



# Kommunale Wärmeplanung für die Verbandsgemeinde Adenau

Abschlussbericht

Sweco GmbH

Graeffstraße 5

50823 Köln

01.10.2025



## Inhaltsverzeichnis

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Aufgabenstellung und Klimapolitische Rahmenbedingung .....          | 6  |
| 2     | Methodik .....  | 7  |
| 2.1   | GIS-Modell .....  | 7  |
| 2.2   | Datenerfassung .....  | 7  |
| 2.3   | Kommunikationskonzept .....   | 8  |
| 2.3.1 | Projektorganisation .....   | 8  |
| 2.3.2 | Akteursbeteiligung .....  | 8  |
| 2.3.3 | Öffentlichkeitsarbeit .....   | 9  |
| 3     | Bestandsanalyse .....   | 10 |
| 3.1   | Gebäudestruktur .....   | 11 |
| 3.2   | Städtebauliche Planungen .....                                      | 12 |
| 3.2.1 | Erneuerbare Energieanlagen.....                                     | 12 |
| 3.2.2 | Straßenbauprojekte .....  | 13 |
| 3.2.3 | Wärmenetze.....   | 13 |
| 3.2.4 | Bauleitplanung .....  | 14 |
| 3.3   | Struktur der Wärmeversorgung.....                                   | 14 |
| 3.3.1 | Analyse der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude ..... | 14 |
| 3.3.2 | Energieinfrastruktur .....  | 16 |
| 3.3.3 | Kartografische Darstellung des Wärmeverbrauchs .....                | 16 |
| 3.4   | Bestandsanlagen Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung ..... | 18 |
| 3.5   | Energie- und Treibhausgasbilanz .....                               | 19 |
| 3.5.1 | Ergebnisse Wärmesektor .....  | 22 |
| 3.5.2 | Ergebnisse Stromsektor .....  | 25 |
| 4     | Potenzialanalyse .....  | 27 |
| 4.1   | Potenzialbegriff.....   | 27 |
| 4.2   | Effizienzmaßnahmen .....  | 28 |
| 4.3   | Erneuerbare Energiepotenziale .....                                 | 30 |
| 4.3.1 | Solarthermie.....   | 30 |
| 4.3.2 | Geothermie und Umweltwärme .....                                    | 32 |
| 4.3.3 | Biomasse und Müllverbrennung .....                                  | 35 |
| 4.3.4 | Abwasserwärme .....   | 36 |
| 4.3.5 | Erneuerbare Gase .....  | 40 |
| 4.3.6 | Erneuerbare Stromerzeugung und elektrische Wärmeerzeugung .....     | 41 |
| 4.3.7 | Speichertechnologien .....  | 43 |
| 4.4   | Zusammenfassung der Potenziale .....                                | 45 |
| 5     | Szenarienentwicklung .....  | 49 |
| 5.1   | Methodik.....   | 49 |
| 5.1.1 | Gewichtung der Indikatoren.....                                     | 51 |
| 5.1.2 | Bewertung der Indikatoren.....                                      | 52 |
| 5.2   | Eignungsgebiete .....   | 56 |
| 5.3   | Szenarienvergleich.....   | 60 |
| 5.3.1 | Szenario A – Dezentrale Vollversorgung.....                         | 60 |
| 5.3.2 | Szenario B – Wärmenetz Maximum .....                                | 61 |
| 5.3.3 | Szenario C – Wärmenetz- und Prüfgebiete .....                       | 62 |
| 5.4   | Zielszenario .....  | 63 |
| 5.4.1 | Indikatoren des Zielszenarios .....                                 | 63 |
| 5.4.2 | Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial .....                  | 67 |
| 6     | Maßnahmenentwicklung .....  | 69 |
| 6.1   | Fokusgebiete.....   | 69 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 6.2   | Detailbetrachtung der Fokusgebiete .....                            | 70  |
| 6.2.1 | Rahmenbedingungen .....   | 70  |
| 6.2.2 | Fokusgebiet Wärmenetzgebiet .....                                   | 71  |
| 6.2.3 | Fokusgebiet Wärmenetzgebiet .....                                   | 75  |
| 6.3   | Maßnahmensteckbriefe.....   | 78  |
| 7     | Verstetigung und Controlling .....                                  | 95  |
| 7.1   | Rechtliche Bindung der kommunalen Wärmeplanung.....                 | 95  |
| 7.2   | Verstetigung innerhalb der Verbandsgemeindeverwaltung .....         | 95  |
| 7.2.1 | Verstetigung innerhalb der einzelnen Planungsebenen .....           | 96  |
| 7.2.2 | Verantwortlichkeiten .....  | 96  |
| 7.3   | Verstetigung in der Öffentlichkeit .....                            | 97  |
| 7.3.1 | Fortschreibung .....  | 98  |
| 7.4   | Controlling-Konzept.....  | 98  |
| 7.4.1 | Monitoring .....  | 98  |
| 7.4.2 | Veröffentlichung und Berichterstattung .....                        | 100 |
| 7.4.3 | Dynamische Anpassung .....  | 101 |
| 8     | Zusammenfassung .....   | 102 |
|       | Literaturverzeichnis.....   | 104 |
|       | Anhang A – Energieverbrauchsdaten der einzelnen Ortsgemeinden ..... | 108 |
|       | Anhang B – Formeln KWW-Technikkatalog .....                         | 112 |

## Abbildungsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 1: Ergebnisse Akteursmapping.....  | 9   |
| Abbildung 2: Darstellung der Verbandsgemeinde Adenau mit Einzeichnung des Gebäudebestands .....          | 10  |
| Abbildung 3: Baualtersklassen der wärmeversorgten Gebäude und Wohngebäude in der VG Adenau.....          | 11  |
| Abbildung 4: Einteilung der Gebäude des Verbandsgemeindegebiets in Nutzungssektoren.....                 | 12  |
| Abbildung 5: Darstellung der Planungsfläche des geplanten „Solarpark 3D“ .....                           | 13  |
| Abbildung 6: Darstellung der Standorte geplanter Windenergieanlagen. ....                                | 13  |
| Abbildung 7: Darstellung der Anzahl an Heizungssystemen und ihrer Gesamtleistung .....                   | 15  |
| Abbildung 8: Statistische Verteilung des Inbetriebnahmehauses der Heizungen im Untersuchungsgebiet ....  | 15  |
| Abbildung 9: Statistische Verteilung der Auslastung der Transformatoren im Untersuchungsgebiet.....      | 16  |
| Abbildung 10: Verteilung der überwiegenden Heizenergieträger in Baublockdarstellung .....                | 17  |
| Abbildung 11: Verteilung des spezifischen Wärmeverbrauchs in Baublockdarstellung.....                    | 18  |
| Abbildung 12: Wärmeverbrauch in GWh/a in der VG, aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren     | 23  |
| Abbildung 13: Treibhausgasemissionen in t CO <sub>2e</sub> /a im Wärmesektor in der VG .....             | 23  |
| Abbildung 14: Treibhausgasemissionen pro Einwohner*in im Wärmesektor in der VG .....                     | 24  |
| Abbildung 15: Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger .....           | 25  |
| Abbildung 16: Stromverbrauch in GWh/a in der VG, aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren.....              | 25  |
| Abbildung 17: Treibhausgasemissionen des Stromsektors der VG .....                                       | 26  |
| Abbildung 18: Qualitative Darstellung der verschiedenen Potenzialstufen.....                             | 28  |
| Abbildung 19: Verteilung des Sanierungspotenzials in der Verbandsgemeinde.....                           | 30  |
| Abbildung 20: Vergleich der flächenspezifischen Energieerträge verschiedener Erneuerbarer Energien. .... | 31  |
| Abbildung 21: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie in der Verbandsgemeinde Adenau. ....         | 32  |
| Abbildung 22: Potenzielle Eignung von Böden für Erdwärmekollektoren in der VG Adenau .....               | 34  |
| Abbildung 23: Darstellung der zur Abwasserwärmennutzung geeigneten Kanalisationsabschnitte.....          | 39  |
| Abbildung 24: Prognostizierte Kostenentwicklung für Alkali-Elektrolyse und Methanisierung.....           | 41  |
| Abbildung 25: Windpotenzialflächen der VG Adenau .....   | 43  |
| Abbildung 26: Potenziale zur regenerativen Wärmeerzeugung und Wärmereduktion in GWh/a. ....              | 48  |
| Abbildung 27: Potenziale zur regenerativen Stromproduktion in GWh/a. ....                                | 48  |
| Abbildung 28: Bewertungsschema mit Wärmeversorgungsarten, Bewertungskategorien- und Indikatoren ..       | 50  |
| Abbildung 29: Bewertung der Eignung von Wärmenetzen.....   | 57  |
| Abbildung 30: Bewertung der Eignung dezentraler Wärmeversorgungsstrukturen. ....                         | 58  |
| Abbildung 31: Bewertung der Eignung zur Versorgung mit erneuerbaren Gasen. ....                          | 59  |
| Abbildung 32: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario A .....                                | 61  |
| Abbildung 33: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario B .....                                | 62  |
| Abbildung 34: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario C .....                                | 63  |
| Abbildung 35: Wärmeverbrauch nach Energieträgern .....   | 66  |
| Abbildung 36: Jährliche und kumulierte THG-Emissionen der zukünftigen Wärmeversorgung. ....              | 67  |
| Abbildung 37: Darstellung der Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial.....                          | 68  |
| Abbildung 38: Darstellung der Fokusgebiete samt Erzeugungsquelle (Kläranlage) .....                      | 69  |
| Abbildung 39: Annahmen für die Energiepreisentwicklung .....   | 71  |
| Abbildung 40: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet im Ortsteil Dämpelfeld.....      | 72  |
| Abbildung 41: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes im Ortsteil Dämpelfeld.... | 73  |
| Abbildung 42: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet im Wärmenetzgebiet .....         | 75  |
| Abbildung 43: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes im Wärmenetzgebiet .....   | 76  |
| Abbildung 44: Zeitliche Anordnung der jeweiligen Maßnahmen der Wärmewende .....                          | 80  |
| Abbildung 45: Endenergieverbrauch der einzelnen Ortsgemeinde.....  | 111 |

## Tabellenverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 1: Transparente Darstellung der identifizierten Datenquellen und Daten .....                    | 7   |
| Tabelle 2: Überblick Szenario Workshop .....  | 9   |
| Tabelle 3: Wesentliche Kennzahlen für EE- und KWK-Bestandsanlagen inkl. Speicher.....                   | 19  |
| Tabelle 4: Annahmen zum Wirkungsgrad von Brenn- und Heizwerttechnologie .....                           | 20  |
| Tabelle 5: Annahmen zu Vollaststunden verschiedener Feuerstätten .....                                  | 20  |
| Tabelle 6: spezifische THG-Emissionen der einzelnen Energieträger in CO <sub>2</sub> -Äquivalente ..... | 21  |
| Tabelle 7: Datengüte und Anteil am Wärmeverbrauch der einzelnen Endenergieträger.....                   | 22  |
| Tabelle 8: Abweichung vom durchschnittlichen Sanierungspotenzial.....                                   | 29  |
| Tabelle 9: Temperatur, Ablaufmenge und potenzielle Wärmeentzugsleistung.....                            | 38  |
| Tabelle 10: Erläuterung von Speichermöglichkeiten .....   | 44  |
| Tabelle 11: Zusammenfassung der Potenziale der verschiedenen Anwendungen .....                          | 46  |
| Tabelle 12: Auflistung der Indikatoren für die einzelnen Bewertungskategorien .....                     | 51  |
| Tabelle 13: Gewichtungen der einzelnen Bewertungskriterien .....  | 52  |
| Tabelle 14: Bewertung der Indikatoren, die nicht gebäudescharf bewertet werden. ....                    | 53  |
| Tabelle 15: Klassifikation der Wärmebedarfsdichte nach potentieller Eignung für Wärmenetze .....        | 55  |
| Tabelle 16: Darstellung der Abstufungen der Indikatoren, die gebäudescharf bewertet werden .....        | 56  |
| Tabelle 17: Ergebnisindikatoren des Zielszenarios .....   | 65  |
| Tabelle 18: Zusammenfassung der Indikatoren der Fokusgebiete .....                                      | 70  |
| Tabelle 19: Annahmen für technische und wirtschaftliche Eingangsparameter in der Netzberechnung .....   | 70  |
| Tabelle 20: Annahmen für Energiepreisentwicklung und Entwicklung der Emissionsfaktoren .....            | 71  |
| Tabelle 21: Technische und wirtschaftliche Daten zum potenziellen Wärmenetz .....                       | 73  |
| Tabelle 22: Technische und wirtschaftliche Daten zum potenziellen Wärmenetz .....                       | 76  |
| Tabelle 23: Auflistung aller Maßnahmensteckbriefe .....   | 78  |
| Tabelle 24: Indikatoren und Controlling Instrumente der einzelnen Maßnahmen .....                       | 99  |
| Tabelle 25: Endenergieverbrauchsdaten der einzelnen Ortschaften .....                                   | 108 |

## Abkürzungsverzeichnis

|             |  |
|-------------|--|
| AG .....    | Auftraggeber   |
| ALKIS ..... | Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem     |
| ARA .....   | Abwasserreinigungsanlage                             |
| BAFA .....  | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle        |
| BHKW .....  | Blockheizkraftwerk                                   |
| BISKO ..... | Bilanzierungs-Systematik-Kommunal                    |
| DSGVO ..... | Datenschutz-Grundverordnung                          |
| DVGW .....  | Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.      |
| EE .....    | Erneuerbare Energien                                 |
| evm .....   | Energieversorgung Mittelrhein AG                     |
| FFPVA ..... | Freiflächen-Photovoltaikanlage                       |
| GIS .....   | Geoinformationssystem                                |
| ifeu .....  | Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg |
| ISA .....   | Institut für Siedlungswasserwirtschaft               |
| KWK .....   | Kraftwärmekopplung                                   |
| KWW .....   | Kompetenzzentrum kommunale Wärmewende                |
| MaStR ..... | Marktstammdatenregister, Marktstammdatenregister     |
| ORC .....   | Organic Rankine Cycle                                |
| PtG .....   | Power to Gas   |
| SCOP .....  | Seasonal Coefficient of Performance                  |
| THG .....   | Treibhausgas   |
| VG .....    | Verbandsgemeinde                                     |
| WPG .....   | Wärmeplanungsgesetz                                  |

## 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 Verbandsgemeinde Adenau (im Nachfolgenden „VG“, Auftraggeber oder AG genannt).

Nach dem Wärmeplanungsgesetz sind Kommunen wie die Gemeinden der Verbandsgemeinde Adenau 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 Gemeinden, bereits im Jahr 2025 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 soll als übergreifendes informelles Planungsinstrument für Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dienen und ein strategisches Vorgehen bei städtebaulichen Veränderungen im Sinne des Klimaschutzes ermöglichen. Im Rahmen des Wärmeplans werden Potenziale für Erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärme und Energieeffizienzmaßnahmen mit bestehenden Wärmeverbräuchen und vorherrschenden Infrastrukturen verschnitten und daraus Eignungsgebiete für leistungsgebundene 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 Untersuchungsgebiet 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 Verbandsgemeinde Adenau 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 die Verbandsgemeinde digital nach und ermöglicht eine räumlich differenzierte Betrachtung auf beliebiger Ebene (vom einzelnen Gebäude bis hin zur gesamten Verbandsgemeinde). 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 Verbandsgemeinde 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 die frei verfügbaren Daten des Marktstammdatenregisters und die Geobasisdaten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) bezogen. Ebenfalls werden durch den Dienstleister Infas 360 GmbH Daten zu den Baualtersklassen, Sanierungsquoten und Sanierungswahrscheinlichkeiten bezogen. Diese Grunddaten werden im Zuge der Bestandsanalyse durch Primärdaten der Netzbetreiber, Daten der Schornsteinfeger\*innen und Daten der Verbandsgemeinde zum Thema Abwasserpotenzial und Kommunalplanung komplettiert.

### 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 der Netzbetreiber auf mindestens 5 Hausnummern und die Daten der Schornsteinfeger auf mindestens 3 Hausnummern aggregiert. 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 BISKO<sup>1</sup> Kategorien bewertet. Somit kann der Energie- und THG-Bilanz eine BISKO-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 |
|---------------------------------|---|--------------------------|---|----------------------|
| Bevölkerungszahlen              | Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz | Stand Januar 2023        | Amtliche Statistik                              | A                    |
| Baualtersklassen                | Infas 360 GmbH                          | Datenimport Februar 2025 | Daten der Privatwirtschaft und Marktforschung   | C                    |
| Einteilung der Nutzungssektoren | ALKIS und Infas 360 GmbH                | Datenimport Februar 2025 | Amtliche Statistik + Daten der Privatwirtschaft | B                    |
| Gebäudegrunddaten               | ALKIS                                   | Datenimport Februar 2025 | Amtliche Statistik                              | A                    |
| Denkmalschutzliste              | Verbandsgemeinde Adenau                 | Stand Februar 2025       | Amtliche Liste                                  | A                    |
| Städtebauliche Planungen        | Verbandsgemeinde Adenau                 | Stand Februar 2025       | Städtische Informationen                        | A                    |

<sup>1</sup> 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 |
|--|---|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| Bestandsanlagen Erneuerbare Energien und KWK               | MaStR   | Stand Februar 2025    | Bundesweite Datensammlung | A                    |
| Flächenpotenzial Solar                                     | Solarkataster Energieagentur Rheinland-Pfalz                              | Stand Februar 2025    | Hochrechnung              | B                    |
| Flächenpotenzial Wind                                      | Flächenportal Windenergie des Landesministeriums des Innern und für Sport | Stand Februar 2025    | Hochrechnung              | B                    |
| Flächenpotenzial Geothermie                                | Landesamt Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz                            | Stand Februar 2025    | Hochrechnung              | B                    |
| Potenzielle Abwärmmenge aus Abwasser und Kläranlagen       | Abwasserwerk Adenau   | Stand Februar 2025    | Realdaten                 | A                    |
| Leitungsgebundene Energieverbräuche                        | evm (Energieversorgung Mittelrhein AG)                                    | 2022-2024             | Realdaten                 | A                    |
| Informationen über nicht leitungsgebundene Heizungssysteme | Bezirksschornsteinfeiger*innen  | Stand Februar 2025    | Realdaten                 | A                    |
| Verbrauch nicht leitungsgebundene Heizungssysteme          | Bezirksschornsteinfeiger*innen  | Stand Februar 2025    | Hochrechnung              | B                    |
| Informationen über Strominfrastruktur                      | Westnetz  | Stand März 2025       | Realdaten                 | A                    |

## 2.3 Kommunikationskonzept

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 die genutzten Beteiligungsverfahren während der KWP aufgezeigt. Der Beteiligungsumfang orientiert sich an den Vorgaben des WPG, den Leitfäden zur kommunalen Wärmeplanung 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. Im Rahmen der Konzepterstellung fanden zwei-wöchentliche Abstimmungen mit der Projektleitung seitens des AG statt. Die Steuerungsgruppe setzt sich zusammen aus Vertretern der Verbandsgemeinde Adenau. Neben dem Bürgermeister Herr Nisius und Projektleiter Herr Jüngling sind auch Herr Justen als Leiter des Fachbereichs 2 und Herr Eberhard als stellvertretender Leiter des Fachbereichs 1 Teil der Steuerungsgruppe.

Im Rahmen des **Projektauftakts** wurde das Beteiligungskonzept erläutert und im **Konzeptionsworkshop** detailliert besprochen. Es wurde festgelegt, dass Zwischenergebnisse im Rahmen von Ortsbürgermeisterdienstbesprechungen präsentiert werden.

### 2.3.2 Akteursbeteiligung

Im Konzeptionsworkshops wurde gemeinsam mit Verbandsgemeinde ein Akteursmapping durchgeführt und relevante Fachakteure identifiziert. Die Ergebnisse der Akteursanalyse sind in Abbildung 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 Szenarien- und Maßnahmenworkshops. Die Auswahl der einzubindenden Akteure erfolgte in Absprache mit der Verbandsgemeinde.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Themen des durchgeführten Workshops sowie die beteiligten Akteure.

Tabelle 2: Überblick Szenario Workshop

| Szenarien- und Maßnahmen Workshop |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Themen</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung Systematik Szenarienentwicklung</li> <li>• Vorstellung Eignungsbewertung</li> <li>• Vorstellung Szenarien</li> <li>• Diskussion zum Zielszenario</li> <li>• Diskussion über notwendige Maßnahmen</li> </ul> |
| <b>Teilnehmende</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuerungsgruppe</li> <li>• Ortsbürgermeister</li> </ul>  |
| <b>Grundlage</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergebnisse Bestands- und Potenzialanalyse, Methodik Szenarienentwicklung nach KWW</li> <li>• Auswertung Sweco</li> </ul>  |

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

### Gremientermine

Die Information der **Politik** fand im Rahmen von zwei Gremienterminen statt. Die Vorstellung der Zwischenergebnisse erfolgte im Rahmen einer Ortsbürgermeisterdienstbesprechung am 24.06.2025. Die finalen Ergebnisse werden im Verbandsgemeinderat am 30.09.2025 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 wurde den Bürger\*innen die Möglichkeit zur Stellungnahme nach Veröffentlichung der Ergebnisse auf der Homepage der Verbandsgemeinde gegeben.

### 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.

Die Verbandsgemeinde Adenau gehört zum Landkreis Ahrweiler und liegt im Nordwesten Rheinland-Pfalz. Die insgesamt 37 Ortsgemeinden beheimaten zum Stand Januar 2023 ca. 13.000 Einwohner\*innen. Die größte Kommune ist die Stadt Adenau mit knapp unter 3.000 Einwohner\*innen, welche als Mittelzentrum ausgewiesen ist und mit 50 Einwohner\*innen ist die Gemeinde Bauler die kleinste Kommune. Durch ihre Lage in der Osteifel am Übergang zur Hocheifel ist die ländliche Struktur stark durch Gebirge geprägt. In Abbildung 2 ist die Verbandsgemeinde mitsamt des Gebäudebestands eingezzeichnet. [1]

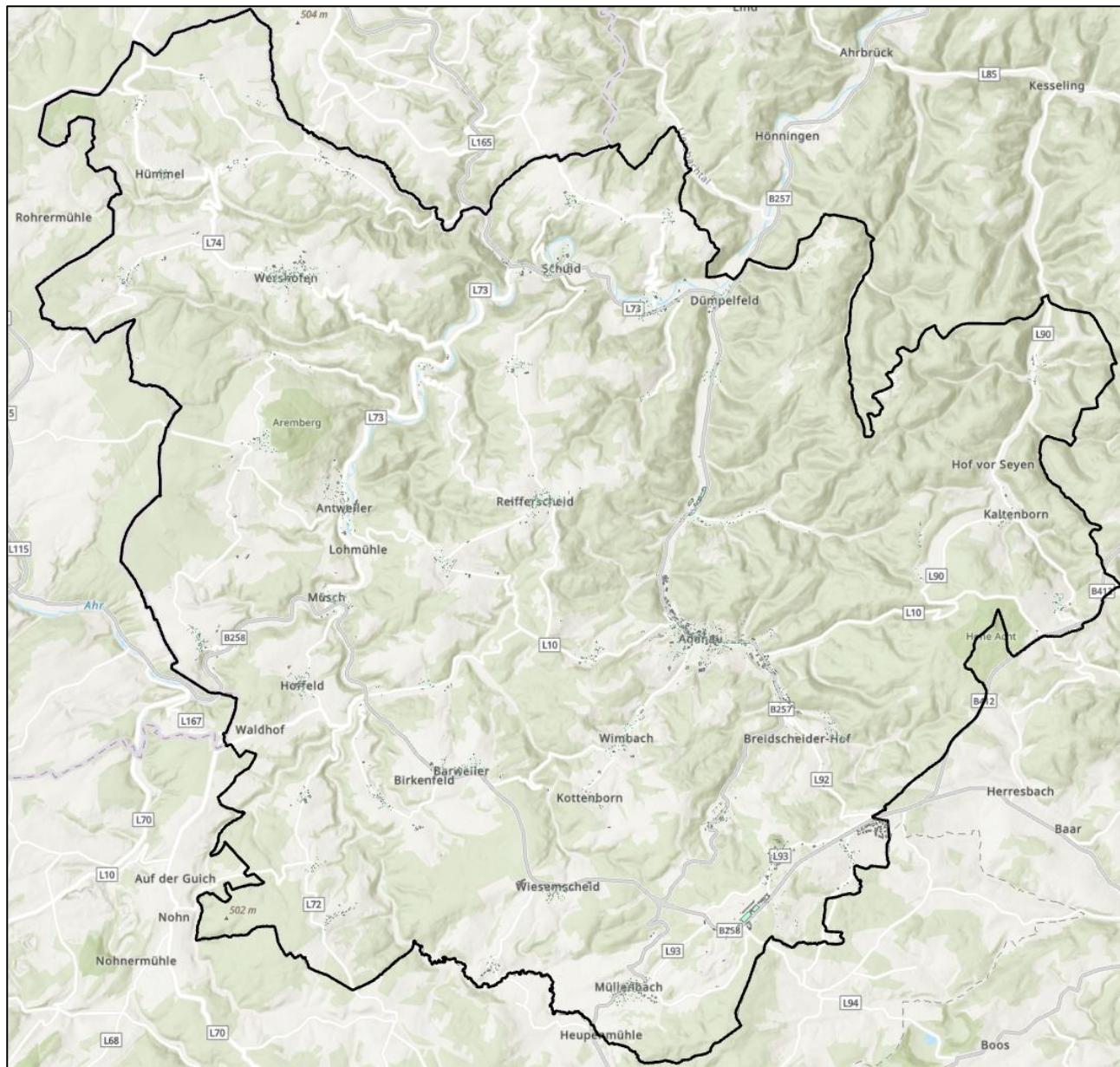


Abbildung 2: Darstellung der Verbandsgemeinde Adenau mit Einzeichnung des Gebäudebestands

### 3.1 Gebäudestruktur

Nachfolgend werden Daten zu Baujahr und Verbrauchssektor der Gebäude genauer analysiert. In Abbildung 3 werden die Baualtersklassen aller Gebäude und der Wohngebäude in der Verbandsgemeinde, zu denen Wärmebezugsdaten verfügbar sind, dargestellt. Insgesamt ist ein Schwerpunkt von Gebäuden mit Baujahren in den 60er und 70er Jahren zu erkennen und ab den 2000er Jahren hat der Gebäudezuwachs signifikant nachgelassen. In den einzelnen Ortschaften gibt es leichte Varianzen bezüglich der Altersstruktur, die Tendenz ist allerdings überall erkennlich.

Die Einteilung der wärmeversorgten Gebäude in Nutzungssektoren wird in Abbildung 4 dargestellt. Die meisten Gebäude des Untersuchungsgebiets lassen sich dem privaten Haushaltssektor zuschreiben. Kommunale Einrichtungen und Gewerbegebäute machen nur einen geringen Anteil am Gebäudebestand aus und Industriegebäude sind nicht vorhanden. Rund 132 Gebäude konnten aufgrund fehlender Daten keinem BISKO-Sektor zugeordnet werden.

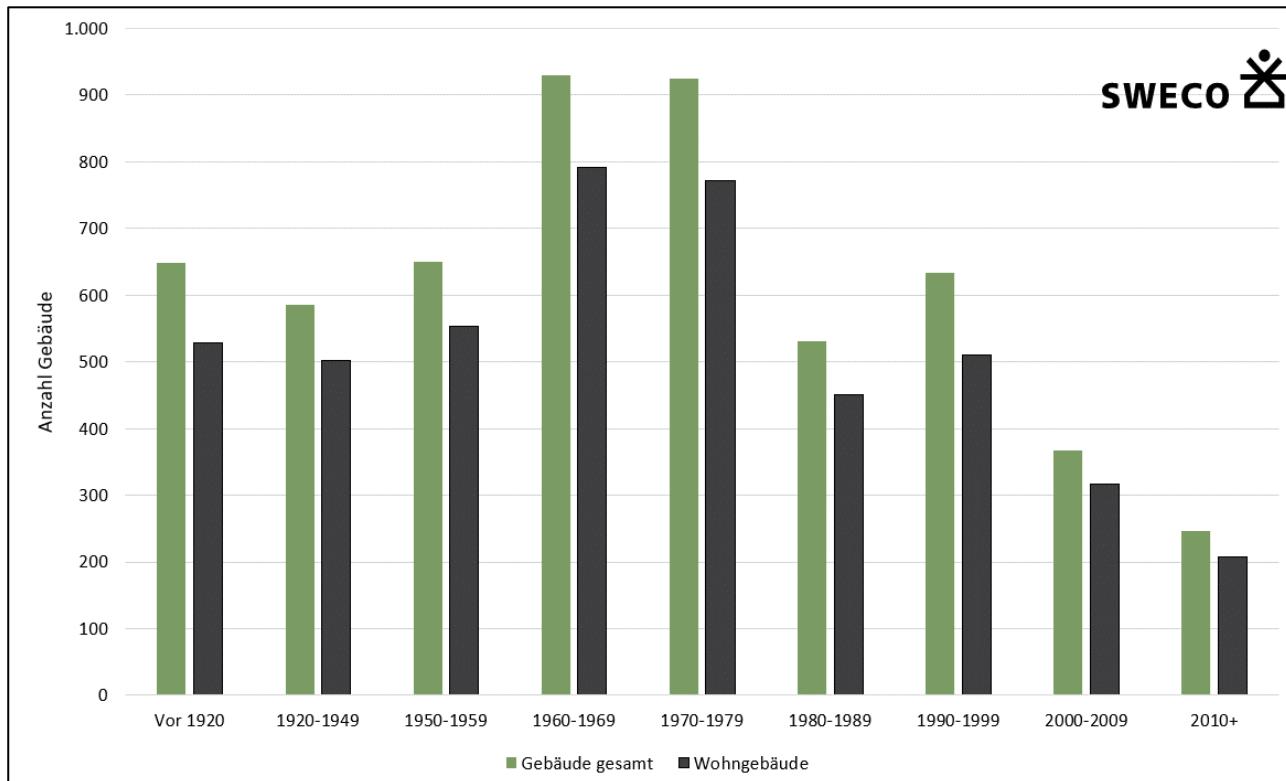


Abbildung 3: Baualtersklassen der wärmeversorgten Gebäude und Wohngebäude in der VG Adenau. Die Daten stammen von der Infas 360 GmbH

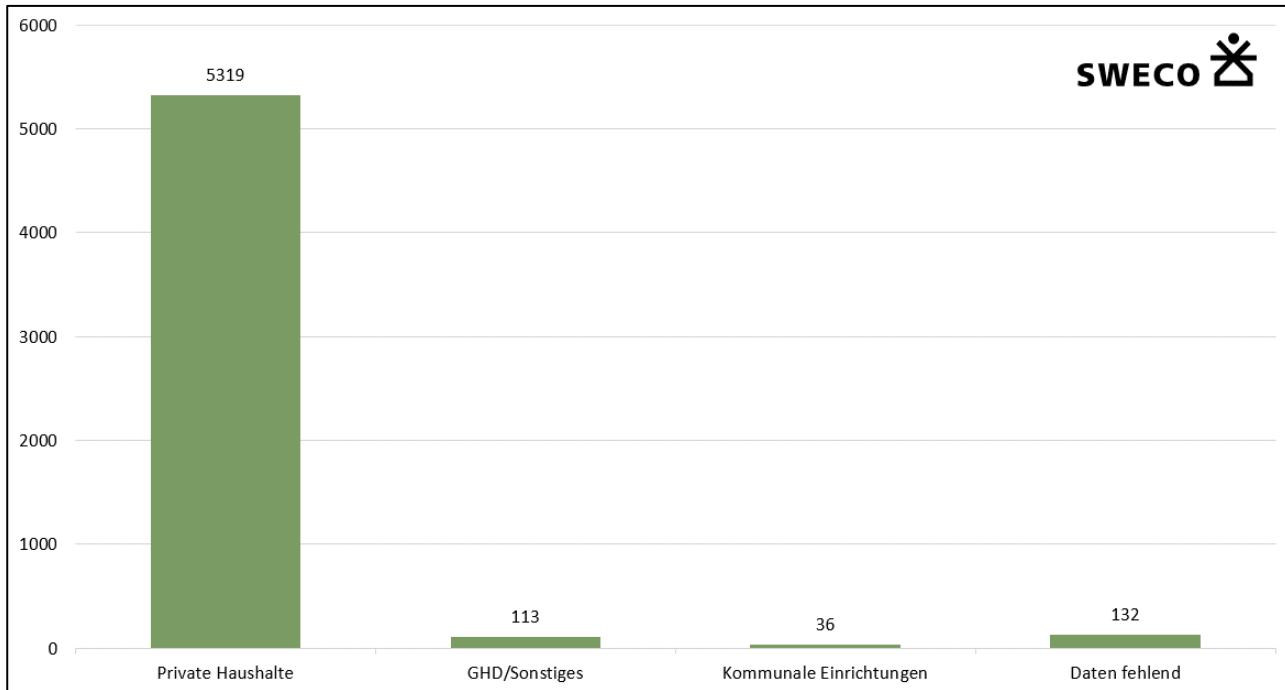


Abbildung 4: Einteilung der Gebäude des Verbandsgemeindegebiets in Nutzungssektoren

### 3.2 Städtebauliche Planungen

Neben der klassischen Bauleitplanung werden in diesem Abschnitt konkrete Planungen für Erneuerbare Energieanlagen und Straßenbauprojekte aufgezeigt. Dabei beziehen sich die Straßenbauprojekte auf kürzlich abgeschlossene Arbeiten und zukünftig geplante Projekte.

#### 3.2.1 Erneuerbare Energieanlagen

In der Verbandsgemeinde gibt es bisher eine Biogasanlage des Landwirtschaftsbetriebs Michel GBR und ein Biomasseheizwerk am Nürburgring betrieben durch RWE. Ansonsten gibt es noch keine erneuerbaren Energieanlagen außerhalb der privaten Nutzung in der Verbandsgemeinde.

Geplant ist allerdings der Aufbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. In der Stadt Adenau soll am Wimbachtal eine FFPVA von 3,5 ha innerhalb einer 11,7 ha großen Sonderbaufläche Solarnutzung mit einer Leistung von 3,3 MWp errichtet werden. In den Verbandsgemeinden Dankerath, Senscheid und Triescheid soll in Kooperation mit der evm der „Solarpark 3D“ errichtet werden mit einer gesamten Fläche von 25 ha und einer Leistung von 25 MWp. In Abbildung 5 ist die Planungsfläche des Solarparks dargestellt.

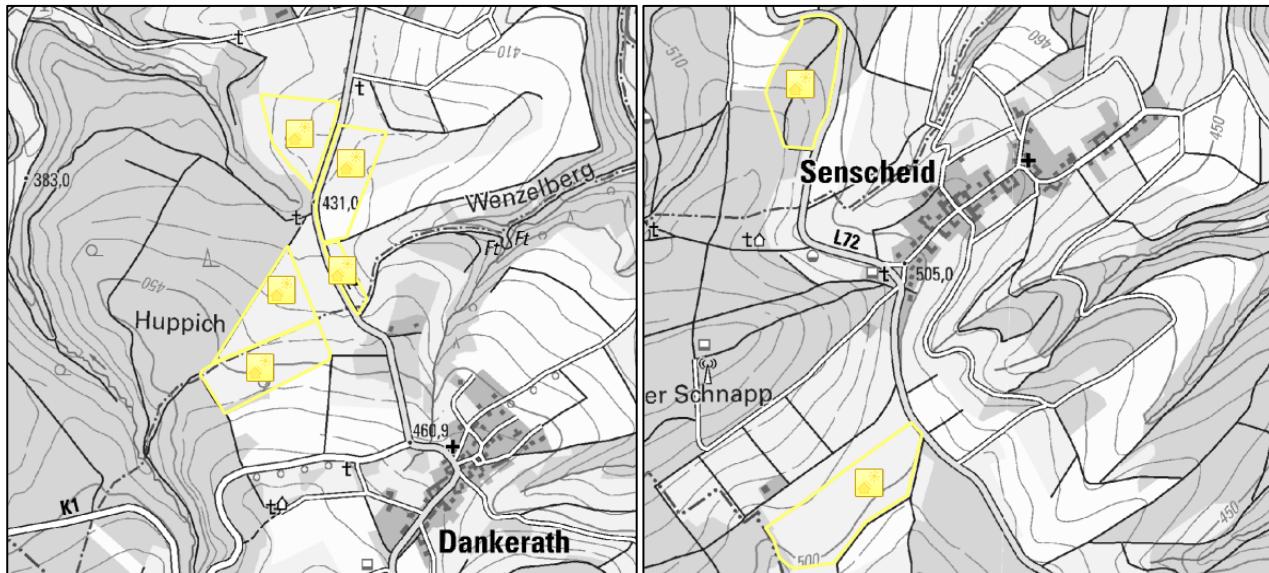


Abbildung 5: Darstellung der Planungsfläche des geplanten „Solarpark 3D“ [2]

Der Aufbau von Windenergieanlagen ist ebenfalls Gegenstand aktueller Planungen in der Verbandsgemeinde. In Reifferscheid sollen 5 Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 150 m und einer Leistung von 6 MWp installiert werden. Nördlich des Nürburgrings sollen zwei Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 136 m und einer Leistung von 4,2 MWp installiert werden. In Bauler/ Pomster wird mit 4 Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 172 m und einer Leistung von 7,2 MWp geplant. Insgesamt beträgt die geplante Leistung 67,2 MWp. In Abbildung 6 sind die geplanten Standorte der Windenergieanlagen dargestellt.

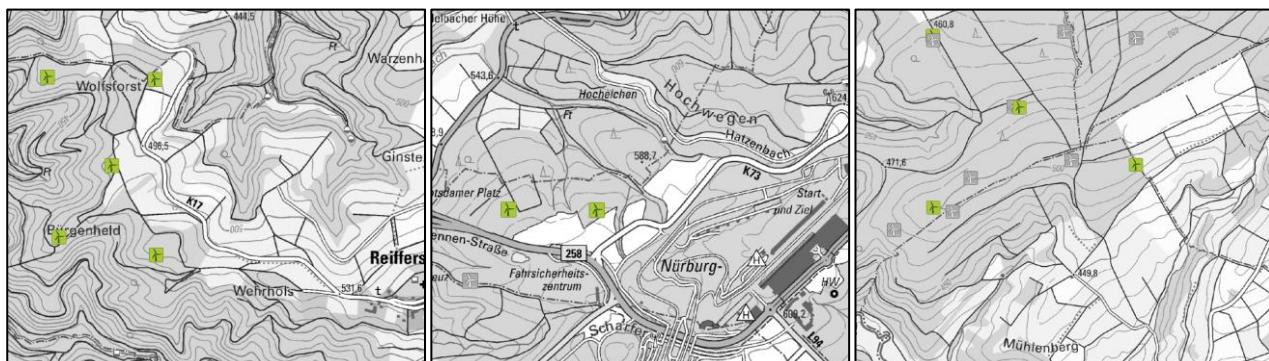


Abbildung 6: Darstellung der Standorte geplanter Windenergieanlagen. Die grauen Felder beschreiben aufgegebene Planungen [2]

### 3.2.2 Straßenbauprojekte

In den letzten 5 Jahren haben einige Straßensanierungen in der Verbandsgemeinde stattgefunden, auch aufgrund der Schäden, die durch das Hochwasser im Ahrtal im Jahr 2021 entstanden sind. Vor allem in den Ortschaften Antweiler, Fuchshoven, Insul, Müsch und Schuld waren mehrere Straßen betroffen. In den nächsten 5 Jahren sind allein in der Stadt Adenau Sanierungsarbeiten an den Straßen Dr. Creutz-Platz/Bushaltestelle, Alte Poststraße, Sonnenbergstraße, Johanniterstraße, Malteserstraße, Lenzenkessel und Keltenstraße geplant. In den Jahren 2031-2035 kommen noch 9 weitere Sanierungsarbeiten hinzu. In den Ortsgemeinden Bauler, Insul, Rodder, Wiesemscheid und Winnerath sind in den nächsten 5 Jahren ebenfalls vereinzelte Straßensanierungen vorgesehen. Im Falle der Planung neuer Energieinfrastrukturen wie beispielsweise einem Wärmenetz, sollten die Baumaßnahmen mit den Straßensanierungen abgestimmt werden. Ein wiederholtes Aufreißen der Straßen gilt es zu vermeiden.

### 3.2.3 Wärmenetze

In der Ortsgemeinde Rodder haben bereits Planungen zum Aufbau eines Nahwärmesetzes stattgefunden. Aufgrund unzureichender Fördermittel wurde die Planung allerdings nicht weiterverfolgt.

### 3.2.4 Bauleitplanung

In der Verbandsgemeinde Adenau sind eine Vielzahl von Bebauungsplänen gültig. Eine tiefergehende Analyse der Bebauungspläne ist an dieser Stelle nicht ertragreich. Im Zuge der Szenarien- und Maßnahmenentwicklung sollten die betroffenen Gebiete auf ihre vorgesehene Flächennutzung überprüft und etwaige Vorgaben abgeglichen werden.

## 3.3 Struktur der Wärmeversorgung

Für die Analyse der Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde werden die Daten der evm, der Schornsteinfeger, von Infas 360 GmbH und des Marktstammdatenregisters zusammengeführt und in eine gemeinsame Datenbank gespeichert. Die Daten der evm 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 evm genutzt und die nicht leitungsgebundenen Energieverbräuche werden aus den Daten der Schornsteinfeger hochgerechnet.

### 3.3.1 Analyse der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude

Nach den Daten der Schornsteinfeger ist Heizöl der dominierende Energieträger im Wärmesektor in der Verbandsgemeinde. Es befinden sich 3128 Heizölheizungen mit einer Gesamtleistung von 92 MW im Einsatz. In Abbildung 7 wird die Anzahl der Heizungssystemen mit ihrer jeweiligen kumulierten Leistung sortiert nach den in der VG eingesetzten Energieträgern dargestellt. Bezogen auf die Anzahl werden die meisten Heizungen mit Holz in verschiedenen Formen, in den meisten Fällen mit Scheitholz, befeuert. Bei den Holzheizungen handelt es sich allerdings hauptsächlich um Öfen zur Einzelraumheizung. Daher ist die spezifische Leistung dieser Heizungen entsprechend niedriger als bei den Systemen, die mit Heizöl betrieben werden. Heizungen mit Verbrennung von Erdgas und Flüssiggas nehmen ebenfalls einen signifikanten Anteil ein. Die anderen Energieträger werden nur in geringem Maße in der VG eingesetzt. Die Darstellung des Verbrauchs der einzelnen Energieträger wird im Zuge der Energie- und Treibhausgasbilanz im Abschnitt 3.5 dargestellt.

In Abbildung 8 wird die statistische Verteilung des Inbetriebnahmejahres für die Heizungen in der Verbandsgemeinde dargestellt. Es wird unterschieden zwischen den Energieträgern Heizöl, Scheitholz, Erdgas und Flüssiggas. Dabei wird der Unterschied zwischen den moderneren Erdgas- und Flüssiggasheizungen, die mehrheitlich nach 2010 installiert wurden und den Heizölheizungen, die mehrheitlich vor 2000 installiert wurden deutlich. Die ältesten Gasheizungen wurden in den späten 70er Jahren und die ältesten Ölheizungen Anfang der 60er Jahre installiert. Die installierten Scheitholzheizungen sind im Schnitt ebenfalls moderner als die Ölheizungen. Allerdings gibt es einige alte Öfen aus dem 19. Jahrhundert.

