (siehe Kapitel 5.7).

Im Bebauungsplangebiet 6-149 „Ölbergstraße/ Aegidienberger Straße“ ist ein vorhabengezogener Bebauungsplan für ein Wohnungsbauprojekt mit etwa 50-60 Wohneinheiten in Arbeit. Der Vorhabenträger erwägt die Errichtung einer Nahwärmeversorgung durch ein eigenes Holzpellet-Kraftwerk. Eine detaillierte Planung sowie ein zeitlicher Umsetzungsrahmen liegen derzeit noch nicht vor.

Das Baugebiet „Siefenhovener Straße/ Aegidienberger Straße“ und das Baugebiet „Lohrbergstraße“ sind derzeit ohne laufende Bebauungsplanverfahren und dienen als Entwicklungsreserven. Das Bebauungsplangebiet 6-116 „Brünsberger Straße“, ruht derzeit und wird ebenfalls als Entwicklungsreserve betrachtet. Von diesen Gebieten liegt nur das Baugebiet Siefenhovener Straße/ Aegidienberger Straße aufgrund der Nähe zum Zentrum Aegidienbergs in einem Prüfgebiet (siehe Kapitel 5.7).

Die verschiedenen Entwicklungs- und Bebauungsplangebiete zeigen, dass in Bad Honnef eine aktive Stadtentwicklung stattfindet, die sowohl den geförderten Wohnungsbau als auch ökologische Aspekte berücksichtigt und dabei verschiedene Stadien der Planung und Realisierung umfasst. In der Gebietsausweisung im Zuge der Szenarienentwicklung werden diese Gebiete berücksichtigt.

3.3 Struktur der Wärmeversorgung

Für die Analyse der Wärmeversorgung in Bad Honnef werden die Daten der BHAG, der Schornsteinfeger*innen und des Marktstammdatenregisters zusammengeführt und in eine gemeinsame Datenbank gespeichert. Die Daten der BHAG liegen in den Bereichen, in denen gebäudescharfe Daten einen Personenbezug aufweisen, aggregiert für mindestens 5 Gebäude vor. Für Gebäude des GHD-Sektors, Wohnheime und Mehrfamilienhäuser wurden die Daten gebäudescharf übermittelt. Die Daten der Schornsteinfeger liegen aggregiert für drei Gebäude vor. Für die leitungsgebundenen Energieverbräuche werden die übermittelten Verbräuche der BHAG genutzt und die nicht leitungsgebundenen Energieverbräuche werden aus den Daten der Schornsteinfeger ermittelt. Insgesamt konnten rund 80 Datensätze nicht in den Daten Gebäudestrukturdaten wiedergefunden werden und wurden somit nicht in der GIS-Umgebung und der THG- und Energiebilanz berücksichtigt. Dies macht allerdings nur etwa 1% der Daten aus und hat somit keinen signifikanten Einfluss auf die Auswertungen.

3.3.1 Analyse der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude

In Bad Honnef ist Erdgas der dominierende Energieträger im Wärmesektor. Nach den Daten der Schornsteinfeger befinden sich 7485 Erdgasheizungen mit einer Gesamtleistung von etwa 196 MW in Bad Honnef im Einsatz. In Abbildung 10 wird die Anzahl der Heizungssystemen mit ihrer jeweiligen kumulierten Leistung sortiert nach den in Bad Honnef eingesetzten Energieträgern dargestellt. Nach Erdgas werden die meisten Heizungen mit Scheitholz beheizt. Bei den Scheitholzheizungen handelt es sich allerdings hauptsächlich um Öfen zur Einzelraumheizung. Daher ist die spezifische Leistung der Scheitholzheizungen entsprechend niedriger als bei den Systemen, die mit Erdgas und Heizöl betrieben werden. Die anderen Energieträger werden nur in geringem Maße in Bad Honnef eingesetzt. Die Darstellung des Verbrauchs der einzelnen Energieträger wird im Zuge der Energie- und Treibhausgasbilanz im Abschnitt 3.5 dargestellt.

In Abbildung 11 wird die statistische Verteilung des Inbetriebnahme Jahres für die Heizungen in Bad Honnef dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen den in Bad Honnef relevanten Energieträgern Erdgas, Scheitholz und Heizöl. Der Großteil der Erdgasheizungen ist innerhalb der letzten 20 Jahre installiert worden. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den Scheitholzheizungen, nur dass es vereinzelte Heizungsanlagen gibt, die wesentlich älter sind (älteste Heizung 1850). Der Großteil, der mit Heizöl betriebenen Heizungen ist im Vergleich durchschnittlich etwa 10 Jahre älter. Allerdings werden vereinzelt immer noch moderne Ölheizungen installiert.

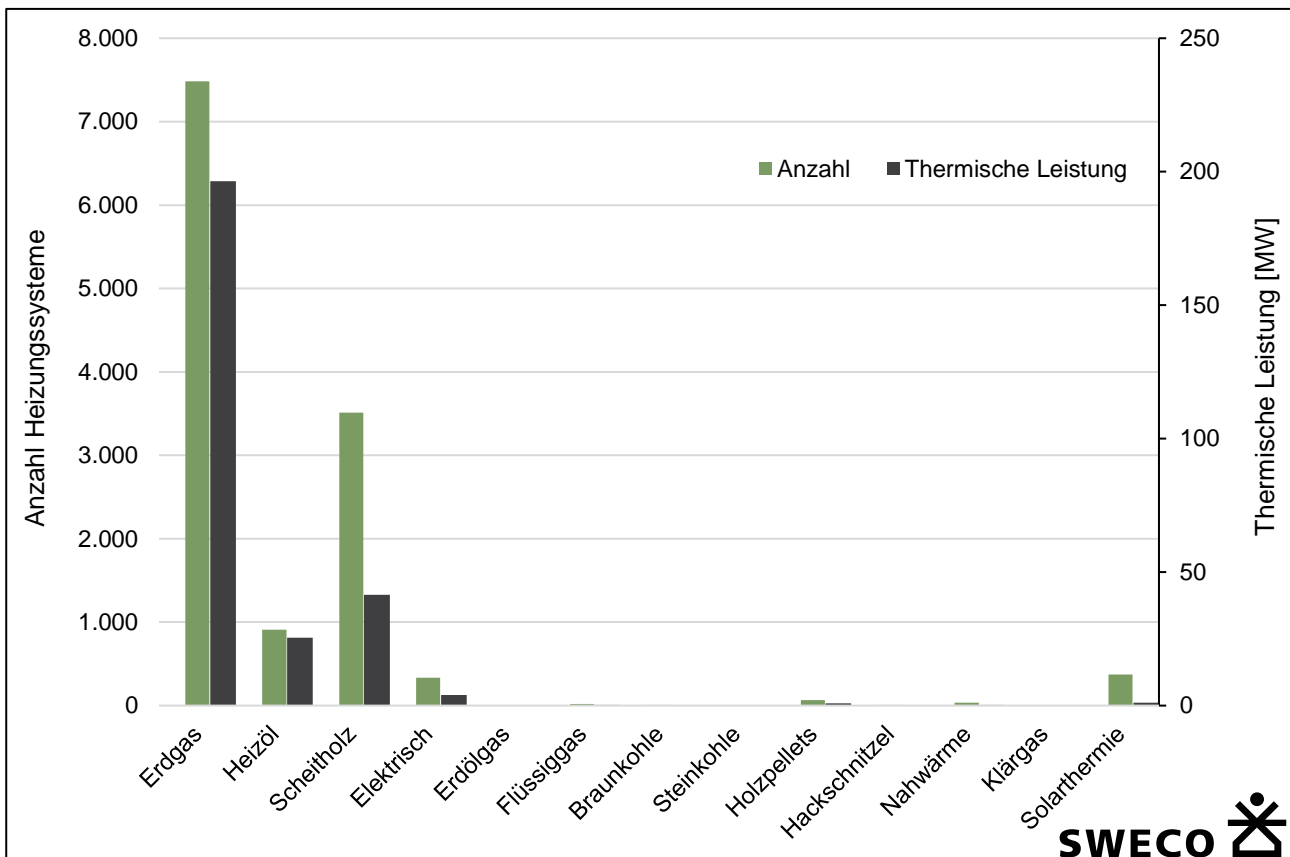


Abbildung 10: Darstellung der Anzahl an Heizungsanlagen und ihrer Gesamtleistung aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger, die in Bad Honnef zum Einsatz kommen.

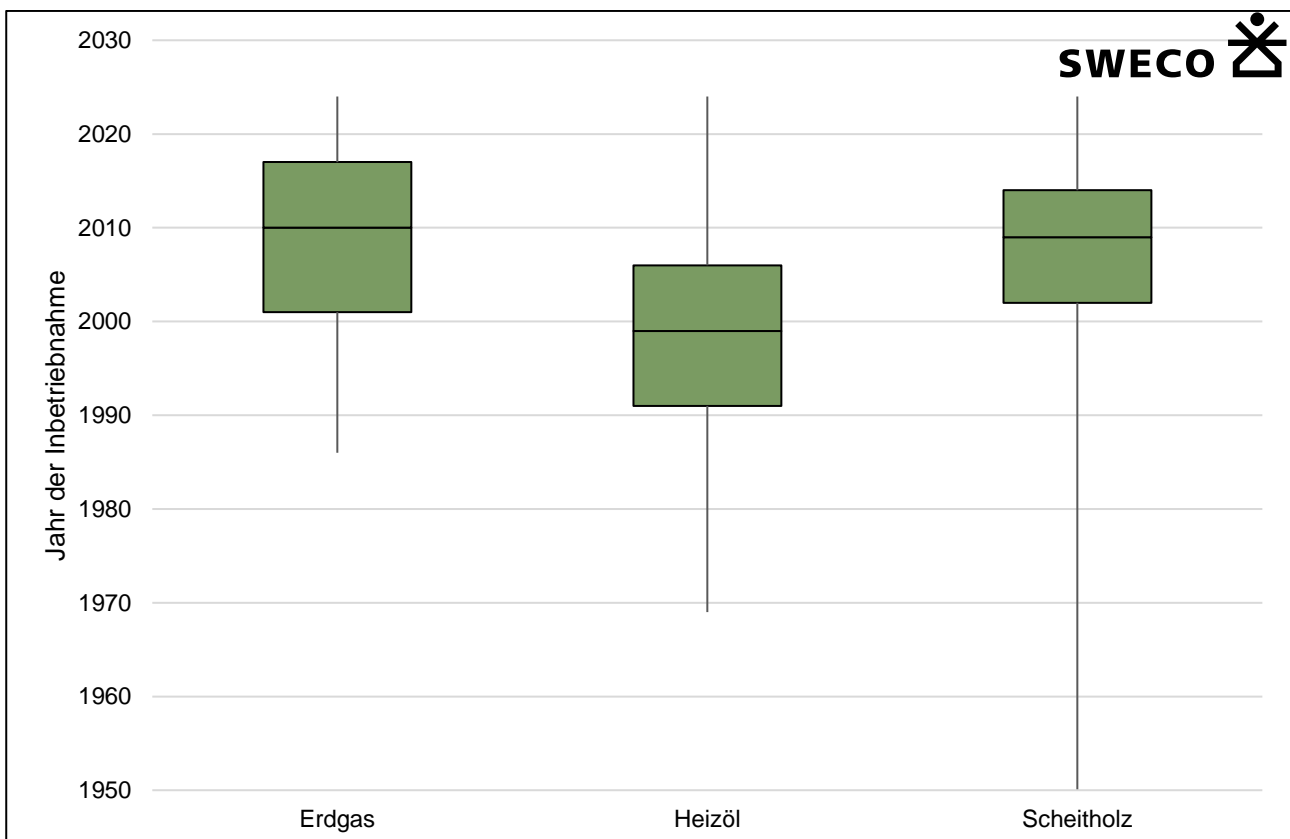


Abbildung 11: Statistische Verteilung des Jahres der Inbetriebnahme der Heizungen in Bad Honnef für die relevanten Energieträger

Die Verteilung des auf die Gebäudenutzfläche bezogenen spezifischen Wärmeverbrauchs ist in Abbildung 12 dargestellt. Hier wurde in den Daten die höchsten 5% als Ausreißer herausgefiltert. Aufgrund der individuellen Bedürfnisse des Gewerbe- und Industriesektors ist der spezifische Wärmeverbrauch in diesem Bereich breiter gestreut. Der Median der Werte liegt zwar etwa gleich auf, allerdings ist im Bereich der Nichtwohngebäude der Anteil höherer Werte größer. Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch liegt mit rund 180 kWh/m²*a für Nichtwohngebäude entsprechend höher als für Wohngebäude (ca. 120 kWh/m²).

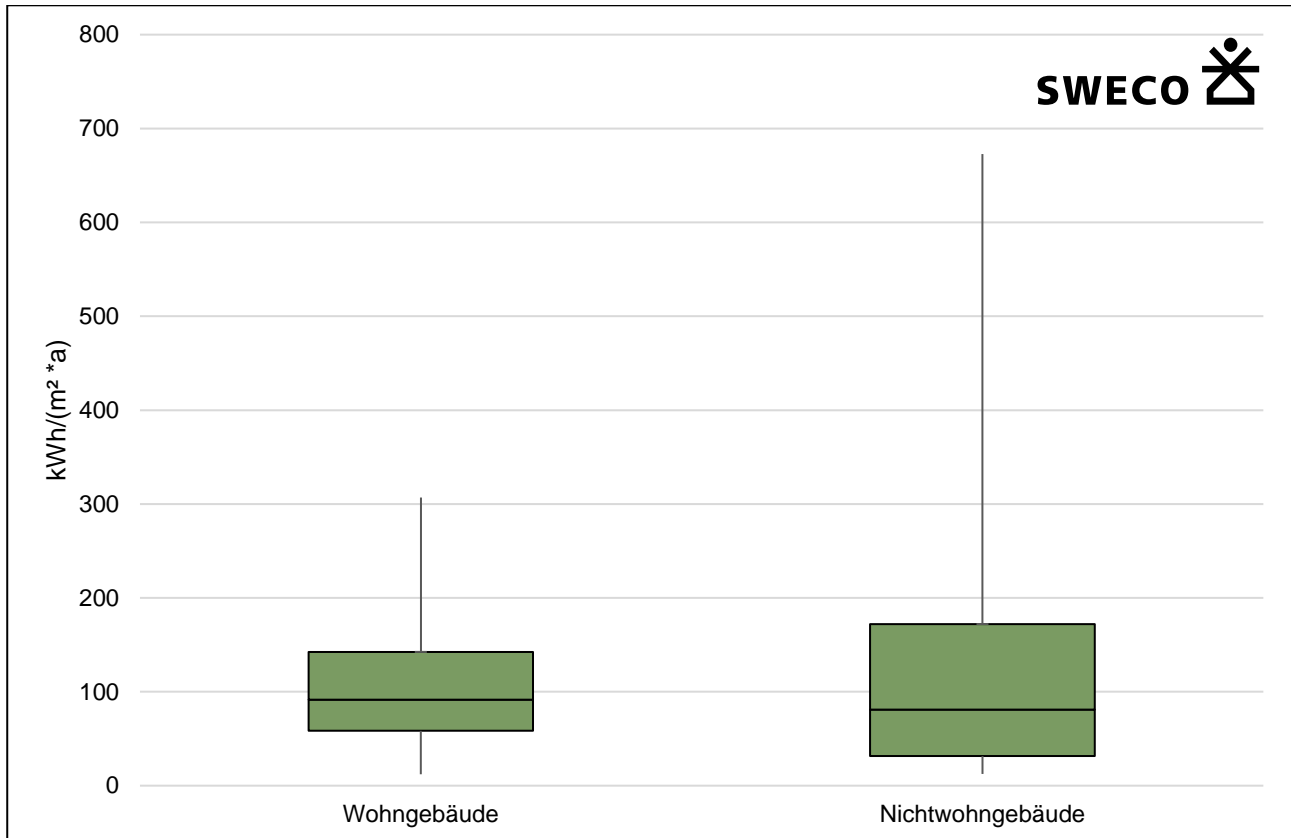


Abbildung 12: Darstellung der statistischen Verteilung des spezifischen Wärmeverbrauchs (bezogen auf die Gebäudenutzfläche) für Wohngebäude und Nichtwohngebäude

3.3.2 Energieinfrastruktur

Erdgasnetz

Insgesamt sind in Bad Honnef 7108 Erdgasanschlüsse zu verzeichnen. Davon ist nur ein Industrieunternehmen an das Mitteldrucknetz angeschlossen. Das Mittel der jährlichen Gasnachfrage der letzten drei Jahre liegt bei knapp über 200 GWh und die gesamte Trassenlänge des Niederdrucknetzes liegt bei knapp 183 km, hauptsächlich aufgeteilt auf das Niederdrucknetz (133 km). Die Spitzenlast des Gasnetzes lag im Jahr 2023 bei knapp 200 MW. In Abbildung 13 wird die statistische Verteilung des Jahres der Inbetriebnahme der einzelnen Streckenabschnitte des Gasnetzes dargestellt. Die meisten Streckenabschnitt wurden im 21. oder späten 20. Jahrhundert in Betrieb genommen. Vereinzelt gibt es Streckenabschnitte, die über 60 Jahre alt sind.

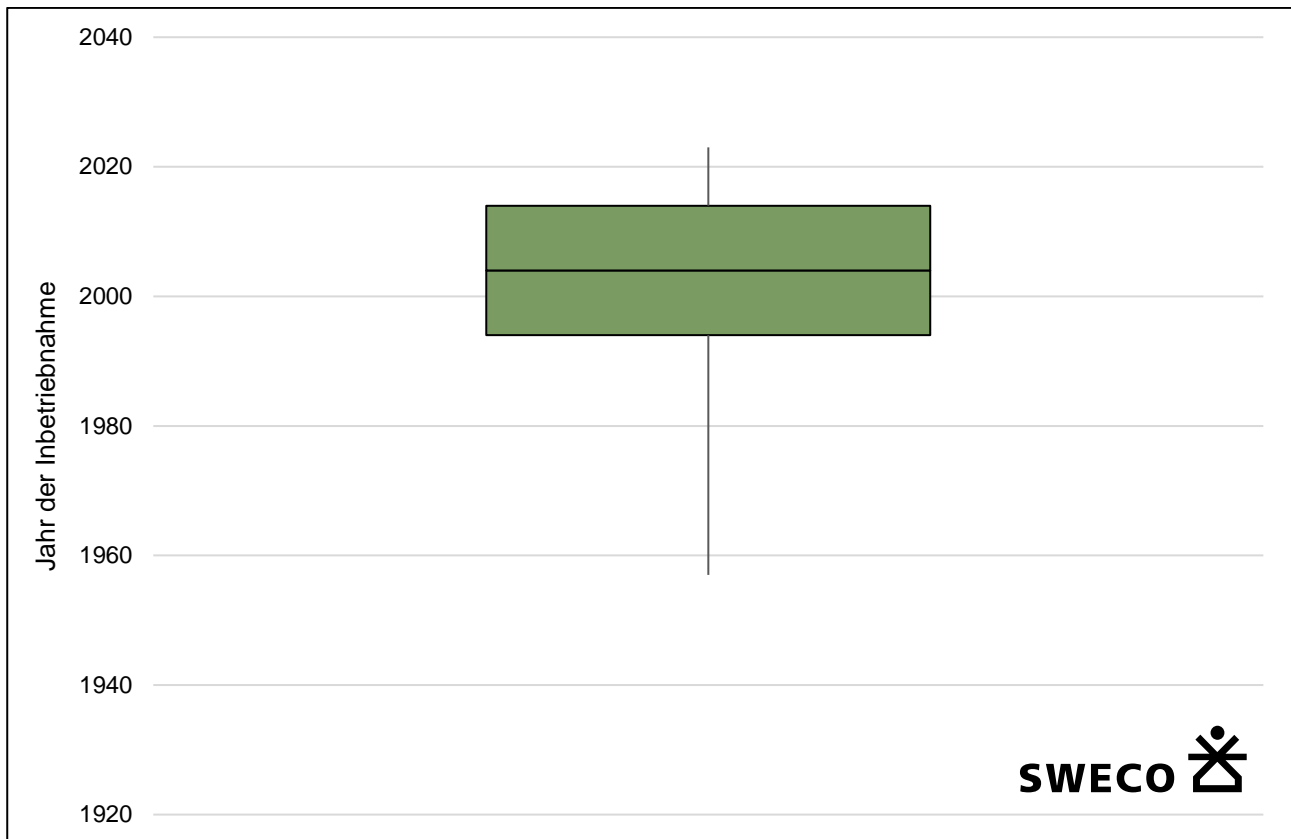


Abbildung 13: Statistische Verteilung des Jahres der Inbetriebnahme aller Gasnetzabschnitte in Bad Honnef

Wasserstoffnetz

Aktuell befindet sich in Bad Honnef kein Wasserstoffnetz in Betrieb. Es wird allerdings die Umwidmung des Gasnetzes in Aegidienberg in ein Wasserstoffnetz geprüft.

Wärmenetz

Im Jahr 2014 wurde im Gebiet der Straße „Auf Penaten“ im Stadtteil Rhöndorf ein Nahwärmenetz installiert, welches 33 Gebäude mit Wärme aus einem Erdgas-BHKW (16 kW_{el} und 35 kW_{th}) und zwei Gaskesseln mit 170 kW versorgt. Die jährliche Wärmenachfrage liegt bei 370 MWh/a und die gesamte Trassenlänge bei 400 m. Im Jahr 2023 lag die Spitzenlast bei 230 kW, die Gebäude werden mit einer Vorlauftemperatur von 75 °C versorgt und die Rücklauftemperatur beträgt 50 °C.

Im Zuge der Bürger*innenbeteiligung wurde die Existenz eines weiteren Nahwärmenetzes im Bedorf-Viertel (Kastanienweg, Buchenweg, Birkenweg, Kiefernweg, Eichenweg) bekannt. Leider konnten im Zuge der Datenakquise keine Informationen zu diesem Netz übermittelt werden. Aufgrund der späten Auskunft und der fehlenden Informationen zu dem Netz, konnte dieses in der kommunalen Wärmeplanung nicht näher betrachtet werden.

Stromnetz

Die mittlere Stromnachfrage der letzten drei Jahre in Bad Honnef liegt bei etwa 67,5 GWh/a und die Spitzenlast im Jahr 2023 bei 14 MW. Es werden insgesamt 110 Zählerpunkte für Nachtspeicherheizungen und 224 Zählerpunkte für Wärmepumpen in Bad Honnef betrieben mit einem Energieverbrauch im Jahr 2023 von knapp 2,3 GWh/a.

Zusammenfassung

In Tabelle 4 werden die relevanten Kennzahlen des Gas-, Strom- und Nahwärmenetzes zusammengefasst.

Tabelle 4: Darstellung der relevanten Kennzahlen des Gas-, Wärme- und Stromnetzes (für Wärmeanwendungen) in Bad Honnef

Netzart	Nahwärme- netz	Gasnetz Nie- derdruck	Gasnetz Mit- teldruck	Gasnetz Hochdruck	Stromnetz (Wärmean- wendungen)
Anzahl der An- schlüsse	33	7.107	1	0	334
Jahr der Inbetrieb- nahme	2014	-	-	-	-
Gesamte Energie- nachfrage [GWh/a]	0,37	209	8	0	2,3
Gesamte Trassen- länge [km]	0,4	133	30	21	-
Spitzenlast [MW]	0,23	201		-	-
Vor- und Rücklauf- temperatur [°C]	75/50	-	-		-
Bezugsjahr	2023	2023	2023	2023	2023

3.3.3 Kartografische Darstellung des Wärmeverbrauchs

Neben den kumulierten Werten der Heizungssysteme ist auch die georeferenzierte Verteilung im Stadtgebiet relevant. In Abbildung 14 ist der überwiegende Energieträger pro Baublock dargestellt. In Aegidienberg ist der Anteil an Ölheizungen signifikant höher als in der Tallage, wo nahezu ausschließlich mit Erdgas geheizt wird.

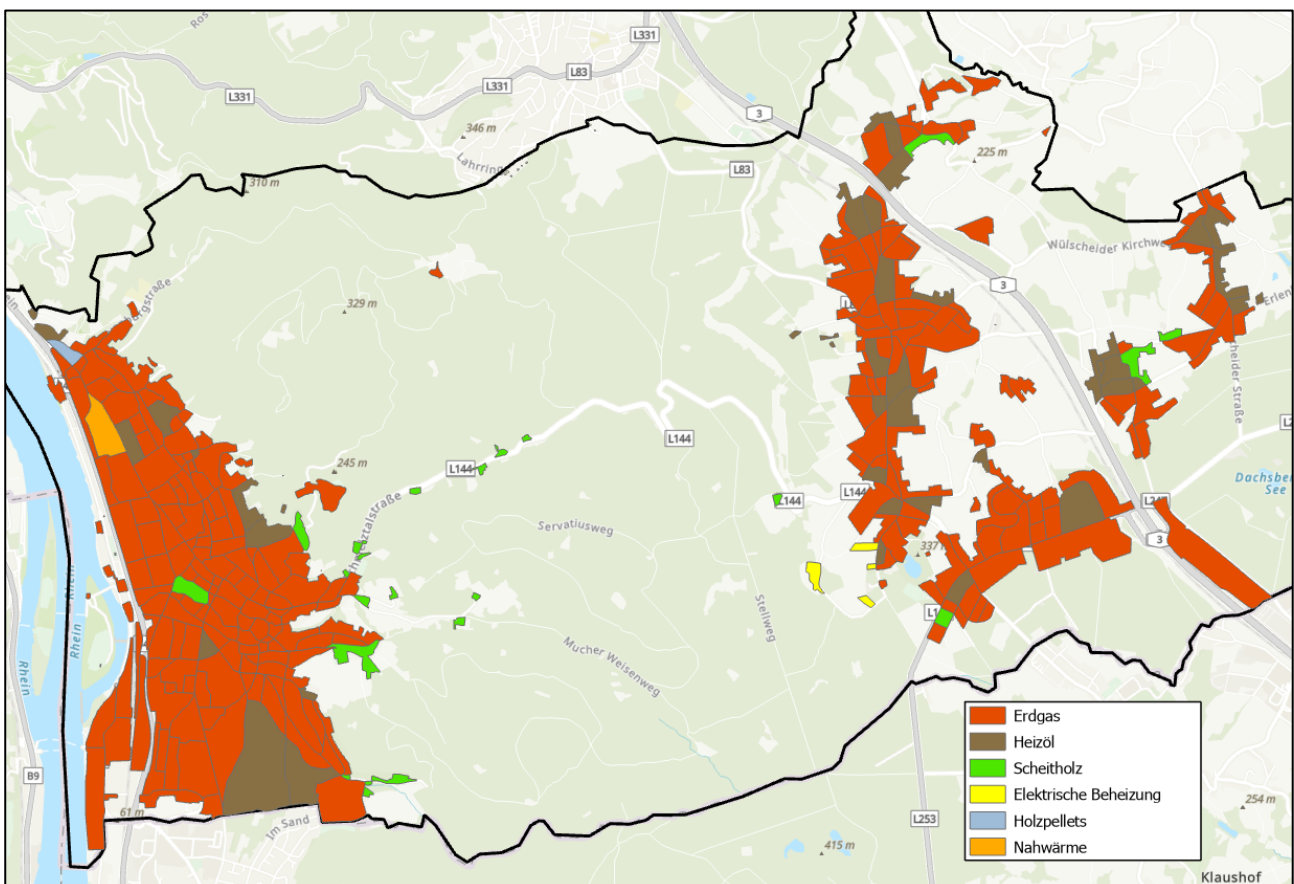


Abbildung 14: Verteilung der überwiegenden Heizenergieträger in Bad Honnef in Baublockdarstellung

In Abbildung 15 wird der jährliche spezifische Wärmeverbrauch in Baublockdarstellung in MWh/ha*a dargestellt. Der Verbrauchsschwerpunkt liegt in Bad Honnef Tal. Dies liegt an der höheren Besiedelungsdichte und der älteren Gebäudestruktur. In Aegidienberg ist die Wärmedichte entsprechend geringer. Es lassen sich ebenfalls die Verbrauchsschwerpunkte der innerstädtischen Gebiete erkennen.

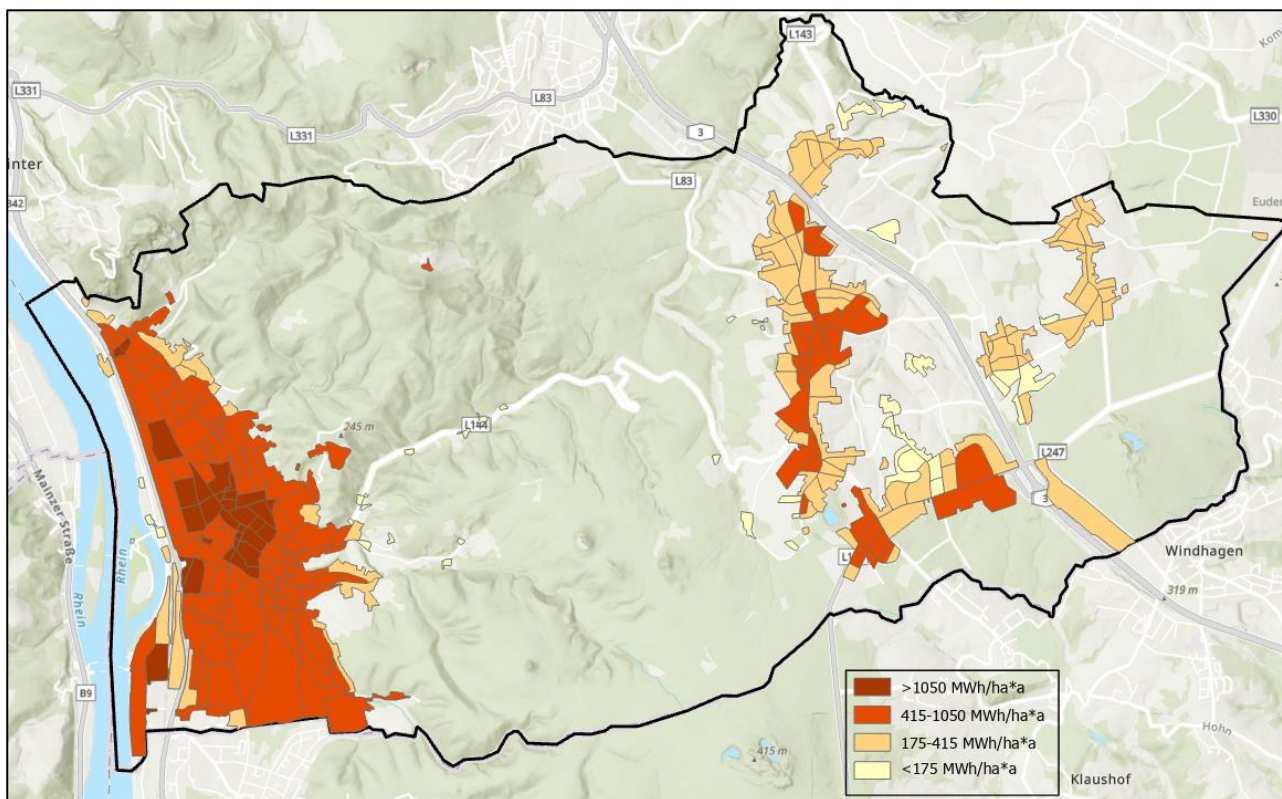


Abbildung 15: Verteilung des spezifischen Wärmeverbrauchs in Bad Honnef in Baublockdarstellung

3.4 Bestandsanlagen Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Im Bad Honnefer Stadtgebiet beschränken sich die EE- und KWK-Bestandsanlagen auf PV-Aufdachanlagen, solarthermische Aufdachanlagen und BHKWs, die mit Erdgas, Klärgas und Heizöl betrieben werden.

Photovoltaik

Nach dem Marktstammdatenregister befinden sich Ende 2023 in Bad Honnef 962 PV-Anlagen mit einer kumulierten Nennleistung von rund 8,8 MW_p und 366 PV-Heimspeicher mit einer Gesamtkapazität von etwa 3,1 MWh und einer Ladeleistung von 2,3 MW in Betrieb. Moderne PV-Module für den Haushaltsbereich benötigen etwa eine Fläche von 4,5-5 m² pro kW_p, woraus sich eine Kollektorfläche von etwa 44.000 m² ergibt [5]. Ältere Modelle hingegen weisen einen höheren Flächenbedarf auf, sodass die Kollektorfläche auf 50.000 m² aufgerundet wird. Der Ertrag einer Solaranlage liegt je nach Ausrichtung, Neigung und Wetterbedingungen etwa bei 750-1200 kWh/kW_p. Daraus ergibt sich eine jährliche Solarstrommenge von etwa 6,6-10,6 GWh/a. Im Solarkataster NRW wird für Bad Honnef Ende 2022 eine Solarstromproduktion von 7 GWh/a angegeben [6]. Für die weiteren Berechnungen der Energie- und Treibhausgasbilanz wird eine Solarstromproduktion von 8 GWh/a für Ende 2023 angenommen. Insgesamt wurden nach Angaben der BHAG im Jahr 2023 4,1 GWh Solarstrom ins Netz eingespeist.

Solarthermie

Da Solarthermieanlagen nicht anmeldepflichtig sind, werden diese auch nicht im Marktstammdatenregister registriert. Im integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Bad Honnef erfolgt die Erfassung der Wärmeherzeugung durch Solarthermie für die Zeitreihe 1990-2020 über zentral erhobene Förderdaten der Energieagentur NRW. Für das Jahr 2020 wird ein Energieertrag von 0,88 GWh/a angenommen [7, p. 23]. Das Solarkataster NRW weist für Bad Honnef zum 31.12.2022 einen Wärmeertrag von 1 GWh/a aus. Für die Energie- und Treibhausgasbilanz wird ein Wärmeertrag von 1 GWh/a angenommen. Der Solarkataster weist ebenfalls eine Kollektorfläche von 2.231 m² aus. [6] Unter der Annahme von 6 m² pro Anlage und 500 W/m²

spezifischer Leistung ergibt dies 372 Solarthermieanlagen mit einer kumulierten thermischen Leistung von 1,1 MW [8].

KWK

Im Marktstammdatenregister werden 52 mit Erdgas betriebene BHKWs mit einer Gesamtleistung von etwa 737 kW_{el} und 1463 kW_{th} sowie ein mit Heizöl betriebenes BHKW mit einer Leistung von 5,3 kW_{el} und 10,5 kW_{th} geführt. Das einzige Biomasse BHKW wird durch die Stadtbetriebe auf dem Gelände der Kläranlage mit Klärgas betrieben. Es verfügt über eine Leistung von 50 kW_{el} und 95 kW_{th}. Nach Angaben der BHAG wurden im Jahr 2023 0,75 GWh durch BHKWs ins Stromnetz eingespeist.

Zusammenfassung

In der Tabelle 5 werden die relevanten Kennzahlen für die EE- und KWK-Bestandsanlagen (inkl. PV-Speicher) zusammengefasst.

Tabelle 5: Wesentliche Kennzahlen für EE- und KWK-Bestandsanlagen inkl. Speicher

Technologie	Photovoltaik	Solarthermie	BHKW	PV-Speicher
Anzahl	962	372	54	366
Elektrische Nennleistung	8,8 MWp	-	0,79 MW	2,3 MW
Thermische Nennleistung	-	1,1 MW	1,57 MW	
Fläche	50.000 m ²	2.231 m ²	-	
Fläche pro Einwohner*in	2 m ²	0,09 m ²	-	
Jährlicher Stromertrag	8 GWh	-	4,4 GWh ²	
Jährlicher Wärmeertrag	-	1 GWh	8,8 GWh ⁴	
Jährliche Stromeinspeisung	4,1 GWh	-	0,75 GWh	
Installierte Speicherkapazität	-	-	-	3,1 MWh
Bezugsjahr	2023	2023	2023	2023

3.5 Energie- und Treibhausgasbilanz

BISKO Bilanzierung

Die Energie- und Treibhausgasbilanz wird nach der kommunalen Bilanzierungssystematik (BISKO) des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) aufgestellt. Durch die Anwendung des BISKO-Standards sind die Ergebnisse der Bilanz mit allen Bilanzen, die nach diesem Standard erstellt wurden, direkt vergleichbar. Es handelt sich dabei um eine endenergiebasierte Territorialbilanz. Das bedeutet, dass alle Verbräuche im Stadtgebiet auf Ebene der Endenergie (z.B. am Hauszähler gemessener Strom-, Gas- und Wärmeverbrauch) bilanziert werden. Durch die Verwendung spezifischer Emissionsfaktoren für die einzelnen Energieträger werden aus den Energieverbräuchen die entsprechenden THG-Emissionen abgeleitet. Neben den reinen CO₂-Emissionen werden weitere Treibhausgase wie beispielsweise Methan (CH₄) oder Stickoxide (N₂O) in Form von CO₂-Äquivalenten berücksichtigt. Die CO₂-Äquivalente beziehen sich auch auf die Vorketten der Rohstoffbeschaffung. [9]

Datengrundlage und Annahmen

Die Daten für die Energie- und Treibhausgasbilanz setzen sich hauptsächlich aus den Daten der BHAG und der Bezirksschornsteinfeger*innen zusammen. Die Daten der Schornsteinfeger*innen enthalten unter anderem Informationen über die thermische Leistung der einzelnen Heizungssysteme, die verwendeten Energieträger und das Jahr der Inbetriebnahme. Um die Leistung der Heizungssysteme in einen Energieverbrauch umzurechnen sind Annahmen für die Volllaststunden und Wirkungsgrade der einzelnen Heizungssysteme zu treffen. In Tabelle 6 werden die getroffenen Annahmen zusammengefasst. Zur Ermittlung der Volllaststunden wird der, aus den Daten der BHAG bekannte, gesamte Erdgasverbrauch Bad Honnefs aus dem Jahr

⁴ Annahme 6.000 Volllaststunden pro Jahr [12]

2023 durch die kumulierte thermische Leistung aller Erdgasheizungen geteilt. Diese Volllaststunden werden dann auch auf die anderen Heizungssysteme angewendet. Dabei resultiert ein niedriger Wert für die Volllaststunden, sind doch etwa 1.500 Stunden für Heizungen ohne Warmwasserbereitung und 1.800 Stunden für Heizungen mit Warmwasserbereitung üblich. Dies lässt vermuten, dass einzelne Heizungen in Bad Honnef lediglich eine geringe Auslastung erfahren, oder gar nicht mehr im Betrieb sind. Für die reine Warmwasserbereitung wurden 300 Volllaststunden angenommen. Für Kamine und kleinere hauptsächlich durch Scheitholz betriebene Einzelraumheizungen, werden unter der Annahme, dass viele dieser Kamine wahrscheinlich nicht mehr im Betrieb sind oder nur selten im Jahr befeuert werden, 50 Volllaststunden angenommen.

Tabelle 6: Annahmen zur Berechnung der Verbräuche nicht leitungsgebundener Energieträger aus Leistungsdaten der Heizungen [10]

	Wirkungsgrad Brennwert	Wirkungsgrad Heizwert	Volllaststunden Zentralheizung	860 h
Erdgas	97%	87%	Volllaststunden Warmwasserbereitung	300 h
Heizöl	93%	85%	Volllaststunden Kamin	50 h
Scheitholz	93%	85%		
Erdölgas	97%	87%		
Flüssiggas	97%	87%		
Braunkohle	93%	85%		
Steinkohle	93%	85%		
Holzpellets	93%	85%		
Hackschnitzel	93%	85%		
Klärgas	90% (BHKW)			

Zur Umrechnung der Energieverbräuche in Treibhausgas-Emissionen (CO₂-Äquivalente) werden spezifische Emissionsfaktoren benötigt. Alle Emissionsfaktoren, die für die weiteren Berechnungen notwendig sind, werden in Tabelle 7 aufgeführt. Für die Ermittlung der spezifischen Emissionen der Nahwärmeversorgung werden untenstehende Berechnungen durchgeführt.

Tabelle 7: spezifische THG-Emissionen der einzelnen Energieträger in CO₂-Äquivalente [11]

Energieträger	Erdgas	Heizöl	Scheitholz	Erdölgas	Flüssiggas	Braunkohle	Steinkohle
g CO _{2e} /kWh	257	313	22	257	276	445	438
Energieträger	Holzpellets	Hackschnitzel	Klärgas	Strommix	Nahwärme	Solarthermie	PV
g CO _{2e} /kWh	22	22	38	472	153	23	57

In Bad Honnef sind 54 BHKWs mit einer thermischen Leistung von 1.463 kW_{th} und einer elektrischen Leistung von 737 kW_{el} in Betrieb. Für die Allokation der Koppelprodukte in KWK-Prozessen wird die exergetische Methode (Carnot-Methode) angewendet, um neben der Quantität der Energie auch die Qualität der Energie zu bestimmen. Dazu wird der thermische Allokationsfaktor anhand der untenstehenden Formel bestimmt und mit der zugeführten Brennstoffmenge multipliziert. So kann der Anteil des Brennstoffes, der für die Erzeugung der Koppelprodukte benötigt wird, ermittelt werden. Unter Annahme eines Gesamtwirkungsgrads der BHKWs von etwa 90% ergibt sich angesichts der kumulierten KWK-Leistungen in Bad Honnef ein thermischer Wirkungsgrad von 60% und ein elektrischer Wirkungsgrad von 30%. Für klassische Heizungstemperaturen von 110°C/60°C kann ein Carnot-Faktor von 0,21 angenommen werden. Für ein Nahwärmenetz mit nur 75°C/50°C liegt der Carnot-Faktor allerdings unter 0,19. Daher wird für die Berechnung ein Carnot-Faktor von 0,2 angenommen. Es resultiert ein thermischer Allokationsfaktor von etwa 29%. Für das Erdgas-BHKW, welches die Versorgung des Nahwärmenetzes unterstützt, werden 6.000 Volllaststunden (Zielgröße bei BHKW-Auslegung [12]) bei einer thermischen Leistung von 35 kW angenommen. Somit erzeugt es einen

Wärmeertrag von 210.000 kWh. Die restlichen 160.000 kWh werden durch die Gaskessel bereitgestellt. Für das Nahwärmenetz ergibt sich somit ein spezifischer Emissionsfaktor von 153 g CO_{2e}/kWh. [11]

$$a_{th} = \frac{\eta_c * \eta_{th}}{\eta_{el} + \eta_c * \eta_{th}} = \frac{0,2 * 0,6}{0,3 + 0,2 * 0,6} \approx 0,286$$

$$CO_{2,Nahwärme} = \frac{(a_{th} * Q_{BHKW} + Q_{GK}) * CO_{2,Erdgas}}{370.000 \text{ kWh}} = \frac{(0,286 * 210.000 \text{ kWh} + 160.000 \text{ kWh}) * 257 \frac{gCO_{2e}}{kWh}}{370.000 \text{ kWh}}$$

$$CO_{2,Nahwärme} \approx 152,8 \frac{gCO_{2e}}{kWh}$$

- η_c = Carnot-Wirkungsgrad
 η_{el} = elektrischer Wirkungsgrad
 η_{th} = thermischer Wirkungsgrad
 a_{th} = thermischer Allokationsfaktor
 Q_{BHKW} = jährlich eingespeiste Wärmemenge BHKW
 Q_{GK} = jährlich eingespeiste Wärmemenge Gaskessel
 $CO_{2, Erdgas}$ = spezifischer Emissionsfaktor Erdgas
 $CO_{2, Nahwärme}$ = spezifischer Emissionsfaktor Nahwärme

Datengüte

In Kapitel 2.2 wurde bereits näher auf die Herkunft der in der Untersuchung genutzten Daten und die jeweilige Datengüte nach BSKO-Standard eingegangen. Zum Vergleich der Datengüte der gesamten Energie- und Treibhausgasbilanz werden in Tabelle 8 die Datengüte für die Daten der einzelnen Endenergieträger mit den jeweiligen Anteilen am Wärmeverbrauch dargestellt. Die gesamte Datengüte der Bilanz berechnet sich durch die Summe der Produkte aus Datengüte und Anteil. Die Energie- und Treibhausgasbilanz für den Wärmesektor in Bad Honnef hat somit eine Datengüte von 0,91. [11]

Durch die hohe Datengüte, die sich vor allem auf die Realdaten zum Erdgasverbrauch zurückführen lässt, ist der Einfluss der getroffenen Annahmen und der Hochrechnungen zum Verbrauch der restlichen Endenergieträger entsprechend niedrig. Da die Daten nur in aggregierter Form vorliegen, ist eine Aufteilung der Verbräuche auf die verschiedenen Gebäude und BSKO-Sektoren mit Unsicherheiten versehen. Allerdings wurden von der BHAG für Gebäude ohne direkten Personenbezug (Gewerbe, Industrie, Mehrfamilienhäuser, Wohnheime, etc.) gebäudescharfe Daten für den Erdgasverbrauch zur Verfügung gestellt. Somit ist diese Unsicherheit auf die 20% der restlichen Endenergieträger beschränkt und wird aufgrund der hohen Dominanz privater Haushalte insgesamt niedrig bewertet.

Tabelle 8: Datengüte und Anteil am Wärmeverbrauch der einzelnen Endenergieträger in Bad Honnef

Endenergieträger	Datengüte	Anteil Endenergieträger [%]
Erdgas	1	80,95
Heizöl	0,5	11,93
Scheitholz	0,5	5,33
Elektrische Beheizung	1	0,866
Solarthermie	0,25	0,374
Holzpellets	0,5	0,221
Klär gas	0,5	0,197
Nahwärme	1	0,138
Flüssig gas	0,5	0,063
Hackschnitzel	0,5	0,031

Braunkohlenbriketts	0,5	0,02
Erdölgas	0,5	0,009
Steinkohlen	0,5	0,002
Datengüte gesamt	0,91	

3.5.1 Ergebnisse Wärmesektor

Mit den vorhandenen Daten und den aufgeführten Annahmen sind die Informationen vollständig, um die Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen in Bad Honnef zu bilanzieren. In Abbildung 16 ist der gesamte Endenergieverbrauch im Wärmesektor für die verschiedenen Verbrauchssektoren in Bad Honnef im Mittel der Jahre 2021 bis 2023 dargestellt. Der Gesamtverbrauch liegt in diesem Zeitraum bei 267 GWh/a. Durch den Schwerpunkt privater Haushalte im Gebäudesektor, liegt auch der Großteil des Wärmeverbrauchs mit über 80% im Privatbereich. Im Vergleich zu der statistischen Verteilung der Gebäude ist der höhere spezifische Wärmeverbrauch der Bereiche kommunale Einrichtungen, Industrie und vor allem GHD/Sonstiges zu erkennen. Der Anteil der Prozesswärmeversorgung am Gesamtwärmeverbrauch liegt in Deutschland im Industriesektor bei etwa bei 89% und im GHD-Sektor bei knapp 13%. Ausgehend davon liegt der Prozesswärmebedarf in Bad Honnef bei etwa 15,8 GWh/a. [13]

Treibhausgasemissionen im Wärmesektor

In Abbildung 17 sind die CO₂-Äquivalente für den Wärmesektor in Bad Honnef aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023 dargestellt. Die gesamten Treibhausgasemissionen liegen bei knapp 66.000 t CO_{2e}/a. Es wurde die Annahme getroffen, dass der Verbrauch solarthermischer Anlagen und Anlagen zur elektrischen Wärmeversorgung zu 100% im privaten Haushaltsbereich liegt. Aufgrund des geringen Einsatzes dieser Energieträger ist der Einfluss auf die Treibhausgasbilanz allerdings niedrig. Dies zeichnet sich auch in der Verteilung der Treibhausgasemissionen auf die Verbrauchssektoren ab. Hier ist kein signifikanter Unterschied zu der Verteilung der Endenergie zu erkennen und somit ergibt sich auch kein signifikanter Unterschied in der Nutzung der Energieträger in den verschiedenen Sektoren.

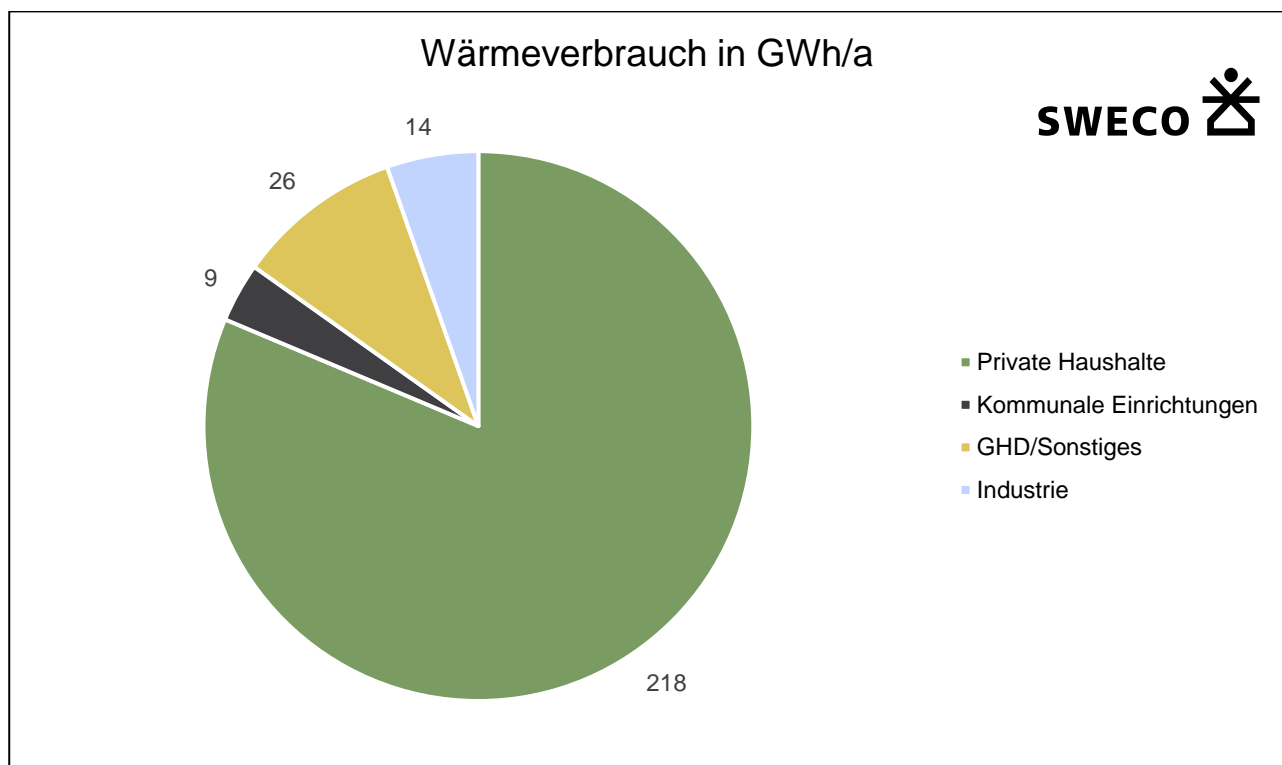


Abbildung 16: Wärmeverbrauch in GWh/a in Bad Honnef, aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023

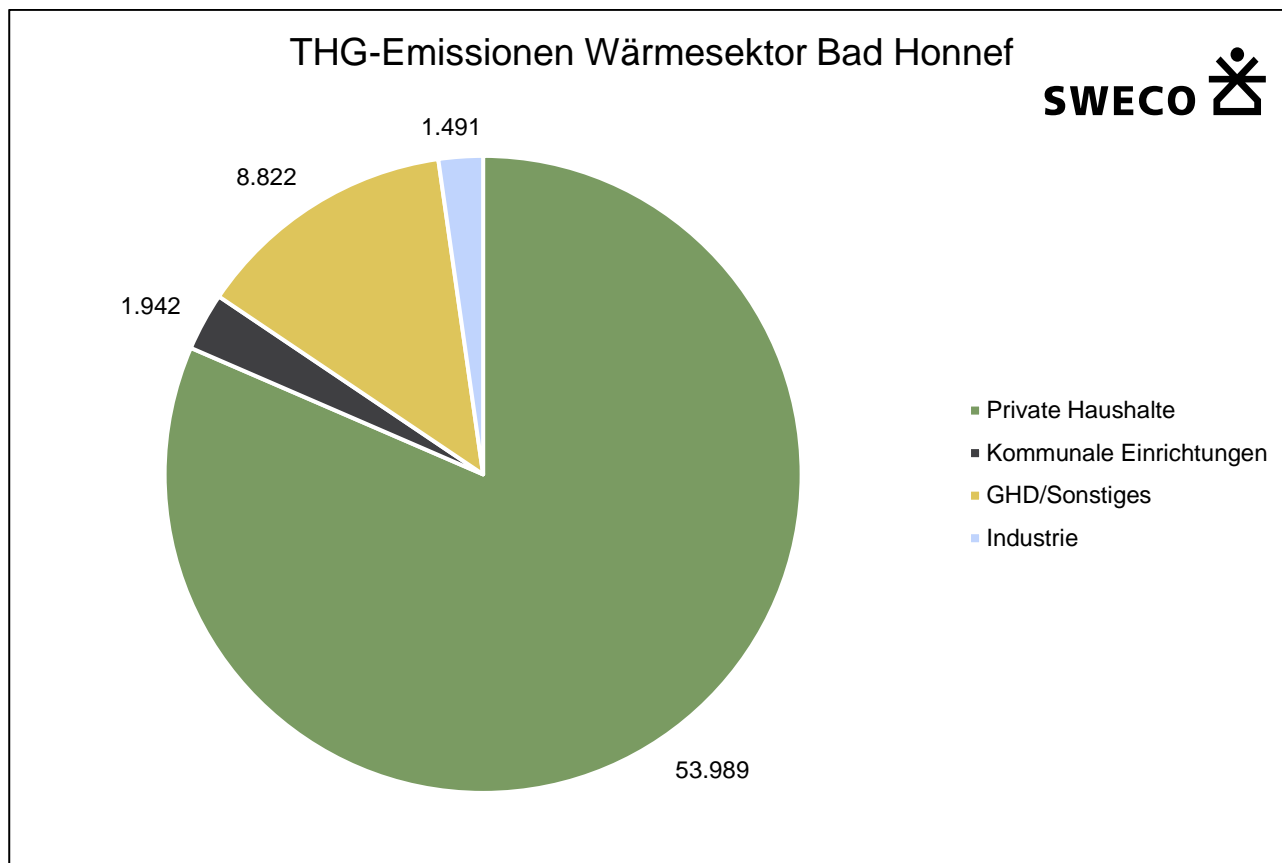


Abbildung 17: Treibhausgasemissionen in t CO_{2e}/a im Wärmesektor in Bad Honnef, aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023

Treibhausgasemissionen pro Einwohner*in

Damit die Treibhausgasemissionen des Wärmesektors der Stadt Bad Honnef vergleichbar mit anderen Städten unterschiedlicher Größe sind, werden in Abbildung 18 die Treibhausgasemissionen pro Einwohner*in dargestellt. Die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen im Wärmesektor in den Jahren 2021-2023 liegen bei etwa 2,6 t CO_{2e} pro Jahr. Im Vergleich liegt der durchschnittliche CO₂-Ausstoß pro Person in Deutschland bei 10,8 t CO_{2e} pro Jahr [14]. Der Wärmesektor macht etwa einen Anteil von 40% der Treibhausgasemissionen aus und somit liegt der bundesweite Vergleichswert bei 4,32 t CO_{2e} pro Person pro Jahr [15]. Bad Honnef liegt somit nur bei 60% des bundesdeutschen Schnitts, was vor allem am hohen Anteil moderner Erdgasheizungen (im Vergleich werden bundesweit nur 48,2% der privaten Haushalte mit Erdgas versorgt, in Bad Honnef sind es rund 78% der privaten Haushalte [16]) und dem geringen Anteil an Industrie und Gewerbe (bundesweit beträgt der Anteil des Endenergieverbrauchs im Bereich Industrie und GHD knapp 42% [17]) liegt.

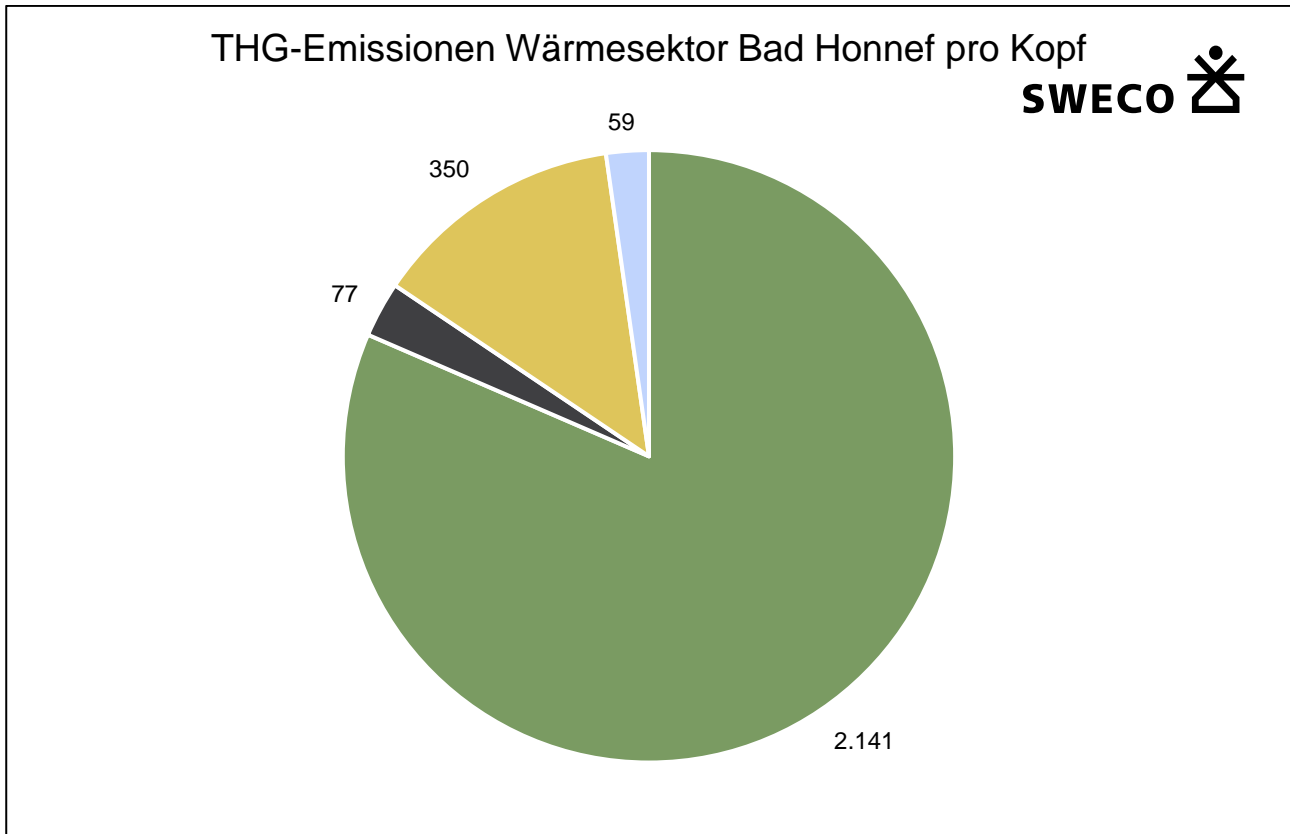


Abbildung 18: Treibhausgasemissionen kg CO_{2e}/a pro Einwohner*in im Wärmesektor in Bad Honnef, aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023

In Abbildung 19 werden der Endenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger im Wärmesektor in Bad Honnef im Mittel der Jahre 2021-2023 dargestellt. Erdgas ist mit 80% der am häufigsten eingesetzte Energieträger in Bad Honnef und trägt somit auch zum Großteil der Treibhausgasemissionen bei. Deutlich zu erkennen, ist der höhere spezifische Emissionsfaktor des Energieträgers Heizöl, der am Energieverbrauch nur einen Anteil von 12% ausmacht, aber zu 16% der Treibhausgasemissionen beiträgt. Im Gegensatz dazu liegen die gesamten Treibhausgasemissionen durch die Verbrennung von Scheitholz aufgrund der geringen spezifischen Emissionen nur bei 0,5%, obwohl der Anteil am Energieverbrauch bei über 5% liegt.

