



Foto © Patrick Liste

KOMMUNALER WÄRMEPLAN

FÜR DIE STADT SELIGENSTADT



Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Stadt Seligenstadt und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Stadt Seligenstadt

Marktplatz 1
63500 Seligenstadt

Ansprechpartner: Michael Dekant

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH

Robert-Bosch-Straße 11b
63225 Langen (Hessen)

Ansprechpartner: Maren Wenzel



Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

Liebe Bürgerinnen und Bürger,

mit dem nun vorliegenden Abschlussbericht zur kommunalen Wärmeplanung erreicht die Einhardstadt Seligenstadt einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Gleichzeitig zeigt der Bericht auch, dass dieser Weg im Wesentlichen noch weit vor uns liegt.

Aus vielen persönlichen Gesprächen sowie zahlreichen Anfragen an unsere Stadtverwaltung ist mir bewusst, dass es in der Bevölkerung ein großes Interesse an der Kommunalen Wärmeplanung besteht. Insbesondere besteht bei vielen Bürgerinnen und Bürgern ein großes Interesse an konkreten und fundierten Antworten: „Wie werden wir zukünftig wärmeversorgt?“ oder „Wann wird in meiner Straße ein Wärmenetz verlegt – und was wird dieses kosten?“ Diese Fragen sind für mich absolut nachvollziehbar, jedoch muss ich an dieser Stelle erneut betonen, dass die Kommunale Wärmeplanung eine derartige Detaillierungsplanung nicht vorsieht, gar nicht vorsehen kann. In diesem Abschlussbericht werden vielmehr Möglichkeiten aufgezeigt und eine Orientierung gegeben, jedoch sind keine verbindlichen Ausbaupläne oder individuelle Lösungen oder Zeitachsen enthalten.

Für eine Stadt wie Seligenstadt, die zum einen von ihrer historischen Altstadt mit einer charakteristisch dichten Bebauung und kleinen Grundstücken geprägt ist, zum anderen sowohl von wertvollen landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Flächen als auch von ökologisch bedeutsamen und überwiegend naturschutzrechtlich geschützten Gebieten umgeben ist, war zu erwarten, dass eine flächendeckende Versorgung durch zentrale Wärmenetze nicht realistisch ist – zumindest auch nicht überall und nicht in absehbarer Zeit wirtschaftlich tragfähig ist.

Daher legt der Abschlussbericht für die meisten Teilgebiete unserer Stadt dar, dass die Wärmeversorgung zukünftig dezentral erfolgen sollte. Dies bedeutet, dass jede Eigentümerin und jeder Eigentümer sich Gedanken machen muss, wie das eigene Gebäude am besten zukunftssicher und klimafreundlich beheizt werden kann. Diese Aufgabe ist gewiss groß, aber sie ist machbar. Als Einhardstadt Seligenstadt unterstützen wir Sie bei dieser Herausforderung und stehen Ihnen auch zukünftig gerne mit der fachkundigen Beratung unserer Stadtverwaltung zur Seite.

Lassen Sie uns diesen Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung gemeinsamen bewältigen – mit dem Ziel unsere Einhardstadt Seligenstadt zukunftsfähig aufzustellen und auch für kommende Generationen als lebenswerte Stadt zu erhalten.

Ihr Bürgermeister

Dr. Daniell Bastian



| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Abbildungsverzeichnis | 7 |
| 2 | Tabellenverzeichnis | 8 |
| 3 | Einleitung | 9 |
| 3.1 | Hintergrund & Motivation | 9 |
| 3.2 | Hessisches Energiegesetz und Wärmeplanungsgesetz | 9 |
| 3.3 | Projektstruktur | 10 |
| 3.4 | Datengrundlagen | 11 |
| 4 | Bestandsanalyse..... | 13 |
| 4.1 | Beschreibung der Stadt Seligenstadt | 13 |
| 4.1.1 | Demographische Entwicklung..... | 13 |
| 4.1.2 | Wirtschaft..... | 13 |
| 4.1.3 | Gebäudebestand | 13 |
| 4.2 | Energie- und THG-Bilanz | 14 |
| 4.2.1 | Grundlagen der Bilanzierung | 14 |
| 4.2.2 | Energiebilanz für die Stadt Seligenstadt..... | 14 |
| 4.2.3 | Gebäudescharfer Wärmeverbrauch | 17 |
| 4.2.4 | THG-Emissionen | 17 |
| 4.3 | Wärmeversorgung auf Baublockebene..... | 19 |
| 4.3.1 | Wärmeverbrauch /-bedarf | 19 |
| 4.3.2 | Überwiegender Energieträger | 21 |
| 4.4 | Wärmeinfrastruktur..... | 23 |
| 4.4.1 | Gasnetz..... | 23 |
| 4.4.2 | Wärmenetze und KWK-Anlagen | 23 |
| 5 | Potenzialanalyse | 26 |
| 5.1 | Einsparpotenziale | 27 |
| 5.2 | Biomassepotenzial..... | 31 |
| 5.3 | Umweltwärme..... | 33 |
| 5.3.1 | Abwasserwärmenutzung | 33 |
| 5.3.2 | Wärme aus Oberflächengewässern | 34 |
| 5.3.3 | Luft-Wasser-Wärmepumpen..... | 36 |
| 5.4 | Geothermie | 36 |
| 5.4.1 | Tiefengeothermie..... | 37 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.4.2 | Oberflächennahe Geothermie | 38 |
| 5.5 | Solarthermie | 42 |
| 5.6 | Abwärme | 44 |
| 5.6.1 | Industrielle Abwärme | 44 |
| 5.6.2 | Abwärme an den Kläranlagen..... | 45 |
| 5.7 | Wasserstoff | 46 |
| 5.8 | Sektorenkopplung | 48 |
| 5.9 | Stromerzeugungstechnologien für die Wärmenutzung | 48 |
| 5.9.1 | Photovoltaik..... | 48 |
| 5.9.2 | Windenergie..... | 51 |
| 5.9.3 | Wasserkraft..... | 52 |
| 6 | Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete und Zielszenario | 53 |
| 6.1 | Teilgebietssteckbriefe..... | 53 |
| 6.1.1 | Bestand, Energie- und THG-Bilanz..... | 54 |
| 6.1.2 | Wärmewendestrategie, Zielbild, Rahmenbedingungen für die Transformation und Maßnahmen | 56 |
| 6.1.3 | Lokale Potenziale zur Wärmeversorgung und kartografische Darstellungen..... | 58 |
| 6.2 | Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete | 59 |
| 6.2.1 | Eignung für die Versorgung durch ein Wärmenetz..... | 60 |
| 6.2.2 | Eignung für dezentrale Versorgung..... | 61 |
| 6.2.3 | Eignung für die Versorgung mit Wasserstoff | 61 |
| 6.2.4 | Prüfgebiete | 62 |
| 6.2.5 | Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete..... | 62 |
| 6.3 | Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial | 62 |
| 6.4 | Zielszenarien..... | 63 |
| 7 | Wärmewendestrategie..... | 66 |
| 7.1 | Maßnahmenkatalog | 66 |
| 7.2 | Controllingkonzept..... | 68 |
| 7.2.1 | Controllingkonzept | 68 |
| 7.2.2 | Verpflichtung nach Wärmeplanungsgesetz..... | 68 |
| 7.2.3 | Monitoring von Hauptindikatoren..... | 69 |
| 7.2.4 | Indikatoren für die Maßnahmen | 70 |
| 7.2.5 | Indikatoren für den Prozess..... | 70 |
| 7.3 | Verstetigungsstrategie | 70 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.3.1 | Rollierende Planung..... | 70 |
| 7.3.2 | Kommunale Verwaltungsstrukturen | 71 |
| 7.3.3 | Politische Absicherung..... | 71 |
| 7.3.4 | Kommunikation | 71 |
| 7.3.5 | Weitere Regelungen..... | 72 |
| 8 | Zusammenfassung..... | 73 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 75 |
| 10 | Anhang | 77 |
| | Anhang 1 - Energiekennwerte | 77 |
| | Anhang 2 - THG-Emissionsfaktoren | 79 |
| | Anhang 3 - Spezifische Energieverbräuche nach Gebäudetypen und Baualtersklassen | 79 |

1 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 5-1 Gebäudeklassen in Seligenstadt | 13 |
| Abbildung 5-2 Überwiegende Baualtersklassen in Seligenstadt..... | 14 |
| Abbildung 5-3 Prozentualer Anteil des Endenergieverbrauchs Wärme nach Sektoren für 2022 | 15 |
| Abbildung 5-4: Endenergieverbrauch in MWh/a des Wärmesektors der Stadt Seligenstadt | 16 |
| Abbildung 5-5: Prozentuale Darstellung des Endenergieverbrauchs in MWh/ a des Wärmesektors der Stadt Seligenstadt | 16 |
| Abbildung 5-6: Prozentualer Anteil der THG-Emissionen nach Sektoren in der Stadt Seligenstadt für 2022 | 18 |
| Abbildung 5-7: THG-Emissionen nach Sektoren in der Stadt Seligenstadt | 18 |
| Abbildung 5-8: Absoluter Wärmebedarf im Basisjahr 2022 der Stadt Seligenstadt..... | 20 |
| Abbildung 5-9: Wärmedichte 2022 auf Baublockebene in der Stadt Seligenstadt | 21 |
| Abbildung 5-10: Verteilung der Versorgung nach Energieträger auf Baublockebene | 22 |
| Abbildung 5-11: Karte des Gasnetzes in Seligenstadt | 23 |
| Abbildung 5-12: Karte der Wärmenetze in Seligenstadt..... | 24 |
| Abbildung 6-1: Übersicht der verschiedenen Potenzialbegriffe | 26 |
| Abbildung 6-2: Gegenüberstellung der beiden Sanierungsszenarien für die Stadt Seligenstadt | 29 |
| Abbildung 6-3: Entwicklung des Wärmebedarfs im Referenzszenario nach Gebäudenutzung in Seligenstadt..... | 30 |
| Abbildung 6-4: Entwicklung des Wärmebedarfs im Klimaschutzszenario nach Gebäudenutzung in Seligenstadt..... | 30 |
| Abbildung 6-5: Holz- & Schadholzeinschlag in Seligenstadt..... | 32 |
| Abbildung 6-6: Darstellung der Abwasserkanäle ≥ 800 mm der Stadt Seligenstadt..... | 34 |
| Abbildung 6-7: Wärmeerzeugung durch die Nutzung von Geothermie (in Anlehnung an [9])..... | 37 |
| Abbildung 6-8: Potenzialflächen für Erdwärmesonden für das Stadtgebiet von Seligenstadt | 40 |
| Abbildung 6-9: Gesamtansicht der Potenzialflächen für Erdwärmekollektoren für das Stadtgebiet von Seligenstadt..... | 41 |
| Abbildung 6-10: Potenziale für Freiflächen-Solarthermieranlagen in der Stadt Seligenstadt..... | 44 |
| Abbildung 6-11: Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme in Abhängigkeit des Temperaturniveaus eigene Darstellung | 45 |
| Abbildung 6-12: Strombedarf von verschiedenen Technologien zur Bereitstellung von 1 kWh Raumwärme und Trinkwarmwasser im Jahresdurchschnitt [12] | 47 |
| Abbildung 6-13: Potenzialflächen für Freiflächen-PV samt EEG-Förderkulisse in der Stadt Seligenstadt | 50 |
| Abbildung 6-14: Potenzialflächen für Windkraftanlagen in der Stadt Seligenstadt | 52 |
| Abbildung 7-1: Beispiel der ersten Seite eines Teilgebietssteckbriefs | 54 |
| Abbildung 7-2: Beispiel der zweiten Seite eines Teilgebietssteckbriefs | 56 |
| Abbildung 7-3: Kartografische Darstellungen Wärmelinien dichte sowie Potenzialflächen im und um das Teilgebiet | 59 |
| Abbildung 7-4: Eignung der Teilgebiete für eine Wärmenetzversorgung | 60 |
| Abbildung 7-5: Eignung der Teilgebiete für eine dezentrale Versorgung | 61 |
| Abbildung 7-6: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in Seligenstadt | 62 |
| Abbildung 7-7: Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial in Seligenstadt..... | 63 |
| Abbildung 7-8: Energiemengen nach Energieträger und THG-Emissionen der Zielszenarien in Seligenstadt..... | 64 |
| Abbildung 8-1 und Tabelle 8-1: Übersicht der Handlungsfelder und Maßnahmen mit Priorisierung | 67 |

2 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 5-1: Datengüte des gebäudescharfen Wärmeverbrauchs | 17 |
| Tabelle 5-2: Wärmeversorgung Gebäude nach Energieträger in Seligenstadt | 21 |
| Tabelle 5-3: Übersicht Wärmenetze im Kommunalgebiet Seligenstadt..... | 23 |
| Tabelle 5-4: Übersicht KWK-Anlagen in Seligenstadt | 25 |
| Tabelle 6-1: Übersicht der Potenziale aus Biomasse..... | 32 |
| Tabelle 6-2: Wertebereiche der Wassertemperaturen an der Messstation Mainflingen | 35 |
| Tabelle 7-1: Bestandsdaten Teilgebiete..... | 54 |
| Tabelle 7-2: Kriterien und Indikatoren zur Bewertung der Eignung der Teilgebiete nach Leitfaden KWP [16]..... | 57 |
| Abbildung 8-1 und Tabelle 8-1: Übersicht der Handlungsfelder und Maßnahmen mit Priorisierung | 67 |
| Tabelle 11-1: Emissionsfaktoren der Energieträger für die Jahre 2025 bis 2045 in fünfjahresritten aus dem Technikkatalog [2] | 79 |
| Tabelle 11-2: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualtersklasse im Einfamilienhaus (EFH) in Anlehnung an [17] | 79 |
| Tabelle 11-3: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualtersklasse im Mehrfamilienhaus (MFH) in Anlehnung an [17] | 80 |
| Tabelle 11-4: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualtersklasse für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen in Anlehnung an [17] | 80 |
| Tabelle 11-5: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualtersklasse für Industrie in Anlehnung an [17]. | 81 |

3 Einleitung

3.1 Hintergrund & Motivation

Der Klimawandel ist nicht nur messbar, sondern seine Auswirkungen sind auch sicht- und spürbar. Allgegenwärtig sind der Temperaturanstieg sowie damit einhergehende schmelzende Gletscher und Pole. Daraus resultiert ein steigender Meeresspiegel. Aber auch die Wüstenbildung ist ein Effekt des Klimawandels. In gemäßigten Breiten verändern sich aufgrund der steigenden Temperaturen Niederschlagsmuster sowie landwirtschaftliche Nutzflächen und Vegetation. Das Ausmaß der weiteren klimatischen Veränderung ist zum jetzigen Zeitpunkt kaum vorhersehbar. Grund dieser Effekte sind vor allem die Emissionen von Treibhausgasen (THG).

Die EU hat sich Ziele gesetzt, um dieser Dynamik und konkret weiteren THG-Emissionen entgegenzuwirken. Diese Ziele sind Klimaneutralität bis 2045 und die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt. Den Weg dahin sollen rund 50 Einzelmaßnahmen weisen und die zugleich den Übergang zu einer ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft bereiten.

Das deutsche Wärmeplanungsgesetz (WPG) baut darauf auf und verfolgt das Ziel, bis spätestens 2045 eine nachhaltige, erschwingliche und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung durch erneuerbare Energien sicherzustellen. Dabei soll auch die Endenergieeinsparung gefördert werden. Die Länder haben die Möglichkeit, ein früheres Zieljahr festzulegen, dass bei der Umsetzung dieses Gesetzes berücksichtigt wird. Es ist jedoch klar, dass diese Ziele nur durch gemeinsame Anstrengungen in allen Bereichen erreicht werden können.

Die Stadt Seligenstadt hat sich bereits in der Vergangenheit aktiv mit verschiedenen Konzepten zur zukünftigen Gestaltung ihres Gemeindegebiets auseinandergesetzt. Diese Bemühungen wurzeln in der Notwendigkeit, die Entwicklung der Stadt Seligenstadt auf nachhaltige und zukunftsweisende Weise zu lenken. Angesichts der sich verändernden gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen ist es von entscheidendem Vorteil, dass die Stadt Seligenstadt eine klare Vision und Strategie für ihre Entwicklung hat. Die Erarbeitung dieser Konzepte erfolgte daher vor dem Hintergrund des Bedarfs an einer langfristigen Planung und einer umfassenden Berücksichtigung der Befugnisse und Interessen aller Bürgerinnen und Bürger.

Als Schlüsselkonzepte wurden bereits folgende Gutachten/Konzepte bearbeitet:

1. Stadtklimaanalyse: Hiermit wurde eine Grundlage geschaffen, um klimatische Aspekte bei der Stadtentwicklung systematisch berücksichtigen und auch in anderen Fachdisziplinen Synergieeffekte erzielen zu können. Dafür enthält die Stadtklimaanalyse ebenfalls eine Vulnerabilitäts- sowie eine Grünvernetzungs- und Grünerreichbarkeitsanalyse.
2. Starkregengefahrenkarte zur Gewinnung von Erkenntnissen über die Gefahren durch Starkregen und Sturzfluten im Stadtgebiet sowie zur Entwicklung von wirksamen Maßnahmen zur Verhinderung bzw. Reduktion der Auswirkungen von Starkregen.
3. Fortschreibung Klimaschutzkonzeption mit Maßnahmen zur Förderung des Klimaschutzes der Kommune

3.2 Hessisches Energiegesetz und Wärmeplanungsgesetz

Die kommunale Wärmeplanung (KWP) ist ein strategisches Instrument, welches den Kommunen ermöglicht, das Thema Wärme im Rahmen der nachhaltigen Stadtentwicklung zu gestalten. Ziel der

kommunalen Wärmeplanung ist es, den optimalen und kosteneffizientesten Weg zu einer umweltfreundlichen und fortschrittlichen Wärmeversorgung vor Ort zu finden. Die Wärmeplanung bietet den Kommunen einen starken Hebel, um die Energiewende im Bereich Wärme sowohl schneller als auch effizienter voranzutreiben. Der konsequente Ansatz, der auf Klimaneutralität ausgerichtet ist, gibt den kommunalen Entscheidungsträgern eine strategische Handlungsgrundlage und einen Fahrplan, der ihnen in den kommenden Jahren Orientierung und einen Handlungsrahmen bietet. Ein Wärmeplan ersetzt jedoch niemals eine detaillierte Planung eines Wärmenetzes vor Ort.

Die kommunale Wärmeplanung für die Stadt Seligenstadt wird auf Grundlage des seit dem 01.01.2024 geltenden Wärmeplanungsgesetzes (WPG) erstellt. Ergänzend wurde das im November 2023 in Kraft getretene Hessische Energiegesetz berücksichtigt, das hessische Kommunen unter 20.000 Einwohnern zur Durchführung einer kommunalen Wärmeplanung bis November 2026 verpflichtet. Durch die landesspezifischen Vorgaben und der damit verbundenen früheren Frist durch das hessische Energiegesetz wird die Stadt Seligenstadt auch die auf Bundesebene geltende Frist einhalten. Zur Vereinfachung der rollierenden Wärmeplanung, die zukünftig alle fünf Jahre stattfinden soll, wurden zur Erarbeitung der Inhalte überwiegend die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes genutzt.