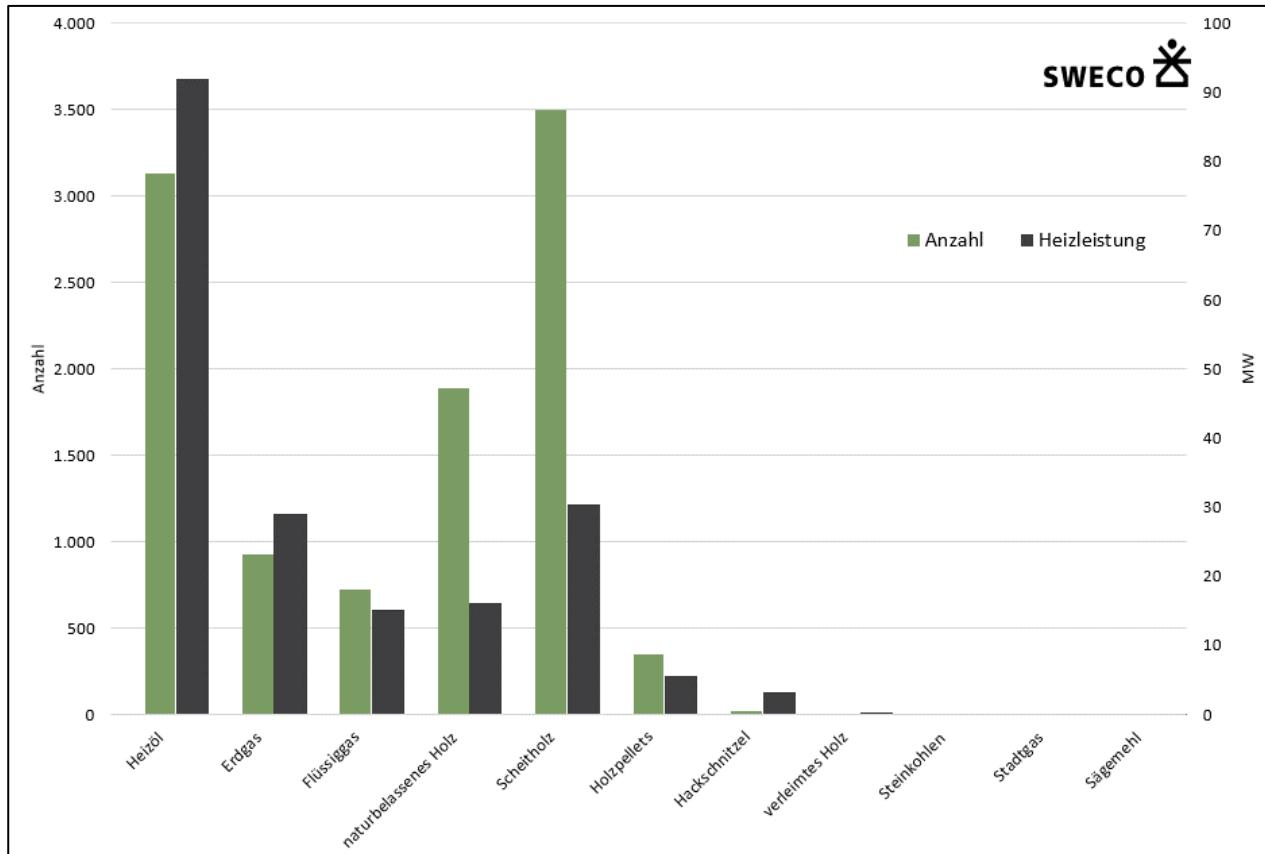


Abbildung 7: Darstellung der Anzahl an Heizungssystemen und ihrer Gesamtleistung aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger, die in der VG zum Einsatz kommen.

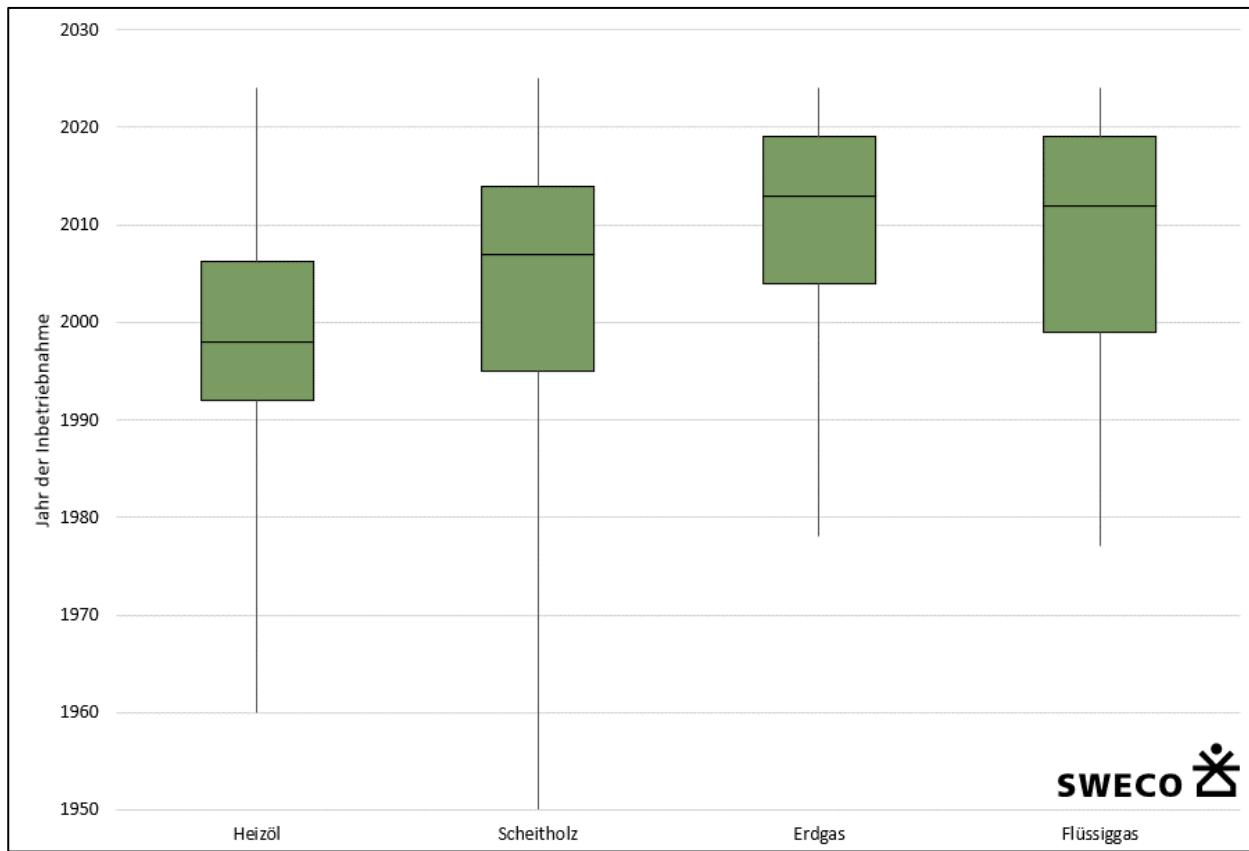


Abbildung 8: Statistische Verteilung des Inbetriebnahmehauses der Heizungen im Untersuchungsgebiet für die relevanten Energieträger

### 3.3.2 Energieinfrastruktur

Die Energieinfrastrukturen in der Verbandsgemeinde beschränken sich auf das vorliegende Gas- und Stromnetz. Zum Gasnetz konnte die evm im Zuge der Bestandsdatensammlung leider keine Informationen übermitteln. Durch den Stromnetzbetreiber Westnetz wurden Auslastungsdaten der Transformatoren im Mittel der Jahre 2021-2024 sowie die georeferenzierte Lage der Stromnetz Installationen und Leitungen, sortiert nach Spannungsebene mit Angabe des Materials bezogen und in das GIS-Modell übertragen. In Abbildung 9 ist die statistische Verteilung der mittleren Auslastung der Transformatoren dargestellt. 75% der Transformatoren sind nur zu maximal 60% ausgelastet. Ein einziger Transformator ist sogar mit über 100% überlastet und zwei weitere Transformatoren weisen eine Auslastung von über 90% auf. Im Laufe der Wärmewende wird die Wärmeversorgung fortwährend elektrifiziert. Die Stromnetzinfrastruktur muss auf diesen Umstand vorbereitet werden. Dabei wird unter anderem eine Aufrüstung der Transformatoren zu regelbaren Ortsnetztransformatoren notwendig sein.

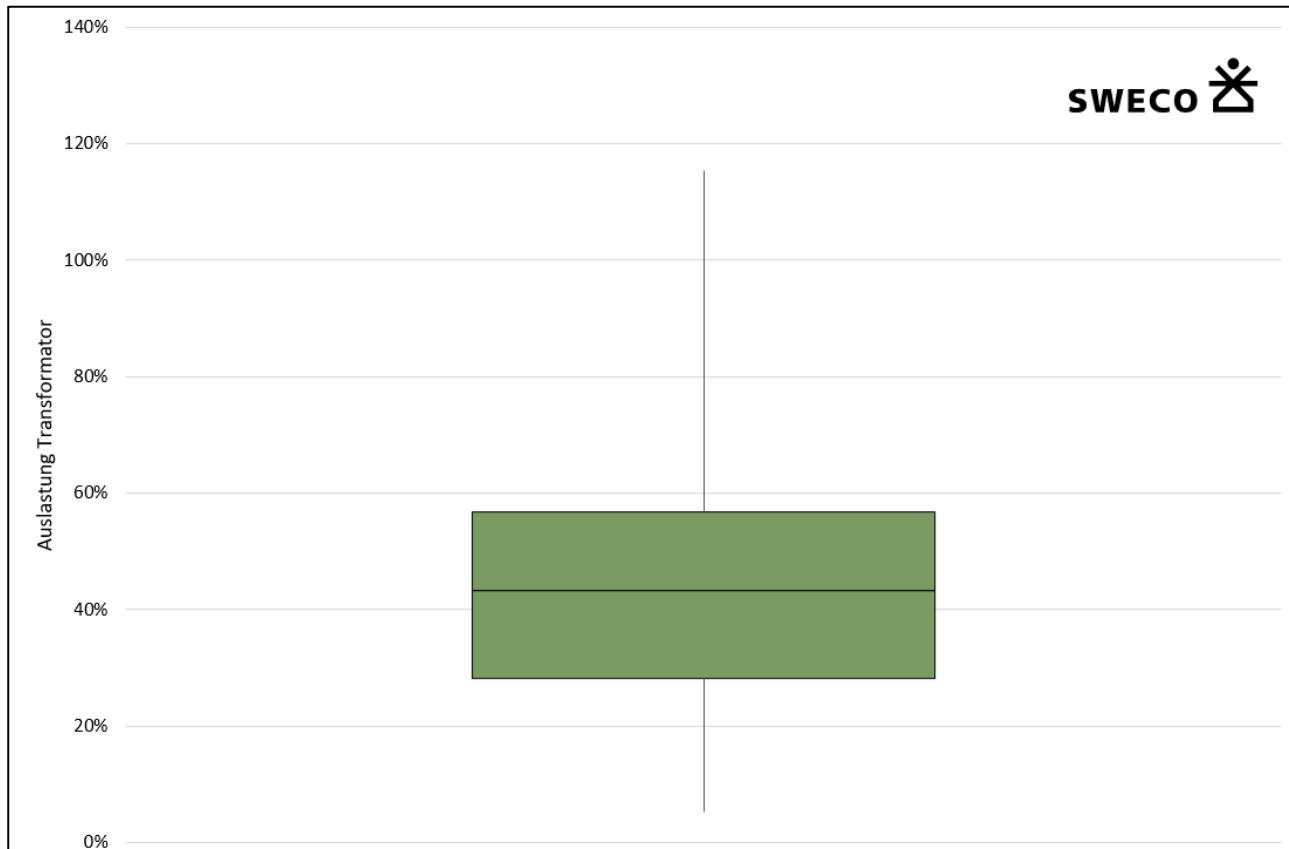


Abbildung 9: Statistische Verteilung der Auslastung der Transformatoren im Untersuchungsgebiet

### 3.3.3 Kartografische Darstellung des Wärmeverbrauchs

Neben den kumulierten Werten der Heizungssysteme ist auch die georeferenzierte Verteilung in der Verbandsgemeinde relevant. In Abbildung 10 ist der überwiegende Energieträger pro Baublock dargestellt. Im Stadtgebiet Adenau, in Wimbach Quiddelbach, Nürburg, Meuspath und Müllenbach ist Erdgas der dominierende Energieträger. Die restlichen Ortsgemeinden verfügen über keinen Erdgasanschluss und nutzen vor allem Heizöl und Flüssiggas.

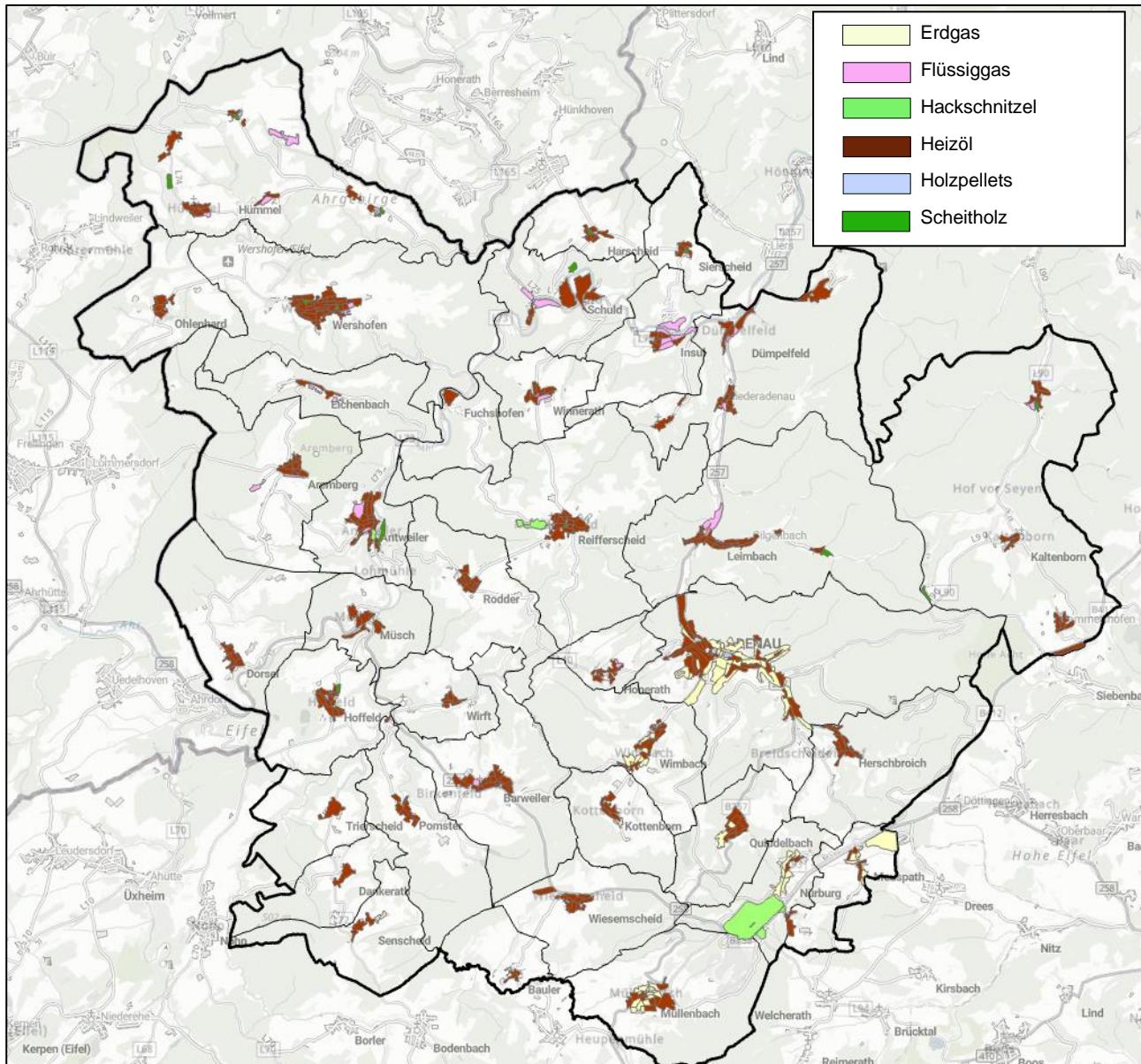


Abbildung 10: Verteilung der überwiegenden Heizenergieträger in Baublockdarstellung

In Abbildung 11 wird der jährliche spezifische Wärmeverbrauch in Baublockdarstellung in MWh/ha\*a dargestellt. Der Verbrauchsschwerpunkt liegt in der Stadt Adenau. Dies liegt vor allem an der höheren Besiedlungsdichte. Am Nürburgring ist zudem ebenfalls ein Verbrauchsschwerpunkt zu erkennen.

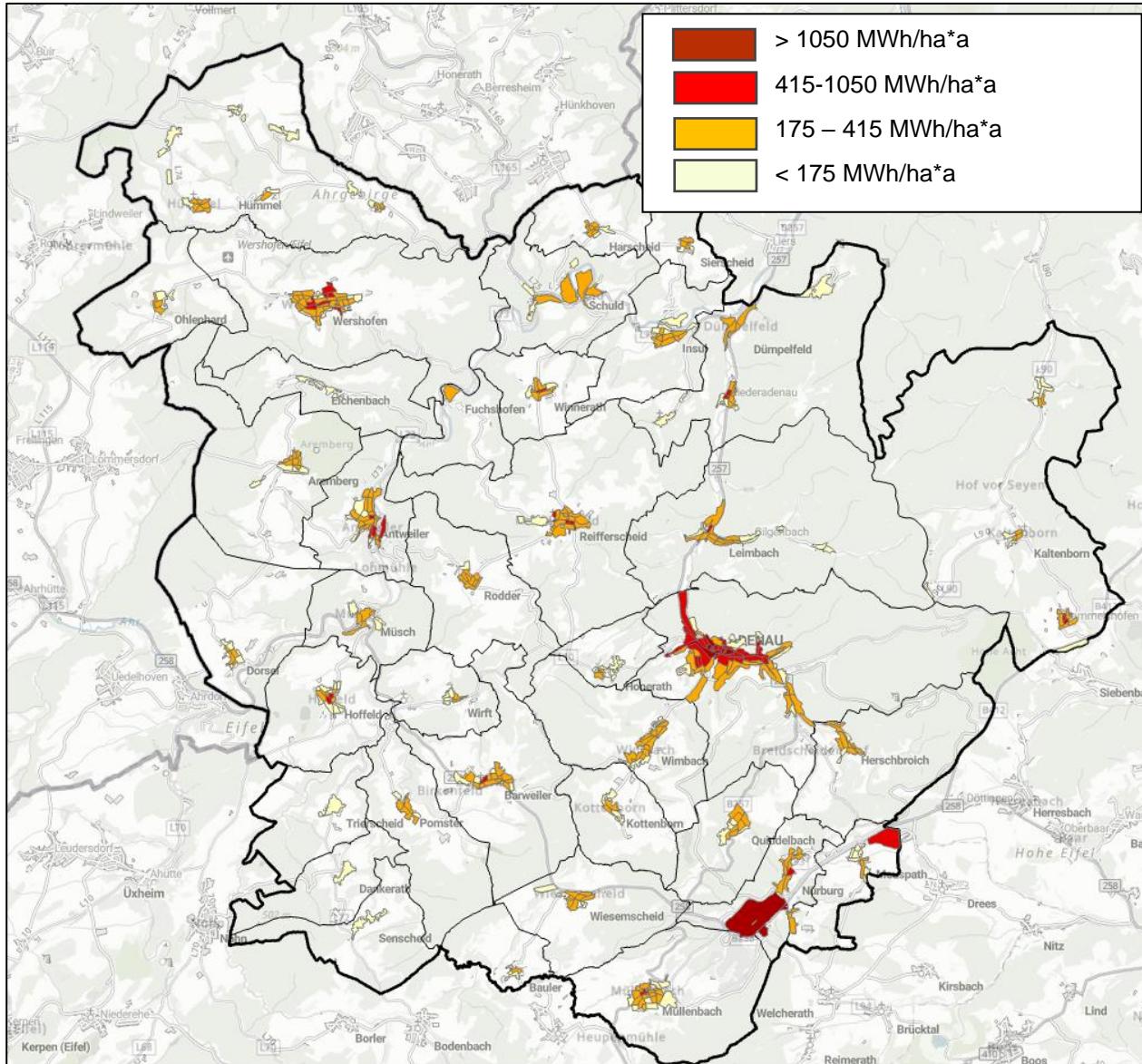


Abbildung 11: Verteilung des spezifischen Wärmeverbrauchs in Baublockdarstellung

### 3.4 Bestandsanlagen Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Im Untersuchungsgebiet beschränken sich die EE- und KWK-Bestandsanlagen auf PV-Aufdachanlagen, solarthermische Aufdachanlagen und BHKWs, die mit Erdgas, Biogas und Heizöl betrieben werden. Da solarthermische Anlagen bei Netzbetreibern nicht anmeldepflichtig sind, können über das Marktstammdatenregister keine Informationen über den Bestand bezogen werden. Daher werden solarthermische Anlagen im Zuge der Energie- und Treibhausgasbilanz nicht weiter berücksichtigt.

#### Photovoltaik

Nach dem Marktstammdatenregister befinden sich Ende 2024 in der Verbandsgemeinde 1221 PV-Anlagen mit einer kumulierten Nennleistung von rund 16,9 MW<sub>p</sub> und 473 PV-Heimspeicher mit einer Gesamtkapazität von etwa 4,4 MWh und einer Ladeleistung von 3 MW in Betrieb. Moderne PV-Module für den Haushaltsbereich benötigen etwa eine Fläche von 4,5-5 m<sup>2</sup> pro kW<sub>p</sub>, woraus sich eine Kollektorfläche von etwa 80.000 m<sup>2</sup> ergibt [3]. Ältere Modelle hingegen weisen einen höheren Flächenbedarf auf, sodass die Kollektorfläche auf 90.000 m<sup>2</sup> aufgerundet wird. Der Ertrag einer Solaranlage liegt je nach Ausrichtung, Neigung und Wetterbedingungen etwa bei 750-1200 kWh/kWp. Daraus ergibt sich eine jährliche Solarstrommenge von etwa 12,7-20,3 GWh/a. Für die weiteren Berechnungen der Energie- und Treibhausgasbilanz wird eine Solarstromproduktion von 16,9 GWh/a für Ende 2024 angenommen.

## KWK

Im Marktstammdatenregister werden 7 mit Erdgas, 4 mit Heizöl und 2 mit Biogas betriebene BHKWs mit einer Gesamtleistung von etwa 813 kW<sub>el</sub> und 915 kW<sub>th</sub> geführt, wobei 95% der Leistung auf die beiden Biogas-BHKWs des Landwirtschaftsbetriebs Michel GBR zurückzuführen ist.

## Biomasse

Neben den Biogas-BHKWs ist nach Energieatlas Rheinland-Pfalz auch ein Biomasse-Heizwerk am Nürburgring in Betrieb, welches über ein internes Wärmenetz Wärmeverbraucher vor Ort versorgt. Die Wärmeleistung liegt bei 6 MW und die erzeugte Wärmemenge bei etwa 7,5 GWh/a.

## Zusammenfassung

In der Tabelle 3 werden die relevanten Kennzahlen für die EE- und KWK-Bestandsanlagen (inkl. PV-Speicher) zusammengefasst.

Tabelle 3: Wesentliche Kennzahlen für EE- und KWK-Bestandsanlagen inkl. Speicher

| Technologie                    | Photovoltaik          | BHKW                 | PV-Speicher | Biomasse Heizwerk |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|-------------------|
| Anzahl                         | 1221                  | 13                   | 473         | 1                 |
| Elektrische Nennleistung       | 16,9 MWp              | 0,81 MW              | 3 MW        |                   |
| Thermische Nennleistung        | -                     | 0,92 MW              |             | 6 MW              |
| Fläche                         | 90.000 m <sup>2</sup> | -                    |             |                   |
| Fläche pro Einwohner*in        | 7 m <sup>2</sup>      | -                    |             |                   |
| Jährlicher Stromertrag         | 16,9 GWh              | 3,2 GWh <sup>2</sup> |             |                   |
| Jährlicher Wärmeertrag         | -                     | 3,7 GWh <sup>2</sup> |             | 7,5 GWh/a         |
| Installierte Speicherkapazität | -                     | -                    | 4,4 MWh     |                   |
| Bezugsjahr                     | 2024                  | 2024                 | 2024        | unbekannt         |

## 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 Untersuchungsgebiet 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen werden weitere Treibhausgase wie beispielsweise Methan (CH<sub>4</sub>) oder Stickoxide (N<sub>2</sub>O) in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten berücksichtigt. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente beziehen sich auch auf die Vorketten der Rohstoffbeschaffung. [4]

### Datengrundlage und Annahmen

<sup>2</sup> Annahme 4.000 Vollaststunden pro Jahr [10]

Die Daten für die Energie- und Treibhausgasbilanz setzen sich hauptsächlich aus den Daten der evm und der Bezirksschornsteinfeger zusammen. Die Daten der Schornsteinfeger 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 Vollaststunden und Wirkungsgrade der einzelnen Heizungssysteme zu treffen. In Tabelle 4 und Tabelle 5 werden die getroffenen Annahmen zusammengefasst.

Tabelle 4: Annahmen zum Wirkungsgrad von Brenn- und Heizwerttechnologie verschiedener Heizenergieträger [5]

| Energieträger        | Brennwert | Heizwert |
|----------------------|-----------|----------|
| Heizöl               | 0,93      | 0,85     |
| Erdgas               | 0,97      | 0,87     |
| Flüssiggas           | 0,97      | 0,85     |
| naturbelassenes Holz | 0,93      | 0,85     |
| Scheitholz           | 0,93      | 0,85     |
| Holzpellets          | 0,93      | 0,85     |
| Hackschnitzel        | 0,93      | 0,85     |
| verleimtes Holz      | 0,93      | 0,85     |
| Steinkohlen          | 0,93      | 0,87     |
| Stadtgas             | 0,97      | 0,87     |
| Sägemehl             | 0,93      | 0,85     |

Tabelle 5: Annahmen zu Vollaststunden verschiedener Feuerstätten

| Feuerstätte                                 | Vollaststunden | Kommentar  |
|---|----------------|--|
| Backofen/Pizzaofen/Wärme- und Gärraum       | 365            | 1 Stunde pro Tag Volleinsatz   |
| Brennstoffzelle (Fuel Cell)                 | 900            | Klassische Zentralheizung  |
| Blockheizkraftwerk                          | 4000           | Mindestens 4000 Vollaststunden sollte ein BHKW erreichen                                       |
| Dunkelstrahler                              | 150            | Meistens als Zusatzheizung zum Beheizen von Terrasse oder ähnliches. Seltener Gebrauch         |
| Durchlaufwasserheizer                       | 365            | Klassische Warmwasseranwendung. Etwa 1 Stunde pro Tag für Duschen, Baden, Kochen, Händewaschen |
| Gewerbliche Feuerstätte anderer Art         | 4000           | Annahme ähnlich wie BHKW   |
| Grundofen/ Kachel-, verputzter, Gestellofen | 100            | Ähnlich wie Kaminofen, nur muss seltener befeuert werden                                       |
| Heizeinsatz Gas                             | 150            | Ähnlich wie Kaminofen  |
| Heizkessel                                  | 900            | Klassische Zentralheizung.   |
| Heizungsherd                                | 515            | Mischung aus Herd und Kamin, daher Stunden addiert   |
| Herd  | 365            | 1 Stunde pro Tag Volleinsatz   |
| Kachelofen mit Heizeinsatz                  | 100            | Ähnlich wie Kaminofen, nur muss seltener befeuert werden                                       |

| Feuerstätte                                     | Vollaststunden | Kommentar   |
|---|----------------|---|
| Kachelofen mit Heizeinsatz im Grundofen-prinzip | 100            | Ähnlich wie Kaminofen, nur muss seltener befeuert werden  |
| Kamineinsatz, Kaminkassette                     | 150            | In der Regel Zusatzheizung im Winter, seltener Gebrauch   |
| Kochkessel, Wurstkessel                         | 365            | 1 Stunde pro Tag Volleinsatz  |
| Kaminofen                                       | 150            | In der Regel Zusatzheizung im Winter, seltener Gebrauch   |
| Kombiwasserheizer                               | 1200           | Heizungskessel + Warmwasser   |
| Luftheritzer                                    | 2240           | Meistens für große Gewerbehallen o.ä. Annahme: 6 Werkstage die Woche a 8 Stunden Öffnungszeit                       |
| Luft-Trocknungsanlage                           | 1500           | Industrieanwendung. Schwer zu schätzen. Kommt auf Prozess an  |
| Offener Kamin                                   | 150            | Ähnlich wie Kaminofen   |
| Pelletofen                                      | 150            | Ähnlich wie Kaminofen   |
| Räucheranlage                                   | 150            | Annahme seltene Nutzung   |
| Raumheizer                                      | 150            | Zusatzheizung wie Kaminofen   |
| Saunaofen                                       | 100            | Annahme Nutzung 50 Tage im Jahr für jeweils 2 Stunden   |
| Schmiedefeuer                                   | 0              | Annahme keine Nutzung mehr  |
| Specksteingrundofen                             | 100            | Wie Kachel/Grundofen  |
| Speichereinzelfeuerstätte                       | 100            | Ähnlich wie Kamin, nur seltener wegen Speichereffekt  |
| Umlaufwasserheizer                              | 900            | Klassische Zentralheizung   |
| Vorratswasserheizer/Badeofen                    | 182,5          | Ähnlich wie Durchlaufwassererhitzer nur mit Speicherbarkeit und nur für Badezimmer. Halbe Stunde pro Tag angenommen |
| Wäschemangel                                    | 365            | 1 Stunde pro Tag Volleinsatz  |
| Wäschetrockner                                  | 365            | 1 Stunde pro Tag Volleinsatz  |
| Waschkessel                                     | 365            | 1 Stunde pro Tag Volleinsatz  |

Zur Umrechnung der Energieverbräuche in Treibhausgas-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) werden spezifische Emissionsfaktoren benötigt. Alle Emissionsfaktoren, die für die weiteren Berechnungen notwendig sind, werden in Tabelle 6 aufgeführt. Mittels der Carnot Methode können die THG-Emissionen von KWK-Anlagen anteilig auf die Koppelprodukte Wärme und Strom umgerechnet und der Einfluss auf die Emissionsfaktoren bestimmt werden. Aufgrund der niedrigen KWK-Leistung in der VG ist der Einfluss allerdings vernachlässigbar.

Tabelle 6: spezifische THG-Emissionen der einzelnen Energieträger in CO<sub>2</sub>-Äquivalente [6]

| Energieträger           | Erdgas | Heizöl | Scheitholz | Naturbelassenes Holz | Flüssiggas | Verleimtes Holz | Steinkohle |
|-------------------------|--------|--------|------------|----------------------|------------|-----------------|------------|
| g CO <sub>2e</sub> /kWh | 257    | 313    | 22         | 22                   | 276        | 22              | 433        |

| Energieträger           | Holzpellets | Hack-schnitzel | Stadt-gas | Sägemehl | Strommix | Solarthermie | PV |
|-------------------------|-------------|----------------|-----------|----------|----------|--------------|----|
| g CO <sub>2e</sub> /kWh | 22          | 22             | 257       | 22       | 472      | 23           | 57 |

### Datengüte

In Kapitel 2.2 wurde bereits näher auf die Herkunft der in der Untersuchung genutzten Daten und die jeweilige Datengüte nach BISKO-Standard eingegangen. Zum Vergleich der Datengüte der gesamten Energie- und Treibhausgasbilanz werden in Tabelle 7 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 der Verbandsgemeinde Adenau hat somit eine Datengüte von ca. 0,6. [6]

Durch die hohen Anteile nicht leitungsgebundener Energieträger, ist der Einfluss der getroffenen Annahmen und der Hochrechnungen zum Verbrauch entsprechend hoch. Da die Daten nur in aggregierter Form vorliegen, ist eine Aufteilung der Verbräuche auf die verschiedenen Gebäude und BISKO-Sektoren mit Unsicherheiten versehen. Allerdings wurden von der evm Verbrauchsdaten ohne direkten Personenbezug (Gewerbe, Mehrfamilienhäuser, Wohnheime, etc.) gebäudescharf übermittelt, sodass zumindest die Großverbraucher mit Erdgasverbrauch zu den korrekten Adressen zugeordnet sind.

Tabelle 7: Datengüte und Anteil am Wärmeverbrauch der einzelnen Endenergieträger

| Endenergieträger        | Datengüte   | Anteil Endenergieträger [%] |
|-------------------------|-------------|-----------------------------|
| Heizöl                  | 0,5         | 54,65                       |
| Erdgas                  | 1           | 17,78                       |
| Flüssiggas              | 0,5         | 9,31                        |
| Scheitholz              | 0,5         | 6,7                         |
| Hackschnitzel           | 0,5         | 5,91                        |
| Naturbelassenes Holz    | 0,5         | 3,04                        |
| Holzpellets             | 0,5         | 2,38                        |
| Verleimtes Holz         | 0,5         | 0,2                         |
| Steinkohle              | 0,5         | 0,02                        |
| Stadtgas                | 0,5         | 0,01                        |
| Sägemehl                | 0,5         | 0,001                       |
| <b>Datengüte gesamt</b> | <b>0,59</b> |                             |

### 3.5.1 Ergebnisse Wärmesektor

Mit den vorhandenen Daten und den aufgeführten Annahmen sind die Informationen vollständig, um die Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen in der Verbandsgemeinde zu bilanzieren. In Abbildung 12 ist der gesamte Endenergieverbrauch im Wärmesektor für die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2022 bis 2024 dargestellt. Der Gesamtverbrauch liegt in diesem Zeitraum bei etwa **186 GWh/a**. Durch den Schwerpunkt privater Haushalte im Gebäudesektor, liegt auch der Großteil des Wärmeverbrauchs mit 82% im Privatbereich. Im Vergleich zu der statistischen Verteilung der Gebäude ist der höhere spezifische Wärmeverbrauch der Bereiche kommunale Einrichtungen und vor allem GHD/Sonstiges zu erkennen. Ein industrieller Energieverbrauch und somit ein Prozesswärmeverbrauch liegt im Untersuchungsgebiet nicht vor. Rund 2% des Wärmeverbrauchs sind Gebäuden zuzuordnen, die aufgrund fehlender Daten keinem BISKO-Sektor zugeordnet werden können. In Anhang A wird der Endenergieverbrauch pro Gemeinde dargestellt.

#### Treibhausgasemissionen im Wärmesektor

In Abbildung 13 sind die CO<sub>2</sub>-Äquivalente für den Wärmesektor aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2022-2024 dargestellt. Die gesamten Treibhausgasemissionen liegen bei knapp

**46.000 t CO<sub>2e</sub>/a.** Der GHD-Sektor mit Schwerpunkt in der Stadt Adenau, nutzt im Vergleich zum Sektor der privaten Haushalte einen höheren Anteil an Erdgas und durch das Biomasseheizwerk in Nürburg auch einen höheren Anteil an Biomasse. Somit sind die spezifischen THG-Emissionen etwas geringer als im Sektor der privaten Haushalte.

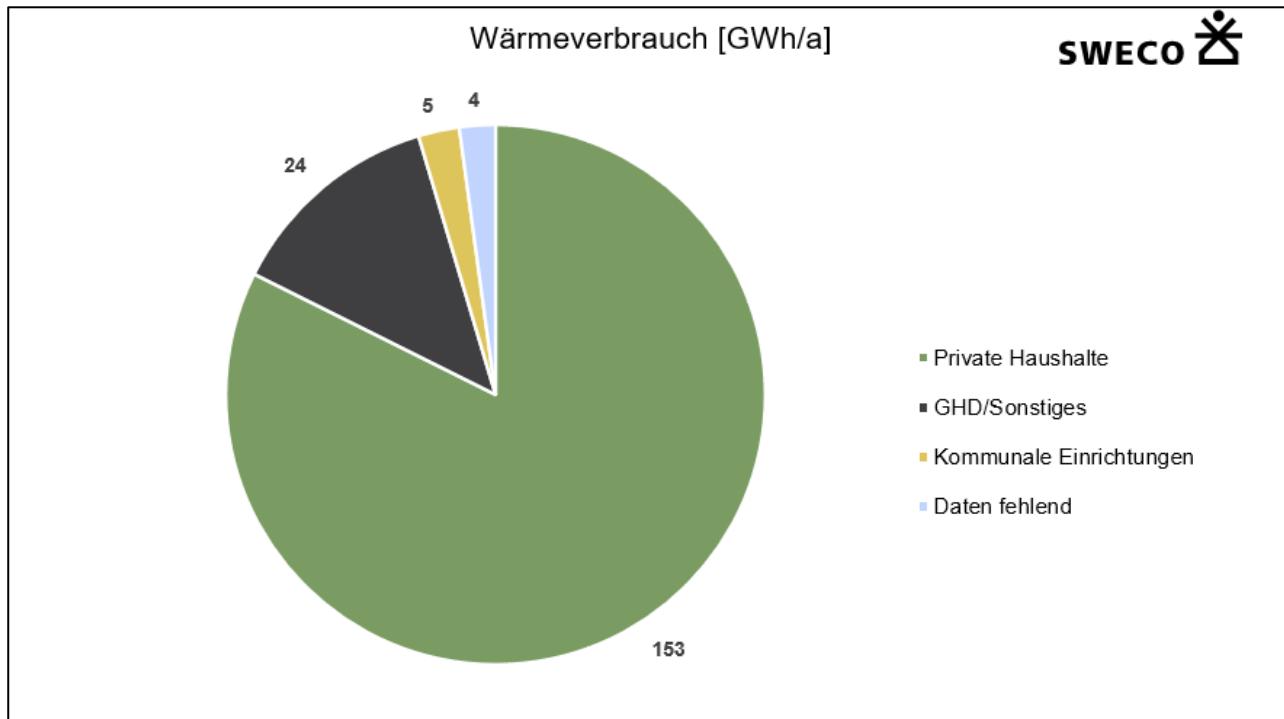


Abbildung 12: Wärmeverbrauch in GWh/a in der VG, aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2022-2024

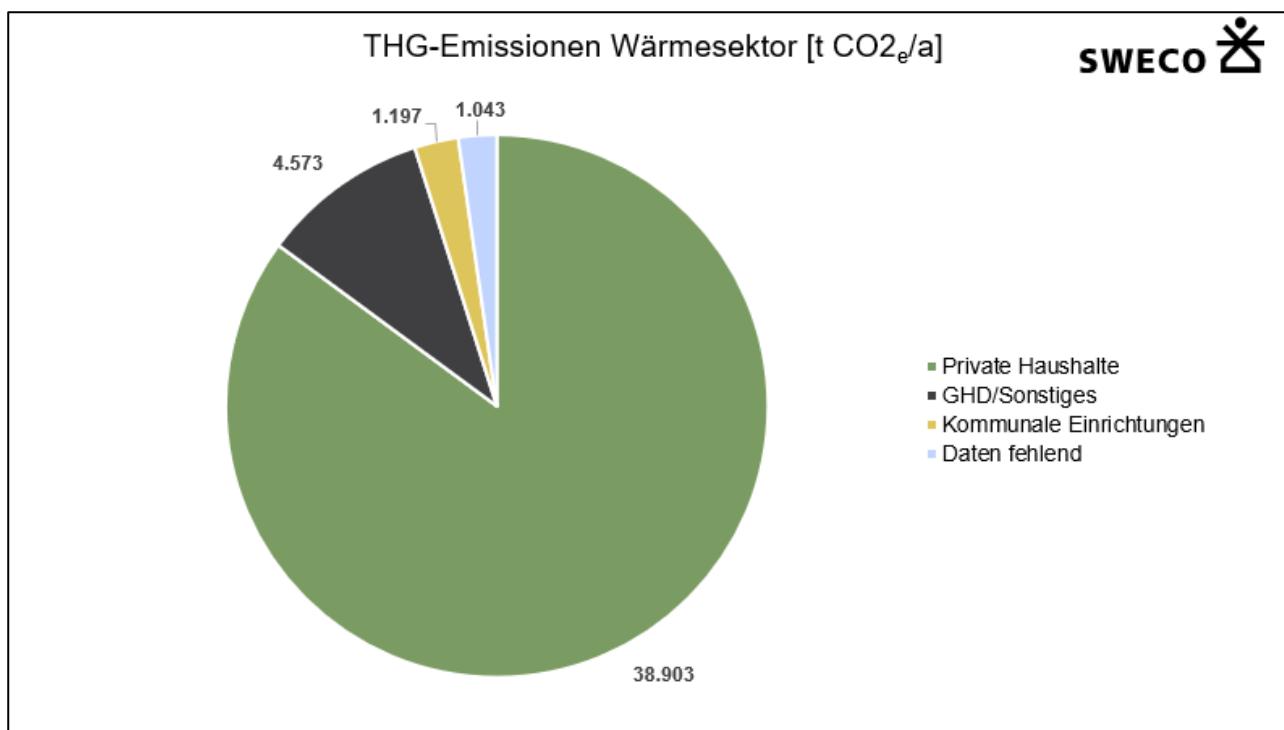


Abbildung 13: Treibhausgasemissionen in t CO<sub>2e</sub>/a im Wärmesektor in der VG, aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2022-2024

### Treibhausgasemissionen pro Einwohner\*in

Damit die Treibhausgasemissionen des Wärmesektors der Verbandsgemeinde vergleichbar mit anderen Kommunen unterschiedlicher Größe sind, werden in Abbildung 14 die Treibhausgasemissionen pro Einwohner\*in dargestellt. Die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen im Wärmesektor in den Jahren 2022-2024 liegen bei etwa 3,6 t CO<sub>2e</sub> pro Jahr. Im Vergleich liegt der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Person in Deutschland bei 10,8 t CO<sub>2e</sub> pro Jahr [7]. Der Wärmesektor macht etwa einen Anteil von 40% der Treibhausgasemissionen aus und somit liegt der bundeweite Vergleichswert bei 4,32 t CO<sub>2e</sub> pro Person pro Jahr [8]. Die Verbandsgemeinde liegt somit unterhalb des bundesdeutschen Schnitts, was vor allem am fehlenden Prozesswärmebedarf liegt. Bundesweit beträgt der Anteil des Endenergieverbrauchs im Bereich Industrie und GHD knapp 42% [9].

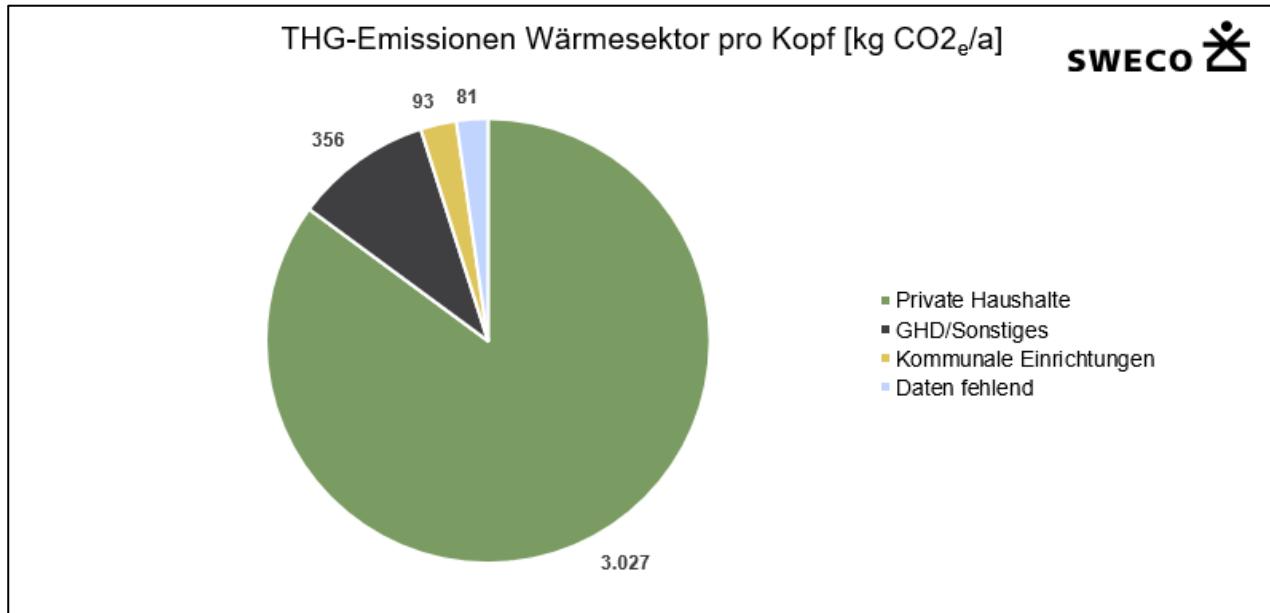


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen pro Einwohner\*in im Wärmesektor in der VG , aufgeteilt auf die verschiedenen Verbrauchssektoren im Mittel der Jahre 2021-2023

In Abbildung 15 werden der Endenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der einzelnen Energieträger im Wärmesektor im Mittel der Jahre 2022-2024 dargestellt. Heizöl ist der am häufigsten eingesetzte Energieträger in der Verbandsgemeinde und trägt somit auch zum Großteil der Treibhausgasemissionen bei. Deutlich zu erkennen, ist der höhere spezifische Emissionsfaktor des Energieträgers Heizöl im Vergleich zu Erdgas. Im Gegensatz dazu liegen die gesamten Treibhausgasemissionen durch die Verbrennung von Biomasse aufgrund der geringen spezifischen Emissionen nur bei etwa 2%, obwohl der Anteil am Energieverbrauch bei rund 18% liegt.