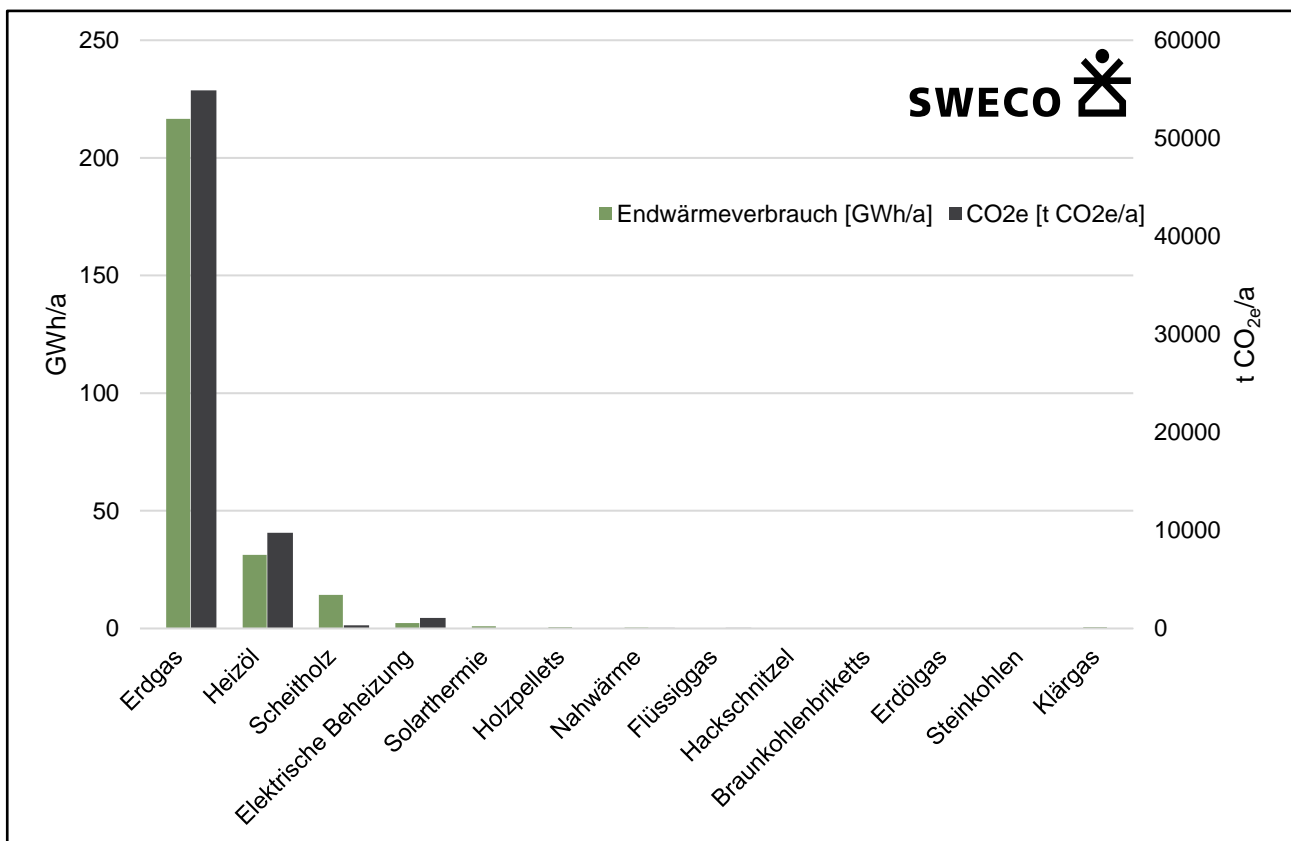


Abbildung 19: Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger im Wärmesektor in Bad Honnef im Mittel der Jahre 2021-2023

3.5.2 Ergebnisse Stromsektor

Auch wenn der Fokus der kommunalen Wärmeplanung auf dem Wärmesektor liegt, ist ein Blick auf den Stromsektor, angesichts einer zukünftig verstärkten Nutzung elektrischer Wärmeerzeugung, relevant. In Abbildung 20 wird der Stromverbrauch in Bad Honnef und aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023 dargestellt. Der gesamte Stromverbrauch Bad Honnefs in dieser Zeit liegt bei 71,6 GWh/a. Der Verbrauch verteilt sich ähnlich wie im Wärmesektor, nur dass der Sektor GHD/Sonstiges einen signifikant höheren Anteil am Verbrauch aufweist.

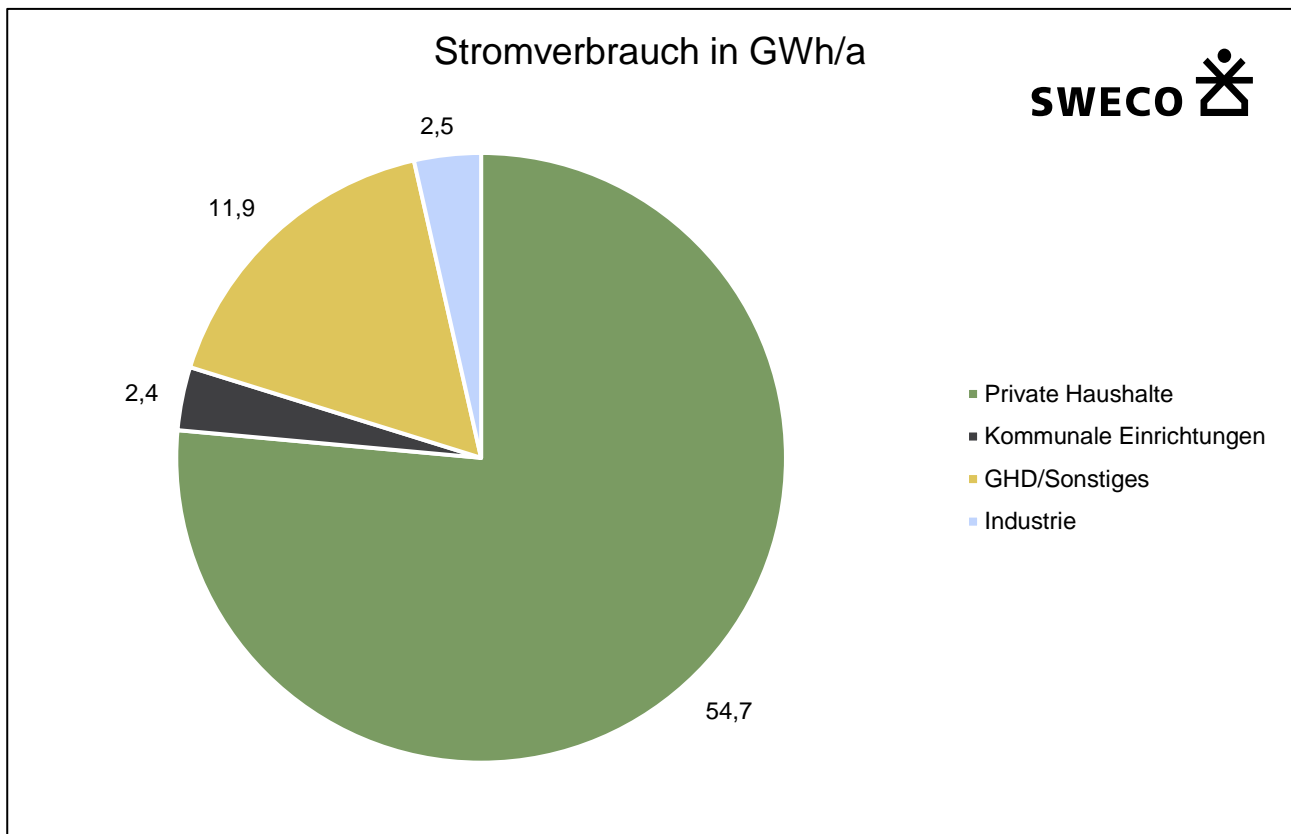


Abbildung 20: Stromverbrauch in GWh/a in Bad Honnef, aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023

Um die Bemühungen zur Nutzung regenerativer Stromquellen in Bad Honnef einzuschätzen, werden in Abbildung 21 die Treibhausgasemissionen des Stromsektors basierend auf dem bundesweiten Strommix und auf dem territorialen Strommix verglichen. In Bad Honnef beschränkt sich die erneuerbare Stromerzeugung aktuell auf die Nutzung von PV-Anlagen und das Klärgas-BHKW der Kläranlage in der Tallage. Entsprechend der Angaben in Kapitel 3.4 werden in Bad Honnef im Jahr 2023 ca. 8 GWh Solarstrom erzeugt. Unter der Annahme der Erreichung der Zielgröße von 6.000 Volllaststunden durch das Klärgas-BHKWs bei einer elektrischen Leistung von 50 kW erzeugt dieses im Jahr ca. 250 MWh elektrische Energie [12]. Durch die untenstehende Formel wird der spezifische Emissionsfaktor des territorialen Energiemixes berechnet. Es resultiert ein spezifischer Emissionsfaktor des territorialen Strommix von 424 gCO_{2e} pro kWh. Dieser ist 11% geringer als der bundesweite spezifische Emissionsfaktor. Doppelzählungen lokaler Anlagen im Bundesmix bleiben aufgrund des geringen Einflusses unberücksichtigt. [11]

$$CO_{2,terr.Strommix} = \frac{(W_{BH} - W_{PV} - W_{KG}) * CO_{2,bundes.Strommix} + W_{PV} * CO_{2,PV} + W_{KG} * CO_{2,KG}}{W_{BH}}$$

$$CO_{2,terr.Strommix} = \frac{(71,6 \text{ GWh} - 8 \text{ GWh} - 0,25 \text{ GWh}) * 472 \frac{\text{gCO}_{2e}}{\text{kWh}} + 8 \text{ GWh} * 57 \frac{\text{gCO}_{2e}}{\text{kWh}} + 0,25 \text{ GWh} * 22 \frac{\text{gCO}_{2e}}{\text{kWh}}}{71,6 \text{ GWh}}$$

$$CO_{2,terr.Strommix} \approx 424 \frac{\text{gCO}_{2e}}{\text{kWh}}$$

W_{BH} = Jährlicher Stromverbrauch in Bad Honnef

W_{PV} = Jährlicher Stromertrag aus PV

W_{KG} = Jährlicher Stromertrag aus Klärgas-BHKW

$CO_{2, bundes.Strommix}$ = Spezifischer Emissionsfaktor bundesweiter Strommix

$CO_{2, PV} =$

Spezifischer Emissionsfaktor PV

$CO_{2, KG} =$

Spezifischer Emissionsfaktor Klärgas

$CO_{2, terr. Strommix} =$

Spezifischer Emissionsfaktor territorialer Strommix

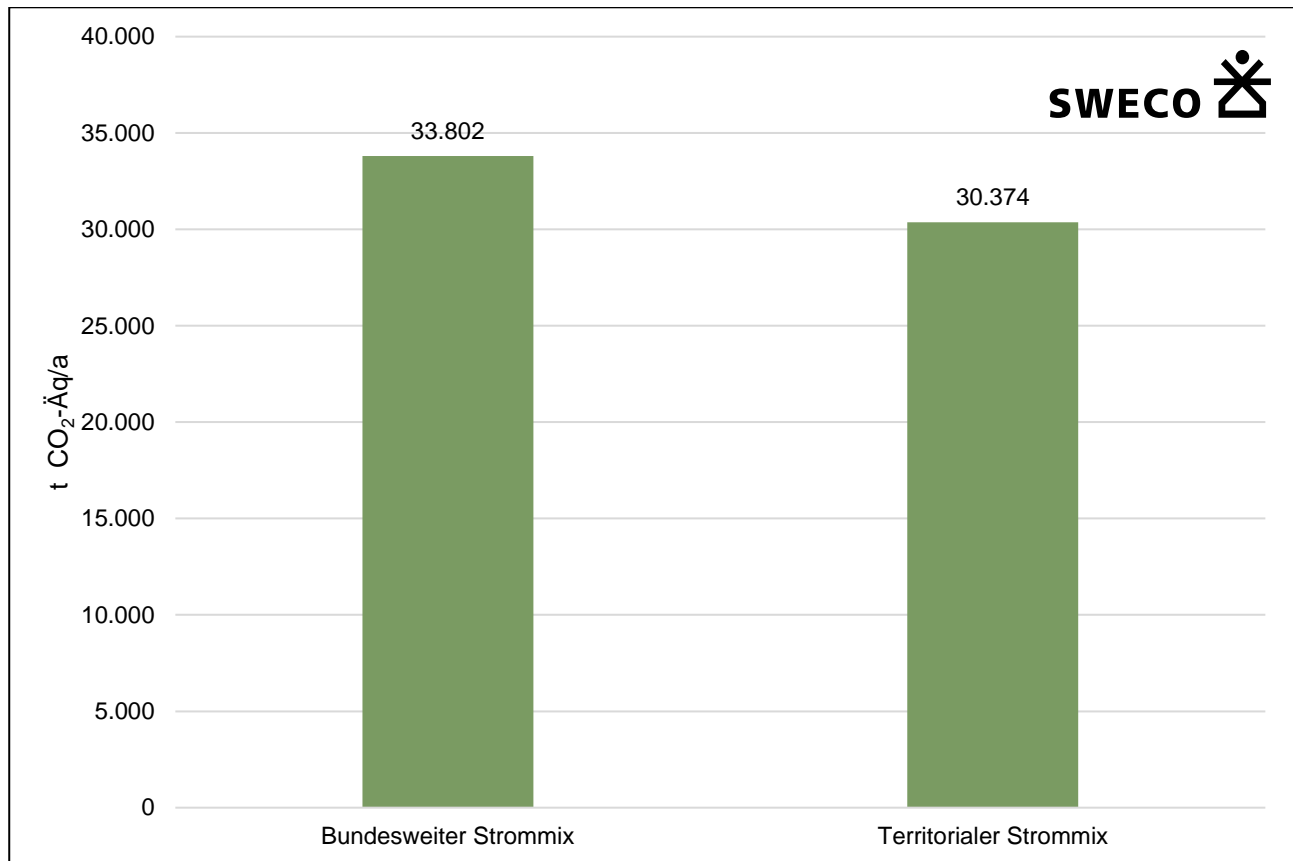


Abbildung 21: Treibhausgasemissionen des Stromsektors in Bad Honnef unter Anwendung des spezifischen Emissionsfaktors des bundesweiten Strommix und des territorialen Strommix im Mittel der Jahre 2021-2023

4 Potenzialanalyse

Neben dem aktuellen energetischen Bestand sind auch die Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme sowie die Potenziale zur Reduktion des aktuellen Energieverbrauchs relevant. Die Effizienzmaßnahmen beziehen sich im Wesentlichen auf das Potenzial zur Reduktion des Heizwärmebedarfs im Wohnungsbereich. Um die örtlichen Potenziale für erneuerbare Energien zu bestimmen, ist ein Abgleich mit Ausschlussflächen aus Umwelt- und Artenschutz notwendig.

Bad Honnef verfügt über keinen ausgeprägten Industriezweig, daher werden die Potenziale für unvermeidbare Abwärme gering eingeschätzt. Dennoch wird der Dialog mit Betreibern potenzieller Abwärmequellen geführt, um eine finale Einschätzung der vorliegenden Potenziale zu treffen.

Technologien der Erneuerbaren Energien, deren Potenziale genauer untersucht werden, sind Solarthermie, Geothermie, energetische Nutzung von Biomasse sowie Nutzung von Umwelt- und Abwasserwärme. Ebenfalls werden Potenziale für Anwendungen erneuerbarer Stromerzeugung wie Windkraft und Photovoltaik als regenerative Energiequelle für Anwendungen der elektrischen Wärmeerzeugung untersucht.

Für eine intelligente und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung ist, vor allem bei Erneuerbaren Energieanwendungen, ein zeitlicher Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch unabdingbar. Aus diesem Grund werden zusätzlich (saisonale) Speichermöglichkeiten analysiert.

4.1 Potenzialbegriff

Für eine erfolgreiche Potenzialanalyse ist eine einheitliche Begrifflichkeit des Begriffes Potenzial notwendig. In Abbildung 22 werden die untenstehenden Potenzialbegriffe in ihren Abstufungen zueinander qualitativ dargestellt. In der Potenzialanalyse wird zunächst das technische Potenzial betrachtet. Aus diesem technischen Potenzial wird im Zuge der Szenarienentwicklung, unter verschiedenen Voraussetzungen, ein realisierbares Potenzial abgeleitet. [18]

- **Theoretisches Potenzial:**
Bezeichnet jene Potenziale, die in der betrachteten Region physikalisch vorhanden sind. Dies kann beispielsweise die solare Einstrahlung auf eine Fläche oder die aus der Geschwindigkeit des Windes resultierende Energie in einer Fläche sein.
- **Technisches Potenzial:**
Beschreibt jene Potenziale, die über energietechnische Anlagen, beispielsweise PV-Anlagen, unter Einbezug von rechtlichen und technologischen Möglichkeiten nutzbar gemacht werden können. Dieses Potenzial hat in Einbezug verschiedener Verlustmechanismen unterschiedliche Abstufungen. Für die Potenzialanalyse werden die Begriffe **theoretisch technisches Potenzial**, welches sich auf den reinen Wirkungsgrad einer Technologie bezieht und **technisches Potenzial**, welches alle relevanten Verlustmechanismen berücksichtigt, benutzt.
- **Wirtschaftliches Potenzial:**
Anteil des technischen Potenzials, der unter Einbezug ökonomischer Aspekte in der gleichen Größenordnung liegt wie die Kosten konkurrierender Systeme.
- **Realisierbares Potenzial:**
Sozial akzeptierte Menge des wirtschaftlichen Potenzials. Das wirtschaftliche Potenzial kann aus vielen verschiedenen subjektiven Gründen nicht voll ausgeschöpft werden.
- **Ausbaupotenzial:**
Differenz aus Realisierbaren Potenzial und bereits realisierten Potenzial.

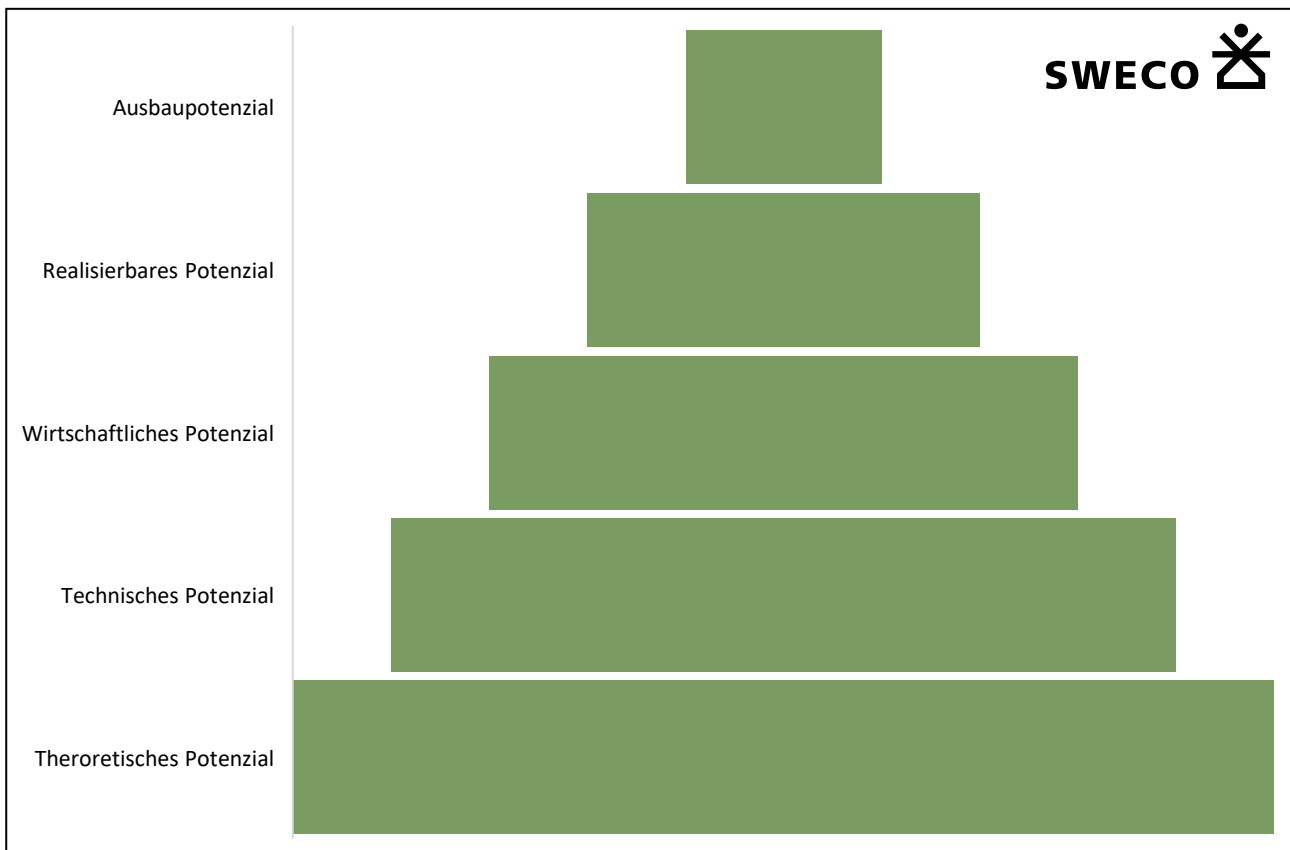


Abbildung 22: Qualitative Darstellung der verschiedenen Potenzialstufen [18]

4.2 Effizienzmaßnahmen

Für eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung ist neben der Realisierung einer Wärmeerzeugung basierend auf erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme auch die Verringerung des Wärmebedarfs, zur Reduzierung der notwendigen Erzeugungskapazitäten, entscheidend. Eine Verringerung des Wärmebedarfs und somit eine Erhöhung der Energieeffizienz, lässt sich durch eine Verringerung des Heizwärmeverlustes oder den Austausch der Heizungsanlage erreichen. Ebenfalls kann eine Veränderung im Verbrauchsverhalten zu einer Senkung des Wärmebedarfs führen. Da dies jedoch durch viele subjektive Kriterien bedingt wird, ist ein entsprechendes Potenzial nicht quantifizierbar.

Zur Einschätzung des Potenzials zur Steigerung der Energieeffizienz in Bad Honnef wird zunächst das gesamte technische Potenzial analysiert. Dazu wird der ENEKA-Ansatz verwendet, bei dem der Sanierungsstand eines Gebäudes beschreibt, ob für ein Gebäude bezüglich der für das Baujahr zugeordneten Bauteile eine Überarbeitung stattgefunden hat. Die wesentlichen Bauteile sind die Fassade, das Dach, die Fenster, die untere Geschossdecke, die obere Geschossdecke und die Lüftung. Die ursprüngliche Bauteilkonstellation ergibt sich aus dem Baujahr und dem Gebäudetyp. Jedem Gebäude wird zunächst ein Sanierungszyklus von 40 Jahren unterstellt. So ist ein Gebäude 40 Jahre nach Fertigstellung teilsaniert und weitere 40 Jahre später vollsaniert. Neubauten sind aus energetischer Sicht somit unsaniert. Die Infas 360 GmbH fügt diesen Annahmen eine Beurteilung über die Qualität der Wohnlage hinzu. Die Qualität der Wohnlage wird aus den spezifischen Mietpreisen und Informationen aus Immobilienportalen und Marktumfragen ermittelt. Unter der Annahme, dass in Gebieten, in denen der flächenspezifische Mietpreis gering ist, dafür die Nebenkosten allerdings hoch sind, wird die Qualität der Wohnlage entsprechend niedrig eingeschätzt. Durch den Verschnitt der Daten zur Qualität der Wohnlage und der Annahme eines Sanierungszyklus von 40 Jahren wird für alle Gebäude ein Sanierungsstand bestimmt. Beispielsweise wird ein Gebäude mit Baujahr vor 1990 und sehr schlechter Wohnqualität als unsaniert angenommen, wohingegen ein Gebäude mit Baujahr vor 1990 und mittlerer bis schlechter Wohnqualität als teilsaniert angenommen wird. Ein Gebäude mit Baujahr vor 1990 und sehr guter Wohnqualität wird sogar als vollsaniert angenommen. In Abbildung 23 wird die Verteilung des Sanierungsstands, die sich aus der oben beschriebenen Vorgehensweise ergibt, dargestellt.

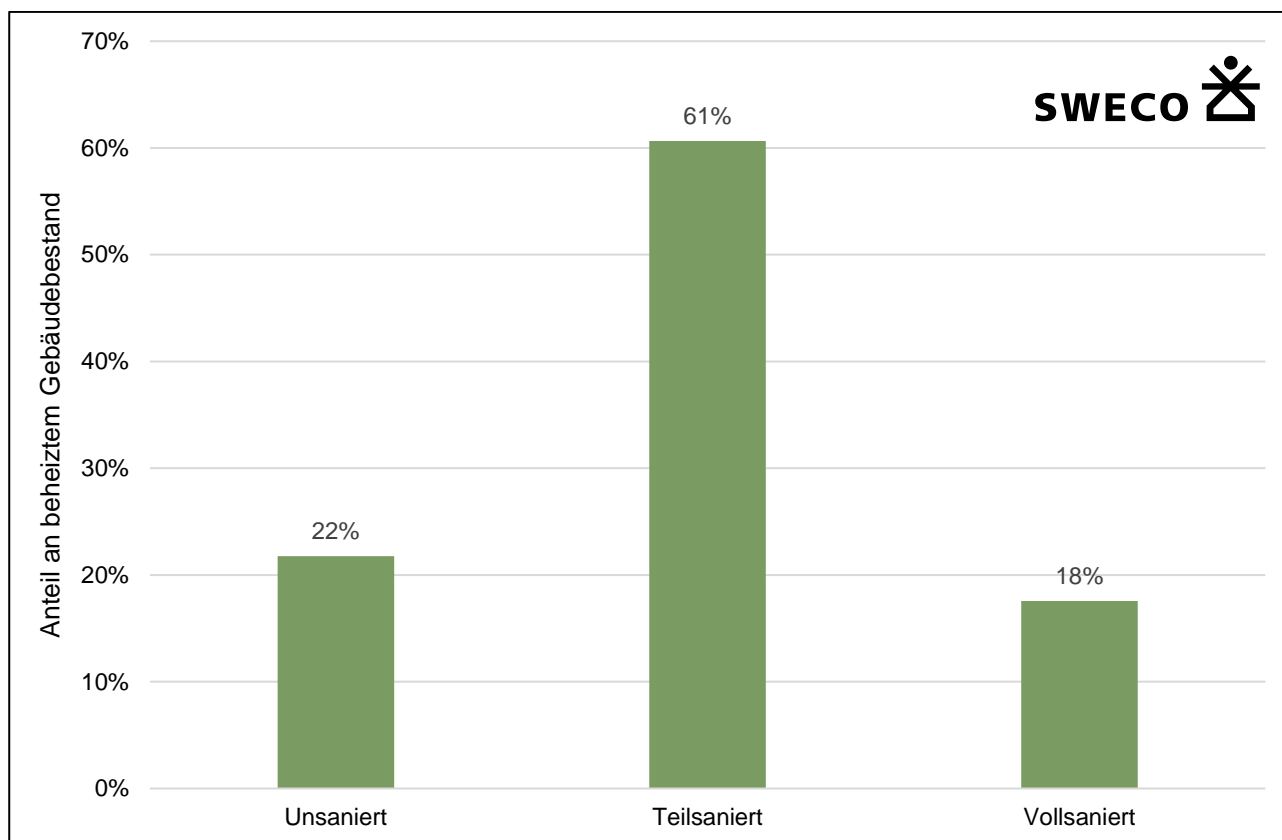


Abbildung 23: Darstellung der Aufteilung des Sanierungsstands in Bad Honnef

Aus dem Sanierungsstand wird das Sanierungspotenzial abgeleitet, in dem für jedes Gebäude ein Bauteilkonstellation entsprechend dem Baujahr und dem Sanierungsstand und jedem Bauteil ein entsprechender Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) zugeordnet wird. Durch Verrechnung mit dem Wärmeverbrauch des Gebäudes ergibt sich ein resultierender Wärmeverlust, der im Anschluss mit dem Wärmeverlust im Zustand der Vollsaniierung verglichen wird. Der Begriff vollsaniert bezieht sich auf die Richtlinien der Bundesförderung für effiziente Gebäude. Bei teilsanierten Gebäude wurden bereits erste Sanierungsmaßnahmen für die oben beschriebenen Bauteile vorgenommen.

In Bad Honnef resultiert aus den Annahmen und Daten von ENEKA und Infas 360 ein gesamtes **technisches Sanierungspotenzial von etwa 159 GWh/a**, was 60% des gesamten Wärmeverbrauchs entspricht. Davon fallen 7% des Sanierungspotenzials Gebäuden zu, die unter Denkmalschutz stehen. In Abbildung 24 ist das Sanierungspotenzial in den einzelnen Nutzungssektoren der Gebäude und in Abbildung 25 das Sanierungspotenzial der einzelnen Baualterklassen dargestellt. Die Aufteilung des Sanierungsbedarfes ähnelt dabei den Aufteilungen der Anzahl an Gebäuden in den einzelnen Kategorien, mit einer signifikanten Erhöhung des Sanierungspotenzials für Gebäude, die vor 1920 errichtet wurden und signifikanten Verringerung des Sanierungspotenzials für Gebäude aus den 80er und 90er Jahren. Aufgrund des dominierenden Anteils der privaten Haushalte am Endenergieverbrauch liegt das größte Sanierungspotenzial allerdings im Bereich der Raumwärme. Der Warmwasserverbrauch kann lediglich durch eine Erneuerung der Heizungsanlagen und Sanierung der Rohrleitungen und Anpassung der Temperaturniveaus erreicht werden. Die Hauptmaßnahmen liegen allerdings im Reduzieren des Wärmeverlustes durch die Gebäudehülle. Zu dem BSKO-Sektor kommunaler Einrichtungen gehören auch Gebäude, die nicht der Stadt aber anderen öffentlichen Trägern gehören. Die Gebäude der Stadt Bad Honnef haben allerdings den höchsten Anteil am Sanierungspotenzial der kommunalen Einrichtungen und die Stadt Bad Honnef kann somit als Ankerkunde eine Vorreiterrolle in der Energiewende einnehmen.

Die identifizierten Sanierungspotenziale sind Annäherungen an die Realität. Aufgrund fehlender Daten zum genauen Sanierungsstand und den Bauteilkonstellationen der Gebäude kann bei einer stadtweiten Untersuchung nur auf sinnvolle Annahmen zurückgegriffen werden.

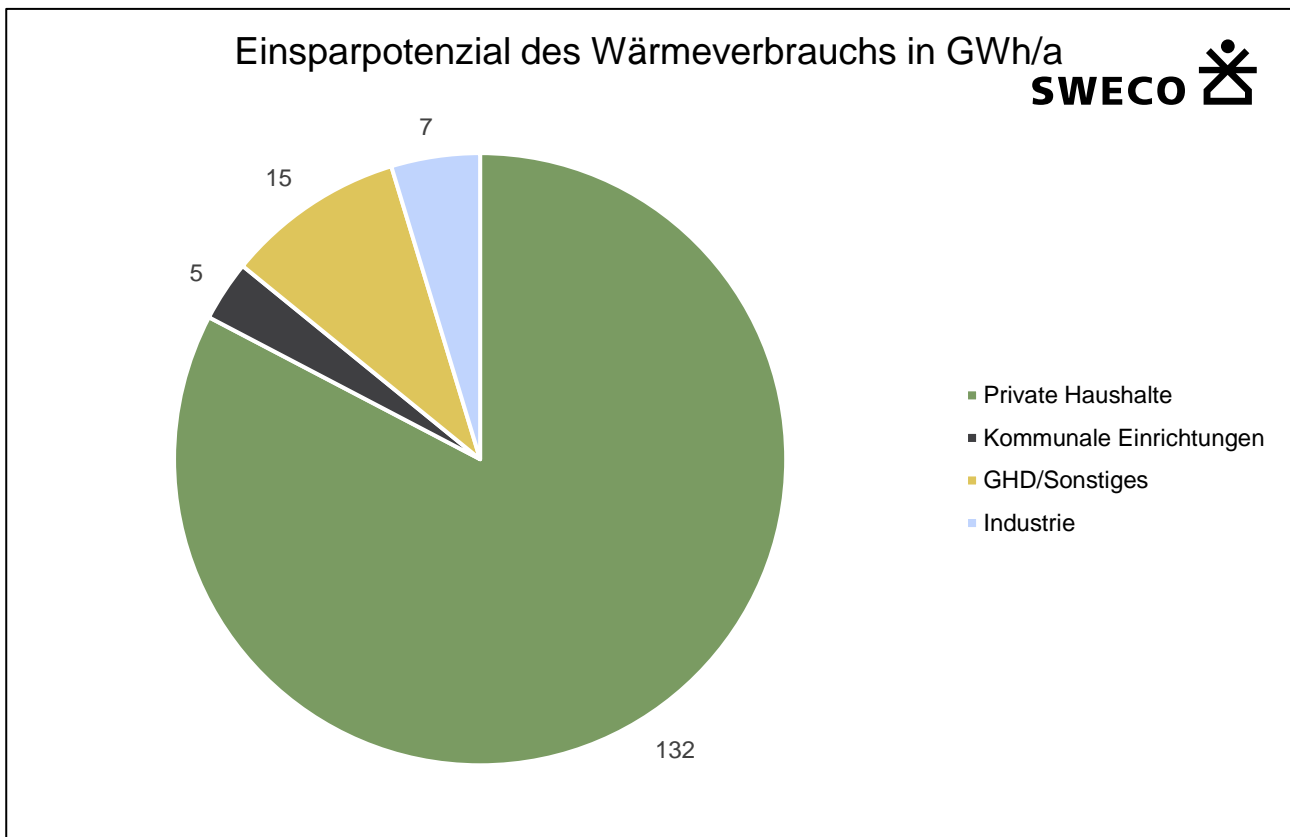


Abbildung 24: Einsparpotenzial des Wärmeverbrauchs in GWh/a durch Sanierung der Verbrauchssektoren der Gebäude

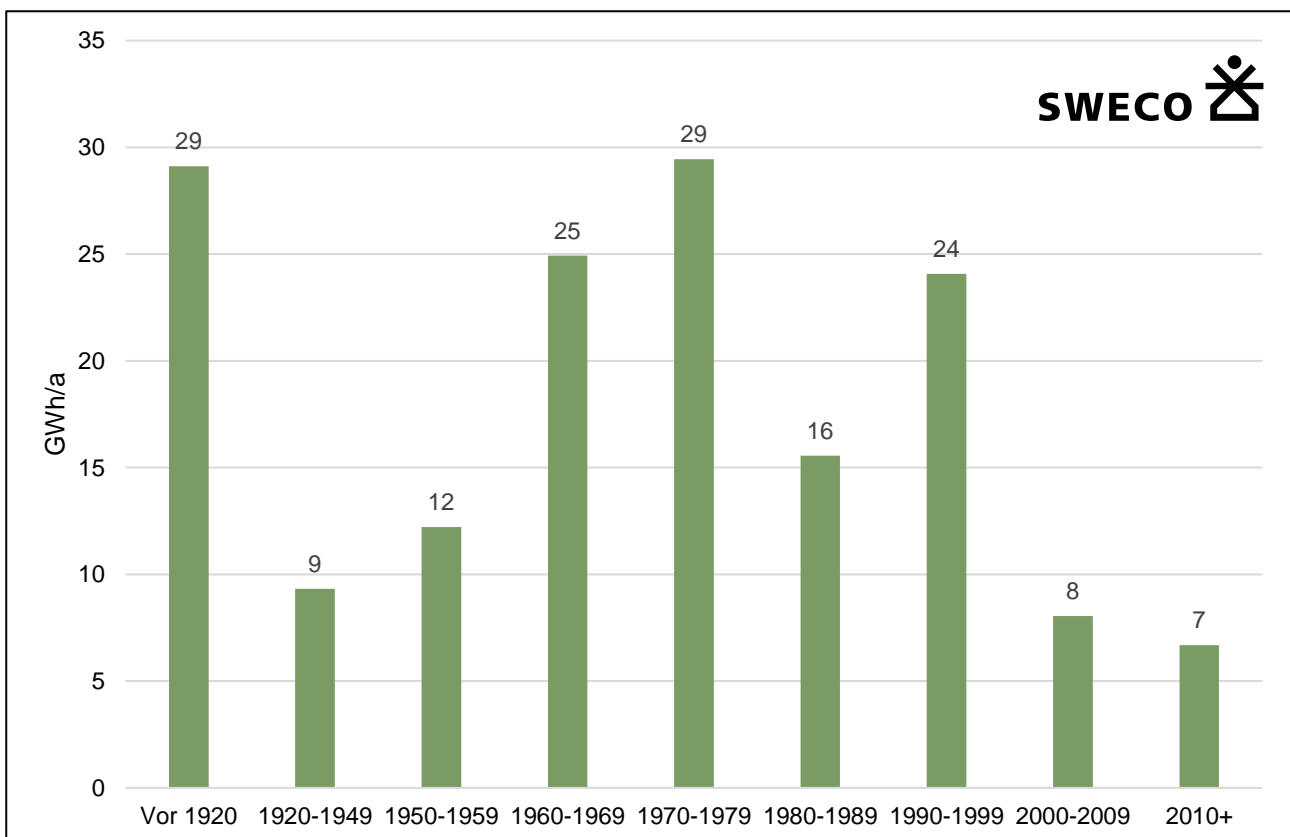


Abbildung 25: Einteilung des Sanierungspotenzials in die Baualterklassen der Gebäude

4.3 Abwärmenutzung

Neben der Reduzierung des Verlustes der Raumwärme über Sanierungsmaßnahmen, birgt auch eine effizientere Ausnutzung der Prozesswärme im Industrie- und Gewerbesektor ein wesentliches Potenzial. Vor allem in der Industrie wird der Teil der eingesetzten Prozesswärme, der nicht mehr vor Ort genutzt werden kann, häufig ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Ebenfalls können hohe Kühllasten zu einer ungenutzten Abgabe von Wärme an die Umgebung führen. Im ersten Schritt sollte geprüft werden, ob diese Abwärme in den Prozessen vor Ort reduziert oder in die Prozesse wieder eingebunden werden kann, um die Energieeffizienz der Prozesse zu erhöhen und den resultierenden Wärmebedarf zu reduzieren. Wenn allerdings keine technisch und ökonomisch sinnvolle interne Nutzung der Abwärme möglich ist, wird von unvermeidbarer Abwärme gesprochen. Unvermeidbare Abwärme kann über ein Wärmenetz aus den Prozessen ausgekoppelt und Verbrauchern im Umkreis zur Verfügung gestellt werden. Dabei gibt es Unterscheidungsmerkmale für Abwärme, von denen einige relevante Merkmale nachfolgend aufgeführt werden:

- Temperaturniveau
 - Niedertemperaturabwärme (unter 150°C, geeignet für Betrieb eines Wärmenetzes)
 - Mitteltemperaturabwärme (150°C-500°C)
 - Hochtemperaturabwärme (über 500°C)
- Abwärmemenge
- Bündelung der Abwärme
 - Diffus als Strahlung/ Konvektion
 - Trägermedium
- Trägermedien
 - Abgase
 - Abluft
 - Brüden
 - Dämpfe
 - Thermoöle
 - Kühl- und Prozesswasser

[19]

Wenn die Qualität des vorliegenden Abwärmepotenzials (Temperaturniveau, Abwärmemenge, zeitliche Verfügbarkeit, Trägermedium) und die Erfordernisse der Wärmebedarfsstruktur (notwendiges Temperaturniveau, zeitlicher Verlauf des Bedarfs, zu überbrückende Distanz) in einen technisch und ökonomisch sinnvollen Kontext gebracht werden können, ist der Einsatz eines Wärmenetzes sinnvoll.

Zur Identifikation etwaiger Potenziale zur Nutzung unvermeidbarer Abwärme in Wärmenetzen wurde in Bad Honnef in einem gemeinsamen Workshop mit dem AG eine Vorauswahl potenzieller Abwärmeemittenten getroffen. Diese Liste wurde mit einer Analyse der Großverbraucher im Wärmesektor abgeglichen. In Bad Honnef gibt es 11 Gebäude mit einem jährlichen Wärmeverbrauch von über 1 GWh. Insgesamt verbrauchen diese 11 Gebäude im Schnitt der Jahre 2021-2023 etwa 24,7 GWh Erdgas und somit knapp 8% des gesamten Wärmeverbrauchs von Bad Honnef. Die Aufteilung des Verbrauchs und die Anzahl dieser Gebäude in verschiedene Nutzungssektoren ist in Abbildung 26 dargestellt.

Die Industrie macht mit knapp 40% den höchsten Anteil des Verbrauchs dieser 11 Gebäude aus. In den Bereichen Hotel, Schulen, Krankenhäuser und Seniorenheime wird kein nutzbares Abwärmepotenzial erwartet, da der Wärmeverbrauch maßgeblich im Bereich Raumwärme und je nach Ausstattung im Küchenbereich liegt. Klimatisierung findet nur im Sommer statt zu Zeitpunkten, in denen der Wärmebedarf entsprechend gering ist. Dennoch wurde der Kontakt zu den Standortbetreibern der Krankenhäuser aufgebaut, allerdings wurde kein Abwärmepotenzial festgestellt. Insgesamt wurde von den Industrieunternehmen ein grobes Abwärmepotenzial von 60 kW zurückgemeldet. Die Abwärme liegt als zeitlich unstetige Abgasmenge vor. Durch interne Prozessänderungen werden sich die Eigenschaften und die Menge der Abwärme in den nächsten Monaten jedoch verändern, sodass im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung eine neue Einschätzung und nähere Betrachtung des Potenzials erforderlich ist. Für den jetzigen Stand werden unter der Annahme von 4200 Volllaststunden ein **technisches Abwärmepotenzial von etwa 250 MWh abgeschätzt**.

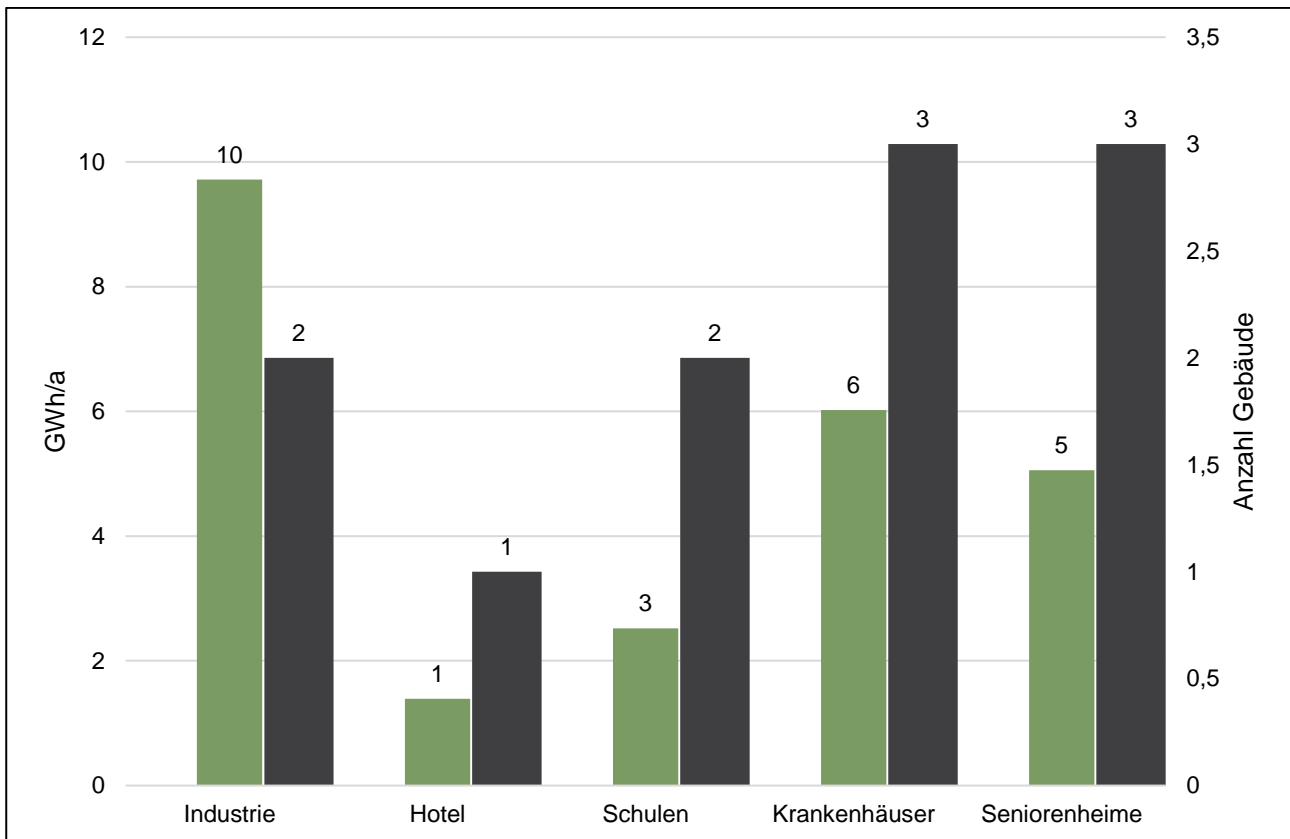


Abbildung 26: Darstellung des jährlichen Wärmeverbrauchs der 11 größten Verbraucher in Bad Honnef und Einteilung in Nutzungssektoren

4.4 Erneuerbare Energiepotenziale

Für die Einschätzung der regenerativen Energiepotenziale wird mittels des theoretischen Potenzials (Strahlungsenergie, Windgeschwindigkeiten, etc.) und den Energieleistungsdichten der einzelnen Technologien, flächenspezifische Energieerträge berechnet. Angewendet auf die frei verfügbaren Flächen, ergibt dies das Gesamtpotenzial für die einzelnen Technologien. Die Potenziale der Anwendungen zur Nutzung von geothermischer Energie, Umweltwärme und Abwasserwärme werden hingegen nicht durch Flächenpotenziale, sondern durch volumetrische Berechnungen bestimmt.

4.4.1 Ausschluss- und Prüfungsgebiete

Zur Identifikation von Potenzialflächen ist es notwendig zunächst Ausschlussgebiete zu definieren. In Tabelle 9 werden diejenigen Flächen aufgeführt, die aus umweltschutzrechtlichen oder topografischen Gesichtspunkten für eine energietechnische Nutzung oder für bestimmte Anwendungen in Bad Honnef nicht in Frage kommen (Tabuflächen) oder zumindest geprüft werden müssen (Prüfungsflächen). Die Daten zu den Flächen stammen aus dem Freiflächen-Photovoltaik Konzept des Rhein-Sieg Kreises aus dem Dezember 2023 und aus den Kartenwerken des LANUVs [20].

Tabelle 9: Identifizierte Ausschluss- und Prüfungsgebiete für die energietechnische Flächennutzung [20] [21]

Ausschlussgebiet	Beschreibung	Relevante Technologien
Abstandsflächen	Da im Land NRW der Mindestabstand von 1000 m zu Wohngebäuden für privilegierte Windenergieanlagen am 25.08.2023 abgeschafft worden ist, sind Abstände kein klares Tabukriterium mehr [22]. Allerdings sind Abstände zu Siedlungs- und Verkehrsbereiche nach wie vor sinnvoll und obliegen einer Einzelfallprüfung. Um nur realistische Potenziale zu identifizieren, wird ein Mindestabstand von 500 m zu Siedlungs- und Verkehrsflächen angenommen. Für Solaranlagen gelten keine festgelegten Abstände zu Siedlungs- und Verkehrsflächen.	Windenergie
Allgemeine Siedlungsbereiche, Gewerbe- und Industrieflächen (unbebaut)	Durch den Entwurf des Regionalplan Köln aus dem Jahr 2021 (Z.7, Z.10) sind diese Bereiche vorrangig für die Entwicklung von Siedlung bzw. Gewerbe und Industrie vorgesehen. Aufgrund des steigenden Siedlungsdrucks in den Städten Nordrhein-Westfalens werden diese Flächen als Tabuflächen für Energieanlagen betrachtet.	Windenergie Solarenergie Geothermie (Gebäudeflächen)
Bebaute Siedlungs-, Gewerbe und Industrieflächen	Siedlungsbereiche und Gewerbe- und Industrieflächen bieten Potenzial für Aufdach- oder Fassadenanwendungen. Freiflächenanlagen finden hier keine Anwendung.	Windenergie Solarenergie Geothermie (Gebäudeflächen)
Bereiche für den Schutz der Natur	Die Verordnung zur Durchführung des Landesplanungsgesetzes (LPIG DVO) definiert diese Gebiete als Vorranggebiete, in denen die natürlichen Gegebenheiten durch besondere Maßnahmen gesichert oder entwickelt werden sollen. „Die Ausweisung von Flächen für die Windenergienutzung kommt in Bereichen für den Schutz der Natur (BSN) nicht in Betracht“ (WEE NRW, Abschnitt 3.2.4.1). Auch für die Errichtung von Solaranlagen gilt nach Ziel 10.2-14 des LEP gilt ein Ausschluss.	Windenergie Solarenergie
FFH-Gebiete	In der Fauna-Flora-Habitat Richtlinie wird nach einheitlichen Kriterien ein Schutzsystem („Natura 200“) definiert. Nach §6 der FFH-Richtlinie darf sich der natürliche Lebensraum durch keine Maßnahmen verschlechtern. Es handelt sich um Tabuflächen. Die potenzielle Nutzung des Pufferbereichs 100 m um das FFH-Gebiet obliegt der Einschätzung der unteren Naturschutzbehörde.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Gesetzlich geschützte Biotope/ schutzwürdiges, wertvolles Grünland	Bestimmte Teile der Natur, die eine besondere Bedeutung als Biotop haben sind nach §30 BNatSchG gesetzlich geschützt. Hier handelt es sich um Tabuflächen. Schutzwürdige Grünlandflächen liegen innerhalb bestehender FFH-Gebiete und sind damit bereits ausgeschlossen.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Gewässerflächen	Stehende und fließende Gewässerflächen eignen sich neben thermischen Anwendungen lediglich für Wasserkraftanwendungen und floating-Photovoltaikanlagen. Beides kann in Bad Honnef ausgeschlossen werden.	Windenergie Solarenergie Geothermie

Ausschlussgebiet	Beschreibung	Relevante Technologien
	Auch der Rhein bietet sich aufgrund des Schiffsverkehrs nicht für die Nutzung von Wasserkraft an.	
Hochwertige Böden mit Acker- bzw. Grünlandzahlen ab 55	Nach dem Ziel 10.2-15 des LEP NRW kommen hochwertige Ackerböden mit einer Bodenwertzahl von 55 und mehr nur für Agri-PV in Frage, wenn der landwirtschaftliche Ertrag bei mindestens 66% des Referenzertrags ohne PV liegt.	Windenergie Solarenergie (nur Agri-PV möglich)
Kompensationsflächen, Ökokontoflächen	Für die Flächen Naturschutzmaßnahmen vorgesehen, welche die Errichtung einer energietechnischen Anlage ausschließen. [23]	Windenergie Solarenergie
Naturschutzgebiete	Nach §23 BNatSchG sind Handlungen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung des Naturschutzgebiets führen können verboten. Es handelt sich um Tabuflächen. Die potenzielle Nutzung des Pufferbereichs 50 m um das Naturschutzgebiet obliegt der Einschätzung der unteren Naturschutzbehörde.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Überschwemmungsgebiete	Um Schäden bei Überschwemmungen in Folge von Hochwasserständen zu vermeiden, werden diese Gebiete als Tabuflächen betrachtet.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Verkehrsflächen	Verkehrsflächen bieten keine Anwendung für energietechnische Anlagen. Allerdings werden 500 m des Randbereiches von Autobahnen und Schienenwegen nach dem EEG 2023 §37 gefördert und bis zu 200 m des Randbereichs gelten als privilegierte Fläche nach §35 des BauGB für die ein Bauleitplanverfahren nicht notwendig ist.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Waldfläche	Waldflächen sind für energietechnische Anlagen in NRW beschränkt nutzbar. In den geplanten Änderungen für den Landesentwicklungsplan NRW, ist vorgesehen, dass Waldbereiche für Windkraft genutzt werden können, solange es sich nicht um Nadelwälder und kein Natura 2000 Gebiete handelt. (Ziel 10.2-6 Windenergienutzung in Waldbereichen)	Solaranlagen
Wasserschutzgebiete	In der Wasserschutzgebietsverordnung Bad Honnef vom 09.12.2013 werden im Südwesten Bad Honnefs im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Wasserschutzgebiete benannt, die sich aus den Schutzzonen I-III zusammensetzen, wobei die Schutzzone II nicht mehr im Stadtgebiet Bad Honnefs liegt. Für alle drei Schutzzonen sind nach Anlage 1 das Errichten von baulichen Anlagen (Ausnahmefall Anlagen zum Anschluss an eine kommunale Kläranlage) verboten.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Wildnisentwicklungsgebiete	Diese Gebiete liegen innerhalb der Waldflächen und genießen einen besonderen Schutz, um einer menschenleeren Wildnis die Chance zur Entwicklung zu geben.	Windenergie Solarenergie Geothermie

Prüfungsgebiet	Beschreibung	Relevante Technologien
Bauschutzbereich Flughafen und Flugplätze	Im Bauschutzbereich (BSB) eines Flughafens legt das LuftVG im §12 fest, dass neben einer Baugenehmigung auch eine Luftgenehmigung vorliegen muss. Es handelt sich also nicht um eine Tabufläche.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Bereiche für den Schutz der Landschaft und landschaftsorientierte Erholung (BSLE)	Diese Gebiete können unterschiedliche Funktionen aufweisen und nach dem Regionalplan Köln (Entwurf 2021, Teilabschnitt Bonn/ Rhein-Sieg), muss die Vereinbarkeit mit der Planung einer energietechnischen Anlage geprüft und nachgewiesen werden.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Flächen des Biotopkatasters, Schützenswerte Biotope	Je nach Ausprägung des Schützensgrads des Biotops kann dies ein Hinderungsgrund für die Planung von energietechnischen Anlagen sein.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Hydrogeologisch sensible Bereiche	<p>Hydrogeologisch sensibel definiert laut LAWA Gebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mit einem wesentlichen Stockwerksbau, • mit gespannten bis artesisch gespannten Grundwasservorkommen, • mit einer hohen Wasserdurchlässigkeit der Gesteine, • mit Karst oder karstähnlichen Verhältnissen sowie Subrosionsbildungen (Erdfälle), • mit quelfähigen oder löslichen Gesteinen, in denen durch die Bohrung Grundwasserleiter mit unterschiedlichen Druckniveaus und/oder unterschiedlicher Grundwasserbeschaffenheit miteinander verbunden werden können, • in denen durch eine Bohrung Deckschichten durchörtert werden, die nennenswerte Grundwasservorkommen schützen. <p>Die Auflistung ist nicht abschließend und kann um länderspezifische Kriterien ergänzt werden. Bei gespannten Grundwasservorkommen ist eine wasserundurchlässige Grundwasserüberdeckung vorhanden, so dass ein hydraulisches Potential vorliegt. Die Grundwasserdruckfläche ist dabei über der Erdoberfläche.</p>	Geothermie
Landschaftsbildeinheiten (Kategorien „besonders“ und „herausragend“)	Auch die reine Ästhetik einer Landschaft spielt bei der Planung einer Anlage eine Rolle. So gelten Regionen mit den vom LANUV eingeteilten Landschaftsbildeinheiten „besonders“ und „herausragend“ als besonders schützenswert. Es handelt sich um kein Tabukriterium aber um ein Suchraumkriterium.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Landschaftsschutzgebiete	Nach BNatSchG §26 sind Landschaftsschutzgebiete keine Tabuflächen für Windenergieanlagen. Es gelten allerdings einige Bedingungen, die im Einzelfall geklärt werden müssen. Generell gilt in Landschaftsschutzgebiete ein Bauverbot. Allerdings ist es nach §67 BNatSchG möglich eine naturschutzrechtliche Befreiung zu beantragen, im Falle eines überwiegenden öffentlichen Interesses, oder wenn das Verbot im Einzelfall eine unzumutbare Belastung hervorruft.	Windenergie Solarenergie Geothermie
Regionaler Grünzug	Der regionale Grünzug kann unterschiedliche Funktionen aufweisen und gemäß dem Regionalplan Köln (Entwurf 2021, Teilabschnitt Bonn/ Rhein-Sieg) muss die	Windenergie Solarenergie

Prüfungsgebiet	Beschreibung	Relevante Technologien
	Vereinbarkeit mit der Planung einer energietechnischen Anlage geprüft und nachgewiesen werden.	Geothermie
Schwerpunktvoorkommen Rotmilan	Im Nordosten Bad Honnefs ist ein Schwerpunktvoorkommen des Rotmilans ausgewiesen. Diese Flächen gelten zwar nicht als Tabuflächen, können aber für Windenergieanlagen zur Artenschutzrechtlichen Konflikten führen.	Windenergie

Da nicht alle oben aufgeführten Gebiete ein klares Tabukriterium darstellen und nicht alle Technologien durch die Ausschlussgebiete gleichermaßen eingeschränkt werden, ergeben sich unterschiedliche Potenzialflächen für die einzelnen Anwendungen. Ebenfalls müssen die Potenzialflächen mit den Festsetzungen des Flächennutzungsplans und mit beschlossenen oder geplanten Bebauungsplänen abgeglichen werden.

4.4.2 Solarthermie

Aktuell sind in Deutschland Solarthermieranlagen nahezu ausschließlich auf Hausdächern von Ein- und Zweifamilienhäusern im Einsatz. Für den Aufbau von solaren Wärmenetzen bietet sich aber zunehmend der Aufbau von solarthermischen Großanlagen in Freiflächen, optional gekoppelt mit einem Großwärmespeicher, an. Im Vergleich zu Freiflächen-Photovoltaikanlagen gibt es in der Regel keine Festsetzungen zu Solarthermieranlagen in den Regionalplänen oder Flächennutzungsplänen. Die baurechtliche Zulässigkeit wird einzig über das BauGB geregelt. [24]

Der Solarkataster NRW gibt für Bad Honnef ein **theoretisch technisches Potenzial von 250 GWh/a** für solarthermische Aufdachanlagen an. Bisher wird in Bad Honnef lediglich ca. 1 GWh/a erzeugt. Allerdings bezieht sich das theoretische Gesamtpotenzial auf die Bruttodachfläche. Durch Störobjekte und Verschattungen verringert sich das Potenzial entsprechend. Ebenfalls sind nicht alle Dachflächen in Anbetracht ihrer Ausrichtung und Neigung gleichermaßen geeignet. Eine ökonomisch sinnvolle Auslegung solarthermischer Aufdachanlagen sieht für Privateigentümer ebenfalls keine Vollbelegung der Hausdächer vor. Unter Berücksichtigung einer typischen Wärmeabdeckung von 60 % des Warmwasserverbrauchs durch Solarthermie wird das technische Potenzial mit ca. 7 GWh/a abgeschätzt [25]. Die Einschätzung der Eignung der Dachflächen auf Grundlage des Denkmalschutzes oder des Zustands des Dachstuhls sind in der Betrachtung nicht inkludiert. Nach Angaben der Stadt Bad Honnef befinden sich in Bad Honnef etwa 240 denkmalgeschützte Gebäude, was bezogen auf die Wohngebäude in Bad Honnef einen Anteil von 3,5% ausmacht. Denkmalschutz ist nicht zwangsläufig ein Ausschlusskriterium für Solaranlagen, bringt allerdings erschwerende Umstände mit sich. Aufgrund der tendenziell alten Gebäudestrukturen wird auch davon ausgegangen, dass einige Dachstühle für Solaranlagen nicht geeignet sind und auch bis zum Jahr 2045 nicht saniert werden. Daher wird für das Kriterium der bautechnischen und baurechtlichen Eignung ein Abzug von 10 % angenommen. Somit liegt das **technische Potenzial bei ca. 6,3 GWh**.

Weitere Informationen zur Potenzialberechnung von solarthermischen Aufdachanlagen kann in der Methodik zum Solarkataster des LANUV nachgelesen werden. Für die weitere Potenzialanalyse werden 7 GWh/a als realisierbares Potenzial für solarthermische Aufdachanlagen angenommen. [6] [26]

Der spezifische Energieertrag von Solarthermieranlagen im Feld ist wesentlich höher als bei Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung. Im Vergleich zur energetischen Verwertung von Biomasse (Verstromung) ist die spezifische Energiedichte von Solarthermieranlagen sogar um ein 80-faches höher. Allerdings besteht Strom zu 100% aus Exergie (nutzbare Energie) und hat somit eine höhere Wertigkeit als Wärme. Der Vergleich der flächenspezifischen Energieerträge ist in Abbildung 27 dargestellt. Für die jeweiligen flächenspezifischen Ertragsdaten wurden die untenstehenden Referenzanlagen zugrunde gelegt. Für Biogasanlagen werden Durchschnittswerte für Anlagen zur energetischen Nutzung von Silomais herangezogen, die den höchsten flächenspezifischen Energieertrag aufweisen.