Im Wärmeplanungsgesetz werden Angaben getätigt, welche Inhalte eine Wärmeplanung erfüllen muss, um den Gesetzesvorgaben zu entsprechen. Mit diesem Vorgehen möchte die Bundesregierung einen einheitlichen, bundesweiten Standard schaffen, der die Planungs- und Investitionssicherheit erhöht sowie klare Zuständigkeiten benennt. Ziel der Wärmeplanung ist es, den vor Ort besten und kosteneffizientesten Weg zu einer klimafreundlichen und fortschrittlichen Wärmeversorgung zu ermitteln und so das übergeordneten Klimaneutralitätsziel 2045 voranzutragen.

Weiterhin ist das Wärmeplanungsgesetz mit dem Gebäudeenergiegesetz verschnitten. Sofern eine Wärmeplanung vorliegt, ist es vorgesehen, dass Gebäudeeigentümer bei der Wahl einer neuen Wärmeerzeugungsanlage die Erkenntnisse der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigen und zwingend einen Anteil von 65 % Erneuerbaren Energien bei der Wärmeerzeugung erfüllen. Das Gebäudeenergiegesetz soll aktuell (Stand Frühjahr 2026) überarbeitet werden. Da hier noch keine konkreten Inhalte bekannt sind, wird dies in diesem Wärmeplan nicht berücksichtigt und sollte daher bei der nächsten Aktualisierung miteinfließen.

3.3 Projektstruktur

Zur erfolgreichen Konzepterstellung bedarf es einer ausführlichen Vorarbeit und einer systematischen Projektbearbeitung. Hierzu sind unterschiedliche Arbeitsschritte notwendig, die aufeinander aufbauen und die relevanten Einzelheiten sowie projektspezifischen Merkmale einbeziehen. Die Konzepterstellung lässt sich grob in die nachfolgenden Bausteine nach Vorgabe des WPG § 13 gliedern:

1. den Beschluss oder die Entscheidung der planungsverantwortlichen Stelle über die Durchführung der Wärmeplanung
2. Eignungsprüfung
3. Bestandsanalyse
4. Potenzialanalyse
5. Entwicklung und Beschreibung eines Zielszenarios
6. Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete sowie die Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr
7. Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Umsetzungsmaßnahmen, die innerhalb des geplanten Gebiets zur Erreichung des Zielszenarios beitragen sollen

Die einzelnen Bausteine bauen aufeinander auf und sind nicht trennscharf abzugrenzen. Die Vorgehensweise der einzelnen Arbeitsschritte wird in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

3.4 Datengrundlagen

Als Basisjahr für die Analyse wurde das Kalenderjahr 2022 gewählt.

Maßgeblich für den Umfang und die Qualität der Daten ist die Anlage 1 zu § 15 des WPG. Für die Bestands- und Potenzialanalyse in Seligenstadt wurden u. a. folgende Daten berücksichtigt:

- ▶ Baualter
- ▶ ALKIS-Daten (u. a. Flurstücke, Adressen, Gebäudepolygone, Gebäudetyp)
- ▶ Landschaftsmodell (BasisDLM)
- ▶ 3D-Gebäudemodelle (CityGML LoD 2)
- ▶ Bezirksschornsteinfegerdaten
- ▶ Zensusdaten aus der Befragung 2022 (Beheizungsstruktur)
- ▶ Verbrauchsdaten von lokalen Energieversorgern
- ▶ Versorgungsstruktur der Erdgas- und Wärmenetze inkl. Ausbauplänen
- ▶ Kommunale Gebäudestatistiken
- ▶ Beschlossene, noch nicht umgesetzte Projekte der Wärmeversorgung
- ▶ Weitere Daten u. a. zu Abwasserleitungen, unvermeidbaren Abwärmepotenzialen, Biomasse, Biogas, Wasserstoff, Denkmalschutz, Siedlungsentwicklung (z. B. ausgewiesene Neubaugebiete)
- ▶ Daten des Geodaten Online Portals der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformationen

Ziel der Datenerhebung ist es, einen möglichst hohen Anteil an Realdaten (z. B. abgerechnete Verbrauchsdaten) zu berücksichtigen und so eine hohe Datengüte zu erreichen. Im Folgenden wird die Erhebungsmethodik für die einzelnen Energieträger und deren Aufbereitung für die folgenden Arbeitsschritte vorgestellt.

Die **Fernwärmeverbrauchsdaten** der Netzbetreiber wurden anhand der Standorte der Hausanschlussstationen bereitgestellt. Diese Daten liegen für die Jahre 2020 bis 2022 vor.

Die **Gasverbrauchswerte** wurden vom Netzbetreiber für die Jahre 2021 bis 2023 bereitgestellt. Aufgrund des Datenschutzes erfolgte die Übermittlung in aggregierter Form. Hierfür hat energielenker zuvor Cluster von mindestens fünf Anschlusspunkten gebildet. Die Verbrauchssummen je Cluster wurden anschließend über die beheizte Nutzfläche der Gebäude mit Gasanschlusspunkt verteilt. Die Daten wurden gemittelt und witterungsbereinigt, um Temperatureinflüsse herauszurechnen.

Um eine wetterunabhängige Ausgangsbasis für die Wärmeplanung bereitzustellen, wurden die Fernwärme- und Erdgasverbrauchswerte mit den Klimafaktoren des Deutschen Wetterdienstes witterungsbereinigt (Deutscher Wetterdienst, 2023) und über die betrachteten Jahre gemittelt. Diese so aggregierten Verbrauchsdaten werden als aktueller Wärmebedarf für das Referenzjahr 2022 ausgewiesen.

Die **Daten der Schornsteinfeger** für das Jahr 2023 berücksichtigen sowohl die Anzahl der jeweiligen Anlagenarten (nach Energieträgern) als auch eine Einteilung in Leistungs- und Altersklassen. Um den Wärmebedarf aus der Anlagenleistung von **Kohle, Öl, Flüssiggas und Biomasseheizungen** ableiten zu können, werden nutzungsartspezifische Volllaststunden angenommen. Dabei konnten nur adressscharfe Datensätze verwendet werden. Rund die Hälfte der Daten waren zum Zweck des Datenschutzes auf bis zu fünf Adressen aggregiert und konnten daher nicht verwendet werden.

Für die Bilanzierung der **Umweltwärme** können nur gemeindegrenzüberschreitende Stromdaten des Stromversorgers herangezogen werden. Diese berücksichtigen i. d. R. nur die Verbräuche von Wärmepumpen mit Wärmepumpenstromtarifen. Wärmepumpen, die nicht vom Stromversorger übermittelt bzw. aus anderen Informationsquellen vorliegen, können aufgrund der Datengrundlage nicht berücksichtigt werden. Die Strommenge wurde für die Bilanz mithilfe einer angenommenen durchschnittlichen Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpen von 3,2 in die Erzeugernutzwärmeabgabe umgerechnet.

Allen Gebäuden, denen auf Grundlage der vorliegenden Daten kein Wärmebedarf und Energieträger zugeordnet werden konnte, wurde ein berechneter Wert zugewiesen. Dieser Fall trifft auf etwa 13 % der Gebäude zu. Dieser berechnete Wert wurde auf Basis der vorhandenen leitungsgebundenen Verbräuche ermittelt und kategorisiert nach Gebäudenutzung und Baualtersklasse auf Gebäude derselben Kategorie übertragen. Der jeweilige Energieträger wurde anschließend aus den Zensusdaten (2022) abgeleitet.

Bei der Erhebung, Verarbeitung und Visualisierung der gesammelten Daten werden die Vorgaben an den Datenschutz stets eingehalten. Eine datenschutzrechtliche Vorgabe ist die Erstellung von Baublöcken aus mindestens fünf beheizten Gebäuden. Dadurch kann es vorkommen, dass manche Baublöcke über natürliche Trennungen wie Schienenwege, sonstige natürliche Trennungen (z. B. Fließgewässer) und den Straßenverkehr hinausragen. Diese Baublöcke bilden die kleinste Einheit innerhalb der kartografischen Darstellungen.

Daten, die gebäudescharf vorliegen (wie z.B. die Fernwärmedaten) werden zur Anonymisierung auf Baublockebene aggregiert. Insgesamt gibt es 367 Baublöcke, die aus Datenschutzgründen jeweils mindestens fünf Adressen enthalten.

Aus diesen Datensätzen wird sowohl die gesamtstädtische Energie- und THG-Bilanz als auch die Darstellung der Energiebedarfe auf Blockebene erstellt. Aufgrund der unterschiedlichen Datenqualität und -vollständigkeit und daraus resultierenden notwendigen Berechnungen von Wärmebedarfen für Datenlücken, ist die Ausgangsbilanz als Annäherung an den tatsächlichen Energieeinsatz zu verstehen.

Während der Bestandsanalyse wurden die Daten und Informationen in einer Datenbank gesammelt sowie in einem geographischen Informationssystem (GIS) gespeichert und weiterverarbeitet. Die gesammelten Informationen (wie z. B. Energieverbräuche, Verteilung der eingesetzten Energieträger, Alter des Gebäudebestandes) und deren GIS-gestützte Verortung bilden die Grundlagen für die kartografischen Darstellungen der Bestandsanalyse sowie für die weiteren Analysen.

4 Bestandsanalyse

4.1 Beschreibung der Stadt Seligenstadt

4.1.1 Demographische Entwicklung

Ende des Basisjahres 2022 wohnten 21.568 Menschen in Seligenstadt. Bis 2040 soll die Bevölkerungszahl der Stadt bei 21.400 liegen [1]. Im Vergleich zum Bilanzjahr bleibt die Einwohnerzahl damit ungefähr gleich.

4.1.2 Wirtschaft

Die Stadt Seligenstadt verfügt über eine breit gefächerte und mittelständisch geprägte Wirtschaftsstruktur. Die lokale Wirtschaft ist durch eine Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen gekennzeichnet, ergänzt durch einzelne industrielle Betriebe insbesondere im Bereich der Metallverarbeitung, des Maschinenbaus und weiterer verarbeitender Branchen. Darüber hinaus tragen Einzelhandel, Handwerk und Gastronomie wesentlich zur wirtschaftlichen Struktur bei, insbesondere in der historischen Innenstadt, die als zentraler Handels- und Dienstleistungsstandort fungiert. Aufgrund ihrer Lage in der Metropolregion Rhein-Main ist Seligenstadt außerdem ein attraktiver Wohnstandort mit einer hohen Zahl an Auspendlern in die umliegenden Wirtschaftszentren. Die gute Verkehrsanbindung und die aktive kommunale Wirtschaftsförderung stärken zusätzlich die Standortattraktivität der Stadt.

4.1.3 Gebäudebestand

Insgesamt gibt es auf dem Gebiet von Seligenstadt im Basisjahr 2022 5.798 beheizte Gebäude. Knapp 5.356 hiervon sind Wohngebäude (WG) und können in Einfamilienhäuser (WG-EFH, 3.695 Gebäude; 64%) und Mehrfamilienhäuser (WG-MFH, 1.661; 28%) zugeordnet werden. Dem Sektor GHD werden 410 Gebäude (NWG-GHD, 7%) zugeordnet, während die restlichen 31 (1%) Nicht-Wohngebäude dem Sektor Industrie (NWG-IND) zugeordnet werden.

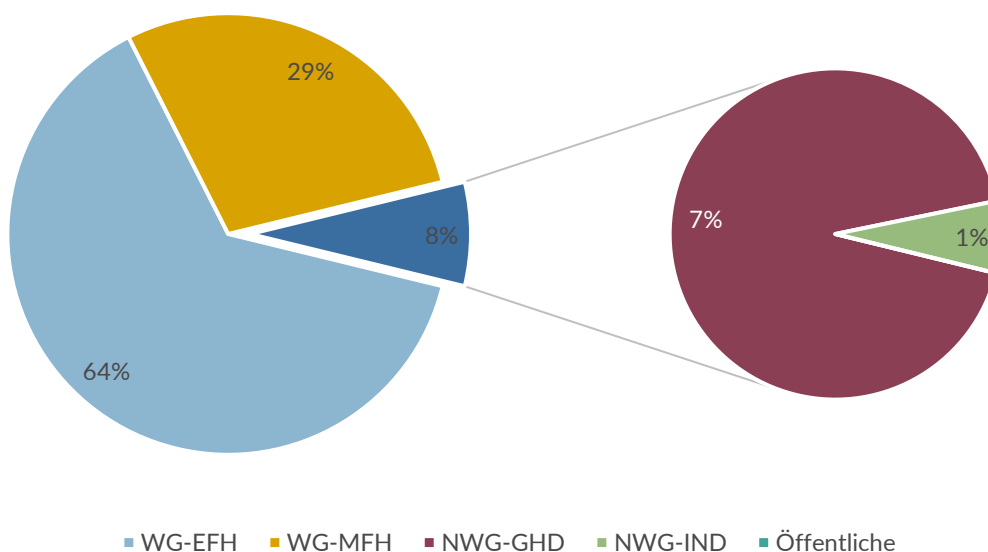
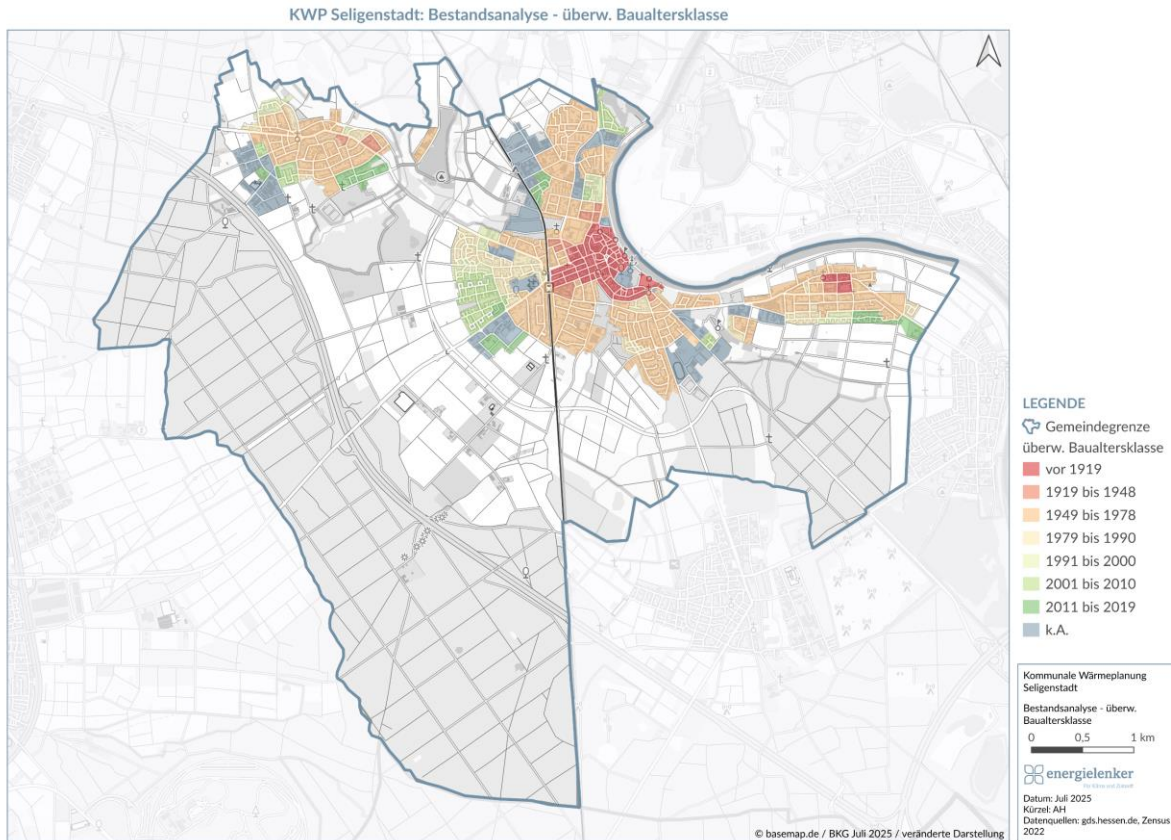


Abbildung 4-1 Gebäudeklassen in Seligenstadt

Abbildung 4-2 bildet die Baualtersklasse der einzelnen Baublöcke für das gesamte Stadtgebiet ab. Hierzu wurde die Baualtersklasse eines Gebiets von der Kommune bereitgestellt und allen Gebäuden und Baublöcken in diesem Gebiet zugeordnet. Dies bildet also nur einen Durchschnittswert ab, der bspw. Nachverdichtungen nicht berücksichtigt. In Seligenstadt wurde der Großteil der Gebäude zwischen 1949 und 1978 erbaut. Den kleinsten Anteil machen die Gebäude der Baualtersklasse von 1919 bis 1948 aus.



4.2 Energie- und THG-Bilanz

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Seligenstadt dargestellt. Der tatsächliche Energieverbrauch ist dabei für das Basisjahr erfasst und bilanziert worden.

4.2.1 Grundlagen der Bilanzierung

Die Bilanz umfasst nur den Wärmesektor. Für den Stromverbrauch werden nur die relevanten Anteile für den Betrieb von Wärmepumpen und strombetriebenen Direktheizungen (Nachtspeicheröfen und Direktheizungen) für die Bilanz herangezogen. Auf Grundlage des WPG sind die Emissionsfaktoren des Leitfadens kommunale Wärmeplanung [2] aus dem zugehörigen Technikkatalog verwendet worden (siehe Anhang 2). Zur THG-Bilanzierung ist ein internes Bilanztool verwendet worden, das die Bilanzierung nach WPG durchführt.

4.2.2 Energiebilanz für die Stadt Seligenstadt

Im Basisjahr weist die Gemeinde Seligenstadt sektorenübergreifend einen Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung von 273.569 MWh auf. In Abbildung 4-3 wird die prozentuale Verteilung der Endenergieverbräuche Wärme nach Sektor dargestellt. Die folgende Verteilung zeigt, dass die privaten

Haushalte im Jahr 2022 mit 78 % den größten Anteil am Gesamtwärmeverbrauch verursachen. Der wirtschaftliche Sektor mit Industrie und GHD einen Anteil von 21 % ausmachen. Der Sektor kommunale Einrichtungen erfasst die gemeindeeigenen Liegenschaften und Zuständigkeiten. Auf den Sektor kommunale Einrichtungen (öffentlich) entfällt lediglich ein Anteil von 1 %. Die Verbrauchsdaten wurden in den einzelnen Fachabteilungen der Verwaltung erhoben und übermittelt.