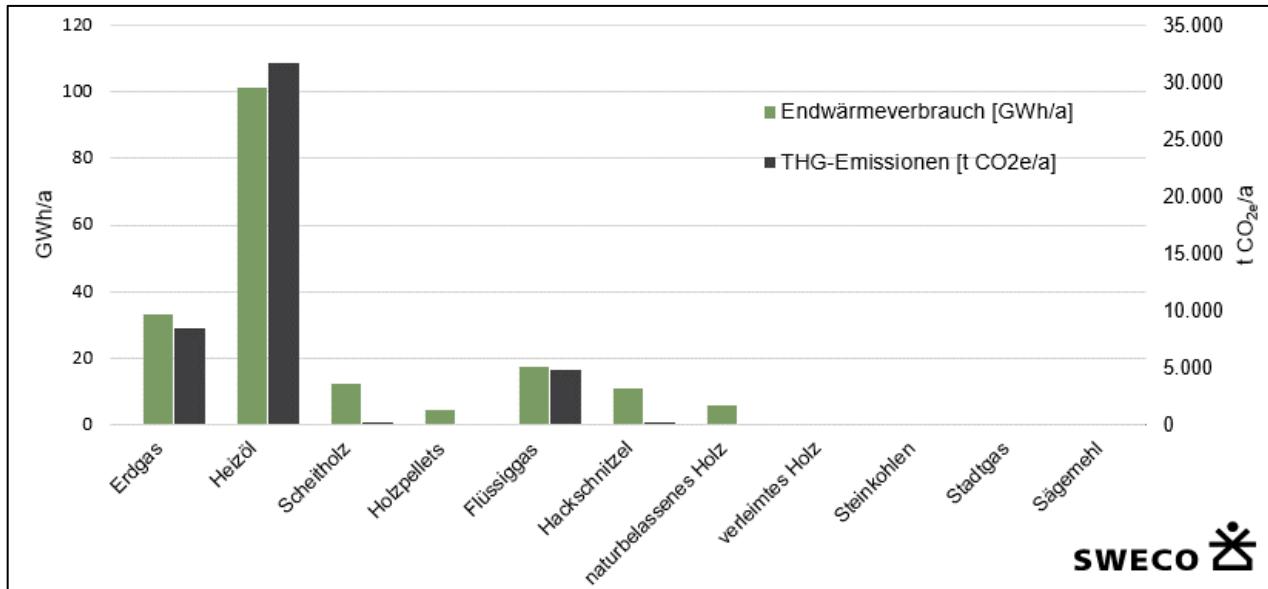


Abbildung 15: Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der einzelnen Heizenergieträger in der VG, als Mittel von 2022-2024

### 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 16 wird der Stromverbrauch im Untersuchungsgebiet und aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren für das Jahr 2020 dargestellt. Die Daten verweisen auf eine Bilanz des Klimaschutzkonzepts für das Jahr 2020, da keine neuen Verbrauchswerte durch die Westnetz übermittelt wurden. Der gesamte Stromverbrauch nach dieser Bilanz liegt bei 49 GWh/a. Der Verbrauch verteilt sich ähnlich wie im Wärmesektor, nur dass der Sektor GHD/Sonstiges einen signifikant höheren Anteil am Verbrauch aufweist.

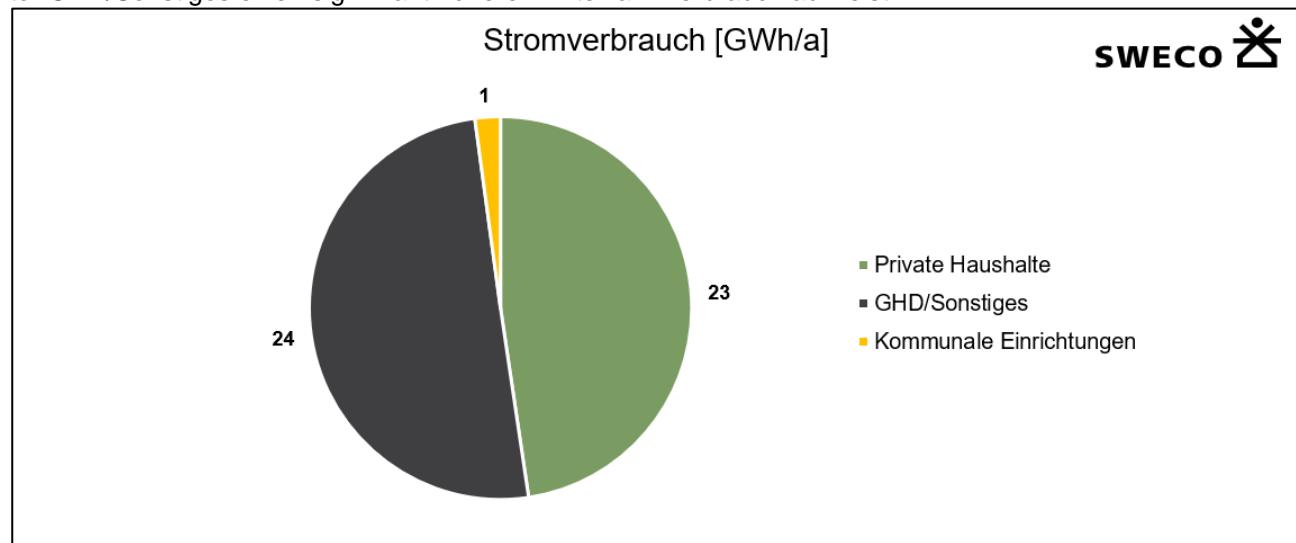


Abbildung 16: Stromverbrauch in GWh/a in der VG, aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren . Die Daten stammen aus einer Bilanz des Klimaschutzkonzepts für das Jahr 2020.

Um die Bemühungen zur Nutzung regenerativer Stromquellen im Untersuchungsgebiet einzuschätzen, werden in Abbildung 17 die Treibhausgasemissionen des Stromsektors basierend auf dem bundesweiten Strommix und auf dem territorialen Strommix verglichen. In der VG beschränkt sich die erneuerbare Stromerzeugung aktuell auf die Nutzung von PV-Anlagen und die zwei Biogas-BHKWs des Landwirtschaftsbetriebs Michel GBR. Entsprechend der Angaben in Kapitel 3.4 werden in der VG im Jahr 2024 ca. 16,9 GWh Solarstrom erzeugt. Unter der Annahme der Erreichung der Zielgröße von 6.000 Vollaststunden durch die Biogas-BHKWs bei einer elektrischen Leistung von 770 kW erzeugt dieses im Jahr ca. 4,6 GWh elektrische Energie [10]. Durch die untenstehende Formel wird der spezifische Emissionsfaktor des territorialen Energiespektrums berechnet. Es resultiert ein spezifischer Emissionsfaktor des territorialen Strommix von 274 gCO<sub>2</sub>e

pro kWh. Dieser ist 42% geringer als der bundeweite spezifische Emissionsfaktor. Doppelzählungen lokaler Anlagen im Bundesmix bleiben aufgrund des geringen Einflusses unberücksichtigt. [6]

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

$$= \frac{(49 \text{ GWh} - 16,9 \text{ GWh} - 4,6 \text{ GWh}) * 472 \frac{gCO_{2e}}{kWh} + 16,9 \text{ GWh} * 57 \frac{gCO_{2e}}{kWh} + 4,6 \text{ GWh} * 22 \frac{gCO_{2e}}{kWh}}{49 \text{ GWh}}$$

$$CO_{2,terr.Strommix} \approx 274 \frac{gCO_{2e}}{kWh}$$

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| $W_{VG}$ =                  | Jährlicher Stromverbrauch in der Verbandsgemeinde   |
| $W_{PV}$ =                  | Jährlicher Stromertrag aus PV                       |
| $W_{BG}$ =                  | Jährlicher Stromertrag aus Biogas-BHKWs             |
| $CO_{2, bundes.Strommix}$ = | Spezifischer Emissionsfaktor bundesweiter Strommix  |
| $CO_{2, PV}$ =              | Spezifischer Emissionsfaktor PV                     |
| $CO_{2, BG}$ =              | Spezifischer Emissionsfaktor Biogas                 |
| $CO_{2, terr.Strommix}$ =   | Spezifischer Emissionsfaktor territorialer Strommix |

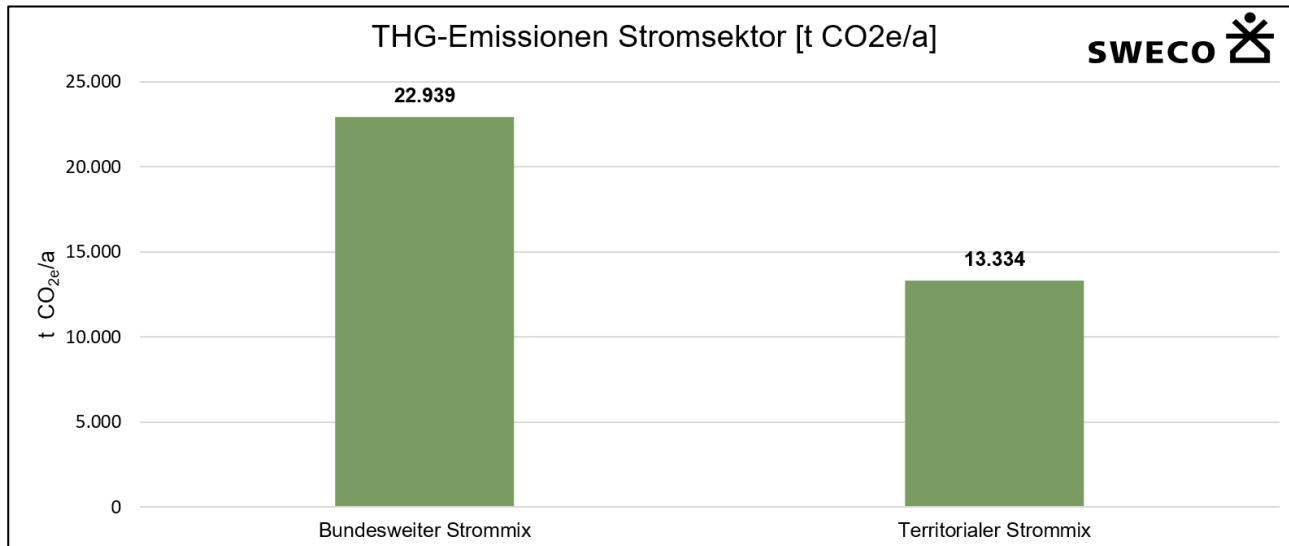


Abbildung 17: Treibhausgasemissionen des Stromsektors der VG unter Anwendung des spezifischen Emissionsfaktors des bundesweiten Strommix und des territorialen Strommix basierend auf der Bilanz des Klimaschutzkonzepts aus dem Jahr 2020.

## 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 Heizwärmeverbauchs im Wohnungsbereich. Um die örtlichen Potenziale für erneuerbare Energien zu bestimmen, ist ein Abgleich mit Ausschlussflächen aus Umwelt- und Artenschutz notwendig.

Die Verbandsgemeinde Adenau verfügt über keinen nennenswerten Industriesektor, sodass keine Potenziale zur Nutzung unvermeidbarer Abwärme identifiziert werden konnte.

Technologien der Erneuerbaren Wärmeerzeugung, 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 18 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. [11]

- **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 und somit ist das technische Potenzial immer mit Bezug auf die Qualität der Datenlage zu interpretieren.

- **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.

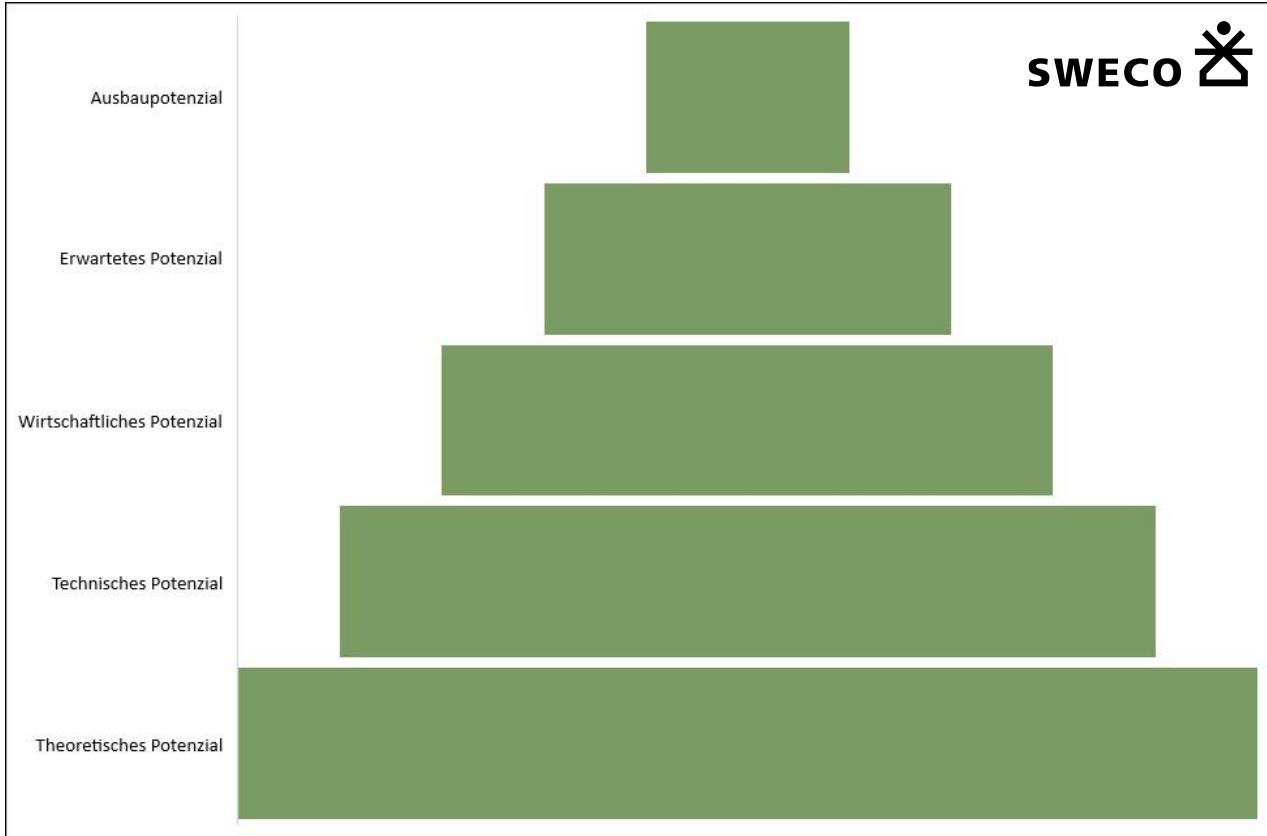


Abbildung 18: Qualitative Darstellung der verschiedenen Potenzialstufen [11]

## 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 Adenau wird zunächst das gesamte technische Potenzial analysiert. Dazu wurden Baualtersklassen, Gebäudetypologien und Sanierungsquoten aus Daten des Marktforschungsinstituts infas 360 GmbH als Datengrundlage genutzt. Die Baualtersklassen werden über 4 Millionen Echtfälle, Nachbarschaftsbeziehungen und ein Schätzmodell bestimmt. Die Sanierungsquote beschreibt den durchschnittlichen prozentualen Anteil sanierter Gebäude pro Jahr innerhalb eines Siedlungsblocks, gesondert für jedes Bauteil für die letzten 5 Jahre. Die Sanierungsquoten wurden anhand von Befragungsdaten des CASA Monitor Energie 2022 ermittelt.

Aus den spezifischen Maßnahmen Außenwanddämmung, Erneuerung der Heizung, Dachdämmung sowie Fenster und Türen wird eine durchschnittliche Sanierungsquote berechnet. Bei einer niedrigen durchschnittlichen Sanierungsquote in den letzten Jahren wird das noch vorhandene Sanierungspotenzial insgesamt hoch eingeschätzt und bei einer hohen Sanierungsquote entsprechend niedrig. Die durchschnittliche Sanierungsrate liegt im Bereich von 2,1% bis 3,8%. Anhand folgender Aufteilung wird die Sanierungsquote qualitativ eingestuft.

- Sanierungsquote < 3% → Niedrig
- Sanierungsquote > 3% & < 3,5% → Mittel
- Sanierungsquote > 3,5% → Hoch

Diese Bewertung wird mit der Datengrundlage der Baujahre kombiniert, und jedem Gebäude wird eine Abweichung vom durchschnittlichen Sanierungspotenzial zugeordnet.

In Tabelle 8 wird die Abweichung vom durchschnittlichen Sanierungspotenzial dargestellt. Dabei steigt die Summe aus durchschnittlichem Sanierungspotenzial und Abweichung desto weiter das Baujahr in der Vergangenheit liegt. Ebenfalls wird das resultierende Sanierungspotenzial durch die qualitative Bewertung der Sanierungsquote beeinflusst. Bei niedriger Sanierungsquote im Baublock wird die Annahme getroffen, dass ein höheres Sanierungspotenzial verbleibt, als wenn die Sanierungsquote der letzten Jahre als hoch bewertet wurde. Bei einem Gebäude, welches in einem Baublock mit niedriger Sanierungsquote liegt und zwischen 1920 und 1949 gebaut wurde liegt das resultierende Sanierungspotenzial beispielsweise bei 82%. Ein Gebäude, welches nach 2010 gebaut wurde und in einem Baublock mit hoher Sanierungsquote liegt wird entsprechend als vollsaniert angesehen. Dabei ist es egal, ob das Gebäude durch Sanierung auf den entsprechenden Gebäudestandard wurde oder bereits beim Bau des Gebäudes darauf geachtet wurde.

Tabelle 8: Abweichung vom durchschnittlichen Sanierungspotenzial in Abhängigkeit des Baujahres und der Sanierungsquote

|                        | <b>Niedrig</b> | <b>Mittel</b> | <b>Hoch</b> |
|------------------------|----------------|---------------|-------------|
| <b>1919 und früher</b> | 25%            | 20%           | 15%         |
| <b>1920 bis 1949</b>   | 22%            | 17%           | 12%         |
| <b>1950 bis 1959</b>   | 18%            | 13%           | 8%          |
| <b>1960 bis 1969</b>   | 16%            | 11%           | 6%          |
| <b>1970 bis 1979</b>   | 10%            | 5%            | 0%          |
| <b>1980 bis 1989</b>   | 3%             | -2%           | -7%         |
| <b>1990 bis 1999</b>   | -10%           | -15%          | -20%        |
| <b>2000 bis 2009</b>   | -20%           | -25%          | -30%        |
| <b>2010 und später</b> | -40%           | -45%          | -50%        |

Die Werte für die Abweichung wurden so gewählt, dass die Summe des resultierenden Sanierungspotenzials dem durchschnittlichen Sanierungspotenzial entspricht. Im Jahr 1977 wurde mit der Wärmeschutz-Verordnung erstmals ein Standard für Energieeffizienz in Gebäuden geschaffen, der im Anschluss sukzessive verschärft wurde. Deshalb ist in der Tabelle ab den 80er Jahren ein entsprechender Sprung im Verlauf des Sanierungspotenzials zu erkennen. Als durchschnittliches Sanierungspotenzial wird in der Verbandsgemeinde **60% des Endwärmeverbrauchs, also 110 GWh/a** angenommen. Dabei bezieht sich das Sanierungspotenzial auf eine Sanierungsrate von 100% und auf den Gebäudeenergiestandard aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Dieser Wert wird angelehnt an eine Studie zum Sanierungsbedarf im Gebäudebestand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aus dem Jahr 2014. Denkmalgeschützte Gebäude machen nur einen Anteil von ca. 1,3% des Sanierungspotenzials in der Verbandsgemeinde aus und werden daher in den weiteren Berechnungen vernachlässigt. In Abbildung 19 wird die Verteilung des Sanierungspotenzials über die Verbandsgemeinde in Durchschnittswerten pro Baublock dargestellt. Die Kategorie *Hoch* entspricht einem Sanierungspotenzial von über 60%, die Kategorie *Mittel* entspricht einem Sanierungspotenzial von 40-60% und die Kategorie *Niedrig* einem Sanierungspotenzial von unter 40%. [12, p. 12]

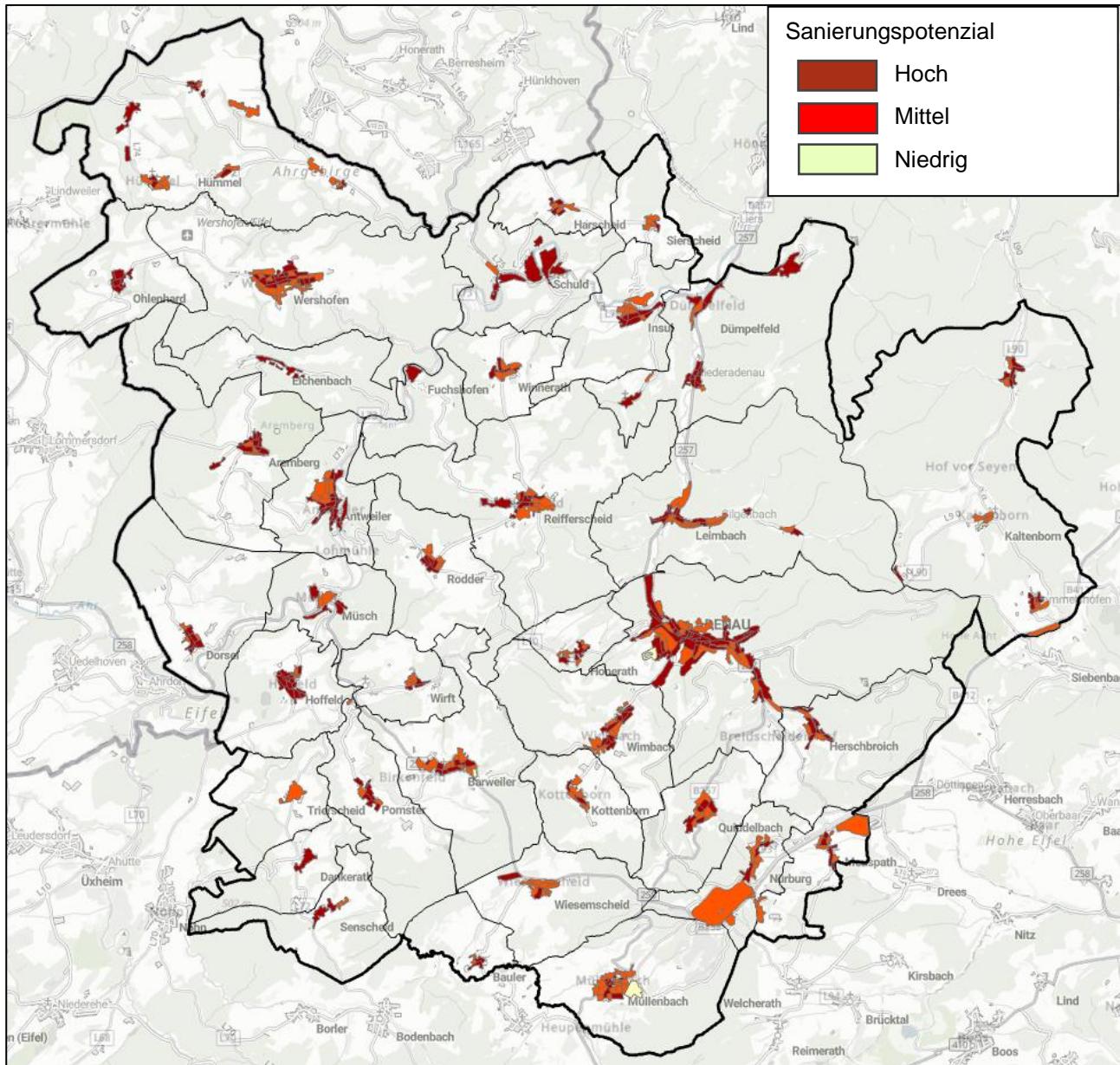


Abbildung 19: Verteilung des Sanierungspotenzials in der Verbandsgemeinde in den Kategorien Hoch (>60%), Mittel (40%-60%), Niedrig (<40%)

## 4.3 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 zur Nutzung von Abwasserwärme werden hingegen durch volumetrische Berechnungen bestimmt. Die Potenziale zur Nutzung von geothermischer Wärme und Umweltwärme werden qualitativ beschrieben.

### 4.3.1 Solarthermie

Aktuell sind in Deutschland Solarthermieanlagen 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 Solarthermieanlagen in den Regionalplänen oder Flächennutzungsplänen. Die baurechtliche Zulässigkeit wird einzig über das BauGB geregelt. [13]

Der Solarkataster Rheinland-Pfalz gibt für die Verbandsgemeinde Adenau ein **technisches Potenzial von 892 GWh/a** für solarthermische Röhrenkollektoranlagen auf den Dachflächen bei einem anzunehmenden Wirkungsgrad des Moduls von 60% an. Allerdings bezieht sich das Gesamtpotenzial auf die Bruttodachfläche. Durch Störobjekte und Verschattungen verringert sich das Potenzial entsprechend. Ebenfalls sind nicht alle Dachflächen in Anbetracht ihrer Ausrichtung, Neigung und Beschaffenheit gleichermaßen geeignet. Eine ökonomisch sinnvolle Auslegung solarthermischer Aufdachanlagen sieht für Privateigentümer ebenfalls keine Vollbelegung der Hausdächer vor. Die Einschätzung der Eignung der Dachflächen auf Grundlage des Denkmalschutzes oder des Zustands des Dachstuhls sind in der Betrachtung nicht inkludiert. 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. Das technische Potenzial wird aus diesen Gründen wesentlich geringer ausfallen.

Der spezifische Energieertrag von Solarthermieanlagen im Feld ist wesentlich höher als bei Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung. Im Vergleich zur energetischen Verwertung von Biomasse (Verstromung) ist die spezifische Energiedichte von Solarthermieanlagen sogar um ein 90-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 20 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. Je nach Quelle oder Referenzanlage können diese Werte abweichen. Die klare Tendenz bleibt allerdings in allen Vergleichen bestehen.

- Solarpark Henschleben: 21,5 ha; 22,7 GWh/a [14]
- Solarthermieanlage Leipzig West: 14 ha; 26 GWh/a [15]
- Windpark Hüselitz: 567,2 ha; 349,6 GWh/a [16]
- Silomais Biogasanlage: ca. 15-22,5 MWh/ha [17]

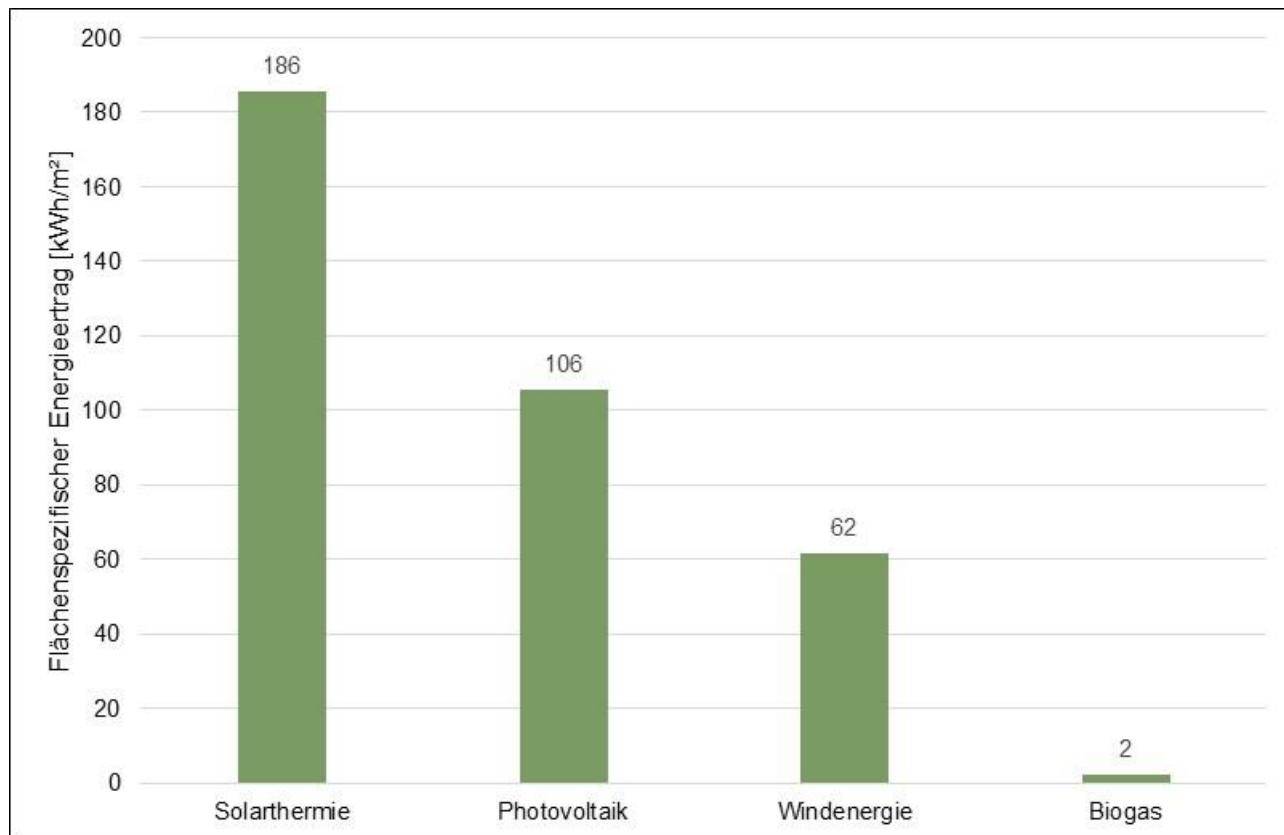


Abbildung 20: Vergleich der flächenspezifischen Energieerträge verschiedener Erneuerbarer Energien. Die spezifische Fläche bezieht sich auf die notwendige Freifläche und nicht auf Kollektor- oder Fundamentflächen.

Für Freiflächen-Solarthermie ergibt sich nach dem Solarkataster Rheinland-Pfalz eine Potentialfläche von ca. 5.200 ha. Multipliziert mit dem flächenspezifischen Energieertrag einer Solarthermieanlage von

186 kWh/m<sup>2</sup> dargestellt in Abbildung 20 ergibt sich ein **technisches Potential von etwa 9.650 GWh/a**. Allerdings sind nicht alle Flächen aufgrund ihrer Topografie geeignet und ebenfalls gibt es bei diesen Flächen einige Prüfungsbelange wie beispielsweise Landschaftsschutzgebiete, sodass Einzelfallprüfungen durchgeführt werden müssen. Durch die Verwendung eines Referenzwertes einer existierenden Anlage in Leipzig kommt es ebenfalls zu Abweichungen aufgrund unterschiedlicher Einstrahlungsbedingungen. In Abbildung 21 sind die Potenzialflächen für die VG dargestellt.

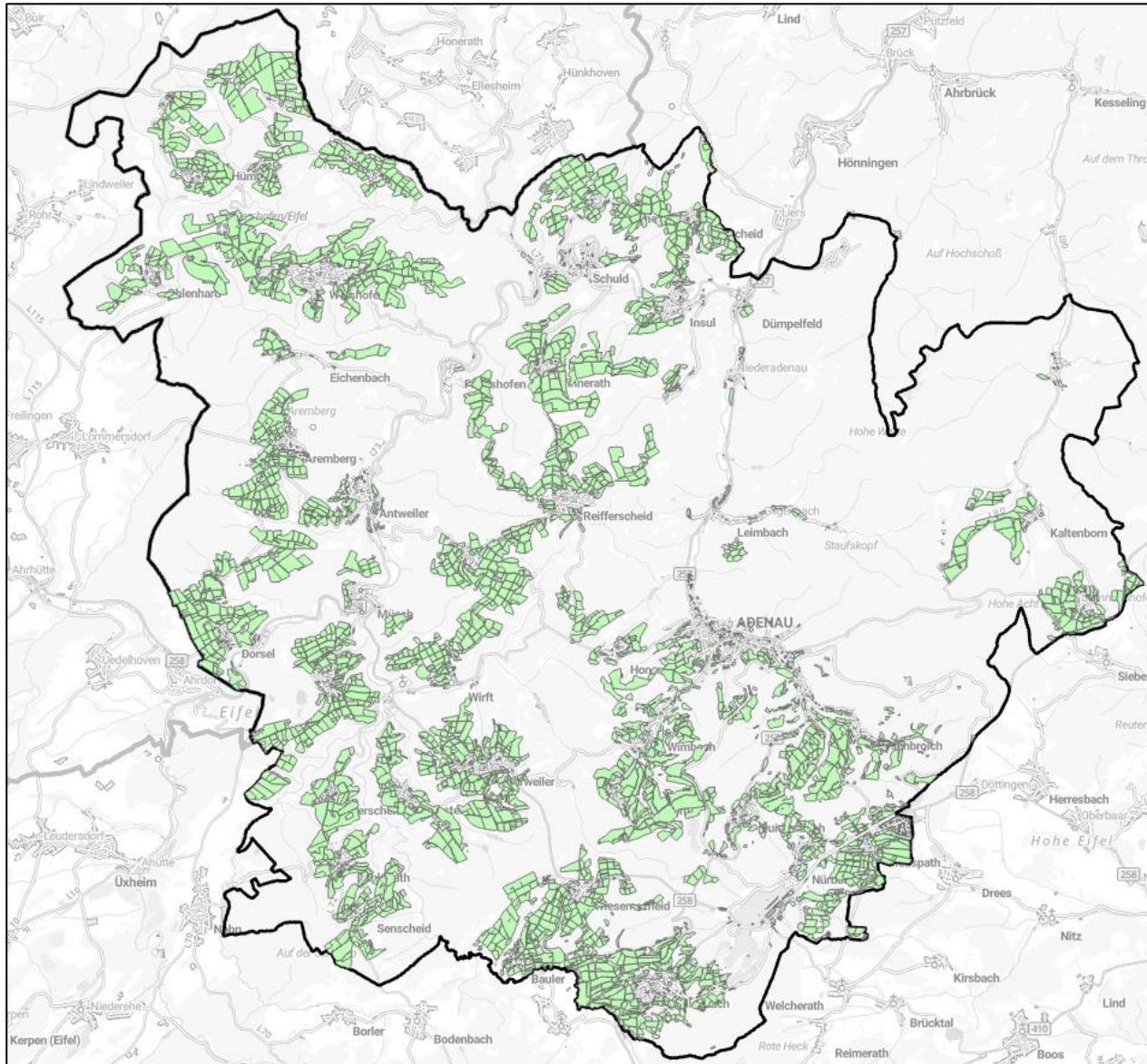


Abbildung 21: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie in der Verbandsgemeinde Adenau. Die Daten stammen aus dem Solarkataster Rheinland-Pfalz

#### 4.3.2 Geothermie und Umweltwärme

Geothermie bezeichnet die Wärmeenergie, die in der Erde gespeichert ist. Diese Energie kann für Wärmeanwendungen, aber auch zur Verstromung genutzt werden. Dabei gilt, je tiefer die Bohrung ist, desto höher ist die nutzbare Energie. Die Nutzung geothermischer Reservoirs lässt sich in oberflächennahe und tiefe Geothermie einteilen. [18]

**Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe):** Es gibt verschiedene Systeme zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie. **Erdwärmekollektoren** sind geschlossene, horizontale Systeme, die in bis zu 1,5 m Tiefe verlegt werden und ein konstantes jährliches Temperaturniveau von rund 10°C nutzen. Sie sind in der Regel genehmigungsfrei aufzubauen, weisen allerdings auch einen hohen Flächenbedarf auf. **Erdwärmesonden** sind geschlossene, vertikale Systeme mit Tiefen von 40-150 m. Sie benötigen nur einen geringen

Platzbedarf und sich fast überall realisierbar. Ebenfalls ist es möglich in offenen Systemen mit zwei Brunnen, die **Energie des Grundwassers** direkt zu nutzen. Oberflächennahe Anwendungen kommen in der Regel für die Heizungsversorgung im Wohnbereich zum Einsatz und werden häufig mit Wärmepumpen gekoppelt. Durch die Wärmepumpe wird die Erdwärme auf das notwendige Niveau des Heizungsvorlaufs angehoben. [18]

**Tiefe Geothermie (ab 400 m Tiefe):** Je nach Definition beginnt die tiefe Geothermie erst ab 1000 m und von 400-1000 m wird von mitteltiefer Geothermie gesprochen. Im Bereich bis 3000 m Tiefe kommen häufig **Erdwärmesonden** zum Einsatz, deren Ergiebigkeit allerdings begrenzt ist, die dafür aber fast überall realisierbar sind. Im Fall, dass wasserführende Schichten vorhanden sind, kann auch eine **hydrothermale Nutzung** temperierter Tiefenwässer in Frage kommen. Bei dieser Anwendung ist auch eine Verstromung über ein ORC-Verfahren möglich. Ab 3000 m Tiefe trifft die Bezeichnung **petrothermale Geothermie** zu, also die Übertragung der im Gestein gespeicherten Wärmeenergie auf ein Wärmetransportmedium, welches künstliche Fließwege erzeugt. Die Ergiebigkeit ist hoch, allerdings trifft das auch auf die Investitionskosten zu. [18]

Für die dezentrale Nutzung von Erdwärme kommen oberflächennahe Systeme, meist in Kombination mit einer Wärmepumpe zum Einsatz. Für die Einspeisung in ein Wärmenetz sind tiefe Bohrungen oder der Verbund mehrerer oberflächennaher Erdwärmefelder geeignet. Um das Potenzial zur Nutzung dezentraler Geothermie zu quantifizieren, ist eine tiefergehende Analyse für jede Besitzeinheit mit Einhaltung von bestimmten Abständen zwischen potenziellen Bohrungen notwendig. Eine **solche Potenzialanalyse** würde in der praktischen Umsetzung der Wärmewende allerdings **keinen Mehrwert schaffen**. Interessanter ist dabei die Betrachtung der potenziellen Eignung und Ergiebigkeit von Böden für Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden in der VG Adenau. In Abbildung 22 ist die Eignung zur Nutzung von Erdwärmekollektoren dargestellt. Dabei beziehen sich die grünen Flächen auf gut bis sehr gut geeignete, grund- und staunasse Standorte, die gelben Flächen auf geeignete, tiefgründige Standorte ohne Vernässung und die roten Flächen auf meist weniger geeignete, flachgründige Standorte mit anstehendem Gestein oder Schutt oberhalb von 1,2 m. [19]

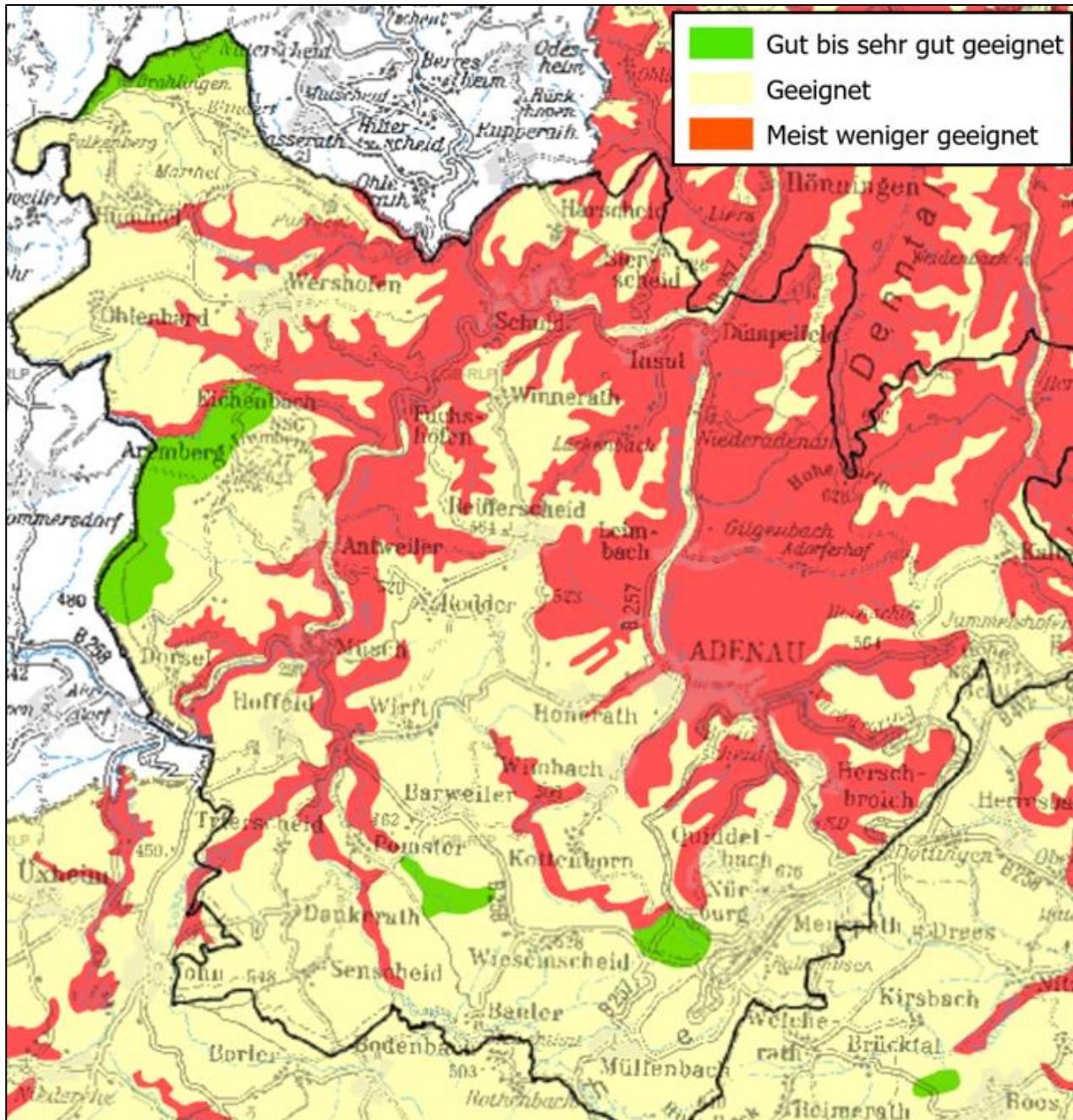


Abbildung 22: Potenzielle Eignung von Böden für Erdwärmekollektoren in der VG Adenau [19]

In einigen Teilen der VG, insbesondere in der am dichtesten besiedelten Stadt Adenau, ist die Eignung für Erdwärmekollektoren gering. In vielen Teilen der Verbandsgemeinde sind die Bedingungen aber auch geeignet oder sogar gut geeignet für den Einsatz von Erdwärmekollektoren. Der Einsatz von Erdwärmekollektoren für die dezentrale Heizungsversorgung stellt eine effiziente Alternative zu Luftwärmepumpen dar, denn die nutzbare Temperatur des Erdreiches liegt auch in den Heizungsmonaten konstant bei etwa 10°C, wohingegen die Außenlufttemperaturen vor allem nachts deutlich niedriger sind.