- Solarpark Henschleben: 21,5 ha; 22,7 GWh/a [27]
- Solarthermieranlage Leipzig West: 14 ha; 26 GWh/a [28]
- Windpark Hüselitz: 567,2 ha; 349,6 GWh/a [29]
- Silomais Biogasanlage: ca. 15-22,5 MWh/ha [30]

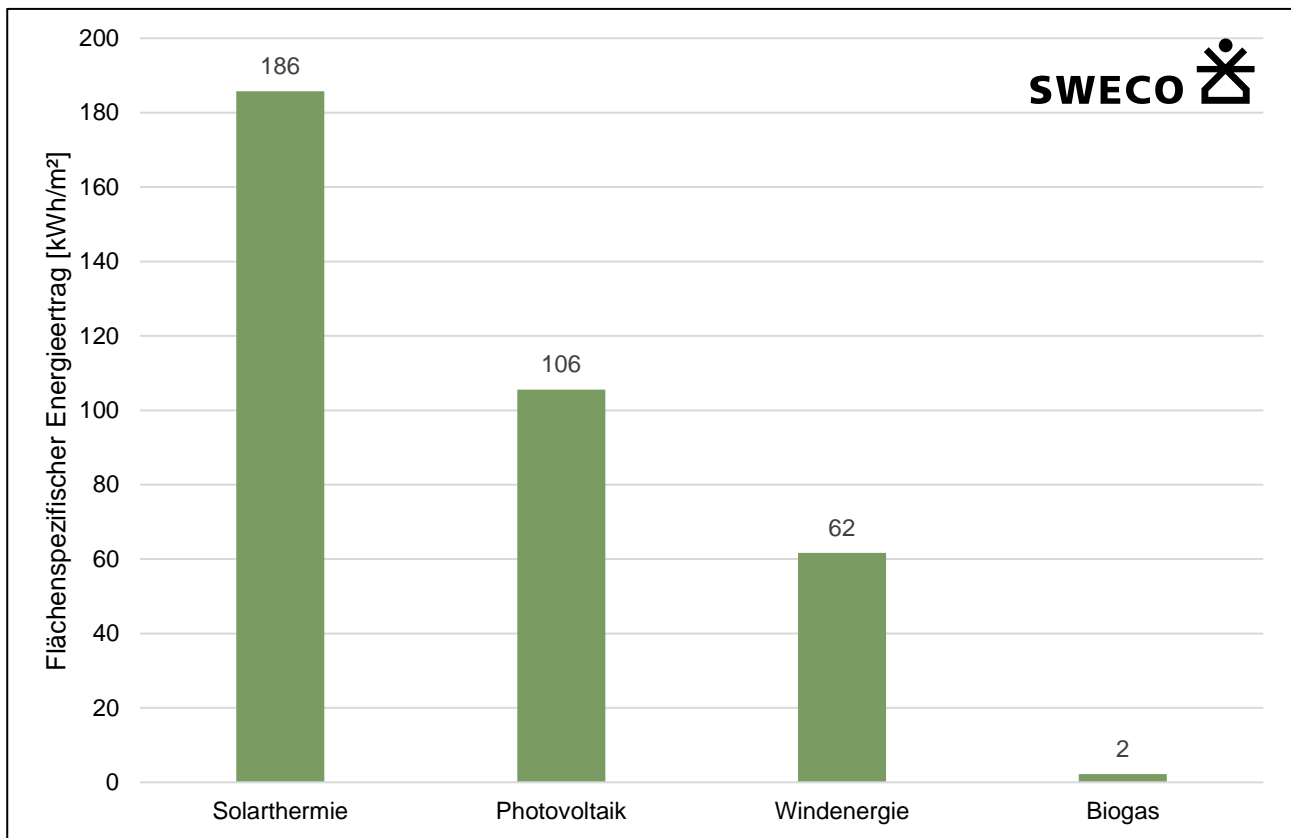


Abbildung 27: Vergleich der Flächenspezifischen Energieerträge verschiedener Erneuerbarer Energien. Die spezifische Fläche bezieht sich auf die notwendige Freifläche und nicht auf Kollektor- oder Fundamentflächen.

Abzüglich der Tabuflächen für Solarenergie aus Tabelle 9 und Flächen mit einer zusammenhängenden Größe von weniger als 2 ha (weisen keine Raumbedeutsamkeit gemäß Begründung zum geplanten Ziel Z 10.2-14 des Landesentwicklungsplans auf und werden deswegen an dieser Stelle nicht berücksichtigt) bleibt in Bad Honnef eine kumulierte Fläche von knapp 301 ha übrig, die sich vor allem über den mittleren und nördlichen Teil Aegidienbergs erstrecken (Abbildung 28). Multipliziert mit dem flächenspezifischen Energieertrag ergibt das ein **theoretisch technisches Potenzial von etwa 560 GWh/a**. Nicht alle Flächen sind aufgrund der Topografie für den Aufbau einer solarthermischen Anlage geeignet. Zieht man auch die Prüfungsflächen ab, so verbleibt in Bad Honnef kein nennenswertes Potenzial für Solarthermie, liegen die meisten Flächen doch innerhalb von Landschaftsschutzgebieten. Zur genauen Identifikation von potenziellen Vorhabenflächen ist eine Einzelfallprüfung notwendig.

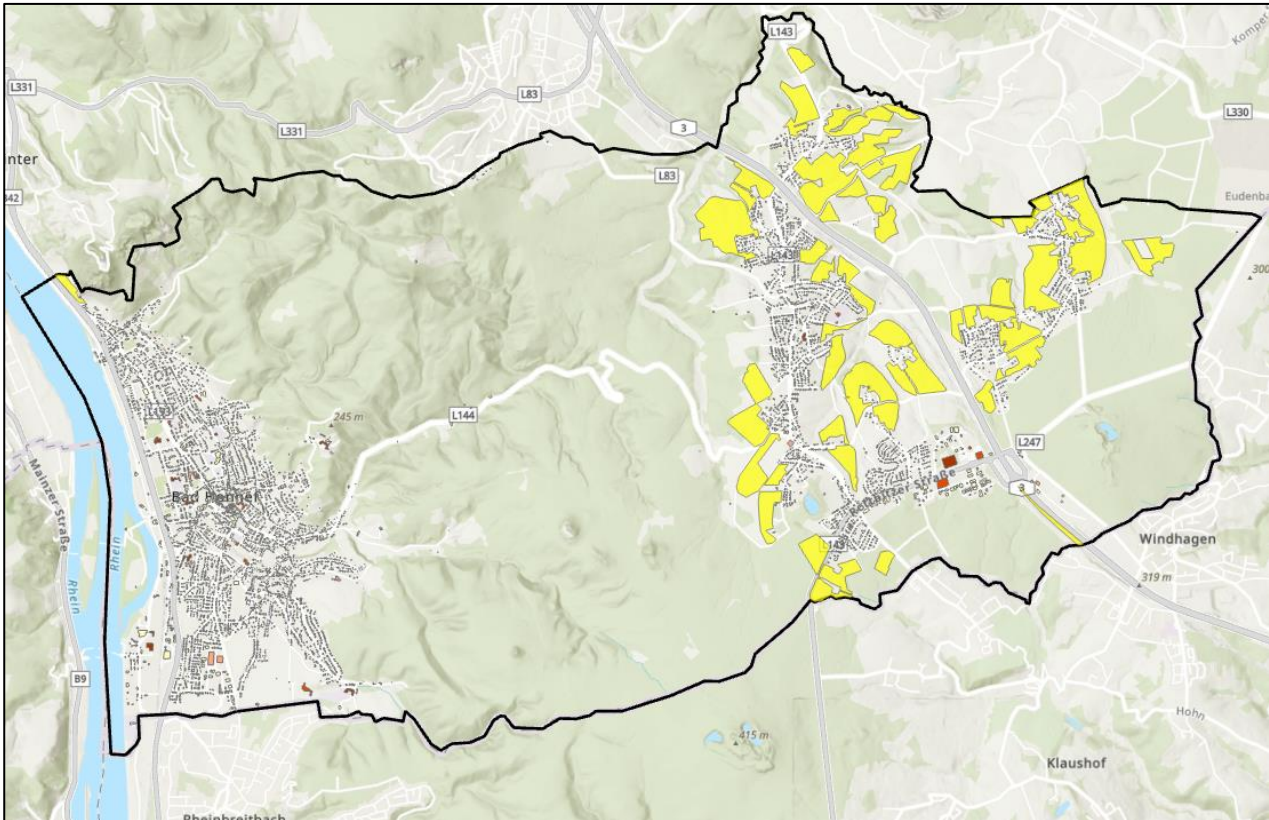


Abbildung 28: Darstellung der Potenzialflächen für Solarthermie nach Abzug der Tabuflächen

Für einen effizienten Betrieb von **solaren Wärmenetzen** sind möglichst geringe Vor- und Rücklauftemperaturen notwendig. Durch höhere Wärmenetztemperaturen sinkt die Effizienz des Systems. Die Sensitivität der Anlage gegenüber erhöhten Rücklauftemperaturen macht den Einsatz von Wärmepumpen attraktiv, um den Wirkungsgrad und die Vorlauftemperatur zu erhöhen. Bei Auslegung eines solaren Wärmesystems muss dies geprüft werden. [31]

4.4.3 Geothermie und Umweltwärme

Für NRW wurde bereits im Jahr 2015 durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) eine flächendeckende geothermische Potenzialanalyse durchgeführt. Im September 2024 wurden die Ergebnisse mit der Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in NRW (kurz: Wärmestudie NRW) aktualisiert. Die ausgewiesenen Potenziale für Bad Honnef beschränken sich auf oberflächennahe Geothermie mit Erdwärmesonden und Bohrtiefen von bis zu 250 m und auf dezentrale Lösungen im Gebäudesektor. Erdwärmesonden sind bereits seit zwei Jahrzehnten in NRW etabliert und machen rund 90% des Anteils oberflächennaher Erdwärmesysteme aus [32, p. 13]

Für mitteltiefe und tiefe Geothermie werden in Bad Honnef in der Studie keine Potenziale ausgewiesen. Dies liegt daran, dass in Bad Honnef keine wasserführenden Schichten zu erwarten sind und die Studie sich auf diese Reservoirs beschränkt, da hydrothermale Dubletten wesentlich ergiebiger sind als Bereiche, in denen man auf die Wärmeleitfähigkeit der Gesteinsschicht angewiesen ist. Allerdings liegt nach Absprache mit dem geologischen Dienst NRW ein Potenzial für mitteltiefe Geothermie bei Nutzung von Erdwärmesonden in den Gesteinsschichten vor. Gemäß dem geologischen Dienst ist es erwartbar, dass die mitteltiefen Gesteinsschichten in Bad Honnef sich im Vergleich zu den oberflächennahen Gesteinsschichten nicht ändern. Somit kann die Wärmeleitfähigkeit auch bei fehlenden Daten für die mitteltiefe Geothermie abgeschätzt werden. In Kombination mit dem geothermischen Gradienten für NRW können so theoretische Potenziale abgeschätzt werden. Allerdings müssen für belastbare Potenziale ebenfalls tiefergehende Feldanalysen durchgeführt werden. Im Zuge der Maßnahmenentwicklung wird das Thema mitteltiefe Geothermie, vor allem in Kombination mit solarthermischen Anlagen weiter vertieft. [33]

Für die Analyse der oberflächennahen Geothermepotenziale bis 250 m wurden für die Gebäude, beziehungsweise Grundstücke, auf denen ein potenzielles Versorgungsobjekt steht, aus dem ALKIS-Datensatz Besitzzeinheiten gebildet. Diese Besitzzeinheiten wurden im zweiten Schritt, um nicht nutzbare Flächen, wie

überbaute Flächen durch Gebäude oder Verkehrsinfrastruktur, Besitzeinheiten ohne Gebäude mit Heizbedarf sowie die Wasserschutzgebiete I, II und III⁵ reduziert. [32, p. 10]

Ebenfalls wurden Nutzungseinschränkungen in hydrogeologisch sensiblen Bereichen eingeplant. Hydrogeologisch sensible Bereiche umfassen die folgenden Merkmale:

1. „Vorhandensein von verkarstungsfähigem Gestein
2. Gebiete mit CO₂ und CH₄ im Grundwasser
3. Bereiche mit Salzwasseraufstieg
4. Artesisch gespannte Verhältnisse
5. Nachteilige Druckpotenzialunterschiede
6. Hydrogeologisch ungünstiger Stockwerksbau“ [32, p. 26]

Da die jeweilige Tiefenlage der kritischen Bereiche regional sehr unterschiedlich sein kann, wurde für hydrogeologisch sensible Bereiche eine pauschale Reduktion, der für Erdwärmesonden zur Verfügung stehenden Freiflächen von 50% berücksichtigt. [33]

Im nächsten Schritt wurde für jede Besitzeinheit ein theoretisch nutzbares Potenzial bestimmt. Dafür wurde ein Abstand zwischen Bohrung und Grundstücksgrenze von 5 m und ein Abstand zwischen den Bohrungen von 6 m (8 m, 9 m) bei 40 m (150 m, 250 m) Bohrtiefe eingeplant. Die geothermische Ergiebigkeit ergibt sich durch die lokale tiefenabhängige Wärmeleitfähigkeit, die pauschale spezifische Wärmekapazität und die mittlere Oberflächentemperatur. [33]

Zur Bestimmung des technischen Potenzials wurde das theoretische Geothermiefpotenzial der einzelnen Besitzeinheiten mit den Wärmebedarfen der einzelnen Gebäude verschnitten. Die Wärmebedarfe wurden anhand der Einteilung der Gebäude in Energieklassen und damit verbundenen Heizgrenztemperaturen, Volllaststunden der Heizung und Vorlaufttemperaturen gebäudescharf berechnet. Der ermittelte Wärmebedarf liegt mit 273 GWh/a sehr nah an dem realen Wärmeverbrauch von 267 GWh/a. [33]

Insgesamt resultiert für Bad Honnef nach der Studie des LANUV ein kumuliertes technisches Potenzial von 206,5 GWh/a. Jedoch wird in Zukunft mit einem Rückgang des Wärmebedarfs gerechnet, sodass für 2045 drei verschiedene Szenarien beschrieben werden, die potenzielle Wärmeerträge zwischen 145-166 GWh/a ausweisen. Aufgrund des großen hydrogeologisch sensiblen Bereichs in Bad Honnef, ergibt sich eine Unsicherheit bezüglich des Potenzials. In Bad Honnef werden nur knapp 10% der Wärme außerhalb des hydrogeologisch sensiblen Bereichs verbraucht. Daher wird für die Potenzialanalyse das eher konservative **technische Potenzial von 145 GWh/a** angenommen. In Abbildung 29 wird der hydrogeologisch sensible Bereich (blau markiert) dargestellt. Innerhalb dieses Gebietes sind die genehmigungsrechtlichen Auflagen insgesamt umfangreicher. [33]

⁵ Für die Wasserschutzzone III wurde ein Szenario mit Tiefenbeschränkung von 40 m und ein Szenario mit völligem Ausschluss betrachtet. Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird auf das Szenario mit Ausschluss der Wasserschutzzone III referiert, da aufgrund des hohen Anteils des hydrogeologischen Bereichs bereits eine hohe Unsicherheit vorliegt und so ein eher konservativerer Ansatz betrachtet wird.

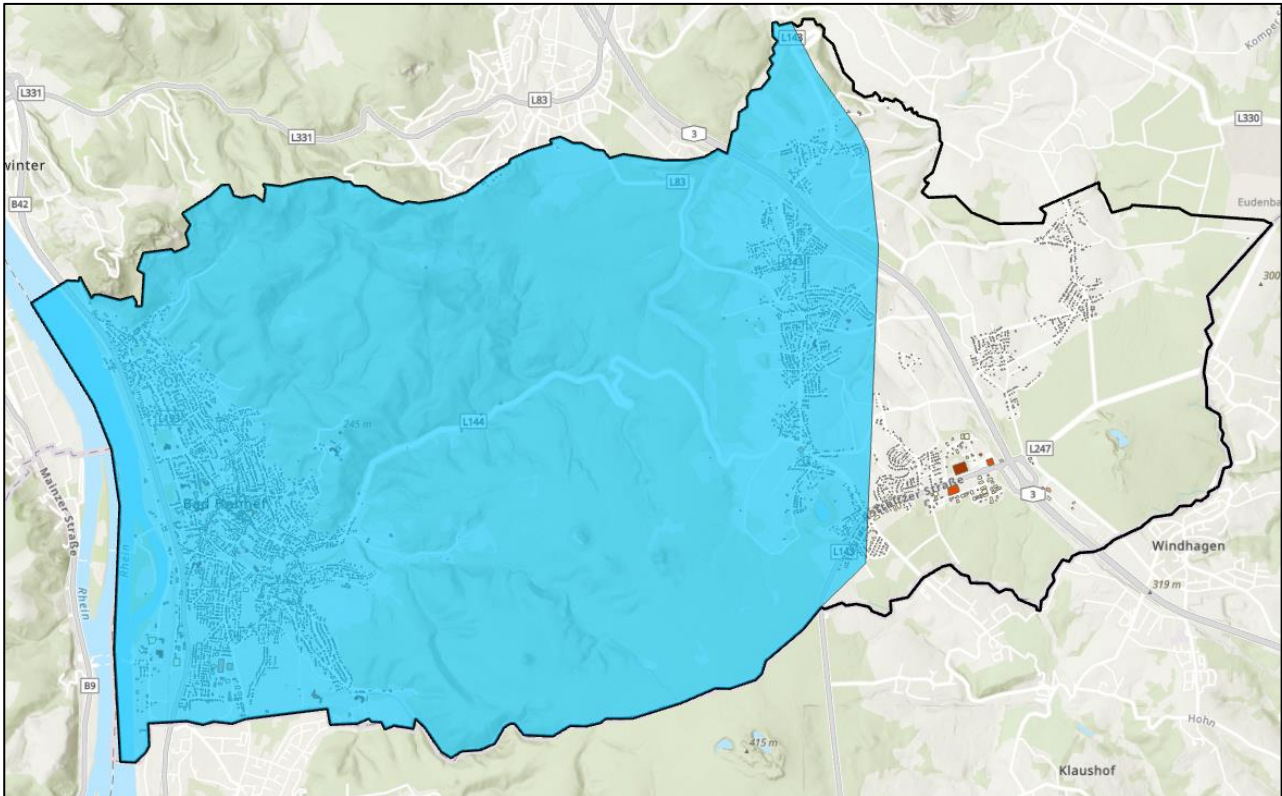


Abbildung 29: Darstellung des hydrogeologisch sensiblen Bereichs in Bad Honnef (blaue Markierung).

Umweltwärme

Neben Geo- und Hydrothermie sind ebenfalls oberirdische Gewässer und die Außenluft mögliche Energiequellen zur Wärmeerzeugung. Die Nutzung von Außenluft als Medium kann durch Luft-Wärmepumpen leicht und verhältnismäßig kostengünstig realisiert werden und die Luft ist als Energiequelle unbegrenzt verfügbar. Probleme in Bezug auf die zentrale Nutzung von Luft-Wärmepumpen können durch Schallemissionen der Außeneinheiten entstehen. Ebenfalls ist vor allem in der Heizperiode die Außenlufttemperatur und somit das nutzbare Energieniveau entsprechend gering, was zu einem erhöhten Strombedarf in Zeiträumen tendenziell geringerer regenerativer Stromerzeugung führt. Daher bietet sich diese Option vor allem für dezentrale Lösungen in Gebieten ohne Potenziale für leitungsgebundene Wärmeversorgung an. Nach der Wärmestudie NRW wird als Potenzial für Luftwärmepumpen im Jahr 2045 ein jährlicher Strombedarf von 42-49 GWh/a angegeben. Unter Annahme eines SCOP von 3,5 entspricht dies einer Heizwärme von **etwa 150 GWh/a**. Ein SCOP beschreibt dabei, den jährlichen Anteil an Nutzwärme bezogen auf die aufgebrauchte elektrische Energie für verschiedene Betriebszustände. [33]

Als oberirdisches Gewässer bietet sich in Bad Honnef aufgrund der hohen Wassermassen vor allem der Rhein an. Eine mit Rheinwasser betriebene Flusswasserwärmepumpe (FWWP) mit 20 MW Heizleistung wird bereits in Mannheim betrieben und auch andere am Rhein gelegene Kommunen untersuchen entsprechende Potenziale. Der Vorteil anderer Standorte am Rhein mit bereits existierenden Einlauf- und Auslaufbauwerken besteht in Bad Honnef nicht. Dennoch wird eine Nutzung des Rheins nicht ausgeschlossen und in den späteren Wärmevervollkostenvergleichen mit aufgegriffen. Nach der Wärmestudie NRW wird für das Potenzial einer Flusswasserwärmepumpe eine Wärmeerzeugung von **knapp 60 GWh/a bei einer Wärmepumpenheizleistung von 14,4 MW** angegeben. Das nutzbare Potenzial in Bad Honnef ist allerdings auch von den Gegebenheiten am potenziellen Standort und den umliegenden Verbrauchern abhängig. [33]

4.4.4 Biomasse und Müllverbrennung

Nach dem Technischen Annex der Kommunalrichtlinie im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) sind nach Abschnitt 1.11 (Nummer 4.1.11 KRL) „...Biomasse und nicht-lokale Ressourcen [...] effizient und ressourcenschonend sowie nach Maßgabe der Wirtschaftlichkeit nur dort in der Wärmeversorgung einzuplanen und einzusetzen, wo vertretbare Alternativen fehlen. Die energetische Nutzung von Biomasse ist auf

Abfall- und Reststoffe zu beschränken.“ Aus diesem Grund wird sich in der Betrachtung auf das Potenzial zur energetischen Nutzung von Abfall- und Reststoffen beschränkt. Die Aufgaben der Abfallwirtschaft werden im Rhein-Sieg Kreis im Abfallzweckverband REK (Rheinische Entsorgungskooperation) zentral koordiniert. Die Aufgabe der thermischen Verwertung der in den privaten Haushalten anfallenden Abfall- und Reststoffe in Bonn und dem Rhein-Sieg Kreis wird seit 2016 der Müllverbrennungsanlage der Stadtwerke Bonn übertragen. Der Aufbau einer neuen Müllverbrennungsanlage in Bad Honnef ist somit ausgeschlossen. [34]

In Bad Honnef werden zwar zwei Kläranlagen betrieben, für den Betrieb einer eigenen Klärschlammverbrennungsanlage reichen die anfallenden Klärschlamm-mengen allerdings nicht aus. In Deutschland sind in der ersten Jahreshälfte 2022 insgesamt 38 Anlagen zur thermischen Klärschlammbehandlung in Vorbereitung, Planung oder im Bau. Spätestens 2029 sollen diese Anlagen in Betrieb genommen werden. Im Aeroplan-Projekt Evaluierung verfügbarer Kapazitäten thermischer Klärschlammbehandlung sowie zur Phosphorrückgewinnung werden vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) in Kooperation mit der RWTH Aachen wird unter anderem der Abgleich zwischen benötigten und verfügbaren Ressourcen zur thermischen Klärschlammbehandlung untersucht. Eine abschließende Bewertung steht noch aus. Die Planung einer Klärschlammverbrennungsanlage in Bad Honnef macht somit aktuell keinen Sinn, da ein klarer Bedarf nicht nachgewiesen ist. [35, p. 15]

Durch die große Waldfläche in Bad Honnef fällt Waldrestholz an, welches bisher entsorgt und nicht energetisch genutzt wird. Es gibt bereits Ideen dieses Waldrestholz in Zukunft für den Betrieb von kleineren Nahwärmenetzen zu nutzen. Weiterhin bietet es als lokale Ressource eine interessante Möglichkeit für Zufeuerung und Spitzenlastabdeckung in einem Fernwärmenetz. Die Menge des Waldrestholzes und der potenzielle Energiebeitrag können an dieser Stelle nicht weiter quantifiziert werden. Im Zuge einer Machbarkeitsstudie sollte diese Option näher betrachtet werden.

4.4.5 Abwasserwärme

Die Wärme aus Abwasser lässt sich durch einen Wärmeübertrager entziehen und auf ein anderes Medium übertragen. Aufgrund des generell niedrigen Temperaturniveaus des Abwassers, ist die Transportwürdigkeit begrenzt und die Verluste korrelieren mit Temperatur und Transportweg. Die Wärme muss entweder durch Wärmepumpen auf das notwendige Heizniveau gehoben werden, bevor das Heizmedium zu den Verbrauchern geleitet wird (Nahwärme, sinnvoll bei kurzen Transportstrecken) oder die Wärme wird auf dem ursprünglichen Temperaturniveau zu den Haushalten geleitet (kalte Nahwärme, sinnvoll bei längeren Transportstrecken) und im Anschluss vor Ort mittels Wärmepumpe auf die notwendige Temperatur gebracht. [36]

Zur Gewinnung der Abwasserwärme gibt es drei verschiedene Ansätze, die folgend vorgestellt werden:

Abwasserwärmenutzung hinter dem Auslauf der Abwasserreinigungsanlage

Der ertragreichste Weg Abwasserwärme zu nutzen ist die Installation eines Wärmeübertragers unmittelbar hinter dem Auslauf einer Abwasserreinigungsanlage (ARA). Aufgrund der hohen nutzbaren Temperaturdifferenz weist das Wasser zu diesem Zeitpunkt ein konstantes hohes Wärmepotenzial auf. Ebenfalls ist das Wasser zuvor gereinigt worden und somit ist der Reinigungsaufwand der Wärmepumpe entsprechend niedriger. Durch die hohe Temperaturdifferenz können die Wärmemengen tendenziell über weitere Strecken transportiert werden. Allerdings befinden sich potenziell weniger Wärmeabnehmer in unmittelbarer Nähe einer ARA. Ebenfalls ist die Bewilligung des Anlagenbetreibers notwendig. [36]

Abwasserwärmenutzung vor dem Einlauf der Abwasserreinigungsanlage

Eine weitere Möglichkeit der Abwärmenutzung, ist der Einsatz eines Wärmeübertrager im Kanalisationsnetz vor der ARA. Dabei können mehrere Kanalabschnitte genutzt werden. Nach einer Abwasserwärmeanlage sollte etwa die zwei- bis dreifache Strecke zur Erholung des Abwassers eingeplant werden, bevor eine weitere Abwasserwärmeanlage installiert wird. Durch Anwendungen im Kanalnetz können auch kurze bis mittlere Transportstrecken realisiert werden. Die Genehmigung des Kanalnetzbetreibers ist Voraussetzung. [36]

Unmittelbar vor der ARA kann die Nutzung von Abwasserwärme die Reinigungsleistung der ARA negativ beeinflussen. Meistens jedoch verfügen die ARA über eine ausreichende biologische und hydraulische Reserveleistung. Zur vollständigen Kompensation der entzogenen Energiemenge können ansonsten wenige Kilometer Fließweg vor der ARA zur Erholung eingeplant werden. Die nutzbare Temperaturdifferenz des Abwassers vor der ARA ist zwar deutlich niedriger als nach der ARA, durch die Folgen des Klimawandels steigen allerdings auch die Abwassertemperaturen kontinuierlich an. [37]

Hauseigene Abwasserwärmenutzung

Auch im eigenen Haus kann die Wärme des Abwassers genutzt werden. Voraussetzung sind dafür Sammelbehälter von mindestens 10 Wohneinheiten. Unmittelbar nach Verbrauch des Wassers ist die Abwassertemperatur entsprechend hoch und das Verteilnetz kurz. Vor allem für größere Gebäudekomplexe ist dies eine lohnende Anwendung. Nachteilig sind die tageszeitlichen Schwankungen und limitierten Abwasservolumina. In der Regel reicht die Wärmemenge zur Abdeckung des Warmwasserbedarfs. [36]

Eignungskriterien

Im Zuge der Prüfung der Machbarkeit einer Anwendung zur Nutzung von Abwasserwärme sollten die folgenden Eignungskriterien erfüllt werden.

Abfluss

Für die Abwasserwärmenutzung ist ein kontinuierlich ausreichender Abfluss auf der Kläranlage oder im Kanal notwendig. Üblicherweise ist eine Mindestwassermenge von 12 – 15 l/s (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) erforderlich. [38, p. 66]

Abwassertemperatur

Der Vergleich der Abwassertemperaturen zum Verlauf des Wärmebedarfs ist entscheidend für die ökonomische Bewertung eines Vorhabens zur Abwasserwärmenutzung. Wenn die Abwassertemperatur vor der ARA innerhalb der Heizperiode, vor allem abends zu Spitzenlastzeiten, vermehrt niedriger ist als die Bemessungstemperatur der Kläranlage und keine ausreichende thermische Erholung des Abwassers möglich ist, wird die Anwendung in der Regel nicht wirtschaftlich realisierbar sein. [38, p. 66 f]

Kanalisation

Für den Einsatz eines Wärmeübertragers werden ausreichende Durchmesser des Kanalsystems von mindestens 800 mm benötigt, um die Zugänglichkeit für die baulichen Arbeiten zu ermöglichen und verschiedene Wärmeübertrager-Systeme nutzen zu können. Ebenfalls sind die verfügbare Kanallänge, das Profil des Rohrs, das Gefälle und die maximale Reduktion des Querschnitts durch den Einbau des Wärmeübertragers wesentliche Kriterien. Für den Einbau eines Wärmeübertrager innerhalb einer Abwasserleitung, sollte das Gefälle zwischen 0,1% und 1% liegen. Ein zu großes Gefälle führt zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und somit verringert sich die Zeit des Kontaktes mit der Wärmeübertrager Oberfläche und dadurch auch die Leistung. Ein zu geringes Gefälle erzeugt die Gefahr der Sedimentation und hat einen negativen Einfluss auf die Wärmeentzugsleistung. [38, p. 67], [39]

Vor allem im Fall eines Neubaus oder einer Sanierung eines Kanalabschnitts, sollten Anwendungen zur Wärmegewinnung betrachtet werden.

Alternativ gibt es auch Verfahren, in denen die Kanalabschnitte angebohrt werden, das Rohabwasser direkt aus der Kanalisation entnommen und einem oberirdisch aufgestellten Wärmetauscher zugeführt wird. So können auch Abschnitte genutzt werden, die aufgrund ihrer Geometrie sonst nicht in Frage kommen würden. Um ein realistisches Potenzial abgrenzen zu können, konzentriert sich die Potenzialanalyse jedoch auf die herkömmliche Weise der Abwasserwärmenutzung.

Distanz zum Abnehmer

Je größer die Distanz zu den potenziellen Wärmeabnehmern ist und je geringer die zu transportierende Wärmemenge, desto kostspieliger ist die entsprechende Wärmeversorgung. Bei einer Leistung von mindestens 500 kW ist der Aufbau eines Wärmenetzes zur Überbrückung einer Distanz von bis zu 500 m potenziell rentabel. Bei einer Leistung von mindestens 1 MW ist sogar ein rentabler Aufbau eines Wärmenetzes zur Überbrückung einer Distanz von 1 km möglich. [38, p. 68]

Abnehmer

Die Effizienz des Wärmepumpensystems steigt mit sinkender notwendiger Nutzungstemperatur. Somit sind vor allem Abnehmer für ein Wärmenetz geeignet, die ein entsprechend geringes Temperaturniveau benötigen. Somit sind vor allem Neubauten mit Niedertemperatursystemen gut für die Versorgung geeignet, im Gegenteil zu Industriebetrieben mit hohen Temperaturbedarfen für die Prozessversorgung. [38, p. 69 f]

Potenzialberechnung

Ein- und Auslauf der Kläranlagen

In Bad Honnef ist sowohl in der Tallage als auch in Aegidienberg jeweils eine Kläranlage im Einsatz. Im Anhang 1 der Abwasserverordnung werden kommunale Abwasserreinigungsanlagen abhängig von ihrer Ausbaugröße in 5 Größenklassen unterteilt. Der Einwohnerwert (EW) der Kläranlage in Bad Honnef Tal liegt bei 27.000 EW und somit in Größenklasse 4 und der Einwohnerwert der Kläranlage in Aegidienberg liegt bei 10.000 EW und somit an der Grenze zwischen Größenklasse 3 und 4. Dabei wird der Einwohnerwert durch die durchschnittliche Belastung des Abwassers mit biologisch abbaubaren Stoffen eines Einwohners definiert. Die Einteilung in Größenklassen ermöglicht den Vergleich sowie die Nutzung spezifischer Kenngrößen. [40]

Zur Berechnung einer potenziell nutzbaren Wärmeentzugsleistung sind neben der spezifischen Wärmekapazität des Abwassers (Annahme 4,19 kJ/(kg*K)), die nutzbare Temperaturdifferenz und der Massenstrom des Abwassers relevant. Aufgrund von Durchmesser, Länge und Gefälle der Rohrlänge (siehe Kriterien im Abschnitt Kanalisation) kommt von den Ein- und Ausläufen der Kläranlagen nur der Auslauf der Kläranlage in Bad Honnef Tal für eine Wärmenutzung in Frage. Der Auslauf der Kläranlage in Aegidienberg mündet beispielsweise bereits nach 3 m in einem Bach. Die nutzbaren Temperaturdifferenzen im Auslauf der ARA ergeben sich durch die Differenz zwischen den Quartalsmittelwerten der Auslauftemperatur der Jahre 2021-2023 und einer Abkühlung zur maximalen technischen Nutzungsgrenze der Wärmepumpe von 5°C. Ebenfalls werden Quartalsmittelwerte der Jahre 2021-2023 für die Abwassermengen bestimmt. Mit diesen Daten können nach folgender Formel die Wärmeentzugsleistungen des Auslaufs der Kläranlage in den einzelnen Quartalen berechnet werden. In Tabelle 10 werden die Ergebnisse der Potenzialberechnung für den Auslauf der Kläranlage dargestellt. [38, p. 104 ff]

$$\dot{Q} = \dot{m} * c_p * \Delta T$$

\dot{Q} = Nutzbare Wärmeentzugsleistung

\dot{m} = Massenstrom Abwasser

c_p = spezifische Wärmekapazität (4,19 kJ/kgK)

ΔT = Temperaturdifferenz

Tabelle 10: Temperatur, Ablaufmenge und potenzielle Wärmeentzugsleistung des Auslaufs der Kläranlage in Bad Honnef Tal für die verschiedenen Jahresquartale im Mittel der Jahre 2021-2023

	Mittlere Temperatur [°C]	Mittlerer Trockenwetterabfluss [m³/h]	Wärmeentzugsleistung [MW]
Quartal 1	12,6	147	1,3
Quartal 2	16,7	138	1,9
Quartal 3	20,7	131	2,4
Quartal 4	16,1	131	1,7

Die Monate Januar, Februar und März weisen die geringsten Temperaturen auf. Der Dezember weist im Vergleich zum Monat März beispielsweise leicht höhere Ablauftemperaturen auf. Daher werden die mittleren Temperaturen und Abflussmengen des ersten Quartals zur ersten Einschätzung der potenziell installierbaren Leistung herangezogen, um so mittels Worst-Case-Betrachtung das mindeste Wärmepotenzial, welches uneingeschränkt zur Verfügung steht, zu betrachten. Somit liegt die zu installierende Wärmeentzugsleistung bei 1,3 MW. Bei einer Heizleistung von mindestens 1 MW ist ein rentabler Aufbau eines Wärmenetzes zur Überbrückung einer Distanz von 1 km möglich, somit wird die Auslaufleitung mit einem potenziellen

Versorgungsradius von 1 km versehen und zusammen mit den Potenzialen aus der Kanalisation in Abbildung 30 dargestellt.

Kanalisation

Zur Potenzialanalyse der Kanalisation in Bad Honnef, werden diejenigen Strecken näher betrachtet, die einen Mindestdurchmesser von 800 mm und ein Gefälle von 0,1-1% aufweisen. Bypass-Systeme, bei denen die Abwassermenge in einen separaten Schacht gepumpt werden, können zwar auch bei kleineren Durchmessern und größeren Gefällen eingesetzt werden, die Installation ist allerdings aufwendiger und kostspieliger und wird daher im Kanalisationsbestand nicht berücksichtigt [41].

Da die Trockenabflussmengen der Kanalabschnitte nicht bekannt sind, kann dieses Kriterium nicht angewendet werden. Ebenfalls können dadurch keine präzisen Potenziale berechnet werden, wodurch ein Referenzwert aus der Wärmestudie NRW genutzt wird. In dieser Studie werden die Kanalabschnitte in 500 m Abschnitte eingeteilt. In diesen 500 m lassen sich 100 kW Wärmeentzugsleistung installieren, wobei in diesen Abschnitten bereits die Regenerationsstrecke mit eingerechnet ist, die etwa das 3-fache der Länge des Wärmeübertragers einnimmt. Die Strecke für den Wärmeentzug von 100 kW liegt somit etwa bei 125 m. Die Regenerationsstrecke wird in der Potenzialanalyse für Bad Honnef allerdings nicht mitberücksichtigt, da die in Frage kommenden Streckenabschnitte bereits einen entsprechenden Abstand voneinander haben.

Eine Anlage zur Nutzung von Abwasserwärme rentiert sich erst ab einer Leistung von etwa 100 kW, somit werden Kanalabschnitte unter 125 m Länge aus der Betrachtung ausgeschlossen [37]. Nach [38] sind Distanzen von etwa 1 m pro kW Wärmeentzugsleistung zum Wärmeabnehmer rentabel. Daher werden die in Frage kommenden Kanaltrassen mit einem potenziellen Versorgungsradius von 0,8 m pro Meter Kanalabschnitt (100 kW / 125 m) versehen und in Abbildung 30 georeferenziert dargestellt.

Insgesamt verbleibt eine kumulierte Kanallänge von 1.164 m, in der etwa 0,932 MW Wärmeentzugsleistung installiert werden kann.

Hauseigene Abwasserwärmenutzung

Eine hauseigene Abwasserwärmenutzung fällt unter die Kategorie dezentrale Wärmeversorgung und bietet genauso wie klassische Wärmepumpen Anwendungen eine Alternative Wärmeversorgung für Gebiete, die sich nicht zu einer leitungsgebundenen regenerativen Wärmeversorgung eignen. Daher werden Potenziale für eine hauseigene Abwasserwärmenutzung zunächst nicht weiter betrachtet.

Fazit

Die Summe der potenziellen Wärmeentzugsleistungen bei Installation von Wärmeübertragern in den einzelnen Kanalabschnitten und dem Auslauf des Bad Honnefer Klärwerks in der Tallage ergibt 2,2 MW. Unter Annahme eines durchschnittlichen COPs einer Wärmepumpe von 3 resultiert etwa eine Heizwärmeleistung von 3,3 MW. In der Wärmestudie NRW wird mit 4.200 Volllaststunden für Wärmepumpen zur Einspeisung in ein Wärmenetz gerechnet. Angewendet auf die potenzielle Abwasserwärmeleistung in Bad Honnef ergibt dies eine jährliche Heizwärmemenge von etwa 13,9 GWh/a. Die gesamte Heizlast innerhalb der Reichweite des Abwasserwärmepotenzials liegt bei etwa 36,4 GWh/a. Der Bedarf ist somit wesentlich größer als das Potenzial. Bei Nutzung des Potenzials der Abwasserwärme innerhalb der Kanalisation ist der Einfluss auf die Reinigungsleistung der Kläranlagen zu berücksichtigen. Ebenfalls sind für einen effizienten Betrieb einer Wärmepumpe mit einem COP von mindestens 3 auch nur entsprechend niedrige Wärmenetztemperaturen zulässig, sodass eine Prüfung der Anschlussnehmer erfolgen muss.

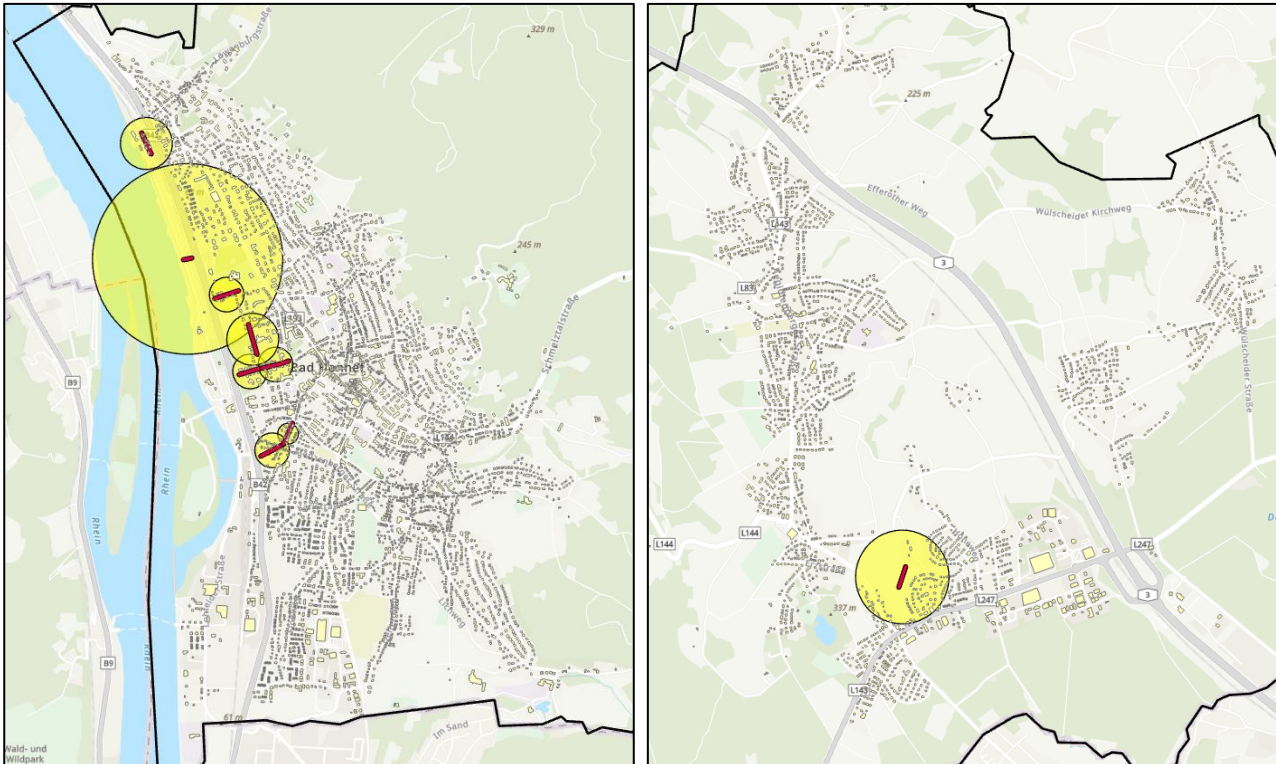


Abbildung 30: Darstellung der zur Abwasserwärmenutzung geeigneten Kanalisationsabschnitte mit ihren jeweiligen Potenzialradien in Bad Honnef Tal (links) und Aegidienberg (rechts)

4.4.6 Erneuerbare Gase

Der Anteil von Erdgas am Wärmemarkt in Bad Honnef liegt bei rund 80%. Im Rahmen der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung stellt sich die Frage, ob die vorhandene Erdgasinfrastruktur nicht auf erneuerbare Gase umgestellt werden kann. Der Begriff erneuerbare Gase fasst die Produkte Biomethan, synthetisches Methan und Wasserstoff zusammen [42]. Da die Erzeugung von Biogas in Bad Honnef bereits ausgeschlossen wurde wird dieses Produkt nicht weiter betrachtet.

Für eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung kommt lediglich grüner Wasserstoff in Frage. Dieser lässt sich in einem Elektrolyse-Prozess (Power-to-Gas) mit Hilfe erneuerbarer Energien erzeugen. Die Obergrenze für die Beimischung von Wasserstoff ins deutsche Gasnetz liegt aktuell bei maximal 10% [43]. Somit kann der erzeugte grüne Wasserstoff nicht unbegrenzt ins Gasnetz eingespeist werden. Grund dafür ist die geringere Dichte, breitere Verbrennungsgrenze und schnellere Verbrennungsrate. Ebenfalls kann Wasserstoff eine zersetzende Wirkung auf metallische Werkstoffe haben. Aus diesen Gründen führt ein Gasgemisch bestehend aus hohen Anteilen Wasserstoff zu Schäden an den Verbrauchern wie Motoren oder Turbinen und ebenfalls wären Anpassungsmaßnahmen an der bestehenden Erdgaspipeline notwendig. [42] [44]

Synthetisches Methan entwickelt grünen Wasserstoff weiter. In einem chemischen Prozess wird dem Wasserstoff Kohlenstoffdioxid beigemischt und es resultiert Methan, welches identisch ist mit fossilem Erdgas und erneuerbarem Biogas und entsprechend unbegrenzt ins deutsche Gasnetz eingespeist werden kann. Bei der Methanisierung entstehen allerdings weitere Verluste, sodass der Wirkungsgrad des PtG (Power-to-Gas) Prozesses von 77% auf etwa 62% sinkt [45]. Ebenfalls werden für die Methanisierung große Mengen an CO₂ benötigt und somit stellt sich die Frage der Herkunft dieses Gases. Die Verwendung von Industrieabgasen führt lediglich zu einer Verlagerung des Ausstoßes von CO₂ und wird so nicht mehr als erneuerbarer Energieträger gesehen. [42]

Auf den Industriesektor fallen in Deutschland 41% des Erdgasverbrauchs. 83% davon werden in Verbrennungsprozessen und 17% zur stofflichen Verwendung genutzt. Die spezifischen Erfordernisse in den industriellen Prozessen erschweren eine Substitution des Erdgases durch andere Energieträger. So ist vor allem in der Industrie eine Substitution des Erdgases durch Wasserstoff oder synthetisches Methan interessant. Da in Bad Honnef allerdings nur 6,4% des Erdgasverbrauchs durch die Industrie verbraucht wird, ist der Wasserstoffbedarf für industrielle Prozesse in Bad Honnef entsprechend niedriger. [46]

Die Investitionskosten für PtG-Anlagen sind aktuell noch hoch. In Abbildung 31 wird der prognostizierte Verlauf der Investitionskosten für eine Alkali-Elektrolyse und eine Methanisierung dargestellt. Aktuell liegen die Kosten bei 1000 €/kW und werden in Zukunft deutlich sinken. Die Energie-Handels-Gesellschaft mbH & Co. KG geben für Investitionskosten einer gesamten PtG-Anlage sogar 2500-3500 €/kW an [47]. Im Vergleich liegen die Kosten für eine Photovoltaik Freiflächenanlage bei etwa 780 €/kW und die Kosten für die PtG Anlage sind zuzüglich der Kosten für die erneuerbare Stromproduktion zu verstehen. [48, p. 79 ff]

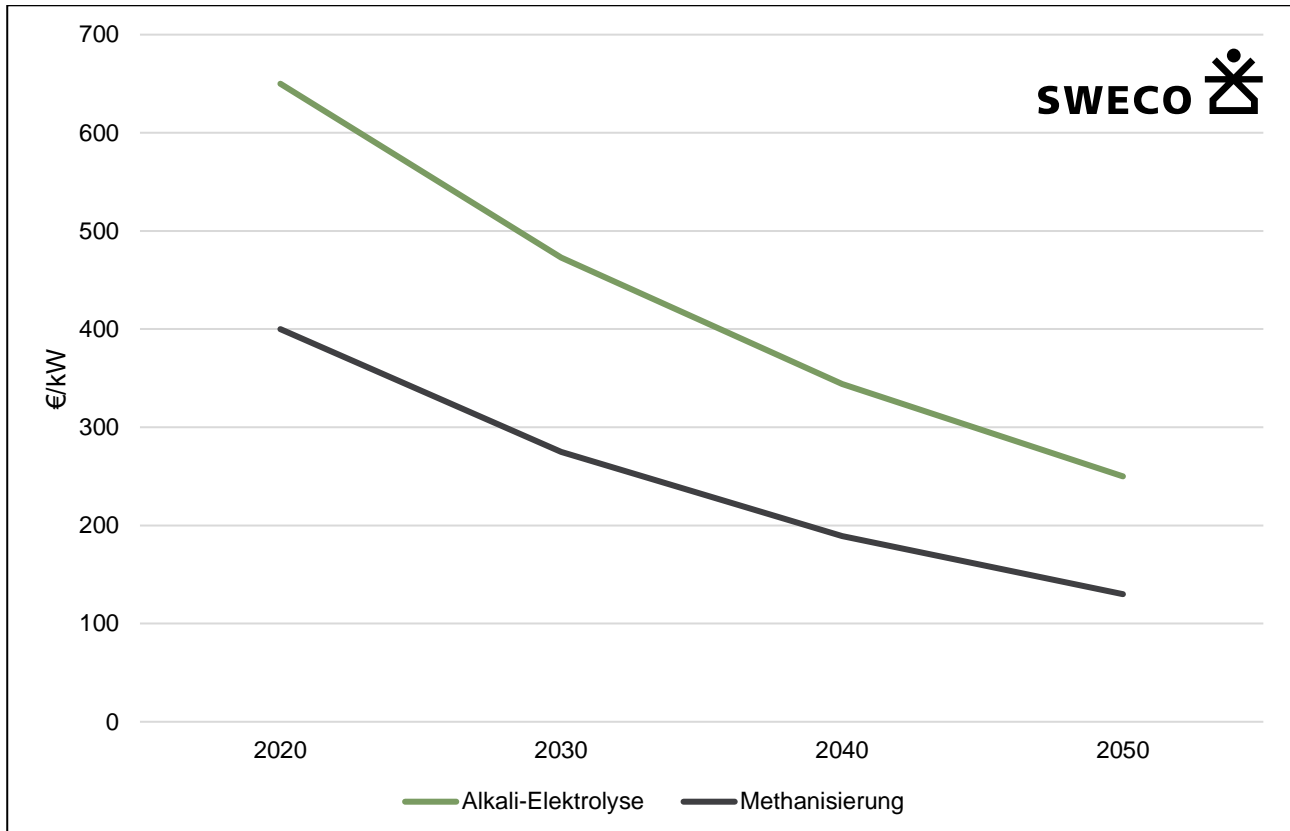


Abbildung 31: Prognostizierte Kostenentwicklung für Alkali-Elektrolyse und Methanisierung [48, p. 76]

In Bad Honnef wurden in den Jahren 2021-2023 im Schnitt etwa 217 GWh Erdgas verbraucht. Für die Erzeugung einer äquivalenten Energiemenge grünem Wasserstoff werden etwa 282 GWh und für eine äquivalente Energiemenge Methan etwa 350 GWh erneuerbaren Stroms benötigt. Dies entspricht etwa dem 4-5-fachen des heutigen Stromverbrauchs in Bad Honnef. Diese Kapazitäten in Bad Honnef zu erzeugen ist nicht realistisch. Eine Alternative wäre der Import von grünem Wasserstoff über Nationale Pipelines. Die Länder Deutschland, Österreich und Italien haben im Mai 2024 eine gemeinsame Absichtserklärung für die Errichtung eines südlichen Wasserstoffkorridors und einer gemeinsamen Wasserstoff-Pipeline-Infrastruktur unterschrieben [49]. Ebenfalls ist das Bundeswirtschaftsministerium aktuell bemüht um eine Partnerschaft mit nordafrikanischen und anderen nicht europäischen Staaten zur Sicherstellung von Kapazitäten zur Herstellung von grünem Wasserstoff [50]. Der importierte Wasserstoff wird allerdings aufgrund mangelnder Alternativen zu Erdgas, prioritär für die stoffliche Verwendung und Hochtemperatur-Anwendungen in der Industrie verwendet werden.

Die Vorteile von erneuerbaren Gasen sind die langfristige Speicherbarkeit, die vorhandene Verteilinfrastruktur sowie die gleichzeitige Nutzbarkeit für Industrie, Verkehr und den Haushaltsbereich. Dem gegenüber stehen hohe Investitionskosten ohne passende Förderungen, geringe Verfügbarkeiten aufgrund der Notwendigkeit hoher erneuerbarer Strommengen, komplizierte technische Erfordernisse und Beschränkungen (maximal 10% Beimischung ins Gasnetz, erforderliche CO₂-Mengen für Methanisierungsprozess). In Bad Honnef können potenziell durch Freiflächen-Photovoltaik Anlagen Strommengen von 322 GWh/a und durch Windkraftanlagen etwa 33 GWh/a regenerativ erzeugt werden. Verrechnet mit den oben genannten Wirkungsgraden ergibt dies ein theoretisch technisches Potenzial für grünen Wasserstoff von 273 GWh/a und für synthetisches Methan von 220 GWh/a. Es gilt allerdings die Herkunft der CO₂-Mengen und notwendige Aufstellflächen zu prüfen.

Durch Fördermechanismen wie den Entfall von Einspeisungsentgelten für Elektrolyseure (gemäß §118 Abs. 6 EnWG) sowie das Wasserstoffbeschleunigungsgesetz, welches Genehmigungshürden reduziert, wird der Aufbau von PtG-Anlagen begünstigt. Aufgrund der hohen spezifischen Kosten bleibt ein rentabler Einsatz durch erneuerbare Gase ohne einen Import über nationale Pipelines allerdings fraglich. Bei Einsatz von EE-Gasen sollte die Substitution des Prozesswärmebedarfs von knapp 16 GWh/a priorisiert werden.

4.4.7 Erneuerbare Stromerzeugung und elektrische Wärmeerzeugung

In Bad Honnef bieten sich zur regenerativen Stromerzeugung lediglich PV-Anlagen und Windkraftanlagen an. Die Verstromung von Biomasse wird aus den oben beschriebenen Gründen nicht betrachtet. Bei geothermischen Potenzialen werden thermische Anwendungen bevorzugt, genauso wie bei regenerativen Gasen. Wasserkraftpotenziale sind in Bad Honnef nicht vorhanden.

Photovoltaik

Ende 2023 sind in Bad Honnef PV-Aufdachanlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 8,8 MWp im Betrieb, die etwa 8 GWh/a Solarstrom erzeugen. Nach den Daten von ENEKA liegt das durchschnittliche technische Photovoltaikpotenzial für Aufdachanlagen in Bad Honnef bei etwa 78,64 kWh/m²*a. Bei einer Dachfläche von rund 2.000.000 m² ergibt dies ein **theoretisch technisches Gesamtpotenzial von 157 GWh/a**. Allerdings bezieht sich das theoretische Gesamtpotenzial auf die Bruttodachfläche. Durch Störobjekte und Verschattungen verringert sich das Potenzial entsprechend. Ebenfalls sind nicht alle Dachflächen in Anbetracht ihrer Ausrichtung, Neigung und Dachbeschaffenheit gleichermaßen geeignet. Eine ökonomisch sinnvolle Auslegung von PV-Aufdachanlagen für die Anlagenbesitzer sieht ebenfalls keine Vollbelegung der Hausdächer vor. Der Solarkataster NRW gibt für Bad Honnef lediglich ein wirtschaftlich bedingt geeignetes Potenzial von 79 GWh/a für PV-Aufdachanlagen aus. Mit einem Abzug von 10 % für Gebäude mit ungeeigneten Dachstühlen und Denkmalschutz liegt das **technische Potenzial bei etwa 71 GWh**. [6].

Der durchschnittliche spezifische Energieertrag von Freiflächen-PV-Anlagen in Deutschland liegt nach Abbildung 27 bei etwa 106 kWh/m²*a. Für FFPVA liegen die gleichen Potenzialflächen wie für Freiflächen Solarthermieranlagen vor. Knapp 301 ha multipliziert mit dem spezifischen Energieertrag ergibt ein theoretisch technisches Potenzial von 319 GWh/a. Ähnlich wie bei Solarthermieranlagen sind nicht alle Flächen aufgrund ihrer Topografie geeignet und ebenfalls müssen aufgrund der Prüfungsbelange (hauptsächlich Landschaftsschutzgebiete) Einzelfallprüfungen durchgeführt werden. FFPVA stehen dabei in direkter Konkurrenz mit Solarthermie Anlagen und Windkraftanlagen.

Windkraft

Abzüglich der Tabuflächen für Windenergie aus Tabelle 9 bleibt in Bad Honnef eine Potenzialfläche von knapp 43,6 ha übrig, die sich über den Stadtteil Aegidienberg erstrecken (Abbildung 32). Multipliziert mit dem flächenspezifischen Energieertrag für Windenergie ergibt dies etwa ein theoretisch technisches Potenzial von 27 GWh/a. Allerdings sind nicht alle Flächen topografisch geeignet und ebenfalls befindet sich der Großteil der Fläche innerhalb von Landschaftsschutzgebieten und Waldflächen. Nach Abzug aller Prüfungsbelange verbleiben keine nennenswerten Potenzialflächen mehr in Bad Honnef. Im Vergleich weist die Planungskarte Wind des Lanuv für Bad Honnef ein technisches Potenzial von 34 MW bzw. 95 GWh/a, bzw. im Fall, dass Potenzialflächen in naturschutzrechtlich nicht streng geschützten Teilflächen erschlossen werden, 39 MW und 108 GWh/a aus [51]. Für die Akquirierung von Vorhabenflächen sind Einzelfallprüfungen notwendig.

Die Stadt Bad Honnef und die Bad Honnef AG haben in Absprache mit der Bezirksregierung Köln bereits eine tiefergehende Flächenanalyse durchgeführt und dabei eine Vorhabenfläche am Dachsberg im Süden des Stadtteils Aegidienberg identifiziert (südöstlichste Fläche in Abbildung 32). Dabei sind 2 Windenergieanlagen mit einer Gesamtgröße von 250 m realisierbar, was etwa einer jährlichen Stromproduktion von 33 GWh/a entspricht. Genutzt werden sollen dafür Kalamitätsflächen mit geringem naturschutzfachlichem Wert, sodass keine Beeinträchtigung von unbeschädigten Waldflächen erforderlich ist. Die Stromproduktion von 33 GWh/a entspricht etwa der Hälfte des aktuellen Strombedarfs in Bad Honnef.

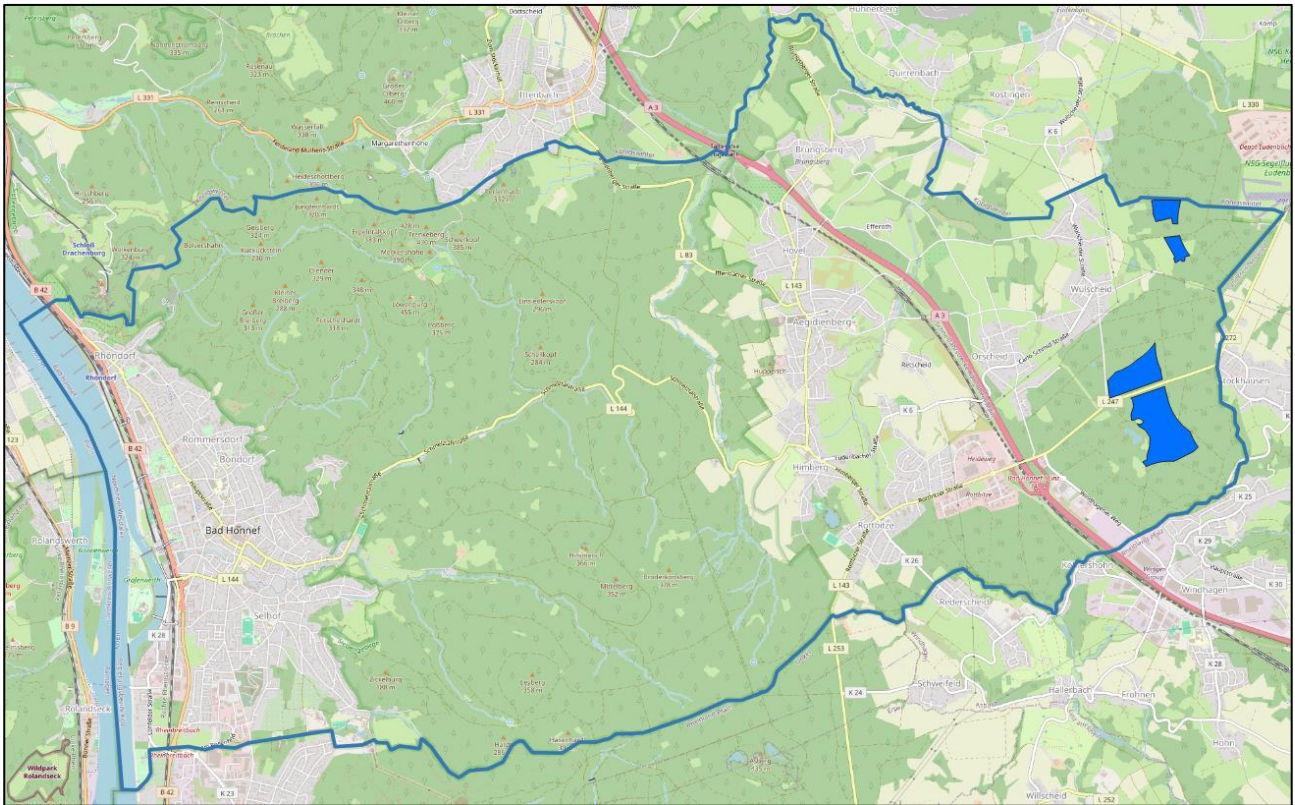


Abbildung 32: Darstellung der Potenzialflächen (blau) für Windenergie nach Abzug der Tabuflächen

Power-to-Heat

Erneuerbare Stromerzeugung aus Solarstrahlung und Windenergie unterliegt tageszeitlicher, jahreszeitlicher und wetterbedingter Schwankungen. Zum Ausgleich und zur Stabilisation des Stromnetzes kann der überschüssige Strom aus Erneuerbaren Energien in thermische Energie umgewandelt und für Heizzwecke genutzt werden. Dies kann beispielsweise über dezentrale Stromdirektheizungen, wie Wärmepumpen oder Nachtspeicherheizungen realisiert werden. Allerdings müssen diese Heizungen für eine Stromnetzunterstützung über eine entsprechende Regelungstechnik verfügen. Power-to-Heat Anlagen können auch als Heizzentralen zur Unterstützung von Wärmenetzen eingesetzt werden. Eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung ist mit solchen elektrischen Wärmeerzeugern allerdings erst möglich, sobald der verwendete Strommix durch 100% erneuerbare Energien gedeckt ist.