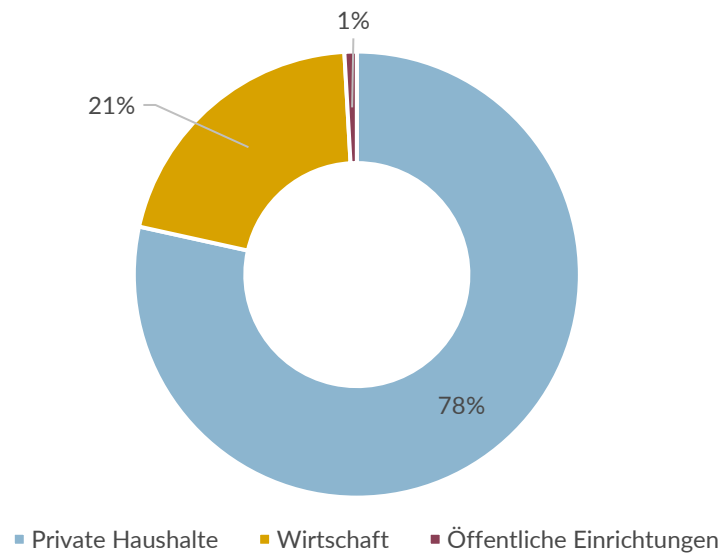


Abbildung 4-3 Prozentualer Anteil des Endenergieverbrauchs Wärme nach Sektoren für 2022

In Abbildung 4-4 sind die Endenergieverbräuche nach Sektoren dargestellt. Der größte Anteil des Wärmeverbrauchs in der Stadt Seligenstadt fällt mit 214.292 MWh bei den privaten Haushalten an. An zweiter Stelle folgt der Wärmeverbrauch der Sektoren Industrie mit 18.497 MWh und GHD mit 38.327 MWh. Die kommunalen Einrichtungen mit 2.453 MWh machen nur einen geringen Anteil aus. Ebenfalls zeigen die Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 die Verteilung der Energieträger. Den größten Anteil der Wärmeversorgung nimmt Erdgas mit 62 % (169.013 MWh) ein. Gefolgt von Heizöl mit 16 % (45.412 MWh) und sonstige (nicht-leitungsgebundene) Energieträger mit 14 % (40.471 MWh). Der Anteil an sonstigen Energieträgern entsteht durch Gebäude, denen über die vorhandenen Daten kein Energieträger zugeordnet werden konnte. Da alle leitungsgebundenen Daten vorlagen, wird angenommen, dass diese Gebäude über nicht leitungsgebundene Energieträger versorgt werden. Erneuerbare Wärme wird in Seligenstadt zu 3 % (8.149 MWh) mit Biomasse und zu 2 % (6.723 MWh) durch Umweltwärme (Nutzung von Umgebungsenergie über Wärmepumpen) erzeugt. Für die Bilanzierung der Umweltwärme können nur gemeindegrenze scharfe Stromdaten des Stromversorgers herangezogen werden. Diese berücksichtigen i. d. R. nur die Verbräuche von Wärmepumpen mit Wärmepumpenstromtarifen. Wärmepumpen, die nicht vom Stromversorger übermittelt bzw. aus anderen Informationsquellen vorliegen, können aufgrund der Datengrundlage nicht gesondert berücksichtigt werden. Diese sind daher in Sonstige enthalten. Die Strommenge wurde für die Bilanz mithilfe einer angenommenen durchschnittlichen Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpen von 3,2 in die Erzeugernutzwärmeabgabe umgerechnet. Kleinere Anteile werden durch die Nutzung von Wärmepumpenstrom 1 % (2.115 MWh) abgedeckt. Der Energieträger „Wärmenetze“ deckt knapp 1 % (3.393 MWh) der Wärmeherzeugung ab. Die Wärmenetze werden aktuell mit Erdgas betrieben.

Aus Abbildung 4-5 ist der Endenergieverbrauch des Wärmesektors nach Energieträger prozentual dargestellt. Dabei wird deutlich, dass der Großteil der Energie aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas oder Heizöl gewonnen wird (80 %, 217.818 MWh/a, inkl. der mit Erdgas betriebenen Wärmenetze).

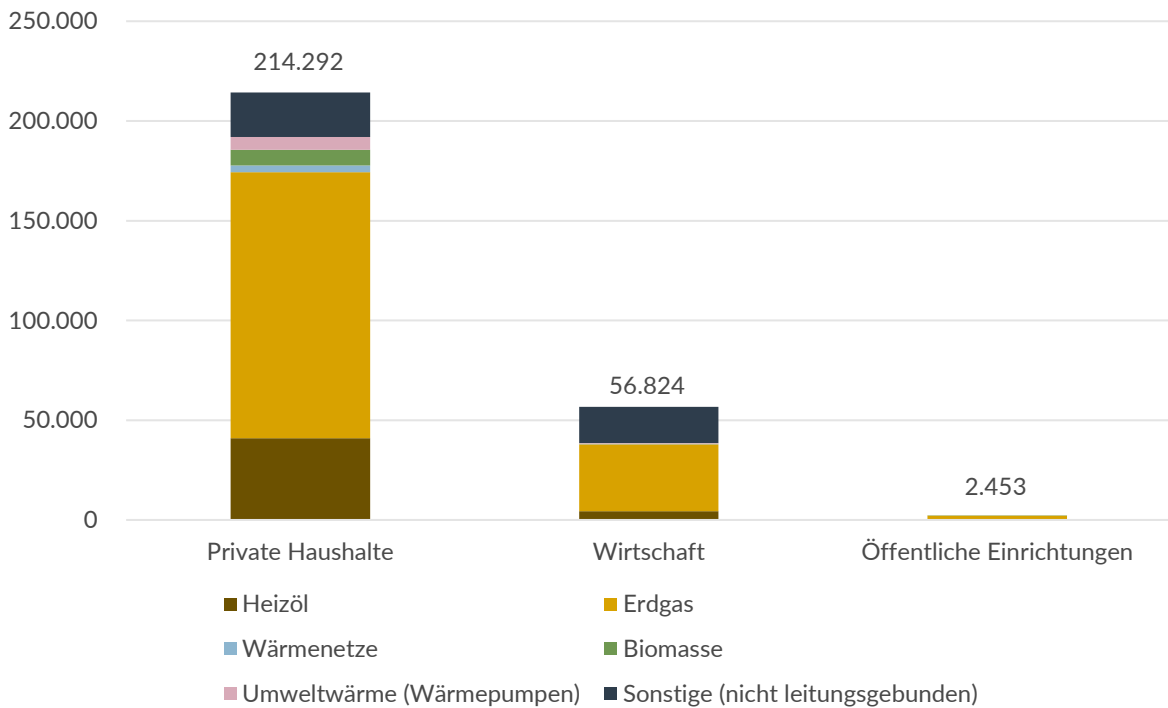


Abbildung 4-4: Endenergieverbrauch in MWh/a des Wärmesektors der Stadt Seligenstadt

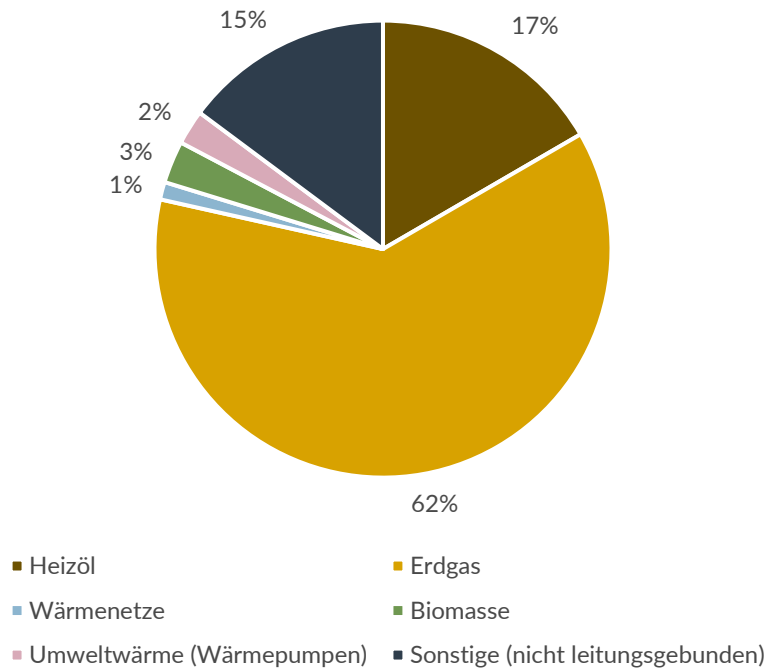


Abbildung 4-5: Prozentuale Darstellung des Endenergieverbrauchs in MWh/ a des Wärmesektors der Stadt Seligenstadt

Für die Erstellung von Reduktionsszenarien ist die Definition einer Ausgangsbilanz erforderlich. Nicht-leitungsgebundene Energieträger werden in der Regel zur Wärmeerzeugung genutzt. Hierzu zählen etwa Heizöl, Biomasse, Flüssiggas, Steinkohle, Umweltwärme und Solarthermie. Die Erfassung der Verbrauchsmengen dieser Energieträger und aller nicht durch die Netzbetreiber bereitgestellten Daten erfolgte durch Hochrechnungen von Bundesdurchschnitts-, Landes- und Regional-Daten. Aufgrund der Daten aus verschiedenen Quellen sowie notwendigen Hochrechnungen, ist die Bilanz als Annäherung an

den tatsächlichen Endenergieeinsatz zu verstehen. Ein interkommunaler Vergleich dieser Bilanz ist häufig nicht zielführend, da regionale und strukturelle Unterschiede sehr hohen Einfluss auf die Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) von Kommunen haben können.

4.2.3 Gebäudescharfer Wärmeverbrauch

Für die Darstellung des Wärmebedarfs auf Gebäudeebene wurden unterschiedliche Quellen kombiniert. Von den Energieversorgern wurden aggregierte Verbräuche zur Verfügung gestellt. Die Verbräuche für Gas wurden durch die E-Netz Süd Hessen, die Wärmestromverbräuche durch die Energienetze Offenbach und die Wärmeverbrauchsdaten der Wärmenetze durch die Süwag bereitgestellt. Zusätzlich wurden Daten aus den Kkehrbüchern der örtlichen Schornsteinfeger verwendet, die Informationen über einen Großteil der nicht leitungsgebundenen Versorgung liefern. Alle Gebäude, für die keine leitungsgebundene Versorgung ausgewiesen werden konnten, sind als nichtleitungsgebunden gekennzeichnet. Für diese Gebäude wurden Wärmeverbrauchswerte über die Nutzfläche und, soweit vorhanden, einen mittleren spezifischen Wärmeverbrauch der leitungsgebundenen Versorgung des Baublocks berechnet. In Tabelle 2-1 sind die jeweils genutzten Werte nach Energieträger aufgeführt.

Tabelle 4-1: Datengüte des gebäudescharfen Wärmeverbrauchs

| Energieträger | Zuordnung Energieträger | Wärmeverbrauch/-bedarf |
|-----------------------------|---|---|
| Wärmenetz | Aggregiert (Süwag) | Aggregiert |
| Erdgas | Aggregiert (E-Netz Süd Hessen) | Aggregiert |
| Umweltwärme / Wärmepumpe | Aggregiert (Energienetze Offenbach) | Aggregiert, Umrechnung von Leistung WP auf Wärmebedarf |
| | Rest unbekannt, Kennzeichnung als nichtleitungsgebundene Versorgung | Berechnung bei Baublöcken mit leitungsgebundener Versorgung, alternativ Gebäudekataster |
| Heizöl | Adressscharf über Schornsteinfeger | Berechnung bei Baublöcken mit leitungsgebundener Versorgung, alternativ Gebäudekataster |
| Biomasse | | |
| Weitere (z.B. Solarthermie) | Keine Berücksichtigung | Keine Berücksichtigung |

4.2.4 THG-Emissionen

Anhand der ermittelten Verbräuche und energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren werden die THG-Emissionen berechnet. Dazu sind THG-Emissionsfaktoren notwendig. Für die THG-Emissionsfaktoren sind die Werte aus dem Technikkatalog des Leitfadens Wärmeplanung [2] herangezogen worden. In Tabelle 10-1 im Anhang werden die Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger dargestellt.

Im Basisjahr weist die Stadt Seligenstadt sektorenübergreifend THG-Emissionen von 63.192 tCO_{2e} für die Wärmebereitstellung auf. Abbildung 4-6 zeigt die prozentuale Verteilung der THG-Emissionen für die Sektoren der Stadt Seligenstadt.

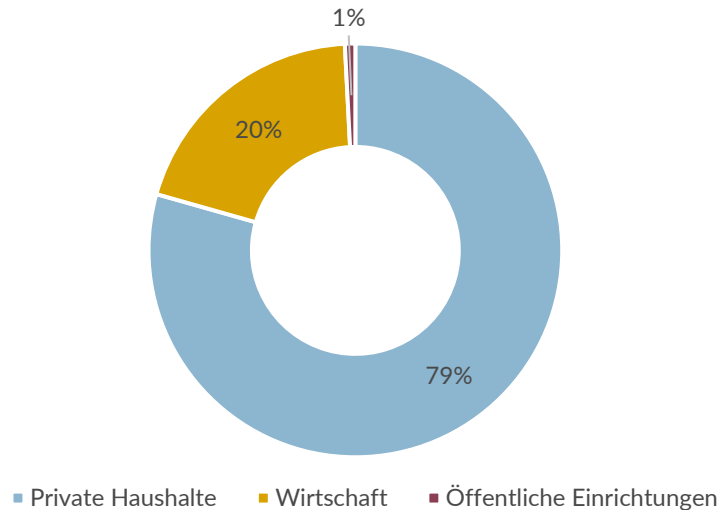


Abbildung 4-6: Prozentualer Anteil der THG-Emissionen nach Sektoren in der Stadt Seligenstadt für 2022

In der Abbildung 4-7 sind die THG-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern in der Stadt Seligenstadt dargestellt. Die meisten Treibhausgasemissionen verursacht im Bilanzjahr 2022 der Haushaltssektor mit rund 50.167 tCO_{2e} (79 %). Der Wirtschaftssektor ist im Vergleich dazu für rund 12.512 tCO_{2e} (20 %) verantwortlich. Die restlichen 1 % entfallen sich auf die kommunalen Einrichtungen mit 513 tCO_{2e}. Die Emissionen stammen vorwiegend aus den fossilen Heizungen, aber auch Wärmepumpen haben durch den deutschen Strommix mit fossilen Anteilen Emissionen.

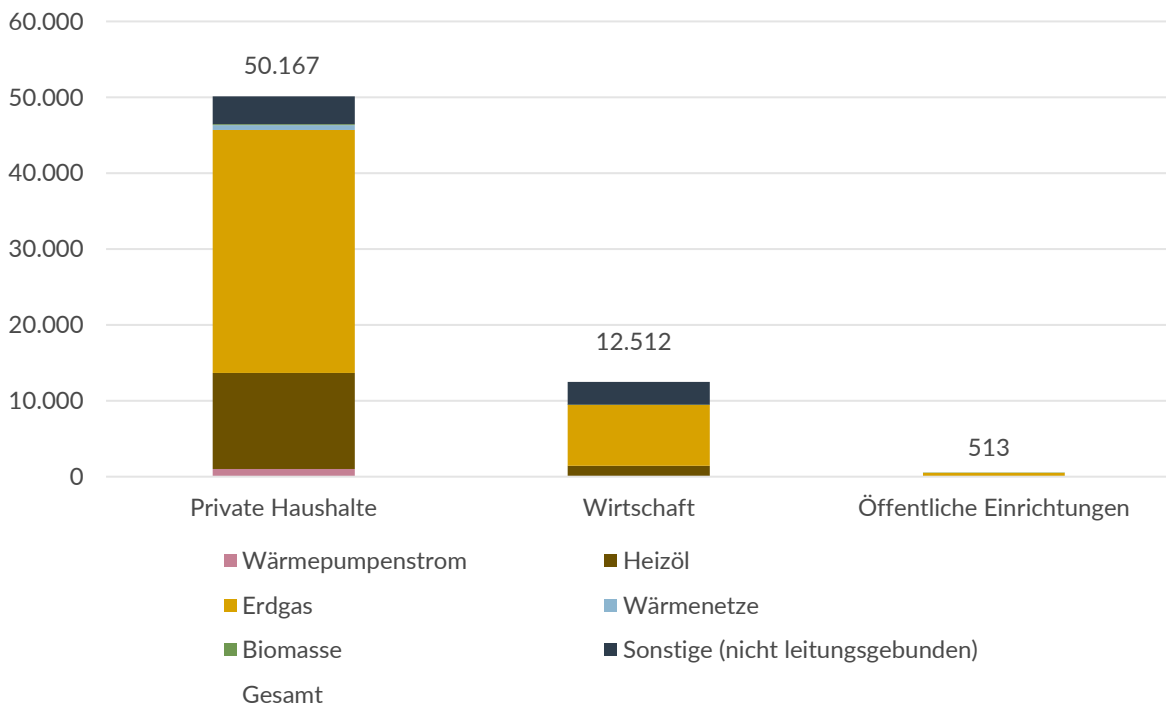


Abbildung 4-7: THG-Emissionen nach Sektoren in der Stadt Seligenstadt

Für die sonstigen (nicht leitungsgebundenen) Energieträger wird angenommen, dass diese sich auf Öl- und Biomasseheizungen sowie Wärmepumpen verteilen. Als Emissionsfaktor wurde dementsprechend ein durchschnittlicher Wert angenommen.

4.3 Wärmeversorgung auf Baublockebene

4.3.1 Wärmeverbrauch /-bedarf

Für die Berücksichtigung eines möglichst hohen Anteils an Realdaten wurden primär adressspezifische Verbrauchsdaten verwendet. Das waren z. B. die Daten der kommunalen Liegenschaften bzw. Informationen aus Datenabfragen und Akteursgesprächen sowie die adressscharfen Verbrauchswerte der leitungsgebundenen Energieträger. Im nächsten Schritt wurden die baublocksspezifischen Verbrauchsdaten auf die enthaltenen Einzeladressen ohne gebäudespezifischen Verbrauchswert aufgeteilt. Allen übrigen nicht-leitungsgebundenen Gebäuden wurden spezifische Verbrauchswerte von ähnlichen Gebäuden zugewiesen. Dazu wurden die baublocksbezogenen Gasverbrauchsdaten auf die Einzelgebäude anhand deren beheizter Nutzflächen, Nutzung und Baualtersklassen aufgeteilt.

Aufgrund der Datengrundlage wurden alle Gebäude, für die keine leitungsgebundene Versorgung ausgewiesen werden konnten, als nichtleitungsgebunden bezeichnet. Die Versorgung mit Heizöl, Biomasse, Wärmepumpe oder sonstigen nichtleitungsgebundenen Energieträgern kann daher nicht weiter unterschieden werden.

Die Gasverbrauchsdaten wurden Brennwert-bezogen übermittelt. Diese wurden für die weitere Nutzung auf den Heizwert umgerechnet. Schließlich wurden die Heizwertdaten mit einem Erzeugerwirkungsgrad von 90 % multipliziert. Folglich sind die Wärmeverbräuche in der Form von Erzeugernutzwärmeabgaben berücksichtigt.