Zur Beurteilung der Eignung von Erdwärmesonden im Untersuchungsgebiet liegen keine Daten bezüglich der trockenen Wärmeleitfähigkeit vor. So muss dies im Rahmen eines Vorhabens individuell geprüft werden. Die Durchlässigkeit des oberen Grundwasserleiters wird vom Landesamt für Geologie und Bergbau flächen-deckend als gering bis äußerst gering eingestuft. Somit ist die Eignung zur Nutzung hydrothermaler Geothermie nicht gegeben. [19]

In den Online-Karten des Landesamtes für Geologie und Bergbau sind ebenfalls wasserrechtliche Einschätzungen der Standorteignung für Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und Grundwasser-

Wärmetauschersysteme zu finden, die bei der Planung einer entsprechenden Anlage helfen. Für Erdwärme-sonden gilt nahezu flächendeckend, dass eine Antragserlaubnis wahrscheinlich ist. Für die Errichtung von Grundwasser-Wärmetauscher ist eine Prüfung durch Fachbehörden notwendig und für die Errichtung von Erdwärmekollektoren sind weite Strecken des Untersuchungsgebiet lediglich anzeigenpflichtig, andere Teile sind erlaubnispflichtig. Somit ergeben sich aus **wasserrechtlicher Sicht gute Voraussetzungen** für die private Nutzung von Erdwärme. [19]

### **Umweltwärme**

Neben Geo- und Hydrothermie sind ebenfalls oberirdische Gewässer und die Außenluft mögliche Energiequellen zur Wärmeerzeugung. Die Nutzung von Außenluft als Medium kann durch **Luftwärmepumpen leicht und verhältnismäßig kostengünstig realisiert** werden und die Luft ist als Energiequelle unbegrenzt verfügbar. Probleme in Bezug auf die zentrale Nutzung von Luftwärmepumpen 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 und ohne Möglichkeiten der Erdwärmennutzung an. Aber auch in Gebieten, in denen eine zentrale Wärmeversorgung aufgrund hoher Wärmedichten sinnvoll erscheint, aber keine ausreichenden erneuerbaren Energiepotenziale zur Verfügung stehen kann eine zentrale Luftwärmepumpenanlage sinnvoll sein. Eine Quantifizierung des Potenzials für Luftwärmepumpen ist an dieser Stelle nicht möglich.

In der VG Adenau verlaufen neben der Ahr auch viele Bäche wie beispielsweise der Adenauer Bach. Für eine zentrale Wärmeversorgung und Speisung eines Wärmenetzes über Wasserwärmepumpen **reichen die Wassermassen allerdings nicht aus**. Der Pegelstand der Ahr in Müsch lag am 14.02.2025 bei 57 cm und der Pegelstand des Adenauer Bachs am gleichen Tag zwischen 17 und 20 cm.

### **4.3.3 Biomasse und Müllverbrennung**

Biomasse als nachwachsender Rohstoff hat viele Einsatzmöglichkeiten in der Energiewirtschaft. Sowohl in fester, gasförmiger oder flüssiger Form (Biodiesel) können biogene Rohstoffe genutzt werden.

#### **Dezentrale Holzheizungen**

Im Untersuchungsgebiet werden bereits Wohnungen mit Holz in verschiedenen Verarbeitungsformen beheizt. Als dezentrale Versorgungsoption wird dies auch in Anbetracht von §71 des GEG in Zukunft eine Option bleiben. Aufgrund dessen, dass Holz ein nachwachsender Rohstoff ist und CO<sub>2</sub> bindet, sind die bilanziellen THG-Emissionen deutlich niedriger als bei fossilen Energieträgern. Eine **flächendeckende Nutzung** von Biomasse ist allerdings im Rahmen einer **funktionierenden Kreislaufwirtschaft nicht möglich** und sollte daher nur als Zusatztechnologie gesehen werden.

#### **Verstromung von Biomasse & Biogas**

Über den Betrieb von KWK-Anlagen lässt sich Biomasse sowohl in fester als auch in gasförmiger Form nach der Fermentation in Wärme- und elektrische Energie umwandeln. Im Vergleich mit anderen Technologien der erneuerbaren Energieerzeugung ist der **flächenspezifische Energieertrag allerdings sehr gering**. Der Vergleich der flächenspezifischen Energieerträge ist in Abbildung 20 dargestellt.

Aufgrund dieser Effizienzunterschiede wird die Verwendung von Biomasse im Rahmen der Wärmeplanung nur dort eine Rolle spielen, wo diese sowieso bereits anfällt und genutzt werden kann, beispielsweise beim Klärwerk in Dümpelfeld.

#### **Müllverbrennung**

Die Aufgaben der Abfallwirtschaft werden im Landkreis Ahrweiler durch den Abfallwirtschaftsbetrieb (AWB) koordiniert. Die thermische Verwertung der in den privaten Haushalten anfallenden Abfall- und Reststoffe des Landkreises wird hingegen in der Müllverbrennungsanlage der Stadtwerke Bonn vorgenommen. Der Aufbau einer neuen Müllverbrennungsanlage ist somit ausgeschlossen.

#### **Klärschlammverbrennung**

In Dümpelfeld wird zwar eine Kläranlage 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. Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) in Kooperation mit der RWTH Aachen untersucht den Abgleich zwischen benötigten und verfügbaren Ressourcen zur thermischen Klärschlammbehandlung. Eine abschließende Bewertung steht noch aus. Die Planung einer **Klärschlammverbrennungsanlage in der VG macht somit aktuell keinen Sinn**, da ein klarer Bedarf nicht nachgewiesen ist. [20, p. 15]

#### 4.3.4 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. [21]

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

##### **Abwasserwärmennutzung 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. [21]

##### **Abwasserwärmennutzung 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. [21]

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. [22]

##### **Hauseigene Abwasserwärmennutzung**

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. [21]

##### **Eignungskriterien**

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

###### **Abfluss**

Für die Abwasserwärmennutzung 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. [23, p. 66]

###### **Abwassertemperatur**

Der Vergleich der Abwassertemperaturen zum Verlauf des Wärmebedarfs ist entscheidend für die ökonomische Bewertung eines Vorhabens zur Abwasserwärmeverwendung. 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. [23, 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 Oberfläche des Wärmeübertragers und dadurch auch die Leistung. Ein zu geringes Gefälle erzeugt die Gefahr der Sedimentation und hat einen negativen Einfluss auf die Wärmeentzugsleistung. [23, p. 67], [24]

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 Abwasserwärmeverwendung.

#### *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. [23, 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. Daher sind vor allem Neubauten mit Niedertemperatursystemen gut für die Versorgung geeignet, im Gegenteil zu Industriebetrieben mit hohen Temperaturbedarfen für die Prozessversorgung. [23, p. 69 f]

#### Potenzialberechnung

##### *Auslauf der Kläranlagen*

In der Verbandsgemeinde Adenau ist in Dämpelfeld eine zentrale Kläranlage im Einsatz, die aktuell restauriert wird. 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. Die nutzbaren Temperaturdifferenzen im Auslauf der ARA ergeben sich durch die Differenz zwischen den Monatsmittelwerten der Auslauftemperatur der Jahre 2018-2021 und einer Abkühlung zur maximalen technischen Nutzungsgrenze der Wärmepumpe von 5°C. Ebenfalls werden Monatsmittelwerte der Jahre 2018-2021 für die Abwassermengen bestimmt. Mit diesen Daten können nach folgender Formel die Wärmeentzugsleistungen des Auslaufs der Kläranlage in den einzelnen Monaten berechnet werden. Da die Temperatur- und Durchflussmessung seit dem Hochwasser im Jahr 2021 nicht mehr funktionsbereit sind, werden die Werte vor dem Hochwasser zugrunde gelegt. In Tabelle 10 werden die Ergebnisse der Potenzialberechnung für den Auslauf der Kläranlage dargestellt. [23, p. 104 ff]

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

$Q$  = Nutzbare Wärmeentzugsleistung

$\dot{m}$  = Massenstrom Abwasser

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

$\Delta T$  = Temperaturdifferenz

Tabelle 9: Temperatur, Ablaufmenge und potenzielle Wärmeentzugsleistung des Auslaufs der Kläranlage in Dümpelfeld für die verschiedenen Monate im Mittel der Jahre 2018-2021

|                  | Mittlere Temperatur [°C] | Mittlerer Trockenwetterabfluss [m³/h] | Wärmeentzugsleistung [MW] |
|------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| <b>Januar</b>    | 8,7                      | 448                                   | 1,9                       |
| <b>Februar</b>   | 8,4                      | 438                                   | 1,7                       |
| <b>März</b>      | 8,7                      | 392                                   | 1,7                       |
| <b>April</b>     | 10,6                     | 234                                   | 1,5                       |
| <b>Mai</b>       | 12,4                     | 257                                   | 2,2                       |
| <b>Juni</b>      | 15,2                     | 253                                   | 3,0                       |
| <b>Juli</b>      | 16,5                     | 229                                   | 3,1                       |
| <b>August</b>    | 17,6                     | 215                                   | 3,1                       |
| <b>September</b> | 16,8                     | 180                                   | 2,5                       |
| <b>Oktober</b>   | 14,6                     | 228                                   | 2,6                       |
| <b>November</b>  | 12,6                     | 181                                   | 1,6                       |
| <b>Dezember</b>  | 10,3                     | 390                                   | 2,4                       |

Die geringste Wärmeentzugsleistung resultiert im April mit 1,5 MW. Allerdings sollen zukünftig auch Kanalabschnitte aus der Verbandsgemeinde Altenahr in die Kläranlage in Dümpelfeld integriert werden, wodurch die **Durchflussmengen deutlich steigen werden**. Daher wird für eine uneingeschränkt zur Verfügung stehende Wärmemenge nicht die Mindestleistung aus April angenommen, sondern der Durchschnittswert der Monate, der bei etwa **2,3 MW** liegt.

#### Kanalisation

Zur Potenzialanalyse der Kanalisation in der Verbandsgemeinde, werden diejenigen Abschnitte näher betrachtet, die eine Mindestwassermenge von 15 l/s führen, einen Mindestdurchmesser von 800 mm und ein Gefälle von 0,1-1% aufweisen. Ebenfalls werden nur Abschnitte mit einer Mindestlänge von 50 m berücksichtigt, um zu gewährleisten, dass die Durchflussdauer und die Fläche des Wärmetauschers groß genug sind, um die entsprechende Menge an Wärme zu entziehen. 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. [23, p. 24]

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien resultieren in der Verbandsgemeinde geeignete Kanalabschnitte mit einer Gesamtlänge von 5,6 km. Innerhalb dieser 5,6 km müssen allerdings auch Regenerationsstrecken eingehalten werden. Für die Regeneration muss etwa das 3-fache der Länge des Wärmeübertragers einge-rechnet werden. Die Regenerationsstrecken wurden so eingeplant, dass die Wärmeentzugsleistung möglichst in der Nähe größerer Siedlungsbereiche platziert werden. Da die Abwassertemperaturen innerhalb der Kanalisation nicht bekannt sind werden für die durchschnittliche nutzbare Temperaturdifferenz  $\Delta T$  4 K angenommen. Verrechnet mit den Trockenwetterabflussmengen aus den Daten des Abwasserwerkes resultieren insgesamt für die Verbandsgemeinde eine potenzielle **Wärmeentzugsleistung von 15,7 MW**. [25, p. 13]

Distanzen von etwa 1 m pro kW Wärmeentzugsleistung zum Wärmeabnehmer können als rentabel angesehen werden. Daher werden die in Frage kommenden Kanalabschnitte mit einem potenziellen Versorgungsradius entsprechend der jeweiligen Wärmeentzugsleistung versehen und in Abbildung 23 georeferenziert dargestellt. [23, p. 68]

#### Hauseigene Abwasserwärmevernutzung

Eine hauseigene Abwasserwärmevernutzung 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 Abwasserwärmevernutzung zunächst nicht weiter betrachtet.

#### Fazit

Die Summe der potenziellen Wärmeentzugsleistungen bei Installation von Wärmeübertragern in den einzelnen Kanalabschnitten und dem Auslauf des Dämpfelfelder Klärwerks ergibt 18 MW. Unter Annahme eines durchschnittlichen COPs einer Wärmepumpe von 3,15 resultiert etwa eine Heizwärmeleistung von 26,4 MW<sub>th</sub>. Verrechnet mit einer Auslastung von 0,5 (4.380 Vollaststunden) ergibt dies ein **technisches Potenzial von etwa 116 GWh/a.** [26]

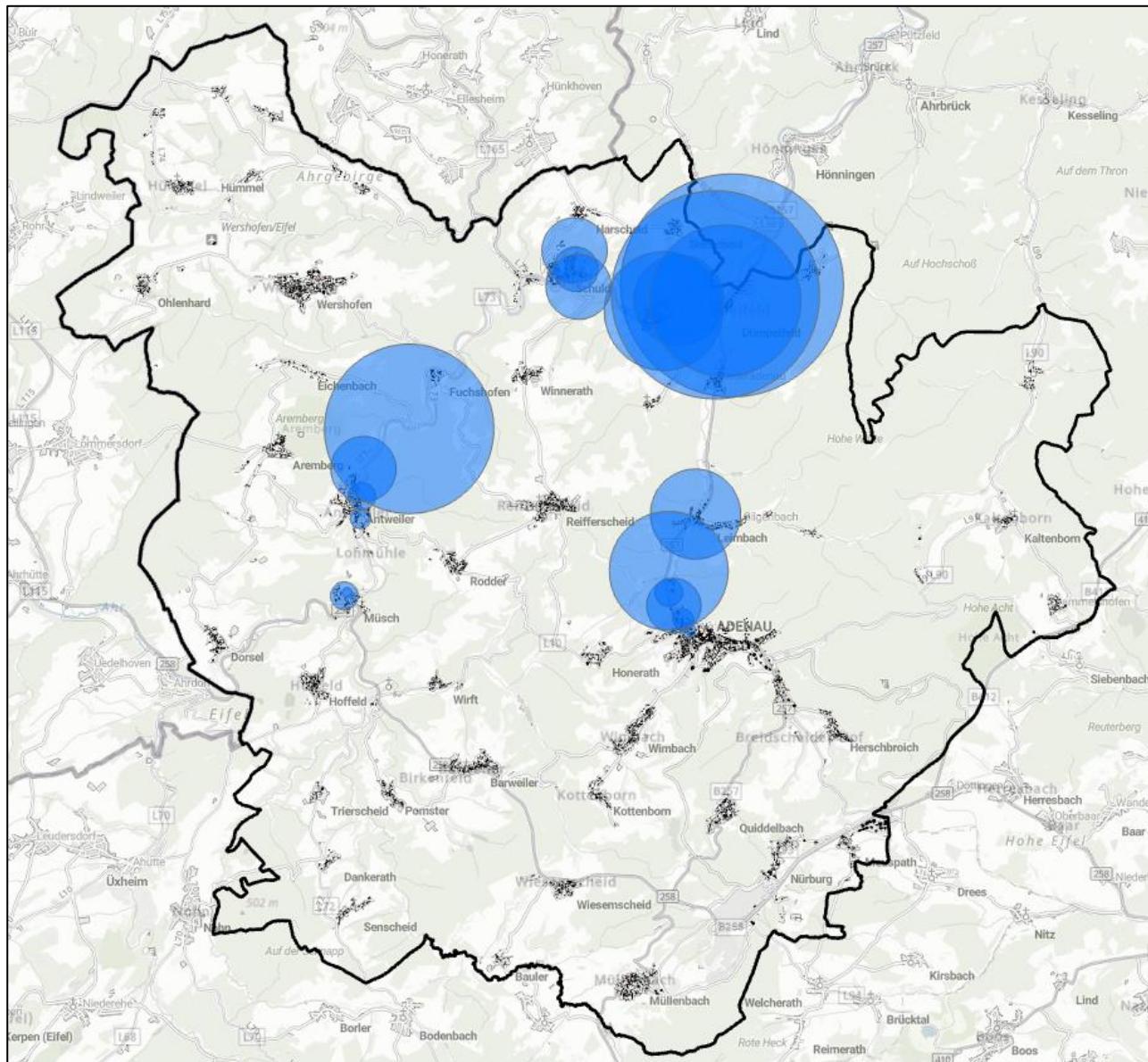


Abbildung 23: Darstellung der zur Abwasserwärmevernutzung geeigneten Kanalisationsabschnitte mit ihren jeweiligen Potenzialradien

#### 4.3.5 Erneuerbare Gase

Der Anteil von Erdgas am Wärmemarkt in der VG Adenau liegt bei rund 40%. 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 [27].

Die Vorteile von erneuerbaren Gasen sind die langfristige Speicherbarkeit, die vorhandene Verteilinfrastruktur sowie die gleichzeitige Nutzbarkeit für Industrie, Verkehr und den Haushaltbereich. Dem gegenüber stehen hohe Investitionskosten ohne passende Förderungen, geringe Verfügbarkeiten aufgrund der Notwendigkeit hoher erneuerbarer Strommengen, komplizierte technische Erfordernisse und Beschränkungen.

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% [28]. 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. [27] [29]

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 [30]. Ebenfalls werden für die Methanisierung große Mengen an CO<sub>2</sub> benötigt und somit stellt sich die Frage der Herkunft dieses Gases. Die Verwendung von Industrieabgasen führt lediglich zu einer Verlagerung des Ausstoßes von CO<sub>2</sub> und wird so nicht mehr als erneuerbarer Energieträger gesehen. [27]

Im Industriesektor fallen in Deutschland 41% des Erdgasverbrauchs an. 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. [31]

Die Investitionskosten für PtG-Anlagen sind aktuell noch hoch. In Abbildung 24 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 [32]. 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. [33, p. 79 ff]

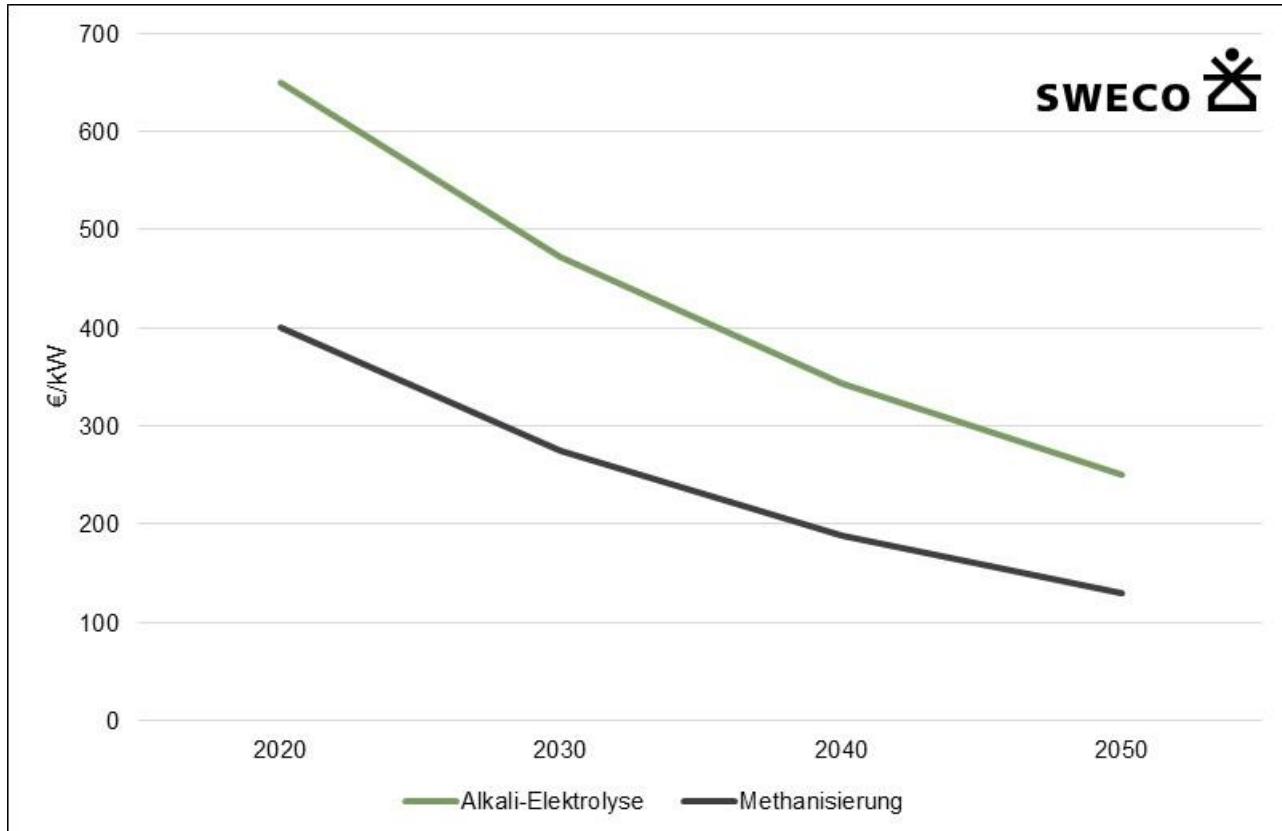


Abbildung 24: Prognostizierte Kostenentwicklung für Alkali-Elektrolyse und Methanisierung [33, p. 76]

In der VG Adenau wurden in den Jahren 2022-2024 im Schnitt etwa 33 GWh Erdgas verbraucht. Für die Erzeugung einer äquivalenten Energiemenge durch den Einsatz von Wasserstoff werden etwa 43 GWh und für eine äquivalente Energiemenge Methan etwa 53 GWh erneuerbaren Stroms benötigt. Letzteres entspricht etwa dem gesamten Stromverbrauch der Verbandsgemeinde. Das Potenzial zur Erzeugung von regenerativem Strom durch Photovoltaik und Windenergie ist in der Verbandsgemeinde zwar groß genug, allerdings ist der Aufbau einer solchen Energieinfrastruktur entsprechend kostspielig. Es gilt allerdings die Herkunft der CO<sub>2</sub>-Mengen bei Erzeugung von regenerativem Methan sowie die notwendige Aufstellflächen zu prüfen.

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 [34]. 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 [35]. Der importierte Wasserstoff wird allerdings prioritär für die stoffliche Verwendung und Hochtemperatur-Anwendungen in der Industrie verwendet werden, aufgrund mangelnder Alternativen zu Erdgas.

Aufgrund des **fehlenden Prozesswärmeverbedarfs** im Untersuchungsgebiet ist kein Wasserstoffbedarf vorhanden. Ebenfalls ist es **nicht geplant**, dass die Verbandsgemeinde an das **Wasserstoff-Kernnetz** angeschlossen wird. Die Umwandlung von erneuerbarem Strom in grünen Wasserstoff ist im Untersuchungsgebiet **nicht ökonomisch sinnvoll darstellbar**. Der einzige denkbare Anwendungsfällen von Wasserstoff liegt am Nürburgring vor. Hier gibt es bereits erste Planungen mittels lokaler Windstromerzeugung und Elektrolyse eigenen grünen Wasserstoff herzustellen und für den Motorsport zu verwenden.

#### 4.3.6 Erneuerbare Stromerzeugung und elektrische Wärmeerzeugung

In der VG Adenau bieten sich zur regenerativen Stromerzeugung PV-Anlagen, Windkraftanlagen und Wasserkraftanlagen an. Die Verstromung von Biomasse wird aus den oben beschriebenen Gründen nicht näher betrachtet. Bei geothermischen Potenzialen werden thermische Anwendungen bevorzugt. Größere Potenziale für die Nutzung der Wasserkraft bestehen in der Verbandsgemeinde nicht. Derzeit sind vier Wassermühlen mit einer gesamten Nettoleistung von 127,5 kW im Einsatz und produzieren nachhaltigen Strom.

Aufgrund der fehlenden Wassermassen werden solche Anwendungen allerdings Nischen bleiben und werden deshalb an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

### **Photovoltaik**

Ende 2024 sind nach dem MaStR in der Verbandsgemeinde Adenau PV-Aufdachanlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 16,9 MWp im Betrieb, die etwa 16,9 GWh/a Solarstrom erzeugen. Nach dem Solarkataster Rheinland-Pfalz weist Adenau eine Bruttodachfläche von rund 1.630.000 m<sup>2</sup> und ein **technisches Gesamt-potenzial von ca. 300 GWh/a** unter der Annahme einer Ost-West Ausrichtung mit 10° Aufständerung bei Flachdächern und einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 22% auf. Die potenziell zu installierende Spitzenleistung liegt bei 354 MWp. Allerdings bezieht sich das 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. Die Einschätzung der Eignung der Dachflächen auf Grundlage des Denkmalschutzes oder des Zustands des Dachstuhls sind in der Betrachtung nicht inkludiert. 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. Das technische Potenzial wird aus diesen Gründen wesentlich geringer ausfallen.

Für FFPVA liegen die gleichen Potenzialflächen wie für Freiflächen-Solarthermieanlagen vor. Auf einer für Solarenergie geeigneten Fläche von ca. 5.200 ha ergibt sich nach dem Solarkataster Rheinland-Pfalz ein **technisches Potenzial von rund 8.900 GWh/a** unter der Annahme einer Ost-West Ausrichtung mit 10° Aufständerung bei Flachflächen und einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 22%. Die potenziell zu installierende Spitzenleistung liegt etwa bei 9,4 GWp. Ähnlich wie bei Solarthermieanlagen sind nicht alle Flächen aufgrund ihrer Topografie geeignet und ebenfalls gibt es bei diesen Flächen einige Prüfungsbelange wie beispielsweise Landschaftsschutzgebiete, sodass Einzelfallprüfungen durchgeführt werden müssen. FFPVA stehen dabei in direkter Konkurrenz mit Solarthermie Anlagen und Windkraftanlagen.

### **Windkraft**

Das Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz betreibt ein Flächenportal für Erneuerbare Energien, in dem für verschiedene Anwendungsfälle Ausschlusskriterien und Restriktionen aufgeführt werden. Ebenfalls bietet die Kartenanwendung eine georeferenzierte Ausweisung der übrigbleibenden Potenzialfläche. Das Flächenportal Windenergienutzung weist für Adenau die Potenzialfläche aus Abbildung 25 auf. [36]

Die Potenzialfläche beläuft sich auf rund 1.000 ha und multipliziert mit dem flächenspezifischen Energieertrag für Windenergie von 62 kWh/m<sup>2</sup> aus Abbildung 20 ergibt dies etwa ein **technisches Potenzial von 630 GWh/a**. Der Referenzwert aus Abbildung 20 bezieht sich allerdings auf einen der größten Onshore-Windparks Deutschlands in Sachsen-Anhalt. Die Windbedingungen sowie topografischen Gegebenheiten sind somit nicht identisch. Bei beabsichtigter Projektentwicklung müssen die Standorte einzeln geprüft werden.

Ebenfalls ersetzt die Potenzialanalyse keine konkreten Planungen. Beispielsweise sind aktuell Windenergieanlagen in der Verbandsgemeinde geplant, die sich nicht innerhalb der ausgewiesenen Bereiche befinden (vgl. Kapitel 3.2).

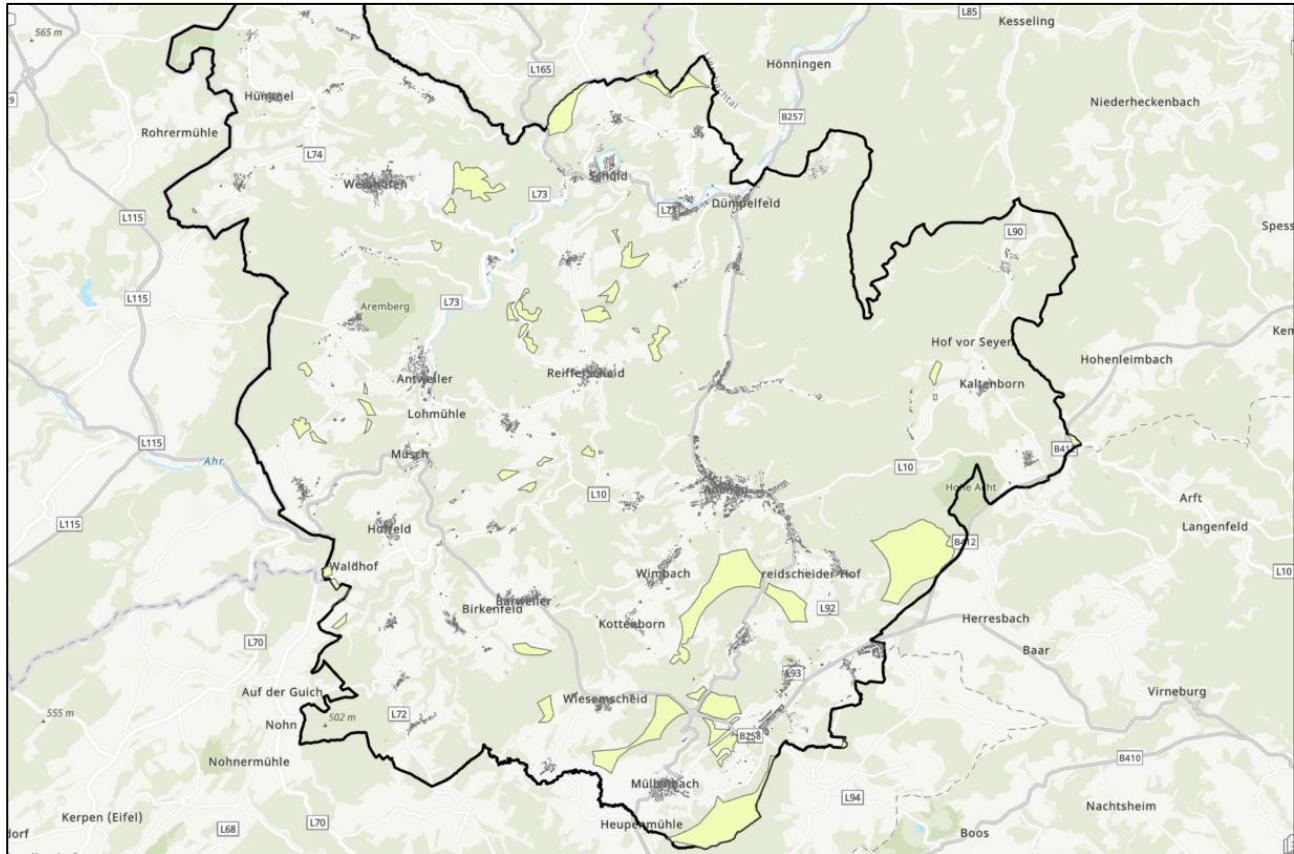


Abbildung 25: Windpotenzialflächen der VG Adenau

### **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 elektrische Heizungen, wie Wärmepumpen oder Nachspeicherheizungen realisiert werden. Allerdings müssen diese Heizungen für eine Stromnetzunterstützung über eine entsprechende Regelungstechnik verfügen. Wärmepumpen können auch als Heizzentrale zur Versorgung von Wärmenetzen eingesetzt werden. Eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung ist mit solchen elektrischen Wärmeerzeugern allerdings nur möglich, sobald der verwendete Strommix durch 100% erneuerbare Energien gedeckt ist.

Zum Ausgleich negativer Residuallasten können Power-to-Heat Kessel installiert werden. Die Technologie ist entsprechend simpel und gleicht der eines heimischen Durchlauferhitzers. Die entstehende Wärme kann ebenfalls einem Fernwärmenetz zugeführt werden.

#### 4.3.7 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 10 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 10: Erläuterung von Speichermöglichkeiten und Notwendigkeiten für verschiedene Technologien der Wärmeerzeugung

| Erzeugungstechnologie                                   | Speichertyp               | Erläuterungen  |
|---|---------------------------|--|
| Freiflächen-Solarthermie                                | Saisonale, zentral        | <p>Aufgrund der Abhängigkeit von der solaren Einstrahlung stellen großflächige Solarthermieanlagen 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 Aquifer speicher 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 m<sup>3</sup> Wasser. [37]</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</p> |
| Solarthermische Aufdachanlagen, Dezentrale Wärmepumpen  | Pufferspeicher, dezentral | Für dezentrale Solarthermieanlagen, die vor allem zur Unterstützung der Warmwasserbereitung eingesetzt werden, ist der Einsatz eines Pufferspeichers sinnvoll, um den Nutzungsgrad der Anlage zu erhöhen. Gleichermaßen 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. [38]   |
| Abwasserwärme oder Umweltwärme mit zentraler Wärmepumpe | Pufferspeicher, zentral   | Eingesetzt in Wohnanlagen ist für eine Abwasserwärmerrückgewinnung aufgrund des diskontinuierlichen Abwasserflusses eine Zwischenspeicherung in der Regel sinnvoll. Am Markt gibt es auch bereits zuverlässige Systeme. In der Kanalisation oder beim Einbau bei einer Kläranlage steht stets genügend Abwasser zur Verfügung. Das Temperaturniveau des Abwassers in der   |

| Erzeugungstechnologie | Speichertyp        | Erläuterungen   |
|-----------------------|--------------------|---|
|                       |                    | Kanalisation schwankt im Jahr etwa zwischen 20°C und 30°C. Den Einsatz eines saisonalen Wärmespeichers rechtfertigt diese Temperaturdifferenz von 10 K nicht. [39] [40, p. 4] Das gleiche gilt für Niedertemperatur-Umweltwärmeketten wie Gewässer. Auch wenn die Temperaturdifferenz größer ausfällt, ist ein ökonomisch sinnvoller Einsatz von saisonalen Wärmespeichern fraglich   |
| Wasserstoff           | Saisonale, zentral | 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. [41] |

## 4.4 Zusammenfassung der Potenziale

Die Potenziale durch Energieeinsparung und regenerative Energieerzeugung sind in Tabelle 11 sowie in Abbildung 26 (Wärme) und Abbildung 27 (Strom) dargestellt. Tabelle 11 führt zudem das Potenzialniveau und ggfs. relevante Annahmen auf.

### Solarenergie

Für das Potenzial von Aufdach-Photovoltaik und Aufdach-Solarthermie wurde nur die Bruttodachfläche mit einbezogen, somit konnten nicht alle Verlustmechanismen berücksichtigt werden.

Für das Potenzial von Freiflächenanlagen wurden Ertragsdaten von Referenzanlagen genutzt und mit den identifizierten Flächen des Solarkatasters verrechnet.

### Erneuerbare Gase

Für erneuerbare Gase wurde kein Potenzial identifiziert. Da in der Verbandsgemeinde keine industriellen Prozesswärmeverbedarfe vorhanden sind und auch das Wasserstoffkernnetz nicht durch die VG verlaufen wird, ist der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur nicht sinnvoll. Die eigene Erzeugung von Wasserstoff ist ökonomisch nicht sinnvoll, bis auf interne Anwendungen am Nürburgring.

### Windkraft

Das Potenzial wurde durch Informationen des Landesministerium des Innern und für Sport abgeschätzt. Die Potenzialflächen wurden durch Abzug bestimmter Ausschlusskriterien gebildet und mit Referenzwerten eines anderen Windparks verrechnet.

### Biomasse

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wurden nur Potenziale zur Nutzung von Abfall- und Reststoffen oder regionale Potenziale, die sowieso anfallen betrachtet. In dieser Kategorie konnten keine weiteren Potenziale identifiziert werden, außer im Zuge der Erweiterung der Kläranlage in Dümpelfeld und des Aufbaus eines Faulturms. Die Nutzung eines Klärgas-BHKWs wird allerdings voraussichtlich nur die Betriebsinternen Verbräuche abdecken und die Abwasserwerke haben den Einsatz eines Klärgas-BHKWs bereits vorgesehen.

## Umweltwärme

Das Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme beschränkt sich in der Verbandsgemeinde auf den Einsatz von Luftwärmepumpen, da für Flusswasserwärmepumpen kein ausreichender Wasserlauf zur Verfügung steht. Das Potenzial zur Nutzung von Luftwärmepumpen wird an dieser Stelle nicht näher quantifiziert.

## Abwasserwärme

Abwasserwärme kann über den Einbau von Wärmeübertragersystemen in Teilabschnitten der Kanalisation und dem Auslauf der Kläranlage in Dämpelfeld genutzt werden. Ebenfalls ist die Nutzung hauseigener Systeme denkbar, hier kann aufgrund der individuellen Gegebenheiten aber kein pauschales Potenzial ermittelt werden.

## Geothermie

Aufgrund fehlender Daten konnten keine Geothermie Potenziale quantifiziert werden. Durch die Online-Karten des Landesamtes für Geologie und Bergbau konnten allerdings Gebiete identifiziert werden, die sich aufgrund der voraussichtlichen Ergiebigkeit und wasserrechtlichen Einschätzung tendenziell für den Einsatz geothermischer Anlagen eignen.

## Abwärme

Es konnte kein Potenzial zur Nutzung industrieller Abwärme identifiziert werden.

## Energieeinsparung und Sanierung

In der Verbandsgemeinde resultiert aus den Annahmen ein Sanierungspotenzial von rund 116 GWh/a. Durch Daten der Firma Infas 360 GmbH konnte dieses Potenzial über das Baualter und die vorliegenden Sanierungsquoten sinnvoll auf die Gebäude verteilt werden. Das Sanierungspotenzial bezieht sich auf eine Sanierungsrate von 100%.

## Gesamt

Das gesamte regenerative Wärmepotenzial (Erzeugung und Reduktion) liegt bei etwa 10.800 GWh/a und das gesamte regenerative Strompotenzial etwa bei 9.830 GWh/a. Allerdings stehen viele Technologien und Potenziale in Konkurrenz zueinander, wie beispielsweise Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft, sodass allein aus diesem Grund eine volle Ausschöpfung des Potenzials nicht möglich ist. Einige Potenziale waren nicht quantifizierbar, wie das Potenzial zur Nutzung von Umweltwärme oder geothermischer Wärme.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Potenziale der verschiedenen Anwendungen samt Potenzialniveau und Anmerkungen

| Anwendung                   | Potenzial [GWh/a] | Potenzialniveau       | Anmerkungen/ Annahmen  |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|--|
| Sanierung                   | 116               | Technisches Potenzial | Sanierungsrate von 100%  |
| Unvermeidbare Abwärme       | 0                 | Kein Potenzial        | Kein Potenzial in der VG verfügbar                               |
| Solarthermie Aufdachanlagen | 892               | Technisches Potenzial | Studie Solarkataster. Bezieht sich aber nur auf Bruttodachfläche |
| Solarthermie Freifläche     | 9.650             | Technisches Potenzial | Mögliche Erträge wurden durch Referenzanlagen hochgerechnet.     |
| Geothermie                  | -                 | Nicht quantifizierbar | Potenzial konnte nicht quantifiziert werden                      |
| Luftwärmepumpe              | -                 | Nicht quantifizierbar | Potenzial konnte nicht quantifiziert werden                      |
| Biomasse                    | 0                 | Kein Potenzial        | Kein Potenzial aufgrund fehlender regionaler Ressourcen          |

| Anwendung                      | Potenzial [GWh/a] | Potenzialniveau       | Anmerkungen/ Annahmen   |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------|---|
| Abwasser                       | 116               | Technisches Potenzial | Bezieht sich auf Auslauf Kläranlage Dümpelfeld und Einbau von Wärmeübertrager innerhalb der Kanalisation. Da die Temperaturwerte innerhalb der Kanalisation nicht bekannt sind, wird mit einem durchschnittlichen $\Delta T$ von 4 K gerechnet. |
| Erneuerbare Gase               | 0                 | Kein Potenzial        | Kein Potenzial in der VG zur Betreibung eines Wasserstoffnetzes verfügbar, da kein Prozesswärmeverbrauch vorhanden ist und die eigene Herstellung von Wasserstoff nicht ökonomisch darstellbar ist.   |
| Photovoltaik Aufdachanlagen    | 300               | Technisches Potenzial | Studie Solarkataster. Bezieht sich aber nur auf Bruttodachfläche  |
| Photovoltaik Freifläche        | 8.900             | Technisches Potenzial | Mit Referenzanlage aus Flächen des Solarkatasters hochgerechnet.  |
| Windenergie                    | 630               | Technisches Potenzial | Mit Referenzanlage aus Flächen der Analyse des Landesministeriums des Innern und für Sport hochgerechnet.   |
| <b>Gesamtes Wärmepotenzial</b> | <b>10.800</b>     |                       |   |
| <b>Gesamtes Strompotenzial</b> | <b>9.830</b>      |                       |   |

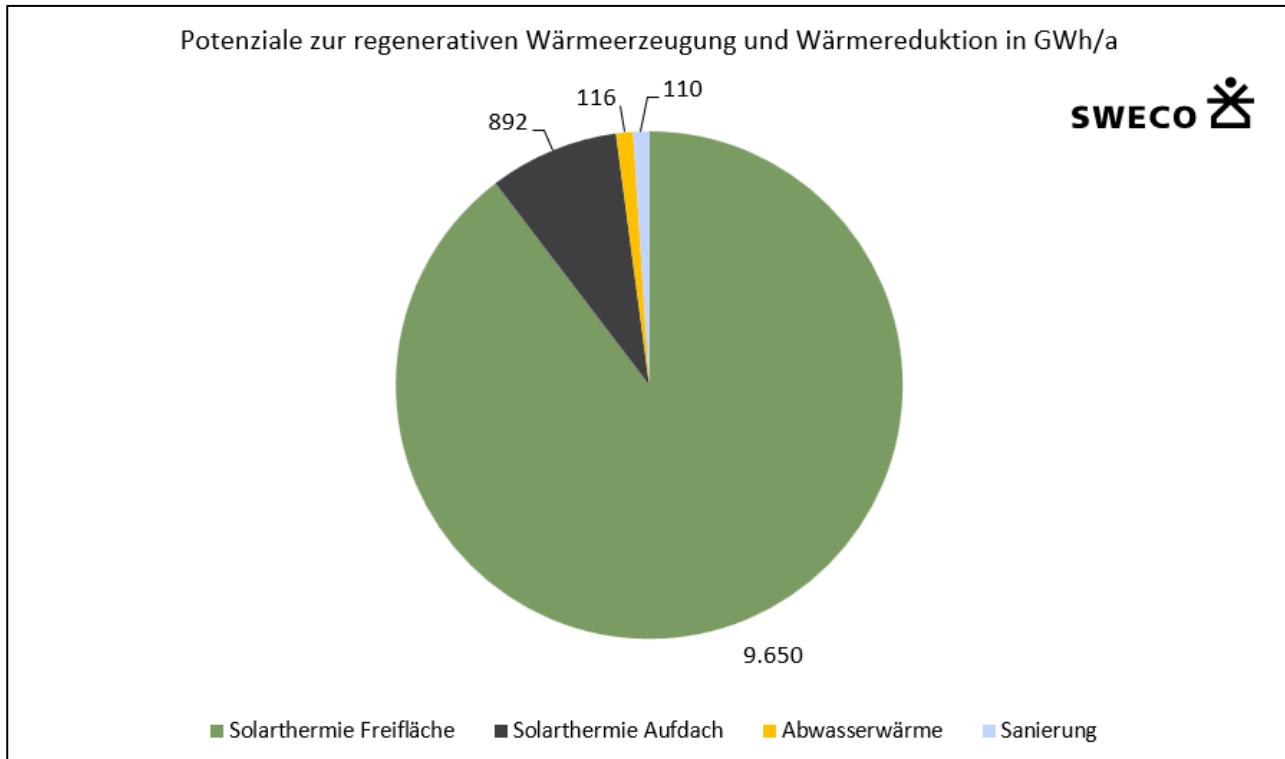


Abbildung 26: Potenziale zur regenerativen Wärmeerzeugung und Wärmereduktion in GWh/a.