Ebenfalls kann Power-to Heat durch Stromdirektheizungen wie Infrarotheizungen oder Speicherheizungen dezentral eingesetzt werden. Die Betriebskosten für diese Technologien sind recht hoch, können aber durch den Einsatz von Photovoltaik-Anlagen reduziert werden.

4.4.8 Speichertechnologien

Neben dem örtlichen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch durch Wärme- und Gasnetze ist auch die Berücksichtigung des zeitlichen Ausgleichs durch Speichertechnologien notwendig. Da die Erzeugung von Wärme je nach Technologie jahreszeitlichen und wetterbedingten Schwankungen unterliegt, sind entsprechende Speicherkapazitäten notwendig, um diese Schwankungen auszugleichen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen zentralen und dezentralen Speichermöglichkeiten sowie zwischen kurzfristigen Pufferspeichern und saisonalen Speichern. In Tabelle 11 werden die Notwendigkeiten und sinnvollen Möglichkeiten der Energiespeicherung für verschiedene Technologien der regenerativen Wärmeerzeugung aufgezeigt. Ein ausgewiesenes Speicherpotenzial ist an dieser Stelle nicht zielführend. Im Zuge der Maßnahmenentwicklung werden notwendige Speicherkapazitäten mit eingeplant.

Tabelle 11: Erläuterung von Speichermöglichkeiten und Notwendigkeiten für verschiedene Technologien der Wärmeerzeugung

Erzeugungstechnologie	Speichertyp	Erläuterung
Freiflächen-Solarthermie	Saisonal, zentral	<p>Aufgrund der Abhängigkeit von der solaren Einstrahlung stellen großflächige Solarthermieranlagen vor allem im Sommer und am Tag hohe Wärmemengen zur Verfügung. Diese Zeiträume decken sich allerdings kaum mit den Zeiten erhöhter Wärmenachfrage. Aus diesem Grund ist es in solaren Wärmenetzen, für den Fall, dass der solare Deckungsanteil entsprechend hoch ist, sinnvoll durch einen saisonalen Speicher die Wärmemengen aus dem Sommer im Winter zu nutzen und gleichzeitig tageszeitliche Schwankungen auszugleichen. Die Speicherung wird entweder durch Behälter, Erdbecken, Erdsonden oder Aquiferspeicher realisiert. Die Technologien haben unterschiedliche Flächenbedarfe und Vor- und Nachteile. Die Wahl des richtigen Speichers muss individuell geprüft werden. In Deutschland sind saisonale Wärmespeicher noch eine Seltenheit. In Dänemark hingegen sind diese schon fester Bestandteil der Energieinfrastruktur, wie der weltgrößte Erdbeckenspeicher in Vojens mit einem Fassungsvermögen von 210.000 m³ Wasser. [52]</p> <p>Sollte der Wärmebedarf allerdings selbst im Sommer höher sein als die Wärmeerzeugung und der solare Deckungsanteil entsprechend niedrig, so ist kein Langzeitspeicher notwendig. Die Wirtschaftlichkeit eines saisonalen Wärmespeichers ist im Detail zu prüfen.</p>
Solarthermische Aufdachanlagen, Dezentrale Wärmepumpen	Pufferspeicher, dezentral	Für dezentrale Solarthermieranlagen, die vor allem zur Unterstützung der Warmwasserbereitung eingesetzt werden, ist der Einsatz eines Pufferspeichers sinnvoll, um den Nutzungsgrad der Anlage zu erhöhen. Gleiches gilt für eine Wärmepumpenheizung.
Geothermie	Kein Speicher notwendig	Oberflächennahe und tiefe geothermische Wärme steht ganzjährig auf einem konstanten Niveau zur Verfügung. Hier ist ein Speicher nicht notwendig oder höchstens zur regelungstechnischen Pufferung. Allerdings können im Untergrund auch Wärmemengen gespeichert werden, sollte es aufgrund von Abwärme oder solarer Wärme einen Anwendungsfall dafür geben. Durch die isolierenden Eigenschaften der Gesteinsschichten können Wärmemengen über mehrere Monate gespeichert werden. [53]
Abwasserwärme oder Umweltwärme mit zentraler Wärmepumpe	Pufferspeicher, zentral	Eingesetzt in Wohnanlagen ist für eine Abwasserwärmerückgewinnung aufgrund des diskontinuierlichen Abwasserflusses eine Zwischenspeicherung in der Regel sinnvoll. Am Markt gibt es auch bereits zuverlässige

Erzeugungstechnologie	Speichertyp	Erläuterung
		<p>Systeme. In der Kanalisation oder beim Einbau bei einer Kläranlage steht stets genügend Abwasser zur Verfügung. Das Temperaturniveau des Abwassers in der Kanalisation schwankt im Jahr etwa zwischen 20°C und 30°C. Den Einsatz eines saisonalen Wärmespeichers rechtfertigt diese Temperaturdifferenz von 10 K nicht. [54] [55, p. 4]</p> <p>Das gleiche gilt für Niedertemperatur-Umweltwärmequellen wie Gewässer. Auch wenn die Temperaturdifferenz größer ausfällt, ist ein ökonomisch sinnvoller Einsatz von saisonalen Wärmespeichern fraglich</p>
Wasserstoff	Saisonal, zentral	<p>Ein großer Vorteil von regenerativ erzeugten Gasen ist die langfristige und einfache Speicherung. Wasserstoff kann unter Hochdruck in Drucktanks oder unterirdischen Poren- und Kavernenspeichern ohne nennenswerte Verluste gespeichert werden. Deutschland verfügt über ein gesamtes Fassungsvermögen von 23 Milliarden Kubikmetern Gas. Diese sind allerdings aktuell für die Speicherung von Erdgas vorgesehen. Dennoch ist der Ausbau einer Speicherinfrastruktur für Wasserstoff entsprechend einfach. [56]</p>

4.5 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenziale durch Energieeinsparung, regenerativer Energieerzeugung und unvermeidbarer Abwärme sind in Tabelle 12 sowie in Abbildung 33 (Wärme) und Abbildung 34 (Strom) dargestellt. Tabelle 12 führt zudem das Potenzialniveau und ggfs. relevante Annahmen auf.

Solarenergie

Die Potenziale für Freiflächen-Photovoltaik und -Solarthermie werden als theoretisch technisches Potenzial eingestuft, da lediglich die Flächen außerhalb der Ausschlussflächen betrachtet werden und nicht auf topografische Gegebenheiten eingegangen wird. Ebenfalls liegen für die gesamten identifizierten Flächen das Prüfbelag Landschaftsschutzgebiet vor, welches zwar kein Ausschlusskriterium bildet, aber ggf. den genehmigungsrechtlichen Aufwand erhöht.

Die Potenziale für Aufdachanlagen für Solarthermie- und PV-Anlagen sowie zur Energieeinsparung durch Sanierung liegen bereits in einem technischen Potenzial vor. Hier müssen im Zuge der Szenarienentwicklung realisierbare Ausbauraten und Sanierungsraten festgelegt werden.

Erneuerbare Gase

Das Potenzial zur lokalen Erzeugung Erneuerbarer Gase wurde von dem Potenzial regenerativer Stromerzeugung in freier Fläche abgeleitet und liegt bei 273 GWh/a für grünen Wasserstoff, beziehungsweise 220 GWh/a für synthetisches Methan. Da allerdings nicht geprüft wurde, welche Flächen zur Elektrolyse notwendig sind und woher die CO₂-Mengen zur Methanisierung bereitgestellt werden können, handelt es sich um ein theoretisch technisches Potenzial. Aufgrund der hohen spezifischen Kosten von PtG-Anlagen ist eine entsprechend hohe Erzeugung nicht rentabel. Der Prozesswärmebedarf in Bad Honnef liegt bei knapp 17 GWh/a und ist bei einem Einsatz von Erneuerbaren Gasen primär zu berücksichtigen. Ein rentabler Einsatz von Erneuerbaren Gasen kann nur durch Importe über das Wasserstoffkernnetz ermöglicht werden.

Windkraft

Aufgrund der bereits fortgeschrittenen Überlegungen seitens der BHAG und der Stadt Bad Honnef zur Errichtung zweier Windkraftanlagen in Bad Honnef, liegt dieses Potenzial in Form eines realistisch realisierbaren Potenzials vor.

Biomasse

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wurden nur Potenziale zur Nutzung von Abfall- und Reststoffe betrachtet. In dieser Kategorie konnten keine Potenziale identifiziert werden. Allerdings gibt es Planungen eines potenziellen Projektentwicklers in Aegidienberg, ein Nahwärmenetz mit einem BHKW auf Basis von Waldrestholz zu betreiben. Dies könnte beim Betrieb eines Wärmenetzes unterstützen.

Umweltwärme

Für das Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme (Luftwärmepumpe und Flusswasserwärmepumpe) wird auf die Wärmestudie NRW referiert. Dabei gilt das Potenzial für die Flusswasserwärmepumpe als grober Richtwert und kann im Zuge der Szenarien- und Maßnahmenentwicklung abweichen.

Abwasserwärme

Abwasserwärme kann über den Einbau von Wärmeübertragungssystemen in Teilabschnitten der Kanalisation und dem Auslauf der Kläranlage in der Tallage genutzt werden. Die Kläranlage in Aegidienberg ist aufgrund des kurzen Weges zum Bachlauf nicht geeignet. Aufgrund nicht vorliegender Trockenwetterabflussmengen und Temperaturen innerhalb der Kanalisationsabschnitte wurde ein Referenzwert aus der Wärmestudie für die installierbare Leistung pro Meter Kanallänge genutzt. Ebenfalls ist die Nutzung hauseigener Systeme denkbar, hier kann aufgrund der individuellen Gegebenheiten aber kein pauschales Potenzial ermittelt werden.

Geothermie

Das ausgewiesene Potenzial für Geothermieranlagen beschränkt sich auf die Nutzung von Erdwärmesonden bis 250 m und oberflächennahe Geothermie. Potenziale für tiefe Geothermie liegen in Bad Honnef aufgrund fehlender hydrothermalen Reservoirs nicht vor. Potenziale für mitteltiefe Geothermie bei Nutzung von -Erdwärmesonden werden im Zuge der Maßnahmenentwicklung in Kombination mit solarthermischen Anwendungen vertieft.

Abwärme

Das Abwärmepotenzial in Bad Honnef ist niedrig. Nur ein Unternehmen hat entsprechende Potenziale zurückgemeldet und diese liegen nur etwa bei 250 MWh/a.

Energieeinsparung und Sanierung

In Bad Honnef resultiert aus den Annahmen und Daten von ENEKA und Infas 360 ein gesamtes technisches Sanierungspotenzial von etwa 159 GWh/a, was einer Sanierungsquote von 100% entspricht.

Gesamt

Das gesamte regenerative Wärmepotenzial (Erzeugung und Reduktion) liegt bei etwa 1.365 GWh/a und das gesamte regenerative Strompotenzial etwa bei 426 GWh/a. Allerdings stehen viele Technologien und Potenziale in Konkurrenz zueinander, wie beispielsweise Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft oder die Nutzung von erneuerbarem Strom für den Wärmesektor (Erneuerbare Gase), sodass allein aus diesem Grund eine volle Ausschöpfung des Potenzials nicht möglich ist.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Potenziale der verschiedenen Anwendungen samt Potenzialniveau und Anmerkungen

Anwendung	Potenzial [GWh/a]	Potenzialniveau	Anmerkungen/ Annahmen
Sanierung	159	Technisches Potenzial	Sanierungsrate von 100%
Unvermeidbare Abwärme	0,25	Technisches Potenzial	Erste grobe Einschätzung. Zukünftige Änderung erwartet

Anwendung	Potenzial [GWh/a]	Potenzialniveau	Anmerkungen/ Annahmen
Solarthermie Aufdachanlagen	6,3	Technisches Potenzial	Studie Solarkataster
Solarthermie Freifläche	560	Theoretisch technisches Potenzial	Ohne Prüfungsbelange und Topografie. Hier werden deutliche Abzüge erwartet
Geothermie	145	Technisches Potenzial	Betrachtet Erdwärmesonden bis 250 m. Unsicherheit aufgrund hydrogeologisch sensiblen Bereichs
Luft-Wärmepumpe	150	Theoretisches Potenzial	Ergebnis aus Wärmestudie NRW
Flusswasserwärmepumpe	60	Theoretisches Potenzial	Ergebnis aus Wärmestudie NRW
Biomasse	0	-	Kein Potenzial aufgrund Förderrichtlinie
Abwasser	13,9	Technisches Potenzial	Bezieht sich auf Auslauf Kläranlage Tallage und Einbau von Wärmeübertrager innerhalb der Kanalisation. Referenzwert für Leistung pro Meter Kanallänge aus Wärmestudie NRW
Erneuerbare Gase	220	Theoretisch technisches Potenzial	Potenzial für synthetisches Methan. CO ₂ -Herkunft muss geprüft werden. Primär für Ersatz der Prozesswärme. Hohe spezifische Kosten
Photovoltaik Aufdachanlagen	71	Technisches Potenzial	Studie Solarkataster
Photovoltaik Freifläche	322	Theoretisch technisches Potenzial	Ohne Prüfungsbelange und Topografie. Hier werden deutliche Abzüge erwartet
Windenergie	33	Realisierbares Potenzial	Bereits erste Studien seitens BHAG und Stadt Bad Honnef
Gesamtes Wärmepotenzial	1.314		
Gesamtes Strompotenzial	426		

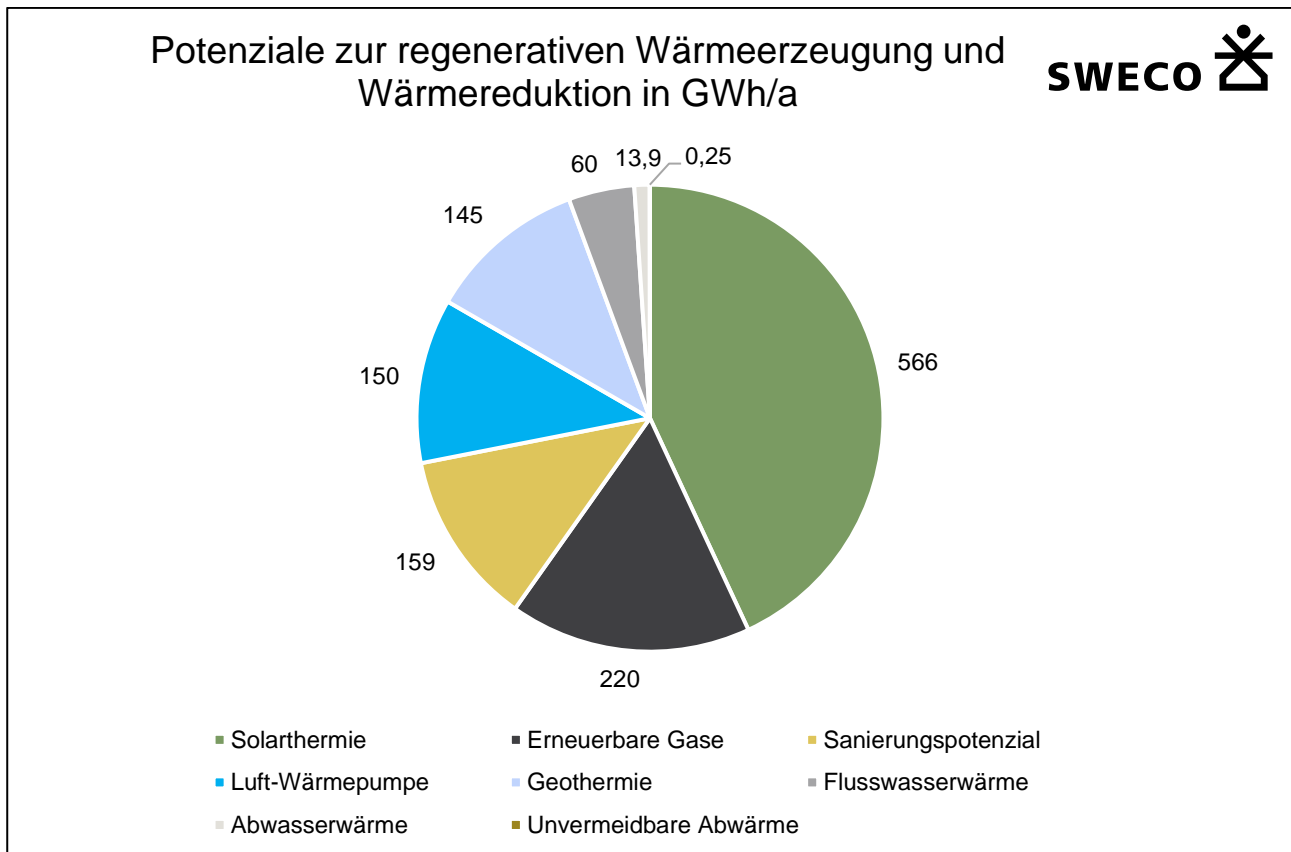


Abbildung 33: Potenziale zur regenerativen Wärmeerzeugung und Wärmereduktion in GWh/a.

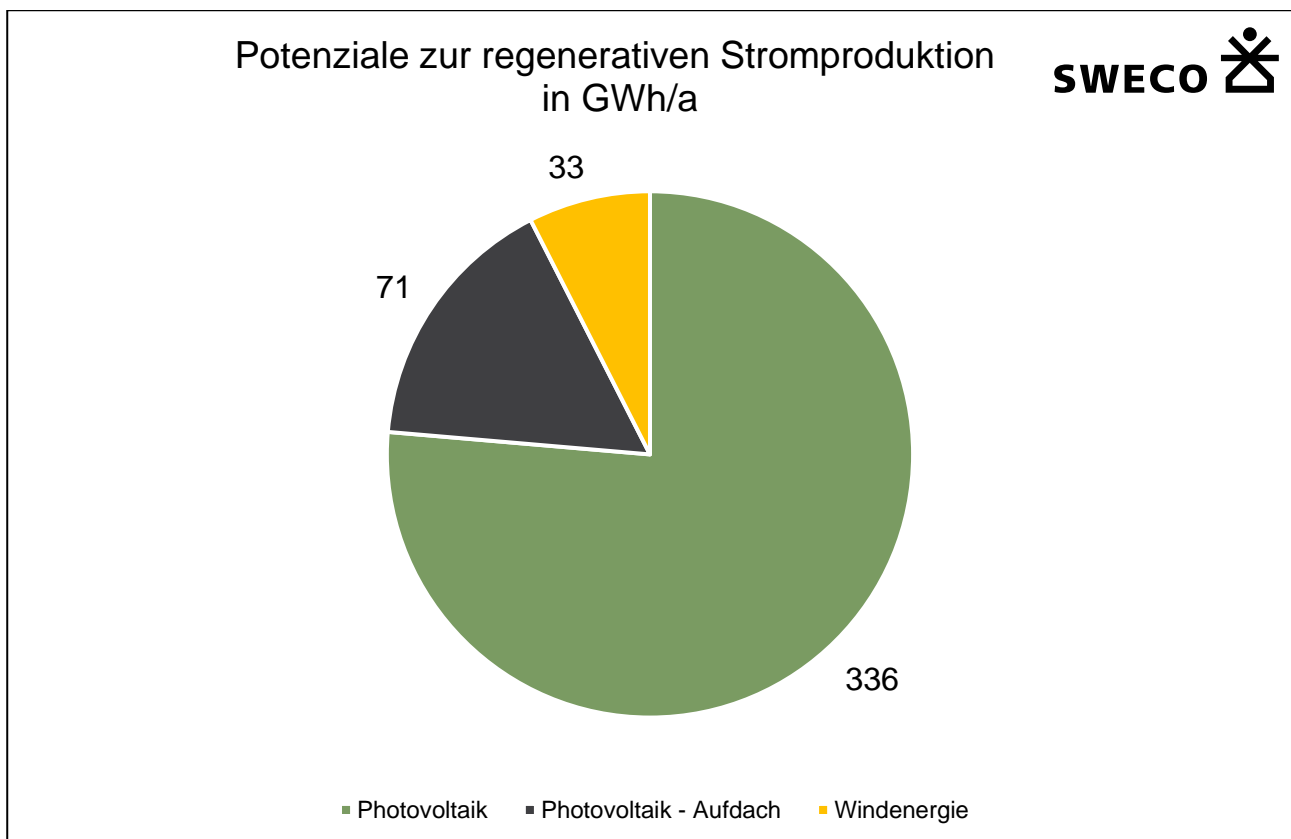


Abbildung 34: Potenziale zur regenerativen Stromproduktion in GWh/a.

In Abbildung 35 werden die relevanten Potenziale zur regenerativen Energieerzeugung samt ihrer potenziellen Versorgungsradien dargestellt, wobei für die Flusswasserwärmepumpe ein exemplarischer Standort eingezeichnet wurde. Auf die Darstellung der Potenziale zur Erzeugung Erneuerbarer Gase wurde aufgrund der hohen spezifischen Kosten zunächst verzichtet. Die PtG-Anlagen werden in unmittelbarer Nähe zu den Anlagen der regenerativen Stromerzeugung installiert. Eine genauere Erläuterung, wie die Versorgungsradien gebildet wurden ist Kapitel 5.1 zu entnehmen.

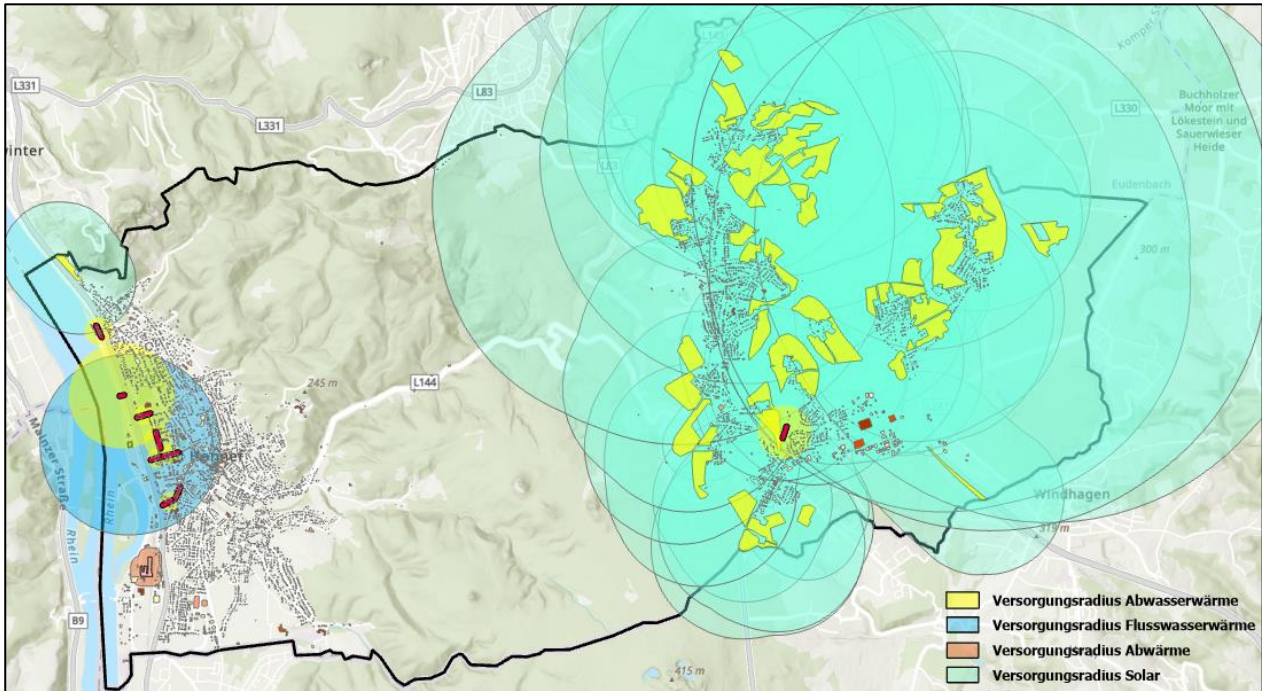


Abbildung 35: Darstellung der Potenzialflächen zur Erzeugung von regenerativer Wärme und regenerativem Strom in Bad Honnef

5 Szenarienentwicklung

Zur Entwicklung eines Zielszenarios mit dem Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2045 werden die Wärmeverbräuche und Potenziale zur regenerativen Wärmeerzeugung sowie weitere Daten aus der Bestandsanalyse miteinander verschnitten. Mittels eines methodischen Vorgehens wird eine gebäudescharfe Bewertung der Eignung verschiedener Wärmeversorgungsarten durchgeführt, um so Eignungsgebiete zu definieren. Mithilfe dieser Eignungsbewertung wird in Abstimmung mit den Fachakteuren im Szenario- und im Maßnahmenworkshop sowie mit dem Auftraggeber ein gemeinsames Zielszenario abgeleitet.

5.1 Methodik

Gebäude können in Zukunft entweder durch ein Wärmenetz, ein mit grünem Wasserstoff oder anderen grünen Gasen gespeistes Gasnetz oder dezentral z.B. über Wärmepumpen, Biomasseheizungen und Solarthermie, mit regenerativer Wärme versorgt werden. Die angewendete Methodik zur gebäudescharfen Eignungsbewertung dieser Wärmeversorgungsarten orientiert sich an dem Leitfaden des Kompetenzzentrums kommunale Wärmewende (KWW). Die Bewertungskategorien, in denen die Wärmeversorgungsarten für die jeweiligen Gebäude bewertet werden, sind die **Wärmegestehungskosten, das Realisierungsrisiko, die Versorgungssicherheit und die kumulierten Treibhausgasemissionen**, die auch in §18 Absatz 1 des Wärmeplanungsgesetzes Anwendung finden. Die Bewertung in einer Kategorie findet anhand verschiedener Indikatoren statt. Bei den Kategorien Wärmegestehungskosten und kumulierte Treibhausgasemissionen handelt es sich um eine qualitative Bewertung. Eine quantitative Berechnung dieser Werte findet erst für das Zielszenario Anwendung. In Abbildung 37 wird der Bewertungsvorgang schematisch dargestellt.

Die Entwicklung des Zielszenarios wird ebenfalls durch die Einbindung von Fachakteuren flankiert. In Abbildung 36 wird der Ablauf dieses Prozesses dargestellt. Zunächst werden mit den Akteuren die relevanten Rahmenbedingungen und das Thema Energieeffizienzmaßnahmen und zukünftiger Wärmebedarf besprochen. Weiterhin wird das Bewertungsschema vorgestellt und einzelne Indikatoren diskutiert. Da das Thema zukünftiger Wärmebedarf im Szenario-Workshop nicht abschließend geklärt werden konnte, wurde dieses im Maßnahmenworkshop wieder aufgegriffen.

Nach dem Szenario Workshop werden Gespräche mit den potenziellen Netzbetreiber geführt, in diesem Fall mit der BHAG, um die Sichtweise und Pläne in Bezug auf das Gasnetz und den Aufbau zukünftiger Wärmeinfrastruktur mit den eigenen Ergebnissen zu vergleichen und in die Bewertung mit aufzunehmen.

Im Zuge des Maßnahmen Workshop werden die Ergebnisse der Eignungsbewertung sowie daraus abgeleitete Szenarien mit ihren Herausforderungen und Chancen vorgestellt. Ein präferiertes Zielszenario wird zur Diskussion gestellt und eine Feinabstimmung der Gebiete vorgenommen. Nach dem Workshop wird das Zielszenario mit dem Auftraggeber beschlossen.

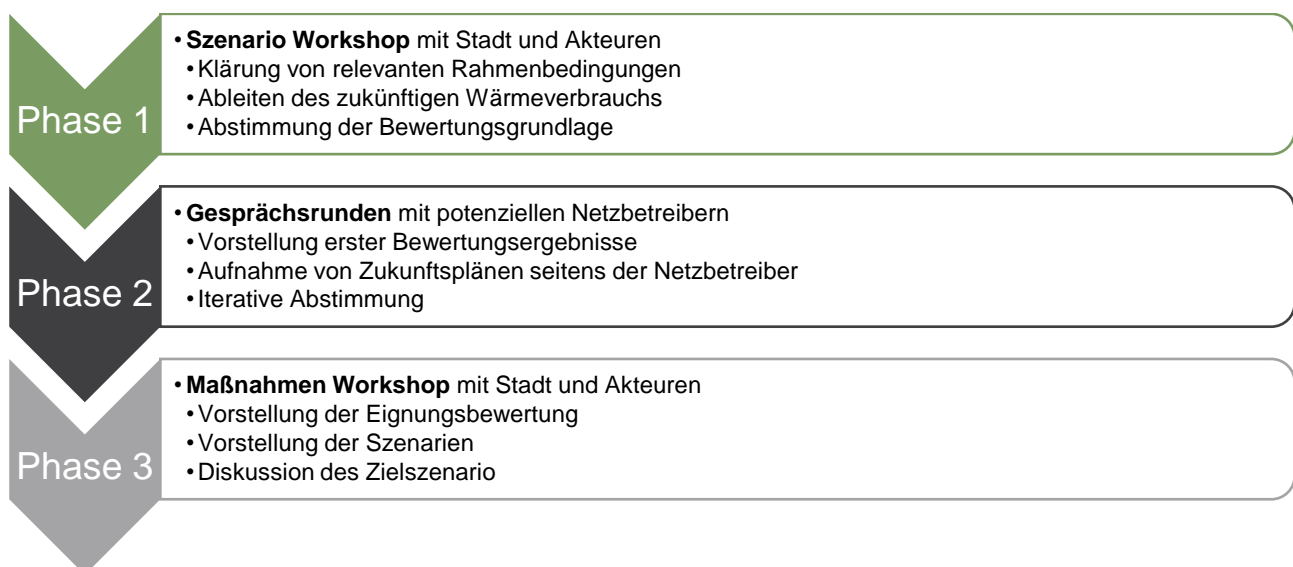


Abbildung 36: Ablauf der Fachakteur Einbindung im Zuge der Entwicklung des Zielszenarios

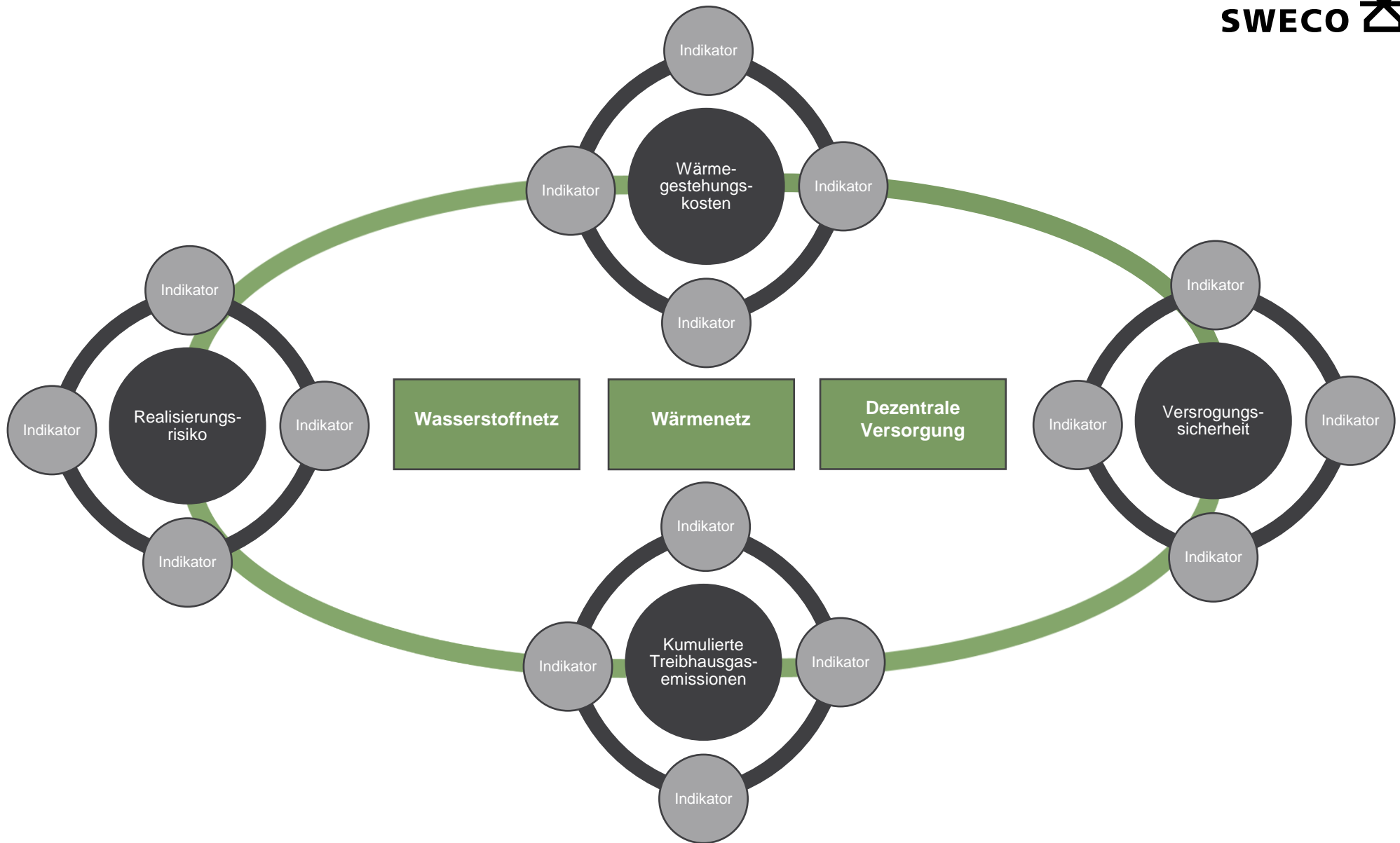


Abbildung 37: Bewertungsschema mit Wärmeversorgungsarten, Bewertungskategorien- und Indikatoren

5.1.1 Gewichtung der Indikatoren

In Tabelle 13 werden die Indikatoren für die Bewertungskategorien aufgeführt. Da die Kategorien Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit Schnittmengen und gemeinsame Indikatoren aufweisen, werden sie gemeinsam bewertet. Einige der Indikatoren können gebäudescharf bewertet werden, wie beispielsweise die Wärmedichte, die Nähe zu regenerativen Erzeugungsquellen, die Nähe zu potenziellen Ankerkunden, das Vorhandensein von Wärme- und Gasnetzen sowie das Sanierungspotenzial. Alle anderen Indikatoren beziehen sich, insbesondere aufgrund der Datengrundlage, auf das gesamte Stadtgebiet oder auf einzelne Stadtteile. Beispielsweise könnte durch Informationen über die in der Straße bereits verlegte Infrastruktur (Wasserleitungen, Telekommunikation) und den verfügbaren Platz für neue Leitungen, die Indikatoren spezifischer Investitionsaufwand für neue Infrastruktur und Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur in einzelnen Straßenzügen bewertet werden. Diese Daten werden jedoch im Rahmen der KWP nicht erhoben und müssen in nachfolgenden Planungsprozessen betrachtet werden.

Tabelle 13: Auflistung der Indikatoren für die einzelnen Bewertungskategorien

Wärmegestehungskosten	Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit	Kumulierte Treibhausgasemissionen
<ul style="list-style-type: none"> Wärmedichte Potenzial regenerativer Wärmeerzeugung Potenzielle Ankerkunden Erwartbarer Anschlussgrad Langfristiger Prozesswärmebedarf Vorhandensein Wärmenetze Vorhandensein Gasnetze Spezifischer Investitionsaufwand Infrastruktur Investitionskosten Anlagentechnik Preisentwicklung Sanierungspotenzial 	<ul style="list-style-type: none"> Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorgelagerter Infrastrukturen Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Verfügbarkeit von Energieträgern oder Erschließung lokaler Wärmequellen Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitativer Vergleich der bis zum Zieljahr emittierten Treibhausgase durch die Wärmeversorgung

Die Indikatoren und die Bewertungskategorien erhalten ebenfalls unterschiedliche Gewichtungen. Der Schwerpunkt der Bewertung für die Versorgung mit einem Wärmenetz liegt vor allem auf der Wärmedichte sowie der Nähe zu regenerativen Wärmeerzeugungsquellen. Für die Bewertung der Wasserstoffeignung liegt der Schwerpunkt vor allem auf der Preisentwicklung und dem langfristigen Prozesswärmebedarf und für die Bewertung der Dezentralen Versorgung auf der Wärmedichte und dem Sanierungspotenzial.

Die Bestandsstrukturen von Wärmenetzen gehen nur mit einer geringen Gewichtung in die Bewertung ein, da Bad Honnef aktuell nur über ein kleines Nahwärmenetz verfügt. Gleiches gilt für den Indikator *spezifische Investitionsaufwand für Infrastruktur*, da aufgrund fehlender Daten nur eine sehr grobe Abschätzung getroffen werden kann. Der erwartbare Anschlussgrad ist mit viel Unsicherheit behaftet und ist abhängig von den zukünftig getroffenen Maßnahmen der Stadt, um die Akzeptanz der Bürger*innen für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung zu erhöhen. Daher fließt dieser Indikator auch nur entsprechend gering in die Bewertung ein. Der Indikator *Investitionskosten Anlagentechnik* bezieht sich auf die Kosten für die Heizungstechnologie beim Endkunden. In Tabelle 14 sind die einzelnen Gewichtungen der Indikatoren in den jeweiligen Bewertungskategorien, sowie die Gewichtungen der Bewertungskategorien für die jeweiligen Wärmeversorgungsarten aufgeführt. Die Wärmegestehungskosten fließen mit 70%, Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit mit 25% und die kumulierten Treibhausgasemissionen mit 5% in die Bewertung ein.

Tabelle 14: Gewichtungen der einzelnen Bewertungsindikatoren für die jeweiligen Wärmeversorgungsarten

Indikator	Wärmenetz	Wasserstoffnetz	Dezentrale Versorgung
Wärmedichte	40%	0%	40%
Potenzial regenerativer Wärmeezeugung	30%	0%	0%
Potenzielle Ankerkunden	10%	0%	0%
Erwartbarer Anschlussgrad	5%	0%	0%
Langfristiger Prozesswärmebedarf	0%	25%	0%
Vorhandensein von Wärmenetzen	5%	0%	5%
Vorhandensein von Gasnetzen	0%	5%	0%
Spezifischer Aufwand Infrastruktur	5%	10%	5%
Investitionskosten Anlagentechnik	5%	10%	10%
Preisentwicklung	0%	50%	0%
Sanierungspotenzial	0%	0%	40%
Gewichtungsfaktor Wärmegestehungskosten	70%		
Indikator	Wärmenetz	Wasserstoffnetz	Dezentrale Versorgung
Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur	33,3%	25%	33,3%
Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorgelagerter Infrastrukturen	0%	25%	0%
Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Verfügbarkeit von Energieträgern oder Erschließung lokaler Wärmequellen	33,3%	25%	33,3%
Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen	33,3%	25%	33,3%
Gewichtungsfaktor Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit	25%		
Gewichtungsfaktor Treibhausgasemissionen	5%		

5.1.2 Bewertung der Indikatoren

Für jeden Indikator wird die Eignung qualitativ in die Eignungsstufen **hohe Eignung, mittlere Eignung und niedrige Eignung** eingestuft. Die Indikatoren werden dann mit Punktzahlen versehen, mit den Gewichtungen verrechnet und so in die Stufen **sehr wahrscheinlich geeignet, wahrscheinlich geeignet, wahrscheinlich ungeeignet und sehr wahrscheinlich ungeeignet** nach §19 des WPG eingeteilt. Die Endbewertung jedes Gebäudes wird wiederum in eine Punktzahl transformiert und im Anschluss ein Durchschnittswert in den einzelnen Baublöcken berechnet, um so jeden Baublock mit einer Endbewertung der Eignung der drei Wärmeversorgungsarten zu versehen.

Die gewählten Eignungsstufen der Indikatoren, die für alle Gebäude der Stadt gleich bewertet werden, sind in Tabelle 15 aufgelistet und werden nachfolgend näher beschrieben.

Tabelle 15: Bewertung der Indikatoren, die nicht gebäudescharf bewertet werden.

Indikator	Wärmenetz	Wasserstoffnetz	Dezentrale Versorgung
Langfristiger Prozesswärmebedarf	-	Niedrige Eignung	-
Spezifischer Investitionsaufwand Infrastruktur	Niedrige Eignung	Mittlere Eignung	Hohe Eignung
Investitionskosten Anlagentechnik	Mittlere Eignung	Niedrige Eignung	Niedrige Eignung
Preisentwicklung	-	Niedrige Eignung	-
Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur	Niedrige Eignung	Hohe Eignung	Hohe Eignung
Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorgelegter Infrastrukturen	-	Hohe Eignung	Hohe Eignung
Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Verfügbarkeit von Energieträgern oder Erschließung lokaler Wärmequellen	Mittlere Eignung	Niedrige Eignung	-
Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen	Hohe Eignung	Niedrige Eignung	Hohe Eignung
Kumulierte Treibhausgasemissionen	Mittlere Eignung	Niedrige Eignung	Hohe Eignung

Langfristiger Prozesswärmebedarf: In Bad Honnef liegt der Schwerpunkt des Wärmeverbrauchs im privaten Sektor. Der Industriesektor ist insgesamt nur schwach ausgeprägt. Der Prozesswärmebedarf in Bad Honnef liegt etwa bei 17 GWh/a. Trotz des Großkunden in Bad Honnef Tal entspricht der Prozesswärmebedarf nur etwa einem Anteil von 6% des Wärmebedarfs von Bad Honnef. Vor allem in Hinblick auf einen zukünftigen Import von grünem Wasserstoff ist dies ein entscheidendes Kriterium, zumal die Industrie mit fehlenden Alternativen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zunächst priorisiert beliefert wird. Daher wird die Eignung für Wasserstoff als niedrig eingestuft, für die anderen Versorgungsarten ist dieser Indikator nicht relevant.

Spezifischer Investitionsaufwand Infrastruktur: Aufgrund nicht vorliegender Daten zur Belegung des Untergrunds der Straßen in Bad Honnef kann dieses Kriterium nicht georeferenziert betrachtet werden. In der quantitativen Berechnung der Kosten des Zielszenarios und der anschließenden Maßnahmen wird der

Versiegelungsgrad des Untergrunds allerdings berücksichtigt. Für die qualitative Bewertung wird daher das ganze Stadtgebiet gleichermaßen berücksichtigt. Der Aufwand für den Neuaufbau einer Wärmeinfrastruktur wird zweifelsfrei am höchsten eingeschätzt, da dafür großflächige Straßenarbeiten notwendig sind.

Bei der Umwidmung des Gasnetzes müssen laut Aussage der BHAG lediglich einzelne Komponenten ausgetauscht werden, da das Gasnetz noch jung ist. Dies wird aktuell im Rahmen eines Transformationsplans durch die BHAG überprüft. Zunächst wird der Aufwand mit einer mittleren Eignung bewertet.

Der Aufwand zum Ausbau des Stromnetzes für die dezentrale Versorgung wird im Vergleich zu den anderen Versorgungsarten am geringsten eingeschätzt, da hier die bestehende Infrastruktur lediglich ausgebaut und vor allem smarter gestaltet werden muss. Nichtsdestotrotz ist die Transformation des Stromnetzes im Zuge der Elektrifizierung der Wärmeversorgung und der Mobilität eine anspruchsvolle Aufgabe.

Investitionskosten Anlagentechnik: Bei diesem Indikator wurden die herkömmlichen Preise von Wärmepumpen, Gasthermen und Hausanschlussstation bei einer Umstellung auf Fernwärme miteinander verglichen. Aktuell liegt die Wärmepumpe auf einem hohen Preisniveau, wobei mit starker Verbreitung der Technologie auch eine entsprechende Degression zu erwarten ist. Bei Anschluss an ein Wasserstoffnetz ist eine Gastherme, auch wenn sie als H₂-ready betitelt werden, nicht unbedingt ausreichend, da diese Heizungen häufig nur mit einem Gasgemisch mit einem Wasserstoffanteil von 20-30% betrieben werden können. Für einen Betrieb mit 100% grünem Wasserstoff sind Brennwertheizungen nötig, die in der Beschaffung noch recht teuer sind. Insofern wurde die Eignung für Wasserstoff und dezentrale Versorgung niedrig eingestuft. Die Kosten für die Umstellung auf eine Fernwärmeheizung liegen in einem ähnlichen Niveau wie eine neue Gastherme und die Eignung wird als mittel eingestuft. [57]

Preisentwicklung: Dieser Aspekt wurde bewusst nur für die Versorgung mit einem Wasserstoffnetz betrachtet, da die Abhängigkeit vom Weltmarkt beim Import von grünem Wasserstoff am höchsten ist. Die Entwicklung der Endkundenpreise für Strom und Fernwärme werden hingegen in den Berechnungen der Maßnahmen mit einbezogen. Die eigene Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien in Deutschland ist nicht konkurrenzfähig, insbesondere vor dem Hintergrund mangelnder Kapazitäten erneuerbarer Energien. Dies liegt daran, dass Deutschland geographisch kein günstiger Standort für Solar- und Windenergie ist und hohe Wasserstoffbedarfe für die Industrie im Inland vorherrschen. Der Erzeugungspreis für grünen Wasserstoff in Deutschland schwankt aktuell zwischen 9 und 11 Cent/kWh. Wie die Preise und Verfügbarkeiten bei einem zukünftigen Import aussehen werden, ist aktuell schwierig abzuschätzen und es gibt hohe Unsicherheiten in den vorliegenden Prognosen, wie beispielsweise bei der Prognose des DVGW [58]. Daher wurde zunächst ein hoher Preispfad angenommen und somit ein konservativer Fall abgebildet. Dieses Kriterium beeinflusst die Eignung der zukünftigen Wärmeversorgung durch Wasserstoff stark und sollte regelmäßig geprüft werden. [59]

Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur: Ähnlich wie schon bei der Bewertung der spezifischen Investitionskosten ist dieser Indikator für den Aufbau eines Wärmenetzes mit einer niedrigen Eignung zu versehen, da der Aufwand und die Erfordernisse beim Aufbau einer neuen Infrastruktur sehr hoch sind und die Datenlage bezüglich der Belegung des Untergrundes nicht ausreichend ist.

Bezüglich der Bewertung des Aufwandes der Umwidmung des Gasnetzes folgt die Eignungsbewertung der schon genannten Einschätzung der BHAG (hohe Eignung). Eine genauere Bewertung erfolgt nach Abschluss des Transformationsplans.

Gemäß §11 Absatz 1 Satz 1 EnWG in Verbindung mit §14a EnWG zur Integration von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen sind Netzbetreiber verpflichtet, Stromverteilnetze entsprechend zu optimieren. Diese Optimierung wird im Zuge der Wärmeplanung als grundsätzliche Voraussetzung angenommen [60, p. 87]

Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorgelagerter Infrastrukturen: Lokale Wärmenetze verfügen über keine bzw. eine geringfügige vorgelagerte Infrastruktur bezüglich der Wärmeerzeugung. Daher wird dieser Indikator für Wärmenetze nicht bewertet. Bad Honnef (Aegidienberg) liegt voraussichtlich direkt am Wasserstoff-Kernnetz, daher ist von einer Verfügbarkeit der erforderlichen vorgelagerten Infrastruktur auszugehen. Auch bei Stromnetzen kann aufgrund nationaler Vorgaben sowie europäischer Anforderungen davon ausgegangen werden, dass die lokale Versorgung durch Übertragungsnetze langfristig gesichert ist. [60, p. 87]

Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Verfügbarkeit von Energieträgern oder Erschließung lokaler Wärmequellen: Dieser Indikator ist nur für Wärme- und Gasnetze relevant. Im Zuge der kommunalen

Wärmeplanung wird eine regenerative Stromversorgung bis hin zum Jahr 2045 als Grundvoraussetzung angenommen.

Die lokale Verfügbarkeit von Wärmequellen für den Betrieb eines Wärmenetzes in Bad Honnef beschränkt sich vor allem auf Solarenergie, Abwasser- und Flusswasserwärme. Für alle drei Potenziale ist kein Fündigkeitsrisiko wie bei Geothermie zu erwarten. Allerdings sind die Alternativen für den Betrieb eines Wärmenetzes in Bad Honnef Tal gering und der Aufbau einer Flusswasserwärmepumpe mit einigen Komplikationen versehen, die es auszuräumen gilt. Daher wurde die Eignung als mittel bewertet.

Für die Bewertung der Verfügbarkeit von Wasserstoff in Zukunft ist aufgrund des hohen Wasserstoffbedarfs und der begrenzten Verfügbarkeit erneuerbaren Stroms in Deutschland von einem hohen Anteil an Importen auszugehen. Da Bad Honnef nicht über entsprechende Prozesswärmebedarfe verfügt, ist es unsicher welche Mengen in Zukunft bezogen werden können. Auch wenn die BHAG bereits eine Konzession als Wasserstoff Verteilnetzbetreiber plant und erste Bedarfsmengen gemeldet hat, bleibt ein hohes Risiko.

Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen: Da der Betrieb eines Wärmenetzes nicht vom Energiemarkt oder anderen vorgelagerten Energieinfrastrukturen abhängig ist, sind die Rahmenbedingungen für den Aufbau eines Wärmenetzes wenig volatil. Da Deutschland nur einen sehr geringen Anteil des eigenen Strombedarfs aus dem Ausland importiert, sind auch hier geringe Risiken zu erwarten. Anders sieht dies bei Wasserstoff aus, der zukünftig international gehandelt wird. Die langfristige Stabilität des Marktes ist abhängig von geopolitischen Entwicklungen und mit großen Unsicherheiten behaftet. Veränderungen zwischen Angebot und Nachfrage beeinflussen die Preise, sodass große Preisschwankungen möglich sind. Daher wird das Risiko bezüglich stabiler Rahmenbedingungen bei Wasserstoff hoch eingeschätzt.

Kumulierte Treibhausgasemissionen: Die Transformation des Wasserstoffnetzes sowie der Aufbau des Wasserstoff-Kernnetzes wird einige Zeit in Anspruch nehmen. Bis dahin werden die potenziellen neuen Anschlussnehmer weiterhin mit Erdgas versorgt. Auch wenn im Jahr 2045 alle Erdgaskunden auf Wasserstoff umgestellt sind, wird dies bis zum Zieljahr viele Treibhausgasemissionen verursachen. Im Vergleich dazu können durch einen Wechsel auf effiziente Wärmepumpen bei gleichzeitigem Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien im Strommix bereits kurzfristige Minderungseffekte erzielt werden. Beim Aufbau einer Wärmenetzinfrastruktur wird von einem mittelfristig sukzessiven Umstieg ausgegangen.

Gebäudescharfe Bewertung

Die in Tabelle 17 aufgeführten Indikatoren werden für jedes Gebäude individuell betrachtet. Für die Ermittlung der **Wärmedichte** werden um jedes Gebäude ein Umkreis von 1 ha gezogen, in denen der Wärmeverbrauch aller Gebäude summiert wird. Die Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten nach potenzieller Eignung für Wärmenetze erfolgt nach dem Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung des Landes Baden-Württemberg (siehe Tabelle 16). In der Bewertung werden für Wärmedichten unterhalb 415 MWh/ha*a eine niedrige Eignung eingetragen. Wenn sich diese Bereiche allerdings dennoch aufgrund anderer Kriterien für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung eignen, ist die Betrachtung von Niedertemperaturnetzen oder kalten Wärmenetzen sinnvoll. Je nach Wärmequelle und notwendigen Vorlauftemperaturen können diese Art von Netzen aber auch bei hohen Wärmebedarfsdichten zum Einsatz kommen. Die notwendige Endtemperatur kann dann von Wärmepumpen lokal erzeugt werden.

Tabelle 16: Klassifikation der Wärmebedarfsdichte nach potenzieller Eignung für Wärmenetze [61]

Wärmedichte MWh/ha*a	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0-70	Kein technisches Potenzial
70-175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175-415	Empfehlung von Niedertemperaturnetzen im Bestand
415-1050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
>1050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Für die Versorgungsradien der einzelnen **regenerativen Energiequellen** werden um die zur Verfügung stehenden Flächen so lange dynamisch wachsende Umkreise gezeichnet, bis die Summe der Verbräuche innerhalb der Umkreise das Erzeugungspotenzial der Fläche übersteigt.

Der zu erwartende **Anschlussgrad** an ein Wärmenetz wurde innerhalb des Szenario Workshops in Bad Honnef diskutiert und allgemein eher als niedrig eingeschätzt. Gleichzeitig gibt es in der Innenstadt Bad Honnefs aufgrund der dichten Bebauung nur begrenzt Aufstellflächen für Luft-Wärmepumpen und eine Anbindung an das Wasserstoffkernnetz ist auszuschließen, sodass in Zukunft wenig Alternativen zu einem Wärmenetz denkbar sind. Insofern wurde eine mittlere Anschlussrate in Bad Honnef Tal, sowie in den Gewerbegebieten in Aegidienberg angenommen, da dort ein gezielter Dialog mit den Gewerbebetreibern möglich ist. Für den Rest von Aegidienberg wurde eher eine geringe Anschlussrate angenommen. Da dieser Faktor allerdings mit viel Unsicherheit behaftet ist, wird er nicht stark gewichtet. Entscheidend wird es sein, die Anschlussrate in designierten Wärmenetzgebieten durch eine proaktive Kommunikation, Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz, eine transparente und faire Preisgestaltung sowie gegebenenfalls die Implementierung eines entsprechenden Planungsrecht (siehe Maßnahmensteckbrief 14) zu erhöhen.

Tabelle 17: Darstellung der Abstufungen der Indikatoren, die gebäudescharf bewertet werden

Indikator	Niedrige Eignung	Mittlere Eignung	Hohe Eignung
Wärmedichte	<415 MWh/ha*a	415-1050 MWh/ha*a	>1050 MWh/ha*a
Potenzial regenerative Wärme	>50 m entfernt	Maximal 50 m von einem potenziellen Versorgungsradius entfernt	Innerhalb eines potenziellen Versorgungsradius
Nähe zu Ankerkunden	Größter Wärmeverbrauch in 100 m Radius Entfernung: <300 MWh/a	Größter Wärmeverbrauch in 100 m Radius Entfernung: 300-500 MWh/a	Größter Wärmeverbrauch in 100 m Radius Entfernung: >500 MWh/a
Erwartbarer Anschlussgrad	Aegidienberg ohne Gewerbegebiet	Bad Honnef Tal + Gewerbegebiet Aegidienberg	
Vorhandensein von Wärmenetzen	Wärmenetzanschluss >100 m entfernt	Wärmenetzanschluss maximal 100 m entfernt	Wärmenetzanschluss vorhanden
Vorhandensein von Gasnetzen	Gasnetzanschluss >100 m entfernt	Gasnetzanschluss maximal 100 m entfernt	Gasnetzanschluss vorhanden
Sanierungspotenzial	>60%	30%-60%	>30%

5.2 Eignungsgebiete

Im nächsten Schritt werden zunächst Energieeffizienzmaßnahmen auf den Wärmeverbrauch angewendet. Dafür werden die Energieeinsparungen im Wärmesektor in den Szenarien aus dem Klimaschutzkonzept aufgegriffen und in Sanierungsraten umgewandelt. Dabei entspricht die Sanierungsrate einer durchschnittlichen jährlichen Energieeinsparung relativ zum verfügbaren Sanierungspotenzial pro Gebäude. Bei einer Sanierungsrate von 4% pro Jahr könnten so innerhalb von 20 Jahren 80% der Wärmeenergie eingespart werden.

Im Klimaschutzkonzept wird ein **Trend Szenario** und ein **Klimaschutz Szenario** beschrieben. Umgerechnet in Einsparungen bis zum Jahr 2045 ergibt sich für das Trend Szenario eine **Sanierungsrate von 1,8% pro Jahr** und für das Klimaschutzkonzept eine **Sanierungsrate von 3% pro Jahr für nicht denkmalgeschützte Gebäude**. Die Methodik aus Kapitel 5.1 wird unter Anwendung beider Sanierungsraten sowie bei einer Sanierungsrate von 0% durchgeführt. Die Ergebnisse der Bewertung sind in Abbildung 38 (Wärmenetz), in Abbildung 39 (dezentrale Wärmeversorgung) und in Abbildung 40 (Wasserstoffnetz) dargestellt. Die Sanierungsrate wurde auf alle Gebäude gleichermaßen angewendet. [62]

Es ist deutlich zu sehen, dass eine Verringerung der Wärmedichte durch Sanierungsmaßnahmen zu einer Erhöhung der Eignung für eine dezentrale Wärmeversorgung führt und gleichzeitig die Eignung für die Nutzung einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung aufgrund sinkender Absatzmengen reduziert. **In den Gebieten mit geringer Eignung für ein Wärmenetz und geringer Eignung für dezentrale Versorgung sollten Sanierungsbemühungen verstärkt vorangetrieben werden.**

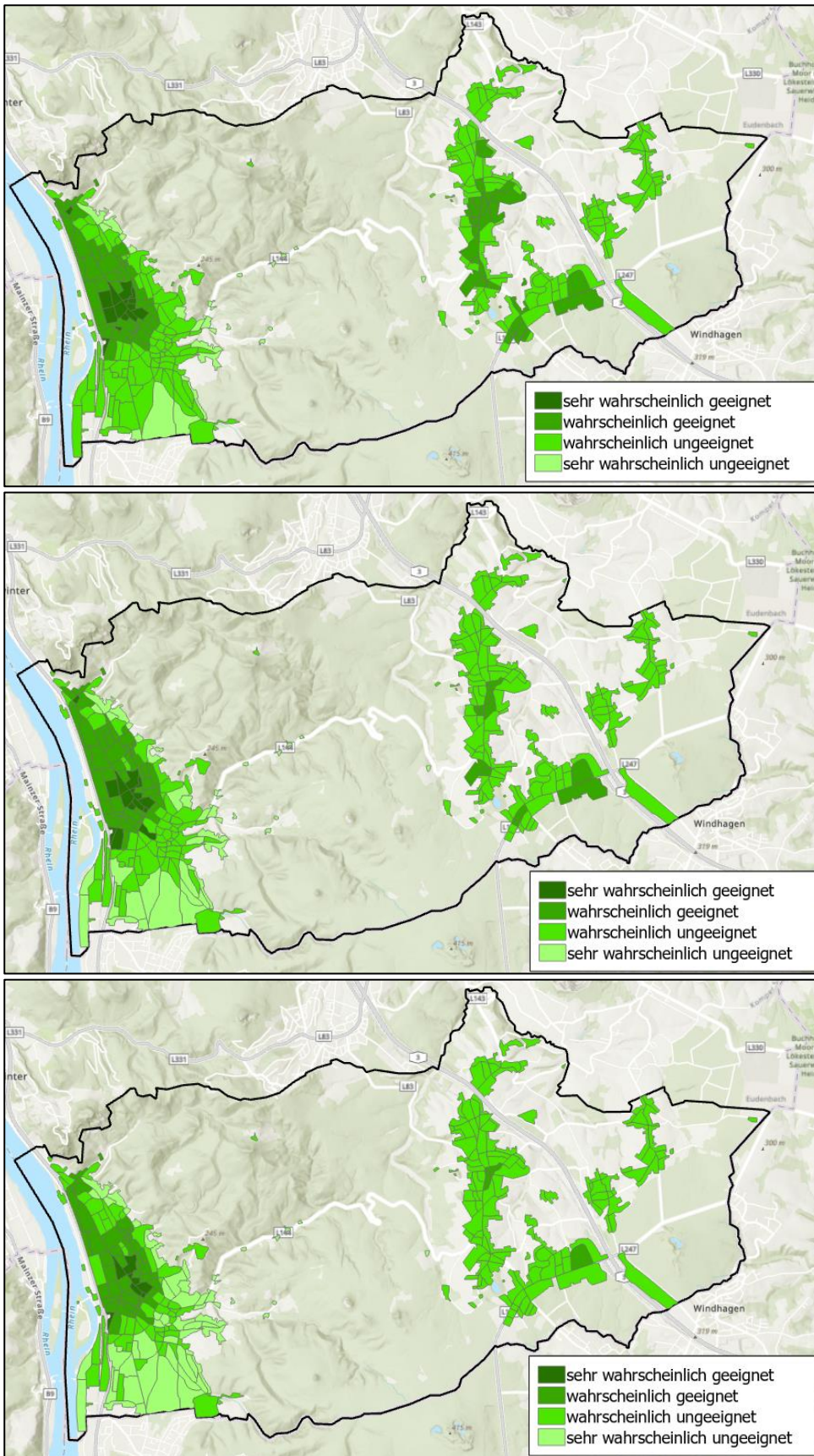


Abbildung 38: Bewertung der Eignung von Wärmenetzen. Ohne Sanierung (oben), für das Trend Szenario (Mitte) und für das Klimaschutz Szenario (unten).