Um die jahresübergreifende Witterung auszugleichen und um eine wetterunabhängige Ausgangsbasis für die Wärmeplanung bereitzustellen, wurden die Verbräuche und die ermittelten Wärmebedarfe mit den Klimafaktoren des Deutschen Wetterdienstes witterungsbereinigt [3].

Für die Darstellung der Wärmeverbräuche bzw. -bedarfe (im Folgenden nur noch als Wärmeverbrauch benannt) wurden anschließend die gebäudescharfen Daten auf Baublockebene aggregiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4-8 dargestellt.

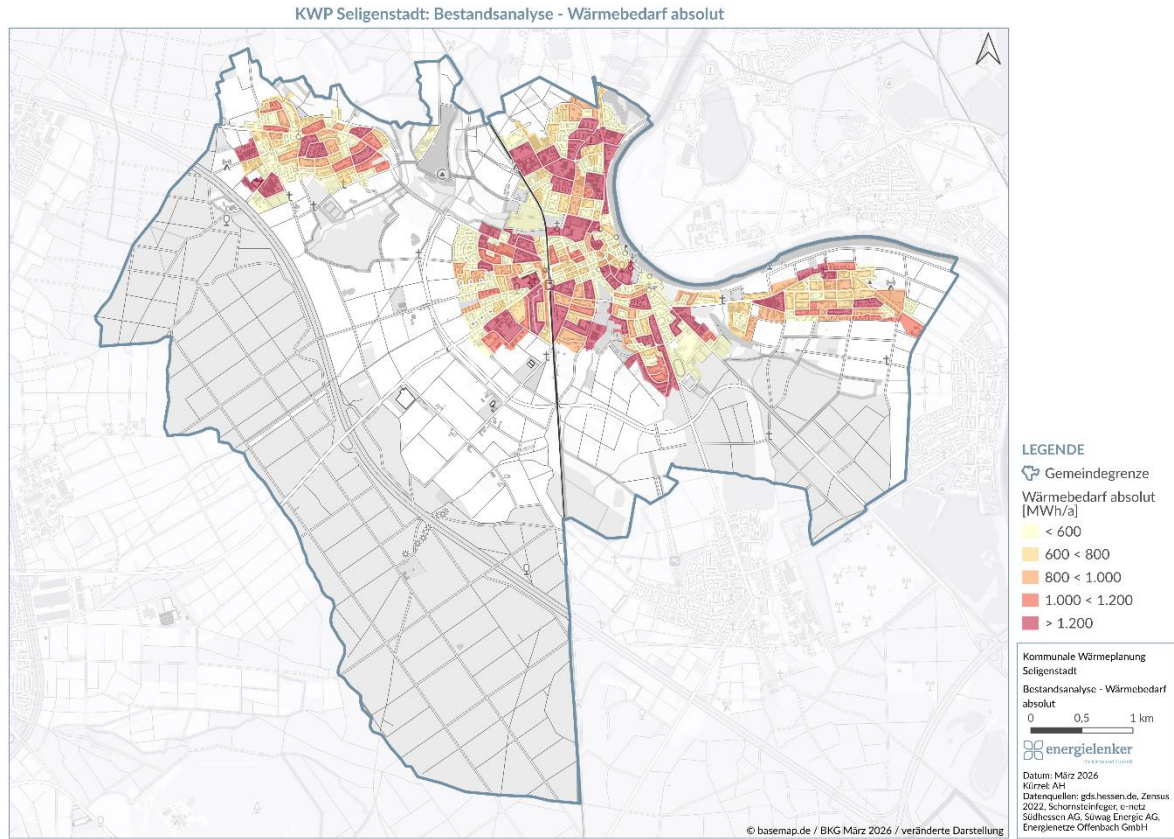


Abbildung 4-8: Absoluter Wärmebedarf im Basisjahr 2022 der Stadt Seligenstadt

In *Abbildung 4-9* ist die Wärmedichte auf Baublockebene für die Stadt Seligenstadt dargestellt. Wie zu erwarten ist insbesondere im Stadtkern sowie in den Gewerbe-/Industriegebieten die Wärmedichte sehr hoch.

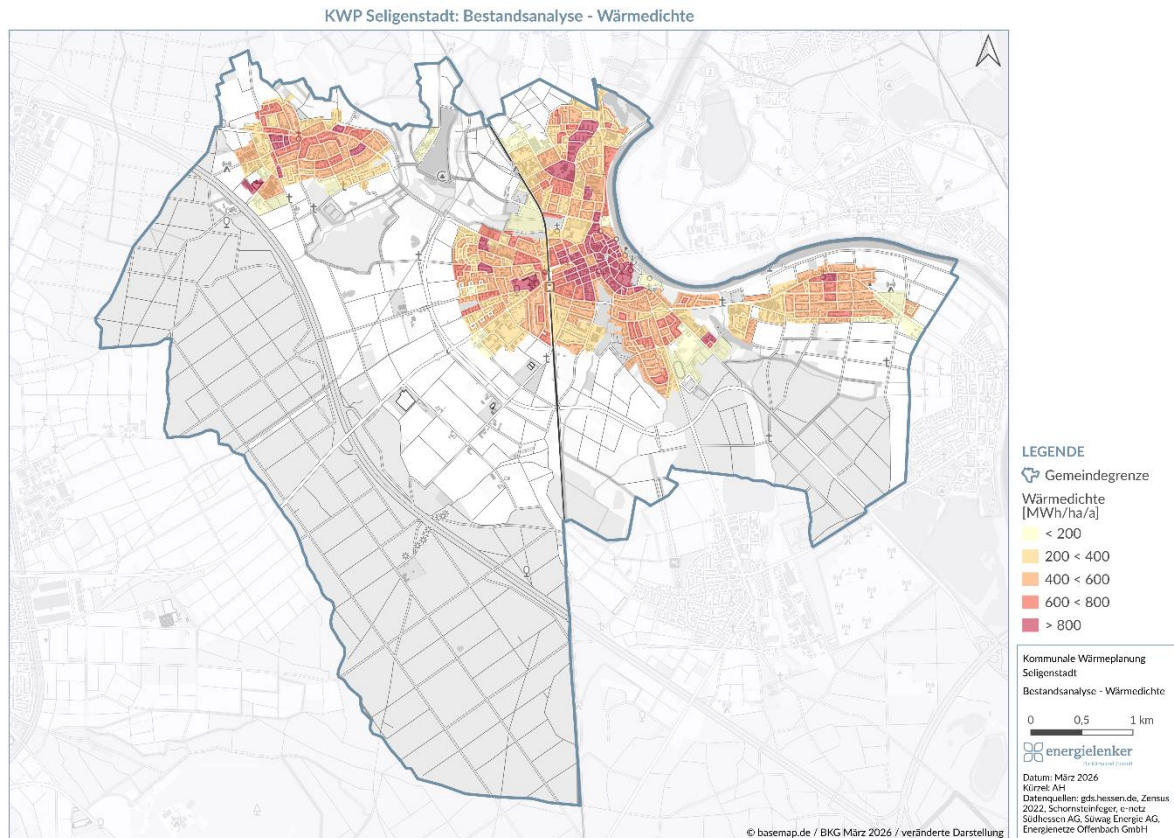


Abbildung 4-9: Wärmedichte 2022 auf Baublockebene in der Stadt Seligenstadt

4.3.2 Überwiegender Energieträger

In Seligenstadt werden aktuell 272 Gebäude über nachhaltige Energieträger (Wärmenetz, Wärmepumpe) versorgt. 4644 Gebäude nutzen das Gasnetz zur Wärmeversorgung, siehe auch *Tabelle 4-2*. Knapp ein Fünftel der Gebäude wird nicht leitungsgebunden versorgt. Dies kann sowohl eine Ölheizung, als auch eine Biomasse-Heizung oder eine Wärmepumpe sein.

Tabelle 4-2: Wärmeversorgung Gebäude nach Energieträger in Seligenstadt

| | Anzahl Gebäude | Anteil Gebäude | Anteil Wärmemenge |
|--|----------------|----------------|-------------------|
| Gas | 4644 | 80% | 62% |
| Wärmenetz | 175 | 3% | 1% |
| Wärmestrom (nur bei separatem Wärmestromtarif) | 97 | 2% | 2% |
| nicht leitungsgebunden | 881 | 15% | 30% |

Obwohl der Anteil der nicht leitungsgebundenen Gebäude nur bei 17% liegt, haben diese einen Anteil von 30% an der gesamten Wärmemenge. D.h. hier sind besonders viele Gebäude mit hohem Wärmebedarf enthalten.

In Abbildung 4-10 ist die Verteilung nach Energieträger bezogen auf die Wärmemenge je Baublock dargestellt. Die Abbildung zeigt deutlich, dass die Wärmeversorgung in Seligenstadt überwiegend durch

den Energieträger Gas gedeckt wird. Nur vereinzelt gibt es Ausnahmen mit Fernwärme, Öl oder Festbrennstoffen zur Wärmeversorgung.

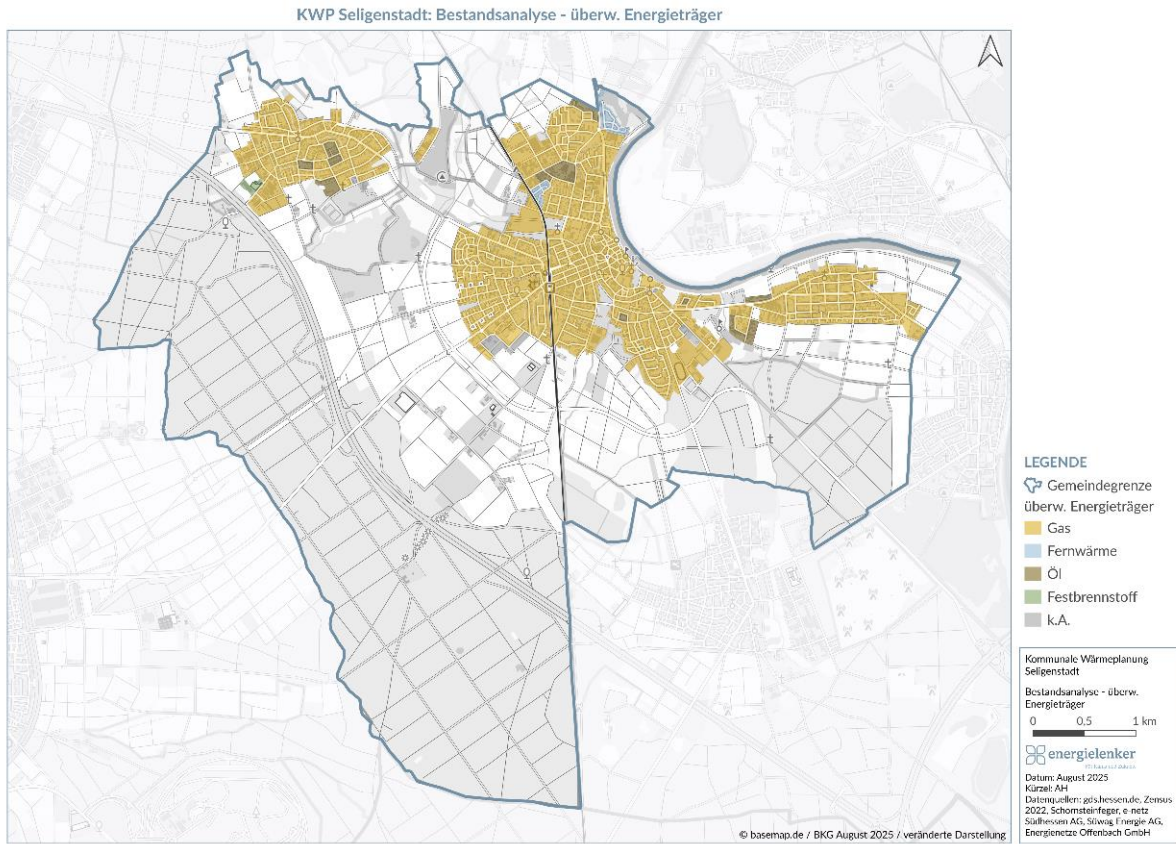


Abbildung 4-10: Verteilung der Versorgung nach Energieträger auf Baublockebene

4.4 Wärmeinfrastruktur

Durch die Nutzung bestehender Infrastruktur können Investitionskosten und Ressourcen eingespart werden. Gleichzeitig können technische Risiken minimiert werden. Bei der kommunalen Wärmeplanung soll deshalb auch die bestehende Infrastruktur in die Strategie einbezogen werden. In Seligenstadt sind neben dem Gasnetz auch bereits zwei Wärmenetze vorhanden.

4.4.1 Gasnetz

In der Stadt Seligenstadt sind fast alle Stadtteile mit einem Gasnetz versorgt. Eine Ausnahme bilden einzelne Straßen wie An der Beune, Bleichstraße und Am Simmig, sowie im nordöstlichen Teil der Stadt um die Amalien- und Seestraße. Diese werden jeweils durch ein Nahwärmenetz versorgt. In Abbildung 4-11 ist die Lage des Gasnetzes dargestellt. Von den umliegenden Stadtteilen des Kommunalgebiets sind außerdem Froschhausen und Klein-Welzheim an das Gasnetz angeschlossen.

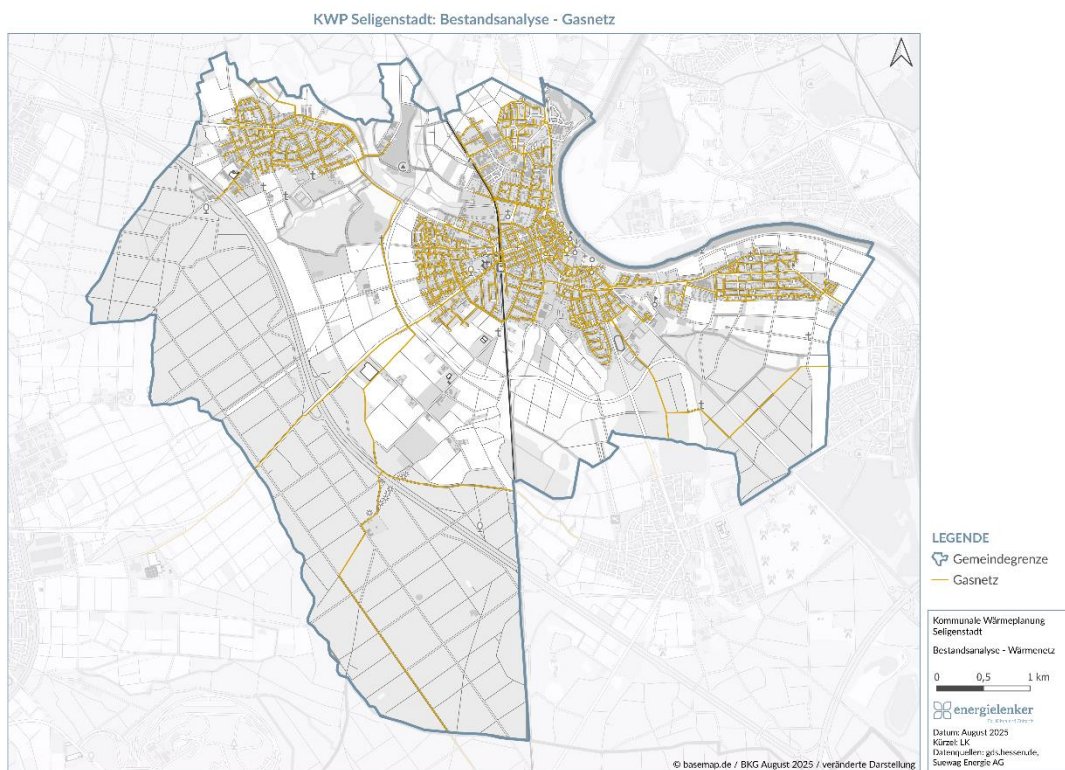


Abbildung 4-11: Karte des Gasnetzes in Seligenstadt

4.4.2 Wärmenetze und KWK-Anlagen

Nach dem Wärmeplanungsgesetz wird ein Wärmenetz als „Einrichtung zur leitungsgebundenen Versorgung mit Wärme, die kein Gebäudenetz im Sinne des § 3 Absatz 1 Nummer 9a des Gebäudeenergiegesetzes in der am 1. Januar 2024 geltenden Fassung ist,“ definiert [4]. D.h. es müssen mehr als 16 Gebäude oder Wohneinheiten angeschlossen werden, ansonsten handelt es sich um ein sogenanntes Gebäudenetz.

In Seligenstadt existieren nach dieser Definition zwei Nahwärmenetze. Beide dieser Netze werden durch ein Erdgas betriebenes BHKW mit Wärme gespeist. Insgesamt sind in Seligenstadt etwa 7,5 km Wärmenetzleitungen verlegt.

Tabelle 4-3: Übersicht Wärmenetze im Kommunalgebiet Seligenstadt

| Name | Status | Länge [km] | Anschlussnehmer |
|---------------------------|------------|------------|-----------------|
| Wohngebiet - Bleichstraße | In Betrieb | 2,7 | 58 |
| Wohngebiet - Amaliasee | In Betrieb | 4,8 | 103 |
| SUMME | | 7,5 | 161 |

In *Abbildung 4-12* sind die Leitungsverläufe der Wärmenetze dargestellt.