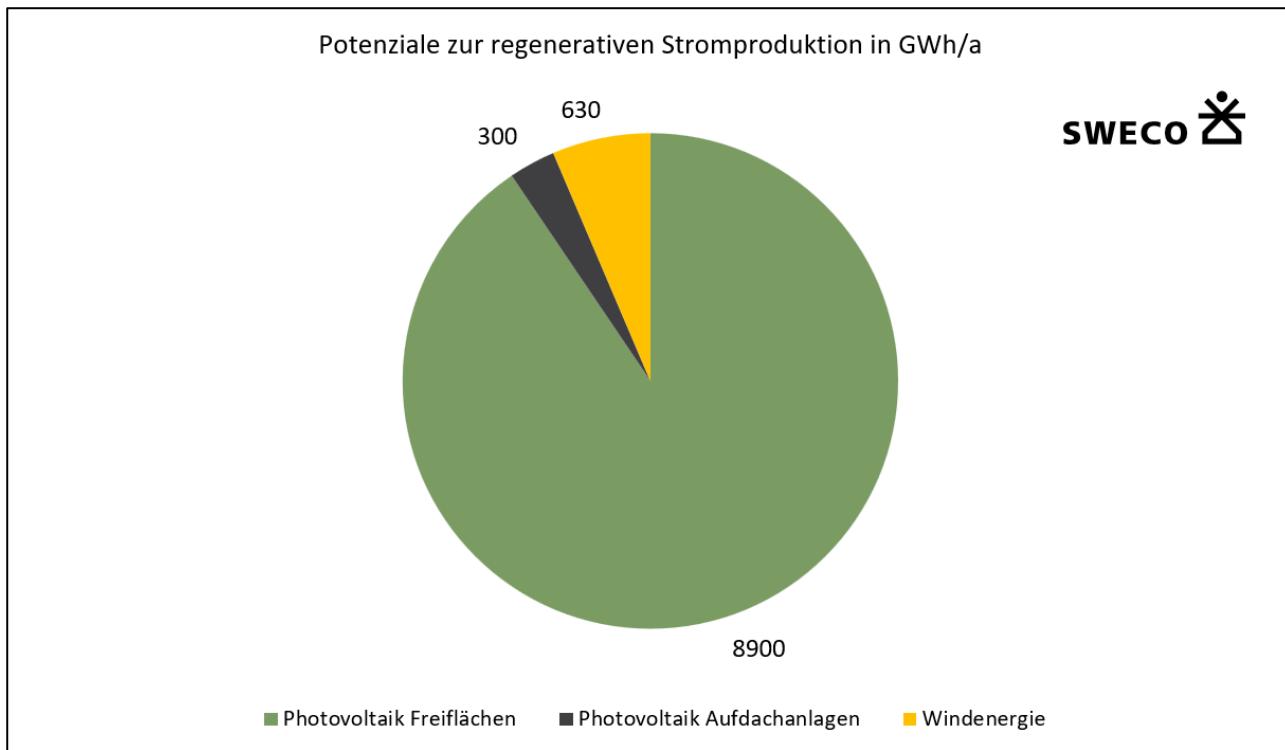


Abbildung 27: Potenziale zur regenerativen Stromproduktion in GWh/a.

## 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 Eignungsbiete zu definieren. Mithilfe dieser Eignungsbewertung wird in Abstimmung mit den Fachakteuren im Szenarien- und 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 erneuerbaren 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 beziehungsweise in den Maßnahmen Anwendung. In Abbildung 28 wird der Bewertungsvor-gang schematisch dargestellt.

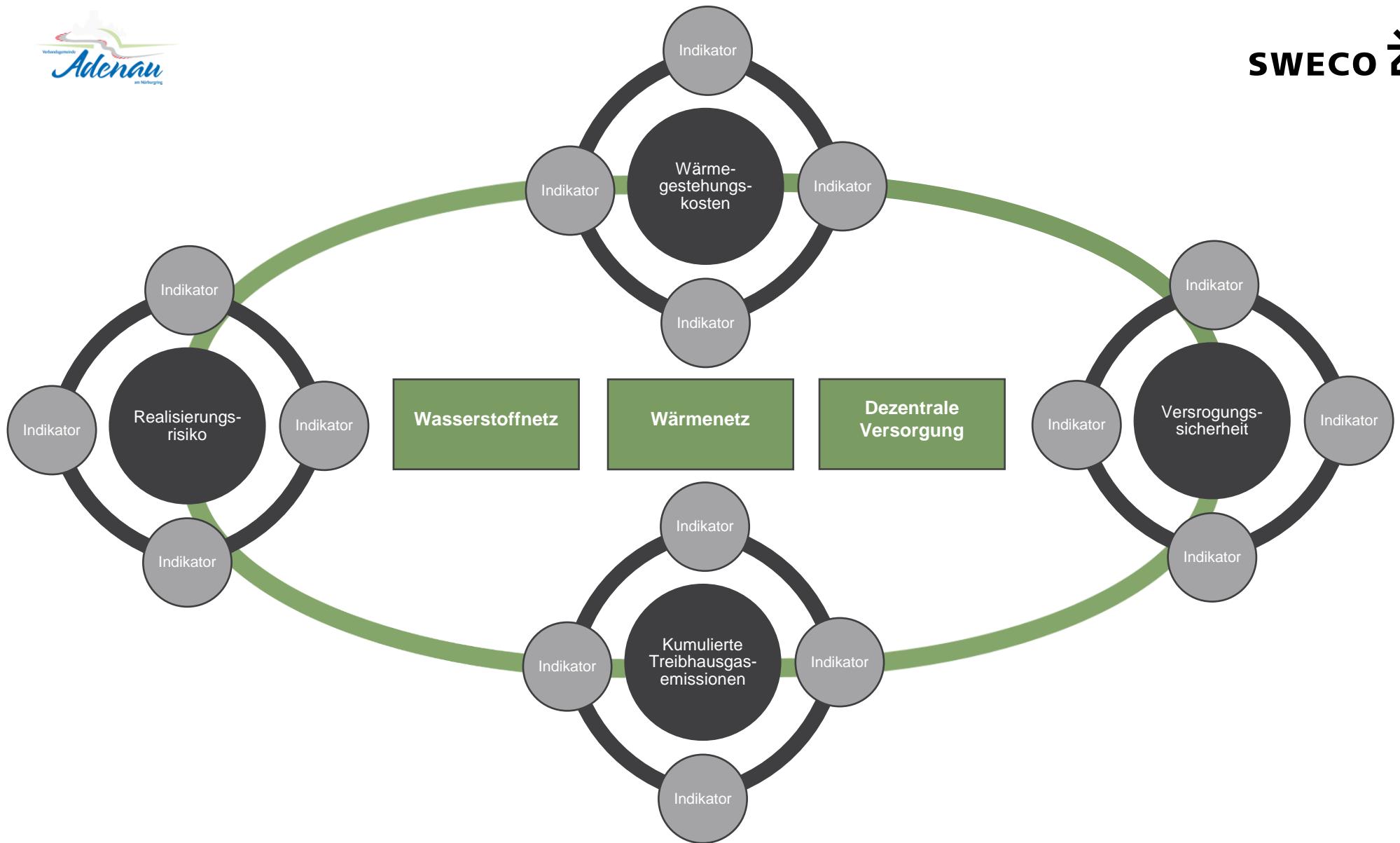


Abbildung 28: Bewertungsschema mit Wärmeversorgungsarten, Bewertungskategorien- und Indikatoren

### 5.1.1 Gewichtung der Indikatoren

In Tabelle 12 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 unter anderem die Wärmedichte, die Nähe zu regenerativen Erzeugungsquellen und die Nähe zu potenziellen Ankerkunden. Andere Indikatoren beziehen sich, insbesondere aufgrund der Datengrundlage, auf das gesamte Untersuchungsgebiet. 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 liegen im Rahmen der KWP allerdings nicht vor und müssen in nachfolgenden Planungsprozessen betrachtet werden.

Tabelle 12: Auflistung der Indikatoren für die einzelnen Bewertungskategorien

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

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 Versorgung durch erneuerbare Gase liegt der Schwerpunkt vor allem auf dem langfristigen Prozesswärmeverbedarf und für die Bewertung der Dezentralen Versorgung auf der Wärmedichte und dem Sanierungspotenzial.

Der Indikator *spezifische Investitionsaufwand für Infrastruktur* geht nur mit einer geringen Gewichtung in die Bewertung ein, 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 Verbandsgemeinde 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 13 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 13: Gewichtungen der einzelnen Bewertungsindikatoren für die jeweiligen Wärmeversorgungsarten

| Indikator  | Wärmenetz  | Erneuerbare Gase | Dezentrale Versorgung |
|--|------------|------------------|-----------------------|
| Wärmedichte  | 30%        | 0%               | 40%                   |
| Potenzial regenerativer Wärmeerzeugung   | 40%        | 0%               | 0%                    |
| Potenzielle Ankerkunden  | 15%        | 0%               | 0%                    |
| Erwartbarer Anschlussgrad  | 5%         | 0%               | 0%                    |
| Langfristiger Prozesswärmebedarf   | 0%         | 40%              | 0%                    |
| Vorhandensein von Gasnetzen  | 0%         | 20%              | 0%                    |
| Spezifischer Aufwand Infrastruktur   | 5%         | 15%              | 5%                    |
| Investitionskosten Anlagen-technik   | 3%         | 10%              | 10%                   |
| Preisentwicklung   | 2%         | 15%              | 5%                    |
| Sanierungspotenzial  | 0%         | 0%               | 40%                   |
| <b>Gewichtungsfaktor Wärmegestehungskosten</b>   | <b>70%</b> |                  |                       |
| Indikator  | Wärmenetz  | Erneuerbare Gase | 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%                 |
| <b>Gewichtungsfaktor Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit</b>   | <b>25%</b> |                  |                       |
| <b>Gewichtungsfaktor Treibhausgasemissionen</b>  | <b>5%</b>  |                  |                       |

### 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 Bewertungen der Wärmeversorgungsart Erneuerbare Gase beziehen sich hauptsächlich auf den Einsatz von grünem Wasserstoff, da eine flächendeckende Versorgung durch Biomethan oder synthetisches Methan nicht realistisch ist.

#### Allgemeine Indikatoren

Die gewählten Eignungsstufen der Indikatoren, die für alle Gebäude des Untersuchungsgebiets gleich bewertet werden, sind in Tabelle 14 aufgelistet und werden nachfolgend näher beschrieben.

Tabelle 14: Bewertung der Indikatoren, die nicht gebäudescharf bewertet werden.

| Indikator  | Wärmenetz        | Erneuerbare Gase | Dezentrale Versorgung |
|--|------------------|------------------|-----------------------|
| Spezifischer Investitionsaufwand Infrastruktur   | Niedrige Eignung | Mittlere Eignung | Hohe Eignung          |
| Investitionskosten Anlagen-technik   | Mittlere Eignung | Mittlere Eignung | Niedrige Eignung      |
| Preisentwicklung Energie-träger  | Mittlere Eignung | Niedrige Eignung | Mittlere Eignung      |
| Risiken hinsichtlich Auf-, Aus- und Umbau der Infrastruktur  | Niedrige Eignung | Mittlere Eignung | Hohe Eignung          |
| Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorge-lagerter Infrastrukturen                         | -                | Niedrige Eignung | Hohe Eignung          |
| Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Ver-fügbarkeit von Energie-trägern oder Erschlie-ßung lokaler Wärme-quellen | Mittlere Eignung | Niedrige Eignung | -                     |
| Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rah-menbedingungen  | Hohe Eignung     | Niedrige Eignung | Hohe Eignung          |
| Kumulierte Treibhaus-gasemissionen   | Mittlere Eignung | Niedrige Eignung | Hohe Eignung          |

**Spezifischer Investitionsaufwand Infrastruktur:** Aufgrund nicht vorliegender Daten zur Belegung des Untergrunds der Straßen 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 Untersuchungsgebiet gleichermaßen berücksichtigt. Der Aufwand für den Neuaufbau einer Wärmeinfrastruktur wird zweifelsfrei am höchsten eingeschätzt, da dafür großflächige Straßenarbeiten notwendig sind.

Der Aufwand für die Umwidmung des Gasnetzes ist abhängig vom Alter und Zustand des Netzes. Im besten Fall müssen nur einzelne Komponenten ausgetauscht werden und im Extremfall muss das gesamte Netz erneuert werden. Es bietet sich an eine Untersuchung des Gasnetzes und des Umwidmungsaufwandes durchzuführen, um dieses Kriterium genau bewerten zu können. Da diese Daten zum aktuellen Zeitpunkt nicht vorliegen wird der Aufwand zunächst mit einer mittleren Eignung bewertet, da davon ausgegangen wird, dass mindestens einzelne Streckenabschnitte weiterhin genutzt werden können.

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 Depression zu erwarten ist. Bei Anschluss an ein Wasserstoffnetz ist eine Gastherme, auch wenn sie als H<sub>2</sub>-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, allerdings etwas günstiger als aktuelle Wärmepumpenpreise. Insofern wurde die Eignung für Wasserstoff als mittel und die Eignung für eine dezentrale Versorgung als niedrig eingestuft. Die Kosten für die Umstellung auf eine Fernwärmeheizung fallen individuell aus, liegen allerdings eher auf dem Niveau einer neuen Gastherme und daher wird die Eignung ebenfalls als mittel eingestuft. [42]

**Preisentwicklung Energieträger:** 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 im internationalen Vergleich 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 [43]. 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. Da die Abhängigkeit vom Weltmarkt bei Import von grünem Wasserstoff am höchsten ist, wird dieser Aspekt für die Bewertung der Eignung eines Wasserstoffnetzes höher bewertet als beim Energieträger Strom. [44]

Für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen und die Versorgung über ein Wärmenetz ist die Preisentwicklung des Energieträgers Strom relevant. Es gibt viele Studien und Ansätze zur Prognose der zukünftigen Entwicklung des Strompreises. Für die Berechnung der Maßnahmen wurde sich für einen mittleren Preispfad entschieden, der ein relativ konstantes Preisniveau bis 2045 annimmt.

**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 verstehen, 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 des Aufwandes der Umwidmung des Gasnetzes wird die Eignung als mittel bewertet. Aufgrund der bereits vorhandenen Infrastruktur sinkt das Risiko. Allerdings ist nicht bekannt in welchem Zustand sich das Gasnetz befindet.

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 [45, 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. Das Wasserstoff-Kernnetz wird voraussichtlich nicht in der Nähe der Verbandsgemeinde verlaufen, sodass eine Anbindung unrealistisch ist. Daher ist von einer fehlenden 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. [45, 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 der Verbandsgemeinde beschränkt sich vor allem auf Abwasserwärme, Solarenergie und Geothermie. Dabei ist für Geothermie ein Fündigkeitsrisiko zu erwarten. Ebenfalls gibt es nur wenig potenzielle Erzeugungsquellen in der Nähe des Verbrauchsschwerpunkts in der Stadt Adenau des dicht besiedelten Stadtgebiets. Daher wurde die Eignung als mittel bewertet.

Für die Bewertung der Verfügbarkeit von erneuerbaren Gasen in Zukunft ist aufgrund des hohen Wasserstoffbedarfs und der begrenzten Verfügbarkeit erneuerbaren Stroms in Deutschland ein hoher Anteil an Importen zu erwarten. Es ist unsicher welche Mengen in Zukunft bezogen werden können und zunächst werden die Industriedarbe in Deutschland bevorzugt. Da es in der Verbandsgemeinde keine entsprechenden Industriedarbe gibt wird der Wert mit niedriger Eignung versehen.

**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 Indikatoren

Für die Ermittlung der **Wärmedichte** wird um jedes Gebäude ein Umkreis von 1 ha gezogen, in dem 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 15). 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 15: Klassifikation der Wärmebedarfsdichte nach potenzieller Eignung für Wärmenetze [46]

| <b>Wärmedichte MWh/ha*a</b> | <b>Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen</b> |
|-----------------------------|--|
| 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 **Anschlussgrad** an ein Wärmenetz hat einen großen Einfluss auf die resultierenden Wärmegestehungskosten. 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 zu erhöhen.

Für die Eignungsbewertung wird dennoch eine erste Tendenz in Abhängigkeit der Besiedlungsdichte ermittelt. In dicht besiedelten Bereichen der Verbandsgemeinde sind nur begrenzt Aufstellflächen für Luft-Wärme-Pumpen verfügbar, sodass der Aufbau dezentraler Versorgungsflächen sich teilweise schwierig gestaltet.

In Tabelle 16 sind alle individuell betrachteten Indikatoren und die jeweiligen Bewertungsstufen aufgeführt.

Tabelle 16: 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     | Außerhalb der Versorgungsradien                                  | Innerhalb von Versorgungsradien eines erneuerbaren Energieträgers                                  | Innerhalb von Versorgungsradien von mindestens zwei erneuerbaren Energieträgern                   |
| Nähe zu Ankerkunden              | Größter Wärmeverbrauch in 100 m Radius Entfernung:<br><300 MWh/a | Größter Wärmeverbrauch in 100 m Radius Entfernung: 300-500 MWh/a                                   | Größter Wärmeverbrauch in 100 m Radius Entfernung:<br>>500 MWh/a                                  |
| Langfristiger Prozesswärmebedarf | Höchster Erdgasverbrauch im Umkreis von 100 m < 1 GWh/a          | Höchster Erdgasverbrauch im Umkreis von 100 m 1-3 GWh/a Erdgasverbrauch + BISKO-Sektor „Industrie“ | Höchster Erdgasverbrauch im Umkreis von 100 m >3 GWh/a Erdgasverbrauch + BISKO-Sektor „Industrie“ |
| Erwartbarer Anschlussgrad        | < 30 Gebäude im Umkreis von 100 m                                | 30-50 Gebäude im Umkreis von 100 m   | >50 Gebäude im Umkreis von 100 m  |
| Vorhandensein von Gasnetzen      | Gasnetzanschluss >100 m entfernt                                 | Gasnetzanschluss maximal 100 m entfernt  | Gasnetzanschluss vorhanden  |
| Sanierungspotenzial              | >60%   | 30%-60%  | >30%  |

## 5.2 Eignungsgebiete

Mit den beschriebenen Indikatoren wird im nächsten Schritt eine gebäudescharfe Eignungsbewertung der Wärmeversorgungsarten durchgeführt.

Die Ergebnisse der Eignungsbewertung sind in Abbildung 29, Abbildung 30 und Abbildung 31 dargestellt.

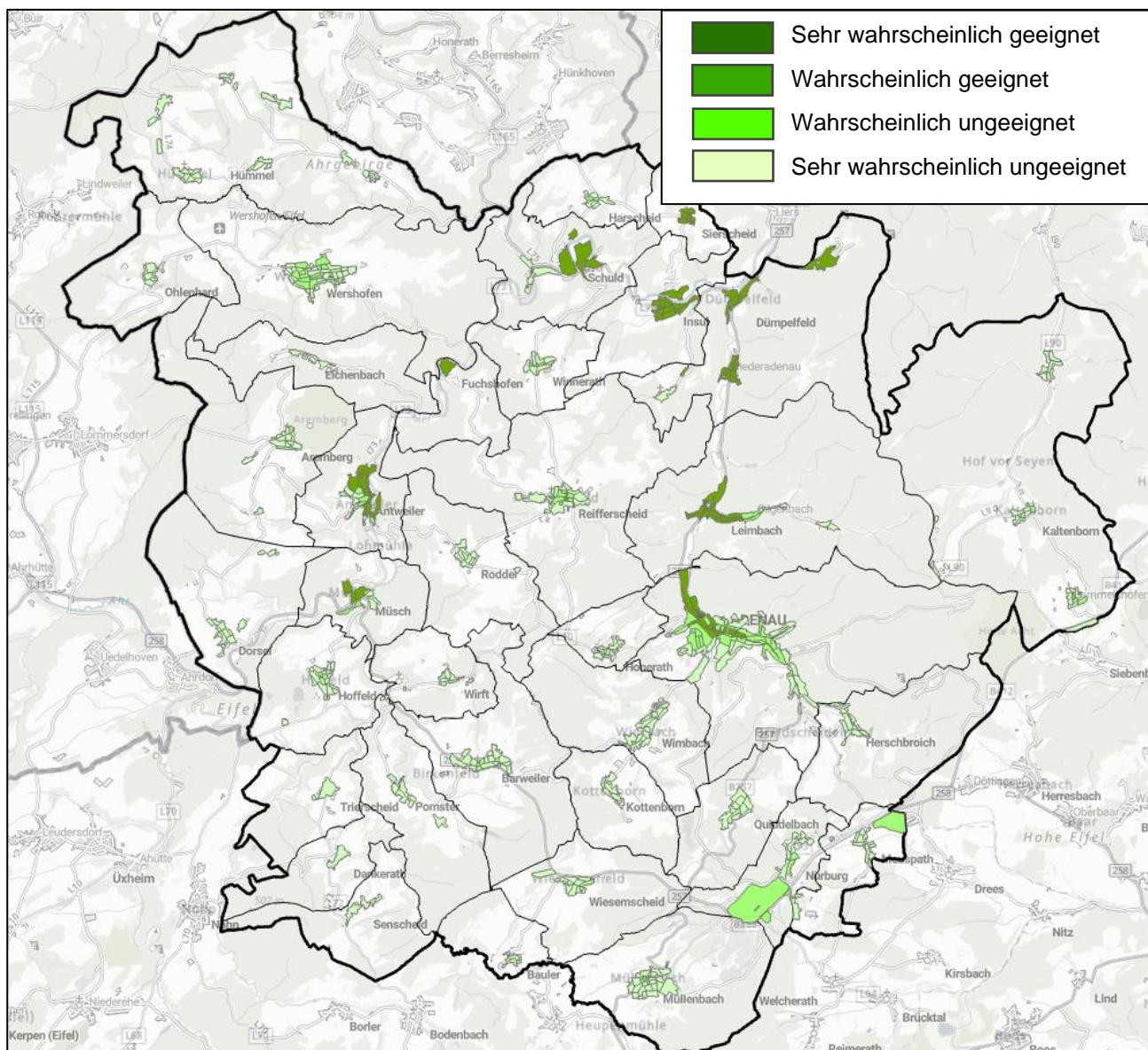


Abbildung 29: Bewertung der Eignung von Wärmenetzen.

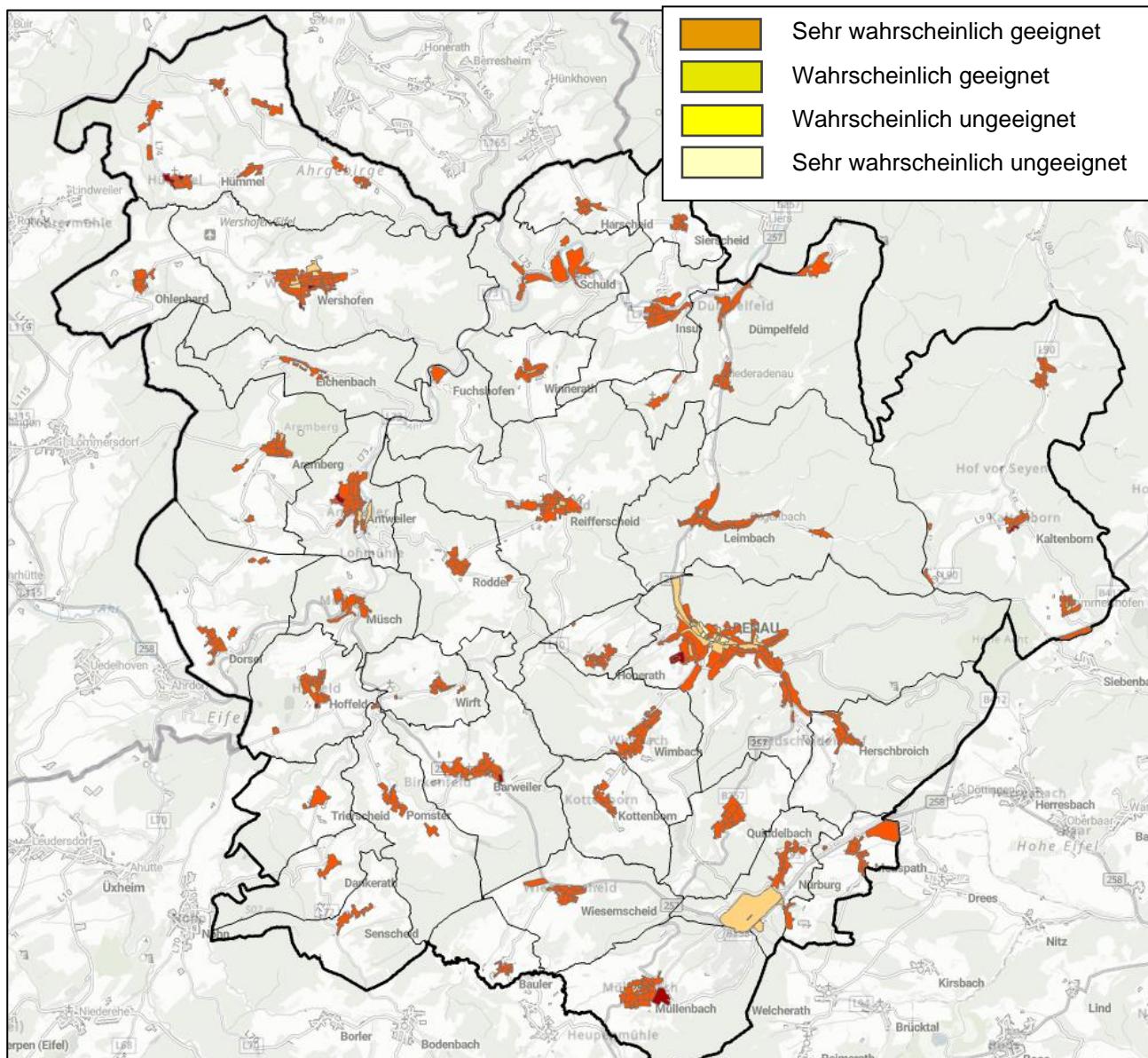


Abbildung 30: Bewertung der Eignung dezentraler Wärmeversorgungsstrukturen.

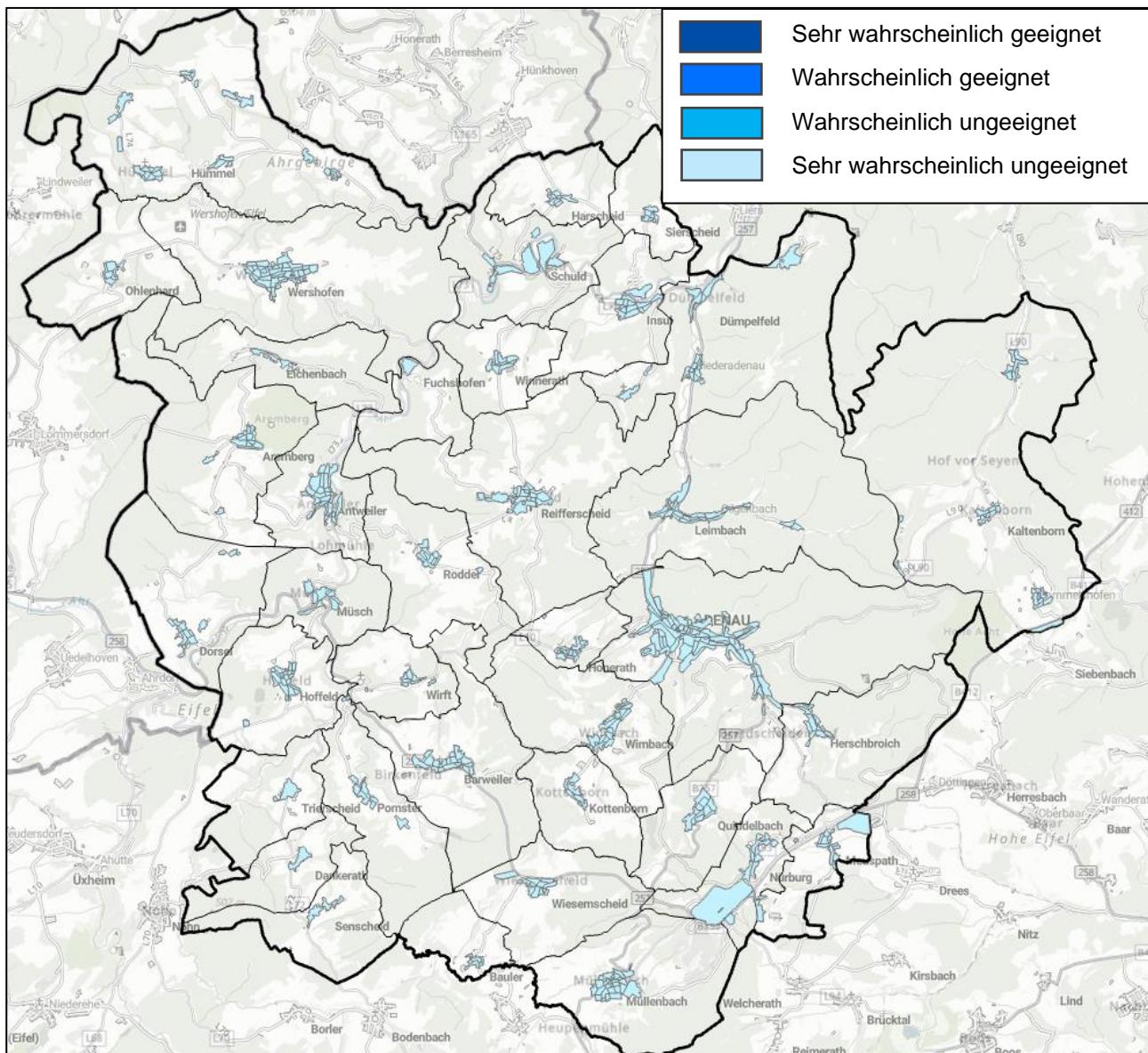


Abbildung 31: Bewertung der Eignung zur Versorgung mit erneuerbaren Gasen.

**Eignung für ein Wärmenetz:** Aufgrund der Abwasserwärmepotenziale steigt die Eignung für ein Wärmenetz entlang des Kanalnetzes in Richtung der Kläranlage in Dämpelfeld an. An der Kläranlage selbst wird das gesamte Abwasser der Verbandsgemeinde gesammelt und aufbereitet. Dort ist die Eignung auch am höchsten. Gleichzeitig wird die Eignung für ein Wärmenetz durch die vorliegende Wärmedichte bestimmt. Diesbezüglich bietet sich vor allem die Stadt Adenau für den Aufbau eines Wärmenetzes an, da hier der Verbrauchsschwerpunkt der Verbandsgemeinde liegt. Im Süden der Verbandsgemeinde und in den ländlicheren Bereichen, bei denen kein großer Abwasserstrom entlangläuft, ist die Eignung gering. Aufgrund der allgemein eher geringeren Wärmeverbrauchsichte in der Verbandsgemeinde gibt es keine Gebiete mit einer sehr wahrscheinlichen Eignung.

**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 potentieller Aufstellfläche für dezentrale Wärmepumpen. Ebenfalls führen ein geringeres Sanierungspotenzial und eine geringere Wärmedichte zu höheren Effizienzen der Wärmepumpen. In der gesamten Verbandsgemeinde ist aufgrund der geringen Besiedlungsdichte eine breite Eignung für dezentrale Erzeugungsstrukturen zu erkennen. Nur innerhalb der Stadt Adenau, gibt es einige weniger geeignete Bereiche.

**Eignung für Erneuerbare Gase:** Da das Wasserstoffkernnetz nicht in der Nähe der Verbandsgemeinde geplant ist und innerhalb der Verbandsgemeinde keine industriellen Prozesswärmeverbedarfe vorherrschen ergibt sich flächendeckend eine sehr unwahrscheinliche Eignung zur Nutzung von Wasserstoff.

## 5.3 Szenarienvergleich

Mit den bewerteten Eignungsgebieten können im nächsten Schritt finale Wärmeversorgungsgebiete und Szenarien erstellt werden. Es besteht die Möglichkeit Wärmenetzgebiete, Gebiete zum Einsatz von erneuerbaren Gasen, 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 Wärmeversorgungseignungen ergeben, oder die Informationen nicht ausreichend sind, um eine finale Entscheidung treffen zu können. 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. Dezentrale Wärmeversorgungsstrukturen sind großflächig in der Verbandsgemeinde geeignet und werden sicherlich den Großteil der Wärmeversorgung in Zukunft abdecken. Hauptsächlich in der Stadt Adenau sind dezentrale Wärmepumpen aufgrund des höheren Wärmebedarfs, der alten Baustuktur und dem geringen Aufstellplatz weniger geeignet. Gebiete zum Einsatz von erneuerbaren Gasen gibt es keine.

Allen Szenarien liegt zusätzlich eine Zielgröße der **Sanierungsrate von 2,5%** zugrunde, mit der eine zukünftige Reduktion des Wärmeverbrauchs berücksichtigt wird. Diese Sanierungsrate entspricht den Energieeinsparungen der ersten fünf Jahre des Szenarios zur Energieeinsparung für private Haushalte im integrierten Klimaschutzkonzept der Verbandsgemeinde Adenau.

### 5.3.1 Szenario A – Dezentrale Vollversorgung

In Szenario A wird kein großflächiges Wärmenetz aufgebaut und die Wärmeversorgung in Zukunft hauptsächlich durch dezentrale Erdwärmepumpen, Luftwärmepumpen und Biomasseheizungen realisiert. Ebenfalls ist auch der Einsatz eines passiven kalten Nahwärmennetzes möglich. Dafür müssen verschiedene Erwärmesonden zusammengeschaltet werden, die ein kaltes unterirdisches Netz bilden. Dezentrale Wasser-Wasser Wärmepumpen heben das Wärmeniveau individuell im Gebäude an. Als Beispiel dafür dient die Ortsgemeinde Rech der Verbandsgemeinde Altenahr. In beiden Fällen werden allerdings dezentrale Wärmepumpen benötigt. Für dieses Szenario wäre eine umfangreiche Stromnetztransformation notwendig. Hohe dezentrale Lastspitzen zu erzeugungsschwachen Zeiten würden die Netzstabilität erschweren 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 die Energiewende selbstständig vorantreiben und für die Hausbesitzer\*innen im Ballungsgebiet der Stadt Adenau könnten Aufstellflächen für dezentrale Luft-Wärmepumpen fehlen. Der Aufbau eines kalten Nahwärmennetzes in der Stadt Adenau wird aufgrund des großen Versiegungsgrads schwierig. Das Risiko und die Kosten eines Aufbaus neuer Wärmeinfrastrukturen würde zwar gemieden werden, dafür würde das Risiko auf die Bürger\*innen der Verbandsgemeinde aufgeteilt, die hohe Kosten für Sanierung und Heizungserneuerung tragen müssten. In Abbildung 32 wird das räumliche Konzept von Szenario A dargestellt.

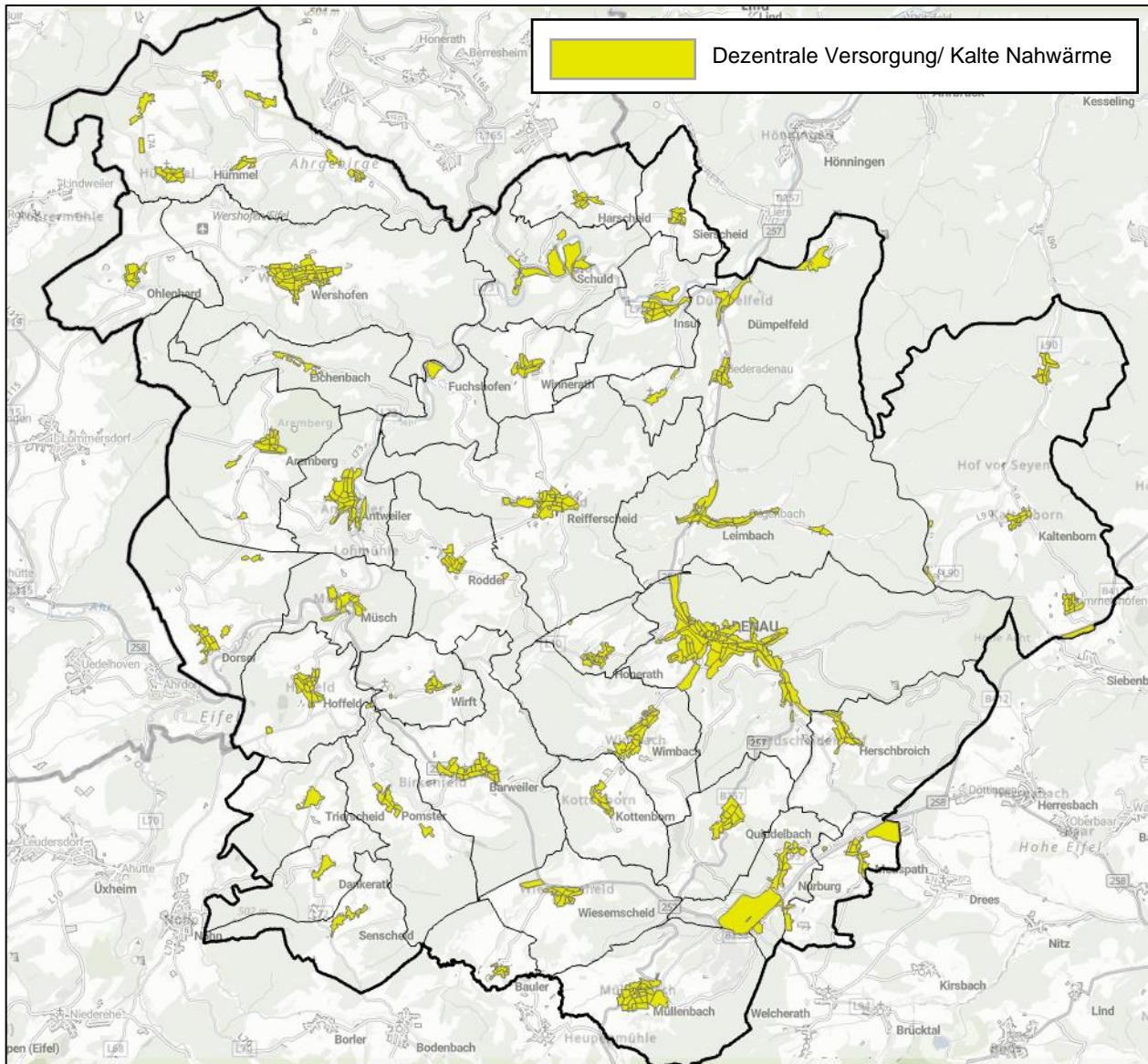


Abbildung 32: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario A

### 5.3.2 Szenario B – Wärmenetz Maximum

In Szenario B werden alle Gebiete, die wahrscheinlich geeignet sind für den Aufbau eines Wärmenetzes auch als Wärmenetzgebiete markiert. Die Wärmenetze würden durch die Abwasserwärme aus dem Auslauf der Kläranlage in Dämpelfeld und durch die Abwasserwärme der Kanalabschnitte gespeist werden. Durch Freiflächen-Solarthermie und Geothermie könnten die Netze zusätzlich unterstützt werden. 23% des Wärmebedarfs würden durch die Wärmenetze gedeckt werden. Dies wäre ein großer Treiber für die Energiewende und würde die dezentrale Elektrifizierung reduzieren. Allerdings wäre der Aufwand für die neue Infrastruktur und damit verbunden das Kostenrisiko entsprechend hoch. Ebenfalls wäre für den ökonomischen Betrieb der Netze eine hohe Anschlussquote notwendig. In Abbildung 33 wird das räumliche Konzept von Szenario B dargestellt.

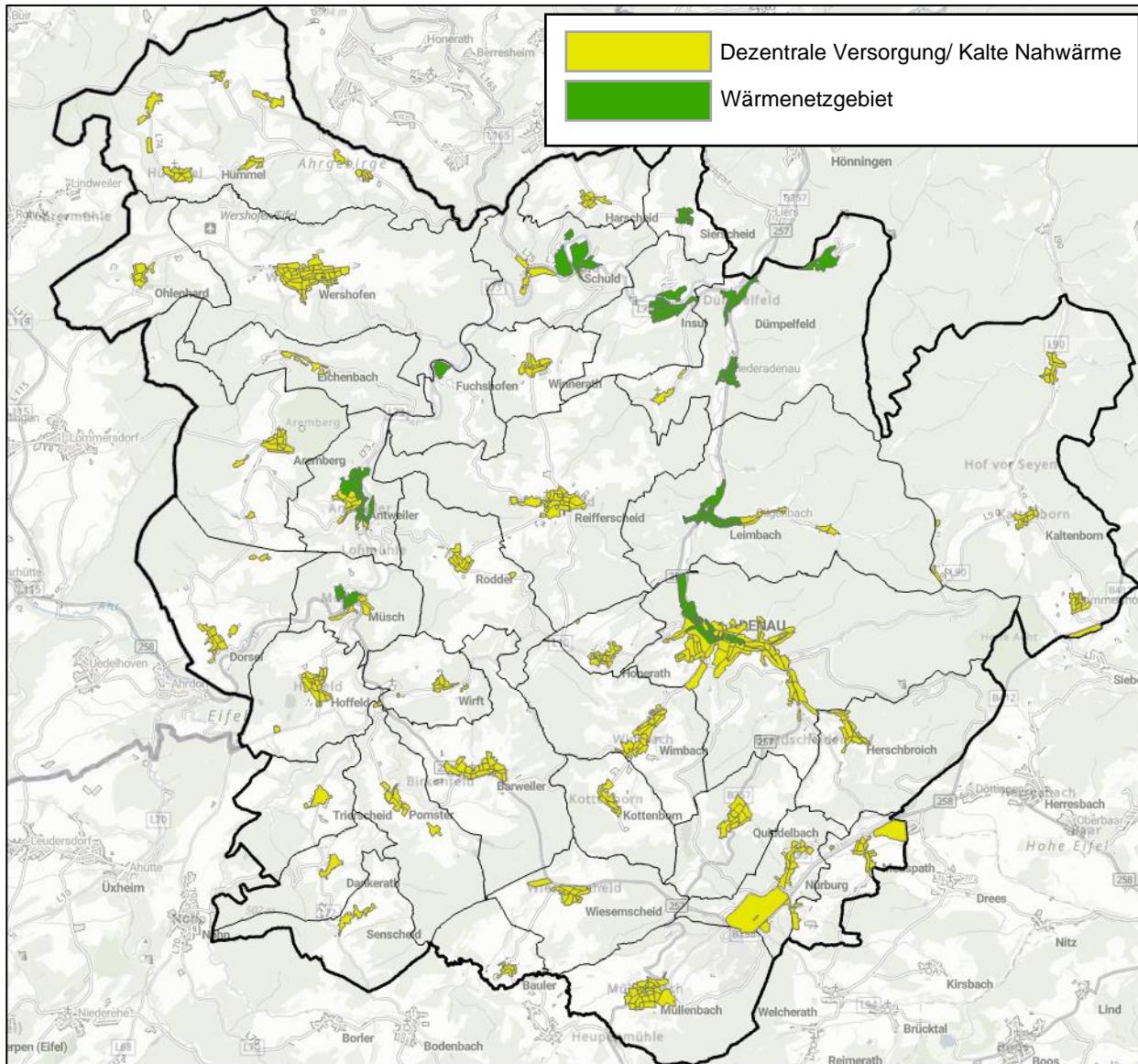


Abbildung 33: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario B

### 5.3.3 Szenario C – Wärmenetz- und Prüfgebiete

In Szenario C wird nur der Bereich um die Kläranlage in Dämpelfeld als Wärmenetzgebiete identifiziert. Die restlichen geeigneten Gebiete werden als Prüfgebiete ausgewiesen. Innerhalb der Prüfgebiete und des Wärmenetzgebiets wird im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung die Eignung zum Aufbau eines Wärmenetzes detailliert geprüft. Das Wärmenetzgebiet umfasst den Ortsteil Dämpelfeld. Ebenfalls wäre eine Versorgung des Ortsteils Liers der Verbandsgemeinde Altenahr denkbar. Das Wärmenetzgebiet deckt etwa 1,5% des Wärmeverbrauchs der Verbandsgemeinde ab und die Prüfgebiete etwa 22% des Wärmeverbrauchs. Der Aufwand zum Aufbau der Wärmenetzinfrastruktur und das Kostenrisiko ist deutlich geringer als in Szenario B. Auch für einen ökonomischen Betrieb dieses Netzes ist eine hohe Anschlussquote notwendig. In Abbildung 34 wird das räumliche Konzept von Szenario C dargestellt.