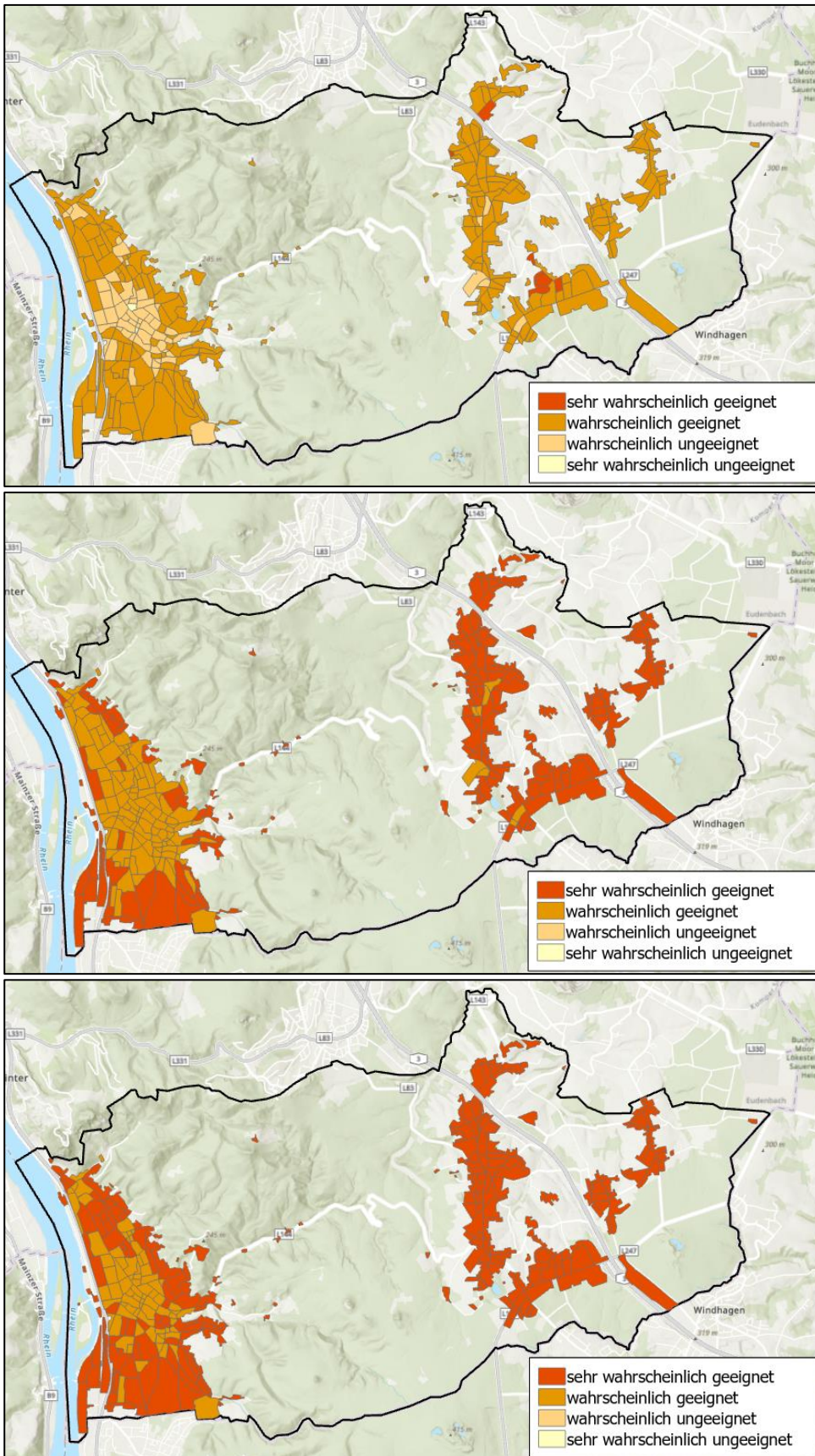


Abbildung 39: Bewertung der Eignung dezentraler Wärmeversorgungsstrukturen. Ohne Sanierung (oben), für das Trend Szenario (Mitte) und für das Klimaschutz Szenario (unten)

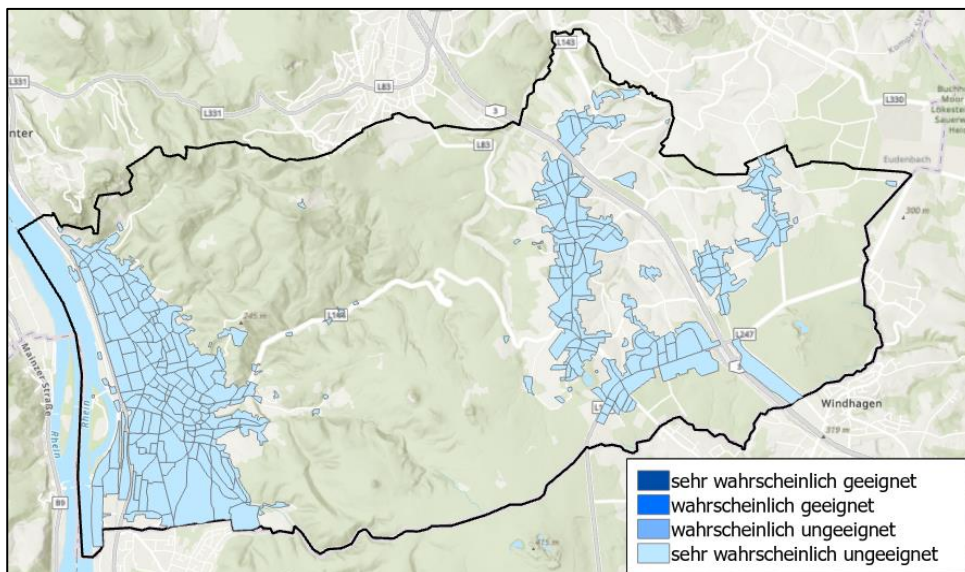


Abbildung 40: Bewertung der Eignung für ein Wasserstoffnetz. Die Bewertung ist unabhängig von der Sanierungsrate

Eignung für ein Wärmenetz: Aufgrund der hohen Wärmedichte ist die Innenstadt von Bad Honnef sehr wahrscheinlich für den Aufbau eines Wärmenetzes geeignet. Auch bei Sanierung der Gebäude bleibt im Innenstadtkern eine hohe Wärmedichte erhalten. Ebenfalls befinden sich einige Ankerkunden in diesem Gebiet. Das Wärmenetz müsste hauptsächlich durch Flusswasserwärme und Abwasserwärme gespeist werden. Ebenfalls müssten Erzeugungseinrichtungen für Spitzenlast und Redundanz im Winter aufgebaut werden. Wie groß sich das Eignungsgebiet nach Norden und Süden austreckt ist auch abhängig von einem potenziellen Standort der Flusswasserwärmepumpe, die zu diesem Zeitpunkt erst einmal provisorisch platziert wurde. Die hohe Eignung im Innenstadtkern bleibt aufgrund ihrer zentralen Lage davon aber unberührt. Dieses Gebiet gilt auch als bevorzugt anzuschließen aufgrund fehlender Alternativen. In den Außenbereichen nimmt die Wärmenetzeignung aufgrund geringerer Wärmedichten, höheren Abständen zu Energieerzeugungspotenzialen und einer geringeren Dichte von Ankerkunden deutlich ab.

In Aegidienberg ist die Wärmedichte deutlich geringer, dafür aber das Angebot von Erzeugungspotenzialen wesentlich größer. Auch hier ist eine Eignung in den dichter besiedelten Bereichen und im Gewerbebereich zu erkennen. Durch erhöhte Sanierung nimmt diese Eignung deutlich ab. Das Sanierungspotenzial sowie die Notwendigkeit für Sanierungsmaßnahmen aufgrund der jüngeren Gebäudestruktur sind in Aegidienberg allerdings geringer und somit ist mit einem geringeren Sanierungseffekt als in Bad Honnef Tal zu rechnen.

Eignung für ein Wasserstoffnetz: Durch die H2 Amortisationskonto GmbH, welche unter anderem durch Mittel der KfW finanziert wird, werden die Wasserstoffkernnetzbetreiber beim Aufbau des Wasserstoffnetzes mit finanziellen Mitteln unterstützt, was einen realistischen Aufbau des Wasserstoffkernnetzes ermöglicht. Die Planung des nationalen Wasserstoffkernnetzes sieht eine Verlegung der Trassen durch Aegidienberg vor und somit ist ein zukünftiger Anschluss für Aegidienberg potenziell denkbar. Sollte es zu diesem Anschluss kommen, ist eine Versorgung des Gasnetzes in Aegidienberg theoretisch möglich. Die Eignung der Wärmeversorgung über ein Wasserstoffnetz in Bad Honnef wird dennoch flächendeckend als sehr wahrscheinlich ungeeignet identifiziert. Dies liegt vor allem an der ungewissen Preisentwicklung und der fragilen Versorgungssicherheit aufgrund unbekannter Mengenverteilung zukünftiger Wasserstoffimporte. In Aegidienberg gibt es aufgrund der hohen Potenziale für Solarthermie und der hohen Eignung für dezentrale Erzeugungsstrukturen auch ausreichende Alternativen, so dass das Risiko bei Planung einer Wasserstoffversorgung nicht eingegangen werden muss. Nichtsdestotrotz sollte diese Bewertung spätestens in 5 Jahren überprüft werden, wenn die Rahmenbedingungen bezüglich einer Wasserstoffbelieferung bereits transparenter sind. Auch der Transformationsplan für die Umwidmung des Netzes durch die BHAG wird mehr Klarheit bringen. Sollten sich die Risiken bezüglich Preisentwicklung und Versorgungssicherheit in Zukunft anders darstellen, ist eine Versorgung durch ein Wasserstoffnetz in Aegidienberg durchaus eine denkbare Option.

Bad Honnef Tal wiederum wird keine direkte Verbindung an das Wasserstoff Kernnetz erhalten und das Legen einer Verbindungsleitung zwischen Aegidienberg und der Innenstadt durch den Wald ist nicht realistisch. Dabei wäre der Nutzen einer Wasserstoffversorgung in Bad Honnef Tal höher aufgrund der Schwierigkeiten

des Aufbaus eines Wärmenetzes in den dichtbesiedelten Straßen der Innenstadt, den geringen Versorgungsalternativen und dem höheren Wasserstoffbedarf für Industrie und Gewerbe.

Eignung für eine dezentrale Versorgung: Die Eignung für dezentrale Wärmeversorgungsstrukturen ergibt sich konträr zu der Eignung für ein Wärmenetz. Hier eignen sich vor allem die weniger dicht besiedelten Bereiche mit mehr potenzieller Aufstellfläche für dezentrale Wärmepumpen. Ebenfalls führen ein geringeres Sanierungspotenzial und eine geringere Wärmedichte zu höheren Effizienzen der Wärmepumpen. Vor allem in Aegidienberg sind die Potenziale für eine dezentrale Wärmeversorgung hoch. Eine Sanierung der Gebäude führt ebenfalls zu einer starken Verbesserung der Eignung.

5.3 Szenarienvergleich

Mit den bewerteten Eignungsgebieten können im nächsten Schritt finale Wärmeversorgungsgebiete und Szenarien erstellt werden. Es besteht die Möglichkeit Wärmenetzgebiete, Wasserstoffnetzgebiete, dezentrale Versorgungsgebiete und Prüfgebiete zu bestimmen. Diese Gebietseinteilung wird ebenfalls im Wärmeplanungsgesetz und im KWW-Leitfaden genutzt. Prüfgebiete sind an den Stellen sinnvoll, an denen sich entweder keine Wärmeversorgungsgebiete ergeben, oder die Informationen nicht ausreichend sind, um eine finale Entscheidung treffen. Im Prüf-Fall können verschiedene Maßnahmen im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung die Entscheidungsgrundlage verbessern, sodass spätestens in der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung die Gebiete neu bewertet werden können.

In der Entwicklung des Zielszenarios muss die Frage diskutiert und abschließend geklärt werden, welche Gebiete zu einem Wärmenetzgebiet zusammengeschlossen werden sollten. Da keine Eignung für Wasserstoffnetze aus den oben beschriebenen Gründen identifiziert wurden, werden auch keine Wasserstoffnetzgebiete ausgewiesen. Dezentrale Wärmeversorgungsstrukturen sind großflächig in Bad Honnef geeignet und werden sicherlich den Großteil der Wärmeversorgung Bad Honnefs in Zukunft abdecken. Hauptsächlich in der Innenstadt sind dezentrale Wärmepumpen aufgrund des hohen Wärmebedarfs, der alten Baustruktur und dem geringen Aufstellplatz nicht geeignet. Hier gibt es wiederum eine Eignung für ein Wärmenetz. Folgend werden drei Szenarien beschrieben, in denen die Größe eines potenziellen Wärmenetzgebiets variiert wird.

5.4 Szenario A – dezentrale Vollversorgung

In Szenario A wird kein Wärmenetz aufgebaut und die Wärmeversorgung in Zukunft nur durch dezentrale Erdwärmepumpen, Luftwärmepumpen und Biomasseheizungen realisiert. Für dieses Szenario wäre eine umfangreiche Stromnetztransformation notwendig. Hohe Lastspitzen zu erzeugungsschwachen Zeiten würden die Netzsicherheit gefährden und es würde ein hoher Ausbaubedarf von Photovoltaik- und Windkraftanlagen resultieren. Die Integration von und der Umstieg auf erneuerbare Energien, würde jedoch durch die hohen Lasten nachts und im Winter verkompliziert werden. Die Bürger*innen würden bei der Energiewende allein gelassen und für die Hausbesitzer*innen in der Innenstadt wäre das Problem der fehlenden Aufstellflächen und der hohen Kosten im Altbau nicht gelöst. Das Risiko und die Kosten eines Aufbaus neuer Wärmeinfrastrukturen würde zwar gemieden werden, dafür würde das Risiko auf die Bürger*innen der Stadt aufgeteilt, die hohe Kosten für Sanierung und Heizungserneuerung tragen müssten.

5.5 Szenario B – Verstärkter Wärmenetzausbau

In Szenario B wird ein großflächiges Wärmenetz sowohl in Bad Honnef Tal als auch in Aegidienberg aufgebaut und die Potenziale zur Erzeugung regenerativer Wärme möglichst ausgereizt. In Abbildung 41 wird das Szenario dargestellt. In der Innenstadt von Bad Honnef wird das Wärmenetz priorisiert und bereits bis zum Jahr 2035 ausgebaut. Die restlichen Gebiete werden bis zum Jahr 2045 erschlossen. So könnte 45% des Wärmebedarfs in Bad Honnef (38% der Versorgungsobjekte) in der Zukunft mit regenerativer Wärme aus einem Wärmenetz gedeckt werden. Ein so groß ausgelegtes Wärmenetz mit den entsprechenden regenerativen Energiezentralen wäre zwar ein großer Treiber für die Energiewende und würde auch das Problem der Aufstellflächen von Wärmepumpen in der Innenstadt Bad Honnefs lösen, allerdings wäre eine entsprechend groß dimensioniert Flusswasserwärmepumpe alternativlos, obwohl noch kein Standort gefunden wurde. Ebenso müssten große Kapazitäten zur Spitzenlastabdeckung und zur Redundanz im Winter bereitgestellt werden. In Aegidienberg müssten mehrere Solarthermie Flächen akquiriert werden. Der Aufwand und das kalkulatorische Risiko für den Aufbau der Netzinfrastruktur wären enorm ohne eine zugesicherte Absatzmenge aufgrund einer ungewissen Anschlussquote.

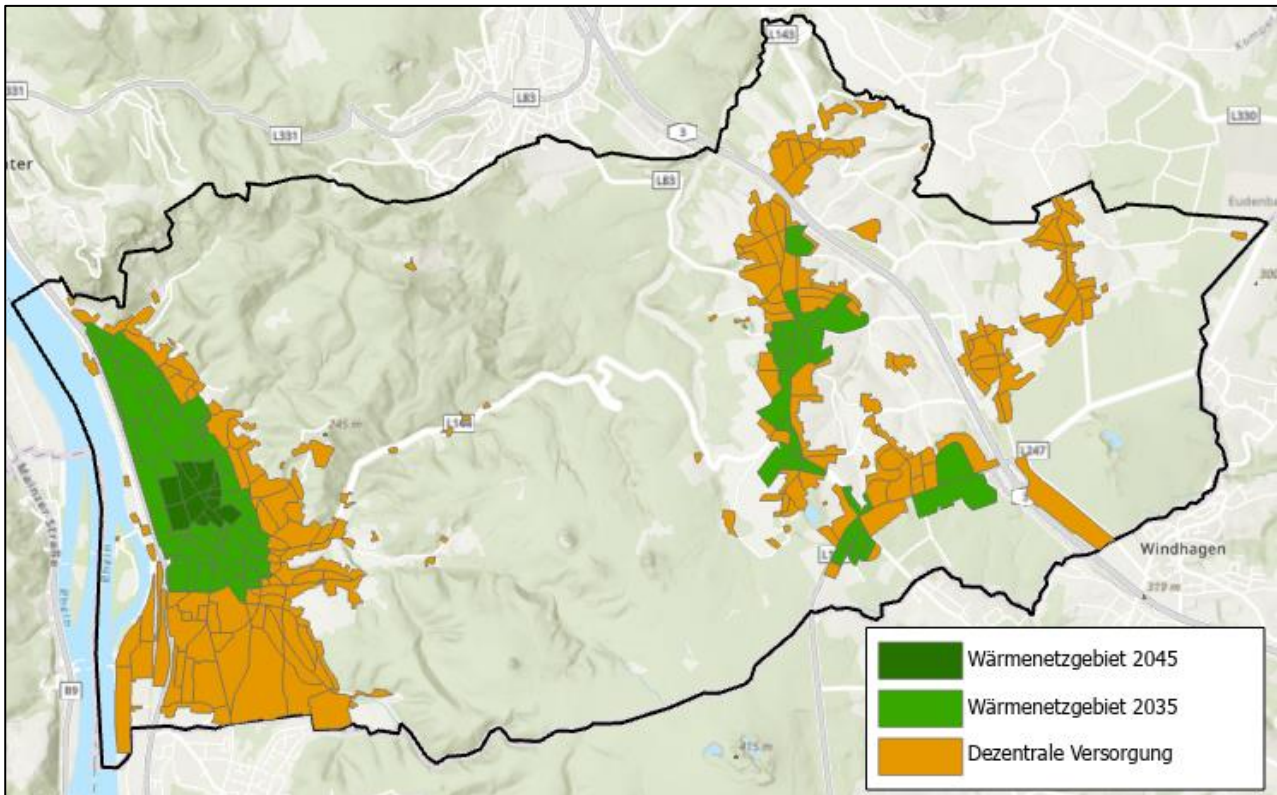


Abbildung 41: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario B

5.6 Szenario C – Wärmeversorgungsgebiete & Prüfgebiete

Szenario C wird in Absprache mit der Stadt Bad Honnef und den Fachakteuren als **Grundlage für das Zielszenario** betrachtet. In Szenario C (Abbildung 42) wird ebenfalls ein Wärmenetzgebiet in der Innenstadt von Bad Honnef ausgewiesen. Allerdings werden nur 10% des Wärmebedarfs Bad Honnefs abgedeckt und 4% der Versorgungsobjekte versorgt. Zusätzlich wird ein großflächiges Prüfgebiet ausgewiesen, welches zusätzlich 35% des Wärmeverbrauchs und 33% der Versorgungsobjekte umfasst. Im Vergleich zu den Szenarien A und B, die jeweils in Bezug auf den Aufbau von Wärmenetzen zwei Extreme bilden, kann das Wärmenetz bei Verwendung von Szenario C beliebig skaliert werden. Grundlage für die Prüfungsflächen sind die für Wärmenetze geeigneten Gebiete im unsanierten Zustand. Eine umfangreiche Ausweisung von Prüfgebieten führt zwar zu einer vorläufig fehlenden Planungssicherheit, allerdings kann die Entscheidung, ob der Betrieb eines Wärmenetzes in diesen Gebieten zukünftig sinnvoll ist auf einem höheren Detail Level getroffen werden. In der Innenstadt gibt es eine Alternative zur dezentralen Wärmeversorgung mit Wärmepumpen und in Aegidienberg kann zunächst geprüft werden, inwiefern Solarflächen akquiriert werden können. Für einen ökonomisch auskömmlichen Betrieb des Wärmenetzes ist nach wie vor eine hohe Anschlussquote notwendig. Der Problematik der Spitzenlastabdeckung, der Redundanz und der notwendigen Netztemperaturen im Altbau könnte mit einem kalten Wärmenetz oder einem Niedertemperatur Wärmenetz begegnet werden. In einem solchen Fall würde das Wasser in den Fernwärmeleitungen entweder ohne Erwärmung oder nach einer Erwärmung auf ein mittleres Temperaturniveau wie 40-60°C an die Endkund*innen geleitet und dort mit einer Wärmepumpe auf das notwendige Temperaturniveau gehoben werden. Die Wärmepumpe könnte so sehr effizient arbeiten und benötigt keine großen und lauten Ventilatoren, wie bei einer Luftwärmepumpe. Genauere Details des Wärmenetzes und eine Feinabstimmung des Wärmenetzgebiets werden im Zuge der Machbarkeitsstudie in Kapitel 6.2.2 erarbeitet.

Die Prüfgebiete in Aegidienberg können ebenfalls zur Prüfung von Wasserstoffnetzen genutzt werden. Die BHAG wird einen Transformationsplan für die Umwidmung des Erdgasnetzes erarbeiten und auch der Fortschritt des Wasserstoff Kernnetzes und zukünftige Rahmenbedingungen bezüglich des Imports von Wasserstoff der neuen Bundesregierung können neu bewertet werden.

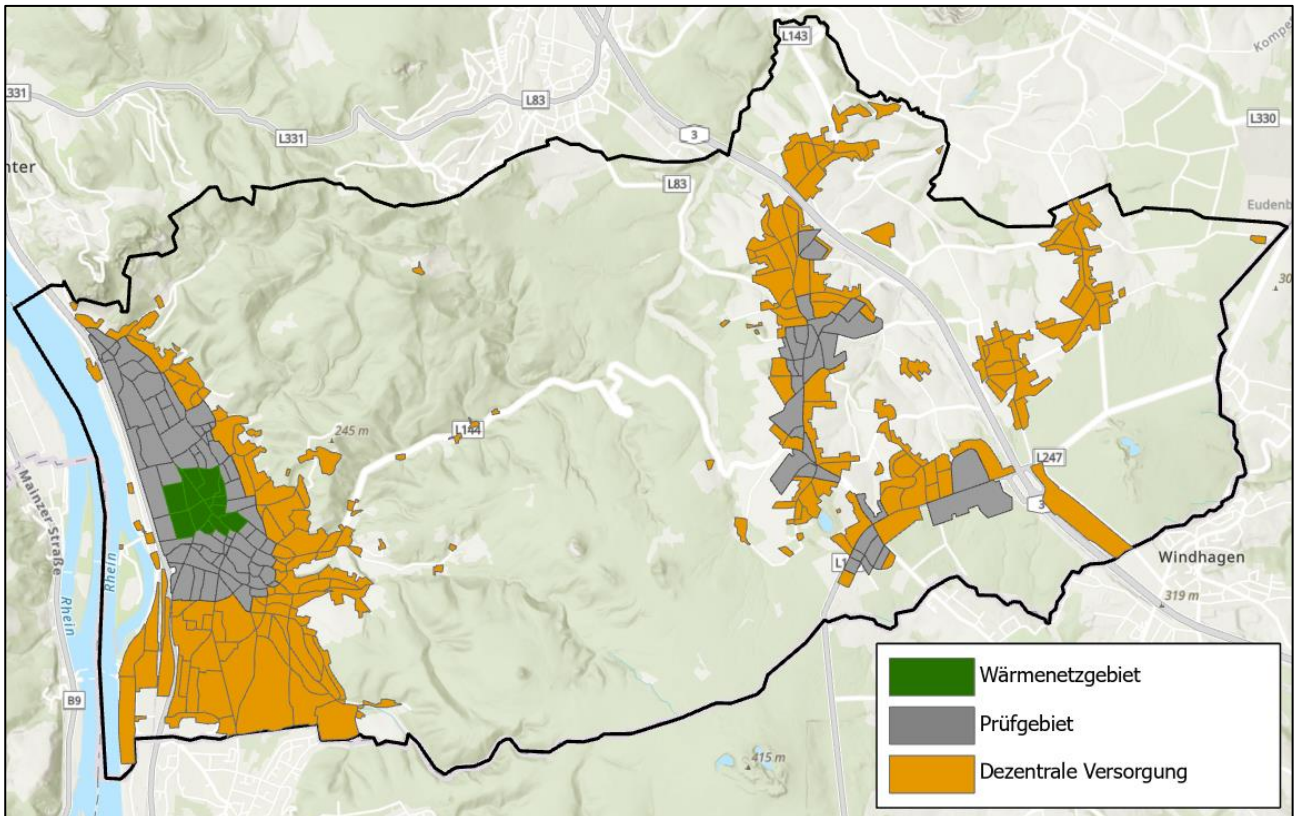


Abbildung 42: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario C

5.7 Zielszenario

Mit den Ergebnissen des Szenarien Vergleichs und nach Absprachen mit den Fachakteuren und dem Auftraggeber kann im Anschluss das Zielszenario entwickelt werden. Dem Zielszenario liegt die grobe Gebietseinteilung aus Szenario C zugrunde. Es wurden nach Absprache mit der Stadtverwaltung und den Fachakteuren allerdings noch einige sinnvolle Anpassungen vorgenommen.

In Abbildung 43 ist die finale Gebietseinteilung dargestellt. Bei der Einteilung wurde sich teilweise von den Grenzen der Baublöcke gelöst, da diese i.d.R. durch Straßenzüge begrenzt sind, in denen man sinnvollerweise, eine Versorgung beider Straßenseiten vorsehen würde. Ebenfalls wurden weniger gut geeignete Bereiche in durchschnittlich sehr wahrscheinlich geeigneten Baublöcken ausgeschlossen. Mit dem Siebengebirgsgymnasium, der Löwenburgschule und der WohnGut Parkresidenz wurden drei weitere Ankerkunden mit in das Wärmenetzgebiet integriert.

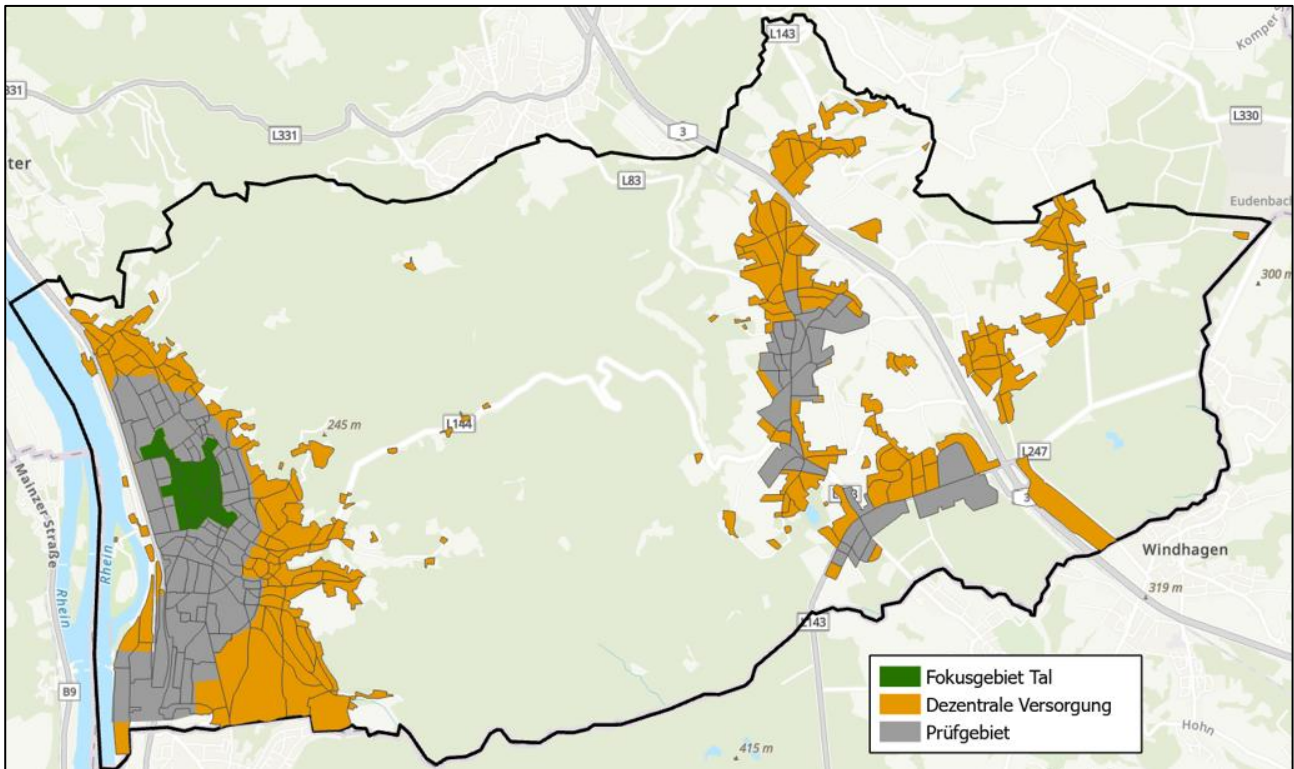


Abbildung 43: Darstellung der finalen Gebietseinteilung des Zielszenarios

Die Prüfgebiete in Bad Honnef Tal und Bad Honnef Aegidienberg werden ebenfalls angepasst, da der bisher noch nicht final identifizierte Standort der Flusswasserwärmepumpe einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Eignung der angrenzenden Baublöcke bedeutet. In der Tallage werden zwei potenzielle Standorte für eine Flusswasserwärmepumpe identifiziert. Der eine Standort liegt etwas nördlich der Insel Grafenwerth und des geplanten Standorts des neuen Bahnhofs und wird als Standort Rhöndorf bezeichnet. Dieser Standort wurde für die Eignungsbewertung der leitungsgebundenen Wärmeerzeugung herangezogen. Der andere Standort liegt im Gewerbegebiet Lohfeld im Süden der Stadt. Der nördliche Standort hat den Vorteil, dass gegebenenfalls Synergieeffekte bezüglich der Querung der Bahntrasse und der Verlegung der Bahnhaltestelle genutzt werden können. Ebenfalls liegt die hohe Verbrauchsdichte in unmittelbarer Entfernung zum Standort. Dafür sind die optischen Auswirkungen auf die Uferlandschaft an dieser Stelle enorm. Bei Wahl des Standorts in Lohfeld sind die notwendige Trassenlänge und somit die anfallenden Kosten aufgrund des höheren Abstands zum Verbrauchszentrum gegebenenfalls höher, dafür integriert sich die Anlage an dieser Stelle besser ins Stadtbild. Eine genaue Abstimmung des Standorts muss im Zuge der Machbarkeitsstudie aus Modul 1 der BEW-Förderung erfolgen. Die potenziellen Standorte sind in Abbildung 44 dargestellt. Die Eignungsbewertung für ein Wärmenetz bei einem potenziellen Standort in Lohfeld ist in Abbildung 45 dargestellt. Die Eignungsgebiete verschieben sich deutlich nach Süden. Die hohe Eignung für den Innenstadtkern bleibt allerdings erhalten.

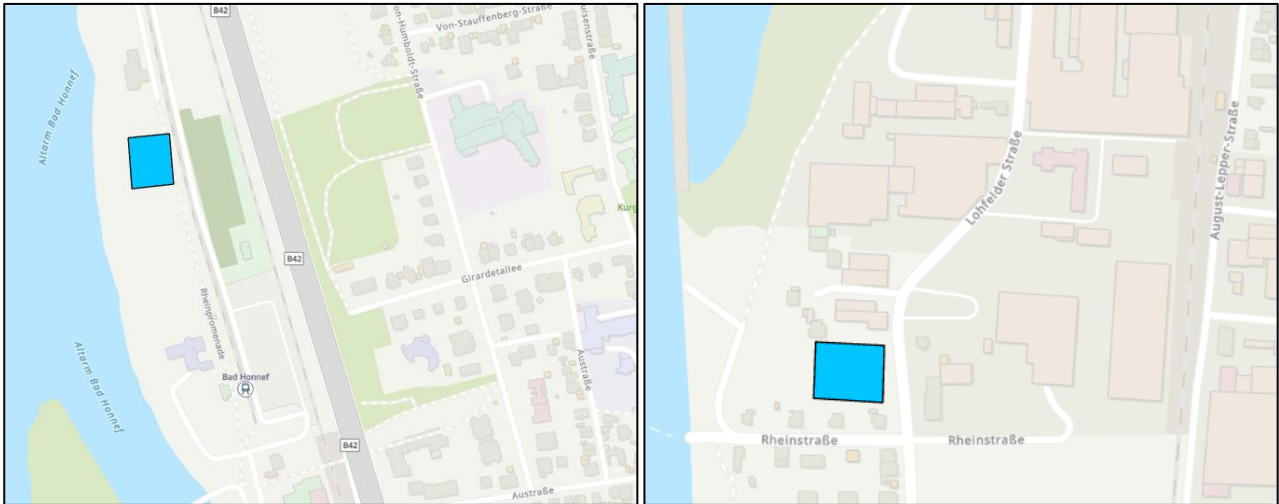


Abbildung 44: Potenzielle Standorte für eine Flusswasserwärmepumpe

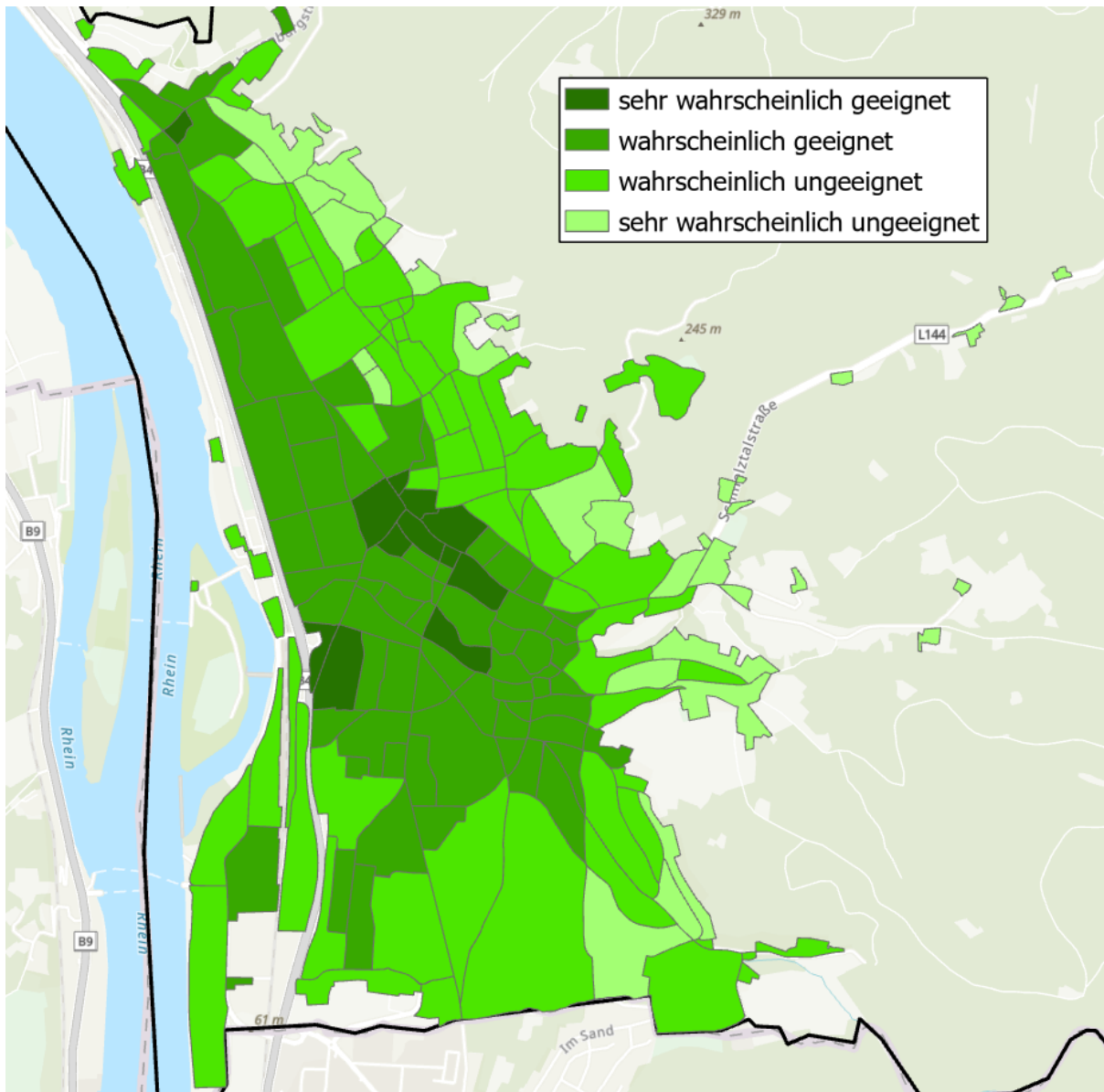


Abbildung 45: Eignungsbewertung für ein Wärmenetz bei Verschiebung des Standorts der FWWP nach Lohfeld

Die Prüfgebiete in der Tallage werden anhand der beiden potenziellen Standorte neu bestimmt. Dabei werden für beide Standorte Versorgungsgebiete identifiziert, innerhalb derer die summierten jährlichen Wärmeverbräuche in etwa dem ausgewiesenen Potenzial einer Flusswasserwärmepumpe entsprechen. In der Abbildung 46 wird das Prüfgebiet in die zwei Versorgungsgebiete aufgeteilt. Ebenfalls wird der als Wärmenetzgebiet identifizierte Innenstadtbereich in der potenziellen Versorgung beider Standorte mitberücksichtigt.

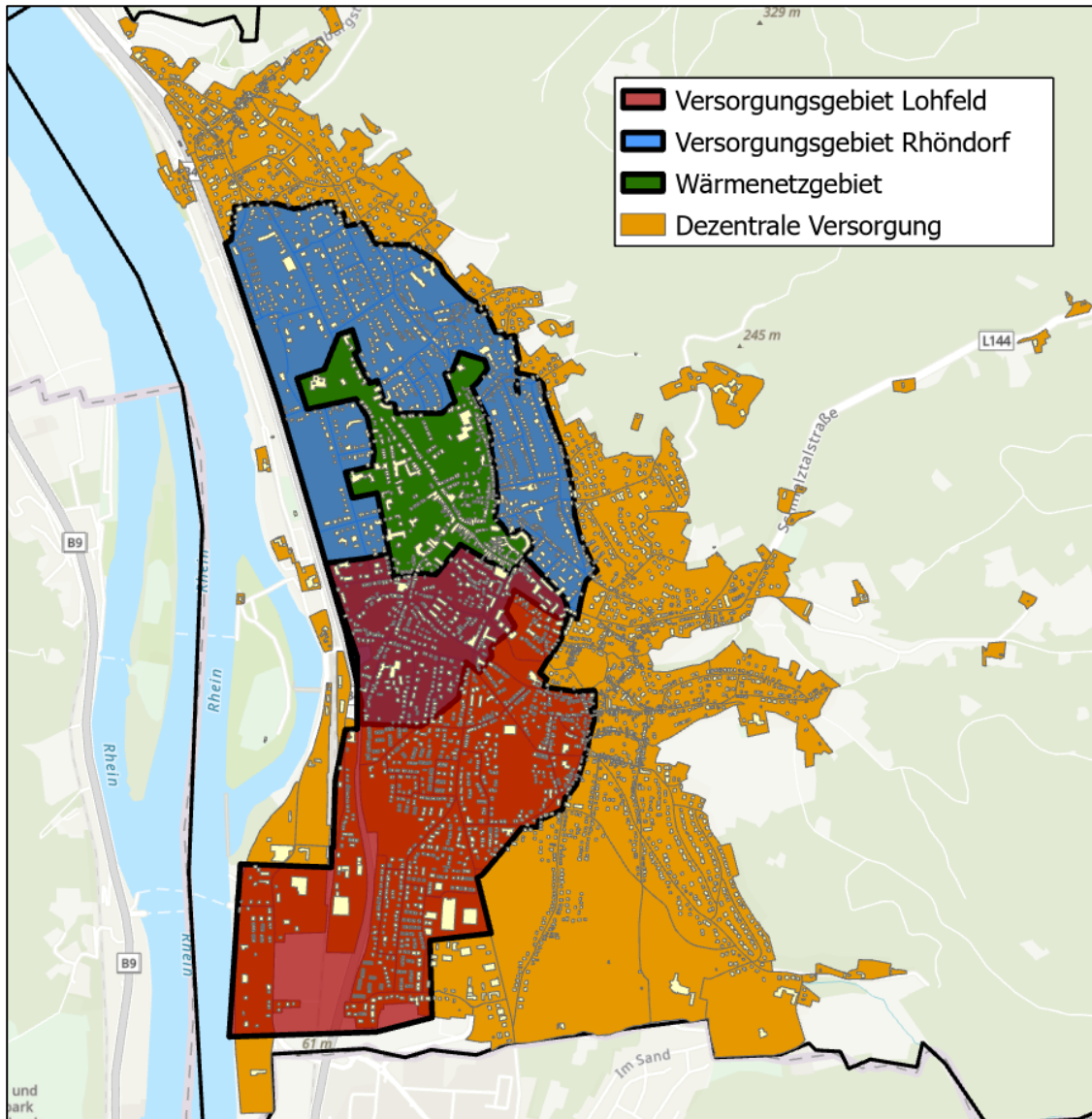


Abbildung 46: Aufteilung des Prüfungsgebiets in Versorgungsgebiete der potenziellen Standorte. Die Versorgungsgebiete überlappen sich in der Mitte. Ebenfalls ist das Wärmenetzgebiet jeweils Teil der beiden Versorgungsgebiete.

Bei der Aufsummierung der Verbrauchswerte wird mit einer Sanierungsrate in Höhe des Trendszenarios gerechnet. Das Trendszenario wurde von der Stadt Bad Honnef im Zuge der Erarbeitung des Klimaschutzkonzepts als Minimalziel ausgerufen. Welche Wärmebedarfsreduktion dies zur Folge hat kann Tabelle 18 und Tabelle 19 entnommen werden. Vor allem in der Innenstadt Bad Honnefs befindet sich ein hohes Sanierungspotenzial im Altbestand.

In Aegidienberg wird das Prüfgebiet ebenfalls angepasst. Das Gebiet im Norden Aegidienbergs, das noch in Szenario C als Prüfgebiet identifiziert wurde, ist im Zielszenario nicht mehr im Prüfgebiet inkludiert, da die Wärmedichte schon bei geringfügiger Sanierung nicht mehr für den Einsatz eines Wärmenetzes geeignet ist. Dafür wurde der Bereich im Kerngebiet Aegidienberg bei Auflösung der Baublockgrenzen leicht vergrößert.

Im Süden Aegidienbergs wurde das Prüfgebiet um einen Baublock vergrößert, in dem zukünftig ein Neubaugebiet entwickelt wird (Bebauungsplangebiet 6-139). Da hier schon konkrete Planungen der BHAG vorliegen, wird dieses Gebiet in die Prüfung für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung mit integriert. In Bad

Honnef Tal soll die Entwicklungsfläche **Selhof Süd** in Zukunft auch für ein großflächiges Neubaugebiet genutzt werden. Da es hier allerdings noch keine konkreten Planungen gibt, wird diese Fläche zunächst nicht weiter betrachtet. Der Baublock, in dem dieses Gebiet liegt, wird als dezentrales Versorgungsgebiet identifiziert, da hier einige wenige Gebäude stehen, die sich aktuell nicht für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung eignen. Sobald das Neubaugebiet konkret geplant wird, sollte eine potenzielle Wärmeverbundlösung untersucht werden. Die Gebiete der Bebauungspläne sind in Abbildung 9 dargestellt.

In Abbildung 47 ist das Zielszenario mit Unterscheidung der Eignungsstufen der dezentralen Versorgungsgebiete dargestellt. Insbesondere in den wahrscheinlich nicht geeigneten Bereichen sollten Sanierungsmaßnahmen forciert werden.

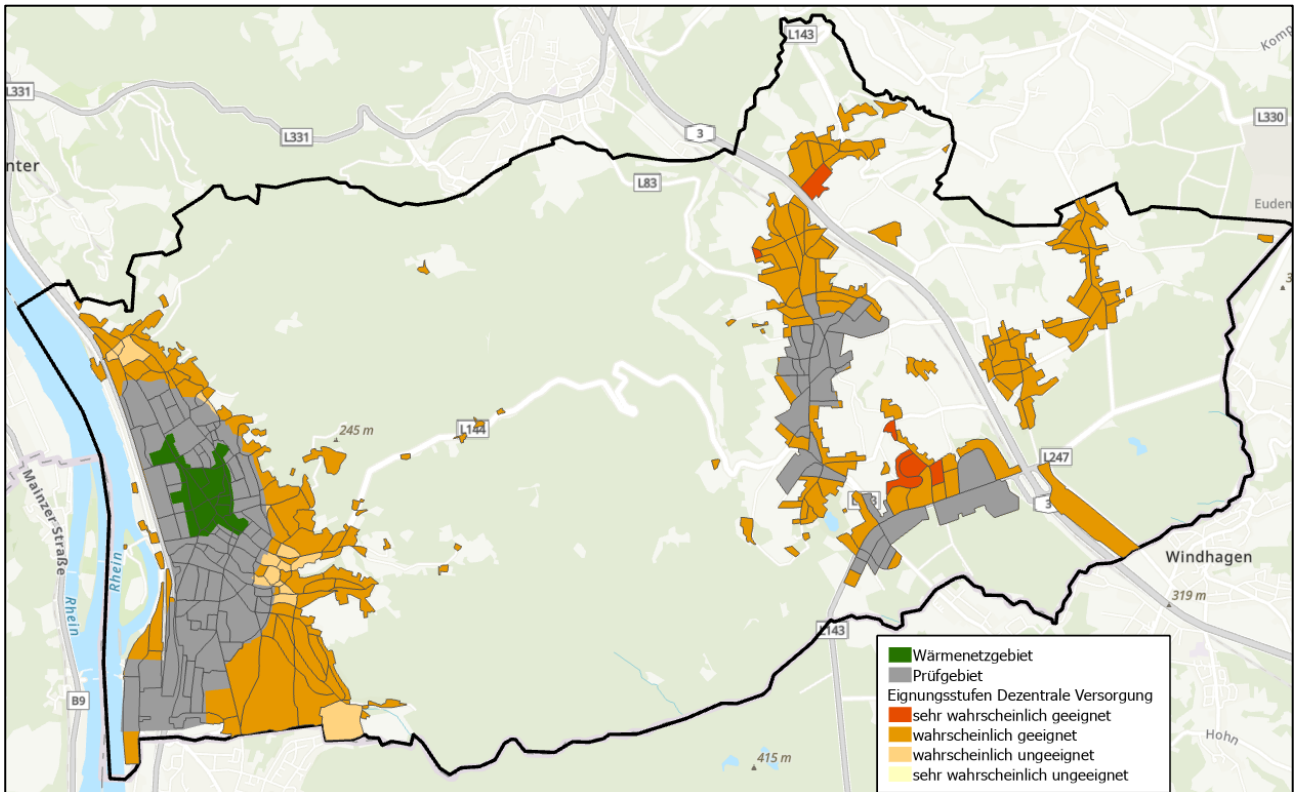


Abbildung 47: Gebiete des Zielszenarios mit Eignungsstufen der dezentralen Versorgung

5.7.1 Indikatoren des Zielszenarios

Zur Quantifizierung der Ergebnisse der Zielszenarien werden Indikatoren berechnet, die den Fortschritt auf dem Weg zum Ziel messbar machen. Für die Bestimmung des Zielszenarios wurde sich für die Sanierungsrate, die sich aus dem Trendszenario im Klimaschutzkonzept ableitet, entschieden. Weiterhin werden im Zielszenario zwei Varianten unterschieden. In **Variante A** wird zukünftig nur das Wärmenetzgebiet mit leitungsgebundener Wärme versorgt und in **Variante B** werden ebenfalls in den Prüfgebieten, beziehungsweise in Bad Honnef Tal nur in einem der beiden Versorgungsgebiete ein Wärmenetz aufgebaut.

In beiden Varianten werden die **jährlichen Wärmekosten der Bürger*innen deutlich reduziert**. Je nach Strompreisentwicklung und Wärmegestehungskosten der Fernwärme liegen die Kostenreduktionen etwa im Bereich 30-40%. Vor allem der günstige Betrieb dezentraler Wärmepumpen begünstigt eine Reduzierung der Wärmeversorgungskosten. Allerdings sind seitens der Hauseigentümer*innen Investitionsrückstellungen für die Umrüstungen der Heizungssysteme und etwaige Sanierungsmaßnahmen bis 2045 notwendig. Die Höhe der Investitionen fällt aufgrund der Individualität im Gebäudesektor unterschiedlich aus.

Variante A

In Tabelle 18 sind die Ergebnisindikatoren für Variante A dargestellt. Die Gebäude außerhalb des Wärmenetzgebiets werden durch Luftwärmepumpen, Erdwärmepumpen und Scheitholzheizungen versorgt. Die Nutzung von Heizöl oder Erdgas als Heizenergieträger läuft bis 2045 komplett aus. Das Wärmenetzgebiet wird durch eine Flusswasserwärmepumpe, Abwasserwärme und einen Spitzenlast- und Redundanzkessel

betrieben. In den unten aufgeführten Indikatoren wird angenommen, dass der Spitzenlastkessel mit Biomasse in Form von Waldrestholz betrieben wird. Eine Power to Heat Anlage oder eine Kombination dessen, wären auch eine denkbare Option. Wie die Spitzenlast gedeckt werden kann, muss im Zuge einer Machbarkeitsstudie im Anschluss an die KWP geklärt werden.

Kurz vor Abschluss der kommunalen Wärmeplanung wurden Untersuchungsergebnisse zum thermischen Reservoir der Edelhoff-Quelle vorgelegt. Die Ergebnisse legen allerdings nahe, dass das thermische Reservoir eher zur Einzelobjektversorgung geeignet ist. Genauere Untersuchungen dauern noch an.

Bezüglich der Nutzung dezentraler Luftwärme- und Erdwärmepumpen wurde eine Verteilung von 70%/30% angenommen. Für die Nutzung dezentraler Solarthermieranlagen wurde angenommen, dass etwa die Hälfte des verfügbaren Ausbaupotenzials durch Hausbesitzer*innen genutzt wird. Bei den Scheitholzheizungen wurde wiederum die Annahme getroffen, dass knapp 80% der bestehenden Scheitholzheizungen, die hauptsächlich als Kamine für die Einzelraumheizung genutzt werden, auch im Jahr 2045 betrieben werden.

In Abbildung 48 wird die Aufteilung der Energieträger im Wärmesektor für das Zieljahr und die Stützjahre für beide Varianten dargestellt. Dabei ist der Übergang zu einer durch Erdgas geprägten Wärmeversorgung hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung aus einem Mix aus Fernwärme, Erdwärme, Umweltwärme und Heizstrom zu erkennen. Aufgrund der großen Zahl benötigter Luftwärmepumpen nimmt Umweltwärme den größten Anteil der Wärmeversorgung ein. Insgesamt besteht der Wärme-Mix im Jahr 2045 in dieser Variante zu 44% aus Umweltwärme, zu 21% aus Heizstrom, zu 16% aus Erdwärme und zu 13% aus Fernwärme. Die Fernwärme wird zu 42% aus Flusswasserwärme, zu 34% aus Strom, zu 19% aus Abwasserwärme und zu 5% aus dem für den Spitzenlastkessel genutzten Energieträger (hier Biomasse) gespeist. Der Netto-Stromanteil liegt somit bei 25%, wenn die Stromanteile der Fernwärme hinzugezogen werden.

In Abbildung 49 ist der Verlauf der jährlichen und kumulierten THG-Emissionen im Wärmesektor dargestellt. Die jährlichen THG-Emissionen nehmen im Vergleich zum Status Quo um 97% ab. Insgesamt können in diesem Szenario bis 2045 etwa 593.750 t CO_{2e} eingespart werden.

Variante B

In Tabelle 19 werden die Ergebnisindikatoren für die Variante B dargestellt. In dieser Variante wird neben dem Wärmenetzgebiet in der Innenstadt Bad Honnefs zusätzlich das angenommene Potenzial zur Nutzung der Flusswasserwärme ausgereizt. Dabei ist diese Betrachtung unabhängig davon, welcher Standort später gewählt wird. Ebenfalls wird eine leitungsgebundene Wärmeversorgung des Fokusgebiets in Aegidienberg angenommen, welches in Kapitel 6.1 dargestellt wird. Das Wärmenetz in Aegidienberg wird gespeist durch eine Freiflächen-Solarthermieranlage, eine Solarwärmepumpe sowie einen Spitzenlast- und Redundanzkessel, betrieben durch grünen Wasserstoff. Auch hier wäre eine Nutzung von Biomasse denkbar, wenn diese lokal anfällt. Ebenfalls wird in dieser Variante ein saisonaler Erdbeckenspeicher in das Energiesystem integriert.

In Abbildung 48 ist der zukünftige Wärmeverbrauch nach Heizenergieträger dargestellt. Der Wärme-Mix besteht hauptsächlich aus Fernwärme (41%), Umweltwärme (29%), Strom (14%) und Erdwärme (10%). Der Erzeugungsmix der Fernwärme besteht zu 43% aus Flusswasserwärme, zu 29% aus Strom, zu 12% aus Solarthermie, zu 11% aus Wasserstoff und zu 6% aus Abwasserwärme.

Der Verlauf der jährlichen und kumulierten Treibhausgasemissionen im Wärmesektor wird ebenfalls in Abbildung 49 dargestellt, da der Verlauf ähnlich dem Verlauf in Variante A ist. Auch hier liegt die Minderung der jährlichen THG-Emissionen im Wärmesektor bei rund 96%, wobei die Emissionen etwas größer sind als in der ersten Variante. Dies liegt am verstärkten Einsatz von grünem Wasserstoff, der im Jahr 2045 einen höheren prognostizierten spezifischen Emissionsfaktor aufweist als die Nutzung von elektrischem Strom. Insgesamt können aber auch in dieser Variante 588.700 t CO_{2e} eingespart werden.

Beide Varianten führen zum Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2045. Je größer das Wärmenetz dimensioniert wird, desto geringer sind die notwendig aufzubauenden Kapazitäten dezentraler Wärmepumpen. In Kapitel 6.2 werden die potenziellen Wärmenetzgebiete tiefergehend analysiert und ökonomisch berechnet. Welche Variante des Zielszenarios verfolgt wird, ist vor allem abhängig von den weiterführenden Maßnahmen in den Prüfgebieten.

Tabelle 18: Ergebnisindikatoren des Zielszenarios für Variante A

Indikator	Absolut					Relativ				
	2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045
Jährliche Treibhausgasemissionen [t CO _{2e} /a]	61.777	47.648	32.305	17.025	1.738	100%	77%	52%	28%	3%
Kumulierte Treibhausgasemissionen [t CO _{2e} /a]	-	269.012	468.357	592.753	641.789					
Wärmeverbrauch Gesamt [GWh/a]	267	255	243	231	219	100%	95%	91%	86%	82%
Wärmebedarfsreduktion [GWh/a]	0	13,32	26,64	39,96	53,28	0%	5%	10%	15%	20%
Verluste Wärmenetz [GWh/a]	0	1	2,39	3,585	4,78	0%	0%	1%	1%	2%
Wärmeverbrauch Private Haushalte [GWh/a]	216	205	194	182	171	81%	77%	73%	68%	64%
Wärmeverbrauch GHD/Sonstiges [GWh/a]	26	25	24	23	22	10%	9%	9%	9%	8%
Wärmeverbrauch Industrie [GWh/a]	14	13,8	13,1	12,4	11,8	5%	5%	5%	5%	4%
Wärmeverbrauch Kommunale Einrichtungen [GWh/a]	9	9	9	8	8	4%	3%	3%	3%	3%
Raumwärmeverbrauch [GWh/a]	214	203	193	183	172	80%	76%	72%	68%	65%
Warmwasserverbrauch [GWh/a]	38	36	34	32	30	14%	13%	13%	12%	11%
Prozesswärmeverbrauch [GWh/a]	15	15,8	15,8	15,8	15,8	6%	6%	6%	6%	6%
Verbrauch Wärmenetz Gesamt [GWh/a]	0	7,125	14,25	21,375	28,5	0%	3%	7%	10%	13%
Davon Solarthermie [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Davon Flusswasserwärme [GWh/a]	0	3	6	9	12	0%	42%	42%	42%	42%
Davon Abwasserwärme [GWh/a]	0	1	3	4	5	0%	19%	19%	19%	19%
Davon Abwärme [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Davon Erdwärme [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Davon Strom [GWh/a]	0	2	5	7	10	0%	34%	34%	34%	34%
Davon Wasserstoff [GWh/a]	0	0,375	0,75	1,125	1,5	0%	5%	5%	5%	5%
Davon Biomasse [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Verbrauch Gasnetz Gesamt [GWh/a]	217	171	123	62	0	81%	64%	46%	23%	0%
Davon Erdgas [GWh/a]	217	171	123	62	0	100%	100%	100%	100%	100%
Davon grüner Wasserstoff [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Verbrauch Heizöl [GWh/a]	31	16	1	0	0	12%	6%	1%	0%	0%
Verbrauch Scheitholz [GWh/a]	14	13	13	12	11	5%	5%	5%	5%	5%
Verbrauch Solarthermie dezentral [GWh/a]	1	1,8	2,5	3,3	4,0	0%	1%	1%	1%	2%
Verbrauch Umweltwärme dezentral [GWh/a]	0	24	48	72	96	0%	9%	20%	31%	44%
Verbrauch Erdwärme dezentral [GWh/a]	0	9	17	26	34	0%	3%	7%	11%	16%
Verbrauch Heizstrom dezentral [GWh/a]	2	13	24	34	45	1%	5%	10%	15%	21%
Verbrauch Sonstiges [GWh/a]	2	0,0	0,0	0,0	0,0	1%	0%	0%	0%	0%

Indikator	Absolut					Relativ				
	2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045
Klimaneutrale Wärme [GWh/a]	18	68	118	168	218,5	7%	27%	49%	73%	100%
Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz	0	98	196	293	391	0%	1%	3%	4%	5%
Gebäude mit dezentraler Raumwärmeerzeugung Umweltwärme	0	1.643	3.287	4.930	6.573	0%	21%	43%	64%	86%
Gebäude mit dezentraler Raumwärmeerzeugung Biomasse	2.723	2.568	2.412	2.257	2.101	36%	34%	32%	29%	27%
Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz	7.331	5.780	4.175	2.111	0	96%	76%	55%	28%	0%

Tabelle 19: Ergebnisindikatoren des Zielszenarios für Variante B

Indikator	Absolut					Relativ				
	2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045
Jährliche Treibhausgasemissionen [t CO _{2e} /a]	61.777	47.867	32.620	17.413	2.162	100%	77%	53%	28%	3%
Kumulierte Treibhausgasemissionen [t CO _{2e} /a]	-	269.645	470.184	596.050	646.840					
Wärmeverbrauch Gesamt [GWh/a]	267	257	247	238	228	100%	96%	93%	89%	85%
Wärmebedarfsreduktion [GWh/a]	0	13,32	26,64	39,96	53,28	0%	5%	10%	15%	20%
Verluste Wärmenetz [GWh/a]	0	4	7,04	10,56	14,08	0%	1%	3%	4%	5%
Wärmeverbrauch Private Haushalte [GWh/a]	216	205	194	182	171	81%	77%	73%	68%	64%
Wärmeverbrauch GHD/Sonstiges [GWh/a]	26	25	24	23	22	10%	9%	9%	9%	8%
Wärmeverbrauch Industrie [GWh/a]	14	13,8	13,1	12,4	11,8	5%	5%	5%	5%	4%
Wärmeverbrauch Kommunale Einrichtungen [GWh/a]	9	9	9	8	8	4%	3%	3%	3%	3%
Raumwärmeverbrauch [GWh/a]	214	205	197	189	180	80%	77%	74%	71%	67%
Warmwasserverbrauch [GWh/a]	38	36	35	33	32	14%	14%	13%	12%	12%
Prozesswärmeverbrauch [GWh/a]	15	15,8	15,8	15,8	15,8	6%	6%	6%	6%	6%
Verbrauch Wärmenetz Gesamt [GWh/a]	0	23,2	46,4	69,6	92,8	0%	10%	20%	31%	41%
Davon Solarthermie [GWh/a]	0	2,85	5,7	8,55	11,4	0%	12%	12%	12%	12%
Davon Flusswasserwärme [GWh/a]	0	10	20	30	40	0%	43%	43%	43%	43%
Davon Abwasserwärme [GWh/a]	0	1	3	4	5	0%	6%	6%	6%	6%
Davon Abwärme [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Davon Erdwärme [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Davon Strom [GWh/a]	0	7	13	20	27	0%	29%	29%	29%	29%
Davon Wasserstoff [GWh/a]	0	2,1	4,2	6,3	8,4	0%	0%	0%	0%	0%
Davon Biomasse [GWh/a]	0	0,4	0,7	1,1	1,5	0%	11%	11%	11%	11%
Verbrauch Gasnetz Gesamt [GWh/a]	217	187	125	62	0	81%	70%	47%	23%	0%
Davon Erdgas [GWh/a]	217	187	125	62	0	100%	100%	100%	100%	0%

Indikator	Absolut					Relativ				
	2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045
Davon grüner Wasserstoff [GWh/a]	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Verbrauch Heizöl [GWh/a]	31	0	0	0	0	12%	0%	0%	0%	0%
Verbrauch Scheitholz [GWh/a]	14	13	13	12	11	5%	5%	5%	5%	5%
Verbrauch Solarthermie dezentral [GWh/a]	1	1,8	2,5	3,3	4,0	0%	1%	1%	1%	2%
Verbrauch Umweltwärme dezentral [GWh/a]	0	16	33	49	66	0%	6%	13%	21%	29%
Verbrauch Erdwärme dezentral [GWh/a]	0	6	12	18	23	0%	2%	5%	7%	10%
Verbrauch Heizstrom dezentral [GWh/a]	2	9	17	24	31	1%	4%	7%	10%	14%
Verbrauch Sonstiges [GWh/a]	2	0,0	0,0	0,0	0,0	1%	0%	0%	0%	0%
Klimaneutrale Wärme [GWh/a]	18	70	123	175	227,8	7%	27%	50%	74%	100%
Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz	0	536	1.072	1.607	2.143	0%	7%	14%	21%	28%
Gebäude mit dezentraler Raumwärmeerzeugung Umweltwärme	0	1.102	2.205	3.307	4.409	0%	14%	29%	43%	58%
Gebäude mit dezentraler Raumwärmeerzeugung Biomasse	2.723	2.568	2.412	2.257	2.101	36%	34%	32%	29%	27%
Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz	7.331	6.324	4.221	2.111	0	96%	83%	55%	28%	0%

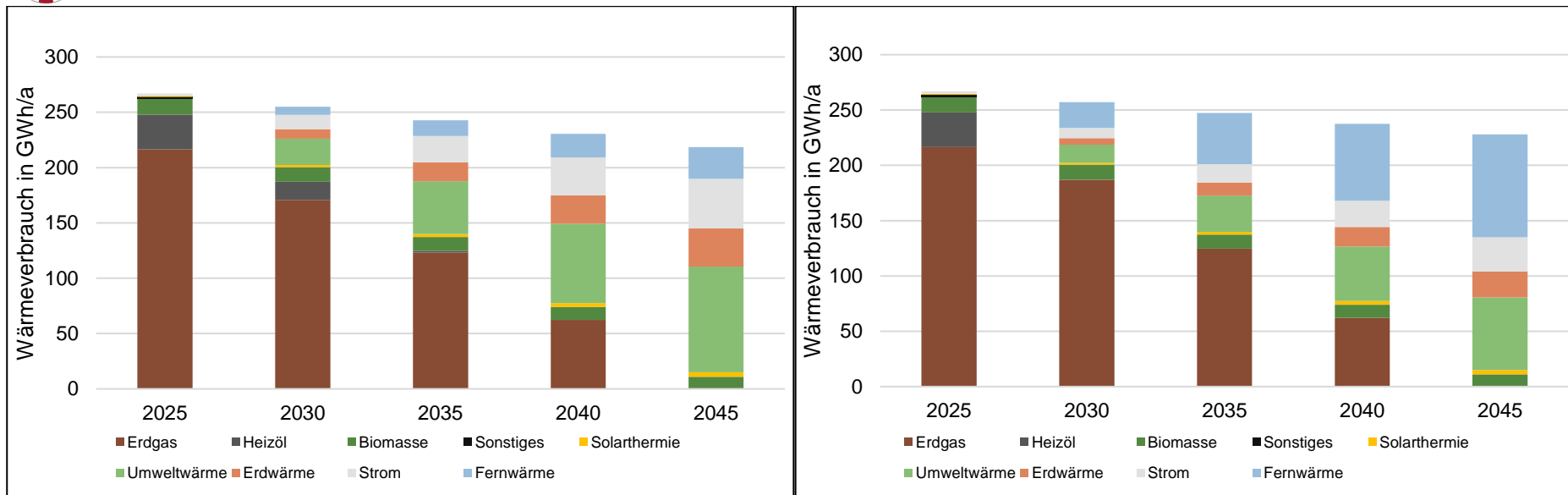


Abbildung 48: Wärmeverbrauch nach Energieträgern für Variante A (links) und Variante B (rechts)

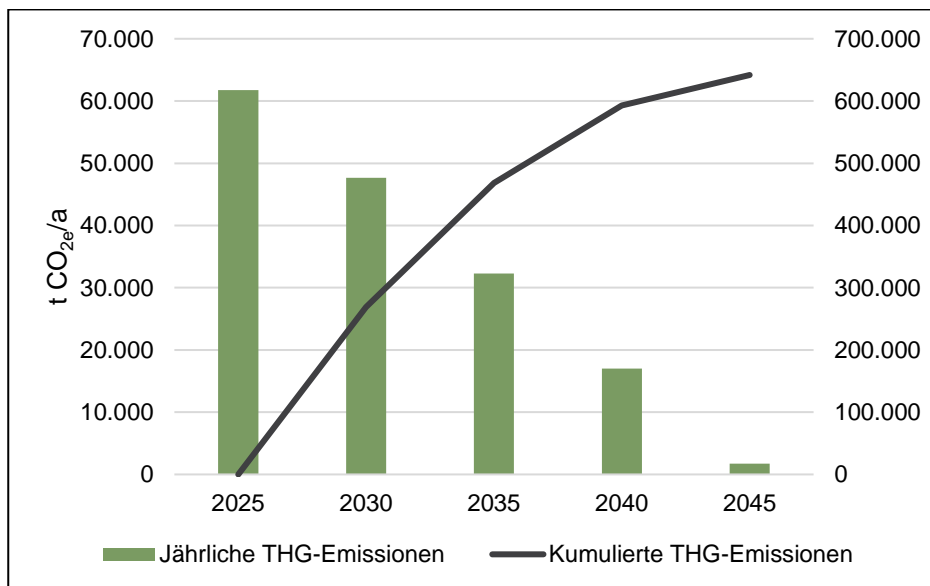


Abbildung 49: Jährliche und kumulierte THG-Emissionen der zukünftigen Wärmeversorgung. Der Verlauf ist für beide Varianten nahezu identisch.