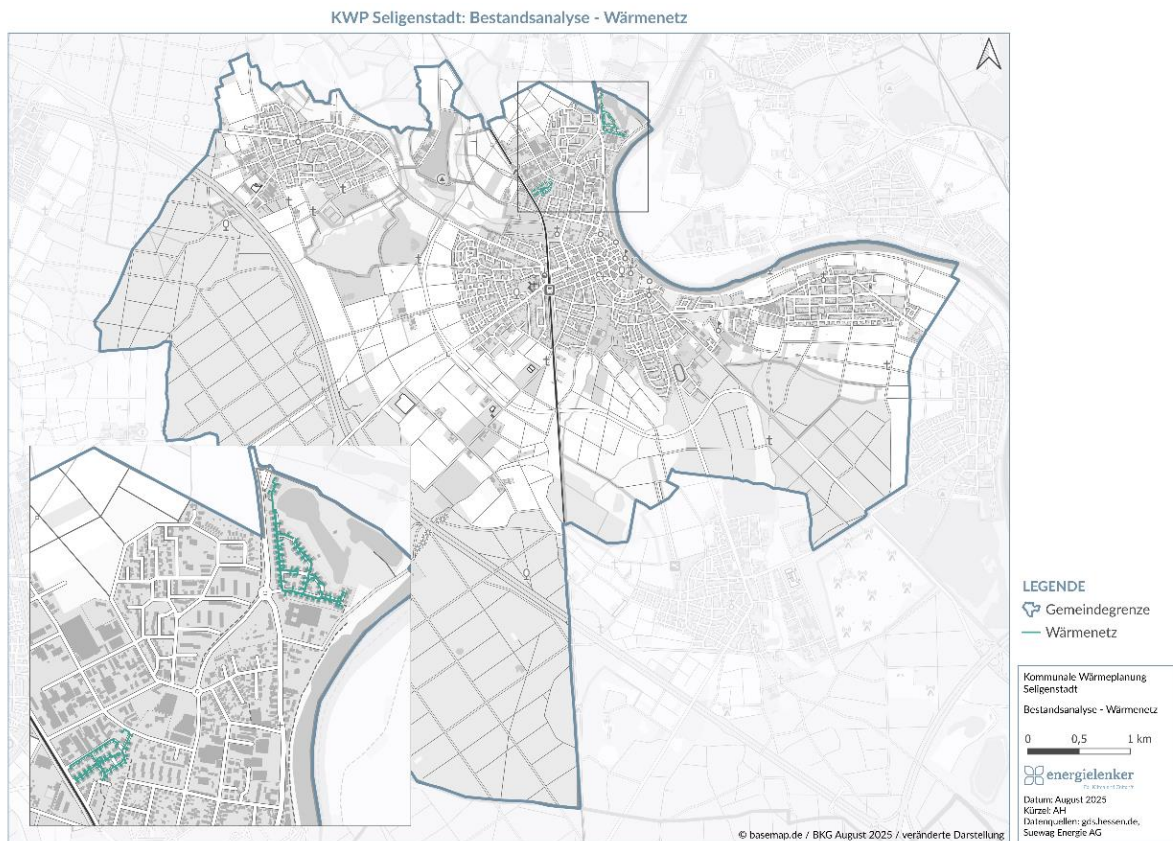


Abbildung 4-12: Karte der Wärmenetze in Seligenstadt

Die Wärmenetze werden größtenteils mit Erdgas betrieben. In der folgenden Tabelle sind die jeweiligen Wärmeversorger der Netze mit ihren Leistungen dargestellt. Die Grundlage hierfür bildet das Marktstammdatenregister [5]. Zusätzlich sind in Seligenstadt drei weitere, größere KWK-Anlagen in Betrieb (siehe auch Kapitel 5.6.2). Die kleineren KWK-Anlagen sind nicht verortet, da größtenteils in Privatbesitz und werden daher hier nur aggregiert aufgeführt.

Tabelle 4-4: Übersicht KWK-Anlagen in Seligenstadt

| Name | Thermische Nutzleistung [kW] | Elektrische Leistung [kW] | Wärmenutzung | Energieträger |
|---|------------------------------|---------------------------|--------------|---------------|
| BHKW Seligenstadt Bleichstraße 23 | 94,6 | 50 | Wärmenetz | Erdgas |
| BHKW Seligenstadt Lachenwörthsweg 2 | 80 | 50 | Wärmenetz | Erdgas |
| BHKW Dudenhöferstraße 9 | 207 | 140 | Klinik | Erdgas |
| BHKW Kläranlage Am Eichwald 3 | 88 | 55 | Kläranlage | Biomasse |
| KWK-Anlage Abwasserverband Schleifbach | 80 | 50 | Kläranlage | Biomasse |
| 9 kleine Anlagen aggregiert (1-9 kW _{el}) | 122 | 42,1 | Gebäude | Erdgas |
| 2 kleine Anlagen aggregiert (5,3 kW _{el}) | 25,2 | 10,6 | Gebäude | Heizöl |
| 7 Brennstoffzellen aggregiert (je 0,75 kW _{el}) | 7,3 | 5,25 | Gebäude | Erdgas |

5 Potenzialanalyse

Zur Erreichung der Klimaschutzziele müssen, neben der Dekarbonisierung des Stromsektors und der Ausnutzung erneuerbarer Stromquellen, auch die Potenziale lokaler Wärmequellen ausgeschöpft werden. Lokale Wärmequellen können u. a. Solarenergie, Geothermie, Grundwasser, Oberflächengewässer, Abwasser, Abwärme (z. B. aus dem Gewerbe) oder Biomasse sein. Erneuerbare Wärmequellen können sowohl auf Grundstücksebene als auch auf Quartiersebene über Quartiersansätze und Wärmenetze genutzt werden. Neben der Erzeugung und Verteilung der Wärme wird auch die Speicherung thermischer Energie eine wesentliche Rolle spielen.

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden Potenziale zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Bereich der Wärmeversorgung, Potenziale unvermeidbarer Abwärme sowie verschiedene Möglichkeiten zur Endenergieeinsparung aufgezeigt und bewertet.

Der Potenzialbegriff wird in verschiedene Gruppen unterteilt (siehe Abbildung 5-1): Das theoretische, das technische, das wirtschaftliche und das umsetzbare Potenzial.

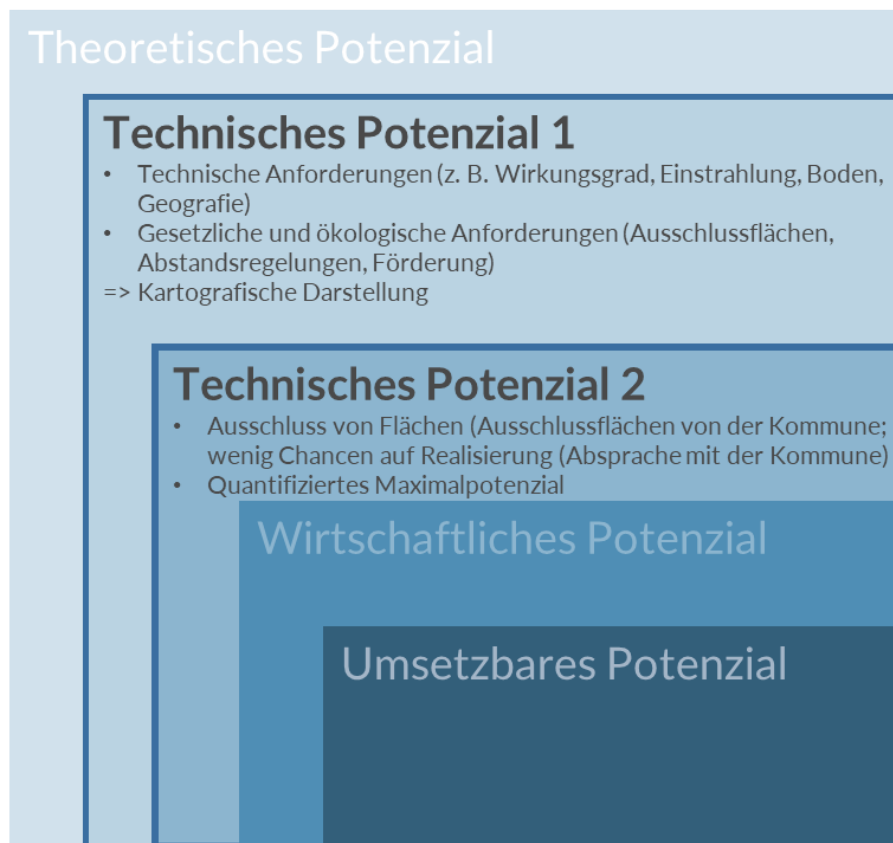


Abbildung 5-1: Übersicht der verschiedenen Potenzialbegriffe

Im Rahmen der Potenzialanalyse wird das technisch nutzbare Potenzial anhand von Potenzialflächen ermittelt. Die Potenzialflächen werden anhand des Verschnitts von verschiedenen Flächenarten im GIS gebildet. Die theoretisch möglichen Nutzungsflächen werden durch Restriktionsflächen wie z. B. Wasserschutzgebiete, bebaute Flächen, Straßen und Verkehrswege, Waldflächen, Gewässer sowie weiteren Randbedingungen wie z. B. Abstandsgrenzen zu Gebäuden oder Flurstücksgrenzen reduziert. Zusätzlich werden primär die Siedlungsflächen bzw. Ortskerne betrachtet und für dezentrale Lösungen wie Wärmenetze Puffer um die Siedlungen auf landwirtschaftlichen Flächen erzeugt. Weitere Randbedingungen ergeben sich durch Förderrandbedingungen wie z. B. der EEG-Förderkorridor für PV-

Anlagen. Die Randbedingungen sind stark von der aktuellen Gesetzeslage abhängig und können zukünftig variieren. Die resultierenden Nutzungsflächen ergeben somit die Grundlage zur Ermittlung des technisch nutzbaren Potenzials 1. Anschließend werden die Potenzialflächen mit der Kommune abgestimmt und mit Ausschlussflächen der Kommune (z. B. auf Grundlage von Gemeinderatsbeschlüssen) verschnitten. Die Finalen Potenzialflächen stellen das technische Potenzial 2 kartografisch dar. Anhand dieser Flächen werden die Potenziale quantifiziert, sodass sich die maximalen technischen Potenziale ergeben.

Das quantifizierte technische Potenzial wird als Grundlage für die Szenarienbildung verwendet. Für die Szenarien (siehe Kapitel 6.4) werden die technischen Potenziale durch zusätzliche Restriktionen wie z. B. ökonomische Randbedingungen, technologische Einsatzkapazitäten oder regionale Standortgegebenheiten weiter Richtung wirtschaftliche bzw. umsetzbare Potenziale spezifiziert. Bezüglich der technologischen Einsatzkapazitäten werden Nutzungsfaktoren eingeführt, die auf wissenschaftlichen Studien und unserer jahrelangen Projekterfahrung beruhen.

Nachfolgend werden die technischen Potenziale anhand der einzelnen Technologien bzw. Kategorien beschrieben.

5.1 Einsparpotenziale

Die Gestaltung einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Wärmeversorgung in Kommunen stellt eine der zentralen Herausforderungen im Kontext des Klimaschutzes dar. Insbesondere vor dem Hintergrund der Klimaziele und der Notwendigkeit, den CO₂-Ausstoß drastisch zu reduzieren, werden Städte und Kommunen immer häufiger mit der Frage konfrontiert, wie ihre Wärmeversorgung optimiert werden kann, um sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile zu erzielen.

Die kommunale Wärmeplanung, die auf eine effiziente und ressourcenschonende Wärmebereitstellung abzielt, bietet zahlreiche Potenziale für Einsparungen im Bereich Energieverbrauch und Emissionen. Zu den wichtigsten Hebeln in diesem Kontext gehören die Themen Sanierung, die Effizienz von Heizungsanlagen und der Gedanke der Suffizienz.

Suffizienz: Reduktion durch Verhaltensänderung

Neben der Effizienz von Gebäuden und Heizungsanlagen gewinnt in der Diskussion um Einsparpotenziale zunehmend auch der Ansatz der Suffizienz an Bedeutung. Suffizienz bedeutet, den tatsächlichen Bedarf an Wärme zu hinterfragen und zu reduzieren, anstatt sich ausschließlich auf die Steigerung der Effizienz zu konzentrieren. Dieser Gedanke ist besonders im Kontext der kommunalen Wärmeplanung von Bedeutung, da er nicht nur ökologische Vorteile bietet, sondern auch soziale und wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt.

Der Suffizienzansatz kann auf verschiedene Weise in die kommunale Wärmeplanung der Stadt Seligenstadt integriert werden. Beispielsweise durch eine verstärkte Sensibilisierung der Bürger für einen bewussten Umgang mit Wärmeenergie, etwa durch niedrigere Raumtemperaturen oder eine gezielte Nutzung von Wärmequellen in öffentlichen Gebäuden. Auch die Optimierung von Nutzungszeiten und die Vermeidung von Wärmeüberschüssen können dazu beitragen, den Gesamtenergieverbrauch in der Stadt Seligenstadt zu senken.

Ein weiterer Aspekt der Suffizienz ist die Reduktion des Wärmeverbrauchs durch den Ausbau von quartiersspezifischen Lösungen, die eine bedarfsgerechte Wärmeversorgung gewährleisten. In vielen Fällen ist es nicht notwendig, für jedes Gebäude individuell eine hohe Heizleistung bereitzustellen, wenn durch gemeinschaftliche Lösungen wie Wärmenetze oder effiziente lokale Speichertechnologien die Wärmeerzeugerleistung und der Gesamtenergieverbrauch gesenkt werden kann. Auch in diesem Bereich erfordert die kommunale Wärmeplanung ein Umdenken, weg von einer rein leistungsorientierten Versorgung hin zu einem nachhaltigen Konzept, das mit weniger Energie auskommt.

Effizienzsteigerung durch moderne Heizsysteme

Neben der Reduktion des Konsums durch Verhaltensänderung spielt die Effizienz der Heizungsanlagen eine zentrale Rolle in der kommunalen Wärmeversorgung. Moderne Heizsysteme wie Wärmepumpen oder Wärmenetzsysteme, bieten erhebliche Potenziale zur Reduktion des Energieverbrauchs. Darüber hinaus kann die Umstellung von alten Heizkesseln auf Brennwerttechnologie den CO₂-Ausstoß deutlich senken, indem die im Abgas enthaltene Wärme zurückgewonnen und für die Heizwärme genutzt wird.

Die Integration von erneuerbaren Energien, wie beispielsweise Solarenergie oder geothermische Energie und Umweltwärme mittels Wärmepumpen, in bestehende Heizsysteme ist ein weiterer Schritt, der zu einer nachhaltigen Effizienzsteigerung beiträgt. In Kombination mit modernen Speichersystemen, die die Wärmeüberschüsse zu Zeiten geringer Nachfrage speichern können, wird die Heizungsanlage noch flexibler und unabhängiger von externen Energiequellen. Auch die digitale Steuerungstechnik spielt eine wachsende Rolle. Durch smarte Heizsysteme, die den Wärmebedarf in Echtzeit überwachen und regulieren, können weitere Effizienzpotenziale gehoben werden.

Ein gut geplantes Heizsystem, das auf die spezifischen Gegebenheiten vor Ort zugeschnitten ist, kann also nicht nur den Energieverbrauch senken, sondern auch die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung erhöhen.

Sanierung zur Reduktion von Wärmeverlusten

Ein wesentliches Einsparpotenzial in der kommunalen Wärmeversorgung liegt in der Sanierung bestehender Gebäude. Besonders in älteren Bestandsgebäuden gehen durch unzureichend gedämmte Gebäudehüllen sowie veraltete Fenster und Türen erhebliche Mengen an Wärme verloren. Laut einer Vielzahl von Studien kann ein bedeutsamer Teil des Heizenergieverbrauchs allein durch die Verbesserung der Dämmung eingespart werden. Doch nicht nur die Gebäudehülle spielt eine Rolle, auch die Erneuerung von Heizsystemen, wie zuvor erwähnt, kann wesentliche Einsparungen bei den Betriebskosten und den CO₂-Emissionen mit sich bringen.

Ein integrativer Ansatz der Sanierung, der sowohl die Gebäudehülle als auch die Anlagentechnik umfasst, bietet besonders große Einsparpotenziale. Die energetische Sanierung ist jedoch nicht nur eine Frage der Reduktion von Wärmeverlusten, sie ist auch eng mit der Frage nach der Nutzung erneuerbarer Energiequellen verbunden. Solche Maßnahmen ermöglichen es, den CO₂-Ausstoß erheblich zu verringern und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren.

Basierend auf dem aktuellen Wärmebedarf wird die zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs im Gebäudebestand prognostiziert. Je nach Gebäudetyp (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Gebäude mit gewerblicher und industrieller Nutzung) wird dazu der aktuelle Wärmebedarf in Raumwärme, Wärme zur Trinkwasserbereitung und Prozesswärme aufgegliedert. Industriegebäuden werden beispielsweise ein hoher Anteil an Prozesswärme und geringe Anteile für Heizung und Trinkwarmwasser zugeteilt [6].

Auf Basis der Baualtersklasse wird nun der spezifische Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser geprüft. Als Grenzwerte werden öffentlich Daten des Leitfadens kommunale Wärmeplanung (Prognos AG; ifeu, 2024) aus dem zugehörigen Technikkatalog verwendet. Auf dieser Datenbasis und gewissen Toleranzwerten, wird das Sanierungspotenzial der einzelnen Gebäude ermittelt und der restliche Energieverbrauch nach erfolgreicher Sanierung bzw. mögliche Einsparungen ermittelt. Die hierfür genutzten spezifischen Energieverbräuche je Gebäudetyp und Baualtersklasse sind in Anhang 1 dargestellt.

Insgesamt werden zwei Szenarien betrachtet. Zum einen das „Referenzszenario“, welches mit einer festen Sanierungsquote von 0,8 % sanierter Gebäude pro Jahr kalkuliert wird. Zum anderen das „Klimaschutzszenario“, welches mit einer variabel aufsteigenden Sanierungsquote kalkuliert wird. Dieses startet im Basisjahr bei einer Sanierungsrate von 0,8 % und steigt kontinuierlich auf eine jährliche Rate von 2,8 % im Zieljahr an.

Die Auswahl der zu sanierenden Gebäude erfolgt nach dem größten Einsparpotenzial, da hier der höchste wirtschaftliche Anreiz für eine Gebäudesanierung liegt. Für diese Gebäude wird ein neuer Wärmebedarf nach Sanierung ab dem jeweiligen Jahr in die Rechnung übernommen.

Im Referenzszenario werden insgesamt 1.140 Gebäude bis 2045 saniert, was einem Anteil von rund 20 % des Gebäudebestands in der Stadt Seligenstadt entspricht. Im ambitionierteren Klimaschutzszenario steigt die Zahl der sanierten Gebäude auf 2.513, was einem Anteil von etwa 43 % des gesamten Gebäudebestands entspricht. Damit wird deutlich, dass die Zielerreichung im Klimaschutzszenario eine deutlich breitere Aktivierung des Gebäudebestands erfordert als im Referenzszenario. In Abbildung 5-2 ist der resultierende Wärmebedarf für beide Szenarien gegenübergestellt.