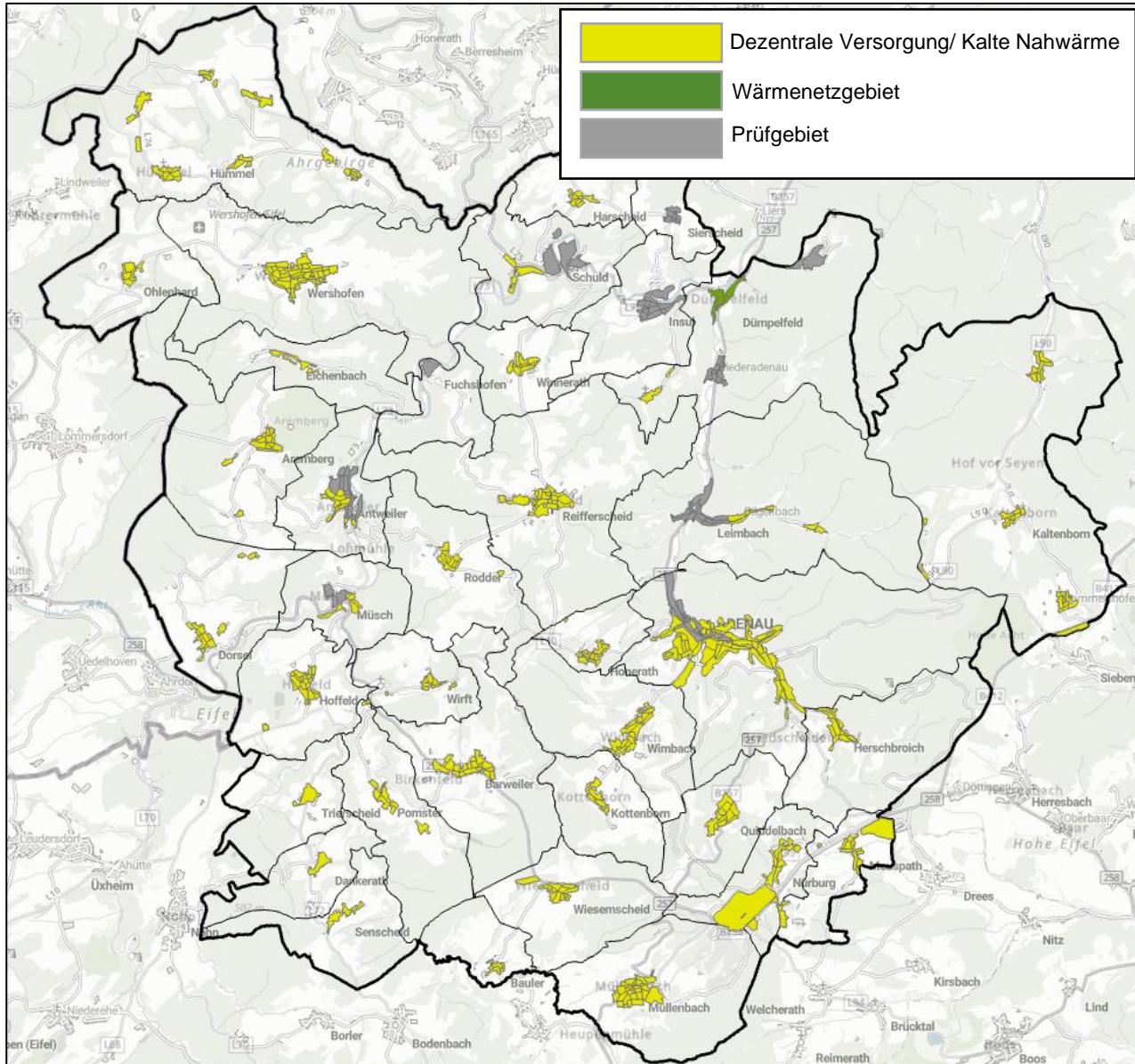


Abbildung 34: Darstellung der Wärmeversorgungsgebiete in Szenario C

## 5.4 Zielszenario

Mit den Ergebnissen des Szenarien Vergleichs und nach Absprachen mit dem Auftraggeber kann im Anschluss das Zielszenario entwickelt werden. Dem Zielszenario liegt die Gebietseinteilung aus Szenario C zu grunde. Die Möglichkeit der Realisierung eines Wärmenetzes innerhalb des Wärmenetzgebietes muss im Zuge einer **BEW-Machbarkeitsstudie** noch näher geprüft werden. Dennoch wird es bereits als Wärmenetzgebiet identifiziert, da es sinnvoll ist, sich an dieser Stelle um die Nutzung der Abwärmemengen aus dem Auslauf der Kläranlage intensiv zu bemühen.

### 5.4.1 Indikatoren des Zielszenarios

Zur Quantifizierung der Ergebnisse des Zielszenarios werden Indikatoren berechnet, die den Fortschritt auf dem Weg zum Ziel messbar machen. Es wird die Annahme getroffen, dass innerhalb der Wärmenetzgebiete alle Gebäude an ein Wärmenetz angeschlossen werden und somit das Potenzial ausreizen. Im Gegensatz werden die Prüfgebiete zunächst außen vorgelassen. Der Aufbau der Wärmenetze wird mit einem linearen Verlauf versehen.

Die jährlichen Wärmekosten der Bürger\*innen werden im Vergleich zum Jahr 2024 im Zieljahr voraussichtlich je nach Strompreisentwicklung und Wärmegestehungskosten der Nahwärme um 30-40% reduziert.

Grund dafür ist der günstige Betrieb dezentraler Wärmepumpen, die Reduzierung von Wartungskosten und Schornsteinfegerkosten und vor allem die Reduzierung des Wärmeverbrauchs auf 68% des aktuellen Wärmeverbrauchs. 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.

In Tabelle 17 sind die Ergebnisindikatoren dargestellt. Die Gebäude außerhalb der Wärmenetzgebiete werden durch Luftwärmepumpen, Erdwärmepumpen und dezentrale Biomassekessel versorgt. Auch der Einsatz von kalter Nahwärme innerhalb der dezentralen Gebiete ist denkbar. Die Nutzung von Heizöl, Erdgas und anderen fossilen Heizenergieträgern läuft bis 2045 komplett aus. Das Wärmenetzgebiet wird durch Abwasserwärme versorgt und gegebenenfalls durch Geo- und Solarthermie unterstützt.

Bezüglich der Nutzung dezentraler Luftwärme- und Erdwärmepumpen wurde eine Verteilung von 70%/30% angenommen. Die Erdwärmepumpen können entweder als Einzelsysteme oder im Kollektiv eines kalten passiven Wärmenetzes eingesetzt werden. Für die Nutzung dezentraler Solarthermieanlagen wurde angenommen, dass etwa 4 GWh/a (ca. 0,4% des Potenzials) auf den Hausdächern erzeugt werden. Bei den Biomasseheizungen wurde wiederum die Annahme getroffen, dass knapp 50% der bestehenden Heizungen, die hauptsächlich als Kamine für die Einzelraumheizung genutzt werden, auch im Jahr 2045 betrieben werden.

In Abbildung 35 wird die Aufteilung der Energieträger im Wärmesektor für das Zieljahr und die Stützjahre dargestellt. Dabei ist der Übergang zu einer durch Heizöl und Erdgas geprägten Wärmeversorgung hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung aus einem Mix aus Umweltwärme, Erdwärme, Heizstrom, Biomasse und Nahwärme zu erkennen. Umweltwärme nimmt aufgrund der großen Zahl benötigter Luftwärmepumpen den größten Anteil der Wärmeversorgung ein. Insgesamt besteht der Wärme-Mix im Jahr 2045 zu 41% aus Umweltwärme, zu 21% aus Heizstrom, zu 19% aus Erdwärme, zu 13% aus dezentraler Biomasse, zu 3% aus Solarthermie und zu 2% aus Nahwärme. Die Nahwärme wird zu 67% aus Abwasserwärme und zu 33% aus Strom gespeist. Der Netto-Stromanteil liegt bei 22%, wenn die Stromanteile der Nahwärme hinzugezogen werden. Für den Stromsektor bedeutet das eine **Verbrauchssteigerung von rund 50%**.

In Abbildung 36 ist der Verlauf der jährlichen und kumulierten THG-Emissionen im Wärmesektor dargestellt. Die jährlichen THG-Emissionen nehmen im Vergleich zum Status Quo um 96% ab. Insgesamt können in diesem Szenario bis 2045 etwa 445.000 t CO<sub>2</sub>e eingespart werden.

Tabelle 17: Ergebnisindikatoren des Zielszenarios

| Indikator   | Absolut |         |         |         |         | Relativ |      |      |      |      |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|------|
|   | 2025    | 2030    | 2035    | 2040    | 2045    | 2025    | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
| Jährliche Treibhausgasemissionen [t CO <sub>2e</sub> /a]  | 46.000  | 32.613  | 22.003  | 11.446  | 1.735   | 100%    | 71%  | 48%  | 25%  | 4%   |
| Kumulierte Treibhausgasemissionen [t CO <sub>2e</sub> /a] | -       | 185.019 | 325.699 | 422.040 | 474.043 | -       | -    | -    | -    | -    |
| Wärmeverbrauch gesamt [GWh/a]                             | 186     | 172     | 158     | 143     | 129     | 100%    | 92%  | 85%  | 77%  | 69%  |
| Wärmebedarfsreduktion [GWh/a]                             | 0       | 14,5    | 29      | 43,5    | 58      | 0%      | 8%   | 16%  | 23%  | 31%  |
| Verluste Wärmenetz [GWh/a]                                | 0       | 0       | 0,5     | 0,75    | 1       | 0%      | 0%   | 0%   | 1%   | 1%   |
| Wärmeverbrauch Private Haushalte [GWh/a]                  | 153     | 141     | 129     | 117     | 106     | 82%     | 82%  | 82%  | 82%  | 82%  |
| Wärmeverbrauch GHD/Sonstiges [GWh/a]                      | 24      | 23      | 21      | 20      | 18      | 13%     | 13%  | 13%  | 14%  | 14%  |
| Wärmeverbrauch Industrie [GWh/a]                          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0%      | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   |
| Wärmeverbrauch Kommunale Einrichtungen [GWh/a]            | 5       | 4       | 4       | 3       | 3       | 2%      | 2%   | 2%   | 2%   | 2%   |
| Verbrauch Wärmenetz gesamt [GWh/a]                        | 0       | 0,7     | 1,4     | 2       | 2,7     | 0%      | 0%   | 1%   | 1%   | 2%   |
| Davon Abwasserwärme [GWh/a]                               | 0       | 0,5     | 0,9     | 1,4     | 1,8     | 0%      | 67%  | 67%  | 67%  | 67%  |
| Davon Strom [GWh/a]                                       | 0       | 0,2     | 0,5     | 0,7     | 0,9     | 0%      | 33%  | 33%  | 33%  | 33%  |
| Verbrauch Erdgas gesamt [GWh/a]                           | 33      | 25      | 16      | 8       | 0       | 18%     | 14%  | 10%  | 6%   | 0%   |
| Verbrauch Heizöl [GWh/a]                                  | 101     | 75      | 49      | 23      | 0       | 55%     | 44%  | 31%  | 16%  | 0%   |
| Verbrauch Biomasse [GWh/a]                                | 34      | 30      | 25      | 21      | 17      | 18%     | 17%  | 16%  | 15%  | 13%  |
| Verbrauch Solarthermie dezentral [GWh/a]                  | 0       | 0,8     | 1,5     | 3       | 4       | 0%      | 0%   | 1%   | 2%   | 3%   |
| Verbrauch Umweltwärme dezentral [GWh/a]                   | 0       | 13      | 27      | 40      | 53      | 0%      | 8%   | 17%  | 28%  | 41%  |
| Verbrauch Erdwärme dezentral [GWh/a]                      | 0       | 6       | 13      | 19      | 25      | 0%      | 4%   | 8%   | 13%  | 19%  |
| Verbrauch Heizstrom dezentral [GWh/a]                     | 0       | 7       | 13      | 20      | 27      | 0%      | 4%   | 8%   | 14%  | 21%  |
| Verbrauch Sonstiges [GWh/a]                               | 18      | 14,3    | 10,8    | 6,5     | 0       | 10%     | 8%   | 7%   | 5%   | 0%   |
| Klimaneutrale Wärme [GWh/a]                               | 34      | 57      | 81      | 105     | 129     | 18%     | 33%  | 51%  | 73%  | 100% |

| Indikator   | Absolut |       |       |       |       | Relativ |      |      |      |      |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|---------|------|------|------|------|
|   | 2025    | 2030  | 2035  | 2040  | 2045  | 2025    | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
| Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz                | 0       | 83    | 166   | 249   | 332   | 0%      | 1%   | 3%   | 4%   | 6%   |
| Gebäude mit dezentraler Raumwärmeezeugung Umweltwärme | 0       | 1.317 | 2.634 | 3.951 | 5.268 | 0%      | 24%  | 47%  | 71%  | 94%  |
| Gebäude mit dezentraler Raumwärmeezeugung Biomasse    | 3.606   | 3.158 | 2.709 | 2.261 | 1.813 | 64%     | 56%  | 48%  | 40%  | 32%  |
| Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz                  | 759     | 569   | 380   | 190   | 0     | 14%     | 10%  | 7%   | 3%   | 0%   |

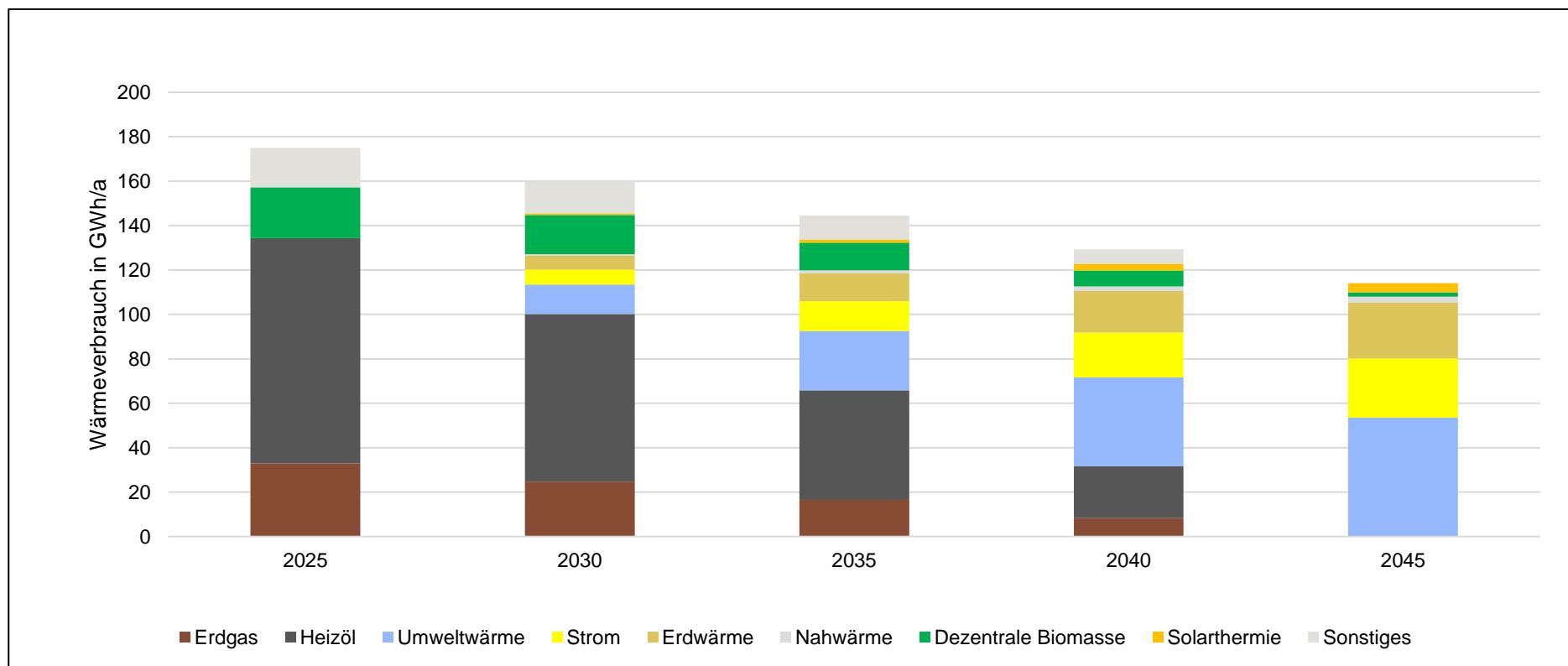


Abbildung 35: Wärmeverbrauch nach Energieträgern für die Stützjahre und das Zieljahr

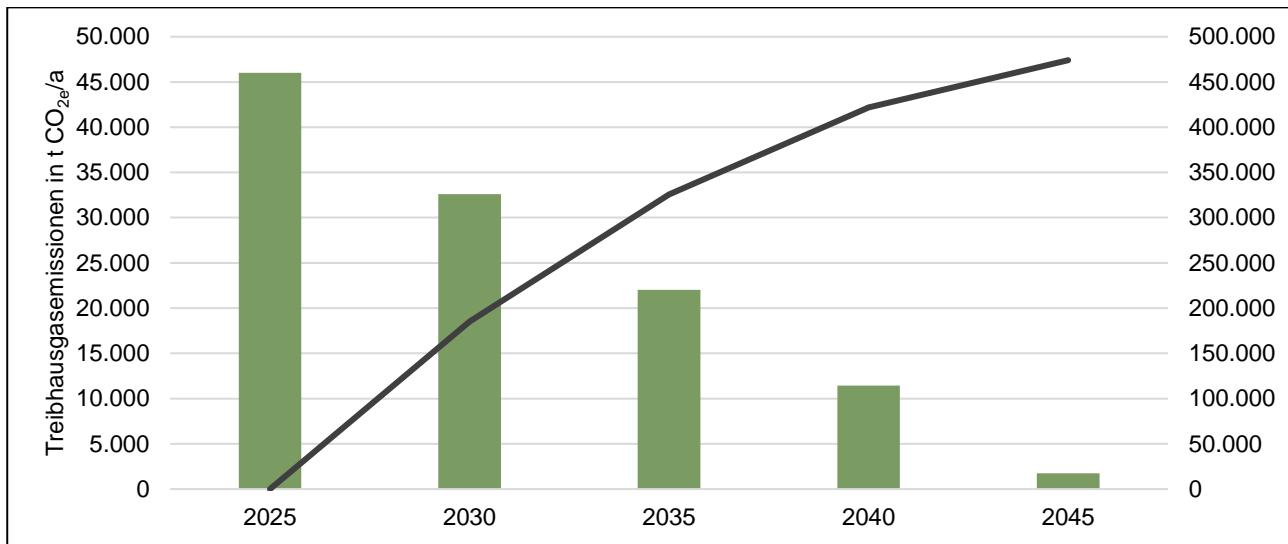


Abbildung 36: Jährliche und kumulierte THG-Emissionen der zukünftigen Wärmeversorgung.

#### 5.4.2 Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Bei Übereinanderlegen der Gebiete, die sich nicht für den Aufbau eines Wärmenetzes eignen und zukünftig dezentral versorgt werden und den Gebieten, die eine geringe Eignung für die dezentrale Versorgung aufweisen, werden diejenigen Gebiete identifiziert, die ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial aber auch eine hohe Notwendigkeit für Energieeffizienzmaßnahmen aufweisen. Es zeigt sich, dass neben ein paar Ausreißern der Fokus zukünftiger Sanierungsstrategien vor allem auf die Stadt Adenau gelegt werden sollte. Die Ergebnisse sind aufgrund der geringen Datengüte des Sanierungspotenzial als Tendenz zu verstehen und nicht als harte Gebietsabgrenzungen. In Abbildung 37 sind die Gebiete (orangene Markierung) dargestellt.

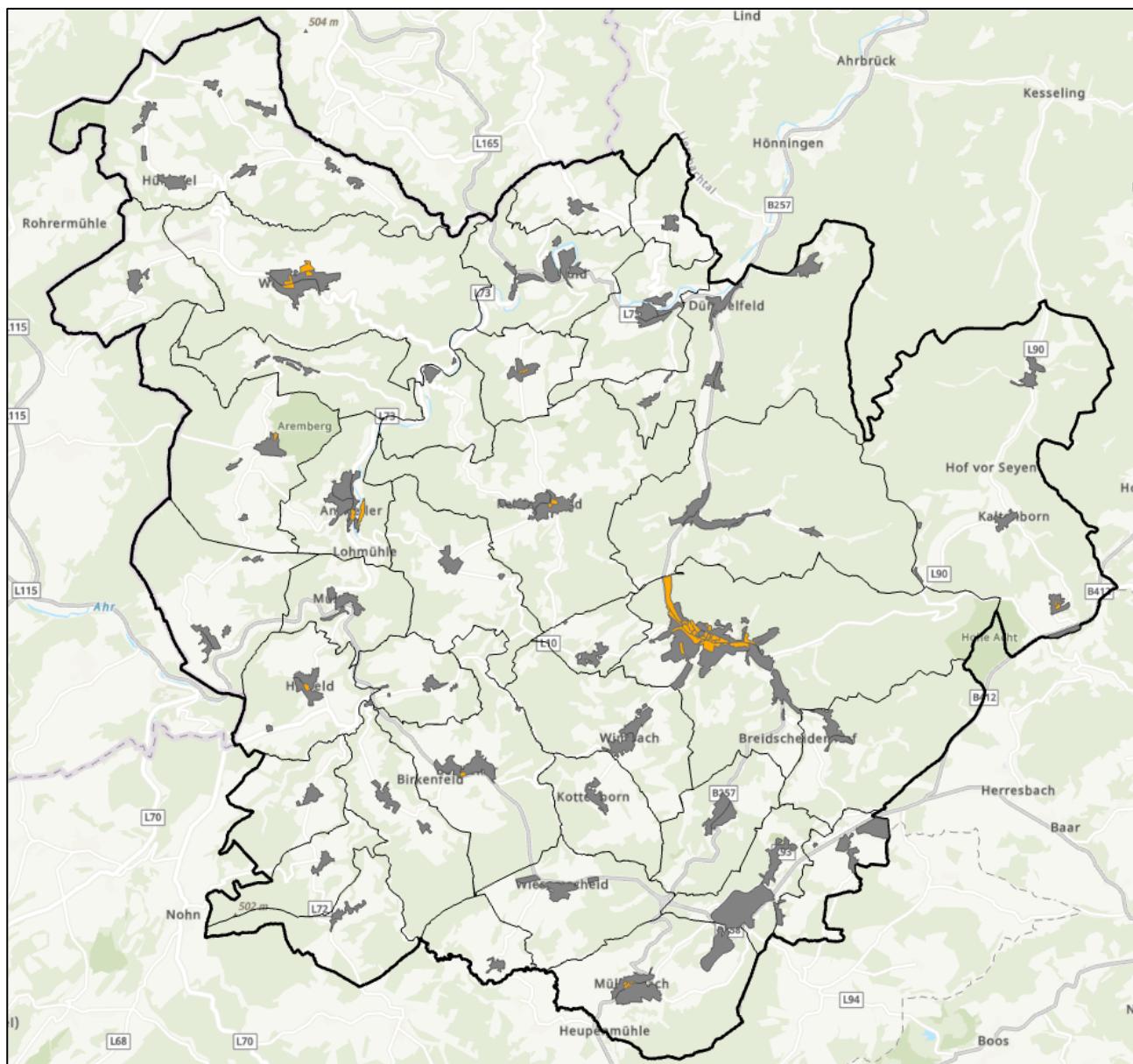


Abbildung 37: Darstellung der Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial (orange markiert)

## 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 wird zunächst das Gebiet um die Kläranlage in Dämpelfeld näher beschrieben und in zwei Fokusgebiete aufgeteilt. Im Anschluss werden innerhalb dieser Fokusgebiete 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

Das potenzielle Wärmenetzgebiet um die Kläranlage in Dämpelfeld wird als Fokusgebiet bezeichnet, da dort der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung, beziehungsweise eine tiefergehende Prüfung priorisiert werden sollte. Als zweites Fokusgebiet wird zusätzlich zum Ortsteil Dämpelfeld der Ortsteil Niedera- denau und die Ortsgemeinde Insul betrachtet.

In Abbildung 38 werden die Fokusgebiete dargestellt. In Tabelle 18 werden die relevanten Indikatoren der Gebiete aufgelistet. Das Fokusgebiet, welches sich auf den Ortsteil Dämpelfeld beschränkt zeigt eine etwas höhere Wärmedichte auf. Insgesamt verfügen beide Fokusgebiete allerdings über eine tendenziell geringe Wärmedichte. Es befinden sich auch keine Ankerkunden innerhalb der Fokusgebiete.

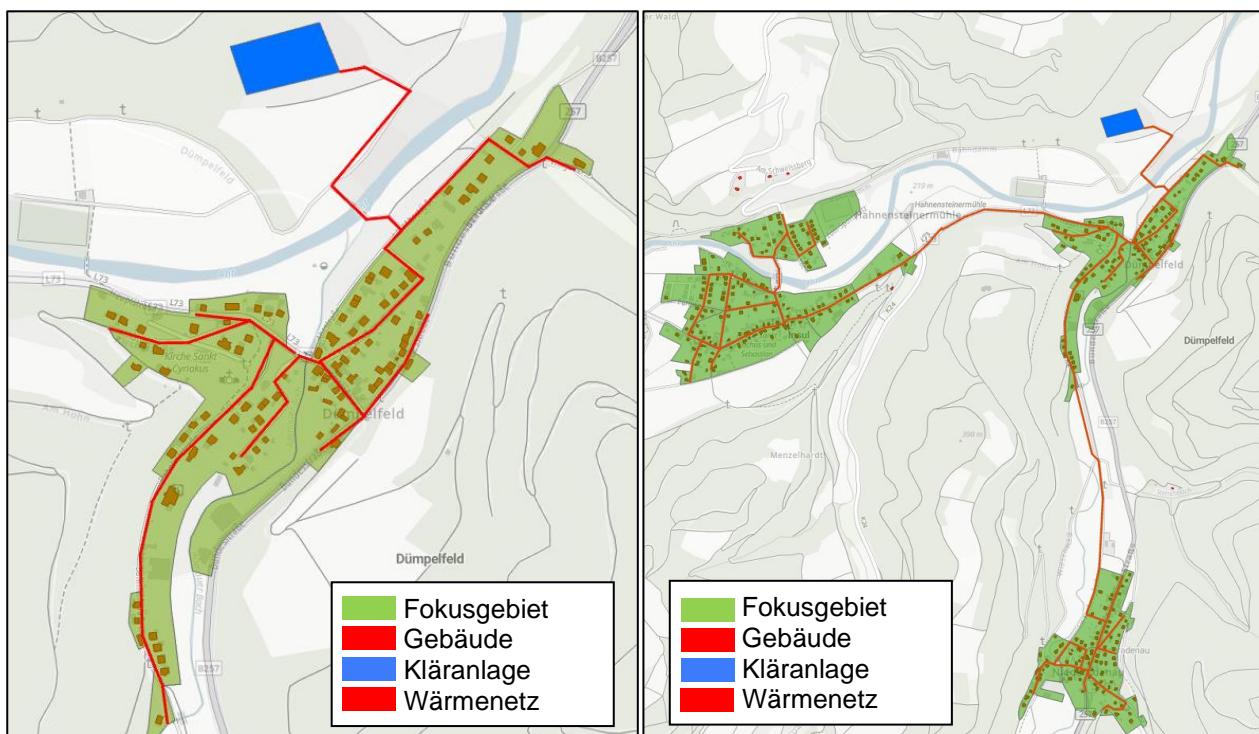


Abbildung 38: Darstellung der Fokusgebiete samt Erzeugungsquelle (Kläranlage)

Tabelle 18: Zusammenfassung der Indikatoren der Fokusgebiete

| Fokusgebiete                             | Wärmenetzgebiet | Erweitertes Gebiet |
|--|-----------------|--------------------|
| Fläche [ha]                              | 14              | 53,3               |
| Wärmeverbrauch [GWh/a]                   | 2,9             | 7,9                |
| Anteil Wärmeverbrauch VG [%]             | 1,6             | 4,2                |
| Anzahl Wärmeversorgungsobjekte           | 116             | 3.327              |
| Spezifischer Wärmeverbrauch [GWh/(a*ha)] | 0,2             | 0,15               |
| Trassenlänge [km]                        | 2               | 6,2                |

## 6.2 Detailbetrachtung der Fokusgebiete

In diesem Kapitel wird für beide Fokusgebiete eine tiefergehende Berechnung der Wärmenetze samt Kosten durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen können für die Beantragung von Modul 1 der BEW-Förderung genutzt werden. Die Maßnahmenumsetzung für beide Fokusgebiete knüpft an die Maßnahme V 11 – Nutzung der Abwasserwärme aus dem integrierten Klimaschutzkonzept an.

### 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 dem Technikkatalog entnommen. Im Anhang B werden die genutzten Formeln aus dem Technikkatalog aufgelistet. [47]

In Tabelle 19 sind einige zugrundeliegende Daten und Annahmen aufgelistet. In Tabelle 20 und Abbildung 39 sind Annahmen für die Entwicklung der Energiepreise und Emissionsfaktoren aufgeführt.

Tabelle 19: Annahmen für technische und wirtschaftliche Eingangsparameter in der Netzberechnung

| Parameter                                      | Wert          | Kommentar   |
|--|---------------|---|
| Durchschnittliche Anzahl Bewohner pro Wohnhaus | 2,3           | Anzahl Einwohner bezogen auf private Wohnhäuser.  |
| Anteil unbefestigtes Terrain                   | 30%           | Annahme, tendenziell ländliches Gebiet  |
| Anteil teilbefestigtes Terrain                 | 30%           | Annahme, tendenziell ländliches Gebiet  |
| Anteil befestigtes Terrain                     | 40%           | Annahme, tendenziell ländliches Gebiet  |
| Förderfaktor Wärmenetz                         | 40%           | BEW-Förderung Modul 2 [48]  |
| SCOP Abwasserwärmepumpe                        | 3,15          | Siehe Kapitel 4.3.4   |
| Vollaststunden Großwärmepumpe                  | 4.380 Stunden | Siehe Kapitel 4.3.4   |
| Vollaststunden Heizung                         | 1.800 Stunden | Standardwert für Heizungsauslegung + Warmwasser   |
| Anschlussrate                                  | 100%          | Das Netz wird für alle potenziellen Anschlussnehmer im Untersuchungsgebiet ausgelegt. Wirtschaftlichkeit für Netzbetreiber nimmt mit geringerer Anschlussquote deutlich ab. |
| Inbetriebnahme Wärmenetz                       | linear        | Annahme: Wärmenetz wird innerhalb des Betrachtungszeitraums linear aufgebaut.   |
| Startjahr                                      | 2025          | -   |
| Zieljahr                                       | 2045          | -   |

Für die Energiepreisprognose werden verschiedene Quellen genutzt und Annahmen getroffen. Für den Strompreis für Privatkunden sowie für den Gaspreis wird zunächst der aktuelle Preis aus den Daten des Statistischen Bundesamts für das 1. Halbjahr 2024 genutzt [49]. Für die Strompreisprognose bis 2045 wird auf den qualitativen Verlauf des mittleren Preispfades der Prognose der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. zurückgegriffen [50].

Für die Prognose des Gas- und CO<sub>2</sub>-Preises wird ein Kurzgutachten der Prognos AG im Auftrag des Bundesverbands Wärmepumpen herangezogen [51]. Der CO<sub>2</sub>-Preis wird in €/t angegeben. Bezogen auf Erdgas entsprechen 55 €/t etwa 0,011 €/kWh. Für die aktuellen Preise von Brennholz in verschiedenen Formen werden Daten des Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus zu aktuellen Scheitholzpreisen genutzt [52]. Für den Heizölpreises wird zunächst der heutige Preis (etwa 9,7 Cent/kWh) genutzt und ab dem Jahr 2030 einer Prognose von Statista, die einen Heizölpreis von 184 Cent/Liter vorgibt, gefolgt. [53]

Für fehlende Zwischenjahre werden die Werte interpoliert.

Tabelle 20: Annahmen für Energiepreisentwicklung und Entwicklung der Emissionsfaktoren

| Parameter  | 2025 | 2030  | 2035 | 2040  | 2045  |
|--|------|-------|------|-------|-------|
| <b>Strompreis [€/kWh]</b>                            | 0,41 | 0,37  | 0,37 | 0,38  | 0,32  |
| <b>Erdgaspreis [€/kWh]</b>                           | 0,12 | 0,125 | 0,13 | 0,145 | 0,155 |
| <b>Heizölpreis [€/kWh]</b>                           | 0,1  | 0,19  | 0,19 | 0,19  | 0,19  |
| <b>Brennholz<sup>3</sup> [€/kWh]</b>                 | 0,1  | 0,1   | 0,1  | 0,1   | 0,1   |
| <b>CO<sub>2</sub>-Preis [€/t]</b>                    | 55   | 110   | 160  | 190   | 220   |
| <b>Emissionsfaktor Strom [g CO<sub>2e</sub>/kWh]</b> | 260  | 110   | 45   | 25    | 15    |

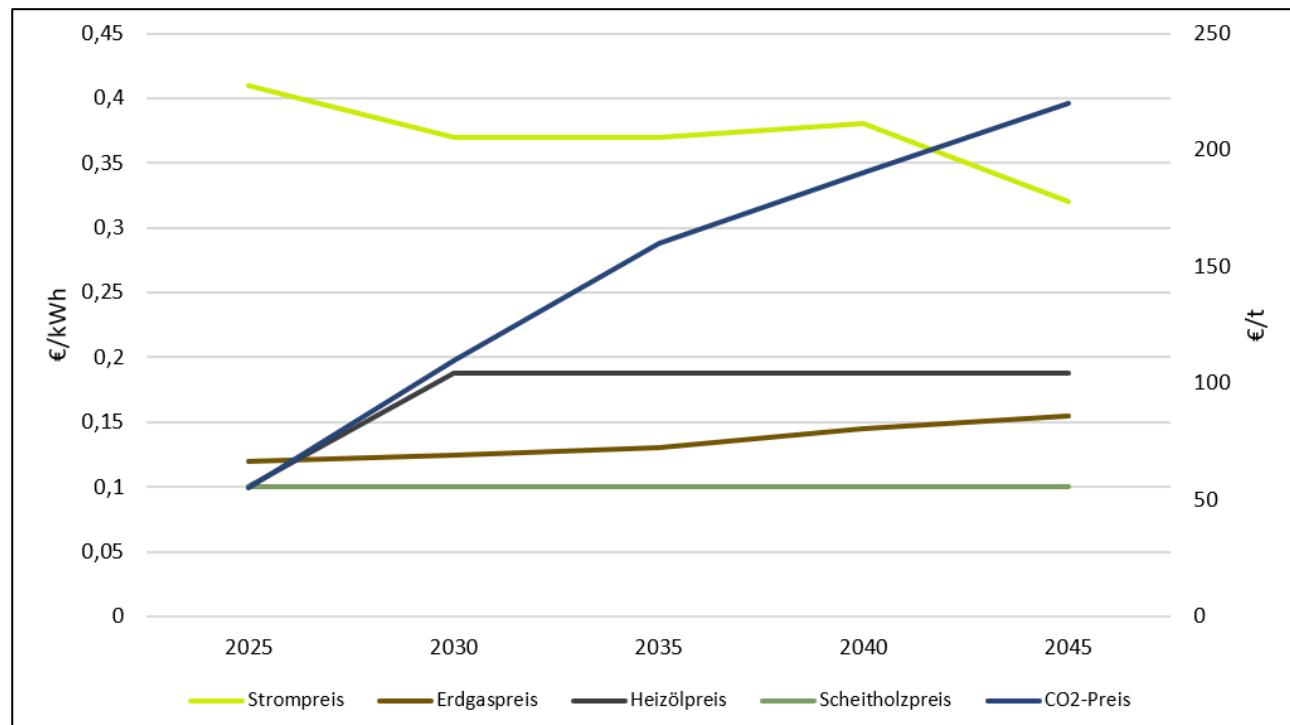


Abbildung 39: Annahmen für die Energiepreisentwicklung

## 6.2.2 Fokusgebiet Wärmenetzgebiet

Der höchste Fokus sollte auf den Ortsteil Dämpelfeld der gleichnamigen Ortsgemeinde gelegt werden, da der Abstand zum Klärwerk am geringsten ist. Hier sollten die Chancen und Risiken beim Aufbau einer

<sup>3</sup> Durchschnittspreis für Holzpellels, Scheitholz und Holzhackschnitzel

Wärmeinfrastruktur dringend näher geprüft werden. Dazu bietet sich eine Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 an. Die Studie umfasst die HOAI-Leistungsphasen 2-4.

Das Fokusgebiet sollte dabei prioritär behandelt werden. Das Netz kann im Anschluss in mehreren Ausbaustufen erweitert werden. In Abbildung 40 ist der Lageplan und das Luftbild des Untersuchungsgebiets für das Fokusgebiet dargestellt.



Abbildung 40: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet im Ortsteil Dümpelfeld

Als hauptverantwortliche Akteure sind die Ortsgemeinde Dümpelfeld, die Verbandsgemeinde Adenau und das Abwasserwerk zu nennen. Die Förderung kann entweder von der Ortsgemeinde oder der Verbandsgemeinde beantragt werden. Wichtig ist auch die Einbindung der Eigentümer\*innen der Gebäude im Planungsgebiet. Nur durch eine hohe Anschlussquote und eine hohe Akzeptanz des Vorhabens kann das Projekt realisiert werden. Ein Wärmenetz ist für die Abnehmer\*innen eine einfache, sichere und somit attraktive Versorgungsart.

Ein möglicher Projektzeitenplan für den Aufbau des Wärmenetzes ist in Abbildung 41 dargestellt. Dabei wurde der Aufbau des Netzes in einem Maßnahmenpaket abgewickelt. Bei Ausweitung des Wärmenetzes auf das gesamte Wärmenetzgebiet ist eine Aufteilung in mindestens zwei Maßnahmenpakete und Ausbaustufen mit Erweiterung des Wärmenetzes und zusätzlicher Erzeugungskapazität in der zweiten Ausbaustufe sinnvoll. Die genaue Definition der Maßnahmenpakete und ein detaillierter Zeitplan werden im Rahmen der Machbarkeitsstudie (Modul 1) erarbeitet.

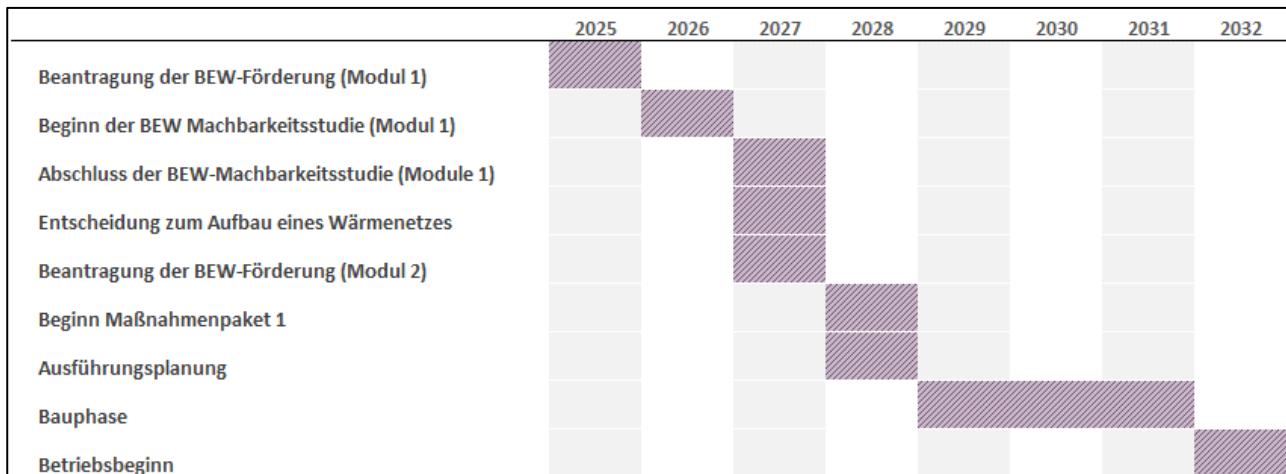


Abbildung 41: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes im Ortsteil Dämpelfeld

Die Energieerzeugung für das zu prüfende Wärmenetz kann durch die Nutzung der Abwärme aus dem Auslauf der Kläranlage realisiert werden. Eine genauere Auslegung des Systems mit Spitzenlast und Redundanz wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie nach BEW durchgeführt.

Für die Berechnung werden zunächst keine Energieeffizienzmaßnahmen berücksichtigt. Da es innerhalb des Fokusgebiets keine leitungsgebundene Wärmeversorgung gibt und somit keine Realwerte zu den Wärmeverbräuchen vorliegen, ist der reale Wärmeverbrauch innerhalb des Gebiets aufgrund der notwendigen Annahmen mit einer entsprechenden Unschärfe versehen. Ebenfalls handelt es sich um einen im Vergleich zur Verbandsgemeinde kleinen Bereich und so könnte der Einsatz einer für die VG als Zielwert formulierten Sanierungsrate die Berechnungen verzerren. Eine hohe Sanierungsrate hat einen negativen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines konventionellen Wärmenetzes, da der Wärmeabsatz und somit die verkauften Wärmemengen pro Trassenmeter sinken. Allerdings können bei sanierten Gebäuden auch Niedertemperatur Systeme zum Einsatz kommen, die insgesamt günstiger sind. Ebenfalls ist es möglich mit der Abwasserwärme ein kaltes Wärmenetz zu speisen und mit dezentralen Wärmepumpen das notwendige Temperaturniveau zu erzeugen.

Die technischen und wirtschaftlichen Daten des Wärmenetzbetriebs sowie die relevanten Kennziffern des Untersuchungsgebiets sind in Tabelle 21 aufgeführt. Das Verteilnetz besteht aus einer Trassenlänge von ca. 2 km, wobei die Hauptleitung etwa 450 m beträgt. Die Abwasserwärmepumpe weist eine Leistung von etwa **800 kW** auf. Die Wärmeverluste im Wärmenetz liegen bei diesem System etwa bei **500 MWh/a**.

Tabelle 21: Technische und wirtschaftliche Daten zum potenziellen Wärmenetz im Ortsteil Dämpelfeld

| Vorhandene Energieinfrastruktur         | Heizöl                | Scheitholz               | Flüssiggas              | Holzpellels          |
|---|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Gebäude mit Heizungssystem <sup>4</sup> | 64%                   | 61%                      | 18%                     | 5%                   |
| Überwiegender Energieträger             | 62%                   | 17%                      | 17%                     | 4%                   |
| Gebietsgröße                            | Absoluter Wärmebedarf | Relativer Wärmebedarf VG | Energieeinsparpotenzial | Nutzungspotenzial EE |
| 14 ha                                   | 2,9 GWh/a             | 1,6%                     | 1,75 GWh/a              | 14,7 GWh/a           |

<sup>4</sup> In Gebäuden können mehrere Heizungssysteme betrieben werden, daher liegt die Summe über 100%

| Technische Daten Wärmenetz   |                                   | Einsparungen von THG-Emissionen   | Kosten   | Förderung  |
|--|-----------------------------------|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,8 MW<sub>th</sub> Abwasserwärmepumpe (3,4 GWh/a)</li> <li>• Ca. 2 km Trassenlänge Verteilnetz (jeweils für Vor- und Rücklauf)</li> <li>• Ca. 450m Hauptleitung (jeweils für Vor- und Rücklauf)</li> </ul> |                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6.000 t CO<sub>2</sub>e</li> <li>• Einsparung von 98% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors des Untersuchungsgebietes</li> <li>• Einsparung von 1,7% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors der VG</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten Wärmenetz: ca. 7.000.000 €</li> <li>• Investitionskosten: Energiezentralen: ca. 1.000.000 €</li> <li>• Betriebskosten bis 2045: ca. 1.900.000 €</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau der Wärmenetzinfrastruktur: 3.200.000 €</li> <li>• Betriebskostenförderung: 1.700.000 €</li> </ul> |
| Anzahl Wärmeversorgungsobjekte   | Geschätzte Anzahl Einwohner*innen | Kosten WärmeverSORGUNG 2025   | Kosten Wärmeversorgung 2045  |  |
| 116  | 267                               | 1.600 €/a   | 1600 €/a   |  |

### Ergebnisse

Die erforderlichen Investitionskosten für die Wärmeinfrastruktur liegen etwa im Bereich von rund **8.000.000 €**. Den Großteil der Kosten verursacht die Infrastruktur (88%) und für die Energiezentralen werden nur 12% der Kosten benötigt. Von diesen Kosten können etwa 3.200.000 € durch eine Förderung abgedeckt werden. Die Betriebs- und Energiekosten bis zum Zieljahr 2045 belaufen sich auf rund **1.900.000 €**. Für diese Kosten kann eine Förderung von rund 1.700.000 € geltend gemacht werden. Die übrigen Gesamtkosten bis zum Jahr 2045 abzüglich der Förderung belaufen sich somit auf rund **5.000.000 €**. Angenommen das Wärmenetz geht 2032 in Betrieb und es soll eine maximale **Amortisationsdauer von 20 Jahren** erreicht werden, so liegen die Wärmegestehungskosten etwa bei **0,13 €/kWh**, für den Fall, dass sich alle Verbraucher innerhalb des Netzgebiets an das Netz anschließen. Sinkt die Anschlussrate auf 50%, bei gleichbleibender Trassenlänge, steigen die Wärmegestehungskosten allerdings auf **0,165 €/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 Heizölpreis, der vor allem durch die CO<sub>2</sub>-Besteuerung bis zum Zieljahr stark ansteigen wird, ergibt dies eine günstigere Versorgungsalternative zumal auch keine Kosten mehr für neue Heizungen und Schornsteinfeger\*innen anfallen. Ebenfalls ist die Installation von neuen Heizölheizungen nach dem aktuellen Stand der Gesetzgebung ein Auslaufmodell.