5.8 Alternative Lösungsoptionen im Innenstadtbereich (Tal)

Der Aufbau eines Wärmenetzes in der Innenstadt von Bad Honnef ist ein zentraler Baustein des Zielszenarios. Die Umsetzbarkeit dieses Vorhabens wird im Zuge einer Machbarkeitsstudie im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung näher geprüft. Erst nach Abschluss dieser Studie ist eine finale Entscheidung über den Aufbau einer zentralen Wärmenetzinfrastruktur sinnvoll. Sollten die Hürden für dieses Vorhaben zu groß sein und die finale Entscheidung gegen ein Wärmenetz ausfallen, so ist es wichtig alternative Lösungsoptionen zu betrachten.

Als weitere zentrale Versorgungsoption für einen großflächigen Bereich in der Innenstadt gibt es nur die Option der Wasserstoffversorgung. Mittelfristig ist allerdings kein Anschluss des Gasnetzes in der Innenstadt an eine nationale Wasserstoffleitung (Wasserstoff-Kernnetz, welches im Raum Aegidienberg verlaufen soll) absehbar. Ebenfalls ist der Aufwand für die Umstellung des älteren Gasnetzes in der Innenstadt auf eine Wasserstoffversorgung aktuell noch unklar und muss von der BHAG geprüft werden. Für größere Industriebetriebe im Talgebiet könnte die Substitution des Erdgasbedarfs durch den Aufbau eigener PtG-Anlagen eine denkbare Option werden. Eine Dimensionierung der PtG-Anlagen für die Versorgung weiterer Gasnetzabschnitte ist unter aktuellen Kostenprognosen nicht sinnvoll, sollte aber im Falle der Planung entsprechender Kapazitäten überprüft werden. Die Entwicklung von PtG, der nationalen und regionalen Wasserstoffinfrastruktur sowie der politischen Rahmenbedingungen sollte stets im Blick behalten und in regelmäßigen Abständen, spätestens bei Fortschreibung der Wärmeplanung in 5 Jahren, neu evaluiert werden.

Bei Wegfall einer zentralen Wärmeversorgung in der Innenstadt werden viele Gebäude auf die dezentrale Versorgung durch Wärmepumpen zurückgreifen. Entweder durch Nutzung von Außenluft oder Erdwärme als Energiequelle. Es verbleibt allerdings für einige Straßenzüge die Problematik des kritischen Platzbedarfs der Wärmepumpe und der Lärmentwicklung der Außenventilatoren zur Luftansaugung. Für diese Gebäude könnte der Einsatz von Stromdirektheizungen sinnvoll sein, die allerdings in hohen Betriebskosten resultieren. Eine weitere Option sind kleinere Wärmeverbundnetze, die durch mehrere Energiezentralen in der Innenstadt gespeist werden. Der Aufwand und das Risiko für kleinere Nahwärmenetze mit nur wenigen Anschlussnehmern ist deutlich geringer als für ein zentrales Wärmenetz. Die Standortsuche für die Energiezentralen sowie die Identifikation notwendiger Energiequellen wird allerdings herausfordernd. Es gibt aktuell einige geplante Bauvorhaben im Innenstadtbereich, die gegebenenfalls für eine Standortsuche von Interesse sein könnten. Es ist sinnvoll bereits nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung Areale für mögliche kleinere Nahwärmenetze zu identifizieren mit den in Frage kommenden Bauherren über das Thema zu sprechen und Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung abzuwägen. Rein technisch kommen für solche Energiezentralen Erdwärmepumpen, Luftwärmepumpen, PtG-Anlagen und innovative KWK-Anlagen in Kombination mit Solarthermie in Frage. Für alle Technologien gibt es entsprechende Problemstellungen, die geprüft werden müssen (Lärmentwicklung, hydrogeologisch sensibler Bereich, hohe Kosten, fehlende Potenziale).

Auch der Einsatz von Kleinstwärmenetzen als nachbarschaftliche Gemeinschaftsanlagen ist eine mögliche Option. So könnten Gebäude mit mehr zur Verfügung stehendem Raum oder der Möglichkeit der Installation von Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden umliegende Gebäude über entsprechend größer dimensionierte Anlagen mitversorgen. Auch kleinere Wärmenetze können über die BEW-Förderung bezuschusst werden. Als wesentliches Kriterium gilt allerdings, dass an das geplante Wärmenetz **mehr als 16 Gebäude oder 100 Wohneinheiten** angeschlossen werden

Die Prüfung einer zentralen Wärmeverbundlösung in der Innenstadt in Bad Honnef schließt die Option von kleineren Wärmenetzen im Zuge der kommunalen Wärmeplanung nicht aus. Nach Abschluss der Machbarkeitsstudie wird sich ein klareres Bild bezüglich der zukünftigen Wärmeversorgung der Innenstadt ergeben.

6 Maßnahmenentwicklung

Zur Erreichung des Ziels der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2045 sind konkrete Maßnahmen notwendig. Im vorigen Kapitel wurden bereits Gebiete identifiziert, die sich für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung eignen oder in denen tiefergehende Prüfungen durchgeführt werden müssen, um die Eignung final bewerten zu können. In diesem Kapitel werden zunächst Fokusgebiete definiert, in denen entweder der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung oder eine tiefergehende Prüfung priorisiert werden sollte. Im Anschluss werden innerhalb des Fokusgebiets in Aegidienberg sowie innerhalb der potenziellen Wärmeversorgungsgebiete der Flusswasserwärmestandorte in der Tallage detailliertere Berechnungen zu einem potenziellen Wärmenetz durchgeführt.

Zur Realisierung des Zielszenarios ist allerdings nicht nur der Auf- bzw. Umbau der Infrastruktur wesentlich. Ebenfalls werden weitere Maßnahmen in Form von Steckbriefen beschrieben. Die Summe aller Maßnahmen verfolgt das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2045.

6.1 Fokusgebiete

In Bad Honnef werden zwei Fokusgebiete identifiziert.

Das erste Fokusgebiet (Tallage) ist deckungsgleich mit dem Wärmenetzgebiet in der Innenstadt Bad Honnefs. Hier ist aufgrund der schwierigen Alternativen und des hohen Anteils an Altbauten der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung zu priorisieren.

Das zweite Fokusgebiet (Berglage) liegt im Zentrum von Aegidienberg, welches die höchste Wärmedichte in der Berglage aufweist. Innerhalb des Prüfgebiets sollte dieser Bereich aufgrund der hohen Wärmedichte und der umliegenden potenziellen Erzeugungsflächen prioritär geprüft werden.

In Abbildung 50 werden die beiden Fokusgebiete dargestellt. In Tabelle 20 werden die relevanten Indikatoren der beiden Fokusgebiete aufgelistet. Die Indikatoren zeigen auf, dass das Fokusgebiet in der Innenstadt Bad Honnefs eine wesentlich höhere Wärmedichte aufweist und dass sich ebenfalls einige Ankercunden in dem Gebiet befinden. Auf dieses Gebiet sollte somit der größte Fokus gelegt werden und daher wird für Bad Honnef Tal eine tiefergehende Machbarkeitsstudie durchgeführt.

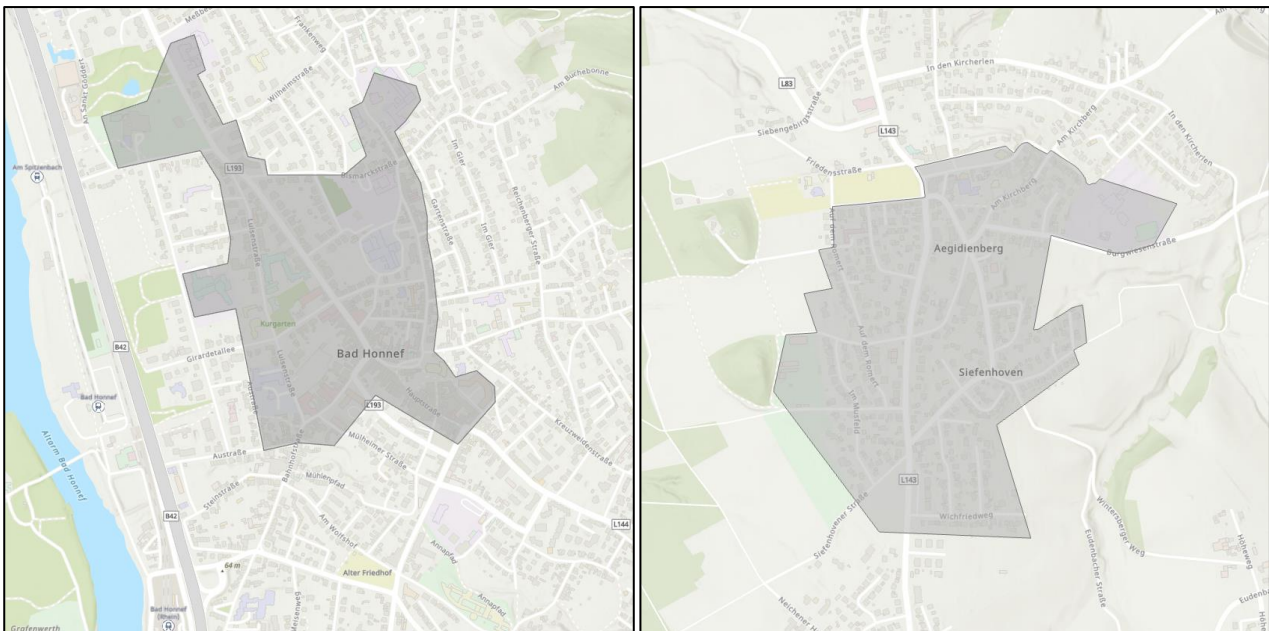


Abbildung 50: Darstellung der Fokusgebiete für Bad Honnef Tal (links) und Aegidienberg (rechts)

Tabelle 20: Zusammenfassung der Indikatoren der Fokusgebiete

Fokusgebiete	Tallage	Berglage
Fläche [ha]	36,9	42,3
Wärmeverbrauch [GWh/a]	31,7	12,4
Anteil Wärmeverbrauch Bad Honnef [%]	11,9	4,6
Anzahl Wärmeversorgungsobjekte	391	382
Spezifischer Wärmeverbrauch [GWh/(a*ha)]	0,86	0,29
Anzahl Ankerkunden > 1 GWh/a	5	1
Anzahl Ankerkunden > 500 MWh/a	5	1
Anzahl Ankerkunden > 300 MWh/a	6	0

6.2 Detailbetrachtung der Wärmenetzgebiete

In diesem Kapitel wird für das Wärmenetz- und Prüfgebiet in Bad Honnef Tal sowie für das Fokusgebiet in Aegidienberg eine tiefergehende Berechnung der Wärmenetze samt Kosten durchgeführt, wobei der Fokus auf einer Machbarkeitsstudie für das Gebiet in Bad Honnef Tal liegt. Die Ergebnisse dieser Machbarkeitsstudie liefert die Informationen, die für die Beantragung von Modul 1 der BEW-Förderung notwendig sind.

6.2.1 Rahmenbedingungen

Für die Berechnung der technischen und ökonomischen Betriebsparameter eines Wärmenetzes werden zunächst Rahmenbedingungen festgelegt, die in die Berechnung mit einfließen. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden Kostenfunktionen für einzelne Technologien für das Jahr 2035 aus dem Technikkatalog des KWW herangezogen. Ebenfalls wird die Prognose der Emissionsfaktoren für Strom und Wasserstoff dem Technikkatalog entnommen. Im Anhang werden die genutzten Formeln aus dem Technikkatalog aufgelistet. [63]

In Tabelle 21 sind einige zugrundeliegende Daten und Annahmen aufgelistet. In Tabelle 22 und Abbildung 51 sind Annahmen für die Entwicklung der Energiepreise und Emissionsfaktoren aufgeführt. Zusätzlich werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung Kostenfunktionen aus dem Technikkatalog des KWW herangezogen. Ebenfalls wird die Prognose der Emissionsfaktoren für Strom und grünen Wasserstoff dem Technikkatalog entnommen.

Tabelle 21: Annahmen für technische und wirtschaftliche Eingangsparameter in der Netzberechnung

Parameter	Wert	Kommentar
Durchschnittliche Anzahl Bewohner pro Wohnhaus	3,5	Anzahl Einwohner BH bezogen auf private Wohnhäuser.
THG-Emissionen Wärmesektor Bad Honnef	61.777 t CO _{2e} /a	Siehe Treibhausgasbilanz
Anteil unbefestigtes Terrain	10%	Annahme, Gebiet weitestgehend versiegelt
Anteil teilbefestigtes Terrain	10%	Annahme, Gebiet weitestgehend versiegelt
Anteil befestigtes Terrain	80%	Annahme, Gebiet weitestgehend versiegelt
Durchschnittliche Leistung solarthermische Aufdachanlagen	7 kW	Annahme
Förderfaktor Gebäudesanierung	15%	BAFA-Förderung [64]

Parameter	Wert	Kommentar
Förderfaktor Heizungsaustausch (Grundförderung)	30%	KfW Förderung, Möglichkeit zur Erhöhung auf bis zu 70%, wenn Bedingungen erfüllt [65]
Förderfaktor Wärmenetz	40%	BEW-Förderung Modul 2 [66]
SCOP Abwasserwärmepumpe	3	Siehe Kapitel 4.4.5
SCOP-Flusswasserwärmepumpe	2,7	Übernommen aus Anlage in Mannheim [67]
SCOP-Solarwärmepumpe	5	Annahme
SCOP-Erdwärmepumpe	4,6	Mittlerer Wert [68]
SCOP-Luft-Wasser-Wärmepumpe	3,7	Mittlerer Wert [68]
Volllaststunden Großwärmepumpe	4.200 Stunden	Aus Wärmestudie NRW [33]
Volllaststunden Großwärmepumpe Solar	1.500 Stunden	Ähnlich wie die Volllaststunden bei Heizungen, da primär auf Wintermonate ausgelegt.
Volllaststunden Heizung	1.800 Stunden	Siehe Kapitel 3.5
Sanierungsrate ohne Denkmalschutz	1,8%	Sanierungsrate aus dem Trendszenario
Sanierungsrate mit Denkmalschutz	0%	Für denkmalgeschützte Gebäude wurde keine Sanierung berücksichtigt.
Anschlussrate	100%	Das Netz wird für alle potenziellen Anschlussnehmer im Untersuchungsgebiet ausgelegt. Wirtschaftlichkeit für Netzbetreiber nimmt mit geringerer Anschlussquote deutlich ab. Geringere Anschlussquote können gegebenenfalls noch ausgeglichen werden, sollte die Sanierungsrate zu hoch angesetzt sein.
Inbetriebnahme Wärmenetz	linear	Annahme: Wärmenetz wird innerhalb des Betrachtungszeitraums linear aufgebaut.
Sicherheitsaufschlag Sanierungskosten	5%	Kosten aus ENEKA-Modell übernommen. Stark abhängig vom Zustand der einzelnen Gebäude.
Sicherheitsaufschlag FFSTA	5%	Kostenfunktionen für Flachkollektoren.
Sicherheitsaufschlag Erdbeckenspeicher	20%	Wenn Abdichtung gegen Grundwasser erfolgen muss, resultieren deutlich höhere Kosten.
Sicherheitsaufschlag Aufdach-Solarthermie	5%	Installationskosten stark abhängig vom Zustand des Dachstuhls.
Sicherheitsaufschlag FWWP	100%	Die Kostenfunktion gilt für ehemalige Kraftwerksstandorte. In Bad Honnef müssen Ein- und Auslaufbauwerke neu errichtet werden, was zu deutlich höheren Kosten führen wird.

Parameter	Wert	Kommentar
Sicherheitsaufschlag Abwasserwärme	20%	Kosten für Erschließung der Bestandskanäle kann wesentlich höher ausfallen, da viele Aspekte berücksichtigt werden müssen.
Sicherheitsaufschlag dez. Geothermie	5%	Kostenfunktion bezieht sich auf Kosten für die Wärmepumpe inklusive Erschließungs- und Bohrungskosten.
Sicherheitsaufschlag Solarwärmepumpe	20%	Kosten stark abhängig von der Temperaturspreizung.
Sicherheitsaufschlag Luftwärmepumpe	5%	Kostenfunktion beinhaltet ebenfalls Maßnahmen zur Optimierung des Heizungssystems.
Sicherheitsaufschlag Spitzenlastkessel	20%	Hier sind Kosten für einen Erdgaskessel angenommen. Die Kosten für einen Wasserstoffkessel oder Biomassekessel können wesentlich höher ausfallen. Die Kosten für andere Spitzenlasttechnologien können wesentlich abweichen
Sicherheitsaufschlag Wärmenetz	5%	Kosten von vielen Faktoren. Genauere Kostenschätzung im Zuge einer Machbarkeitsstudie möglich.
Startjahr	2025	-
Zieljahr	2045	-

Für die Energiepreisprognose werden verschiedene Quellen genutzt und Annahmen getroffen. Für den Strompreis für Privatkunden und industrielle Großkunden sowie für den Gaspreis wird zunächst der aktuelle Preis aus den Daten des Statistischen Bundesamts für das 1. Halbjahr 2024 genutzt [69]. Für die Strompreisprognose bis 2045 wird auf den qualitativen Verlauf des mittleren Preispfades der Prognose der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. zurückgegriffen [70].

Für die Prognose des Gas- und CO₂-Preises wird ein Kurzgutachten der Prognos AG im Auftrag des Bundesverbands Wärmepumpen herangezogen [71]. Der CO₂-Preis wird in €/t angegeben. Bezogen auf Erdgas entsprechen 55 €/t etwa 0,011 €/kWh. Für die aktuellen Scheitholzpreise werden Daten des Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus genutzt [72].

Der aktuelle Preis für in Deutschland hergestellten grünen Wasserstoff liegt etwa bei 9 €/kg [73]. Für 2035 und 2045 werden Importpreise aus einer Studie des DVGW (obere Preisgrenze) herangezogen [58].

Für fehlende Zwischenjahre werden die Werte interpoliert.

Tabelle 22: Annahmen für Energiepreisentwicklung und Entwicklung der Emissionsfaktoren

Parameter	2025	2030	2035	2040	2045
Strompreis [€/kWh]	0,410	0,370	0,370	0,380	0,320
Strompreis Industrie [€/kWh]	0,170	0,150	0,150	0,160	0,130
Wasserstoffpreis [€/kWh]	0,270	0,220	0,170	0,160	0,150
Erdgaspreis [€/kWh]	0,120	0,125	0,130	0,145	0,155
Heizölpreis [€/kWh]	0,100	0,188	0,188	0,188	0,188
Scheitholzpreis [€/kWh]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CO₂-Preis [€/t]	55	110	160	190	220

Parameter	2025	2030	2035	2040	2045
Emissionsfaktor Strom [g CO _{2e} /kWh]	260	110	45	25	15
Emissionsfaktor Wasserstoff [g CO _{2e} /kWh]	43	43	35	28	20

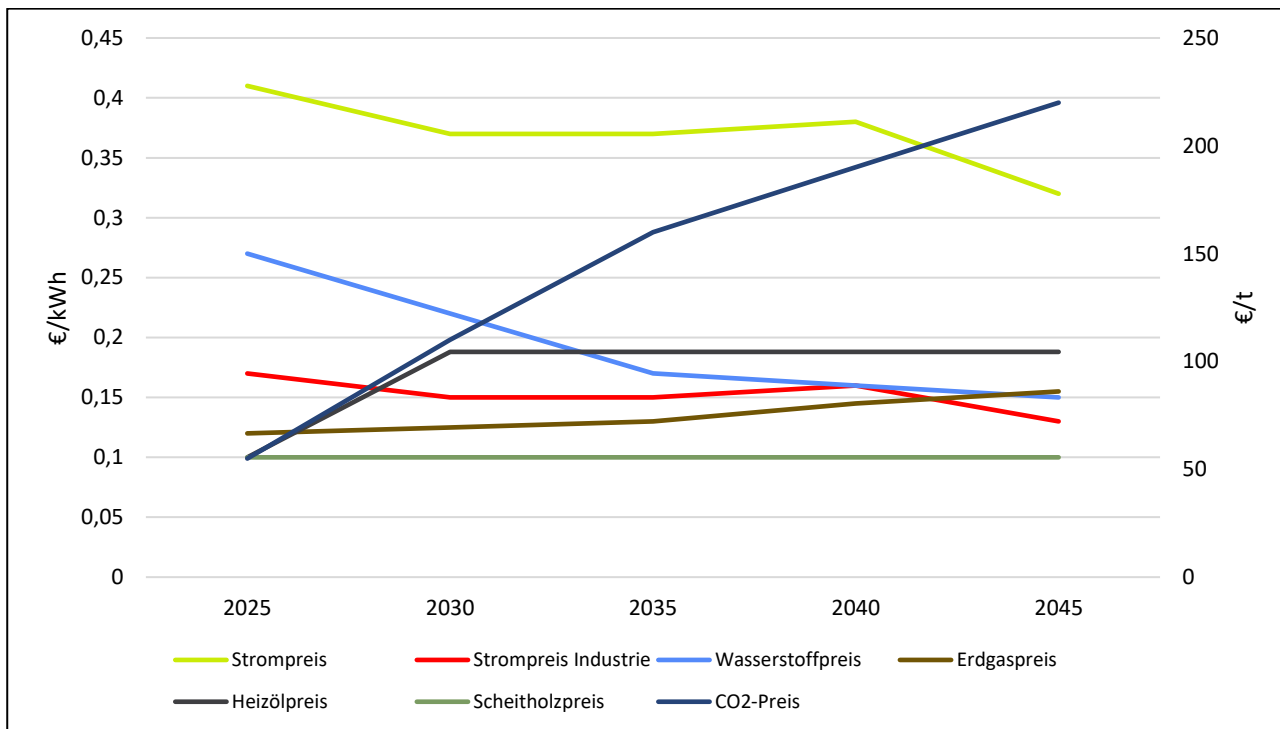


Abbildung 51: Annahmen für die Energiepreisentwicklung

6.2.2 Machbarkeitsstudie Bad Honnef Tal

Die höchste Wärmenetzeignung ist in der Innenstadt gegeben. Hier sollten die Chancen und Risiken beim Aufbau einer Wärmeinfrastruktur dringend näher geprüft werden. Dazu bietet sich eine Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 an. Die Studie umfasst die HOAI-Leistungsphasen 2-4. Es wird empfohlen unverzüglich nach der kommunalen Wärmeplanung mit der Beantragung der Förderung für das Prüfgebiet zu beginnen.

Das Fokusgebiet sollte dabei prioritär behandelt werden. Das Netz kann im Anschluss in mehreren Ausbaustufen erweitert werden. Es werden beide potenziellen Versorgungsgebiete für eine Flusswasserwärmepumpe (FWWP) aus Kapitel 5.7 untersucht. In Abbildung 52 ist der Lageplan und das Luftbild des Untersuchungsgebiets für den nördlicheren FWWP-Standort dargestellt (Standort Rhöndorf). In Abbildung 53 ist der Lageplan und das Luftbild des Untersuchungsgebiets für den südlicheren FWWP-Standort dargestellt (Standort Lohfeld).

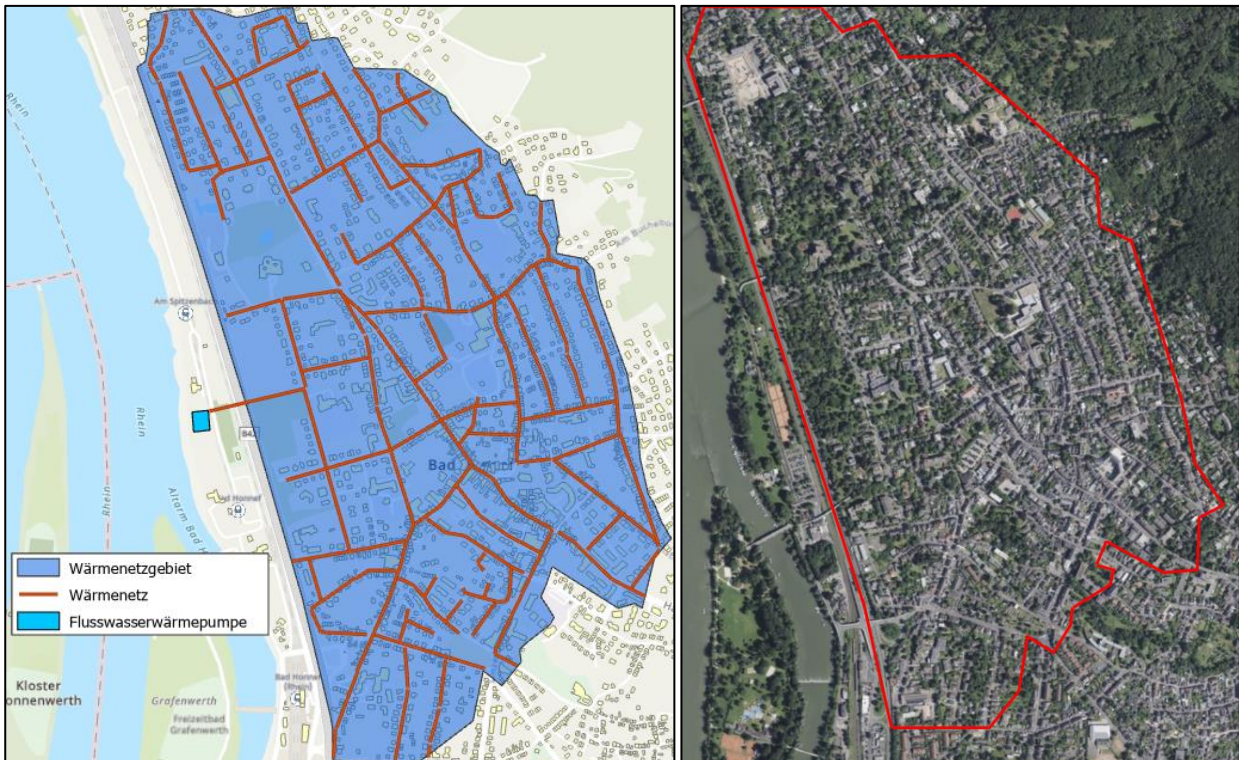


Abbildung 52: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet Rhöndorf

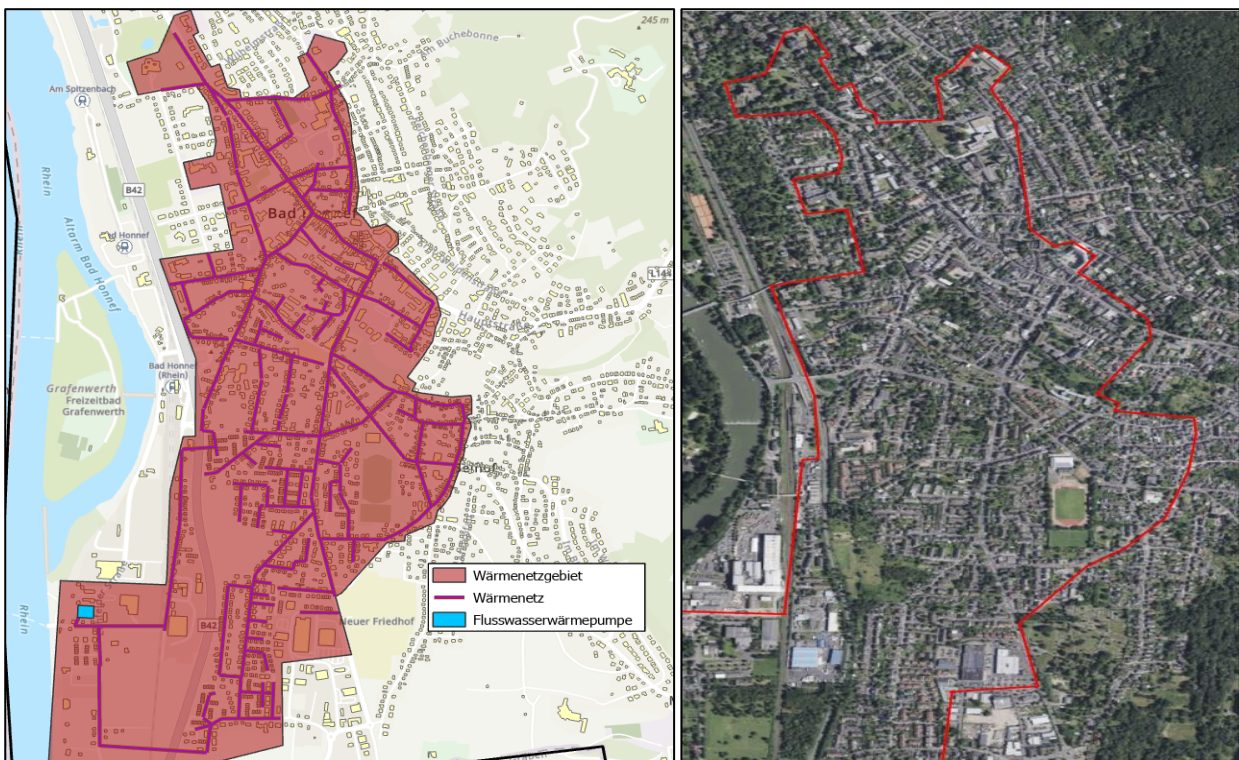


Abbildung 53: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet Lohfeld (links)

Als hauptverantwortliche Akteure sind die Stadtverwaltung Bad Honnefs und die BHAG zu nennen. Beide können die Förderung beantragen. Aber auch andere potenzielle Netzbetreiber sind in Zukunft denkbar. Wichtig ist auch die Einbindung der Eigentümer*innen der Gebäude im Planungsgebiet. Ebenfalls sollte möglichst früh der Kontakt zum Gewerbe-/Dienstleistungssektor, zu Schulen und Betreiber*innen sonstiger öffentlicher Gebäude gesucht werden. Nur durch eine hohe Anschlussquote und eine hohe Akzeptanz des

Vorhabens kann das Projekt realisiert werden. Ein Wärmenetz ist für die AbnehmerInnen eine einfache, sichere und somit attraktive Versorgungsart.

Ein möglicher Projektzeitenplan für den Aufbau des Wärmenetzes ist in Abbildung 54 dargestellt. Dabei wurde der Aufbau des Netzes in zwei Maßnahmenpakete aufgeteilt. Sinnvoll wäre beispielsweise die Aufteilung in zwei Ausbaustufen mit Erweiterung des Wärmenetzes und zusätzlicher Erzeugungskapazität in der zweiten Ausbaustufe. Die genaue Definition der Maßnahmenpakete und ein detaillierter Zeitplan werden im Rahmen der Machbarkeitsstudie (Modul 1) erarbeitet.

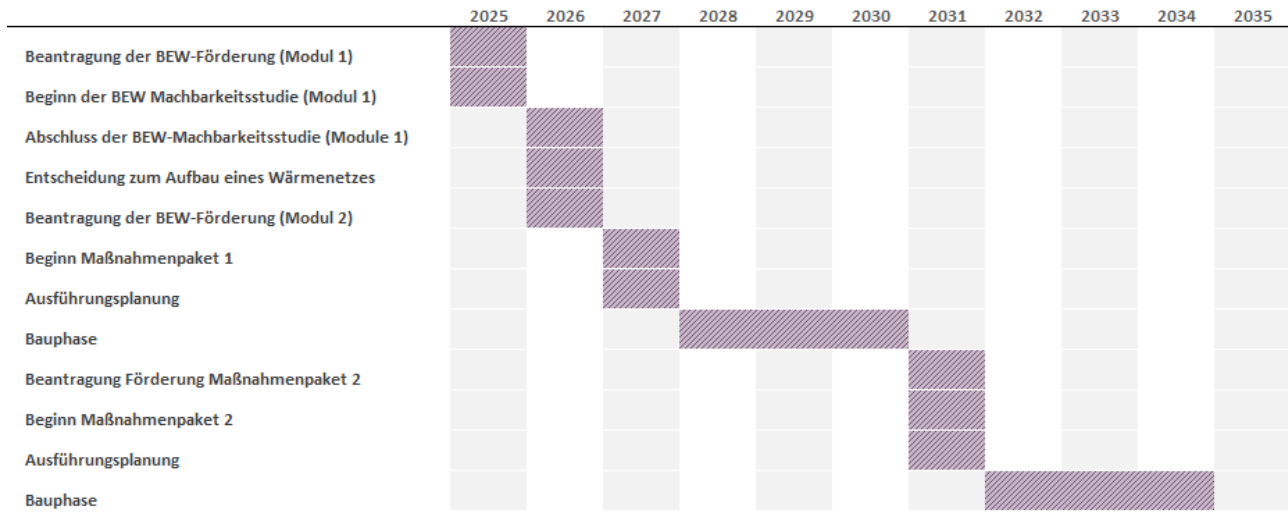


Abbildung 54: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes in der Innenstadt der Tallage

Technische Auslegung des Wärmenetzes

Die Energieerzeugung für das zu prüfende Wärmenetz in der Innenstadt Bad Honnefs kann durch eine Kombination aus Flusswasserwärmepumpe, Abwasserwärme und Spitzenlasterzeugung realisiert werden. Die Fragen, wie die Spitzenlast erzeugt und wie entsprechende Redundanz aufgebaut wird, müssen im Rahmen der Machbarkeitsstudie nach BEW genauer untersucht werden. Mögliche Optionen sind die Verbrennung von Biomasse (lokales Waldrestholz), ein Power-to-Heat Kessel oder als temporäre Zwischenlösung ein Erdgaskessel. Eine weitere denkbare Option ist der Einsatz eines saisonalen Wärmespeichers, der die Lastspitzen im Winter reduziert.

Das System benötigt in beiden Untersuchungsgebieten eine Trassenlänge der Hauptleitung von ca. 20 km. Somit resultieren in beiden Varianten auch etwa die gleichen Kosten. Aus diesem Grund werden in den folgenden Berechnungen nur die Werte für das Versorgungsgebiet Süd aufgeführt.

Die technischen und wirtschaftlichen Daten des Wärmenetzbetriebs sowie die relevanten Kennziffern der Untersuchungsgebiete sind in Tabelle 23 aufgeführt. Die Flusswasserwärmepumpe liefert mit knapp 65 GWh den höchsten Anteil an der Wärmeerzeugung. Dieser Wert liegt zwar knapp oberhalb des angegebenen Potenzials, jedoch wurde in der Wärmestudie NRW nur eine grobe Potenzialeinschätzung vorgenommen. Die Nutzung des Rheinwassers als Wärmequelle bietet jedoch bei entsprechender Pumpendimensionierung mehr Potenzial. Für das Potenzial zur Nutzung von Abwasserwärme wurden etwa 14 GWh/a ermittelt. Dieser Wert wird in der Berechnung auch nahezu ausgereizt. Der Spitzenlastkessel liefert die Restenergie in Höhe von 2,2 GWh/a. Die Wärmeverluste im Wärmenetz liegen bei diesem System etwa bei **12 GWh/a** und die jährliche Energieeinsparung im Jahr 2045 im Trendszenario liegt bei 16 GWh/a. Die Rohrleitungen werden standardmäßig auf das **Druckniveau PN 25** ausgelegt, wobei dieser Maximaldruck aufgrund der geringen Temperaturen im Betrieb deutlich unterschritten wird. Bei Einsatz von Wasser als Medium in einem Netz mit 20 MW Leistung und einer Temperaturspreizung von 30 K liegen die Druckverluste bei einem Durchmesser **DN 250** bei etwa 100 Pa/m. Die Dimensionierung ist eine erste grobe Abschätzung und muss im Zuge der BEW-Studie noch weiter optimiert werden. [74]

Tabelle 23: Technische und wirtschaftliche Daten zum potenziellen Wärmenetz in beiden Untersuchungsgebieten

Vorhandene Energieinfrastruktur	Erdgas	Heizöl	Scheitholz	Sonstige Energieträger
Gebäude mit Heizungssystem ⁶	98%	6%	24%	0,6%
Überwiegender Energieträger	93%	4%	3%	0,1%
Gebietsgröße	Absoluter Wärmebedarf	Relativer Wärmebedarf stadtweit	Energieeinsparpotenzial	Nutzungspotenzial EE
189 ha	85,5 GWh/a	32%	49,4 GWh/a	74 GWh/a
Technische Daten Wärmenetz		Einsparungen von THG-Emissionen	Kosten	Förderung
<ul style="list-style-type: none"> 15,5 MW_{th} Flusswasserwärmepumpe (65 GWh/a) 3 MW_{th} Abwasserwärme (13 GWh/a) 20 MW Spitzenlastkessel (2,2 GWh/a, exemplarische Rechnung mit Erdgaskessel) Ca. 20 km Trassenlänge Hauptleitung (jeweils für Vor- und Rücklauf) 		<ul style="list-style-type: none"> 182.600 t CO_{2e} Einsparung von 97% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors des Untersuchungsgebiets Einsparung von 31% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors Bad Honnefs 	<ul style="list-style-type: none"> Investitionskosten Wärmenetz: ca. 96.200.000 € Investitionskosten: Energiezentralen: ca. 25.400.000 € Betriebskosten bis 2045: ca. 48.400.000 € Kosten Machbarkeitsstudie: Ca. 100.000 € - 200.000 € 	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau der Wärmenetzinfrastruktur: 48.600.000 € Betriebskostenförderung: 43.500.000 €
Anzahl Wärmeversorgungsobjekte	Geschätzte Anzahl Einwohner*innen	Kosten Wärmeversorgung 2025	Kosten Wärmeversorgung 2045	
2.095	7.332	1.464 €	936 €	

Ergebnisse

Die erforderlichen Investitionskosten für die Wärmeinfrastruktur liegen etwa im Bereich von rund **121.600.000 €**, wobei bereits ein Sicherheitsaufschlag von rund 15% inbegriffen ist (aufgrund der Flusswasserwärmepumpe hoher Sicherheitsaufschlag). Den Großteil der Kosten verursacht die Infrastruktur (79%) und für die Energiezentralen werden nur 21% der Kosten benötigt. Von diesen Kosten können etwa 48.600.000 € durch eine Förderung abgedeckt werden. Die Betriebs- und Energiekosten bis zum Zieljahr 2045 belaufen sich auf rund **48.400.000 €**. Für diese Kosten kann eine Förderung von rund 43.500.000 € geltend gemacht werden. Die übrigen Gesamtkosten bis zum Jahr 2045 abzüglich der Förderung belaufen sich somit auf rund **78.000.000 €**. Angenommen die ersten Abschnitte des Wärmenetzes gehen 2030 in Betrieb und es soll eine maximale **Amortisationsdauer von 20 Jahren** erreicht werden, so liegen die Wärmegestehungskoten etwa bei **0,105 €/kWh**, für den Fall, dass sich alle Verbraucher innerhalb des Netzgebiets an das Netz anschließen. Sinkt die Anschlussrate auf 50%, steigen die Wärmegestehungskosten allerdings auf **0,145 €/kWh**. Somit ist die Anschlussquote eine sensitive Stellgröße und eine hohe Anschlussquote ist für einen rentablen Betrieb entscheidend. Bei dieser Rechnung sind keine Zinsen und keine Inflation mit einkalkuliert. Verglichen mit dem Gaspreis, der vor allem durch die CO₂-Besteuerung bis zum Zieljahr stark

⁶ In Gebäuden können mehrere Heizungssysteme betrieben werden, daher liegt die Summe über 100%

ansteigen wird, ergibt dies eine günstigere Versorgungsalternative zum Erdgas zumal auch keine Kosten mehr für neue Heizungen und Schornsteinfeger*innen anfallen.

Für die Endkunden wird die Wärmeversorgung in diesem Szenario langfristig günstiger, was auch an den zukünftigen Energieeinsparungen liegt. Bei dem berechneten Fernwärmepreis liegen die **durchschnittlichen jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person bei etwa 936 € im Jahr 2045**, was eine Reduktion von **rund 36%** in Bezug auf den Status Quo bedeutet. Mit sinkender Anschlussquote steigen die durchschnittlichen jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person. Bis zum Jahr 2045 werden allerdings Kosten für den Heizungstausch und etwaige Sanierungsmaßnahmen auf die Eigentümer*innen zukommen. Diese Kosten fallen aufgrund der Individualität im Gebäudebestand unterschiedlich aus.

Der Aufbau eines solchen Wärmenetzes in der Bad Honnefer Innenstadt würde einen wichtigen Meilenstein in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bedeuten. Durch den Aufbau des Wärmenetzes können etwa 97% der jährlichen Treibhausgasemissionen des Wärmesektors im entsprechenden Untersuchungsgebiet und 31% bezogen auf das gesamte Stadtgebiet eingespart werden. Durch die Einsparung von Treibhausgasemissionen leistet die Stadt Bad Honnef einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Ebenfalls wird somit eine regionale und autarke Energieinfrastruktur aufgebaut, die frei von Einflüssen auf dem Energiemarkt betrieben wird.

Ausblick

In beiden Untersuchungsgebieten liegt die zu verlegende Trassenlänge etwa auf dem gleichen Niveau. Somit kann der Standort frei von den Kosten des Verteilnetzes gewählt werden. Entscheidende Kriterien werden die Raumwirkung der Anlage sowie die Komplikationen beim Queren der Bundesstraße und der Bahntrasse werden, die zwischen den Verbrauchern und dem Rhein verlaufen. In der BEW-Machbarkeitsstudie müssen diese Aspekte genau untersucht werden.

Ebenfalls muss in der Studie untersucht werden, welche Temperaturen das Wärmenetz optimalerweise aufweisen soll. Die Berechnungen wurden für ein konventionelles Wärmenetz mit etwa 90°C Vorlauftemperatur durchgeführt. Ein kaltes Wärmenetz oder Niedertemperatur-Wärmenetz mit angeschlossenen dezentralen Wärmepumpen sind ebenfalls zu berücksichtigende Optionen. In diesen Fällen würden die Kosten für Spitzenlastabdeckung und Redundanz verringert werden. Auf die Endkunden kämen allerdings höhere Anschaffungskosten zu.

Aktuell wird das Potenzial der Edelhoff-Quelle in Bad Honnef untersucht. Auch wenn die ersten Untersuchungsergebnisse nahe legen, dass die nutzbare Wärmeleistung eher zur Einzelobjektversorgung ausreicht, sollte der Untersuchungsstand und die technische Nutzbarmachung dieser Wärmequelle im Rahmen der Machbarkeitsstudie überprüft werden.

Für einige Straßen im Fokusgebiet, darunter insbesondere die Rommersdorfer Straße, Bismarckstraße, Hauptstraße und Weyermannallee sind in den nächsten Jahren bauliche Eingriffe geplant. Die Arbeiten in der Rommersdorfer Straße haben sogar bereits begonnen. Nach Möglichkeit sollten die zukünftigen baulichen Arbeiten mit der Verlegung der Wärmenetze zusammengebracht werden. Somit ist es umso wichtiger, dass die Planungen des Wärmenetzes zügig weitergeführt werden. Auch wenn eine Wärmenetzverlegung in der Rommersdorfer Straße in den nächsten Jahren nicht mehr in Frage kommt, ist es nach wie vor möglich an dieser Stelle das Netz bis zum Jahr 2045 weiter auszubauen.

Ein ähnliches Projekt wurde in Mannheim realisiert. Dort wurde im Oktober 2023 die aktuell größte Flusswasserwärmepumpe Europas mit einer thermischen Leistung von 20 MW in Betrieb genommen, was einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur dekarbonisierten Wärmeerzeugung markiert. Die Flusswasserwärmepumpe speist die Wärme in ein Fernwärmenetz und versorgt etwa 50.000 Haushalte mit grüner Wärme. In Mannheim sind die Bedingungen aufgrund bereits vorhandener Ein- und Auslaufbauwerke des bestehenden Großkraftwerks zwar insgesamt besser als in Bad Honnef, dennoch ist ein solches Leuchtturmprojekt auch in Bad Honnef möglich. [75]

6.2.3 Fokusgebiet Aegidienberg

Aufgrund der hohen solarthermischen Potenziale zur Versorgung eines regenerativen Wärmenetzes sollten auch in Aegidienberg die Chancen und Risiken beim Aufbau einer solchen Wärmeinfrastruktur näher geprüft werden. Dazu bietet sich ebenfalls eine Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 an. Die Studie umfasst die HOAI-Leistungsphasen 2-4. Es wird empfohlen unverzüglich nach der kommunalen Wärmeplanung mit der Beantragung der Förderung für das Prüfgebiet zu beginnen. Die Machbarkeit des Vorhabens steht und fällt

allerdings mit der **Möglichkeit der Flächenakquise**. Insofern sollte zunächst der Dialog mit Eigentümer*innen geführt werden, um zu prüfen, ob der Aufbau von Solarthermieranlagen überhaupt denkbar ist.

Das Fokusgebiet sollte dabei prioritär behandelt werden. Das Netz kann im Anschluss in mehreren Ausbaustufen erweitert werden (siehe Prüfgebiete in Aegidienberg). In Abbildung 55 ist der Lageplan des Untersuchungsgebiets mitsamt der potenziellen Erzeugungsflächen und in Abbildung 56 das entsprechende Luftbild dargestellt.

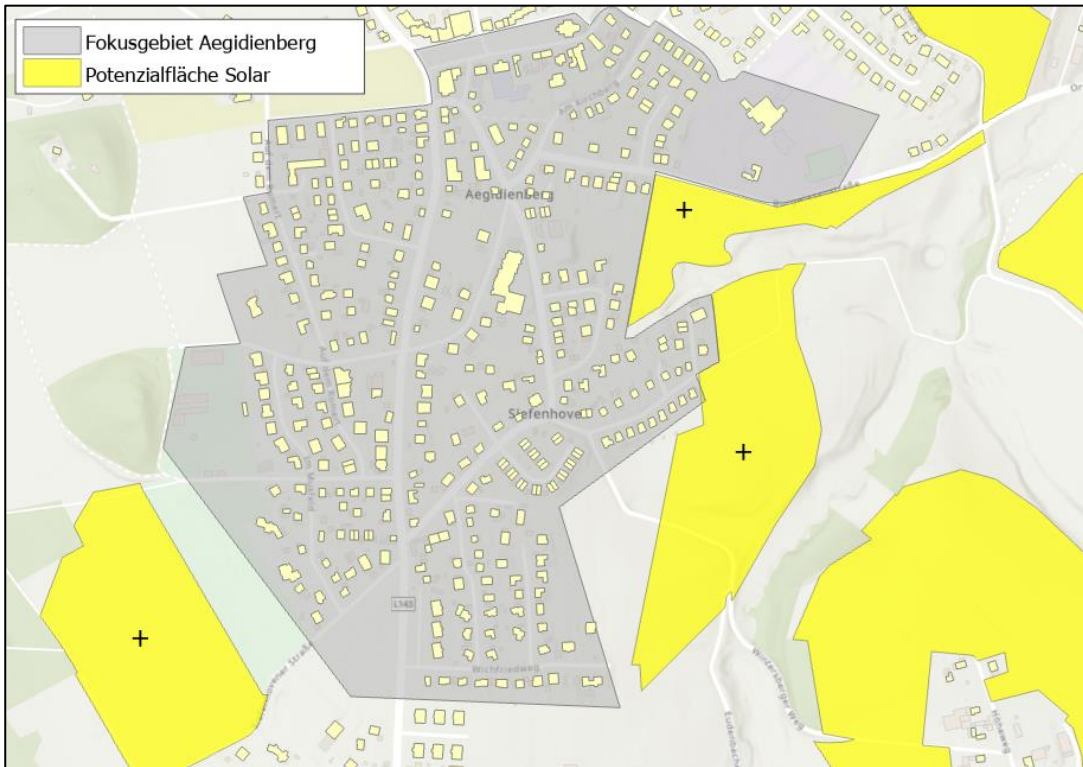


Abbildung 55: Lageplan des Untersuchungsgebiets für ein Wärmenetz in Aegidienberg



Abbildung 56: Luftbild des Untersuchungsgebiets für ein Wärmenetz in Aegidienberg

Als hauptverantwortliche Akteure sind die Stadtverwaltung Bad Honnefs und die BHAG zu nennen. Beide können die Förderung beantragen. Aber auch andere potenzielle Netzbetreiber sind in Zukunft denkbar. Wichtig ist neben der Einbindung der Eigentümer*innen der Potenzialflächen auch die Gebäudebesitzer*innen im Planungsgebiet. Ebenfalls sollte möglichst früh der Kontakt zum Gewerbe-/Dienstleistungssektor, zu Schulen und Betreiber*innen sonstiger öffentlicher Gebäude gesucht werden. Nur durch eine hohe Anschlussquote und eine hohe Akzeptanz des Vorhabens kann das Projekt realisiert werden.

Ein möglicher Projektzeitenplan für den Aufbau des Wärmenetzes ist in Abbildung 57 dargestellt. Da es sich hier um ein kleineres Wärmenetzgebiet handelt, ist der Projektzeitraum kürzer und der Aufbau des Netzes innerhalb eines Maßnahmenpakets nach BEW-Modul 2 möglich. Sollte ein Wärmenetz über das Fokusgebiet hinaus aufgebaut werden, ist wahrscheinlich ebenfalls die Aufteilung in mehrere Maßnahmenpakete sinnvoll. Ein detaillierter Zeitplan wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie (Modul 1) erarbeitet.

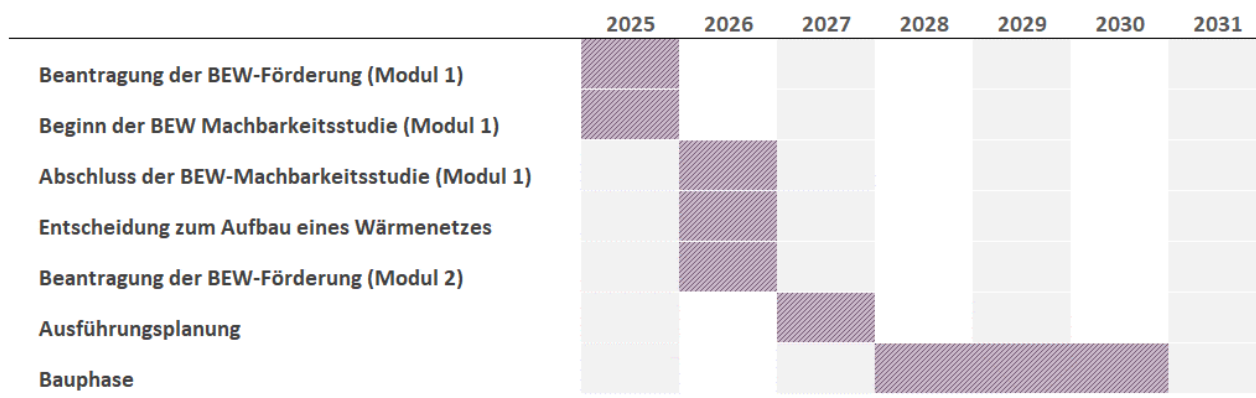


Abbildung 57: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes in Aegidienberg

Technische Auslegung des Wärmenetzes

Die Energieerzeugung für das zu prüfende Wärmenetz in Aegidienberg kann durch eine Freiflächen-Solarthermianlage (FFSTA), welche in sonnenschwachen Stunden durch eine Großwärmepumpe und einen

Spitzenlastkessel unterstützt wird, realisiert werden. Der Spitzenlastkessel kann entweder durch grünen Wasserstoff aus dem voraussichtlich nahegelegenen Wasserstoffnetz oder durch Biomasse (lokales Waldrestholz) befeuert werden. Ebenfalls kann ein saisonaler Erdwärmespeicher die solaren Deckungsrad der Anlage vergrößern. Die technischen und wirtschaftlichen Daten des Wärmenetzes sowie die relevanten Kennziffern des Untersuchungsgebiets sind in Tabelle 24 aufgeführt. Die Solarthermieranlage liefert mit **8 GWh** den höchsten Anteil an der Erzeugung. Zusammen mit dem Großwärmespeicher benötigt die Anlage etwa eine Fläche von **3,9 ha**. Die Großwärmepumpe, die die solare Wärme auf ein höheres Niveau bringen kann, liefert etwa zusätzlich **2 GWh/a** und der Spitzenlastkessel kommt nur wenige Stunden im Jahr zum Einsatz und liefert etwa 700 MWh/a. Die Wärmeverluste im Wärmenetz liegen bei diesem System etwa bei **1,6 GWh/a**. Die Nutzung von Abwasserwärme in Aegidienberg ist nur begrenzt möglich. Auf dem identifizierten Streckenabschnitt könnten theoretisch 100 kW thermische Leistung installiert werden, der Aufwand dafür ist in Bestandskanälen allerdings hoch und aufgrund der geringen Ausbeute wurde die Nutzung von Abwasserwärme für das Wärmesystem nicht mit aufgeführt. Die Dimensionierung des Systems ist eine erste grobe Abschätzung. Statt des Einsatzes eines Redundanzkessels wäre auch der Betrieb eines kalten Netzes oder Niedertemperaturnetzes möglich, in dem die dezentralen Wärmepumpen im Winter aufgrund der geringeren Solarstrahlung eine höhere Auslastung erfahren würden. Im Zuge einer Machbarkeitsstudie muss die Dimensionierung und die Betriebsweise des Netzes weiter optimiert werden.

Tabelle 24: Technische und wirtschaftliche Daten zum Untersuchungsgebiet und dem potenziellen Wärmenetz

Vorhandene Energieinfrastruktur	Erdgas	Heizöl	Scheitholz	Pellets
Gebäude mit Heizungssystem	98%	16%	39%	1,3%
Überwiegender Energieträger	83%	15%	1,6%	0,5%
Gebietsgröße	Absoluter Wärmebedarf	Relativer Wärmebedarf	Energieeinsparpotenzial	Nutzungspotenzial EE
42 ha	12,4 GWh/a	4,6% stadtweit	8,15 GWh/a	26 GWh/a ⁷
Technische Daten Wärmenetz		Einsparungen von THG-Emissionen	Kosten	Förderung
<ul style="list-style-type: none"> 12 MW Solarthermieranlage (3,4 ha) 2 GWh Solarthermie Erdbeckenspeicher (0,5 ha) 1,3 MW Wärmepumpe 12 MW Spitzenlastkessel (grüner Wasserstoff oder lokale Biomasse) Ggf. kombinierbar mit Geothermie Ca. 4,5 km Trassenlänge Hauptleitung (jeweils für Vor- und Rücklauf) 		<ul style="list-style-type: none"> 27.000 t CO_{2e} Einsparung von 92% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors des Fokusgebiets Einsparung von 4% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors Bad Honnefs 	<ul style="list-style-type: none"> Investitionskosten Wärmenetz: ca. 21.500.000 € Investitionskosten: Energiezentralen: ca. 9.000.000 € Betriebskosten bis 2045: ca. 3.000.000 € Kosten Machbarkeitsstudie: Ca. 100.000 € 	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau der Wärmenetzinfrastruktur: 12.000.000 € Betriebskostenförderung: 1.500.000 €
Anzahl Wärmeverversungsobjekte	Geschätzte Anzahl Einwohner*innen	Kosten Wärmeverversorgung 2025	Kosten Wärmeverversorgung 2045	
382	1.337	1.281 €	1210 €	

⁷ Nur Solarflächen, die im Lageplan mit + markiert sind

Zusammenfassung der Ergebnisse

Dieses System führt bei einer ersten groben Messung der Trassenlänge der Hauptleitung des Wärmenetzes von 4,5 km zu notwendigen Investitionskosten von rund **30.500.000 €**, wobei bereits ein Sicherheitsaufschlag von rund 7% inbegriffen ist. Der Hauptteil der Investitionskosten macht die Infrastruktur aus (70%) und für die Energiezentralen werden nur 20% der Kosten benötigt. Von diesen Kosten können etwa **12.000.000 €** durch eine Förderung abgedeckt werden. Die Betriebs- und Energiekosten bis zum Zieljahr 2045 belaufen sich auf rund **3.000.000 €**. Für diese Kosten kann eine Förderung von rund 1.500.000 € geltend gemacht werden. Die übrigen Kosten abzüglich der Förderung belaufen sich somit auf rund **20.000.000 €**. Angenommen die ersten Abschnitte des Wärmenetzes gehen 2030 in Betrieb und es soll eine maximale **Amortisationsdauer von 20 Jahren** erreicht werden, so liegt der Fernwärmepreis etwa bei **0,16 €/kWh**. Bei dieser Rechnung sind keine Zinsen und keine Inflation mit einkalkuliert und der Preis bezieht sich auf eine Anschlussquote von 100%. Bei einer Reduzierung der Anschlussquote auf 50% steigen die Wärmegestehungskosten auf **0,21 €/kWh**. Im Vergleich wird der Gaspreis und vor allem der CO₂-Preis bis zum Zieljahr stark ansteigen, sodass der Endkundenpreis für die Verbrennung von Gas voraussichtlich bei über 0,2 €/kWh liegen wird. Für einen wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes ist eine hohe Anschlussquote von über 50% entscheidend.