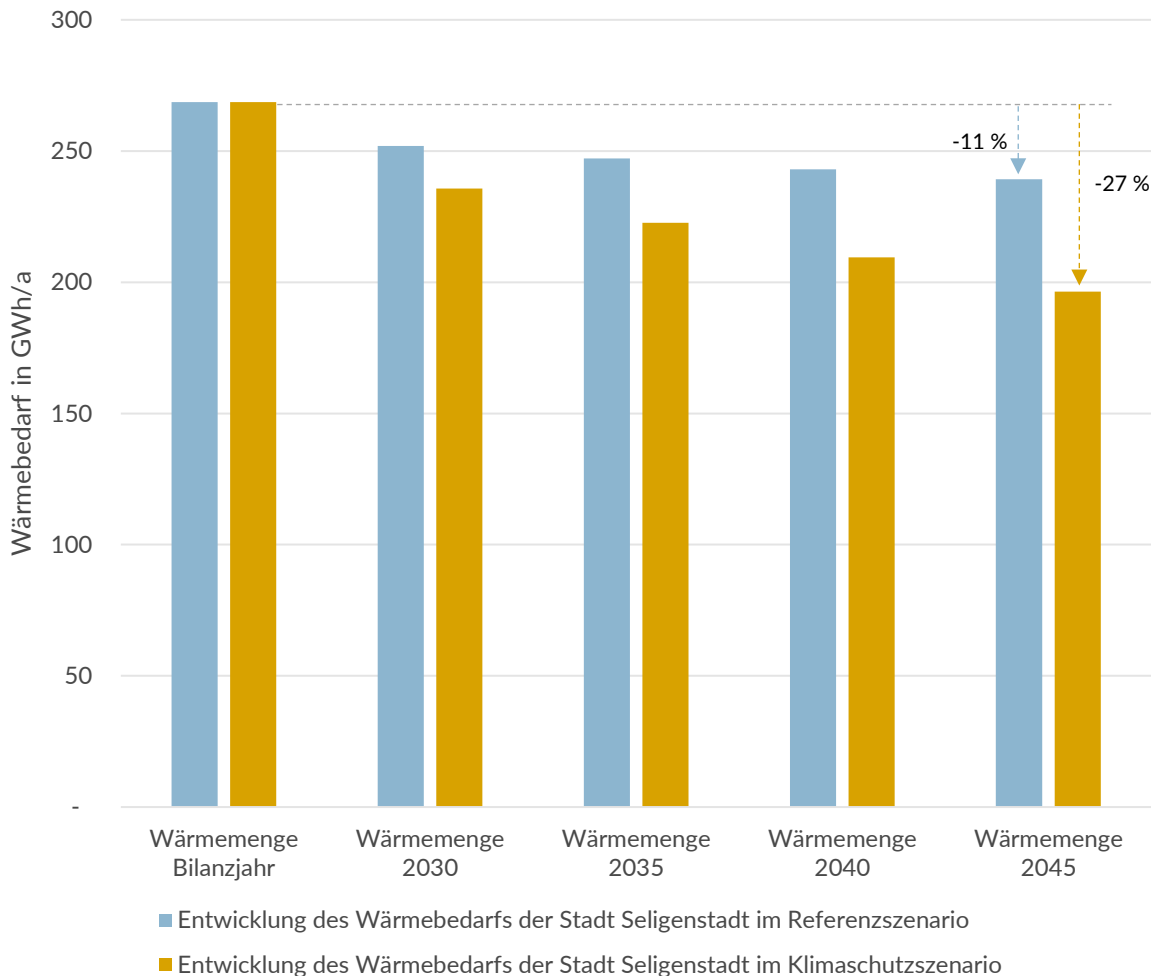


Abbildung 5-2: Gegenüberstellung der beiden Sanierungsszenarien für die Stadt Seligenstadt

In Abbildung 5-3 ist der Wärmebedarf bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit zur Gebäudenutzung für das Referenzszenario dargestellt. Mit der angenommenen Sanierungsrate von 0,8 % kann bis 2045 somit ein Wärmebedarf von ca. 29 GWh eingespart werden. Dies entspricht einer prozentualen Einsparung von knapp 11 % im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf des Basisjahres. Die größten Einsparungen (60% aller Einsparungen) sind dabei bei den Mehrfamilienhäusern zu erzielen.

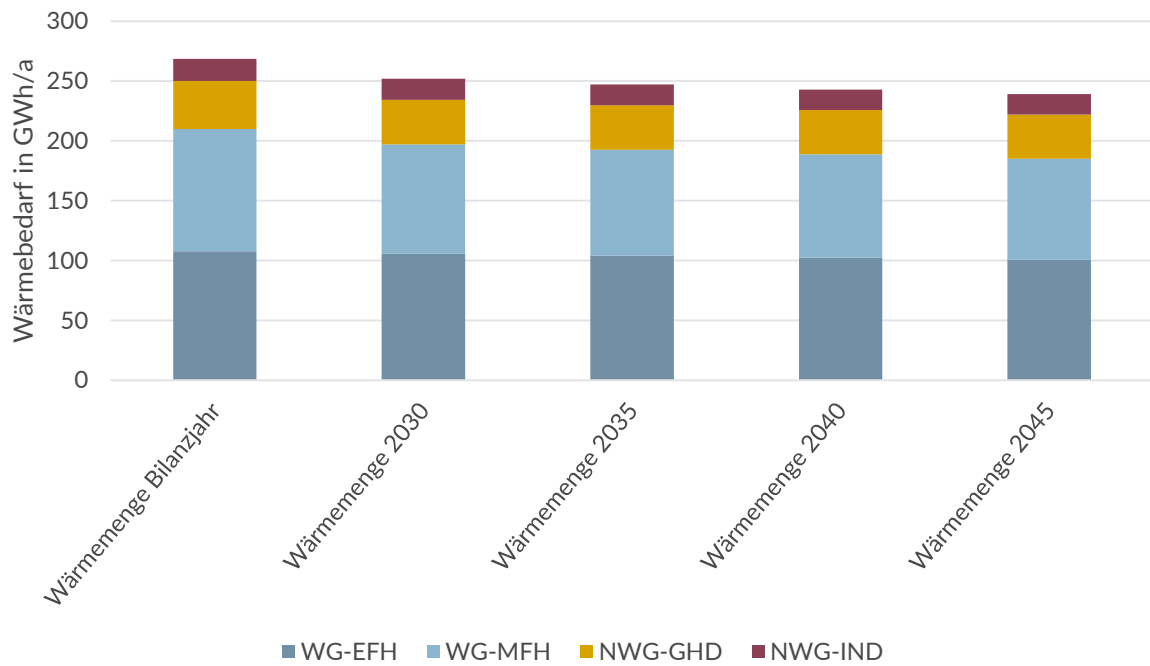


Abbildung 5-3: Entwicklung des Wärmebedarfs im Referenzszenario nach Gebäudenutzung in Seligenstadt

In *Abbildung 5-4* ist der Wärmebedarf des Klimaschutzszenarios bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Gebäudenutzung dargestellt. Für das Klimaschutzszenario kann bis 2045 somit ein Wärmebedarf von ca. 72 GWh eingespart werden. Dies entspricht einer prozentualen Einsparung von ca. 27 % im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf des Basisjahres. Neben der Mehrfamilienhäusern müssen hier insbesondere auch Einsparungen in Einfamilienhäusern umgesetzt werden.

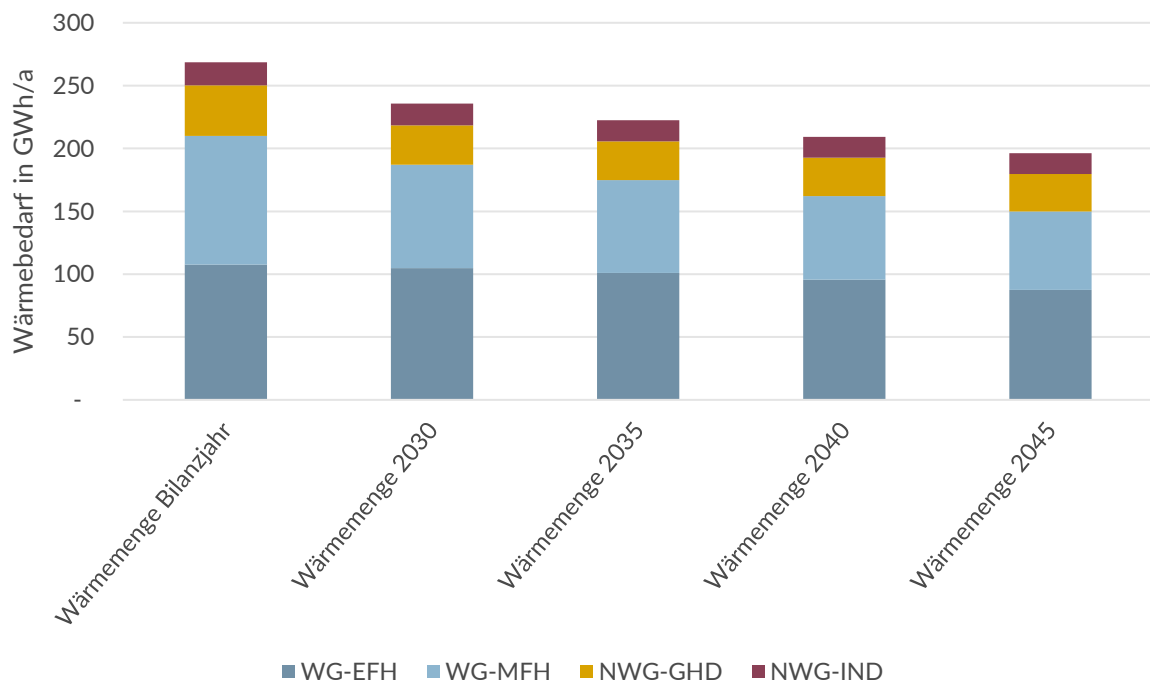


Abbildung 5-4: Entwicklung des Wärmebedarfs im Klimaschutzszenario nach Gebäudenutzung in Seligenstadt

5.2 Biomassepotenzial

Bei der Verwendung von Biomasse als Energieträger wird generell zwischen der primären und der sekundären Biomasse unterschieden. Die primäre Biomasse bezeichnet dabei die direkt für die energetische Nutzung kultivierte Biomasse wie z. B. Raps oder Getreide. Die sekundäre Biomasse, auch Abfall-Biomasse genannt, wird aus organischen Reststoffen wie beispielsweise Altpapier oder Sägereststoffen sowie Lebensmittelabfällen gebildet. Je nach Aufbereitungsweg zu festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen ergeben sich Möglichkeiten zur Erzeugung von Strom, Treibstoffen und Wärme.

In jüngster Zeit gewinnt vor allem die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und die anschließende Einspeisung in das Erdgasnetz zunehmend an Bedeutung. Das zu Biomethan aufbereitete Biogas kann in normalen Erdgasheizungen verwendet werden.

Ein wesentlicher Umweltvorteil der Biomasse liegt in der Verminderung treibhauswirksamer Emissionen, da nur so viel CO₂ freigesetzt werden kann, wie zuvor durch die Biomasse gebunden wurde. Biomasse ist sowohl grundlastfähig als auch flexibel einsetzbar. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Biomasse zur Erzeugung hoher Temperaturen im industriellen Bereich genutzt werden kann.

Unter ethischen Gesichtspunkten ist die Problematik der Flächenkonkurrenz von konventionell angebauten Energiepflanzen zur Lebensmittelproduktion nicht außer Acht zu lassen. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist es demnach sinnvoll, auch die biogenen Reststoffe und Abfälle zu berücksichtigen und den Substratmix entsprechend zu gestalten. Der Einsatz von Bioenergie spielt im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle, da Bioenergie polyvalent in den Bereichen Wärme, Strom und Verkehr nutzbar ist. Darüber hinaus ist Bioenergie transportierbar, lagerfähig und teilweise vor Ort einsetzbar.

Biomasse kann speziell in Nahwärmenetzen als Brückentechnologie hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung dienen. Hierbei werden zunächst Wärmenetze mit einem großen Anteil an Biomasse und kleine Anteil an strombasierten Wärmeerzeugern eingesetzt, welche im Laufe der Jahre Schritt-für-Schritt vollständig auf strombasierte Energieerzeuger umgestellt werden, um auf die Vorteile des in Zukunft regenerativen Stroms zurückgreifen zu können.

Insgesamt besitzt Seligenstadt eine Waldfläche von 1.357 ha [7]. Der Hessenforst ist überwiegend im städtischen Eigentum, sodass hier ein potenziell hoher Anteil des Forstes genutzt werden könnte. Der Holzeinschlag wird in geplanten Einschlag und Schadholzeinschlag unterschieden. In den vergangenen Jahren war der Schadholzeinschlag deutlich erhöht, worauf das hohe thermische Potential zurückzuführen ist, siehe Abbildung 5-5.

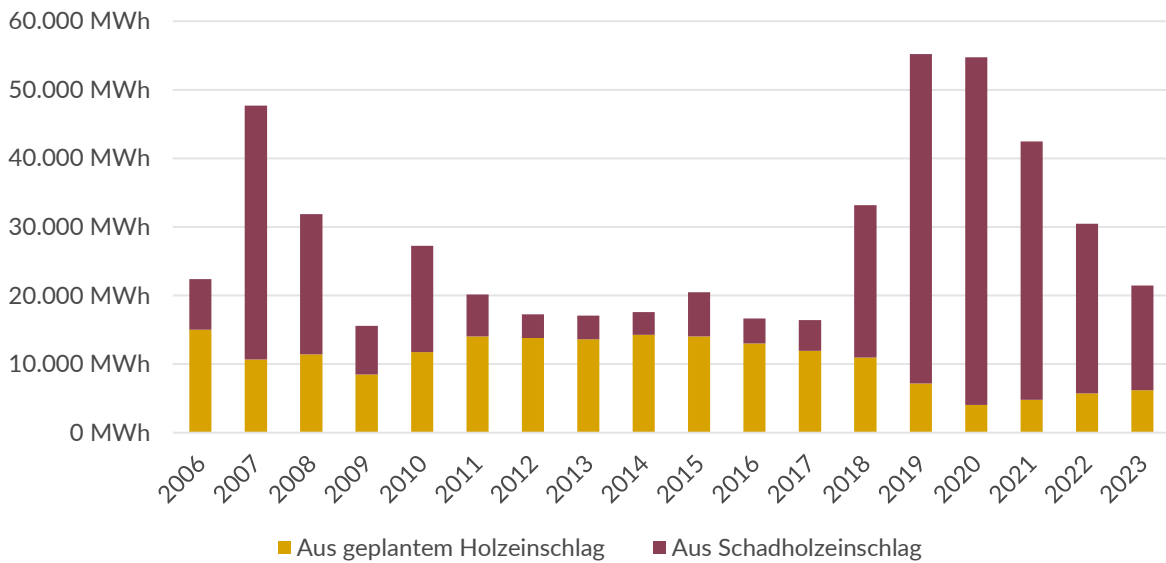


Abbildung 5-5: Holz- & Schadholzeinschlag in Seligenstadt

Als Gesamtpotenzial für die Stadt Seligenstadt werden **4 GWh** Strom und **17 GWh** Wärme aus landwirtschaftlicher Biomasse, Forst- und Abfallwirtschaft ausgewiesen. Diese abgeschätzten Potenziale sind jedoch wie die anderen betrachteten Analysen als Maximalpotenziale zu betrachten. Es ist nicht gesichert, dass die beschriebenen Potenziale wirklich ausgeschöpft werden können. Des Weiteren sind keine Synergieeffekte oder Einschränkungen, wie Flächenkonkurrenz o. ä. berücksichtigt worden.

Tabelle 5-1: Übersicht der Potenziale aus Biomasse

| Technologie | Möglicher Energieertrag |
|--|-------------------------|
| Biomasse Potenzial - elektrisch | 4 GWh/a |
| Abfallwirtschaft | 2 GWh/a |
| Forstwirtschaft | 0 GWh/a |
| Landwirtschaft | 1 GWh/a |
| Biomasse Potenzial - thermisch | 17 GWh/a |
| Abfallwirtschaft | 6 GWh/a |
| Forstwirtschaft | 6 GWh/a |
| Landwirtschaft | 5 GWh/a |

5.3 Umweltwärme

Die Nutzung des Umweltwärmepotenzials wird i. d. R. über den Einsatz von elektrisch angetriebenen Wärmepumpen (Kompressionswärmepumpen) ermöglicht, die das Temperaturniveau der Wärmequelle auf ein nutzbares Temperaturniveau anheben. Wärmepumpen bieten flexible Einsatzmöglichkeiten sowohl bezüglich der Art der Wärmequelle als auch bezüglich des Temperaturniveaus auf der Senkenseite und gelten im zunehmend elektrifizierten Gebäudesektor als Schlüsseltechnologie (Weck-Ponten, 2023). Wärmepumpen sind nicht auf die Verfügbarkeit von Brennstoffen angewiesen und emittieren somit lokal keine Treibhausgase (THG). Sie kommen vor allem im Einzelgebäudebereich zum Einsatz. Darüber hinaus können Großwärmepumpen im Quartiersbereich und Wärmenetzen eingesetzt werden. Inzwischen werden auch Wärmepumpen mit klimaneutralem Kältemittel (z. B. Propan oder CO₂) angeboten. Im Zusammenhang mit dem Einsatz von erneuerbarem Strom können Wärmepumpen, einen großen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten.

Die Effizienz von Wärmepumpen hängt maßgeblich vom Temperaturhub ab, also der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke. Wärmepumpenhersteller geben die Effizienz bei bestimmten Betriebspunkten in Form des COP (Coefficient of Performance) an. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) stellt das Verhältnis der Nutzwärmemenge bezogen auf die eingesetzte elektrische Arbeit über eine Jahresbilanz dar und gilt als die zentrale Kennzahl für Wärmepumpen. Bei der Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen stammt ca. 75 % der Energie aus der Wärmequelle (bei einer angenommenen JAZ von 4,0). Die restliche Energie wird meist in Form von elektrischer Energie für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt.

Wichtige Unterscheidungsmerkmale von Wärmepumpen sind das Wärmequellen- und Wärmesenkenmedium. In Deutschland kommen insbesondere Sole-Wasser-, Luft-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen zum Einsatz. Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen Sole (ein frostsicheres Wärmeträgerfluid) als Wärmequelle und Wasser als Wärmesenkenmedium. Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen entsprechend Luft als Wärmequelle und Wasser als Wärmesenke. Wasser-Wasser-Wärmepumpen werden sowohl für die Temperaturerhöhung von Wärme aus Oberflächengewässern und Abwasser als auch in der oberflächennahen Geothermie, insbesondere für Grundwasserbrunnensysteme, eingesetzt.

5.3.1 Abwasserwärmenutzung

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden zudem die Potenziale betrachtet, die im kommunalen Abwasser vorhanden sind. Dazu werden zum einen die Potenziale

- der Abwasserkanäle,
- am Zulauf der Kläranlage und
- das gereinigte Abwasser am Auslauf der Kläranlage

betrachtet. Energie, die in einem Abwasserkanal im Zulauf der Kläranlage entnommen wird, ist später nicht mehr für Prozesse in der Kläranlage vorhanden. Die Entnahme von Abwasserwärme ist in der Regel nur in Abschnitten des Kanalnetzes von mindestens DN 800 empfohlen, in denen der Trockenwetterfluss im Jahresmittel mindestens 15 l/s beträgt. Abwasserwärme kann oft in einer Stadt ab ca. 3.000 bis 5.000 Einwohnern genutzt werden [8].

Für den Wärmeentzug können bei Wärmeentzugsleistungen von 2–4 kW pro m² Wärmeübertrageroberfläche konservative Entnahmetemperaturen von 3–4 K angenommen werden. Die Temperatur im Zulauf der Kläranlage darf nicht zu stark absinken, da sonst ein reibungsloser technischer Betrieb nicht gewährleistet ist. Die Zulufttemperatur zu Kläranlagen sollte 10 °C nicht unterschreiten [8].

Zusätzlich sollte sich der potenziell zu nutzende Kanal in örtlicher Nähe zu Wärmeabnehmern oder einem Wärmenetz befinden. Weiterhin ist zu prüfen, ob die gesamte Abwasserableitung in einem Misch- oder Trennsystem geführt wird. Durch die Teilung der Schmutzabwässer und des Regenwassers kann es zu deutlichen Unterschieden des Trockenwetterflusses kommen.