Für die Endkunden werden die Kosten für die Wärmeversorgung in diesem Szenario bei einer Anschlussquote von 100% langfristig konstant bleiben. Bei dem berechneten Nahwärmepreis liegen die **durchschnittlichen jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person bei etwa 1600 € im Jahr 2025 und 2045**. 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. Im Gegenzug zur NahwärmeverSORGUNG würde eine Vollversorgung des Fokusgebiets im Jahr 2045 mit Heizöl unter Anbetracht der Preisprognose für Heizöl (19 ct/kWh im Jahr 2045) und der Prognose des CO<sub>2</sub>-Preises für Heizöl (7 ct/kWh im Jahr 2045) zu jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person von rund 2.700 € im Jahr führen.

Der Aufbau eines solchen Wärmenetzes im Ortsteil Dämpelfeld würde einen wichtigen Meilenstein in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der Ortsgemeinde bedeuten. Durch den Aufbau des Wärmenetzes können etwa 98% der jährlichen Treibhausgasemissionen des Wärmesektors im entsprechenden Untersuchungsgebiet und 1,7% bezogen auf die gesamte VG eingespart werden. Durch die Einsparung von Treibhausgasemissionen leistet die Ortsgemeinde einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Ebenfalls wird somit eine regionale und autarke Energieinfrastruktur aufgebaut, die frei von Einflüssen auf dem Energiemarkt betrieben wird. Der Gesamteinfluss auf die Verbandsgemeinde scheint zwar gering zu sein. Aber ein

erfolgreiches Projekt in Dämpelfeld kann die Weichen stellen für weitere ähnliche Projekte entlang des Kanalnetzes. Ebenfalls ist eine Erweiterung des Netzes möglich.

### Ausblick

In einer BEW-Machbarkeitsstudie muss 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 das Wärmenetz deutlich verringert werden. Auf die Endkunden kämen allerdings höhere Anschaffungskosten zu.

### 6.2.3 Fokusgebiet Wärmenetzgebiet

Neben dem Ortsteil Dämpelfeld werden in diesem Fokusgebiet auch der Ortsteil Niederadenau und die Ortsgemeinde Insul in der Auslegung des Wärmenetzes berücksichtigt. Nach der ersten Ausbaustufe im Ortsteil Dämpelfeld sollte das Wärmenetzgebiet auf diese Gebiete ausgeweitet werden. Auch hierzu bietet sich eine Machbarkeitsstudie nach BEW-Modul 1 an. Idealerweise wird der Förderantrag bereits für das größere Gebiet gestellt.

In Abbildung 40 ist der Lageplan und das Luftbild des Untersuchungsgebiets für das Fokusgebiet dargestellt.



Abbildung 42: Lageplan und Luftbild für das potenzielle Wärmenetzgebiet im Wärmenetzgebiet

Die hauptverantwortlichen Akteure sind identisch zu denen aus dem Fokusgebiet Dämpelfeld. Auch hier sind eine hohe Anschlussquote und eine transparente Kommunikation mit den Bürger\*innen entscheidend.

Ein möglicher Projektzeitenplan für den Aufbau des Wärmenetzes ist in Abbildung 41 dargestellt. Dabei wurde der Aufbau des Netzes auf zwei Maßnahmenpakete aufgeteilt. Die erste Ausbaustufe entspricht dem ersten Fokusgebiet und in der zweiten Ausbaustufe werden die Netze in Niederadenau und Insul aufgebaut. Die genaue Definition der Maßnahmenpakete und ein detaillierter Zeitplan werden im Rahmen der Machbarkeitsstudie (Modul 1) erarbeitet.

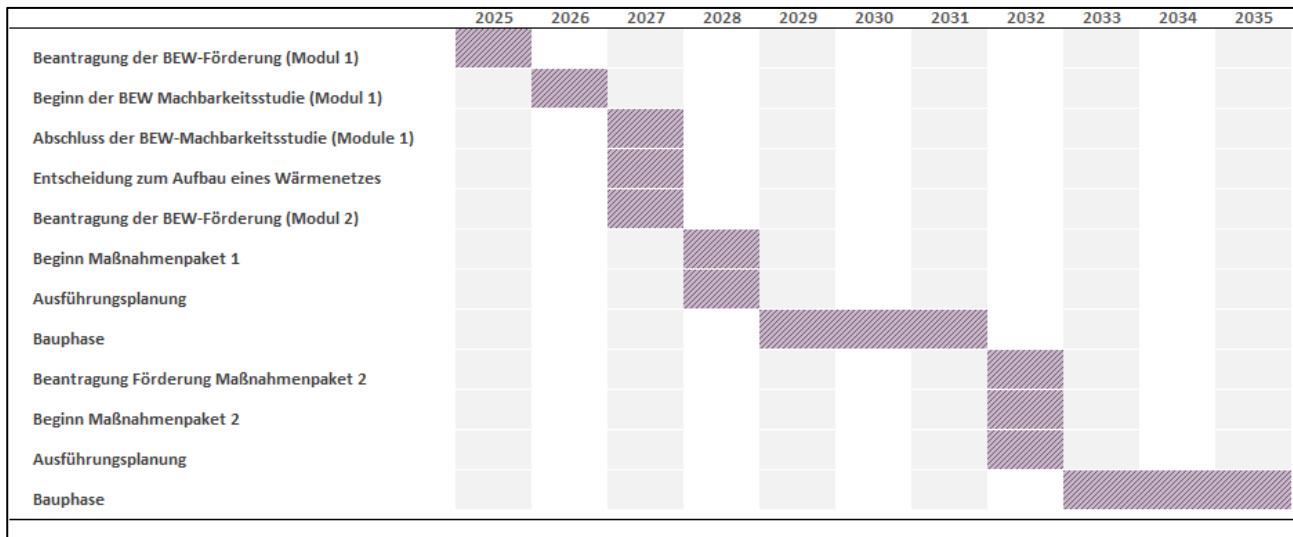


Abbildung 43: Potenzieller Projektzeitenplan für den Aufbau eines Wärmenetzes im Wärmenetzgebiet

Auch für dieses Wärmenetzgebiet reichen die Potenziale der Abwasserwärme aus dem Auslauf der Kläranlage aus. Eine genauere Auslegung des Systems mit Spitzenlast und Redundanz wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie nach BEW durchgeführt.

Für die Berechnung werden zunächst keine Energieeffizienzmaßnahmen berücksichtigt. Da es innerhalb des Fokusgebiets keine leitungsgebundene Wärmeversorgung gibt und somit keine Realwerte zu den Wärmeverbräuchen vorliegen, ist der reale Wärmeverbrauch innerhalb des Gebiets aufgrund der notwendigen Annahmen mit einer entsprechenden Unschärfe versehen. Ebenfalls handelt es sich um einen im Vergleich zur Verbandsgemeinde kleinen Bereich und so könnte der Einsatz einer für die VG als Zielwert formulierten Sanierungsrate die Berechnungen verzerren. Eine hohe Sanierungsrate hat einen negativen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines konventionellen Wärmenetzes, da der Wärmeabsatz und somit die verkauften Wärmemengen pro Trassenmeter sinken. Allerdings können bei sanierten Gebäuden auch Niedertemperatur Systeme zum Einsatz kommen, die insgesamt günstiger sind. Ebenfalls ist es möglich mit der Abwasserwärme ein kaltes Wärmenetz zu speisen und mit dezentralen Wärmepumpen das notwendige Temperaturniveau zu erzeugen.

Die technischen und wirtschaftlichen Daten des Wärmenetzbetriebs sowie die relevanten Kennziffern des Untersuchungsgebiets sind in Tabelle 21 aufgeführt. Das Verteilnetz besteht aus einer Trassenlänge von ca. 6,2 km, wobei die Hauptleitung etwa 3,8 km beträgt. Die Abwasserwärmepumpe weist eine Leistung von etwa **2,1 MW** auf. Die Wärmeverluste im Wärmenetz liegen bei diesem System etwa bei **1,5 GWh/a**.

Tabelle 22: Technische und wirtschaftliche Daten zum potenziellen Wärmenetz im Wärmenetzgebiet

| Vorhandene Energieinfrastruktur         | Heizöl                | Scheitholz               | Flüssiggas              | Holzpellets          |
|---|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Gebäude mit Heizungssystem <sup>5</sup> | 49%                   | 67%                      | 21%                     | 10%                  |
| Überwiegender Energieträger             | 48%                   | 22%                      | 22%                     | 8%                   |
| Gebietsgröße                            | Absoluter Wärmebedarf | Relativer Wärmebedarf VG | Energieeinsparpotenzial | Nutzungspotenzial EE |
| 53,3 ha                                 | 7,9 GWh/a             | 4,2%                     | 4,9 GWh/a               | 14,7 GWh/a           |

<sup>5</sup> In Gebäuden können mehrere Heizungssysteme betrieben werden, daher liegt die Summe über 100%

| Technische Daten Wärmenetz   |                                   | Einsparungen von THG-Emissionen   | Kosten  | Förderung  |
|--|-----------------------------------|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,1 MW<sub>th</sub> Abwasserwärmepumpe (9,4 GWh/a)</li> <li>• Ca. 6,2 km Trassenlänge Verteilnetz (jeweils für Vor- und Rücklauf)</li> <li>• Ca. 3,8 km Hauptleitung (jeweils für Vor- und Rücklauf)</li> </ul> |                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 14.500 t CO<sub>2</sub>e</li> <li>• Einsparung von 98% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors des Untersuchungsgebiets</li> <li>• Einsparung von 4,2% der jährlichen THG-Emissionen des Wärmesektors der VG</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten Wärmenetz: ca. 20.000.000 €</li> <li>• Investitionskosten: Energiezentralen: ca. 2.000.000 €</li> <li>• Betriebskosten bis 2045: ca. 5.000.000 €</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau der Wärmenetzinfrastruktur: 9.000.000 €</li> <li>• Betriebskostenförderung: 4.500.000 €</li> </ul> |
| Anzahl Wärmeversorgungsobjekte   | Geschätzte Anzahl Einwohner*innen | Kosten WärmeverSORGUNG 2025   | Kosten Wärmeversorgung 2045   |  |
| 332  | 764                               | 1.500 €/a   | 1560 €/a  |  |

### Ergebnisse

Die erforderlichen Investitionskosten für die Wärmeinfrastruktur liegen etwa im Bereich von rund **22.000.000 €**. Den Großteil der Kosten verursacht die Infrastruktur (91%) und für die Energiezentralen werden nur 9% der Kosten benötigt. Von diesen Kosten können etwa 3.200.000 € durch eine Förderung abgedeckt werden. Die Betriebs- und Energiekosten bis zum Zieljahr 2045 belaufen sich auf rund **5.000.000 €**. Für diese Kosten kann eine Förderung von rund 4.500.000 € geltend gemacht werden. Die übrigen Gesamtkosten bis zum Jahr 2045 abzüglich der Förderung belaufen sich somit auf rund **13.500.000 €**. Angenommen das Wärmenetz geht 2032 in Betrieb und es soll eine maximale **Amortisationsdauer von 20 Jahren** erreicht werden, so liegen die Wärmegestehungskosten ebenfalls etwa bei **0,13 €/kWh**, für den Fall, dass sich alle Verbraucher innerhalb des Netzgebiets an das Netz anschließen. Sinkt die Anschlussrate auf 50%, bei gleichbleibender Trassenlänge, steigen die Wärmegestehungskosten allerdings auf **0,185 €/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 Heizölpreis, der vor allem durch die CO<sub>2</sub>-Besteuerung bis zum Zieljahr stark ansteigen wird, ergibt dies eine günstigere Versorgungsalternative zumal auch keine Kosten mehr für neue Heizungen und Schornsteinfeger\*innen anfallen. Ebenfalls ist die Installation von neuen Heizölheizungen nach dem aktuellen Stand der Gesetzgebung ein Auslaufmodell.

Das Ergebnis zeigt, dass auch ein größeres Wärmenetz mit größeren Distanzen ökonomisch darstellbar ist. Allerdings ist der Faktor der Anschlussquote bei den größeren Distanzen umso wichtiger. Für die Endkunden werden die Kosten für die Wärmeversorgung in diesem Szenario bei einer Anschlussquote von 100% langfristig konstant bleiben. Bei dem berechneten Nahwärmepreis liegen die **durchschnittlichen jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person bei etwa 1500 € im Jahr 2025 und 1560 € im Jahr 2045**. 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. Im Gegenzug zur NahwärmeverSORGUNG würde eine Vollversorgung des Fokusgebiets im Jahr 2045 mit Heizöl unter Anbetracht der Preisprognose für Heizöl (19 ct/kWh im Jahr 2045) und der Prognose des CO<sub>2</sub>-Preises für Heizöl (7 ct/kWh im Jahr 2045) zu jährlichen Wärmeversorgungskosten pro Person von rund 2.700 € im Jahr führen.

Der Aufbau eines solchen Wärmenetzes im gesamten Wärmenetzgebiet würde einen wichtigen Meilenstein in der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der Ortsgemeinden Dümpelfeld und Insul bedeuten. Durch den Aufbau des Wärmenetzes können etwa 98% der jährlichen Treibhausgasemissionen des Wärmesektors im entsprechenden Untersuchungsgebiet und 4,2% bezogen auf die gesamte VG eingespart werden. Durch die Einsparung von Treibhausgasemissionen leisten die Ortsgemeinden einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Ebenfalls wird somit eine regionale und autarke Energieinfrastruktur aufgebaut, die frei von

Einflüssen auf dem Energiemarkt betrieben wird. Der Gesamteinfluss auf die Verbandsgemeinde scheint zwar gering zu sein. Aber ein erfolgreiches Projekt im Wärmenetzgebiet kann die Weichen stellen für weitere ähnliche Projekte entlang des Kanalnetzes.

Die Thematik der geeigneten Netztemperatur gilt äquivalent zum Fokusgebiet im Wärmenetzgebiet. Auf dieses Thema wird in der BEW-Studie genauer eingegangen.

### 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 23 werden alle Maßnahmen aufgelistet. Wenn möglich werden die Kosten für die Maßnahmen abgeschätzt. In Abbildung 44 werden die Maßnahmen auf einem Zeitstrahl grob eingeteilt und somit der zeitliche Ablauf der kommunalen Wärmewende in der Verbandsgemeinde Adenau dargestellt. Die Maßnahmen werden in folgende Handlungsfelder und Typen unterteilt:

| <u>Handlungsfelder</u>                      | <u>Typ</u>   |
|---|--|
| A. Energieinfrastruktur                     | I. Technisch-bauliche Maßnahmen                                  |
| B. Energieeinsparungen/ Heizungstechnologie | II. Organisatorische, politische und sozio-ökonomische Maßnahmen |
| C. Aufbau Erneuerbarer Energien             |  |
| D. Strategische Steuerung                   |  |

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 23: Auflistung aller Maßnahmensteckbriefe

| Nummer | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe | Titel  | Verweis auf IKSK |
|--------|---------------|-----|-----------------|--|------------------|
| 1      | A             | I   | P1              | Beantragung der BEW-Förderung                  | -                |
| 2      | A             | II  | P2              | Investoren akquirieren                         | -                |
| 3      | A             | I   | P3              | Transformationsplan Stromnetz                  | -                |
| 4      | B             | II  | P1              | Wärmepumpenkampagne                            | -                |
| 5      | B             | II  | P2              | Sanierungskampagne                             | -                |
| 6      | B             | II  | P2              | Erarbeitung eines Sanierungskatalogs           | -                |
| 7      | B             | II  | P2              | Energieeinsparung                              | V16 im IKSK      |
| 8      | B             | II  | P2              | Wärmeschutz                                    | P01 im IKSK      |
| 9      | B             | II  | P2              | Heizung mit Zukunft                            | P02 im IKSK      |
| 10     | B             | II  | P2              | Umwelt- und Energieberatung – Energieeffizienz | U01 im IKSK      |
| 11     | B             | II  | P2              | Sanierungskonzept kommunale Liegenschaften     | V02 im IKSK      |
| 12     | C             | I   | P3              | Erneuerbare Energien – kommunale Einrichtungen | V05 im IKSK      |
| 13     | C             | II  | P3              | Erneuerbare Energien                           | P03 im IKSK      |
| 14     | C             | I   | P3              | Aufbau von Windenergieanlagen                  | -                |

| <b>Nummer</b> | <b>Handlungs-feld</b> | <b>Typ</b> | <b>Priori-täts-stufe</b> | <b>Titel</b>  | <b>Verweis auf IKS K</b> |
|---------------|-----------------------|------------|--------------------------|---|--------------------------|
| 15            | C                     | I          | P3                       | Aufbau von FFPV-Anlagen   | -                        |
| 16            | D                     | II         | P2                       | Schaffung einer Wärmesatzung                                      | -                        |
| 17            | D                     | II         | P2                       | Schaffung einer Personalstelle für das Thema kommunale Wärmewende | -                        |
| 18            | D                     | II         | P3                       | Netzwerktreffen Nachbarkommunen                                   | -                        |
| 19            | D                     | II         | P2                       | Erstellung einer Online-Karte                                     | -                        |
| 20            | D                     | II         | P2                       | Controlling der relevanten Faktoren                               | -                        |



Abbildung 44: Zeitliche Anordnung der jeweiligen Maßnahmen der Wärmewende

| Nummer  | Handlungsfeld | Typ  | Prioritätsstufe | SWECO |  |  |  |
|---|---------------|--|-----------------|-------|--|--|--|
| 1   | A             | I  | P1              |       |  |  |  |
| <b>Titel/ Name</b>  |               |  |                 |       |  |  |  |
| Beantragung der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW-Förderung)   |               |  |                 |       |  |  |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>   |               | <b>Kosten</b>  |                 |       |  |  |  |
| Verbandsgemeindeverwaltung Adenau<br><br>Ortsgemeinde Dümpelfeld<br><br>Ggf. evm/ Stadtwerke Bonn   |               | Ca. 50.000 € - 150.000 € (Kosten Machbarkeitsstudie) |                 |       |  |  |  |
| <b>Projektbeginn</b>  |               | <b>Projektabchluss</b>                               |                 |       |  |  |  |
| Kurzfristig   |               | Kurzfristig (Ende 2027)                              |                 |       |  |  |  |
| <b>Benefits</b>   |               |  |                 |       |  |  |  |
| 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.   |               |  |                 |       |  |  |  |
| <b>Beschreibung</b>   |               |  |                 |       |  |  |  |
| 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 der Verbandsgemeinde Adenau liegen mit der kommunalen Wärmeplanung bereits alle notwendigen Informationen für die Beantragung der Förderung vor. Eine gemeinsame Antragsstellung mit der VG Altenahr muss geprüft werden.<br><br>Die Entscheidung zu einer Machbarkeitsstudie ist noch keine Entscheidung zum Aufbau eines Wärmenetzes.<br><br>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.<br><br>Die Kosten für eine Machbarkeitsstudie betragen voraussichtlich 100.000 € - 150.000 €. Wenn mehrere Netzegebiete betrachtet werden sollen können die Kosten höher liegen. Gefördert werden 50% der förderfähigen Kosten. Beantragt werden kann die Förderung von der Verbandsgemeinde 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 Verbandsgemeinde Adenau beantragt werden. Ein enger Austausch zwischen der VG Adenau, der VG Altenahr, der OG Dümpelfeld und anderen potenziellen Netzbetreibern ist im Zuge der Vorbereitung und Durchführung der Machbarkeitsstudie zu empfehlen.<br><br>Neben der BEW-Förderung gibt es weitere 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. [54] |               |  |                 |       |  |  |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>   |               |  |                 |       |  |  |  |
| 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: [48]   |               |  |                 |       |  |  |  |

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe         | <b>SWECO</b>  |
|--|---------------|-----|-------------------------|--|
| 2  | A             | II  | P2                      |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |                         |  |
| Investoren akquirieren   |               |     |                         |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>           |  |
| Verbandsgemeindeverwaltung Adenau<br>ggf. evm, AÖR-Energie, Eifel Energiegenossenschaft eG, Bürgerenergiegenossenschaften, Stadtwerke Bonn, (Regionale) Kreditinstitute, u.v.m.  |               |     | -                       |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabschluss</b> |  |
| Kurzfristig  |               |     | Kurzfristig (Ende 2027) |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |                         |  |
| Gesicherte Finanzierung des Aufbaus neuer Wärmeinfrastruktur   |               |     |                         |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |                         |  |
| Der Aufbau einer neuen Wärmeinfrastruktur in der Verbandsgemeinde wird trotz Förderungen hohe Investitionen erfordern. Eine gesicherte Finanzierung über den gesamten Projektablauf 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.   |               |     |                         |  |
| 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. [55]  |               |     |                         |  |
| Die Verbandsgemeinde als potenzieller Netzbetreiber, Projektträger sowie als planungsverantwortliche Stelle sollte intensiv nach möglichen Investoren suchen. Neben typischen Finanzierungsmodellen durch Kreditinstitute ist auch eine Beteiligung von Bürgergesellschaften oder einer Anstalt öffentlichen Rechts denkbar. Dies würde wiederum auch die Akzeptanz und Anschlussbereitschaft in der Bevölkerung erhöhen. Bürgerenergiegenossenschaften 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. |               |     |                         |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |                         |  |
| Autarke Wärmeversorgung in Wahlendorf durch ein Nahwärmenetz, betrieben durch eine Wärmegenossenschaft, finanziert durch die DKB [56]  |               |     |                         |  |

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe   | SWECO  |  |
|--|---------------|-----|---|---|--|
| 3  | A             | I   | P3  |   |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |   |   |  |
| Transformationsplan Stromnetz  |               |     |   |   |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>   |   |  |
| Westnetz GmbH<br>Verbandsgemeindeverwaltung Adenau   |               |     | Kosten für die Transformation werden im Zuge der Planerstellung ermittelt und vom Netzbetreiber getragen. |   |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabchluss</b>  |   |  |
| Kurzfristig  |               |     | Mittelfristig (Ende 2030)   |   |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |   |   |  |
| Durch einen Transformationsplan werden die notwenigen Erfordernisse bezüglich des Stromnetzausbau und der Netzverstärkung/ Netzsanierung identifiziert sowie entsprechende Schritte, um diesen Erfordernissen gerecht zu werden. Dies ermöglicht die lokale Integration erneuerbarer Energien und elektrischer Wärmeerzeuger.  |               |     |   |   |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |   |   |  |
| 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.  |               |     |   |   |  |
| Mit einem Stromnetz-Transformationsplan können notwendigen Maßnahmen identifiziert werden, um auch in Zukunft einen versorgungssicheren und unterbrechungsfreien Stromnetzbetrieb zu gewährleisten.  |               |     |   |   |  |
| Zunächst ist dafür eine realistische Prognose der zukünftig benötigten lokalen Strommengen sowie der zukünftig regenerativ erzeugten Strommengen im Verbandsgemeindegebiet erforderlich. Die Voraussetzung für die weiteren Schritte ist ein transparentes digitales Stromnetzmonitoring. Nur so können Schwachpunkte im Netz vorausschauend identifiziert werden.   |               |     |   |   |  |
| 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 Transfos für eine intelligente und automatisierte Regelung des Netzes wird ein wesentlicher Bestandteil sein. Zur Verringerung eines aufwendigen Netzausbau ist eine intelligente Kommunikation zwischen Erzeugung und Verbrauch notwendig. |               |     |   |   |  |
| 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 ist die Westnetz GmbH als Netzbetreiber.  |               |     |   |   |  |
| 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.   |               |     |   |   |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |   |   |  |
| 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 [57]  |               |     |   |   |  |

| Nummer  | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe   | <b>SWECO</b> |  |
|---|---------------|-----|---|--------------|--|
| 4   | B             | II  | P1  |              |  |
| <b>Titel/ Name</b>  |               |     |   |              |  |
| Wärmepumpenkampagne   |               |     |   |              |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>   |               |     | <b>Kosten</b>   |              |  |
| Verbands- und Ortsgemeindeverwaltungen  |               |     | -   |              |  |
| <b>Projektbeginn</b>  |               |     | <b>Projektabchluss</b>  |              |  |
| Kurzfristig   |               |     | Kurzfristig (Ende 2026)   |              |  |
| <b>Benefits</b>   |               |     |   |              |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung der Bevölkerung, die Wärmetransformation im eigenen Haus anzugehen</li> <li>• Versetzt die Bevölkerung in die Lage, aus allen Optionen, die für sie am besten passende auszuwählen</li> <li>• Erhöht die Erfolgswahrscheinlichkeit der Wärmewende enorm</li> <li>• Vorbeugen von Verunsicherung in der Bevölkerung</li> </ul>  |               |     |   |              |  |
| <b>Beschreibung</b>   |               |     |   |              |  |
| <p>Die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie der Wärmewende wird in der VG Adenau den Großteil des zukünftigen Wärmebedarfs decken. Selbst die Potenziale zum Aufbau eines Wärmenetzes ausgeschöpft werden, müssen noch rund 80% des Wärmebedarfs in der Verbandsgemeinde 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 Verbandsgemeinde bei dieser Transformation nicht allein zu lassen, ist es wichtig entsprechende Beratungen anzubieten.</p>   |               |     |   |              |  |
| Folgende Versorgungsoptionen in dezentralen Wärmeversorgungsgebieten sind bevorzugt: <sup>6</sup>   |               |     |   |              |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberflächennahe Geothermie mit Wärmepumpen auf Basis von <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Erdsonden</li> <li>◦ Grundwasser</li> <li>◦ Kollektorf lächen</li> </ul> </li> <li>• Luftwärmepumpe</li> </ul>   |               |     |   |              |  |
| <p>Der Erfolg der Wärmewende ist abhängig davon, dass die Bevölkerung der VG Adenau 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 Verbandsgemeinde zusammengefasst und mit Informationen zur kommunalen Wärmeplanung verlinkt werden. Ebenfalls können die Menschen in der VG 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 einzutreten. Nach Möglichkeit nutzt man dafür die Räumlichkeiten der Verbandsgemeinde bzw. zugehörige Außenfläche.</p>  |               |     |   |              |  |
| <p>Die Verbandsgemeinde 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 Verbandsgemeinde formuliert wird, desto höher ist die Umsetzungswahrscheinlichkeit sowie -geschwindigkeit und somit auch der Erfolg der Wärmewende.</p>   |               |     |   |              |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>   |               |     | Booster Kampagne des Bundesverbands Wärmepumpe e.V. zusammen mit BEST FRIEND [58] |              |  |

<sup>6</sup> Das Verfeuern von Biomasse ist lediglich bei einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft THG-neutral und wird daher nicht betrachtet.

| <b>Nummer</b>  | <b>Handlungsfeld</b> | <b>Typ</b> | <b>Prioritätsstufe</b>  | <b>SWECO</b> |  |  |
|--|----------------------|------------|-------------------------|--------------|--|--|
| 5  | B                    | II         | P2                      |              |  |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |                      |            |                         |              |  |  |
| Durchführen einer Sanierungskampagne   |                      |            |                         |              |  |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |                      |            | <b>Kosten</b>           |              |  |  |
| Verbandsgemeindeverwaltung Adenau  |                      |            | 0 - 12.500 €            |              |  |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |                      |            | <b>Projektabschluss</b> |              |  |  |
| Kurzfristig  |                      |            | Kurzfristig (Ende 2030) |              |  |  |
| <b>Benefits</b>  |                      |            |                         |              |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung privater Eigentümer*innen durch gezielte Information</li> <li>• Wertschöpfung und Beschäftigung, wenn die Maßnahmen von lokalen Handwerksbetrieben umgesetzt werden</li> <li>• Reduzierung von THG-Emissionen und Einsparung von Kosten für die Bürger*innen</li> <li>• Wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaziele</li> </ul>   |                      |            |                         |              |  |  |
| <b>Beschreibung</b>  |                      |            |                         |              |  |  |
| <p>Ein- und Zweifamilienhäuser machen einen hohen Anteil der Wohngebäude in der VG Adenau 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 Verbandsgemeinde 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. Einzubeziehen 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"> <li>- 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?</li> <li>- Eine kostenlose und unabhängige Erstberatung, idealerweise durch externe Berater*innen</li> <li>- Angebote der Verbraucherzentralen</li> <li>- Präsentation erfolgreicher Sanierungen in der Kommune</li> <li>- Wettbewerb</li> </ul> <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 Gewinnauslosung 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 circa bis zu 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 Verbandsgemeinde den Fokus auf Siedlungsbereiche mit besonders hohem Sanierungspotenzial legen. Hier bieten sich vor allem Gebiete mit hohem Altbaubestand an. In der VG Adenau ist das Potenzial und die Notwendigkeit für Sanierungsmaßnahmen vor allem in der Innenstadt der Stadt Adenau gegeben. [59]

#### Referenzbeispiel

Kampagne „gut beraten sanieren!“ des Landkreises Osnabrück [60]

Energiekarawanen [61]

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe         | SWECO  |  |
|--|---------------|-----|-------------------------|---|--|
| 6  | B             | II  | P2                      |   |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |                         |   |  |
| Erarbeitung eines Sanierungskatalogs   |               |     |                         |   |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>           |   |  |
| Verbandsgemeindeverwaltung Adenau  |               |     | -                       |   |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabchluss</b>  |   |  |
| Kurzfristig  |               |     | Kurzfristig (Ende 2027) |   |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |                         |   |  |
| Erhöhung der Sanierungswahrscheinlichkeit und somit Reduzierung des Endwärmeverbrauchs privater Gebäude durch transparente Information und Hilfestellung.  |               |     |                         |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der Wärmeversorgungskosten</li> <li>• Einsparung von Treibhausgasemissionen</li> </ul>  |               |     |                         |   |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |                         |   |  |
| <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 <b>Sanierungskatalog</b>, 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 Verbandsgemeindeverwaltung mit Expert*innen der Branche zusammenarbeiten. Auch wenn die Maßnahme nicht das höchste Prioritätslevel erhält, 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> |               |     |                         |   |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |                         |   |  |
| 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 der Verbandsgemeinde zugeschnitten ist. [62]   |               |     |                         |   |  |
| Sanierungsratgeber der Energieagentur Rhein-Sieg [63]  |               |     |                         |   |  |

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe                                      | <b>SWECO</b>  |  |  |  |
|--|---------------|-----|--|--|--|--|--|
| 14   | C             | I   | P3   |  |  |  |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |  |  |  |  |  |
| Aufbau von Windenergieanlagen  |               |     |  |  |  |  |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>  |  |  |  |  |
| Verbandsgemeinde Adenau<br>Potenzielle Projektentwickler   |               |     | Investitionskosten: Ca. 90.000.000 € - 100.000.000 € |  |  |  |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabchluss</b>                               |  |  |  |  |
| Kurzfristig  |               |     | Mittelfristig (Ende 2030)                            |  |  |  |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |  |  |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Regionale Bereitstellung von Stromerzeugungskapazitäten zur Stabilisierung des lokalen Netzbetriebs bei gleichzeitiger Zunahme der Stromverbräuche.</li> <li>Einsparungen von Treibhausgasemissionen im Stromsektor.</li> <li>Unabhängige lokale Energieerzeugung</li> </ul>  |               |     |  |  |  |  |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |  |  |  |  |  |
| <p>Zum Ausgleich der Verbrauchszunahme im Stromsektor, ist es notwendig lokale Stromerzeugungsstrukturen zu schaffen. Der Aufbau von Windenergieanlagen ist bereits Gegenstand aktueller Planungen in der Verbandsgemeinde. In Reifferscheid sollen 5 Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 150 m und einer Leistung von 6 MWp installiert werden. Nördlich des Nürburgrings sollen zwei Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 136 m und einer Leistung von 4,2 MWp installiert werden. In Bauler/ Pomster wird mit 4 Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 172 m und einer Leistung von 7,2 MWp geplant. Insgesamt beträgt die geplante Leistung 67,2 MWp.</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 erste Planungen durchgeführt worden, ist es realistisch, dass bis Ende 2030 der Aufbau der Kapazitäten möglich ist.</p> <p>Für die oben genannten Windenergieanlagen ergeben sich nach [64] Investitions- und Planungskosten von etwa 90.000.000 € - 100.000.000 €. Die jährlichen Betriebskosten liegen etwa bei 55 €/kW. Somit kommen im Betrieb nochmal jährlich etwa 3.700.000 € Kosten hinzu. [64]</p> <p>Der Aufbau von Windenergieanlagen ist ein wichtiger Schritt in Richtung Dekarbonisierung des Wärme- und Stromsektors. Bei einer konservativen Annahme der Vollaststunden der Windenergieanlagen von 2000 Stunden im Jahr werden jährlich 134,4 GWh/a Windstrom erzeugt und etwa 65.000 t CO<sub>2e</sub> pro Jahr eingespart.</p> |               |     |  |  |  |  |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |  |  |  |  |  |
| 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         | <b>SWECO</b>  |  |
|---|---------------|-----|-------------------------|--|--|
| 15  | C             | I   | P3                      |  |  |
| <b>Titel/ Name</b>  |               |     |                         |  |  |
| Aufbau von Freiflächen-PV-Anlagen   |               |     |                         |  |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>   |               |     | <b>Kosten</b>           |  |  |
| Verbandsgemeinde Adenau<br>Potenzielle Projektentwickler  |               |     | Ca. 1.000 €/kWp         |  |  |
| <b>Projektbeginn</b>  |               |     | <b>Projektabchluss</b>  |  |  |
| Kurzfristig   |               |     | Langfristig (Ende 2045) |  |  |
| <b>Benefits</b>   |               |     |                         |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Regionale Bereitstellung von Stromerzeugungskapazitäten zur Stabilisierung des lokalen Netzbetriebs bei gleichzeitiger Zunahme der Stromverbräuche.</li> <li>Einsparungen von Treibhausgasemissionen im Stromsektor.</li> <li>Unabhängige lokale Energieerzeugung</li> </ul>   |               |     |                         |  |  |
| <b>Beschreibung</b>   |               |     |                         |  |  |
| <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.</p> <p>Innerhalb der Verbandsgemeinde liegen aktuell Planungen zur Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 28,3 MWp auf einer Fläche von 28,5 ha. 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. Dadurch ergeben sich potenzielle Gesamtkosten von rund 28.000.000 €.</p> <p>Der Aufbau von PV-Anlagen ist ein wichtiger Schritt in Richtung Dekarbonisierung des Wärme- und Stromsektors. 28,3 MWp installierte PV-Leistung erzeugen etwa 28 GWh Solarstrom pro Jahr und sparen somit etwa 12.500 t CO<sub>2</sub>e pro Jahr ein.</p> |               |     |                         |  |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>   |               |     |                         |  |  |
| 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  |  |
|--|---------------|-----|-------------------------|---|--|
| 16   | D             | II  | P2                      |   |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |                         |   |  |
| Schaffung einer Wärmesatzung   |               |     |                         |   |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>           |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbandsgemeinde Adenau zukünftige Netzbetreiber</li> <li>• Bevölkerung der VG Adenau, spezielle Bewohner*innen innerhalb der Wärmenetzgebiete</li> </ul>   |               |     | -                       |   |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabchluss</b>  |   |  |
| Kurzfristig  |               |     | Kurzfristig (Ende 2027) |   |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |                         |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Wärmenetzanschlussrate</li> <li>• Reduzierung des Risikos des Wärmenetzaufbaus</li> </ul>  |               |     |                         |   |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |                         |   |  |
| <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 Verbandsgemeinde Adenau 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>   |               |     |                         |   |  |
| <p><b>Die Verbandsgemeinde in Zusammenarbeit mit den Ortsgemeindeverwaltungen sollte prüfen, ob die Schaffung einer solchen Wärmesatzung für Ihre Bevölkerung sinnvoll, notwendig und passend ist.</b></p>   |               |     |                         |   |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |                         |   |  |
| <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. [65]</p>  |               |     |                         |   |  |

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe         | SWECO |  |  |
|--|---------------|-----|-------------------------|-------|--|--|
| 17   | D             | II  | P2                      |       |  |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |                         |       |  |  |
| Schaffung einer Personalstelle in der Verbandsgemeindeverwaltung für das Thema kommunale Wärmewende  |               |     |                         |       |  |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>           |       |  |  |
| Verbandsgemeinde Adenau  |               |     | 20-40 Wochenstunden     |       |  |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabschluss</b> |       |  |  |
| Kurzfristig  |               |     | Kurzfristig (Ende 2027) |       |  |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |                         |       |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gezielte Steuerungsmöglichkeit des Wärmewendeprozesses</li> <li>• Erhöhung der Realisierungswahrscheinlichkeit</li> </ul>   |               |     |                         |       |  |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |                         |       |  |  |
| <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, 2, 4-13 und 18-20 von dieser Person gezielt gesteuert und gestartet werden. Der Fokus der Personalie 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 VG Adenau sollten zusätzlich verantwortliche Personen benannt werden, die der zentralen Personalstelle zuarbeiten.</p> |               |     |                         |       |  |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |                         |       |  |  |
| <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 Verfestigung der Umsetzungsstrategie eingesetzt werden.</p>   |               |     |                         |       |  |  |

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe         | <b>SWECO</b>  |
|--|---------------|-----|-------------------------|--|
| 18   | D             | II  | P3                      |  |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |                         |  |
| Netzwerktreffen Nachbarkommunen  |               |     |                         |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>           |  |
| Personalstelle Kommunale Wärmewende<br>Fachbereich Stadtplanung  |               |     | -                       |  |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabschluss</b> |  |
| Kurzfristig  |               |     | Langfristig (Ende 2045) |  |
| <b>Benefits</b>  |               |     |                         |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermöglichen von interkommunalen Lösungen und gemeinsamen Betrieb von Wärmesystemen.</li> <li>• Optimale Flächennutzung und Auslegung der Energiesysteme, die nicht nur an kommunalen Grenzen ausgerichtet sind.</li> </ul>  |               |     |                         |  |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |                         |  |
| <p>Die kommunale Wärmeplanung in der jetzigen Form bezieht sich auf den Wärmeabsatz und die Potenziale innerhalb der Grenzen der VG Adenau 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. Insbesondere die weitere Herangehensweise im Bereich der Kläranlage Dümpelfeld sollte in enger Abstimmung mit der VG Altenahr abgestimmt werden.</p> <p>Sinnvoll wäre ein Netzwerktreffen, welches zweimal im Jahr abgehalten wird, idealerweise erstmalig kurz nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung. Dafür sollte die in Maßnahmensteckbrief 17 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> |               |     |                         |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |                         |  |
| <p>„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.“ [66]</p>   |               |     |                         |  |

| Nummer   | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe   | <b>SWECO</b> |
|--|---------------|-----|---|--------------|
| 19   | D             | II  | P2  |              |
| <b>Titel/ Name</b>   |               |     |   |              |
| Erstellung einer Online-Karte  |               |     |   |              |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>  |               |     | <b>Kosten</b>   |              |
| Verbandsgemeinde Adenau  |               |     | Lizenzmodell ca. 5.000 €-20.000 € pro Jahr je nach Anforderung<br>Ca. 20.000 € - 60.000 € je nach Anforderung |              |
| <b>Projektbeginn</b>   |               |     | <b>Projektabschluss</b>   |              |
| Kurzfristig  |               |     | Kurzfristig (Ende 2026)   |              |
| <b>Benefits</b>  |               |     |   |              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaffung eines Controlling Tools zur Erfolgskontrolle der KWP</li> <li>• Erhöhung der Transparenz innerhalb der Verwaltung und gegenüber den Bürger*innen</li> </ul>   |               |     |   |              |
| <b>Beschreibung</b>  |               |     |   |              |
| <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 Verbandsgemeinde integriert werden.</p> <p>Zusätzlich sollte dieses GIS-Modell online über die Projektseite eingebunden werden und für alle Bürger*innen der VG 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 VG (Baulöcke, Ortsteile, etc.) Energiekennwerte wie Wärmebedarf, Sanierungsstand, Anteil der Heizenergieträger, Ausbaustand Nahwärme 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> |               |     |   |              |
| <b>Referenzbeispiel</b>  |               |     |   |              |
| Geoportal der Stadt München zur kommunalen Wärmeplanung. Hier ist allerdings nur die Zonierung dargestellt und die Energiekennwerte fehlen. [67]   |               |     |   |              |

| Nummer  | Handlungsfeld | Typ | Prioritätsstufe         | SWECO   |  |  |
|---|---------------|-----|-------------------------|---|--|--|
| 20  | D             | II  | P2                      |  |  |  |
| <b>Titel/ Name</b>  |               |     |                         |   |  |  |
| Controlling der relevanten Faktoren   |               |     |                         |   |  |  |
| <b>Verantwortliche &amp; Beteiligte</b>   |               |     | <b>Kosten</b>           |   |  |  |
| Personalstelle Kommunale Wärmewende<br>Fachbereich Stadtplanung; ggf. weitere relevante Fachämter   |               |     | Personalkosten          |   |  |  |
| <b>Projektbeginn</b>  |               |     | <b>Projektabschluss</b> |   |  |  |
| Kurzfristig   |               |     | Langfristig (Ende 2045) |   |  |  |
| <b>Benefits</b>   |               |     |                         |   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Realisierungswahrscheinlichkeit durch regelmäßige Erfolgskontrolle und Reporting</li> <li>• Durch die regelmäßige Information und Einbindung der Öffentlichkeit, der Politik und der Fachakteure, wird die Akzeptanz gesteigert</li> </ul>  |               |     |                         |   |  |  |
| <b>Beschreibung</b>   |               |     |                         |   |  |  |
| <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"> <li>• Endenergieverbrauch pro Kopf [kWh/a]</li> <li>• THG-Emissionen pro Kopf [t CO<sub>2e</sub>/a]</li> <li>• Anteil der Energieträger am Wärmeverbrauch [%]</li> <li>• Aktuelle jährliche Sanierungsrate [%]</li> <li>• Anschlussrate Wärmenetz [%]</li> <li>• Ausbaustand des Wärmenetzes [km, MW]</li> <li>• Zubau-Geschwindigkeit von Wärmepumpen [kW/a]</li> </ul>   |               |     |                         |   |  |  |
| <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> |               |     |                         |   |  |  |
| <b>Referenzbeispiel</b>   |               |     |                         |   |  |  |
| 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 die VG Adenau aufgezeigt. Zur Sicherstellung dieser Zielerreichung ist eine kontinuierliche Kontrolle und eine Verstetigung innerhalb der Verbandsgemeindeverwaltung, der Politik, der Bevölkerung und der beteiligten Fachakteure essenziell. Dies macht deutlich, dass die Wärmeplanung mit der Konzeptfertigstellung 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 Wasserstoffnetzausbaugebiet würde die Ergebnisse in einen bindenden Rahmen gießen. Die Entscheidung erfolgt grundstücksbezogen (§26 Absatz 1 WGP). 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, **kann** im Fall, dass ein Wärmenetz aufgebaut wird, eine **Wärmesatzung** sinnvoll sein, 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 16 – Schaffung einer Wärmesatzung).