Für die Endkunden im Untersuchungsgebiet wird die Wärmeversorgung kurzfristig aufgrund der steigenden CO₂-Besteuerung des Erdgases teurer. Langfristig sinkt dieser Preis durch den Aufbau der Fernwärme etwa auf das Niveau vom Status Quo. Bei dem berechneten Fernwärmepreis liegen die **durchschnittlichen jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person bei etwa 1.210 € im Jahr 2045**, was eine **Reduktion von rund 6%** in Bezug auf den Status Quo bedeutet. Mit sinkender Anschlussquote steigen die durchschnittlichen jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person. Zwar liegt der Preis pro kWh Fernwärme höher als der aktuelle Gaspreis, dafür entfallen in Zukunft Kosten für Wartung und ggf. Neuanschaffung der Heizung sowie die Kosten der Schornsteinfeger*innen. Wie auch schon im Netzgebiet der Innenstadt werden bis zum Jahr 2045 Kosten für den Heizungstausch und etwaige Sanierungsmaßnahmen auf die Eigentümer*innen zukommen. Diese Kosten fallen aufgrund der Individualität im Gebäudebestand unterschiedlich aus.

Durch den Aufbau des Wärmenetzes können etwa 92% der jährlichen Treibhausgasemissionen des Wärmesektors im Fokusgebiet und 4% bezogen auf das gesamte Stadtgebiet eingespart werden. Durch den Ausbau des Netzes über das Fokusgebiet hinaus können noch weitere Treibhausgasemissionen eingespart werden. Ebenfalls hilft die solarthermische Erzeugung bei der Reduzierung der notwendigen Lastspitzen im Stromnetz im Zuge der Elektrifizierung der Wärmeversorgung.

Ausblick

Der Aufbau eines solchen Wärmenetzes in Aegidienberg würde einen wichtigen Meilenstein in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bedeuten. Durch den Aufbau des Wärmenetzes können etwa 92% der jährlichen Treibhausgasemissionen des Wärmesektors im entsprechenden Untersuchungsgebiet und 4% bezogen auf das gesamte Stadtgebiet eingespart werden. Durch die Einsparung von Treibhausgasemissionen leistet die Stadt Bad Honnef einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Ebenfalls wird somit eine regionale und autarke Energieinfrastruktur aufgebaut, die frei von Einflüssen auf dem Energiemarkt betrieben wird.

Durch die Einsparung von Treibhausgasemissionen leistet die Stadt Bad Honnef einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeinfrastruktur und zum Klimaschutz. Ebenfalls wird eine regionale und autarke Energieinfrastruktur aufgebaut, die frei von Einflüssen auf dem Energiemarkt betrieben wird. Es muss allerdings auch geprüft werden, für welche Zwecke die Potenzialflächen aktuell genutzt werden, ob wichtige landwirtschaftlich genutzte Flächen dafür verdrängt werden, oder ob eine gemeinsame Nutzung in Form von Agri-Solarthermie denkbar ist.

Wärmenetze, die zumindest teilweise durch solarthermische Anlagen gespeist werden, gibt es bereits in Deutschland. 58 Solarthermieanlagen mit Wärmenetzunterstützung befinden sich Deutschlandweit im Betrieb und 13 weitere Anlagen befinden sich in Planung [76]. In Leipzig wird eine solche Anlage zur Wärmenetzunterstützung in den kommenden Jahren aufgebaut. Hier soll eine Anlage mit 47 MW Peak Leistung und Einspeisetemperatur von 108°C entstehen. Ein Wärmenetz, das nahezu autark durch solarthermische Wärme gespeist wird, wäre allerdings aktuell in Deutschland einzigartig und würde entsprechend als Leuchtturmprojekt einen wichtigen Meilenstein in der Wärmewende setzen. [28]

6.3 Maßnahmensteckbriefe

Neben den Maßnahmen zum Aufbau eines Wärmenetzes in den Fokusgebieten sind weitere Maßnahmen notwendig, um das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu ermöglichen. In diesem Kapitel werden alle Maßnahmen in Form von Maßnahmensteckbriefen aufgeführt. Die einzelnen Maßnahmen werden untereinander priorisiert. Dabei entspricht die Prioritätsstufe P1 der höchsten Priorität. In Tabelle 25 werden alle Maßnahmen aufgelistet. Wenn möglich werden die Kosten für die Maßnahmen abgeschätzt. In Abbildung 58 werden die Maßnahmen auf einem Zeitstrahl grob eingeteilt und somit der zeitliche Ablauf der kommunalen Wärmewende in Bad Honnef dargestellt. Die Maßnahmen werden in folgende Handlungsfelder unterteilt und Typen unterteilt:

Handlungsfelder

- A. Energieinfrastruktur
- B. Energieeinsparungen/ Heizungstechnologie
- C. Aufbau Erneuerbarer Energien
- D. Strategische Steuerung

Typ

- I. Technisch-bauliche Maßnahmen
- II. Organisatorische, politische und sozio-ökonomische Maßnahmen

Vor allem zu den Themen Sanierung und Erneuerbare Energien gibt es bereits einige ausgearbeitete Maßnahmen im Integrierten Klimaschutzkonzept (IKSK). Besonders wichtige Maßnahmen werden hier nochmal aufgegriffen, allerdings nur mit einem entsprechenden Verweis vermerkt. Ansonsten wurde grundsätzlich auf die Doppelung von Maßnahmen aus dem IKSK verzichtet. Alle anderen Maßnahmen werden in Steckbriefen nachfolgend aufgeführt.


Tabelle 25: Auflistung aller Maßnahmensteckbriefe


Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	Titel	Verweis auf IKSK
1	A	I	P1	Beantragung der BEW-Förderung	-
2	A	I	P1	Transformationsplan Wasserstoffnetz	-
3	A	II	P2	Investoren akquirieren	-
4	A	I	P3	Transformationsplan Stromnetz	-
5	B	II	P1	Wärmepumpenkampagne	-
6	B	II	P3	Sanierungskampagne	-
7	B	II	P3	Sanierungskatalog mit typischen Gebäudekategorien erstellen	-
8	B	II	P3	Serielle Sanierung	3.5 im IKSK
9	B	II	P3	Erstellen eines Sanierungsfahrplans für öffentliche Gebäude	6.2 im IKSK
10	C	II	P4	Förderung Ausbau dezentraler ST- und PV-Anlagen	2.2 im IKSK
11	C	II	P4	Ausweisung von Potenzialflächen in der Bauleitplanung	2.4 im IKSK
12	C	I	P4	Aufbau von Windenergieanlagen	-
13	C	I	P4	Aufbau von FFPV-Anlagen	-
14	D	II	P2	Schaffung einer Wärmesatzung	-
15	D	II	P2	Schaffung einer Personalstelle für das Thema kommunale Wärmewende	-
16	D	II	P2	Netzwerktreffen Nachbarkommunen	-
17	D	II	P4	Vernetzungstreffen der Klimaschutzmanager*innen in der Region	1.8 im IKSK


Nummer	Hand- lungs- feld	Typ	Priori- täts- stufe	Titel	Verweis auf IKSK
18	D	II	P2	Erstellung einer Online-Karte	-
19	D	II	P2	Controlling der relevanten Faktoren	-





Abbildung 58: Zeitliche Anordnung der jeweiligen Maßnahmen der Wärmewende

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
1	A	I	P1	
Titel/ Name				
Beantragung der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW-Förderung)				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
Bad Honnef AG Stadtverwaltung Bad Honnef			Ca. 100.000 € - 200.000 €	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Kurzfristig (Ende 2026)	
Benefits				
Durch die BEW-Förderung können notwendige Maßnahmen zum Aufbau einer neuen Energieinfrastruktur teilweise vom Bund übernommen werden. Somit kann die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zum Aufbau eines Wärmenetzes stark verbessert werden.				
Beschreibung				
<p>Die Beantragung des BEW-Moduls 1 zur Förderung einer Machbarkeitsstudie (Leistungsphase 2-4 nach HOAI) zum Aufbau eines Wärmenetzes sollte unmittelbar im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung geschehen. Die Fördergelder sind begrenzt. Für eine Machbarkeitsstudie in Bad Honnef Tal liegen mit der kommunalen Wärmeplanung bereits alle notwendigen Informationen für die Beantragung der Förderung vor. Für Aegidienberg muss die Projektskizze vervollständigt werden.</p> <p>Die Entscheidung zu einer Machbarkeitsstudie ist noch keine Entscheidung zum Aufbau eines Wärmenetzes.</p> <p>Die Dauer der Machbarkeitsstudie beträgt etwa 1 Jahr. Nach einem Jahr kann bei Entscheidung für ein Wärmenetz die Förderung des Moduls 2 (Leistungsphasen 5-8 nach HOAI sowie Investitionskosten) beantragt werden und somit die Ausführungsplanung begonnen werden. Eine genauere Zeitplanung ist Kapitel 6.2 zu entnehmen.</p> <p>Die Kosten für eine Machbarkeitsstudie betragen voraussichtlich 100.000 € - 200.000 €. Wenn mehrere Netzgebiete betrachtet werden sollen (bspw. Aegidienberg + Bad Honnef Tal) können die Kosten höher liegen. Gefördert werden 50% der förderfähigen Kosten. Beantragt werden kann die Förderung von der Stadt oder dem zukünftigen Netzbetreiber. Sinnvollerweise sollte der Betreiber des zukünftigen Wärmenetzes die Förderung für Modul 2 beantragen, damit im Falle des Aufbaus des Wärmenetzes auch Betriebsförderungen beantragt werden können. Das BEW-Modul 1 kann auch von der Stadt beantragt werden. Ein enger Austausch zwischen Stadt Bad Honnef und Bad Honnef AG ist im Zuge der Vorbereitung und Durchführung der Machbarkeitsstudie zu empfehlen.</p> <p>Neben der BEW-Förderung gibt es auch andere Fördermöglichkeiten wie die EU-weite ELENA-Förderung, die unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz explizit Projekte für Nah- und Fernwärme mit Projektkosten von mehr als 30.000.000 € und einem Durchführungszeitraum von drei Jahren fördert. Die Förderlandschaft sollte ausgiebig untersucht werden, um alle Möglichkeiten auszuschöpfen. [77]</p>				
Referenzbeispiel				
Die BEW-Förderungen werden Bundesweit genutzt, um die Wärmesysteme der Zukunft, vor allem außerhalb der Metropolen, bezahlbar zu machen. Die Informationen zur BEW-Studie können dieser Quelle entnommen werden: [66]				


Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
2	A	I	P1	
Titel/ Name				
Transformationsplan Wasserstoffnetz				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
<ul style="list-style-type: none">BHAGDienstleister			-	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Bereits begonnen			Kurzfristig (Ende 2026)	
Benefits				
Verbesserung der Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Wärmeversorgung von Aegidienberg				
Beschreibung				
<p>Voraussichtlich soll in Bad Honnef eine Neubauleitung des Wasserstoffkernnetzes gelegt werden. Somit besteht die Möglichkeit das Gasverteilnetz in Aegidienberg an das Wasserstoffnetz anzuschließen. Somit könnte der Großteil der Gebäude in Aegidienberg mit grünem Wasserstoff versorgt werden. Dafür muss zunächst geprüft werden, mit welchem Aufwand das aktuelle Gasnetz in ein Wasserstoff Verteilnetz transformiert werden kann. Dazu hat die BHAG die Erstellung eines Wasserstoff Transformationsplans bereits in Auftrag gegeben. Ziel dieses Plans ist, den Aufwand für die Umwidmung einzuschätzen und entsprechende Erfordernisse aufzuzeigen.</p> <p>Die Kosten für diese Studie tragen die BHAG. Bei einem entsprechenden Ergebnis des Transformationsplans wäre der Betrieb eines Wasserstoffverteilnetzes theoretisch möglich. Die Frage der zukünftig verfügbaren Mengen und der Abhängigkeit von potenziellen Exporteuren kann im Zuge des Transformationsplan jedoch nicht abschließend geklärt werden. Hier gilt es, die Weiterentwicklung des Wasserstoffkernnetzes und der Wasserstoffpreise genau zu beobachten.</p> <p>Es ist sinnvoll, den Wasserstofftransformationsplan schnellstmöglich abzuschließen, um nach den BEW-Machbarkeitsstudien für die Wärmenetze in Bad Honnef eine Entscheidung bezüglich der Energieinfrastruktur in Bad Honnef treffen zu können.</p>				
Referenzbeispiel				
Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) 2023 [78]				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
3	A	II	P2	
Titel/ Name				
Investoren akquirieren				
Verantwortliche & Beteiligte				Kosten
Stadtverwaltung Bad Honnef Bad Honnef AG				-
Projektbeginn				Projektabschluss
Kurzfristig				Kurzfristig (Ende 2026)
Benefits				
Gesicherte Finanzierung des Aufbaus neuer Wärmeinfrastruktur				
Beschreibung				
<p>Der Aufbau einer neuen Wärmeinfrastruktur in Bad Honnef wird trotz Förderungen hohe Investitionen erfordern. Eine gesicherte Finanzierung über den gesamten Projektlauf ist entscheidend für den Erfolg des Vorhabens. Dafür sollten bereits jetzt potenzielle Investoren gesucht werden, damit im Anschluss an das BEW-Modul 1 eine Investitionsentscheidung getroffen werden kann.</p> <p>Für Investoren gibt es viele Gründe, eine Investition in den Aufbau von Wärmenetzen zu tätigen. Die politischen Rahmenbedingungen mit Subventionen zur Reduzierung der Anfangsinvestition und vereinfachten Genehmigungsverfahren sowie Steuererleichterungen verbessern die Rentabilität und bauen administrative Hürden ab. Durch politische Verpflichtungen zur Erreichung einer Treibhausgasneutralität bis 2045 und damit einhergehenden Förderung von erneuerbaren Energien ergibt sich eine langfristige Planungssicherheit, wodurch die Attraktivität weiter gesteigert wird. Das wachsende öffentliche Interesse an Wärmenetzen trägt ebenfalls dazu bei, die Bedingungen für eine rentable Investition langfristig zu sichern. [79]</p> <p>Die BHAG als potenzieller Netzbetreiber und Projektträger sowie die Stadt Bad Honnef als planungsverantwortliche Stelle sollten beide intensiv nach möglichen Investoren suchen. Neben typischen Finanzierungsmodellen durch Kreditinstitute ist auch eine Beteiligung von Bürgergesellschaften oder ähnliches denkbar. Dies würde wiederum auch die Akzeptanz und Anschlussbereitschaft in der Bevölkerung erhöhen. Bürgerenergiegesellschaften kommen ebenfalls als Betreiber und Investoren der Infrastruktur in Frage. Auch die Schließung einer öffentlich-privaten Partnerschaft (ÖPP) auf Vertragsbasis oder in institutionalisierter Form ist denkbar sowie mehrere Akteure mit unterschiedlichen Beteiligungsgraden. Wichtig ist nur, dass für die Antragstellung der BEW-Förderung das gleiche Rechtssubjekt die Förderung für Modul 2 beantragt wie für Modul 4.</p>				
Referenzbeispiel				
Autarke Wärmeversorgung in Wahlsdorf durch ein Nahwärmenetz betrieben durch eine Wärmegenossenschaft, finanziert durch die DKB [80]				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
4	A	I	P3	
Titel/ Name				
Transformationsplan Stromnetz				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
BHAG Stadtverwaltung Bad Honnef			Kosten für die Transformation werden im Zuge der Planerstellung ermittelt und vom Netzbetreiber getragen.	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Mittelfristig (Ende 2030)	
Benefits				
<p>Durch einen Transformationsplan werden die notwendigen Erfordernisse bezüglich des Stromnetzausbaus und der Netzverstärkung/ Netzsanierung identifiziert sowie entsprechende Schritte, um diesen Erfordernissen gerecht zu werden. Dies ermöglicht die lokale Integration erneuerbarer Energien und elektrischen Wärmeerzeugern.</p>				
Beschreibung				
<p>Die zunehmende Elektrifizierung des Wärmesektors bei gleichzeitiger Elektrifizierung der Mobilität führen zu einem stark erhöhten Strombedarf in der Zukunft. Diesem erhöhten Strombedarf muss in der Erzeugung und Verteilung entsprechender Kapazitäten Rechnung getragen werden.</p> <p>Mit einem Stromnetz-Transformationsplan können notwendigen Maßnahmen identifiziert werden, um auch in Zukunft einen versorgungssicheren und unterbrechungsfreien Stromnetzbetrieb zu gewährleisten.</p> <p>Zunächst ist dafür eine realistische Prognose der zukünftig benötigten lokalen Strommengen sowie der zukünftig regenerativ erzeugten Strommengen im Stadtgebiet erforderlich. Die Voraussetzung für die weiteren Schritte ist ein transparentes digitales Stromnetzmonitoring. Nur so können Schwachpunkte im Netz vorausschauend identifiziert werden.</p> <p>Die Maßnahmen, die sich aus dem Transformationsplan ergeben, können auf den Ausbau des Netzes, die Verstärkung des Netzes und die Sanierung des Bestandsnetzes abzielen. Der Einsatz regelbarer Ortsnetz Trafos für eine intelligente und automatisierte Regelung des Netzes wird ein wesentlicher Bestandteil sein. Zur Verringerung eines aufwendigen Netzausbaus ist eine intelligente Kommunikation zwischen Erzeugung und Verbrauch notwendig.</p> <p>Der Netztransformationsplan gibt auch den zeitlichen Ablauf der zu treffenden Maßnahmen vor. Dabei sollte durchgehend der Stand der Elektrifizierung der Wärmeversorgung im Blick behalten werden. Verantwortlich und kostentragend für die Netztransformation sind die BHAG als Netzbetreiber.</p> <p>Durch die Stromnetztransformation ist es möglich, auf lokaler Ebene erneuerbare Energien und Wärmepumpen verstärkt ins Netz zu integrieren. Das Ziel ist es, die Stromerzeugung, die in Zukunft immer mehr fluktuierenden Schwankungen unterliegen wird, mit dem Stromverbrauch, der vor allem in den Abend- und Winterstunden zunehmen wird, zusammenzubringen.</p>				
Referenzbeispiel				
<p>Die Transformation des Stromnetzes ist ein Thema, das nicht zuletzt durch die angestrebte Wärme- und Verkehrswende alle deutschen Kommunen betrifft. Siehe als Beispiel folgenden Ratsantrag [81]</p>				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
5	B	II	P1	
Titel/ Name				
Wärmepumpenkampagne				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
Stadtverwaltung Bad Honnef			-	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Kurzfristig (Ende 2026)	
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">• Aktivierung der Bevölkerung, die Wärmetransformation im eigenen Haus anzugehen• Versetzt die Bevölkerung in die Lage, aus allen Optionen, die für sie am besten passende auszuwählen• Erhöht die Erfolgswahrscheinlichkeit der Wärmewende enorm• Vorbeugen von Verunsicherung in der Bevölkerung				
Beschreibung				
<p>Die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie der Wärmewende wird auch in Bad Honnef den Großteil des zukünftigen Wärmebedarfs decken. Selbst wenn in der Innenstadt und Aegidienberg die Potenziale zum Aufbau eines Wärmenetzes ausgeschöpft werden, müssen noch rund 60% des Wärmebedarfs in Bad Honnef durch dezentrale Wärmeerzeuger versorgt werden. In den dezentralen Versorgungsgebieten kann der Heizungswechsel bereits im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung erfolgen. Um die Bewohner*innen der Stadt bei dieser Transformation nicht allein zu lassen, ist es wichtig entsprechende Beratungen anzubieten.</p> <p>Folgende Versorgungsoptionen in dezentralen Wärmeversorgungsgebieten sind bevorzugt: ⁸</p> <ul style="list-style-type: none">• Oberflächennahe Geothermie mit Wärmepumpen auf Basis von<ul style="list-style-type: none">○ Erdsonden○ Grundwasser○ Kollektorflächen• Luftwärmepumpe <p>Der Erfolg der Wärmewende ist abhängig davon, dass die Bevölkerung in Bad Honnef die Aufgabe der Transformation ihrer Heizungssysteme annimmt. Um sie bei der Wahl ihrer neuen Heizungssysteme bestmöglich zu unterstützen, sollten gezielte Informationsangebote für die verschiedenen Wärmepumpenanwendungen bereitgestellt werden. Dazu sollten Experten der Branche eingeladen werden, um in Bürgerinformationsveranstaltungen über die verschiedenen Anwendungsbeispiele der Wärmepumpe zu informieren und Praxisbeispiele und Tipps zu geben. Ebenfalls sollten die Informationen ausführlich, aber verständlich auf der Homepage der Stadt zusammengefasst werden. Diese sollten idealerweise direkt auf der Seite der kommunalen Wärmeplanung verlinkt werden. Ebenfalls können die Menschen in der Stadt über Social-Media-Kanäle erreicht und aktiviert werden. Hierzu ist es ratsam, mit entsprechenden Agenturen zusammenzuarbeiten.</p> <p>Eine weitere Möglichkeit der Information ist eine Branchenmesse, in der Anbieter von Wärmepumpen eingeladen werden, um über ihre Angebote und Produkte zu informieren. Diese Messe sollte möglichst vielen und diversen Anbietern die Möglichkeit eines Standes einräumen, um nicht direkt in den Wettbewerb einzugreifen. Nach Möglichkeit nutzt man dafür die Räumlichkeiten des Rathauses sowie die zugehörige Außenfläche.</p> <p>Die Stadt sollte in ihrer Vorreiterrolle ebenfalls möglichst schnell in öffentlichen Liegenschaften, die innerhalb von dezentralen Wärmeversorgungsgebieten liegen, die Heizungssysteme auf Wärmepumpen umstellen. Je stärker die Botschaft der Stadt formuliert wird, desto höher ist die Umsetzungswahrscheinlichkeit sowie -geschwindigkeit und somit auch der Erfolg der Wärmewende.</p>				
Referenzbeispiel			Booster Kampagne des Bundesverbands Wärmepumpe e.V. zusammen mit BEST FRIEND [82]	

⁸ Das Verfeuern von Biomasse ist lediglich bei einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft THG-neutral und wird daher nicht betrachtet.

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
6	B	II	P3	
Titel/ Name				
Durchführen einer Sanierungskampagne				
Verantwortliche & Beteiligte				Kosten
Stadtverwaltung Bad Honnef				0 - 12.500 €
Projektbeginn				Projektabschluss
Kurzfristig				Kurzfristig (Ende 2030)
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">• Aktivierung privater Eigentümer*innen durch gezielte Information• Wertschöpfung und Beschäftigung, wenn die Maßnahmen von lokalen Handwerksbetrieben umgesetzt werden• Reduzierung von THG-Emissionen und Einsparung von Kosten für die Bürger*innen• Wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaziele				
Beschreibung				
<p>Ein- und Zweifamilienhäuser machen einen hohen Anteil der Wohngebäude in Bad Honnef aus, die in der Regel von den Eigentümer*innen selbst bewohnt werden. Für eine Sanierungsentscheidung fehlen nicht selten neben den finanziellen Mitteln auch Informationen darüber, wie und in welchem Umfang Energie eingespart werden kann, welche Sanierungsmaßnahmen sinnvoll sind und wo sie gezielte Beratung erhalten. An dieser Stelle ist die Durchführung einer Sanierungskampagne sinnvoll, um die Eigentümer*innen in der Stadt zu aktivieren.</p> <p>Generell gilt, der Erfolg der Kampagne steigt mit der Intensität und Individualität des Kontaktes zu den Bürger*innen. Damit steigen allerdings ebenfalls personeller Aufwand und finanzielle Ressourcen. In jedem Fall sollten alle gängigen Kanäle genutzt werden wie beispielsweise Lokalpresse, Amtsblätter, soziale Medien und Stände bei lokalen Veranstaltungen. Einzu beziehen sind dabei die betroffenen Dienstämter sowie lokale Handwerksbetriebe und Energieberater*innen.</p> <p>Die Kampagne sollte folgende Aspekte beinhalten:</p> <ul style="list-style-type: none">- Informationen zur Sensibilisierung: Welche Vorteile hat eine Sanierung? Welche Sanierungsmöglichkeiten und welche Förderungen bestehen? Was beinhaltet eine Energieberatung und an welche Stellen kann man sich wenden?- Eine kostenlose und unabhängige Erstberatung, idealerweise durch externe Berater*innen- Angebote der Verbraucherzentralen und Energieagenturen- Präsentation erfolgreicher Sanierungen in der Kommune- Wettbewerb <p>Dabei sind Sanierungskampagnen mit unterschiedlichen Budgets möglich. Mit geringem Budget ist es von Vorteil, an möglichst vielen bestehenden Angeboten anzudocken. Als Beispiel gilt der Gebäudeenergiecheck der Verbraucherzentrale. Es müssen lediglich personelle Ressourcen für die öffentliche Bewerbung sowie die Annahme von Anmeldungen und Terminplanung bereitgestellt werden. Durch zusätzliche selbst finanzierte Maßnahmen, wie eine Gewinnausschüttung unter den Teilnehmenden erhält die Kampagne noch eine persönliche Note. Diese zusätzlichen Benefits lassen sich häufig sogar durch Sponsoring, Spenden oder Stiftungsmittel finanzieren.</p> <p>Umfangreiche Kampagnen, bei denen die Eigentümer*innen nach persönlicher Einladung durch die Kommune von Energieberater*innen aufgesucht und beraten werden, verursachen Sachkosten in Höhe von rund 12.500 €, versprechen hingegen eine höhere Sanierungswahrscheinlichkeit bei den Bürger*innen. Damit werden die Produktion und Verteilung von Informationsmaterial sowie die Kosten der Berater*innen abgedeckt. In der Verwaltung sollten Stellen geschaffen oder genutzt werden für die Öffentlichkeitsarbeit. Der Zeitaufwand</p>				


liegt etwa bei 2-3 Wochen in Vollzeit in einem Zeitraum von 2-3 Monaten. Dabei sind keine branchenspezifischen Vorkenntnisse notwendig.


Für die Sanierungskampagne sollte die Stadt den Fokus auf Siedlungsbereiche mit besonders hohem Sanierungspotenzial legen. Hier bieten sich vor allem Gebiete mit hohem Altbaubestand an. In Bad Honnef ist das Potenzial und die Notwendigkeit für Sanierungsmaßnahmen vor allem in der Innenstadt gegeben. Es sollte sich ebenfalls auf die Gebiete fokussiert werden, die nach der Gebietsanalyse innerhalb eines dezentralen Versorgungsgebiet liegen, aber aufgrund der Gebäudestruktur und des Wärmeverbrauchs aktuell wenig geeignet sind für dezentrale Versorgungstechnologien (siehe Kapitel 5.2). [83]


Referenzbeispiel


Kampagne „gut beraten sanieren!“ des Landkreises Osnabrück [84]


Energiekarawanen [85]


Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
7	B	II	P3	
Titel/ Name				
Erarbeitung eines Sanierungskatalogs				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
Stadtverwaltung Bad Honnef			-	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Kurzfristig (Ende 2026)	
Benefits				
<p>Erhöhung der Sanierungswahrscheinlichkeit und somit Reduzierung des Endwärmebedarfs privater Gebäude durch transparente Information und Hilfestellung.</p> <ul style="list-style-type: none">• Reduzierung der Wärmeversorgungskosten• Einsparung von Treibhausgasemissionen				
Beschreibung				
<p>Die Wärmewende ist eine komplexe und kostenintensive Aufgabenstellung. Je höher der Wärmebedarf ist, desto größer sind die regenerativen Wärmeerzeugungskapazitäten, die zur Zielerreichung einer dekarbonisierten Wärmeversorgung aufgebaut werden müssen. Dies führt nicht nur zu aufwendigen infrastrukturellen Maßnahmen und Kosten auf Seiten der Kommunen und Netzbetreiber, sondern auch zu hohen Kosten für die Endnutzer. Um diese Kosten zu senken und gleichzeitig Treibhausgase im Wärmesektor einzusparen, ist es wichtig, den Wärmebedarf so weit wie möglich zu reduzieren.</p> <p>Mit energetischen Sanierungsmaßnahmen kann der Wärmebedarf im Eigenheim deutlich reduziert werden. Darunter zählen die energetische Modernisierung der Fenster, die energetische Dachsanierung, die Verbesserung der Dämmung im Keller sowie an den Außenwänden und der Einbau einer neuen Heizungs- und Lüftungsanlage. Die Kosten für diese Maßnahmen sind abhängig von vielen Aspekten der Gebäudestruktur. Welche Maßnahmen in welcher Tiefe sinnvoll und kosteneffizient sind, ist für Hausbesitzer*innen in der Regel nur schwer zu identifizieren. Eine gebäudespezifische Energieberatung ist meist das einzige Mittel zur Wahl. Leider ist das Angebot für qualitative Energieberatungen begrenzt und gleichzeitig die Hürde zur aktiven Entscheidung für eine Energieberatung in vielen Fällen aus diversen Gründen zu hoch.</p> <p>Durch einen Sanierungskatalog, in dem Gebäudetypen klassifiziert werden und für jeden Gebäudetypen standardisierte Maßnahmen, Kostenschätzungen und Reduzierungseffekte des Wärmebedarfs aufgelistet werden, kann großflächig über die Möglichkeiten der Sanierung informiert werden. Dieses niedrigschwellige Informationsangebot sorgt für eine höhere Mobilisierung der Bevölkerung im Bereich der energetischen Gebäudesanierung.</p> <p>Für das Aufstellen eines solchen Katalogs sollte die Stadtverwaltung Bad Honnefs mit Expert*innen der Branche zusammenarbeiten. Auch wenn das Prioritätslevel nur C beträgt, so kann doch direkt mit der Erarbeitung begonnen werden, da eine Reduzierung des Wärmebedarfs in allen zukünftigen Entwicklungen von Bedeutung ist und je früher eine entsprechende Sanierungsinitiative stattfindet, desto höher sind die Kosten- und Treibhausgaseinsparungen und desto höher ist der Beitrag zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung.</p>				
Referenzbeispiel				
<p>Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) bietet eine Zertifizierungsmodell mit verschiedenen Nutzungsprofilen an. Die Nutzungsprofile beziehen sich allerdings auf Nutzungsfunktionen der Gebäude und weniger auf typische Bauteilkonstellationen. Entscheidend ist eine Klassifizierung, die auf die Gebäude in Bad Honnef zugeschnitten ist. [86]</p> <p>Sanierungsratgeber der Energieagentur Rhein-Sieg [87]</p>				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
12	C	I	P4	
Titel/ Name				
Aufbau von Windenergieanlagen				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
BHAG Stadtverwaltung Bad Honnef			Investitionskosten: Ca. 18.000.000 € - 20.000.000 €	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Mittelfristig (Ende 2030)	
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">Regionale Bereitstellung von Stromerzeugungskapazitäten zur Stabilisierung des lokalen Netzbetriebs bei gleichzeitiger Zunahme der Stromverbräuche.Einsparungen von Treibhausgasemissionen im Stromsektor.Unabhängige lokale Energieerzeugung				
Beschreibung				
<p>Zum Ausgleich der Verbrauchszunahme im Stromsektor, ist es notwendig lokale Stromerzeugungsstrukturen zu schaffen. Am Dachsberg konnten im Zuge der kommunalen Wärmeplanung Flächen identifiziert werden, die sich für den Aufbau von Windenergieanlagen eignen. Die BHAG und die Stadt Bad Honnef haben diese Flächen ebenfalls bereits identifiziert und erste Planungen haben bereits stattgefunden. Innerhalb dieser Fläche könnten rund 33 GWh Windstrom im Jahr erzeugt werden. Dies entspricht etwa der Hälfte des aktuellen Stromverbrauchs in Bad Honnef.</p> <p>Der Aufbau von Windparks ist aufwendig und geht mit langen Planungs- und Genehmigungsfristen einher. Insofern ist es wichtig und sinnvoll, die Planungen zügig weiterzuführen, um möglichst frühzeitig entsprechende regenerative Erzeugungskapazitäten vorhalten zu können. Da bereits eine Standortanalyse durchgeführt wurde und erste Planungen seitens der BHAG durchgeführt worden, ist es realistisch, dass bis Ende 2030 der Aufbau der Kapazitäten möglich ist.</p> <p>Als kostentragende Bauherren kommt die BHAG in Frage, die die Planungen derzeit auch voranbringt. Bei zwei Windkraftanlage mit jeweils etwa 6 MW Leistung und einer Nabenhöhe von 250 m liegen die Investitions- und Planungskosten etwa bei 1.500-1.700 €/kW. Somit liegen die Gesamtkosten etwa bei 18.000.000 € – 20.000.000 €. Die jährlichen Betriebskosten liegen etwa bei 50 €/kW. Somit kommen im Betrieb nochmal jährlich etwa 600.000 € Kosten hinzu. [88]</p> <p>Der Aufbau von Windenergieanlagen ist ein wichtiger Schritt in Richtung Dekarbonisierung des Wärme- und Stromsektors. Die jährliche Erzeugung von 33 GWh regenerativen Windstroms spart etwa 14 t CO_{2e} pro Jahr ein.</p>				
Referenzbeispiel				
Windenergie ist bundesweit seit vielen Jahren ein wichtiger Baustein in der deutschen Energiewirtschaft und bietet auch in sonnenschwachen Stunden eine regenerative Energieerzeugung.				


Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
13	C	I	P4	
Titel/ Name				
Aufbau von Freiflächen-PV-Anlagen				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
BHAG Stadtverwaltung Bad Honnef			Ca. 1.000 €/kWp	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Mittelfristig (Ende 2030)			Langfristig (Ende 2045)	
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">• Regionale Bereitstellung von Stromerzeugungskapazitäten zur Stabilisierung des lokalen Netzbetriebs bei gleichzeitiger Zunahme der Stromverbräuche.• Einsparungen von Treibhausgasemissionen im Stromsektor.• Unabhängige lokale Energieerzeugung				
Beschreibung				
<p>Zum Ausgleich der Verbrauchszunahme im Stromsektor, ist es notwendig lokale Stromerzeugungsstrukturen zu schaffen. Die identifizierten Potenzialflächen für Solarthermie können ebenfalls für den Aufbau von Freiflächen-PV-Anlagen genutzt werden, zumal für die Versorgung des Fokusgebiets in Aegidienberg nur etwa 4,5 ha für Solarthermieanlage und Speicher benötigt werden.</p> <p>Das Potenzial für Freiflächen-PV in Bad Honnef liegt etwa bei 336 GWh/a, was etwa dem 5-fachen des aktuellen Stromverbrauchs entspricht. Allerdings müssen dafür entsprechende Flächen in Aegidienberg akquiriert werden, die aktuell landwirtschaftlich genutzt werden. Hier gilt es zu prüfen, ob eine Flächennutzung für PV in Form von Agri-PV ggf. mit der landwirtschaftlichen Nutzung kombinierbar ist.</p> <p>Die Planung von PV-Parks ist zwar weniger aufwendig als bei Windparks, die Planungs- und Genehmigungsfristen sind dennoch nicht unerheblich. Insofern sollten Planungen, für den Fall, dass verfügbare Flächen in Aussicht stehen, zügig begonnen werden, um möglichst frühzeitig entsprechende regenerative Erzeugungskapazitäten vorhalten zu können. Da bislang nur potenzielle Flächen und noch kein fixer Standort identifiziert wurden, wird der Aufbau von FFPV vermutlich etwas später starten als der Aufbau von Windenergieanlagen. Ebenfalls sollten die Ergebnisse des Transformationsplans für das Stromnetz betrachtet werden.</p> <p>Als kostentragende Bauherren kommt die BHAG aber auch andere Projektentwickler wie beispielsweise Bürgerenergiegenossenschaften in Frage. Die Kosten hängen von vielen Faktoren ab, die an dieser Stelle nur grob zu schätzen sind. Ungefähr liegen die Kosten für einen PV-Park bei 1.000 €/kWp.</p> <p>Der Aufbau von PV-Anlagen ist ein wichtiger Schritt in Richtung Dekarbonisierung des Wärme- und Stromsektors. Die jährliche Erzeugung von 336 GWh regenerativen Sonnenstroms spart etwa 133 t CO_{2e} pro Jahr ein.</p>				
Referenzbeispiel				
PV ist bundesweit seit vielen Jahren ein wichtiger Baustein in der deutschen Energiewirtschaft und bietet auch in windschwachen Stunden eine regenerative Energieerzeugung.				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
14	D	II	P2	
Titel/ Name				
Schaffung einer Wärmesatzung				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
<ul style="list-style-type: none">Stadtverwaltung Bad HonnefBHAG / zukünftige NetzbetreiberBevölkerung Bad Honnefs, spezielle Bewohner*innen innerhalb der Wärmenetzgebiete			-	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Kurzfristig (Ende 2026)	
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">Erhöhung der WärmenetzanschlussrateReduzierung des Risikos des Wärmenetzaufbaus				
Beschreibung				
<p>Durch die Schaffung einer Wärmesatzung kann die Anschlussquote an ein entstehendes Wärmenetz erhöht und das Kostenrisiko beim Aufbau reduziert werden. Die Wärmesatzung soll ein Anschluss- und Benutzungsgebot mit Ausnahmetatbestand für die Gebäudebesitzer*innen im Wärmenetzgebiet vorsehen. Somit sind Bürger*innen zunächst verpflichtet, sich an ein Wärmenetz anzuschließen, sollte eine konkrete Planung für das entsprechende Gebiet vorliegen. Es ist allerdings auch möglich, sich von dieser Pflicht befreien zu lassen, wenn sich eigenständig um den Einbau einer regenerativen Heizungsanlage, beispielsweise durch Einbau einer Wärmepumpe, gekümmert wird. Somit haben die Bürger*innen weiterhin die Flexibilität sich selbstständig für eine Wärmeerzeugungsart zu entscheiden. Sollte allerdings keine frühzeitige Anpassung der Heizungsstrukturen angezeigt werden, so gilt der künftige Anschluss an das Wärmenetz. Dies hilft dabei, Gebäude an das Wärmenetz anzuschließen, deren Besitzer*innen sich bis zum letztmöglichen Zeitpunkt nicht um ihrer Wärmeversorgung gekümmert haben.</p> <p>Die Wärmesatzung muss von der Stadt Bad Honnef erarbeitet und verabschiedet werden. Diese hat durch das Kommunalrecht der Länder die Befugnis eine solche Satzung aufzusetzen. Idealerweise wird mit der Vorbereitung der Wärmesatzung bereits in diesem Jahr begonnen. Spätestens nach der Machbarkeitsstudie, wenn eine konkrete Planung für die Wärmenetze aufgestellt und eine finale Entscheidung getroffen wurde, sollte die Wärmesatzung verabschiedet werden. Voraussetzung für die Wärmesatzung ist die Entscheidung zum Aufbau einer Wärmenetzinfrastruktur durch einen zukünftigen Netzbetreiber.</p>				
Referenzbeispiel				
<p>In der Stadt Bad Salzuflen ist am 24. August 2024 eine solche Wärmesatzung in Kraft getreten. Auch in anderen Städten gibt es schon seit mehreren Jahrzehnten eine solche Satzung, um die Wirtschaftlichkeit der Fernwärme zu verbessern. Alte Satzungen zu Anschluss- und Benutzungszwängen wurden in den letzten Jahren häufig um den Ausnahmetatbestand einer eigenständig installierten regenerativen Wärmeversorgungsanlage ergänzt, wie beispielsweise in Freiburg. [89]</p>				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
15	D	II	P2	
Titel/ Name				
Schaffung einer Personalstelle in der Stadtverwaltung für das Thema kommunale Wärmewende				
Verantwortliche & Beteiligte				Kosten
Stadtverwaltung Bad Honnef				20-40 Wochenstunden
Projektbeginn				Projektabschluss
Kurzfristig				Kurzfristig (Ende 2026)
Benefits				
<ul style="list-style-type: none"> • Gezielte Steuerungsmöglichkeit des Wärmewendeprozesses • Erhöhung der Realisierungswahrscheinlichkeit 				
Beschreibung				
<p>Durch die Schaffung einer Personalstelle für das Thema kommunale Wärmewende werden die notwendigen personellen Ressourcen aufgebaut, um die Aufgaben, die sich aus der kommunalen Wärmeplanung ergeben zu initiieren und zu begleiten. Zu den konkreten Aufgaben dieser Stelle gehören unter anderem die Organisation und Durchführung der Evaluation der Maßnahmen, des Monitorings, des Reportings, die Koordination der Fachvertreter*innen, der Aufbau von interkommunalen Netzwerken, die Initiierung von Wärmepumpenkampagne und Sanierungskampagne sowie Begleitung von Sanierungsfahrplänen. Konkret können die Maßnahmen 1, 5-10, 12, 13, 16-19 von dieser Person gezielt gesteuert und gestartet werden. Der Fokus der Personalle sollte auf der Realisierung der Maßnahmen liegen und möglichst von sonstigen Verwaltungsarbeiten freigestellt sein. Erste Erfahrung auf dem Gebiet hilft ebenfalls, das Thema voranzubringen. Die Personalstunden sollten mindestens im Bereich 20 Stunden pro Woche, idealerweise 40 Stunden pro Woche liegen. Es gibt viele Themen, die bereits kurzfristig bearbeitet werden können.</p> <p>In den Fachämtern der Stadt Bad Honnef sollten zusätzlich verantwortliche Personen benannt werden, die der zentralen Personalstelle zuarbeiten.</p>				
Referenzbeispiel				
<p>Die Stadt Köln schreibt aktuell eine Stelle zur Steuerung der Beteiligungsprozesse der kommunalen Wärmeplanung aus. Diese Stelle soll gezielt für die Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung aber auch zur Verstetigung der Umsetzungsstrategie eingesetzt werden.</p>				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
16	D	II	P4	
Titel/ Name				
Netzwerktreffen Nachbarkommunen				
Verantwortliche & Beteiligte				Kosten
Personalstelle Kommunale Wärmewende Fachbereich Klimaschutzmanagement Fachbereich Stadtplanung				-
Projektbeginn				Projektabschluss
Kurzfristig				Langfristig (Ende 2045)
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">• Ermöglichen von interkommunalen Lösungen und gemeinsamen Betrieb von Wärmesystemen.• Optimale Flächennutzung und Auslegung der Energiesysteme, die nicht nur an kommunalen Grenzen ausgerichtet sind.				
Beschreibung				
<p>Die kommunale Wärmeplanung in der jetzigen Form bezieht sich auf den Wärmeabsatz und die Potenziale innerhalb der Grenzen von Bad Honnef und dafür wurden Szenarien und Maßnahmen entwickelt. Vor allem in Bezug auf den Aufbau neuer Infrastrukturen und Energiezentralen, ist eine Abstimmung mit direkten Nachbarkommunen sinnvoll. Eine Flusswasserwärmepumpe könnte beispielsweise für die Versorgung mehrere Kommunen am Rhein dimensioniert werden. Sinnvoll wäre ein Netzwerktreffen, welches zweimal im Jahr abgehalten wird, idealerweise erstmalig kurz nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung. Dafür sollte die in Maßnahmensteckbrief 15 vorgesehene Personalstelle die Kommunikation mit den Nachbarkommunen suchen und eine Lenkungsgruppe mit den wichtigen Vertretern der einzelnen Fachbereiche der verschiedenen Kommunen initiieren.</p> <p>Wärmeverbrauchsstrukturen enden nicht an kommunalen Grenzen und so kann der Blick über die Grenzen hinweg und der Aufbau von gemeinsamen Wärmesystemen die Energieversorgung ökonomisch optimieren und den Bürger*innen durch bezahlbare Energie zugutekommen.</p> <p>Die Energieagentur Rhein-Sieg kann bei der Organisation und Durchführung der Netzwerktreffen ebenfalls unterstützend eingebunden werden.</p>				
Referenzbeispiel				
„Das bundesweit aktive WärmeWendeKommune-Netzwerk (WWK-Netzwerk) fördert die Zusammenarbeit von Kommunen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung (KWP). Es macht ihr individuellen Erkenntnisse nutzbar. Mitglieder sind Kommunen, die in der Kommunalen Wärmeplanung aktiv sind und die Wärmewende lokal vorantreiben.“ [90]				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
18	D	II	P2	
Titel/ Name				
Erstellung einer Online-Karte				
Verantwortliche & Beteiligte				Kosten
Stadtverwaltung Bad Honnef				Lizenzmodell ca. 5.000 €-20.000 € pro Jahr je nach Anforderung Ca. 20.000 € - 60.000 € je nach Anforderung
Projektbeginn				Projektabschluss
Kurzfristig				Kurzfristig (Ende 2026)
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">Schaffung eines Controlling Tools zur Erfolgskontrolle der KWPErhöhung der Transparenz innerhalb der Verwaltung und gegenüber den Bürger*innen				
Beschreibung				
<p>Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden in Form dieses Berichts sowie georeferenzierten Daten und Auswertungen dem Auftraggeber übergeben. Die GIS-Daten wurden genutzt, um in einem internen GIS-Modell Analysen und Auswertungen durchzuführen. Die zugrundeliegenden Daten können im Anschluss an die KWP in ein eigenes GIS-Modell der Stadt integriert werden.</p> <p>Zusätzlich sollte dieses GI-Modell online über die Projektseite eingebunden werden und für alle Bürger*innen der Stadt den Fortschritt der Wärmewende und die aktuelle Energieinfrastruktur datenschutzkonform darstellen. Dazu können die Anwendungen verschiedener Dienstleister in Form von Lizenzmodellen genutzt werden. Ebenfalls ist der Erarbeitung eines eigenen Modells in Kooperation mit einem Dienstleister möglich.</p> <p>Die Online-Karte sollte über eine Art Dashboard-Funktion verfügen. Für die Anwender*innen ist es so möglich für verschiedene Bereiche der Stadt (Baublöcke, Stadtteile, etc.) Energiekennwerte wie Wärmebedarf, Sanierungsstand, Anteil der Heizenergieträger, Ausbaustand Fernwärme zu erhalten.</p> <p>Auch für die Erfolgskontrolle der kommunalen Wärmeplanung kann dieses Tool genutzt werden. So können automatische Energie- und Treibhausgasbilanzen verknüpft und die wesentlichen Indikatoren verfolgt werden.</p>				
Referenzbeispiel				
Geoportal der Stadt München zur kommunalen Wärmeplanung. Hier ist allerdings nur die Zonierung dargestellt und die Energiekennwerte fehlen. [91]				

Nummer	Handlungsfeld	Typ	Prioritätsstufe	SWECO 
19	D	II	P2	
Titel/ Name				
Controlling der relevanten Faktoren				
Verantwortliche & Beteiligte			Kosten	
Personalstelle Kommunale Wärmewende Fachbereich Klimaschutzmanagement Fachbereich Stadtplanung; ggf. weitere relevante Fachämter			Personalkosten	
Projektbeginn			Projektabschluss	
Kurzfristig			Langfristig (Ende 2045)	
Benefits				
<ul style="list-style-type: none">• Erhöhung der Realisierungswahrscheinlichkeit durch regelmäßige Erfolgskontrolle und Reporting• Durch die regelmäßige Information und Einbindung der Öffentlichkeit, der Politik und der Fachakteure, wird die Akzeptanz gesteigert				
Beschreibung				
<p>Ziel eines kontinuierlichen Controllings ist es, die Umsetzung der klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 sicherzustellen und zu kontrollieren. Dazu müssen die relevanten Indikatoren identifiziert und regelmäßig überprüft werden. Die im Zuge der KWP identifizierten Indikatoren sind:</p> <ul style="list-style-type: none">• Endenergieverbrauch pro Kopf [kWh/a]• THG-Emissionen pro Kopf [t CO_{2e}/a]• Anteil der Energieträger am Wärmeverbrauch [%]• Aktuelle jährliche Sanierungsrate [%]• Anschlussrate Wärmenetz [%]• Ausbaustand des Wärmenetzes [km, MW]• Zubau-Geschwindigkeit von Wärmepumpen [kW/a] <p>Die geschaffene Personalstelle kann diese Indikatoren mit Hilfe der Online-Karte darstellen. Durch regelmäßige Aktualisierung der Daten kann der Erfolg der Wärmeplanung kontrolliert und Maßnahmen entsprechend angepasst werden. Zu empfehlen ist eine jährliche Aktualisierung der Daten und Anpassung der Ziele. Die jährliche Aktualisierung sollte im Zuge eines Monitoringberichts veröffentlicht werden.</p> <p>Ebenfalls sollten die Ergebnisse der einzelnen Maßnahmen kontrolliert und die verwendeten Ressourcen der einzelnen Maßnahmen jährlich neu evaluiert werden.</p> <p>Die Veröffentlichung und Berichterstattung sind dabei entscheidend für die Akzeptanz des Konzeptes. Eine transparente Kommunikation über Fortschritte und Herausforderungen unterstützt die Öffentlichkeit sowie Entscheidungsträger dabei, den aktuellen Stand der Wärmeplanung nachzuvollziehen und ggf. nachzusteuern. Die Kommunikation erfolgt dabei zielgruppenspezifisch. Für die Öffentlichkeit bieten sich bspw. Veröffentlichungen auf der Projekthomepage und die Aktualisierung der Online-Karte an. Neuigkeiten sollten zudem über den Presseverteiler und Social-Media beworben werden. Die Information der Politik erfolgt über Statusberichten in den entsprechenden Gremien, wohingegen Fachakteure direkt angesprochen und durch spezifische Projektdokumentationen fachlich ins Bild gerückt werden. Die Veröffentlichung eines zentralen Monitoringberichts ist ebenfalls sinnvoll.</p>				
Referenzbeispiel				
Aufgrund der jungen Gesetzeslage rund um die KWP, fehlen bislang noch Erfahrungswerte aus den Controllingkonzepten anderer Kommunen.				

7 Verstetigung und Controlling

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Maßnahmen zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 für Bad Honnef aufgezeigt. Zur Sicherstellung dieser Zielerreichung ist eine kontinuierliche Kontrolle und eine Verstetigung innerhalb der Stadtverwaltung, der Politik, der Stadtgemeinschaft und der beteiligten Fachakteure essenziell. Dies macht deutlich, dass die Wärmeplanung mit der Konzeptfertigung nicht abgeschlossen, sondern als fortlaufender Prozess zu verstehen ist.

Die Verstetigungsstrategie dient dazu die Umsetzung des erarbeiteten Konzepts und dessen Ziele über die Zeit sicherzustellen. Sie beschreibt die erforderlichen Schritte, um das Konzept in die bestehenden Strukturen zu integrieren sowie dynamisch an sich verändernde Rahmenbedingungen anzupassen.

Das Controlling-Konzept dient ebenfalls der dauerhaften Sicherstellung der Zielerreichung des Konzeptes. Hierbei geht es jedoch um die kontinuierliche und effektive Erfolgskontrolle der relevanten Faktoren auf allen Ebenen und in allen Bereichen der im Konzept betrachteten Aspekte. Es werden konkrete Indikatoren, Strukturen und Abläufe geschaffen, um den Grad der Zielerreichung zu evaluieren und daraus Rückschlüsse ziehen zu können.

Ziel der Verstetigung ist es daher zum einen die erfolgreiche Umsetzung der entwickelten Maßnahmen und den damit verbundenen Zielsetzungen sicherzustellen, zum anderen sollen initiierte Strukturen oder Maßnahmen langfristig gesichert, weiterentwickelt und in einen dauerhaften Zustand überführt werden.

Verstetigung erfordert daher eine frühzeitige Planung, eine klare Zielsetzung, eine regelmäßige Evaluation, eine gute Dokumentation, eine breite Beteiligung und Vernetzung der relevanten Akteure sowie eine nachhaltige Finanzierung und Förderung.

Im Folgenden werden Handlungsempfehlungen zur Verstetigung, zum Monitoring und zur Kontrolle der Prozesse und Vorgänge zur Erreichung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung beschrieben.

7.1 Rechtliche Bindung der kommunalen Wärmeplanung

Vor dem Beschluss der kommunalen Wärmeplanung ist es erforderlich den Wärmeplan der Öffentlichkeit vorzulegen und somit über die Ergebnisse des Wärmeplans zu informieren und die Möglichkeit zur Einsichtnahme und Stellungnahme von mindestens 30 Tagen zu gewährleisten (§13 Absatz 4 WPG).

Der Wärmeplan stellt ein informelles strategisches Planungsinstrument dar, welches allein keine rechtliche Bindung hat. Die optionale Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugbiet würde die Ergebnisse in einen bindenden Rahmen gießen. Die Entscheidung erfolgt grundstücksbezogen (§26 Absatz 1 WPG). Der Beschluss über die Ausweisung der Gebiete, stellt allerdings keine Verpflichtung dar die entsprechende Infrastruktur innerhalb des Gebiets zu errichten, auszubauen oder zu betreiben. Sie verpflichtet die planungsverantwortliche Stelle jedoch dazu, die Gebietsausweisung bei Bauleitplanungsverfahren, oder anderen öffentlichen flächenbedeutsamen Planungen im Rahmen des Abwägungsprozessen zu berücksichtigen (§27 Absatz 2 WPG). Ebenfalls tritt durch die Ausweisung §71 des GEG frühzeitig für Gebäude innerhalb von Wärmenetzgebieten in Kraft.

Eine Ausweisung von Wärmenetzgebieten sollte allerdings erst **nach der weiteren Analyse durch eine Machbarkeitsstudie** stattfinden und nur wenn eine klare Entscheidung für den Aufbau der entsprechenden Infrastruktur getroffen wurde und entsprechende Investoren und Betreiber gefunden wurden.

Die formelle Ausweisung erhöht bei den betroffenen Gebäude- bzw. Wohnungseigentümer*innen und den beteiligten Fachakteuren die Planungssicherheit und somit auch die Aussichten auf eine erfolgreiche Umsetzung. Um die Anschlussquote an ein Wärmenetz zu erhöhen, sollte im Fall, dass ein Wärmenetz aufgebaut wird, eine **Wärmesatzung** erlassen werden, die ein Anschlussgebot mit Ausnahmetatbestand vorsieht. Somit haben die Eigentümer*innen immer noch die Möglichkeit sich für andere Technologien zu entscheiden, werden aber automatisch an das Netz angeschlossen, sollte bis dahin keine Veränderung vorgenommen worden sein (siehe Maßnahme 14 – Schaffung einer Wärmesatzung).

7.2 Verstetigung innerhalb der Stadtverwaltung

Die Schaffung von institutionalisierten Gremien, Netzwerken oder Kooperationen, die die Zusammenarbeit und den Austausch der beteiligten Akteure fördern und koordinieren, ist essenziell. Diese genannten Formate sind auf die jeweilige Zielgruppe thematisch zugeschnitten. Darüber hinaus ist die Einbindung der

Wärmeplanung in die städtische Gesamtplanung, in die Stadtverwaltung und die Eigenbetriebe sowie weiteren externen Akteuren wesentlich, um die politische Unterstützung und die Verankerung in den Verwaltungsstrukturen ganzheitlich zu sichern.

Im Rahmen der Konzepterarbeitung wurde eine Steuerungsgruppe eingerichtet (vgl. Kapitel 2.3). Es empfiehlt sich diese Strukturen auszubauen und zu verstetigen. Die Zusammenstellung der Steuerungsgruppe sollte dabei ggf. nochmals evaluiert werden. Sie sollte sich mindestens zusammensetzen aus der Stadtspitze sowie Vertretern aus dem Bereich Klimaschutz und Bauverwaltung sowie der BHAG. Die Steuerungsgruppe sollte sich in regelmäßigen Abständen zum Umsetzungsstand austauschen, um mögliche Hemmnisse sowie Fortschritte in der Maßnahmenumsetzung zu diskutieren. Hier wäre bspw. ein quartalsweiser Turnus sinnvoll. Die Steuerungsgruppe kann bei Bedarf, wie bereits im Rahmen der Konzepterstellung, durch weitere interne wie auch externe Akteure aus der Privatwirtschaft erweitert werden. Zu spezifischen Fragestellungen kann fachlicher Input über Fachbüros hinzugezogen werden. Darüber hinaus sollten aktuelle Entwicklungen im Bereich kommunale Wärmeplanung mit den Nachbarkommunen ausgetauscht werden. Hierfür bietet sich ebenfalls das Format eines **regelmäßigen Vernetzungstreffens** an oder auch Vernetzungstreffen der Klimaschutzmanager*innen in der Region (vgl. Maßnahme 1.8 Klimaschutzkonzept). Hier bietet sich ein halbjähriger Turnus an. Im Anschluss an die KWP sollten möglichst kurzfristige Ersttermine stattfinden. Die Ergebnisse sollten regelmäßig über die relevanten Ausschüsse oder den Stadtrat an die Politik weitergegeben werden.

Weiterer zentraler Baustein ist eine nachhaltige gesicherte Finanzierung der Maßnahmen als auch der ggf. erforderlichen Personalstelle. Dazu müssen langfristig Haushaltsmittel bereitgestellt und Förderangebote regelmäßig gesichtet und bewertet sowie Partner aus der Privatwirtschaft in den Umsetzungsprozess eingebunden werden.

Wie eingangs erwähnt, sind die genannten Strukturen und Prozesse keine starren Gebilde, sondern müssen sich kontinuierlich an die Bedürfnisse und Erwartungen der unterschiedlichen Zielgruppen, sich ändernde finanzielle, klimatische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen sowie an neue Erkenntnisse aus der Praxis und der Wissenschaft dynamisch anpassen.

7.2.1 Verstetigung innerhalb der einzelnen Planungsebenen

Die kommunale Wärmeplanung ist ein weiterer Baustein in den Bestrebungen der Stadt Bad Honnef zur Erreichung einer Klimaneutralität bis 2045. Die bereits bei übergeordneten Prozessen, wie das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept, definierten Ziele und Maßnahmen müssen dementsprechend berücksichtigt und ggf. in Konsens gebracht werden. Wichtig ist es, dass Prioritäten bei Zielkonflikten zwischen den Maßnahmen zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans und weiteren tangierenden Vorhaben in der Stadtentwicklung gesetzt und entsprechende thematische und personelle Schnittstellen geschaffen werden.

Für nachgeordnete formelle Instrumente, wie Bebauungspläne oder informelle Instrumente, wie energetische Quartierskonzepte und Machbarkeitsstudien, ist der kommunale Wärmeplan eine wichtige Leitlinie. Zudem formuliert der Wärmeplan Anforderungen an Netzplanungen, an derer sich die Energieversorger und Leitungsnetzbetreiber, Investoren oder Wohnungsbaugesellschaften langfristig orientieren können.

Zusammenfassend ist es für einen ganzheitlich betrachteten kommunalen Wärmeplanungsprozess essenziell, dass alle relevanten Informationen aus allen Planungsebenen und bereits existierenden Konzepten berücksichtigt werden.

7.2.2 Verantwortlichkeiten

Es sollte frühzeitig eine Festlegung Verantwortlicher und Ansprechpartner*innen für das Thema der kommunalen Wärmewende erfolgen. Gleichzeitig muss das Thema strukturell in die Verwaltung integriert werden. Das heißt, dass finanzielle und personelle Kapazitäten bereitgestellt sowie klare Abläufe und Hierarchien festgelegt werden müssen.

Es wird daher empfohlen, **eine Personalstelle zu schaffen**, welche das Thema kommunale Wärmewende hauptverantwortlich betreut und die zentrale Ansprechperson zu diesem Thema darstellt. Im Rahmen der Konzepterstellung fungierte der **Fachbereich Stadtplanung als zentrale Koordinierungsstelle**, es ist daher naheliegend die Verantwortlichkeiten im Umsetzungsprozess so weiterzuführen.