Abbildung 5-6 zeigt das Abwasserkanalsystem der Stadt Seligenstadt in Abhängigkeit des Kanaldurchmesser. Es sind geeignete Kanäle mit einem Durchmesser von mindestens DN 800 an verschiedenen Stellen des Stadtgebietes vorhanden. Auf Grundlage der Informationen von den Stadtwerken (Kanalnetzbetreiber) sind die Trockenwetterflüsse außerhalb der Kläranlage allerdings zu gering für eine Wärmenutzung.

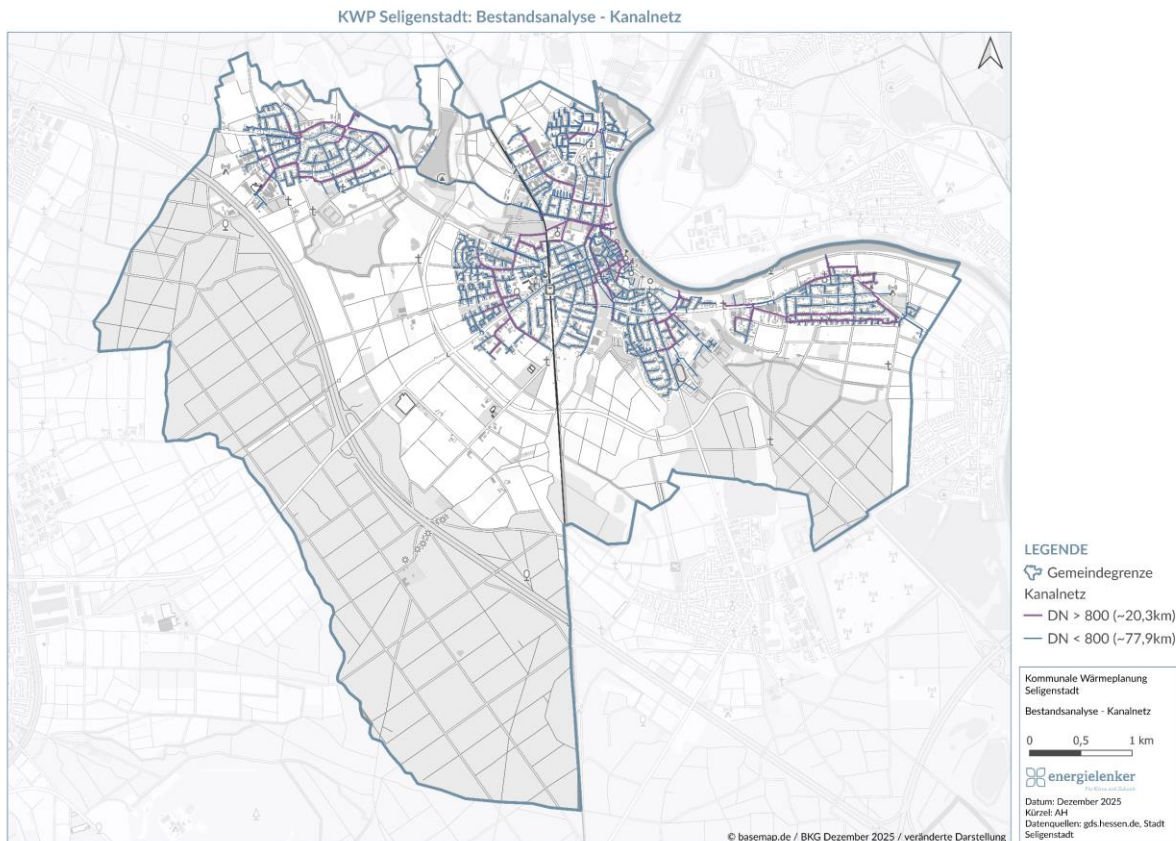


Abbildung 5-6: Darstellung der Abwasserkanäle ≥ 800 mm der Stadt Seligenstadt

In der Stadt Seligenstadt befinden sich eine von den Stadtwerken betriebene Kläranlage (Am Eichwald 1, 63500 Seligenstadt) mit einer durchschnittlichen Durchflussmenge und Temperatur von $223 \text{ m}^3/\text{h}$ bzw. $16,28 \text{ }^\circ\text{C}$. Für die thermische Nutzung könnten bei gegebenen Werten mit 3.500 Volllaststunden im Jahr und einer Temperaturentnahme von 3,5 K ein maximal theoretisches Wärmepotenzial des Abflusses von $12,7 \text{ GWh/a}$ entstehen. Es ist zu prüfen, ob dies für interne Prozesse genutzt werden kann, oder möglicherweise zur Einspeisung in ein externes Netz zur Verfügung steht.

In der Kläranlage südöstlich des Stadtzentrums der Stadt Seligenstadt (Abwasserverband Schleifbach) besteht die Möglichkeit, unter geschaffenen technischen Voraussetzungen, eine Wärmeengewinnung zu erzielen.

5.3.2 Wärme aus Oberflächengewässern

Wasser hat eine hohe Wärmekapazität und eignet sich daher hervorragend als Medium für die Wärmeübertragung und als Wärmespeicher. Wärme kann aus Oberflächengewässern entnommen und

über Wärmepumpen für verschiedene Einsatzzwecke genutzt werden. Ähnlich wie bei der oberflächennahen Geothermie, kann aufgrund des Temperaturniveaus der Oberflächengewässer die Wärme sowohl zum Heizen als auch Kühlen genutzt werden. In der Potenzialanalyse werden insbesondere Fließgewässer und größere Seen betrachtet.

Es ist zu beachten, dass jede Wärmeentnahme und Wärmezufuhr aus stehenden oder fließenden Gewässern Einflüsse auf diese haben. So führt z. B. eine zu starke Erwärmung des Wassers zu einer erhöhten Aktivität der Mikroorganismen und kann damit – ähnlich wie ein Nährstoffeintrag – eutrophierend wirken. Deshalb sind die Anforderungen an den Gewässerschutz stets zu berücksichtigen. Insbesondere bei stehenden Gewässern ist immer der Einzelfall zu prüfen, da jeder See aufgrund des Standortes (Wetterrandbedingungen, Klima), der Geologie und Hydrologie (u. a. Zu- bzw. Abflüsse in den bzw. aus dem See), der Tiefe und der Ausdehnung unterschiedlich anfällig für Nährstoffein- bzw. Nährstoffausträge ist. Tiefgreifende Analysen unterliegen einer Fachplanung.

In der Stadt Seligenstadt gibt es keine größeren stehenden Gewässer und somit auch kein Potenzial für die Wärmenutzung aus stehenden Gewässern.

Neben stehenden Gewässern wurden auch Fließgewässer analysiert. Durch das Gebiet der Stadt fließt der Main. Für eine Wärmeentnahme aus Fließgewässern bestehen sowohl Regelungen und Randbedingungen in Bezug auf Gewässerschutz (Abkühlung des Gewässers, Ausleitmengen) als auch Natur- und Artenschutz (FFH-Gebiete und Naturschutzgebiete). In Bezug auf FFH-Gebiete und Naturschutzgebiete bestehen keine grundlegenden Einschränkungen für Seligenstadt. Nach Aussagen der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Offenbach können weitere Natur- und Artenschutzbelange in Seligenstadt relevant werden, die im Zuge der Detailplanung analysiert werden müssten. Das wären u. a. das Vorkommen des Wiesenknopfameisenbläulings oder die Schaffung von Ausgleichflächen (Eingriffsregelung).

Nach Angaben des Wasserwirtschaftsamts Aschaffenburg ist eine Abkühlung des Mains (insbesondere in den Sommermonaten) grundsätzlich als positiv zu bewerten. In Anlehnung an die Studie Wärmepumpen an Fließgewässern besitzt der Mainabschnitt im Projektgebiet ausreichend Potenzial für eine bilanzielle Wärmebedarfsdeckung im Sommer und im Winter (vgl. [2024, FfE, Wärmepumpen an Fließgewässern]). Nichtsdestotrotz kann eine ganzjährige Nutzung der Wärme aus Fließgewässern nicht vollständig gewährleistet werden, da z. B. die Wassertemperaturen im Winter zu gering sein können für eine Wärmeentnahme. Erste Analysen der Wassertemperaturen anhand von Daten der Messstation Mainflingen flussaufwärts von Seligenstadt zeigen, dass eine Wärmeentnahme im Winter voraussichtlich nicht uneingeschränkt möglich ist (vgl. Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Wertebereiche der Wassertemperaturen an der Messstation Mainflingen

| Zeitraum | Temperaturspreizung |
|-----------------|----------------------------|
| 2009 - 2025 | -0,1 °C – 27,5 °C |
| 2023 | 3 °C – 25,5 °C |
| 2024 | 2 °C – 25,2 °C |

Die Wassertemperaturen sind für weitere Analysen in der Detailplanung zu berücksichtigen, wenn Entnahmemengen, der Ort der Entnahmestelle sowie Auswirkungen der Wasserentnahme und Wasserwiedereinleitung auf die Flusstemperatur unter Berücksichtigung der Durchmischung bekannt

sind. Weiterhin ist der Einsatz von Wärmespeichern zur Überbrückung kalter Tage (bzw. geringen Flusstemperaturen) zu prüfen.

5.3.3 Luft-Wasser-Wärmepumpen

Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen die Außenluft als Wärmequelle. Aufgrund der schwankenden Außenlufttemperatur ist auch die Effizienz der Wärmepumpe Schwankungen unterlegen. Zusätzlich sind die Außenlufttemperaturen in der Heizsaison, in der der Großteil des Wärmebedarfs anfällt, am geringsten, sodass die JAZ von Luft-Wasser-Wärmepumpen im Vergleich zu geothermisch betriebenen Wärmepumpen – mit relativ konstanten Quellentemperaturen – i. d. R. geringer ausfällt.

Die Investitionskosten von Luft-Wasser-Wärmepumpen sind geringer als bei Sole- oder Wasser-Wasser-Wärmepumpen, da die Kosten für die Quellenerschließung nicht anfallen. Wegen der geringeren Investitionskosten und eines geringeren Planungsaufwandes, ist die Luft-Wasser-Wärmepumpe die Wärmepumpenart, die derzeit am häufigsten installiert wird. Insbesondere in den voraussichtlich dezentral versorgten Gebieten, in denen das geothermische Potenzial oder die Freiflächenverfügbarkeit gering ist, wird die Luft-Wasser-Wärmepumpe – neben Biomasse-Heizungen – der präferierte Wärmeerzeuger sein. Darüber hinaus können mit Außenluft betriebene Großwärmepumpen für die Wärmebereitstellung von Wärmenetzen eingesetzt werden. Aufgrund der Ausweisung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete nach WPG unabhängig von der Wärmeerzeugertechnologie und aufgrund der Tatsache, dass die Wärme aus der Außenluft unbegrenzt zur Verfügung steht, wird kein Potenzial für Luft-Wasser-Wärmepumpen berechnet oder ausgewiesen.

5.4 Geothermie

Als Geothermie wird sowohl die in der Erde gespeicherte Wärmeenergie als auch deren ingenieurtechnische Nutzbarmachung bezeichnet. Bei der Energiegewinnung aus Geothermie wird zwischen der Tiefengeothermie (petrothermale und hydrothermale Geothermie) und der oberflächennahen Geothermie differenziert. In Abbildung 5-7 sind unterschiedliche Systeme zur Nutzung von Geothermie dargestellt.

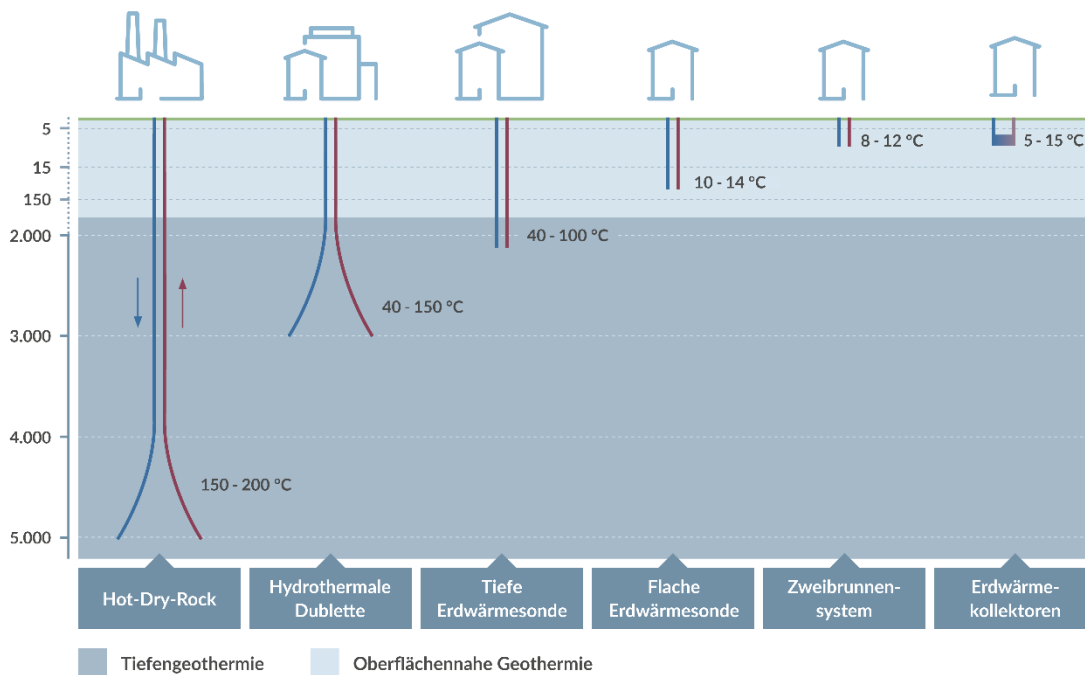


Abbildung 5-7: Wärmeerzeugung durch die Nutzung von Geothermie (in Anlehnung an [9])

Der große Vorteil von Geothermie gegenüber volatilen erneuerbaren Energiequellen, wie z. B. Wind- und Sonnenenergie, ist die Grundlastfähigkeit und meteorologische Unabhängigkeit.

5.4.1 Tiefengeothermie

Tiefengeothermie bezeichnet die Nutzung geothermischer Lagerstätten ab 400 m Tiefe zur Stromproduktion und/oder Wärmebereitstellung und bietet die Möglichkeit, größere Energieversorgungsprojekte umzusetzen. Bei guten geologischen Voraussetzungen kann die Tiefengeothermie für eine künftig klimaneutrale Wärmeversorgung in den Städten eine herausragende Rolle spielen. Die Tiefengeothermie bietet aufgrund des hohen Temperaturniveaus die Chance bestehende Wärmenetze zu dekarbonisieren. Innerhalb der Tiefengeothermie wird zwischen petrothermalen und hydrothermalen Systemen unterschieden.

Als hydrothermale Lagerstätten werden offene Systeme bezeichnet, bei denen die Wärme einem natürlichen Thermalwasserreservoir entnommen wird. Für die Nutzung der hydrothermalen Geothermie ist eine ergiebige, wasserführende Gesteinsschicht (Nutzhorizont) notwendig. Diese Schicht sollte vertikal und lateral möglichst weit ausgebreitet sein, um eine langfristige Nutzung zu gewährleisten. Das vorhandene Thermalwasser kann (abhängig von der Förderrate und Temperatur) sowohl für die Erzeugung von Strom und Wärme als auch für die Erzeugung von Wärme allein genutzt werden. Für die Nutzbarmachung des Thermalwassers bedarf es in der Regel zwei oder mehr Bohrungen. Dabei handelt es sich mindestens um eine Förder- und eine Injektionsbohrung (Dublette).

Bei petrothermalen Systemen erfolgt die Wärmeentnahme aus dem tiefen Untergrund unabhängig von wasserführenden Horizonten. Durch das Einpressen von Wasser in eine Injektionsbohrung wird das vorhandene Kluftsystem in den Bodenschichten geweitet (Stimulation) oder neue Klüfte durch das Aufbrechen von Gestein (Fracking) geschaffen. Mit einer zweiten Bohrung, die den stimulierten Bereich durchteuft, wird ein unterirdischer Wärmeübertrager erzeugt, durch den im Betrieb Wasser zirkuliert.

Im Umkreis des Stadtgebiets von Seligenstadt gibt es keine bestehende Tiefengeothermiebohrung. Zudem sind nach dem geologie Viewer Hessen in der Region um Seligenstadt keine Potenziale für Tiefengeothermie ausgewiesen. Des Weiteren wurden in der Region auch keine seismischen Messungen oder sonstige Aktivitäten bezüglich Tiefengeothermie angegangen, sodass von keinem Tiefengeothermiepotenzial für die Stadt Seligenstadt auszugehen ist [10].

5.4.2 Oberflächennahe Geothermie

Systeme zur Nutzung oberflächennaher Geothermie verwenden die thermische Energie des Untergrunds bis in eine Tiefe von 400 m. Die Nutzung oberflächennaher Geothermie ist besonders für die gebäudebezogene Wärmeversorgung (Heizen und/oder Kühlen, vor allem Niedertemperaturheizsysteme) geeignet, aber auch für Quartierskonzepte in Form von z. B. kalten Nahwärmenetzen. Aufgrund der niedrigen Temperaturen im oberflächennahen Untergrund wird i. d. R. eine Wärmepumpe eingesetzt, um das Temperaturniveau der Quelle auf ein nutzbares Temperaturniveau anzuheben.

Die grundsätzliche geothermische Eignung eines Gebiets hängt von der Beschaffenheit des Bodens und der Temperaturen im Untergrund ab. Die Wärme in der Erde ist ganzjährig verfügbar. Ab ca. 15 m bis 20 m Tiefe können witterungsbedingte Temperaturveränderungen vernachlässigt werden. Ab dieser Tiefe überwiegt der geothermische Wärmegradient, sodass die Temperatur um ca. drei Kelvin pro 100 m zunimmt.

Als geothermische Wärmequellsysteme werden hauptsächlich Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren und Grundwasserbrunnen eingesetzt. Darüber hinaus gibt es noch weitere Quellsysteme wie z. B. Erdwärmekörbe, Grabenkollektoren, Energie-Spundwände oder Energiepfähle. Die nachfolgenden Analysen konzentrieren sich auf Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden. Diese beiden Wärmequellenvarianten sind geschlossene Systeme, in denen ein Wärmeträgerfluid zirkuliert.

Auf Grundlage von Daten und Informationen der hessischen Geoportale [10] sowie GIS-basierten Analysen konnten Potenzialflächen für Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren ermittelt werden, die eine grundsätzliche Eignung der Gebiete für die jeweilige Wärmequellenart ausweisen. Für die Ermittlung der Potenzialflächen wurden bundeslandspezifische Abstandsempfehlungen zur Grundstücksgrenze und zu Gebäuden berücksichtigt. Aus den Potenzialflächen konnten u. a. mithilfe der gemittelten Wärmeleitfähigkeiten in unterschiedlichen Tiefen im Untergrund quantitative Potenziale in Form von Energiemengen berechnet werden. Die berechneten Energiemengen sind nicht grundsätzlich addierbar. Die angegebenen Potenzialflächen von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren konkurrieren in der Regel.