### 7.2 Verstetigung innerhalb der Verbandsgemeindeverwaltung

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 kommunale Gesamtplanung, in die Verbandsgemeindeverwaltung 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 ist bei Bedarf nochmals zu evaluieren. Sie sollte sich mindestens zusammensetzen aus der Verwaltungsspitze sowie Vertretern aus dem Bereich Klimaschutz und Bauverwaltung sowie ggf. relevanten Leitungsnetzbetreibern. 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. Hier bietet sich ein halbjähriger Turnus an. Im Anschluss an die KWP sollten möglichst kurzfristig Erstermine stattfinden. Die Ergebnisse sind regelmäßig über die relevanten Ausschüsse oder den Verbandsgemeinderat an die Politik weiterzugeben.

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 anpassen.

### 7.2.1 Verstetigung innerhalb der einzelnen Planungsebenen

Die kommunale Wärmeplanung ist ein weiterer Baustein in den Bestrebungen der Verbandsgemeinde Adenau zur Erreichung einer Klimaneutralität bis 2045 [68, p. 10]. Die bereits bei übergeordneten Prozessen, wie das Integrierte 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 kommunalen Entwicklung 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 Organisation und Verwaltungssteuerung als zentrale Koordinierungsstelle**, es ist daher naheliegend die Verantwortlichkeiten im Umsetzungsprozess so weiterzuführen. Alternativ würde sich eine Übertragung auf den Fachbereich Planen und Bauen anbieten.

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, sowie der Aufbau von ggf. interkommunalen Netzwerken, usw. Hier geht es insbesondere um die übergeordneten Aspekte des Controllings. Auf der Ebene sind hohe Synergieeffekte mit Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept 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 Verbandsgemeinde 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 verwaltungsinterne Akteure sind u. a. der Fachbereich Planen und Bauen und die Verbandsgemeindewerke.

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 der 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 Öffentlichkeit

Neben der institutionellen Ebene ist für die langfristige Sicherstellung der Zielerreichung des Konzeptes die Akzeptanz und Beteiligung der breiten Bevölkerung ein essenzieller Faktor. Öffentlichkeit 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 Gesellschaft basiert daher auf zwei wesentlichen Elementen:

1) Transparente Information:

Die Öffentlichkeit 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 eine Projekthomepage (als Unterseite auf der Webseite der Verbandsgemeinde) 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 Verbandsgemeindeverwaltung initiiert werden.

Begleitend sollte die interessierte Fach-Öffentlichkeit 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 Öffentlichkeit zu repräsentieren.

Die methodischen Werkzeuge zur Bearbeitung dieser Elemente liegen in der Verbandsgemeinde zum Teil bereits vor. Darüber hinaus können im Einzelfall weitere externe Dienstleister und Methoden einbezogen und genutzt werden. Denkbar wäre bspw. eine Online-Karte, wo Informationen zum Umsetzungstand 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 Verfestigungsstrategie. 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 Kontrollsysteem 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 Konzepts 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 Verbandsgemeindegebiet 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 kommunaler Ebene zu erheben. Folgende Indikatoren sollten für eine fundierte Entscheidungsgrundlage mindestens erhoben werden:

- Endenergieverbrauch pro Kopf [kWh/a]
- THG-Emissionen pro Kopf [t CO<sub>2</sub>e/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 24 gibt einen Überblick über die möglichen anzuwendenden Erfolgsindikatoren und Controlling-Instrumente.

Tabelle 24: Indikatoren und Controlling Instrumente der einzelnen Maßnahmen

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

| Nr. | Titel   | Indikator  | Controlling-Instrument           |
|-----|---|--|----------------------------------|
| 6   | Sanierungskatalog mit typischen Gebäudekategorien erstellen       | Erfolgreiche Erstellung Sanierungskatalog                      | Projektdokumentation Katalog     |
| 7   | Energieeinsparung   | V16 im IKS K   |                                  |
| 8   | Wärmeschutz   | P01 im IKS K   |                                  |
| 9   | Heizung mit Zukunft   | P02 im IKS K   |                                  |
| 10  | Umwelt- und Energieberatung - Energieeffizienz                    | U01 im IKS K   |                                  |
| 11  | Sanierungskonzept kommunale Liegenschaften                        | V02 im IKS K   |                                  |
| 12  | Erneuerbare Energien – kommunale Einrichtungen                    | V05 im IKS K   |                                  |
| 13  | Erneuerbare Energien  | P03 im IKS K   |                                  |
| 14  | Aufbau von Windenergieanlagen                                     | Installierte Leistung [kW]                                     | Projektdokumentation MaStR       |
| 15  | Aufbau von FFPV-Anlagen   | Installierte Leistung [kW]                                     | Projektdokumentation MaStR       |
| 16  | Schaffung einer Wärmesatzung                                      | Beschluss über Wärmesatzung<br>Umfrageergebnisse zur Akzeptanz | Sitzungsprotokolle               |
| 17  | Schaffung einer Personalstelle für das Thema kommunale Wärmewende | Wochenstunden eingesetztes Personal                            | Presseerklärung/ Social Media    |
| 18  | Netzwerktreffen Nachbarkommunen                                   | Anzahl durchgeführter Veranstaltungen                          | Besprechungsprotokolle           |
| 19  | Erstellung einer Online-Karte                                     | Aufrufe der Online-Karte                                       | Begleitdokumentation             |
| 20  | 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 bei Bedarf zu handeln. Regelmäßige Berichte bieten die Möglichkeit Trends zu identifizieren und das Vorgehen und die Prozesse zu evaluieren.

Maßnahmenspezifische Formate zur Berichterstattung sind in Tabelle 24 definiert. Empfehlungswerte zielgruppenspezifische Formate sowie die Frequenz der Veröffentlichungen sind in Maßnahmensteckbrief 20 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 Internetpräsenz 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 hauptverantwortlichen 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 Verbandsgemeinde Adenau. 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 100.000 Einwohner\*innen bis spätestens zum Jahr 2028, sind im **Wärmeplanungsgesetz** verbindlich vorgegeben.

Der Wärmeplan, als informelles Planungsinstrument, hat **keine rechtliche Bindung**. Der Verbandsgemeinde Adenau steht es frei, einzelne Gebiete zum Neubau von Wärmenetzen auszuweisen. Nachfolgend werden die Ergebnisse der einzelnen Konzeptbausteine zusammengefasst wiedergegeben.

### Bestands- und Potenzialanalyse (Kapitel 3 & 4)

Im Zuge der **Bestands- und Potenzialanalyse** wird für die Verbandsgemeinde ein **Wärmebedarf von ca. 186 GWh/a** festgestellt. In diesem Wärmeverbrauch ist der Verbrauch der aktuell in der Verbandsgemeinde installierten Wärmepumpen aufgrund fehlender Daten nicht inkludiert. Das theoretisch technische Potenzial zur Nutzung regenerativer Wärme und Energieeinsparungen liegt im Vergleich bei **10.800 GWh/a**. Somit kann theoretisch die gesamte Verbandsgemeinde mit regenerativer Wärme versorgt werden. Der Schwerpunkt des Potenzials liegt in der Nutzung solarthermischer Energie. Allerdings beziehen sich die Potenzialflächen auf die Ausweisung aus dem Solarkataster, welche mit einer genaueren Betrachtung der Ausschlusskriterien überprüft werden muss. Insofern ist davon auszugehen, dass sich dieses Potenzial noch deutlich reduzieren wird. Für die KWP sind vor allem die **Potenziale der Kläranlage und des Kanalnetzes** relevant, da sie ein konstantes Wärmeniveau übers Jahr bieten. Der Schwerpunkt des Verbrauchs liegt in der Stadt Adenau.

### Zielszenario (Kapitel 5)

Im Zuge der Szenarienentwicklung wird im Umkreis der Kläranlage in Dämpelfeld ein **Wärmenetzgebiet** identifiziert. Hier sollte der Aufbau eines durch Abwasserwärme des Auslaufs der Kläranlage gespeistes Wärmenetzes in der **Ortsgemeinde Dämpelfeld** dringend näher geprüft werden. Im weiteren Umkreis wurden zusätzlich **Prüfgebiete** identifiziert, bis das Potenzial der Kläranlage ausgereizt ist. Auch entlang des Kanalnetzes wurden einzelne Abschnitte identifiziert, die sich aufgrund ihres Wärmereservoirs potenzielle zur Wärmeentnahme eignen. Auch diese Gebiete wurden als Prüfgebiete identifiziert.

Für die Wärmenetzgebiete müssen im Anschluss an die kommunale Wärmeplanung im Rahmen einer **BEW-Machbarkeitsstudie** tiefergehende Analysen durchgeführt werden. Die Priorität sollte dabei auf dem Ortsteil Dämpelfeld liegen. Aber auch die Prüfgebiete können über Machbarkeitsstudien näher betrachtet werden.

Die restlichen Gebiete eignen sich entweder für den Aufbau **dezentraler Erzeugungsstrukturen** durch Luft-Wasser-Wärmepumpen oder Sole-Wasser-Wärmepumpen (Erdwärme) oder für die Versorgung mittels eines **kalten passiven Wärmenetzes**, welches durch geothermische Bohrungen gespeist wird, in Kombination mit dezentralen Wasser-Wasser Wärmenetzen. Als Beispiel für diese Art der Wärmeversorgung dient die Ortsgemeinde Rech der Verbandsgemeinde Altenahr. In jedem Versorgungsfall ist die **Wärmepumpe** die Schlüsseltechnologie auf dem Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung. Vor allem dezentrale Wärmepumpen werden den Heizungsbereich in der Verbandsgemeinde in Zukunft dominieren. Auch bei einer 100% Wärmenetz-Anschlussquote in den Wärmenetz- und Prüfgebieten würden dezentrale Wärmepumpen noch rund 80% der Wärmeversorgung übernehmen.

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

### Sanierung

Für den Verlauf des zukünftigen Wärmeverbrauchs wird die Annahme getroffen, dass die Sanierungsrate entsprechend dem Energieeinsparungs-Szenario im Klimaschutzkonzept mindestens bei **2,5%/a** liegt. Die Wärmebedarfsreduktion bis 2045 liegt somit bei rund 58 GWh/a (30%). Dieses Ziel gilt es in den nächsten Jahren zu verfolgen.

## **Maßnahmen (Kapitel 6)**

Zur Erreichung des Zielszenarios wurden 20 Maßnahmen entwickelt und in Maßnahmensteckbriefen beschrieben (6 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 die Verbandsgemeinde werden zwei **Fokusgebiete** identifiziert, in denen die weiteren Schritte prioritär zu behandeln sind. Ein Fokusgebiet bezieht sich nur auf den Ortsteil Dämpelfeld, wohingegen das zweite Fokusgebiet zusätzlich den Ortsteil Niederadenau der Ortsgemeinde Dämpelfeld und die Ortsgemeinde Insul miteinschließt. Es sollte frühzeitig geprüft werden, inwiefern die Wege von der Kläranlage zu den Ortschaften zur Verlegung von Wärmenetzen geeignet sind. Der Fokus sollte aufgrund der geringeren Distanz auf den Ortsteil Dämpelfeld gelegt 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 Wärmenetzberechnungen haben ergeben, dass die **Anschlussquote** für ein Wärmenetz im Umkreis der Kläranlage entscheidend für den ökonomischen Betrieb eines solchen ist. Daher ist es wichtig, dass die Bürger\*innen der Ortsteile informiert und motiviert werden. Das entscheidende Kriterium wird allerdings sein, dass die Bürger\*innen mit einer Nahwärmeversorgung zukünftig Geld sparen können.

### **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 (Wind + PV) und auf den Dächern der Verbandsgemeinde ist auch die **kontinuierliche Optimierung des Stromnetzes** seitens der Westnetz AG notwendig, um die zukünftig notwendigen Strommengen lokal vorhalten zu können.

### **Bürger\*innen über Vorteile informieren und Anreize schaffen**

Der Erfolg der kommunalen Wärmewende in der Verbandsgemeinde 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 in den einzelnen Ortsgemeinden** sind beispielhafte Maßnahmen, in denen die Gemeinden mit gezielten Informationsangeboten ihre Bewohner\*innen zur Teilhabe an der Wärmewende motivieren können.

Durch die Summe aller identifizierten Maßnahmen ist eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung in der Verbandsgemeinde 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.

## Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, „Kommunaldatenprofil Landkreis Ahrweiler,“ Januar 2023.
- [2] Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, „Energieportal der SGD Nord,“ [Online]. Available: [https://map1.sgdnord.rlp.de/kartendienste\\_rok/index.php?service=energieportal](https://map1.sgdnord.rlp.de/kartendienste_rok/index.php?service=energieportal).
- [3] 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](https://static.trinasolar.com/sites/default/files/Datasheet_Vertex_S_DE09R.08_DE_2022_PA1.pdf). [Zugriff am 04 Juli 2024].
- [4] 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.
- [5] 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].
- [6] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland,“ Juli 2024.
- [7] 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].
- [8] Agentur für Erneuerbare Energien e.V., „Klimaschutz mit erneuerbarer Wärme,“ [Online]. Available: <https://www.waermewende.de/waermewende/eigentuemerinnen-mieterinnen/klimaschutz/>. [Zugriff am 2024 Juli 07].
- [9] 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].
- [10] 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].
- [11] M. Pio, „Die Energieperspektiven 2035 - Band 4 Exkurse,“ Bundesamt für Energie, 2007.
- [12] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), „Sanierungsbedarf im Gebäudebestand,“ Berlin, Dezember 2014.
- [13] 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](https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/07/Planungsleitfaden_Freiflaechen-Solarthermie.pdf). [Zugriff am 05 März 2025].
- [14] Naturstrom AG, „Solarpark Henschleben,“ [Online]. Available: <https://www.solarpark-henschleben.de/>. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [15] Leipziger Stadtwerke, „Leipziger Wärme 2038 - Die neue Solarthermie Leipzig West,“ [Online]. Available: <https://zukunft-fernwaerme.de/solarthermie-leipzig-west/>. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [16] CPC Germania GmbH & Co. KG, „Hüselitz,“ [Online]. Available: <https://cpc-germania.com/projekt/hueselitz/>. [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [17] Forschungszentrum Jülich GmbH, „enArgus - Flächenbedarf,“ [Online]. Available: [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3857-2/\\*/\\*FI%c3%a4chenbedarf.html?op=Wiki.getwiki](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3857-2/*/*FI%c3%a4chenbedarf.html?op=Wiki.getwiki). [Zugriff am 17 Juni 2024].
- [18] Geologischer Dienst NRW, „Geothermie in Nordrhein-Westfalen,“ [Online]. Available: [https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer\\_geothermie.pdf](https://www.gd.nrw.de/zip/broschuer_geothermie.pdf). [Zugriff am 13 Februar 2025].
- [19] Landesamt Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, „Online-Karten Geothermie,“ [Online]. Available: <https://www.lgb-rlp.de/karten-und-produkte/online-karten>. [Zugriff am 14 Februar 2025].
- [20] Kirsten Stark et al, „Status Quo der thermischen Klärschlammbehandlung und Phosphorrückgewinnung in Deutschland,“ 2022.

- [21] Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V., „Ratgeber Energie aus Abwasser,“ Berlin, September 2019.
- [22] A. Hurni, „Argumentarium - Nutzung der Wärme von Abwasser,“ *Aqua & Gas - Plattform für Wasser, Gas und Wärme*, Oktober 2020.
- [23] F.-W. Bolle, „Potenziale und technische Optimierung der Abwasserwärmevernützung,“ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Aachen, November 2012.
- [24] P. Gottsbacher, „Abwasserwärmevernützung in Kombination mit Wärmepumpen,“ Fachhochschule Burgenland GmbH, 2019.
- [25] Sarah Fritz, Martin Pehnt - ifeu, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Heidelberg, 2018.
- [26] Sara Ortner et al, „Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung,“ Umweltbundesamt, Heidelberg, 2021.
- [27] Initiative Energien Speichern e.V., „Was sind erneuerbare Gase?,“ [Online]. Available: <https://energien-speichern.de/positionen/umweltverträglichkeit/was-sind-erneuerbare-gase/>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [28] Wissenschaftliche Dienste - Deutscher Bundestag, „Wasserstofftoleranz der Erdgasinfrastruktur,“ Fachbereich: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung, 2022.
- [29] 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].
- [30] Interconnector GmbH, „Power-To-Gas,“ 2020 April 24. [Online]. Available: <https://www.interconnector.de/wissen/power-to-gas/>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [31] 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].
- [32] 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].
- [33] Jürgen Kruse et al, *dena-Leitstudie Integrierte Energiewende - Teil B*, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) und ewi Energy Research & Scenarios gGmbH, 2018.
- [34] 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-südlichen-wasserstoffkorridors.html>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [35] 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-gründen-wasserstoff-taskforce.html>. [Zugriff am 19 Juni 2024].
- [36] Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz, „Flächenportal Windenergiennutzung Rheinland-Pfalz,“ [Online]. Available: <https://rauminfo-fpee.de/daten.php>. [Zugriff am 05 März 2025].
- [37] W. van Helden, „Wärmespeicher: Giganten im Untergrund,“ *Fachmagazin für Ökonomie + Ökologie*, pp. 44-45, April 2021.
- [38] Geologischer Dienst NRW, „Oberflächennahe Geothermie - Wärmespeicherung im Untergrund,“ [Online]. Available: [https://www.gd.nrw.de/ew\\_og.htm](https://www.gd.nrw.de/ew_og.htm). [Zugriff am 05 März 2025].
- [39] Stadtwerke Bonn (swb), „Was ist Abwasserrückgewinnung?,“ [Online]. Available: <https://www.swb.de/ueber-swb/swb-magazin/swb-insider/abwasserwaermerueckgewinnung>. [Zugriff am 05 März 2025].
- [40] Stefan van Welsen, Michael Benz, „Wärmerückgewinnung aus Schmutzwasser - Vorabklärung bezüglich des Potentials der Wärmerückgewinnung aus Schmutzwasser im Gebäude respektive auf dem Grundstück,“ Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Energie, 2013.
- [41] Initiative Energien Speichern e.V., „Gasspeicherkapazitäten,“ [Online]. Available: <https://energien-speichern.de/erdgassspeicher/gasspeicherkapazitaeten/>. [Zugriff am 05 März 2025].

- [42] 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].
- [43] S. Jenke, „DVGW: Wasserstoffpreise für Wärmeversorgung sinken bis 2045 auf Erdgasniveau,“ *H2 News*, 2023.
- [44] Thomas Frewer et al, „Zum Stand der Einführung von,“ Global Energy Solutions e.V., 2024.
- [45] Sara Ortner et al, „Leitfaden Wärmeplanung - Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Klima, 2024.
- [46] Max Peters et al, „Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden, Baden-Württemberg,“ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg, 2021.
- [47] Langreder et al., „Technikkatalog Wärmeplanung,“ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi Consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbB, Prognos AG, 2024.
- [48] 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](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html). [Zugriff am 15 2024 Oktober].
- [49] Statistisches Bundesamt, „Pressemitteilung Nr. 375 vom 30. September 2024,“ [Online]. Available: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/09/PD24\\_375\\_61243.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/09/PD24_375_61243.html). [Zugriff am 17 Oktober 2024].
- [50] 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].
- [51] 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](https://www.prognos.com/sites/default/files/2023-05/Ergebnisdokumentation_Waermepumpe_aktualisiert_10032023.pdf). [Zugriff am 21 Oktober 2024].
- [52] 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].
- [53] EnergyComment, „Entwicklung des Heizölpreises in Deutschland von 2002 bis 2030,“ Statista, [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/253739/umfrage/prognostizierte-entwicklung-des-heizoelpreises-in-deutschland/>. [Zugriff am 05 August 2025].
- [54] 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].
- [55] dp energietechnik GmbH, „Nah- und Fernwärmenetze als Chance für Landwirte und Investoren,“ September 2024. [Online]. Available: <https://dpenergiotechnik.com/blog/nah-und-fernwaermenetze-als-chance-fuer-landwirte-und-investoren/>. [Zugriff am 29 Januar 2025].
- [56] Deutsche Kreditbank AG, „Ein Dorf – eine Wärmegenossenschaft,“ [Online]. Available: <https://www.dkb.de/geschaeftskunden/erneuerbare-energien/referenz-nahwaermenetz>. [Zugriff am 29 Januar 2025].
- [57] S. Weber, „Ratsantrag "Transformationsplan für die Stromnetze der Zukunft,“ Ratsfraktion CDU, Münster, 2023.
- [58] 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].
- [59] Katharine Heinbach, Jan Walter, „Energetische Gebäudesanierung – Mit einer Sanierungskampagne Hauseigentümer\*innen aktivieren,“ Institut für ökologische Wirtschaftsförderung (IÖW), 2020.
- [60] 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].
- [61] 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].

- [62] 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].
- [63] Energieagentur Rhein-Sieg, „Sanierungsratgeber,“ [Online]. Available: <https://energieagentur-rsk.de/privathaushalte/immobilienbesitzer/sanierungsratgeber/>. [Zugriff am 19 März 2025].
- [64] Silke Lüers, Anna-Kathrin Wallasch, „Kostensituation der Windenergie an Land Stand 2023,“ Deutsche WindGuard, 2023.
- [65] Stadt Bad Salzuflen, „Informationen zur Fernwärmesatzung und zum Anschluss- und Benutzungszwang des Fernwärmennetzes,“ [Online]. Available: <https://www.stadt-bad-salzuflen.de/stadt-und-rathaus/klima-umweltschutz/fernwaermesatzung-info>. [Zugriff am 10 Januar 2025].
- [66] Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende, „WärmeWendeKommune-Netzwerk,“ Dezember 2024. [Online]. Available: <https://www.kww-halle.de/wwk-netzwerk>. [Zugriff am 05 Februar 2025].
- [67] Geodatenservice München, „Portal Kommunaler Wärmeplan,“ 2024. [Online]. Available: <https://geoportal.muenchen.de/portal/waermeplan/>. [Zugriff am 05 Februar 2025].
- [68] Verbandsgemeinde Adenau, „Integriertes Klimaschutzkonzept,“ Verbandsgemeinde Adenau, Adenau, 2025.
- [69] 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](https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse).
- [70] 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](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].
- [71] 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].
- [72] 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].
- [73] A. Schick, „Der Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) 2023 - Ergebnisbericht,“ H2O vor Ort, 2023.

## Anhang A – Energieverbrauchsdaten der einzelnen Ortsgemeinden

Tabelle 25: Endenergieverbrauchsdaten der einzelnen Ortschaften

| <b>Endenergieverbrauch [GWh/a]</b>           | <b>Adenau</b> | <b>Antweiler</b> | <b>Aremberg</b> | <b>Barweiler</b> | <b>Bauler</b> | <b>Dankerath</b> | <b>Dorsel</b> | <b>Dümpelfeld</b> | <b>Eichenbach</b> | <b>Fuchshofen</b> | <b>Harscheid</b> | <b>Herschbroich</b> |
|--|---------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| <b>Erdgas</b>                                | 58,14         | 0,00             | 0,00            | 0,00             | 0,00          | 0,00             | 0,00          | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00                |
| <b>Heizöl</b>                                | 20,97         | 5,46             | 2,06            | 3,16             | 0,40          | 0,60             | 1,38          | 4,35              | 0,44              | 0,83              | 0,80             | 1,87                |
| <b>Scheitholz</b>                            | 0,00          | 0,94             | 0,38            | 0,00             | 0,00          | 0,00             | 0,40          | 0,92              | 0,15              | 0,12              | 0,42             | 0,00                |
| <b>Holzpellets</b>                           | 0,89          | 0,32             | 0,12            | 0,16             | 0,02          | 0,05             | 0,07          | 0,24              | 0,01              | 0,02              | 0,04             | 0,06                |
| <b>Flüssiggas</b>                            | 0,41          | 1,38             | 0,46            | 0,55             | 0,03          | 0,09             | 0,33          | 1,19              | 0,37              | 0,23              | 0,24             | 0,15                |
| <b>Hackschnitzel</b>                         | 0,11          | 0,30             | 0,00            | 7,50             | 0,00          | 0,00             | 0,00          | 0,07              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00                |
| <b>naturbelassenes Holz</b>                  | 1,27          | 0,00             | 0,00            | 0,39             | 0,20          | 0,28             | 0,00          | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,56                |
| <b>verleimtes Holz</b>                       | 0,00          | 0,00             | 0,00            | 0,00             | 0,00          | 0,00             | 0,00          | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00                |
| <b>Steinkohlen</b>                           | 0,03          | 0,00             | 0,00            | 0,00             | 0,00          | 0,00             | 0,00          | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00                |
| <b>Stadtgas</b>                              | 0,02          | 0,00             | 0,00            | 0,00             | 0,00          | 0,00             | 0,00          | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00                |
| <b>Sägemehl</b>                              | 0,00          | 0,00             | 0,00            | 0,00             | 0,00          | 0,00             | 0,00          | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00             | 0,00                |
| <b>Summe</b>                                 | <b>81,84</b>  | <b>8,40</b>      | <b>3,03</b>     | <b>11,77</b>     | <b>0,66</b>   | <b>1,02</b>      | <b>2,18</b>   | <b>6,77</b>       | <b>0,97</b>       | <b>1,20</b>       | <b>1,49</b>      | <b>2,63</b>         |
| <b>Anteil am Gesamtverbrauch</b>             | <b>33%</b>    | <b>3%</b>        | <b>1%</b>       | <b>5%</b>        | <b>0%</b>     | <b>0%</b>        | <b>1%</b>     | <b>3%</b>         | <b>0%</b>         | <b>0%</b>         | <b>1%</b>        | <b>1%</b>           |
| <b>THG-Emissionen [kg CO<sub>2e</sub>/a]</b> | 21.674        | 2.126            | 785             | 1.318            | 139           | 220              | 533           | 1.717             | 243               | 327               | 325              | 639                 |

| Endenergieverbrauch [GWh/a]                  | Hoffeld     | Honerath    | Hümmel      | Insul       | Kaltenborn  | Kottenborn  | Leimbach    | Meuspath    | Müllebach    | Müschen     | Nürburg      | Ohlenhard   |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| <b>Erdgas</b>                                | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,02        | 0,01        | 0,01        | 0,00        | 8,24        | 10,41        | 0,00        | 8,56         | 0,00        |
| <b>Heizöl</b>                                | 2,32        | 1,19        | 3,15        | 1,87        | 3,82        | 1,04        | 3,82        | 0,85        | 2,48         | 1,62        | 7,54         | 1,12        |
| <b>Scheitholz</b>                            | 0,43        | 0,00        | 1,02        | 0,33        | 1,73        | 0,00        | 0,72        | 0,00        | 0,00         | 0,26        | 0,00         | 0,26        |
| <b>Holzpellets</b>                           | 0,07        | 0,00        | 0,15        | 0,20        | 0,24        | 0,02        | 0,17        | 0,01        | 0,03         | 0,05        | 0,03         | 0,03        |
| <b>Flüssiggas</b>                            | 0,29        | 0,17        | 1,12        | 1,31        | 0,79        | 0,17        | 1,11        | 0,09        | 0,13         | 0,54        | 0,00         | 0,37        |
| <b>Hackschnitzel</b>                         | 0,18        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,05        | 0,00        | 0,10        | 0,00        | 0,00         | 0,14        | 9,62         | 0,00        |
| <b>naturbelassenes Holz</b>                  | 0,00        | 0,31        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,20        | 0,00        | 0,17        | 0,43         | 0,00        | 0,18         | 0,00        |
| <b>verleimtes Holz</b>                       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,37        | 0,00        | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00        |
| <b>Steinkohlen</b>                           | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00        |
| <b>Stadtgas</b>                              | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00        |
| <b>Sägemehl</b>                              | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00        |
| <b>Summe</b>                                 | <b>3,29</b> | <b>1,67</b> | <b>5,45</b> | <b>3,72</b> | <b>6,64</b> | <b>1,44</b> | <b>6,28</b> | <b>9,36</b> | <b>13,48</b> | <b>2,60</b> | <b>25,92</b> | <b>1,77</b> |
| <b>Anteil am Gesamtverbrauch</b>             | 1%          | 1%          | 2%          | 2%          | 3%          | 1%          | 3%          | 4%          | 5%           | 1%          | 10%          | 1%          |
| <b>THG-Emissionen [kg CO<sub>2</sub>e/a]</b> | 819         | 427         | 1.321       | 962         | 1.459       | 380         | 1.530       | 2.411       | 3.496        | 665         | 4.773        | 457         |

| Endenergieverbrauch [GWh/a]                  | Pomster     | Quiddelbach | Reifferscheid | Rodder      | Schuld      | Senscheid   | Sierscheid  | Trier-scheid | Wershofen    | Wiesemscheid | Wimbach      | Winnerath   | Wirft       |
|--|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>Erdgas</b>                                | 0,00        | 5,27        | 0,02          | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,01         | 0,00         | 0,00         | 7,77         | 0,00        | 0,02        |
| <b>Heizöl</b>                                | 1,14        | 1,49        | 4,12          | 1,64        | 4,06        | 0,51        | 0,52        | 0,26         | 8,44         | 1,98         | 1,98         | 1,25        | 0,86        |
| <b>Scheitholz</b>                            | 0,01        | 0,00        | 1,34          | 0,00        | 0,71        | 0,00        | 0,25        | 0,13         | 1,34         | 0,00         | 0,00         | 0,28        | 0,28        |
| <b>Holzpellets</b>                           | 0,05        | 0,03        | 0,32          | 0,01        | 0,31        | 0,07        | 0,03        | 0,06         | 0,33         | 0,08         | 0,03         | 0,03        | 0,03        |
| <b>Flüssiggas</b>                            | 0,30        | 0,06        | 0,44          | 0,23        | 1,78        | 0,16        | 0,27        | 0,04         | 0,92         | 0,39         | 0,11         | 0,56        | 0,10        |
| <b>Hackschnitzel</b>                         | 0,04        | 0,00        | 0,14          | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,06         | 0,00         | 0,11         | 0,00         | 0,00        | 0,05        |
| <b>naturbelassenes Holz</b>                  | 0,28        | 0,18        | 0,00          | 0,32        | 0,00        | 0,16        | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,30         | 0,42         | 0,00        | 0,00        |
| <b>verleimtes Holz</b>                       | 0,00        | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00        | 0,00        |
| <b>Steinkohlen</b>                           | 0,00        | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00        | 0,00        |
| <b>Stadtgas</b>                              | 0,00        | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00        | 0,00        |
| <b>Sägemehl</b>                              | 0,00        | 0,00        | 0,00          | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00        | 0,00        |
| <b>Summe</b>                                 | <b>1,82</b> | <b>7,03</b> | <b>6,38</b>   | <b>2,19</b> | <b>6,86</b> | <b>0,90</b> | <b>1,07</b> | <b>0,57</b>  | <b>11,03</b> | <b>2,86</b>  | <b>10,32</b> | <b>2,13</b> | <b>1,36</b> |
| <b>Anteil am Gesamtverbrauch</b>             | 1%          | 3%          | 3%            | 1%          | 3%          | 0%          | 0%          | 0%           | 4%           | 1%           | 4%           | 1%          | 1%          |
| <b>THG-Emissionen [kg CO<sub>2e</sub>/a]</b> | 447         | 1.841       | 1.455         | 581         | 1.785       | 208         | 245         | 101          | 2.934        | 738          | 2.658        | 553         | 312         |

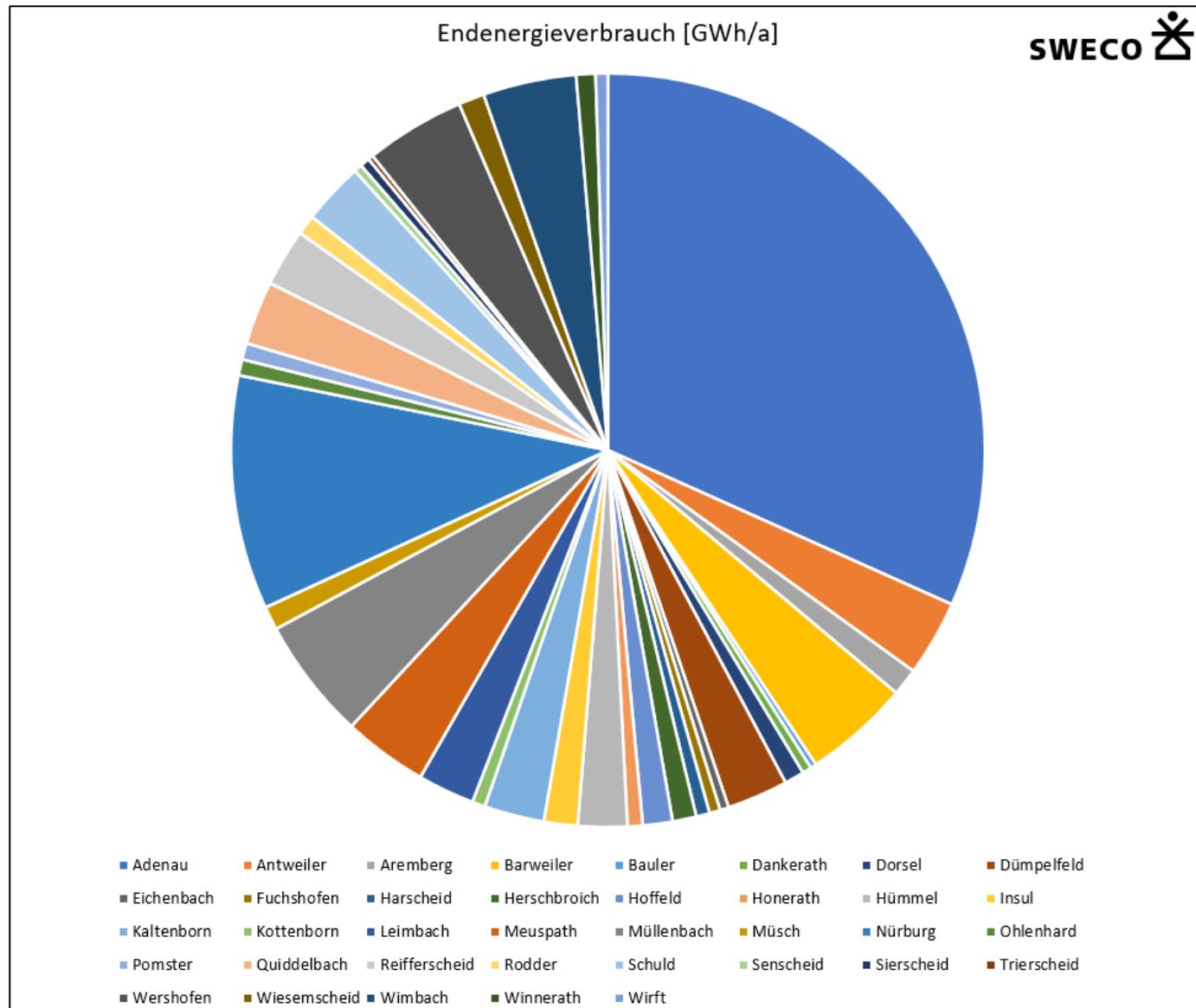


Abbildung 45: Endenergieverbrauch der einzelnen Ortsgemeinde



## Anhang B – Formeln KWW-Technikkatalog

| Solarthermie Flachkollektoren Freifläche 2030 |                          |           |                                    |   |  |  |
|---|--------------------------|-----------|------------------------------------|---|--|--|
| Ertrag<br>in MWh                              | Leis-<br>tung in<br>KW   | €/kW      | Jährliche<br>Fixkosten<br>€/a      | Kollek-<br>torfläche<br>in m <sup>2</sup> | Parkfläche in m <sup>2</sup>                                     | Formeln  |
| 227   | 350                      | 466       | 1957                               | 500                                       | 1000   | spezifische Investitions-<br>kosten €/m <sup>2</sup> :<br>$y=482,01x^{-0,077}$ |
| 451   | 700                      | 441       | 3703                               | 1000                                      | 2000   | Fixkosten €/a:<br>$y=8,7693x^{0,9231}$   |
| 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<br>in MWh                              | Leis-<br>tung in<br>KW   | €/kW      | Jährliche<br>Fixkosten<br>€/kWth*a | Puffer-<br>speicher<br>Kosten €           | Geringinvestive Maßnah-<br>men und Heizflächen-<br>tausch €/kWth | Formeln  |
| 502,25  | 4                        | 990       | 9,9                                | 1025                                      | 216  | spezifische Investitions-<br>kosten in €/kW<br>$y=1130,3x^{-0,097}$            |
| 502,25  | 10                       | 904       | 9,8                                | 1025                                      | 162  | spezifische Fixkosten in<br>€/kW*a $y=-0,0215x+10,009$                         |
| 845,74  | 20                       | 846       | 9,6                                | 1726                                      | 131  | Geringinvestive Maß-<br>nahmen in €/kW<br>$y=333,41x^{-0,313}$                 |
| 7477,4  | 140                      | 702       | 7                                  | 15260                                     | 71   |  |
| Solarthermischer Großspeicher 2030            |                          |           |                                    |   |  |  |
| Kapazi-<br>tät in<br>MWh                      |                          | €/MW<br>h | Jährliche<br>Fixkosten<br>€/MWh*a  | Fläche in<br>m <sup>2</sup>               |  | Formeln  |
| 1.500   |                          | 1087      | 3,7                                | 4000                                      |  | spezifische Investitions-<br>kosten €/MWh:<br>$y=24440x^{-0,426}$              |
| 4.500   |                          | 681       | 3,7                                | 14000                                     |  |  |
| Großwärmepumpe Abwasser 2030                  |                          |           |                                    |   |  |  |
| Ertrag<br>in MWh                              | Leis-<br>tung in<br>KWth | €/kWth    | Jährliche<br>Fixkosten<br>€/kWth*a |   |  | Formel   |
| 4200  | 1000                     | 1180      | 30                                 |   |  | spezifische Investitions-<br>kosten €/kWth:<br>$y=1180x^{-0,237}$ (x in<br>MW) |
| 42000   | 10000                    | 683       | 17                                 |   |  | spezifische Fixkosten<br>€/kWth*a: $y=164,87x^{-0,247}$                        |

| Sole-Wasser Wärmepumpe Erdwärmesonden 2030            |  |        |                                    |                                 |  |  |
|---|--|--------|------------------------------------|---------------------------------|--|--|
| Ertrag<br>in MWh                                      | Leis-<br>tung in<br>kWth                                   | €/kWth | Jährliche<br>Fixkosten<br>€/kWth*a | Puffer-<br>speicher<br>Kosten € | Geringinvestive Maßnah-<br>men und Heizflächen-<br>tausch €/kWth | Formel   |
| 10  | 5  | 4628   | 76                                 | 1025                            | 671  | spezifische Investitions-<br>kosten €/kWth:<br>$y=6975,9x^{-0,275}$  |
| 20  | 10   | 3591   | 38                                 | 1025                            | 540  | spezifische Fixkosten<br>€/kWth*a: $y=172,59x^{-0,64}$   |
| 40  | 20   | 2983   | 21                                 | 1726                            | 469  | Geringinvestive Maß-<br>nahmen<br>€/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  |  |
| Luft-Wasser Wärmepumpe 2030                           |  |        |                                    |                                 |  |  |
| Ertrag<br>in MWh                                      | Leis-<br>tung in<br>kWth                                   | €/kWth | Jährliche<br>Fixkosten<br>€/kWth*a | Puffer-<br>speicher<br>Kosten € | Geringinvestive Maßnah-<br>men und Heizflächen-<br>tausch €/kWth | Formel   |
| 10  | 5  | 2111   | 76                                 | 1025                            | 671  | spezifische Investitions-<br>kosten €/kWth:<br>$y=3533,3x^{-0,295}$ für<br>$x \leq 40$<br>$y=2942,4x^{-0,207}$ für<br>$x > 40$ |
| 20  | 10   | 1829   | 38                                 | 1025                            | 540  | spezifische Fixkosten<br>€/kWth*a: $y=135,97x^{-0,545}$  |
| 40  | 20   | 1585   | 19                                 | 1726                            | 469  | Geringinvestive Maß-<br>nahmen<br>€/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  |  |
| Netze   |  |        |                                    |                                 |  |  |
| Formeln Wärme-<br>netz konventionell<br>- Verteilnetz | Formeln Wärmenetz<br>konventionell -<br>Transportleitungen |        | Wärmenetze Nie-<br>dertemperatur   | Wärmenetze Kalte<br>Nahwärme    | Hausstation Fern-<br>wärme indirekt                              |  |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| spezifische Investitionskosten Verteilnetz<br>unbefestigtes Terrain: 739 €/MWh*a<br>teilbefestigtes Terrain: 1045 €/MWh*a<br>befestigtes Terrain: 1351 €/MWh*a  | spezifische Investitionskosten Station [Typ 1, Transformer]<br>120.336 €/MW  | spezifische Investitionskosten Verteilnetz<br>unbefestigtes Terrain: 86 €/MWh*a<br>teilbefestigtes Terrain: 829 €/MWh*a<br>befestigtes Terrain: 1071 €/MWh*a   | spezifische Investitionskosten Hausanschlussleitung in €/Anschluss<br>$10,755x+76,796$   | spezifische Investitionskosten in €/kW<br>$y=2539,3x^{-0,648}$ |
| spezifische Investitionskosten Hausanschlussleitung in €/Anschluss<br>unbefestigtes Terrain:<br>$7,7008x+4747,6$<br>teilbefestigtes Terrain:<br>$13,163x+9241$<br>befestigtes Terrain:<br>$13,411x+13976$ | spezifische Investitionskosten Station [Typ 2, Stabilisator]<br>109.827 €/MW | spezifische Investitionskosten Hausanschlussleitung in €/Anschluss<br>unbefestigtes Terrain:<br>$6,1049x+3766,7$<br>teilbefestigtes Terrain:<br>$10,448x+7330,8$<br>befestigtes Terrain:<br>$14,77x+10896$ | spezifische Investitionskosten Hauptleitungsstrang inkl. Grabenbau in €/m<br>unbefestigtes Terrain:<br>$3,1629x+135,35$<br>teilbefestigtes Terrain:<br>$3,7958x+162,39$<br>befestigtes Terrain:<br>$4,544x+194,91$<br>Ungeeignete Formel für hohe Leistungsklassen. Daraus Rechnung wie bei Niedertemperaturnetz | spezifische Fixkosten: 10 €/kWth                               |
| spezifische Investitionskosten Hauptanschlussstrang in €/m<br>unbefestigtes Terrain:<br>$284,7x^0,2002$<br>teilbefestigtes Terrain:<br>$358,76x^0,2018$<br>befestigtes Terrain:<br>$432,69x^0,2029$       | spezifische Fixkosten: 0,8 €/MW  | spezifische Investitionskosten Hauptanschlussstrang in €/m<br>unbefestigtes Terrain:<br>$215x^0,2138$<br>teilbefestigtes Terrain:<br>$306,03x^0,2138$<br>befestigtes Terrain:<br>$415,86x^0,2138$          | spezifische Investitionskosten Grabenbau Hausanschlussstrang<br>unbefestigtes Terrain: 183 €/m<br>teilbefestigtes Terrain: 252 €/m<br>befestigtes Terrain: 370 €/m   | Geringinvestive Maßnahmen: 162 €/kWth                          |
| spezifische Investitionskosten Über gabestation<br>Für x<1000 kW:<br>227296 €/MW  |  | spezifische Investitionskosten Über gabestation<br>Für x<1000 kW:<br>227296 €/MW   | spezifische Investitionskosten Pump station<br>5450 €/kW   |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| Für $x \geq 1000$ kW:<br>104640 €/MW   |  | Für $x \geq 1000$ kW:<br>104640 €/MW   |  |  |
| spezifische Investitionskosten Pumpstation<br>Für $x < 1000$ kW:<br>251136 €/MW<br>Für $x \geq 1000$ kW:<br>94176 €/MW |  | spezifische Investitionskosten Pumpstation<br>Für $x < 1000$ kW:<br>251136 €/MW<br>Für $x \geq 1000$ kW:<br>94176 €/MW | Installationskosten: 5% der Netzkosten   |  |
| spezifische Fixkosten: 1,44 €/MWh  |  | spezifische Fixkosten: 1,44 €/MWh  | spezifische Fixkosten: 1% der Netzkosten |  |