Zu den konkreten Aufgaben dieser Stelle gehören unter anderem die Organisation und Durchführung der Evaluation der Maßnahmen, des Monitorings, des Reportings, die Koordination der Fachvertreter*innen, der

Aufbau von ggf. interkommunalen Netzwerken usw. Hier geht es insbesondere um die übergeordneten Aspekte des Controllings. Auf der Ebene sind hohe **Synergieeffekte mit dem Klimamanagement** zu erwarten. Schnittmengen bzw. Überschneidungen von Aufgabenbereichen (u. a. die Erstellung von Treibhausgasbilanzen und den daraus resultierenden Indikatoren) müssen zeitlich und inhaltlich aufeinander abgestimmt werden, um der Dopplung von Zuständigkeiten und Arbeitsaufwand vorzubeugen.

In den einzelnen Dienststellen und Fachämtern der Stadt Bad Honnef sind ebenfalls verantwortliche Personen zu benennen, die fachspezifische Aufgaben zur kommunalen Wärmewende übernehmen. Dazu gehören beispielsweise die Prüfung von Monitoring Prozessen in den jeweiligen Fachbereichen, die Anpassung an neue Rahmenbedingungen (Gesetzgebung, Technologie etc.), die Aktualisierung der Grundlagendaten und -informationen, die Identifikation neuer Indikatoren und deren Vorbereitung zur Nutzung sowie eine konstante Bewertung der Maßnahmenumsetzung. Relevante Fachämter sind u. a. das Amt für Statistik und Stadtforschung, das Gebäudemanagement oder das Vermessungs- und Katasteramt. Hier sollte ebenfalls an Maßnahme „1.6 Struktur zur ämterübergreifenden Zusammenarbeit“ aus dem Klimaschutzkonzept angeknüpft bzw. darauf aufgebaut werden.

In gemeinsamen Arbeitsgruppen und -kreisen muss regelmäßig eine Abstimmung über die Ergebnisse der Tätigkeiten der verschiedenen Akteure und der benannten Verantwortlichen erfolgen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind dann wiederum in den Prozess der Umsetzung zu integrieren und die entsprechenden Aspekte anzupassen. Das heißt z. B., dass neue Kennwert-Sets integriert werden oder die Erhebung bestehender Indikatoren angepasst wird.

Regelmäßig sollte sowohl in den übergreifenden Arbeitsgruppen als auch bei den Einzelakteuren eine Prüfung der Aktualität der Indikatoren und der Prozesse erfolgen. Evaluationsfrequenz und -Zeitpunkte müssen durch die koordinierende Stelle festgelegt werden.

Ebenfalls wichtig ist die Integration klarer Prozesse zum Umgang mit den Ergebnissen des Monitorings und derer fachlich fundierten Interpretation. Die Verantwortlichkeit innerhalb der Verwaltung für die Umsetzung ermittelter Handlungserfordernisse zur Erreichung des Konzeptziels muss festgelegt werden, um rechtzeitig und effektiv im Rahmen des verfügbaren Budgets, des Personalaufwands sowie der zeitlichen Rahmenbedingungen agieren zu können. Dabei können auch weitere Akteure (z. B. externe Beratungen) einbezogen werden.

7.3 Verstetigung in der Stadtgesellschaft

Neben der institutionellen Ebene ist für die langfristige Sicherstellung der Zielerreichung des Konzeptes die Akzeptanz und Beteiligung der breiten Stadtgesellschaft ein essenzieller Faktor. Stadtgesellschaft ist hier definiert als Kollektiv der Wirtschaft, der Wissenschaft, der organisierten Bürgerschaft sowie der allgemeinen Bevölkerung.

Ziel dabei ist es, zu informieren sowie die Vielfalt der Erwartungen und Bedürfnisse zu dokumentieren, zu berücksichtigen und, wenn möglich, entsprechende Anpassungen in der Umsetzung des Konzeptes vorzunehmen.

Der Ansatz für eine effiziente Verstetigung des Konzeptes innerhalb der Stadtgesellschaft basiert daher auf zwei wesentlichen Elementen:

- 1) **Transparente Information:**
Die Stadtgesellschaft muss kontinuierlich und umfassend über den Umsetzungsfortschritt sowie etwaige Anpassungen der Ziele und Maßnahmen, aber auch Erfolge und Herausforderungen informiert werden. Dies geschieht u.a. über ein festgelegtes Reporting (Controlling-Konzept), die Bereitstellung von Informationen über die bereits vorhandene Projekthomepage sowie klassische Pressearbeit und Social-Media.
- 2) **Aktive Beteiligung:**
Die Projekthomepage kann ebenfalls als zentrale Anlaufstelle zur digitalen Beteiligung dienen. Durch die Einbindung von Online-Umfragen oder kartenbasierten Abfragen, können die Bürger*innen und Akteure Ihre Ansichten mitteilen. Ergänzt werden kann dies durch analoge Umfragen. Verschiedene Formen der Partizipation sollten kontinuierlich geprüft und individuell nach Zielgruppe, Zweck und Zeitpunkt im Prozess angewandt werden. Ebenfalls sollten offene Sprechstunden mit den Verantwortlichen in der Stadtverwaltung initiiert werden.

Begleitend sollten Vertreter*innen der Stadtgesellschaft aktiv im Rahmen von z. B. Fachbeiräten, Arbeitsgruppen oder Themen- und Maßnahmenbezogenen Workshops die Möglichkeit haben, an der weiteren Umsetzung zu partizipieren und die Belange der Stadtgesellschaft zu repräsentieren.

Die methodischen Werkzeuge zur Bearbeitung dieser Elemente liegen in der Stadt Bad Honnef zum Teil bereits vor (Webseite, Social Media usw.). Darüber hinaus können im Einzelfall weitere externe Dienstleister und Methoden einbezogen und genutzt werden. Denkbar wäre bspw. **eine Online-Karte, wo Informationen zum Umsetzungsstand auf Baublockebene veröffentlicht werden.** Dies könnten bspw. die Anteile der jeweiligen Energieträger oder der Sanierungsstand auf Baublockebene sein.

7.3.1 Fortschreibung

Der Wärmeplan muss spätestens alle fünf Jahre überprüft und fortgeschrieben werden (§ 25 Absatz 1 WGP) und ist bei Bedarf zu überarbeiten und zu aktualisieren. Die Fortschreibung des Wärmeplans ist daher ein wichtiger Schritt der Verstetigungsstrategie. Das finale Planwerk und der Maßnahmenkatalog müssen während des gesamten Umsetzungszeitraums eine Referenz sowohl für die Fachakteure als auch für die Öffentlichkeit darstellen. Zentrales Element zur Zielkontrolle stellt die Energie- und Treibhausgasbilanz dar.

Der Maßnahmenkatalog entwirft einen Fahrplan, der es ermöglicht, die langfristige Entwicklung in planbare Einzelschritte zu gliedern und muss dazu regelmäßig überprüft und angepasst werden. Etwaige gesellschaftliche und klimatische Veränderungen sind ebenfalls zu berücksichtigen. Bestimmte Maßnahmen können angepasst oder entfernt werden, und Ergänzungen im Katalog sind bei Bedarf möglich. Alle im finalen Planwerk vorgelegte Daten müssen zudem regelmäßig aktualisiert werden, um den relevanten Akteuren den aktuellen Zustand der Wärmewende klar darzulegen.

7.4 Controlling-Konzept

Ein effektives Controlling bildet die Grundlage für die Sicherstellung, dass die Ziele des Konzeptes der kommunalen Wärmeplanung – klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 – erreicht werden. Dieses wichtige Ziel erfordert eine kontinuierliche und effektive Erfolgskontrolle der relevanten Faktoren auf allen Ebenen und in allen Bereichen der im Konzept betrachteten Aspekte. Um dies zu gewährleisten, müssen in einem ersten Schritt klare Rahmenbedingungen geschaffen und ein wirkungsvolles Kontrollsystem aufgebaut werden. Dabei ist es nicht das Ziel, einen statischen Apparat zu entwickeln, sondern vielmehr einen dynamischen und anpassungsfähigen Ansatz zu wählen, der auf sich verändernde Gegebenheiten reagieren kann. Im Folgenden werden die drei wesentlichen Elemente eines erfolgreichen Controlling- und Monitoring-Frameworks innerhalb des Konzeptes zur kommunalen Wärmeplanung erläutert:

Das Framework bildet den Rahmen für eine kontinuierliche und effektive Erfolgskontrolle der Ziele des Konzeptes zur kommunalen Wärmeplanung. Grundlegend dafür sind

- 1) die Identifikation, die Festlegung und das Monitoring **aussagekräftiger Kennwerte**
- 2) die Schaffung klarer Strukturen und Zuständigkeiten innerhalb der Verwaltung und deren Umwelt (vgl. Kapitel 7.2.2)
- 3) die kontinuierliche Veröffentlichung und Berichterstattung der Daten und Erkenntnisse

7.4.1 Monitoring

Monitoring bezeichnet die systematische Erfassung bzw. Messen eines Prozesses oder eines Vorgangs. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ist regelmäßig zu erfassen, inwieweit das Ziel des Konzeptes erreicht wird bzw. wie der aktuelle Trend in Bezug auf das Ziel auf der festgelegten Zeitschiene ist. Da dieses Ziel sehr komplex und nicht immer greifbar ist, müssen aussagekräftige Kennwerte identifiziert und festgelegt werden, die den Grad der Zielerreichung repräsentieren und eine Quantifizierung ermöglichen.

Festlegung der Indikatoren

Geeignete Indikatoren sind abhängig vom Anwendungsgebiet und können entweder einzeln oder in Kombination betrachtet werden. Eine Einzelbetrachtung stellt z. B. eine Datenreihe über den Zubau von Wärmepumpen im Stadtgebiet dar.

Die Erfolgskontrolle verfolgt zwei Ansätze: Einmal die Wirkrichtung von der globalen Ebene hin zu den unteren Ebenen (top-down) als auch von den unteren Ebenen rückwirkend hin zur globalen Ebene (bottom-up).

Als zentrales Werkzeug für den top-down-Ansatz kommt die Energie- und Treibhausgasbilanz zum Einsatz.

Der **Bottom-up-Ansatz** erfasst hingegen die Minderungseffekte bzw. den **Umsetzungsgrad einzelner Maßnahmen**, die auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen sind. Auf dieser Ebene ist vor allem auf die Einzelmaßnahmen wie Gebäudesanierungen, Ausbau von Energiezentralen und Wärmenetzen zu achten.

Im Rahmen der Konzepterstellung wurden eine Vielzahl unterschiedlicher Verbrauchsdaten sowie Daten zur Beheizstruktur akquiriert, aufbereitet und analysiert. Ein Teil dieser Indikatoren sollte bei der Erfolgskontrolle ebenfalls regelmäßig, im Idealfall im Rahmen einer jährlichen Energie- und Treibhausgasbilanzierung, geprüft werden. Die Daten sind im ersten Schritt auf **gesamstädtischer Ebene** zu erheben. Folgende Indikatoren sollten für eine fundierte Entscheidungsgrundlage mindestens erhoben werden:

- Endenergieverbrauch pro Kopf [kWh/a]
- THG-Emissionen pro Kopf [t CO₂e/a]
- Anteil der Energieträger am Wärmeverbrauch [%]
- Aktuelle jährliche Sanierungsrate [%]
- Anschlussrate Wärmenetz [%]
- Ausbaustand des Wärmenetzes [km, MW]
- Zubau Geschwindigkeit von Wärmepumpen [kW/a]

Es ist zu empfehlen, die Daten ebenfalls in einem GIS-Modell räumlich zu verorten und auf **Baublockebene**, datenschutzkonform darzustellen. Diese Datenbasis dient im weiteren Verlauf als Entscheidungsgrundlage zur etwaigen Anpassung der definierten Wärmeversorgungsgebiete. Um eine qualitativ hochwertige, objektive und vergleichbare Datengrundlage zu erstellen, sind klare Rahmenbedingungen bei der Datenerfassung, -zusammenführung und -auswertung zu schaffen. Dazu müssen bei den Indikatoren Aspekte wie die Datenquelle, die Auflösung, die Einheit, das Erfassungsintervall oder die Erfassungsmethodik möglichst klar standardisiert und dokumentiert werden. Hier kann sich ein Beispiel an den Daten und Auswertungen im Zuge der Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung genommen werden.

Im Rahmen des bottom-up Ansatzes erfolgt eine Maßnahmenspezifische Erfolgskontrolle. Tabelle 26 gibt einen Überblick über die möglichen anzuwendenden Erfolgsindikatoren und Controlling-Instrumente.

Tabelle 26: Indikatoren und Controlling Instrumente der einzelnen Maßnahmen

Nr.	Titel	Indikator	Controlling-Instrument
1	Beantragung der BEW-Förderung	Erfolgreiche Bewilligung	Bewilligungsnachweis
2	Transformationsplan Wasserstoffnetz	Erfolgreiche Konzepterstellung	Projektdokumentation
3	Investoren akquirieren	Anzahl akquirierter Investoren/ Höhe Investitionsvolumen	Besprechungsprotokolle / Absichtsbekundungen
4	Transformationsplan Stromnetz	Erfolgreiche Konzepterstellung	Projektdokumentation
5	Wärmepumpenkampagne	Anzahl durchgeführter Veranstaltungen Zubaugeschwindigkeit von Wärmepumpen	Veranstaltungsprotokolle Presserklärungen/ Social Media
6	Sanierungskampagne	Anzahl durchgeführter Beratungen Sanierungsrate [%/a]	Veranstaltungsprotokolle Presseerklärungen/ Social Media

Nr.	Titel	Indikator	Controlling-Instrument
7	Sanierungskatalog mit typischen Gebäudekategorien erstellen	Erfolgreiche Erstellung Sanierungskatalog	Projektdokumentation Katalog
8	Serielle Sanierung	3.5 im IKS	
9	Erstellen eines Sanierungsfahrplans für öffentliche Gebäude	6.2 im IKS	
10	Förderung Ausbau dezentraler ST- und PV-Anlagen	2.2 im IKS	
11	Ausweisung von Potenzialflächen in der Bauleitplanung	2.4 im IKS	
12	Aufbau von Windenergieanlagen	Installierte Leistung [kW]	Projektdokumentation MaStR
13	Aufbau von FFPV-Anlagen	Installierte Leistung [kW]	Projektdokumentation MaStR
14	Schaffung einer Wärmesatzung	Beschluss über Wärmesatzung Umfrageergebnisse zur Akzeptanz	Sitzungsprotokolle
15	Schaffung einer Personalstelle für das Thema kommunale Wärmewende	Wochenstunden eingesetztes Personal	Presseerklärung/ Social Media
16	Netzwerktreffen Nachbarkommunen	Anzahl durchgeführter Veranstaltungen	Besprechungsprotokolle
17	Vernetzungstreffen der Klimaschutzmanager*innen in der Region	1.8 im IKS	
18	Erstellung einer Online-Karte	Aufrufe der Online-Karte	Begleitdokumentation
19	Controlling der relevanten Faktoren	Beschriebene Indikatoren Monitoring	Monitoring Bericht, Online-Karte

7.4.2 Veröffentlichung und Berichterstattung

Ein wichtiger Grundpfeiler für die Akzeptanz und auch den Erfolg der gesetzten Ziele ist die effiziente Kommunikation rund um das Thema des Konzeptes. Hierzu gehört zum einen eine zielgruppenangepasste Information über die Inhalte, Absichten und Ziele der Strategie zur kommunalen Wärmeplanung inklusive der Hintergründe und weiterführender Quellen. Zum anderen – vor allem im Kontext des Controlling-Frameworks – sind eine transparente Dokumentation und effiziente Berichterstattung essenzielle Elemente für die Sicherstellung des Erfolgs.

Eine transparente Dokumentation und umfassende Berichterstattung zeigen sowohl die Erfolge als auch die Versäumnisse im Hinblick auf die angestrebten Ziele. Sie helfen der Öffentlichkeit, der Verwaltung und der Politik den aktuellen Stand der Umsetzung nachzuvollziehen und ggf. zu handeln. Regelmäßige Berichte bieten die Möglichkeit Trends zu identifizieren und das Vorgehen und die Prozesse zu evaluieren.

Maßnahmen-spezifische Formate zur Berichterstattung sind in Tabelle 26 definiert. Empfehlungswerte zielgruppenspezifische Formate sowie die Frequenz der Veröffentlichungen sind in Maßnahmensteckbrief 19 beschrieben. Im Rahmen der jeweiligen Berichterstattung, sollten zudem die Trägheit des Systems sowie die

erforderlichen Zeiträume für die Akkumulation ausreichend großer Datenmengen für deren valide Interpretation (Trends etc.) berücksichtigt werden.

Die Berichterstattung sollte zumindest auf der kommunalen Projektwebseite eingebunden werden.

Darüber hinaus können georeferenzierte Indikatoren und Datenreihen in einer **Online-Karte** integriert werden, welche der Verwaltung zur internen Nutzung dient, sowie der Öffentlichkeit zur Nachverfolgung des Standes der kommunalen Wärmeplanung.

7.4.3 Dynamische Anpassung

Ein wichtiger Aspekt des Controllings ist weiterhin die dynamische Anpassung des Konzepts an die sich kontinuierlich verändernden Rahmenbedingungen. Das Erstkonzept ist in der Regel mit seiner Fertigstellung bereits veraltet. Die festgehaltene Bestandssituation, die Indikatoren als auch die Maßnahmen müssen daher kontinuierlich evaluiert und adaptiert werden. Dabei zu berücksichtigen sind im Bereich der kommunalen Wärmeplanung vor allem die dynamische Situation der regulatorischen Rahmenbedingungen und Förderangebote sowie bei den Möglichkeiten der technischen Umsetzung. Hier ist eine stetige Beobachtung der Marktsituation sowie der finanziellen und personellen Vorgaben erforderlich. Weiterhin ist eine regelmäßige Anpassung des Konzeptes und des Controllings an die verwaltungstechnisch bedingten Strukturen wichtig. Die Verantwortlichkeit für die stetige und dynamische Anpassung liegt sowohl bei der geschaffenen Stelle für die kommunale Wärmewende als auch bei den Vertreter*innen der beteiligten Fachbereiche.

8 Zusammenfassung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein **informelles Planungsinstrument zur strategischen Entwicklung der Wärmeversorgung** in der Stadt Bad Honnef. Langfristiges Ziel ist eine klimaneutrale Wärmeversorgung des Gebäudebestandes bis zum Jahr 2045. Dieses übergeordnete Ziel, die Konzeptinhalte als auch die Verpflichtung zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung für Kommunen mit weniger als 100.00 Einwohner*innen bis spätestens zum Jahr 2028, sind im **Wärmeplanungsgesetz** verbindlich vorgegeben.

Der Wärmeplan, als informelles Planungsinstrument, hat **keine rechtliche Bindung**. Der Stadt Bad Honnef steht es frei, einzelne Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet auszuweisen. Nachfolgend werden die Ergebnisse der einzelnen Konzeptbausteine zusammengefasst wiedergegeben.

Bestands- und Potenzialanalyse (Kapitel 3 und 4)

Im Zuge der **Bestands- und Potenzialanalyse** wird für Bad Honnef ein **Wärmebedarf von ca. 267 GWh/a** festgestellt. Das theoretisch technische Potenzial zur Nutzung regenerativer Wärme und Energieeinsparungen liegt im Vergleich bei **1.314 GWh/a**. Somit kann theoretisch das gesamte Stadtgebiet mit regenerativer Wärme versorgt werden. Durch die vielen Flächen in Aegidienberg liegt der Schwerpunkt des Potenzials vor allem auf der Nutzung solarthermischer Energie. Der Schwerpunkt des Verbrauchs liegt allerdings in der Innenstadt Bad Honnefs. Durch die Waldfläche zwischen Aegidienberg und dem Talgebiet, ist es nicht möglich die Erzeugungskapazitäten in Aegidienberg für den hohen Verbrauch in der Innenstadt zu nutzen. Daher liegt der Fokus bezüglich einer potenziellen leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Talgebiet auf dem Potenzial zur Nutzung von Flusswasserwärme.

Zielszenario (Kapitel 5)

Im Zuge der Szenarienentwicklung wird für die **Innenstadt Bad Honnefs ein Wärmenetzgebiet identifiziert**, in welchem der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeinfrastruktur aufgrund der hohen Wärmedichte, der Schwierigkeiten im Aufbau regenerativer dezentraler Heizungsstrukturen und der Vielzahl an Ankernkunden sinnvoll und notwendig ist. Neben dem Wärmenetzgebiet werden auch **Prüfgebiete identifiziert**. Im Talgebiet wird das Prüfgebiet aufgrund der noch nicht geklärten Standortfrage der Wärmepumpe etwas weiter gefasst, so dass das Potenzial zur Nutzung der Flusswasserwärme für beide potenziellen Standorte maximal ausgereizt wird. In Abbildung 59 wird die Gebietseinteilung der Stadt als zentrales Ergebnis noch einmal aufgeführt.

In **Aegidienberg** ist der Aufbau einer Wärmenetzinfrastruktur im Prüfgebiet vor allem von der Möglichkeit der Flächenakquise für solarthermische Erzeugungsstrukturen abhängig.

Für beide Prüfgebiete müssen im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung im Rahmen einer **BEW-Machbarkeitsstudie** tiefergehende Analysen durchgeführt werden. Die Priorität sollte dabei auf das Gebiet in der Innenstadt gelegt werden. Die restlichen Gebiete eignen sich für den Aufbau dezentraler Erzeugungsstrukturen durch Luft-Wasser-Wärmepumpen oder Sole-Wasser-Wärmepumpen (Erdwärme). Die **Wärmepumpe** zur dezentralen Wärmeerzeugung ist nicht nur in Bad Honnef die Schlüsseltechnologie auf dem Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Auch bei einer 100% Wärmenetz-Anschlussquote in den Prüfgebieten würden dezentrale Wärmepumpen noch rund 53% der Wärmeversorgung übernehmen.

Die **jährlichen Wärmeversorgungskosten der Bürger*innen werden im Zielszenario bis zum Jahr 2045 voraussichtlich um 30-40% reduziert**, was vor allem am günstigen Betrieb der dezentralen Wärmepumpen liegt. Hauseigentümer*innen sollten allerdings mit Investitionsrückstellungen für den Austausch der Heizungen und etwaige Sanierungsmaßnahmen kalkulieren.

Aegidienberg liegt voraussichtlich unmittelbar an dem bundesweit geplanten **Wasserstoffkernnetz**. Somit ist eine Versorgung durch grünen Wasserstoff theoretisch denkbar. Nach erster Einschätzung der BHAG ist die Umwidmung des Gasnetzes in ein Wasserstoffverteilnetz bis zur Erschließung des Wasserstoffkernnetzes möglich. Dennoch wurde die Nutzung von grünem Wasserstoff als regenerative Wärmequelle der Zukunft unter den aktuellen politischen Rahmenbedingungen als **wahrscheinlich ungeeignet** bewertet. Aufgrund von fehlenden Kapazitäten erneuerbarer Energien in Deutschland muss der Wasserstoff importiert werden. Dabei soll vor allem die Industrie und große KWK-Projekte in Europa bevorzugt werden. **Fraglich ist welche Mengen Wasserstoff zu welchem Preis und zu welchem Zeitpunkt** in Bad Honnef für den Betrieb eines Verteilnetzes verfügbar wären, zumal keine großen Prozesswärmebedarfe bestehen. Die Tallage

Bad Honnefs ist an einem anderen Gasnetzabschnitt angeschlossen und liegt nicht an der geplanten Trasse des Wasserstoffkernnetzes. Eine Leitungslegung durch den Wald nach Aegidienberg ist nicht realistisch.

Die BHAG prüft aktuell die Transformation des Gasnetzes in Aegidienberg. Im Anschluss an diesen Transformationsplan liegen genauere Informationen bereit, um dieses Thema neu bewerten zu können. Bis dahin ist es wichtig, die Entwicklung des Wasserstoffkernnetzes zu verfolgen. In Aegidienberg können die Prüfgebiete ebenfalls zur Prüfung der Versorgung durch grünen Wasserstoff genutzt werden.

Sanierung

Für den Verlauf des zukünftigen Wärmeverbrauchs wird die Annahme getroffen, dass die Sanierungsrate entsprechend dem Trend Szenario im Klimaschutzkonzept mindestens bei **1,8%/a** für nicht denkmalgeschützte Gebäude liegt. Die Wärmebedarfsreduktion bis 2045 liegt somit bei rund 53 GWh/a (20%). Dieses Minimalziel gilt es in den nächsten Jahren zu verfolgen.

Maßnahmen (Kapitel 5.8)

Zur Erreichung des Zielszenarios wurden 19 Maßnahmen entwickelt und in Maßnahmensteckbriefen beschrieben (4 davon stammen aus dem Klimaschutzkonzept). Die Maßnahmen sind aufgeteilt in Typ I *Technisch-bauliche Maßnahmen* und Typ II *Organisatorische, politische und sozio-ökonomische Maßnahmen* und wurden Handlungsfeldern zugeordnet.

Für Bad Honnef werden zwei Fokusgebiete identifiziert, in denen die weiteren Schritte prioritär zu behandeln sind. Das primäre Fokusgebiet ist identisch mit dem Wärmenetzgebiet in der Innenstadt von Bad Honnef. Das zweite Fokusgebiet liegt im Stadtkern Aegidienbergs. Vor allem auf **das Wärmenetzgebiet in der Innenstadt** sollte in Zukunft der Fokus gelegt werden. Hier gilt es zu prüfen, ob und in welcher Menge eine Nutzung der **Edelhoff-Quelle** als Wärmemedium möglich ist. Bei Aufbau einer **Flusswasserwärmepumpe**, sollte das Wärmenetzgebiet entsprechend den Versorgungsgebieten im Prüfgebiet weiter gefasst werden, um das Potenzial optimal auszunutzen. Ebenfalls kann die **Abwasserwärme** in den Bestandskanälen und im Auslauf der Kläranlage das Energiesystem erweitern. Das Thema der **Spitzenlastabdeckung** und **Redundanz** muss im Zuge der Machbarkeitsstudie näher untersucht werden.

Das Temperaturniveau des Netzes muss im Zuge der BEW-Studie bestimmt werden. Neben dem Aufbau eines **konventionellen Wärmenetzes** ist auch die Möglichkeit gegeben, ein **kaltes Wärmenetz** oder ein **Niedertemperatur-Wärmenetz** zu betreiben und die Wärme dezentral über Wasser-Wasser-Wärmepumpen auf das in den Gebäuden erforderliche Temperaturniveau anzuheben.

Die Analyse der beiden potenziellen Standorte für eine Flusswasserwärmepumpe hat ergeben, dass bei gleichem Wärmeabsatz in den jeweiligen Versorgungsgebieten auch die notwendige Trassenlänge nahezu identisch ist. Für den südlicheren Standort spricht die geeignetere Raumwirkung der Anlage. Im nördlicheren Standort könnten Synergien mit der Verlegung des Bahnhaltepunktes für die Querung der Bahntrassen genutzt werden. Eine Standortentscheidung wird in den Leistungsphasen 2-4 der BEW-Studie angestrebt.

Die Wärmenetzberechnungen haben ergeben, dass die **Wärmegestehungskosten für ein potenzielles Wärmenetz im Talgebiet voraussichtlich deutlich geringer** sein würden als die Wärmegestehungskosten für ein Netz in Aegidienberg. Grund dafür ist vor allem der verdichtete Wärmeabsatz in der Innenstadt. Dennoch ist ein rentabler Betrieb einer Wärmenetzinfrastruktur im Fokusgebiet in Aegidienberg möglich allerdings sind dafür hohe Anschlussquoten notwendig. Aufgrund der hohen Eignung für dezentrale Erzeugung könnte die Erreichung einer hohen Anschlussquote allerdings schwierig werden.

Zunehmende Elektrifizierung erfordert Ausbau des Stromsektors

Aufgrund des hohen zukünftigen Stromverbrauchs im Zuge der Elektrifizierung der Wärmeversorgung resultieren entsprechende Erfordernisse im Stromsektor. Neben dem Aufbau von erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten in Aegidienberg (Wind + PV) und auf den Dächern der Stadt, ist auch die Durchführung eines **Transformationsplans für das Stromnetz** notwendig, um die zukünftig notwendigen Strommengen lokal vorhalten zu können.

Bürger*innen über Vorteile informieren und Anreize schaffen

Der Erfolg der kommunalen Wärmewende in Bad Honnef ist abhängig von der Partizipation der Bewohner*innen. Aus diesem Grund ist es wichtig im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung die Menschen vor Ort mit diversen Angeboten zu aktivieren. Eine Wärmepumpenkampagne oder eine

Sanierungskampagne sind beispielhafte Maßnahmen, in denen die Stadt mit gezielten Informationsangeboten ihre Bewohner*innen zur Teilhabe an der Wärmewende motivieren können.

Durch die Summe aller identifizierten Maßnahmen ist eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung in Bad Honnef im Jahr 2045 realisierbar und auch wirtschaftlich darstellbar. Die **dekarbonisierte Wärmeversorgung wird günstiger sein** als die konventionelle Wärmeversorgung. Eine zügige Verfolgung der Maßnahmen und Ziele im Anschluss der kommunalen Wärmeplanung ist angesichts des ambitionierten Ziels entscheidend.

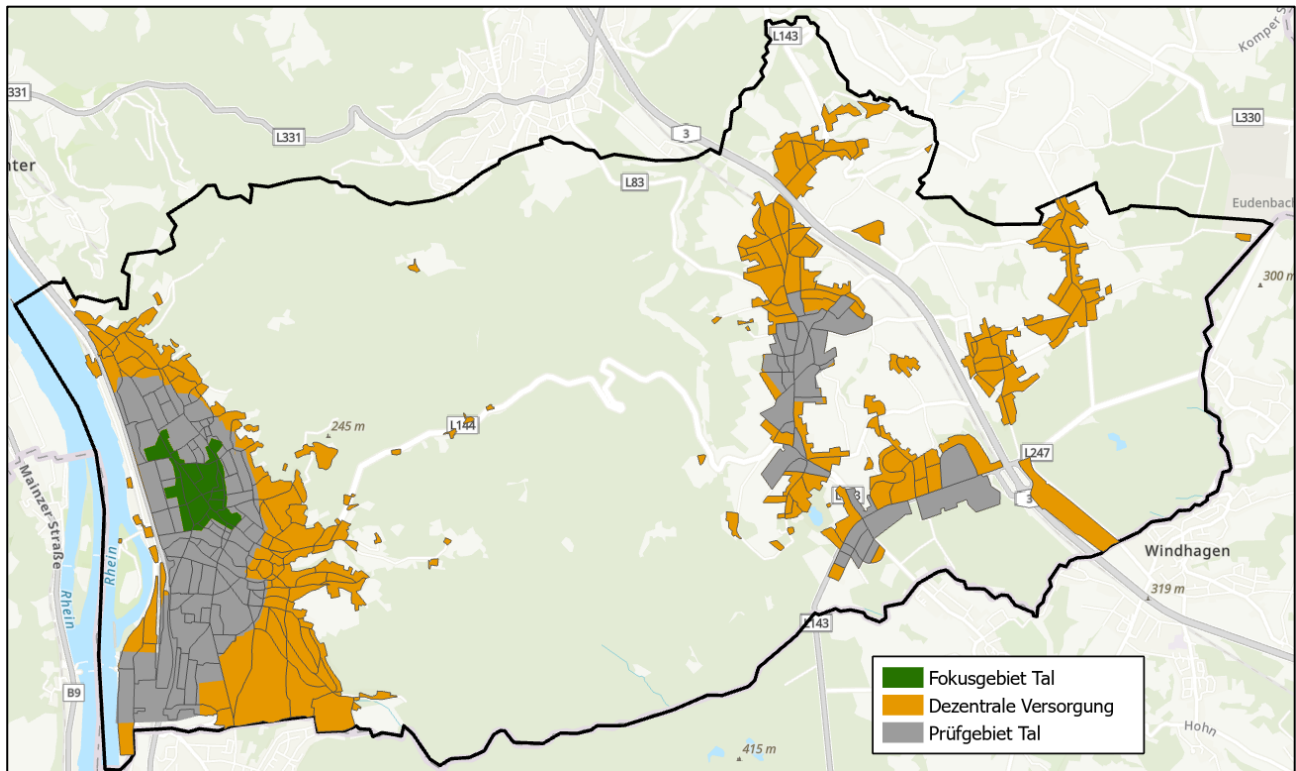


Abbildung 59: Darstellung der finalen Gebietseinteilung des Zielszenarios

9 Literaturverzeichnis

- [1] Landesamt für Information und Technik NRW, „Kommunalprofil Bad Honnef,“ Stand 17.11.2023.
- [2] Straßenverkehrsamt Bad Honnef, „Bestandszahlen der Fahrzeuge mit Elektro- / Hybrid-Antrieb,“ 2012-2022.
- [3] Bundesförderung Breitband, „Das Graue-Flecken-Förderprogramm im Überblick,“ [Online]. Available: <https://gigabit-projekttraeger.de/foerderprogramm/>. [Zugriff am 08 Juli 2024].
- [4] Stadt Bad Honnef, „Neuigkeiten zur Sitzung des Haupt- und Finanzausschuss, Wirtschaftsförderung, Tourismus und Liegenschaften vom 19.09.2023,“ 28 September 2023. [Online]. Available: <https://meinbadhonnef.de/wissen-wo-die-reise-hingeht-wirtschaftsfoerderin-johanna-liel-stellte-entwurf-fuer-ein-tourismusfoerderkonzept-mit-zielen-strategie-und-deren-umsetzung-vor/>. [Zugriff am 13.05.2024].
- [5] Trina Solar, „Vertex S Monokristallines Glas-Folie-Modul,“ [Online]. Available: https://static.trinasolar.com/sites/default/files/Datasheet_Vertex_S_DE09R.08_DE_2022_PA1.pdf. [Zugriff am 04 Juli 2024].
- [6] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Lanuv), „Solarkataster NRW,“ 2020. [Online]. Available: https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster. [Zugriff am 24 Mai 2024].
- [7] Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft, „Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bad Honnef,“ Bad Honnef, 2023.
- [8] Greenhouse Media GmbH, „Ertrag von Solarthermieranlagen,“ 17 August 2022. [Online]. Available: <https://www.energie-experten.org/heizung/solarthermie/wirtschaftlichkeit/ertrag>. [Zugriff am 04 Juli 2024].
- [9] Hans Hertle et al, „BISKO Bilanzierungs-Systematik. Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland,“ Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg, November 2019.
- [10] F. Reiche, „Wirkungsgrad der Heizung – wichtige Kennzahl für die Effizienz des Heizgeräts,“ Thermondo GmbH, 17 Juni 2024. [Online]. Available: <https://www.thermondo.de/info/rat/vergleich/wirkungsgrad-der-heizung/>. [Zugriff am 05 Juli 2024].
- [11] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland,“ Juli 2024.
- [12] Gebäude Energieberater, „Rentable KWK-Anlagen,“ 11 September 2013. [Online]. Available: <https://www.geb-info.de/software/bhkw-planung-erst-simulieren-dann-installieren-rentable-kwk-anlagen>. [Zugriff am 08 Juli 2024].
- [13] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), „Energie in Deutschland - Trends und Hintergründe zur Energieversorgung,“ Berlin, 2013.
- [14] Umweltbundesamt, „Wie hoch sind die Treibhausgasemissionen pro Person in Deutschland durchschnittlich?,“ 06 April 2023. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person>. [Zugriff am 07 Juli 2024].
- [15] Agentur für Erneuerbare Energien e.V., „Klimaschutz mit erneuerbarer Wärme,“ [Online]. Available: <https://www.waermewende.de/waermewende/eigentuemern-mieterinnen-klimaschutz/>. [Zugriff am 2024 Juli 07].
- [16] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „So heizen die Deutschen,“ *Energiewende direkt*, Nr. 10, 2019.
- [17] Umweltbundesamt, „Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren,“ 02 April 2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren>. [Zugriff am 07 Juli 2024].
- [18] M. Pio, „Die Energieperspektiven 2035 - Band 4 Exkurse,“ Bundesamt für Energie, 2007.
- [19] S. Hirzel, B. Sontag und C. Rohde, „Industrielle Abwärmenutzung - Kurzstudie,“ Franhofer ISI, November 2013.

- [20] Stadt-Land-plus GmbH, „Freiflächen-Photovoltaik Konzept Rhein-Sieg Kreis,“ 2023.
- [21] I. Moeck und J. Weber, „Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie,“ Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Hannover, 2022.
- [22] M. Klein, „NRW verabschiedet sich vom Mindestabstand für Windräder,“ *umweltimrecht.blog*, 11 September September 2023.
- [23] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Lanuv), „Kompensationsräume,“ [Online]. Available: <https://www.lanuv.nrw.de/natur/eingriffsregelung/kompensationsraeume>. [Zugriff am 11 Juli 2024].
- [24] Hamburg Institut Research gemeinnützige GmbH (HIR), „Planungs- und Genehmigungsleitfaden für Freiflächen-Solarthermie in Baden-Württemberg,“ Juni 2016. [Online]. Available: https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/07/Planungsleitfaden_Freiflaechen-Solarthermie.pdf. [Zugriff am 05 2024].
- [25] Viessmann Climate Solutions SE, „Solare Deckungsrate,“ [Online]. Available: <https://www.heizung.de/lexikon/solare-deckungsrate.html>. [Zugriff am 06 07 2024].
- [26] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Lanuv), „Das Landesweite Solarkataster Nordrhein-Westfalen - Ein Instrument zum Ausbau der Solarenergie,“ 2018. [Online]. Available: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/1_infoblaetter/LANUV-Info_43_SOLARKATASTER_Brosch%C3%BCre_WEB_gesichert.pdf. [Zugriff am 24 05 2024].
- [27] Naturstrom AG, „Solarpark Henschleben,“ [Online]. Available: <https://www.solarpark-henschleben.de/>. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [28] Leipziger Stadtwerke, „Leipziger Wärme 2038 - Die neue Solarthermie Leipzig West,“ [Online]. Available: <https://zukunft-fernwaerme.de/solarthermie-leipzig-west/>. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [29] CPC Germania GmbH & Co. KG, „Hüselitz,“ [Online]. Available: <https://cpc-germania.com/projekt/hueselitz/>. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [30] Forschungszentrum Jülich GmbH, „enArgus - Flächenbedarf,“ [Online]. Available: https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3857-2/*/*FI%c3%a4chenbedarf.html?op=Wiki.getwiki. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [31] D. Mangold, „Saisonalspeicher.de,“ Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, [Online]. Available: <https://www.saisonalspeicher.de/home/systemtechnik/waermeerzeuger/solare-waermenetze/>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [32] Bracke, Rolf et al, „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 - Geothermie,“ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen, 2015.
- [33] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Lanuv), „Wärmestudie NRW - Ergebnisse,“ 05 09 2024. [Online]. Available: https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse.
- [34] Rheinische Entsorgungskooperation, „Aufgaben,“ [Online]. Available: <https://www.zv-rek.de/die-rek/aufgaben.html>. [Zugriff am 28 05 2024].
- [35] Kirsten Stark et al, „Status Quo der thermischen Klärschlammbehandlung und Phosphorrückgewinnung in Deutschland,“ 2022.
- [36] Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V, „Ratgeber Energie aus Abwasser,“ Berlin, September 2019.
- [37] A. Hurni, „Argumentarium - Nutzung der Wärme von Abwasser,“ *Aqua & Gas - Plattform für Wasser, Gas und Wärme*, Oktober 2020.
- [38] F.-W. Bolle, „Potenziale und technische Optimierung der Abwasserwärmenutzung,“ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Aachen, November 2012.
- [39] P. Gottsbacher, „Abwasserwärmenutzung in Kombination mit Wärmepumpen,“ Fachhochschule Burgenland GmbH, 2019.
- [40] K. Fricke, „Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen,“ Umweltbundesamt, Oktober 2009.
- [41] E. A. Müller und E. Graf, „Heizen mit Abwasser - Welches Potenzial steckt hinter der Energierückgewinnung?,“ *ENEV im Bestand*, Nr. 11, pp. 45-47.

- [42] Initiative Energien Speichern e.V., „Was sind erneuerbare Gase?“, [Online]. Available: <https://energien-speichern.de/positionen/umweltvertraeglichkeit/was-sind-erneuerbare-gase/>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [43] Wissenschaftliche Dienste - Deutscher Bundestag, „Wasserstofftoleranz der Erdgasinfrastruktur“, Fachbereich: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung, 2022.
- [44] T. Sun, „Fraunhofer Zukunftsfabrik - Projektreview: Wasserstoffbeimischung im bestehenden Erdgasnetz in Deutschland“, 2023 Januar 17. [Online]. Available: <https://www.fraunhofer-zukunftsfabrik.de/?p=4071>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [45] Interconnector GmbH, „Power-To-Gas“, 2020 April 24. [Online]. Available: <https://www.interconnector.de/wissen/power-to-gas/>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [46] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Dialogprozess Gas“, Oktober 2019. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/C-D/dialogprozess-gas-2030-erste-bilanz.pdf?>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [47] Energie-Handels-Gesellschaft mbH & Co. KG, „Power-to-Gas – Erneuerbare Energie aus grünem Wasserstoff“, [Online]. Available: <https://www.eha.net/blog/details/power-to-gas.html>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [48] Jürgen Kruse et al, *dena-Leitstudie Integrierte Energiewende - Teil B*, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) und ewi Energy Research & Scenarios gGmbH, 2018.
- [49] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Pressemitteilung: Deutschland, Österreich und Italien unterzeichnen gemeinsame Absichtserklärung für die Entwicklung des südlichen Wasserstoffkorridors“, 30 Mai 2024. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240530-entwicklung-des-sudlichen-wasserstoffkorridors.html>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [50] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Pressemitteilung: Deutschland und Algerien gründen Wasserstoff-Taskforce“, 08 Februar 2024. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/02/20240208-deutschland-und-algerien-gruenden-wasserstoff-taskforce.html>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [51] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Lanuv), „Planungskarte Wind“, [Online]. Available: <https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarten/wind>. [Zugriff am 2024 Juli 09].
- [52] W. van Helden, „Wärmespeicher: Giganten im Untergrund“, *Fachmagazin für Ökonomie + Ökologie*, pp. 44-45, April 2021.
- [53] Geologischer Dienst NRW, „Oberflächennahe Geothermie - Wärmespeicherung im Untergrund“, [Online]. Available: https://www.gd.nrw.de/ew_og.htm. [Zugriff am 18 Juni 2024].
- [54] swb, „Was ist Abwasserwärmerückgewinnung?“, [Online]. Available: <https://www.swb.de/ueber-swb/swb-magazin/swb-insider/abwasserwaermerueckgewinnung>. [Zugriff am 2024 Juni 18].
- [55] M. B. Stefan van Valsen, „Wärmerückgewinnung aus Schmutzwasser“, Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Energie, 2013.
- [56] Initiative Energien Speichern e.V., „Gasspeicherkapazitäten“, [Online]. Available: <https://energien-speichern.de/erdgasspeicher/gasspeicherkapazitaeten/>. [Zugriff am 18 Juni 2024].
- [57] A. Gonschor, „H2 Ready Gasheizung – diese vier Gründe sprechen gegen die Anschaffung“, WEGATECH (heimWatt GmbH), Dezember 2023. [Online]. Available: <https://www.wegatech.de/ratgeber/h2-ready-gasheizung/>. [Zugriff am 19 März 2025].
- [58] S. Jenke, „DVGW: Wasserstoffpreise für Wärmeversorgung sinken bis 2045 auf Erdgasniveau“, *H2 News*, 2023.
- [59] Thomas Frewer et al, „Zum Stand der Einführung von“, Global Energy Solutions e.V., 2024.
- [60] Sara Ortner et al, „Leitfaden Wärmeplanung - Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche“, Bundesministerium für Wirtschaft und Klima, 2024.
- [61] Max Peters et al, „Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden, Baden-Württemberg“, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg, 2021.
- [62] Gertec GmbH, „Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bad Honnef“, Bad Honnef, 2023.

- [63] Langreder et al., „Technikkatalog Wärmeplanung,“ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi Consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, 2024.
- [64] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle,“ [Online]. Available: https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Gebaeudehuelle/gebaeudehuelle_node.html. [Zugriff am 2024 10 15].
- [65] KfW, „Aktuelle Informationen zur Heizungsförderung,“ [Online]. Available: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Heizungsforderung/>. [Zugriff am 15 Oktober 2024].
- [66] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW),“ [Online]. Available: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html. [Zugriff am 15 2024 Oktober].
- [67] S. Ackermann, „Flusswasserwärmepumpe in XXL,“ *tab - Das Fachmedium der TGA-Branche*, Nr. 04, 2024.
- [68] BOSCH, „Was ist der beste COP-Wert bei Wärmepumpen?,“ [Online]. Available: <https://www.bosch-homecomfort.com/de/de/wohngebaeude/wissen/heizungsratgeber/waermepumpe/cop-waermepumpe/>. [Zugriff am 2024 Oktober 16].
- [69] Statistisches Bundesamt, „Pressemitteilung Nr. 375 vom 30. September 2024,“ [Online]. Available: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/09/PD24_375_61243.html. [Zugriff am 17 Oktober 2024].
- [70] vbW - Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., „Strompreisprognose bis 2045,“ Prognos, 2024. [Online]. Available: <https://www.vbw-bayern.de/vbw/Themen-und-Services/Energie-Klima/Energie/Neue-Strompreisprognose-bis-2040.jsp>. [Zugriff am 2024 Oktober 21].
- [71] e. a. Langreder, „Kurzgutachten zur aktuellen Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen,“ 2023. [Online]. Available: https://www.prognos.com/sites/default/files/2023-05/Ergebnisdokumentation_Waermepumpe_aktualisiert_10032023.pdf. [Zugriff am 21 Oktober 2024].
- [72] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (StMELF), „Aktuelle Scheitholzpreise,“ Juli 2024. [Online]. Available: <https://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/energetischenutzung/035134/index.php>. [Zugriff am 21 Oktober 2024].
- [73] Thomas Frewer et al., „Zum Stand der Einführung von,“ 2024. [Online]. Available: https://global-energy-solutions.org/wp-content/uploads/2024/05/240501wasserstoff_final.pdf. [Zugriff am 21 Oktober 2024].
- [74] Brugg Rohrsysteme AG, „Katalog PREMANT UNO Sortiment,“ Januar 2025. [Online]. Available: https://www.bruggpipes.com/fileadmin/user_upload/downloads/produkte/01-nah-und-fernwaerme/premant/dokumentation/PRE_D_BRG_jan25a.pdf. [Zugriff am 03 Februar 2025].
- [75] MVV Energie AG, „R(h)ein mit der Wärme - MVV nimmt erste Flusswasserwärmepumpe in Mannheim in Betrieb,“ [Online]. Available: <https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe>. [Zugriff am 30 Oktober 2024].
- [76] Solites - Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, „Projektlandkarte solare Wärmenetze,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solare-waermenetze.de/projektbeispiele/projektlandkarte-solare-waermenetze/>. [Zugriff am 06 12 2024].
- [77] Europäische Investitionsbank, „ELENA - European Local ENergy Assistance,“ [Online]. Available: <https://www.eib.org/de/products/advisory-services/elena/index.htm>. [Zugriff am 19 März 2025].
- [78] A. Schick, „Der Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) 2023 - Ergebnisbericht,“ H2O vor Ort, 2023.
- [79] dp energietechnik GmbH, „Nah- und Fernwärmenetze als Chance für Landwirte und Investoren,“ September 2024. [Online]. Available: <https://dpenergietechnik.com/blog/nah-und-fernwaermenetze-als-chance-fuer-landwirte-und-investoren/>. [Zugriff am 29 Januar 2025].
- [80] Deutsche Kreditbank AG, „Ein Dorf – eine Wärmegenossenschaft,“ [Online]. Available: <https://www.dkb.de/geschaeftskunden/erneuerbare-energien/referenz-nahwaermenetz>. [Zugriff am 29 Januar 2025].
- [81] S. Weber, „Ratsantrag "Transformationsplan für die Stromnetze der Zukunft",“ Ratsfraktion CDU, Münster, 2023.

- [82] BEST FRIEND - Agentur für Kommunikation GmbH, „Booster-Kampagne für die Wärmepumpe gestartet,“ [Online]. Available: <https://bestfriend.berlin/meldungen/booster-kampagne-fuer-die-waermepumpe-gestartet/>. [Zugriff am 28 Januar 2025].
- [83] Katharine Heinbach, Jan Walter, „Energetische Gebäudesanierung – Mit einer Sanierungskampagne Hauseigentümer*innen aktivieren,“ Institut für ökologische Wirtschaftsförderung (IÖW), 2020.
- [84] Referat für Kreisentwicklung, „gut beraten sanieren!“, Landkreis Osnabrück, [Online]. Available: <https://www.landkreis-osnabrueck.de/fachthemen/klima-und-energie/energieeffizienz-und-gebaeude>. [Zugriff am 30 Januar 2025].
- [85] fesa e.V., „Energiekarawane - Durchführung der Energiekarawane für Kommunen der Region,“ [Online]. Available: <https://www.fesa.de/projekte/klimaschutzkampagnen/energiekarawane/>. [Zugriff am 30 Januar 2025].
- [86] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), „Das DGNB System für Sanierung,“ [Online]. Available: <https://www.dgnb.de/de/zertifizierung/gebaeude/sanierung>. [Zugriff am 13 Januar 2025].
- [87] Energieagentur Rhein-Sieg, „Sanierungsratgeber,“ [Online]. Available: <https://energieagentur-rsk.de/privathaushalte/immobilienbesitzer/sanierungsratgeber/>. [Zugriff am 19 März 2025].
- [88] Silke Lüers, Anna-Kathrin Wallasch, „Kostensituation der Windenergie an Land Stand 2023,“ Deutsche WindGuard, 2023.
- [89] Stadt Bad Salzuflen, „Informationen zur Fernwärmesatzung und zum Anschluss- und Benutzungs-zwang des Fernwärmenetzes,“ [Online]. Available: <https://www.stadt-bad-salzuflen.de/stadt-und-rathaus/klima-umweltschutz/fernwaermesatzung-info>. [Zugriff am 10 Januar 2025].
- [90] Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende, „WärmeWendeKommune-Netzwerk,“ Dezember 2024. [Online]. Available: <https://www.kww-halle.de/wwk-netzwerk>. [Zugriff am 05 Februar 2025].
- [91] Geodatenservice München, „Portal Kommunaler Wärmeplan,“ 2024. [Online]. Available: <https://geoportal.muenchen.de/portal/waermeplan/>. [Zugriff am 05 Februar 2025].

Anhang – Formeln KWW-Technikkatalog

Solarthermie Flachkollektoren Freifläche 2030						
Ertrag in MWh	Leistung in kW	€/kW	Jährliche Fixkosten €/a	Kollektorfläche in m ²	Parkfläche in m ²	Formeln
227	350	466	1957	500	1000	spezifische Investitionskosten €/m ² : $y=482,01x^{-0,077}$
451	700	441	3703	1000	2000	Fixkosten €/a: $y=8,7693x^{0,9231}$
892	1400	419	7041	2000	4000	
2200	3500	391	16410	5000	10000	
4400	7000	369	30997	10000	20000	
6615	10500	359	45223	15000	30000	
Solarthermie Flachkollektoren Aufdach 2030						
Ertrag in MWh	Leistung in kW	€/kW	Jährliche Fixkosten €/kWth*a	Pufferspeicher Kosten €	Geringinvestive Maßnahmen und Heizflächentausch €/kWth	Formeln
502,25	4	990	9,9	1025	216	spezifische Investitionskosten in €/kW $y=1130,3x^{-0,097}$
502,25	10	904	9,8	1025	162	spezifische Fixkosten in €/kW*a $y=-0,0215x+10,009$
845,74	20	846	9,6	1726	131	Geringinvestive Maßnahmen in €/kW $y=333,41x^{-0,313}$
7477,4	140	702	7	15260	71	
Solarthermischer Großspeicher 2030						
Kapazität in MWh		€/MWh	Jährliche Fixkosten €/MWh*a	Fläche in m ²		Formeln
1.500		1087	3,7	4000		spezifische Investitionskosten €/MWh: $y=24440x^{-0,426}$
4.500		681	3,7	14000		
Großwärmepumpe Abwasser 2030						
Ertrag in MWh	Leistung in kWth	€/kWth	Jährliche Fixkosten €/kWth*a			Formel
4200	1000	1180	30			spezifische Investitionskosten €/kWth: $y=1180x^{-0,237}$ (x in MW)
42000	10000	683	17			spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=164,87x^{-0,247}$
Großwärmepumpe Flusswasser 2030						

Ertrag in MWh	Leis- tung in kWth	€/kWth	Jährliche Fix- kosten €/kWth*a			Formel
40000	10000	929	23			spezifische Investitions- kosten €/kWth: $y=5589,9x^{-0,779}$ (x in MW)
200000	50000	265	7			spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=20809x^{-0,739}$
Großwärmepumpe Abwärme 2030						
Ertrag in MWh	Leis- tung in kWth	€/kWth	Jährliche Fix- kosten €/kWth*a			Formel
1260	300	1768	44			spezifische Investitions- kosten €/kWth: $y=1210,7*x^{-0,28}$ (x in MW)
27720	1500	973	24			spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=204,49x^{-0,277}$
92400	5000	828	21			
369600	20000	519	13			
Sole-Wasser Wärmepumpe Erdwärmesonden 2030						
Ertrag in MWh	Leis- tung in kWth	€/kWth	Jährliche Fix- kosten €/kWth*a	Puffer- speicher Kosten €	Geringinvestive Maßnah- men und Heizflächen- tausch €/kWth	Formel
10	5	4628	76	1025	671	spezifische Investitions- kosten €/kWth: $y=6975,9x^{-0,275}$
20	10	3591	38	1025	540	spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=172,59x^{-0,64}$
40	20	2983	21	1726	469	Geringinvestive Maß- nahmen €/kWth: $y=1129,2x^{-0,314}$
60	30	2733	17	1726	385	
80	40	2586	15	11445	352	
100	50	2405	14	11445	329	
120	60	2259	13	11445	310	
160	80	2099	11	15260	284	
220	110	1930	10	15260	257	
Großwärmepumpe (Solar & Geothermie) 2030						
Ertrag in MWh	Leis- tung in kWth	€/kWth	Jährliche Fix- kosten €/kWth*a			Formel
1260	300	1768	44			spezifische Investitions- kosten €/kWth:

						$y=1210,7 \cdot x^{-0,28}$ (x in MW)
27720	1500	973	24			spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=204,49x^{-0,277}$
92400	5000	828	21			
369600	20000	519	13			
Luft-Wasser Wärmepumpe 2030						
Ertrag in MWh	Leistung in kWth	€/kWth	Jährliche Fixkosten €/kWth*a	Pufferspeicher Kosten €	Geringinvestive Maßnahmen und Heizflächentausch €/kWth	Formel
10	5	2111	76	1025	671	spezifische Investitionskosten €/kWth: $y=3533,3x^{-0,295}$ für $x \leq 40$ $y=2942,4x^{-0,207}$ für $x > 40$
20	10	1829	38	1025	540	spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=135,97x^{-0,545}$
40	20	1585	19	1726	469	Geringinvestive Maßnahmen €/kWth: $y=1129,2x^{-0,314}$
60	30	1274	18	1726	385	
80	40	1132	16	11445	352	
100	50	1310	16	11445	329	
120	60	1262	15	11445	310	
160	80	1189	14	15260	284	
220	110	1113	13	15260	257	
Wasserstoff BHKW						
Leitung in kWel	Leistung in kWth	€/kWth	Jährliche Fixkosten €/kWth*a	Baukosten €/kWth	Planungskosten €/kWth	Formel
20	40,6	2538	86	54	376	spezifische Investitionskosten €/kWth: $y=3907,9x^{-0,132}$ für $x \leq 100$ $y=3898,9x^{-0,131}$ für $x > 100$
30	58,2	2102	79	37	365	spezifische Fixkosten €/kWth*a: $y=490,85x^{-0,438}$
50	88,2	2174	74	62	432	Baukosten €/kWth: $y=6,9808x^{0,494}$ für $x < 400$ $y=197,54 \cdot x^{-0,077}$ für $x > 400$

100	155,6	2043	63	105	350	Planungskosten in €/kWth 1003,3x^-0,222
300	392,3	1812	38	125	278	
500	585,4	1731	33	121	307	
2000	2000	1277	13	109	147	
10000	9347,8	1256	10	98	132	
Wasserstoff Brennwertheizung						
Ertrag in MWh	Leis- tung in KWth	€/kWth	Jährliche Fix- kosten + Schornstein- feger €/kWth*a	Puffer- speicher Kosten €	Geringinvestive Maßnah- men und Heizflächen- tausch €/kWth	Formel
18	10	779	120	1025	162	spezifische Investitions- kosten €/kWth: y=4793,6x^-0,819
36	20	390	61	1726	131	spezifische Fixkosten €/kWth*a: y=926,98x^- 0,908
54	30	270	40	1726	115	Geringinvestive Maß- nahmen €/kWth*a: y=331,22x^-0,31
108	60	181	21	11445	93	
198	110	177	14	15260	77	
Spitzenlastkessel Erdgas/Wasserstoff/Biomasse						
0,9	0,5	131	2	2		spezifische Investitions- kosten: y=125,01x^- 0,068
18	10	107	0,2	0,6		spezifische Fixkosten €/kWth y=2,2577e^- 0,242x
						spezifische variable Fix- kosten €/MWh y=2,1308e^-0,127x
Netze						
Formeln Wärme- netz konventionell - Verteilnetz	Formeln Wärmenetz konventionell - Trans- portleitungen		Wärmenetze Niedertempe- ratur	Wärmenetze Kalte Nah- wärme	Hausstation Fernwärme indirekt	Wasserstoff Transportlei- tung
spezifische Investi- tionskosten Verteil- netz unbefestigtes Ter- rain: 739 €/MWh*a teilbefestigtes Ter- rain: 1045 €/MWh*a befestigtes Terrain: 1351 €/MWh*a	spezifische Investi- tionskosten Station [Typ 1, Transformer] 120.336 €/MW		spezifische In- vestitionskos- ten Verteilnetz unbefestigtes Terrain: 86 €/MWh*a teilbefestigtes Terrain: 829 €/MWh*a befestigtes Ter- rain: 1071 €/MWh*a	spezifische In- vestitionskos- ten Hausan- schlussleitung in €/Anschluss 10,755x+76,79 6	spezifische Investiti- onskosten in €/kW y=2539,3x^ -0,648	spezifische Investitions- kosten in €/m y=460,9ln(x) -1539,9

spezifische Investitionskosten Hausanschlussleitung in €/Anschluss unbefestigtes Terrain: $7,7008x+4747,6$ teilbefestigtes Terrain: $13,163x+9241$ befestigtes Terrain: $13,411x+13976$	spezifische Investitionskosten Station [Typ 2, Stabilisator] 109.827 €/MW	spezifische Investitionskosten Hausanschlussleitung in €/Anschluss unbefestigtes Terrain: $6,1049x+3766,7$ teilbefestigtes Terrain: $10,448x+7330,8$ befestigtes Terrain: $14,77x+10896$	spezifische Investitionskosten Hauptleitungsstrang inkl. Grabenbau in €/m unbefestigtes Terrain: $3,1629x+135,35$ teilbefestigtes Terrain: $3,7958x+162,39$ befestigtes Terrain: $4,544x+194,91$ Ungeeignete Formel für hohe Leistungsklassen. Daher Rechnung wie bei Niedertemperaturnetz	spezifische Fixkosten: 10 €/kWth	spezifische Fixkosten: 2% der Investitionskosten
spezifische Investitionskosten Hauptanschlussstrang in €/m unbefestigtes Terrain: $284,7x^{0,2002}$ teilbefestigtes Terrain: $358,76x^{0,2018}$ befestigtes Terrain: $432,69x^{0,2029}$	spezifische Fixkosten: 0,8 €/MW	spezifische Investitionskosten Hauptanschlussstrang in €/m unbefestigtes Terrain: $215x^{0,2138}$ teilbefestigtes Terrain: $306,03x^{0,2138}$ befestigtes Terrain: $415,86x^{0,2138}$	spezifische Investitionskosten Grabenbau Hausanschlussstrang unbefestigtes Terrain: 183 €/m teilbefestigtes Terrain: 252 €/m befestigtes Terrain: 370 €/m	Geringinvestive Maßnahmen: 162 €/kWth	Kosten Kompressorstation: 3500000 €/MW
spezifische Investitionskosten Übergabestation Für $x < 1000$ kW: 227296 €/MW Für $x \geq 1000$ kW: 104640 €/MW		spezifische Investitionskosten Übergabestation Für $x < 1000$ kW: 227296 €/MW Für $x \geq 1000$ kW: 104640 €/MW	spezifische Investitionskosten Pumpstation 5450 €/kW		

spezifische Investitionskosten Pumpstation Für $x < 1000$ kW: 251136 €/MW Für $x \geq 1000$ kW: 94176 €/MW		spezifische Investitionskosten Pumpstation Für $x < 1000$ kW: 251136 €/MW Für $x \geq 1000$ kW: 94176 €/MW	Installationskosten: 5% der Netzkosten		
spezifische Fixkosten: 1,44 €/MWh		spezifische Fixkosten: 1,44 €/MWh	spezifische Fixkosten: 1% der Netzkosten		