Information

Die nachfolgende quantitative Potenzialermittlung im Zuge der kommunalen Wärmeplanung stellt keine grundstückbezogene Fachplanung dar, sondern ist eine grobe Abschätzung von Potenzialflächen und daraus berechneten Energiemengen, die aus dem Erdboden entzogen und über Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Sie ersetzen keine spezifische Standortbeurteilung, die im Falle konkreter Umsetzungsplanungen zusätzlich erfolgen muss. Wird eine geothermische Nutzung des oberflächennahen Untergrunds angestrebt, sollten zwingend ein geologischer Fachplaner und Bohrunternehmen kontaktiert werden.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind meist Polyethylenrohre (i. d. R. Doppel-U-Rohre), die in vertikale bzw. schräg verlaufende Bohrlöcher mit Abstandshaltern eingebracht werden. Zur Abdichtung und Verbesserung der

Wärmeübertragungseigenschaften der Erdwärmesonde wird das Bohrloch anschließend mit einem Verfüllmaterial verfüllt. Erdwärmesondenbohrungen sind bei der zuständigen Behörde anzuzeigen. Grundsätzlich gilt für Erdwärmesonden das Grundwasserrecht. Die Nutzung oberflächennaher Erdwärmesonden ist daher von der geographischen Lage von u. a. Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie der Hydrogeologie abhängig. Neben dem Grundwasserschutz kann auch das Bergrecht tangiert werden. Deswegen werden oberflächennahe Erdwärmesonden häufig nur bis zu einer Tiefe von 100 m ausgeführt bzw. die geothermisch gewonnene Energie auf nur einem Grundstück genutzt. Erdwärmesonden sind das am weitest verbreitete geothermische Wärmequellensystem in Deutschland. Erdwärmesonden weisen ein Wärmequellentemperaturniveau auf, das nahezu unabhängig von Wetterrandbedingungen ist. Darüber hinaus sind Erdwärmesonden geeignet ein Gebäude zusätzlich zur Wärmeversorgung auch zu kühlen.

In Abbildung 5-8 sind die Potenzialflächen für Erdwärmesonden im gesamten Gemeindegebiet dargestellt. Die Potenzialflächen wurden sowohl für bebaute Gebiete als auch für landwirtschaftlich genutzte Flächen im Umkreis von bebauten Gebieten ermittelt. Letztere sind insbesondere für zentrale Versorgungsoptionen über beispielsweise kalte Nahwärmenetze relevant. Für die Ermittlung der Potenzialflächen wurden Ausschlussgebiete wie z. B. Wasserschutzgebiete oder Ausschlussgebiete aufgrund von Bohrrisiken durch Karstgesteine und Sulfatgesteine berücksichtigt. Darüber hinaus wurden Flächen für die landwirtschaftlichen Gebiete außerhalb der Siedlungsfläche, die aufgrund von Bahnlinien, Flüssen oder sonstigen Hindernissen von der nächsten Bebauung getrennt sind, nicht in die Potenzialflächen inkludiert.

Anhand von Informationen zu bestehenden Bohrungen wurde in Seligenstadt eine Bohrtiefenbegrenzung von 100 m angenommen. Anhand der angesetzten Randbedingungen ergeben sich Potenzialflächen von insgesamt 619 ha. Mit einer angesetzten JAZ von 4,1 [11] und Jahresvolllaststunden von 1800 h/a ergibt sich ein durch Wärmepumpen bereitgestelltes, nutzbares Wärmepotenzial von 1165 GWh/a.

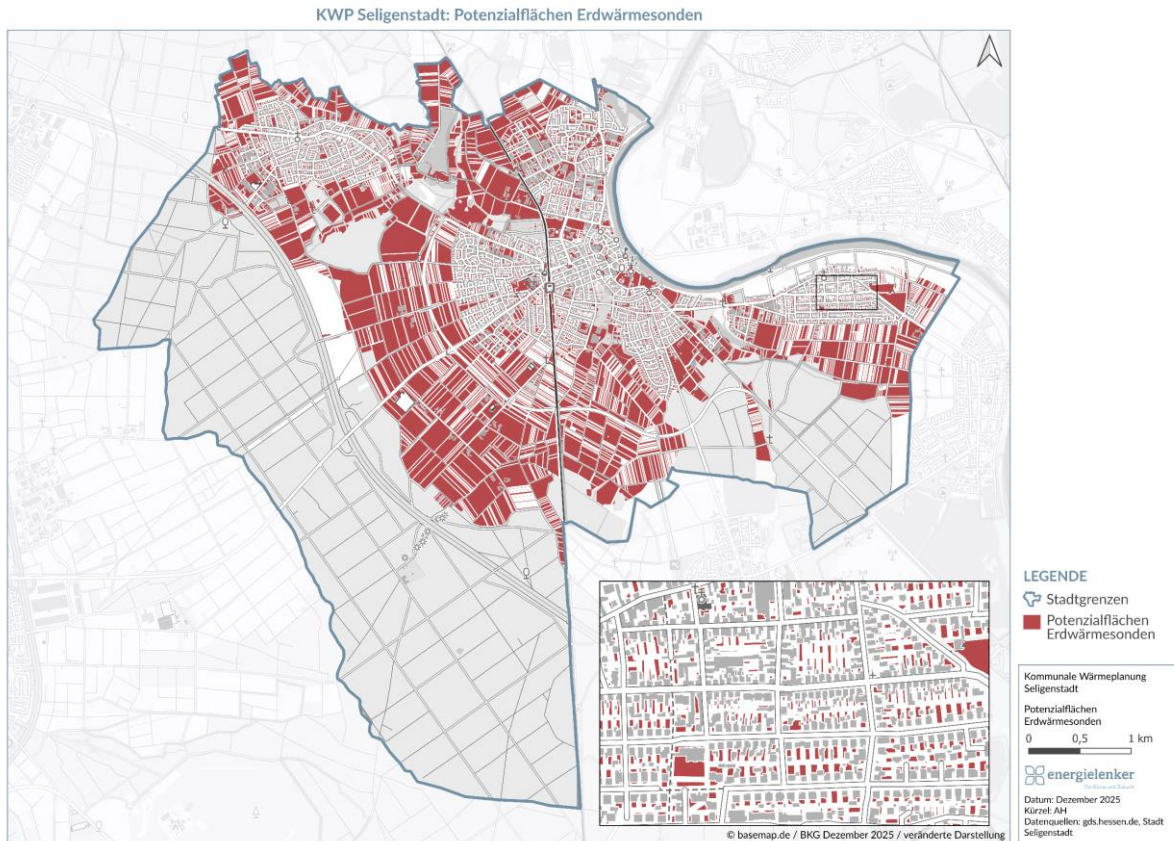


Abbildung 5-8: Potenzialflächen für Erdwärmesonden für das Stadtgebiet von Seligenstadt

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren sind ein geothermisches Wärmequellensystem, bei dem horizontale Rohrleitungen unterhalb der Frostgrenze in einer Einbautiefe von ca. 1,5 m in den Boden eingebracht werden. Erdwärmekollektoren zeichnen sich durch einen höheren Flächenbedarf als Erdwärmesonden aus, da sie flächig im Boden verlegt werden. Die geothermisch genutzte Fläche sollte für diese Systeme ca. das 1,5- bis 2-fache der zu beheizenden Fläche betragen. Allerdings kann die notwendige Fläche u. a. durch mehrstöckige Kollektorsysteme (Sandwichsysteme), durch den Einsatz von vertikal eingebrachten Kollektorsystemen sowie durch die Kombination mit solarthermischen Anlagen zur Regeneration des Untergrundes verringert werden. Die Wärme beziehen die Kollektoren hauptsächlich aus der eingestrahnten Sonnenwärme und über versickerndes Niederschlagswasser. Für Erdwärmekollektoren ist i. d. R. kein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren notwendig. Dadurch können Erdwärmekollektoren eine Alternative zu beispielsweise Erdwärmesonden in Gebieten darstellen, die für diese Systeme genehmigungsrechtlich nicht zulässig sind.

In Abbildung 5-9 ist die Gesamtansicht der Potenzialflächen für Erdwärmekollektoren für das Stadtgebiet von Seligenstadt dargestellt. Die Potenzialflächen wurden sowohl für bebauten Gebiete als auch für landwirtschaftlich genutzte Flächen im Umkreis von bebauten Gebieten ermittelt. Letztere sind insbesondere für zentrale Versorgungsoptionen über beispielsweise kalte Nahwärmenetze relevant. Neben klassischen Ausschlussgebieten wie z. B. Wasserschutzgebieten wurde zusätzlich auch die Grabbarkeit berücksichtigt. Zusätzlich wurden Potenzialflächen in den Siedlungsgebieten ausgeschlossen, die kleiner sind als die doppelte Fläche des zu beheizenden Gebäudes. Darüber hinaus wurden Flächen für die landwirtschaftlichen Gebiete außerhalb der Siedlungsfläche, die aufgrund von Bahnlinien, Flüssen oder sonstigen Hindernissen von der nächsten Bebauung getrennt sind, nicht in die Potenzialflächen inkludiert.

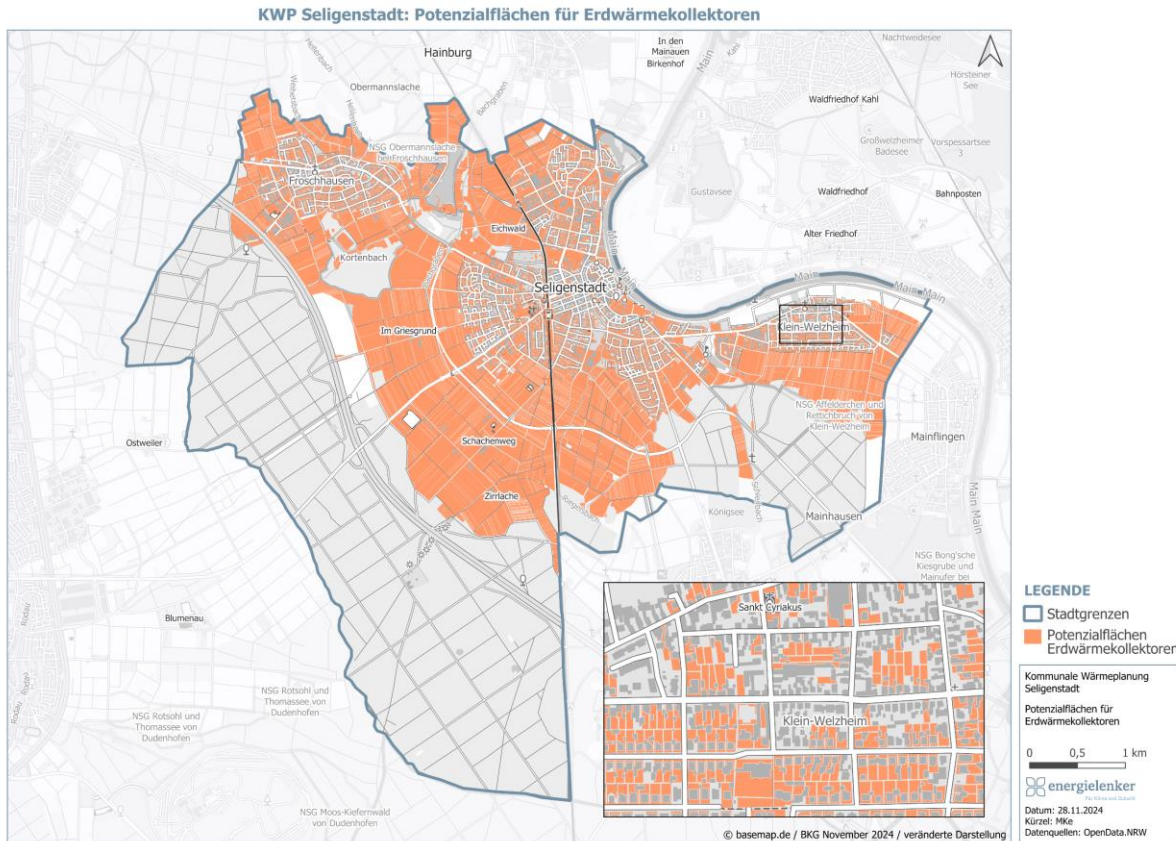


Abbildung 5-9: Gesamtansicht der Potenzialflächen für Erdwärmekollektoren für das Stadtgebiet von Seligenstadt

Anhand der angesetzten Randbedingungen ergeben sich Potenzialflächen von insgesamt 941 ha. Für die Berechnung der aus dem Erdboden entziehbaren Wärmemengen und schließlich der Wärmemengen, die durch Wärmepumpen für die Gebäude bereitgestellt werden, wurde ein GIS-Layer mit Informationen zu den Wärmeleitfähigkeiten im oberflächennahen Erdboden genutzt. Für einige Flächen sind keine Angaben zur Wärmeleitfähigkeit hinterlegt, sodass diese nicht in der quantitativen Ermittlung einfließen konnten. So wurden in den Siedlungsgebieten nur 65 ha anstatt 177 ha und in den landwirtschaftlichen Puffergebieten nur 688 ha anstatt 997 ha für die Berechnungen berücksichtigt. In der Karte sind diese Flächen jedoch dargestellt, da sie grundsätzlich für Geothermie geeignet sind. Mit einer angesetzten JAZ von 4,0 [11] und Jahresvolllaststunden von 1800 h/a ergibt sich ein durch Wärmepumpen bereitgestelltes, nutzbares Wärmepotenzial von 540 GWh/a, welches auch ohne die nicht bewerteten Flächen den gesamten Wärmebedarf der Stadt abdecken könnte.

5.5 Solarthermie

Solare Strahlungsenergie hat vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für den Beitrag zur kommunalen Wärmeplanung. Sie kann in Form von Solarthermie als Erzeuger für Wärmeenergie oder in Form von Photovoltaik als Stromerzeuger genutzt werden. Zwischen der klassischen Solarthermie und PV-Anlagen besteht aufgrund der limitierten Flächenverfügbarkeiten eine Flächenkonkurrenz. Durch den Einsatz von PVT-Kollektoren kann sowohl Strom als auch Wärme erzeugt werden, wodurch die Flächenkonkurrenz teilweise aufgehoben wird. PVT-Anlagen werden im Folgenden nicht näher betrachtet. PV-Anlagen werden in Kapitel 5.9.1 erläutert.

Solarthermische Anlagen sind ein wichtiger Bestandteil der Wärmewende, da sie sowohl mit Hilfe von zentralen als auch dezentralen Anlagen dazu beitragen können, auf einer gesamtstädtischen Ebene einen CO₂-freien Wärmesektor zu realisieren. Solarthermie lässt sich ähnlich wie klassische Photovoltaikanlagen auf Dach- und Freiflächen realisieren. Aufgrund der saisonalen Schwankungen der Solarstrahlung gilt es zu beachten, dass solarthermische Anlagen ohne einen ausreichend großen saisonalen thermischen Speicher nicht den Heizwärmebedarf und Trinkwasserwärme-Bedarf allein decken können.

Grundsätzlich wird bei der Solarthermie die eintreffende Sonnenstrahlung durch Absorber aufgenommen. Die entstehende thermische Energie wird dann auf eine Wärmeträgerflüssigkeit geleitet. In der Regel ist das ein Gemisch aus Wasser und Glykol, auch Solarfluid genannt. Das Solarfluid fließt zu einem Wärmespeicher, gibt dort die thermische Energie an das Heizungsmedium (Wasser) ab und erhitzt es. Danach läuft das Solarfluid wieder zum Kollektor zurück, um durch den Absorber erneut erwärmt zu werden.

Die Installation von Solarthermieanlagen auf Dachflächen ermöglicht i. d. R. die Deckung des Warmwasserbedarfs außerhalb der Heizperiode (Mai bis September) für einen 4-Personen-Haushalt. Hierzu ist bereits eine Bruttokollektorfläche von 4-6 m² ausreichend. Im Schnitt können bei einer Kollektorfläche von 6 m² ca. 2.000-2.400 kWh/a Wärme erzeugt werden. Damit erzeugt eine Solarthermie über das Jahr gesehen rund 60 % des Warmwasserbedarfs.

In sogenannten Kombi-Solaranlagen kann darüber hinaus, neben der Warmwasserbereitung, auch Energie zum Heizen der Wohnfläche genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichend große Dachfläche, da die Kollektorfläche ungefähr doppelt so groß sein muss wie bei reinen Solarthermieanlagen für die Warmwasserbereitung. Durch Kombi-Solaranlagen lassen sich 20-25 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs decken. Eine zusätzliche herkömmliche Heizung ist in jedem Fall erforderlich.

Solarthermie auf Dachflächen

Die Nutzung von Solarthermie auf Dachflächen erfolgt meist als Hybridsystem in Kombination mit einer weiteren Heizungsart. Solarthermie auf dem Dach ist sehr effizient, da die Technologie weitestgehend ausgereift und die Transportwege kurz sind. Die Nutzung von Sonnenenergie erhöht die energetische Autarkie von Haushalten und Gebäuden und reduziert die Abhängigkeit von externen Versorgungsquellen.

Für die Stadt Seligenstadt lassen sich über das Solarkataster Hessen gebäudescharfe Solarenergiepotenziale abrufen und bewerten. Das Kataster ermöglicht eine differenzierte Einschätzung der Eignung von Dachflächen unter Berücksichtigung von Ausrichtung, Neigung, Verschattung und nutzbarer Fläche. Die Auswertung zeigt, dass der überwiegende Teil der Dachflächen im Stadtgebiet grundsätzlich für die Installation von Solarthermie-Anlagen geeignet ist und somit ein relevantes Potenzial zur lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien besteht.

Einschränkungen ergeben sich insbesondere im historischen Stadtzentrum, wo Dachflächen ganz oder teilweise den Regelungen des Denkmalschutzes unterliegen. In diesen Bereichen sind Dachanlagen nur eingeschränkt oder in angepasster Ausführung zulässig und erfordern eine individuelle Abstimmung mit der zuständigen Denkmalschutzbehörde. Für das übrige Stadtgebiet bestehen aus planungsrechtlicher Sicht überwiegend keine wesentlichen Restriktionen, sodass dort eine kurzfristige und wirtschaftlich realisierbare Nutzung der Dachflächen möglich ist. Die Erschließung von Potenzialen bedarf grundsätzlich einer individuellen Betrachtung auf Gebäudeebene. Für die Stadt Seligenstadt besteht ein direkter steuernder Einfluss ausschließlich auf öffentliche und kommunale Liegenschaften. In diesem Bereich kann die Stadt aktiv über Planung, Umsetzung und Priorisierung von Dachanlagen entscheiden und damit unmittelbar zur Ausschöpfung der identifizierten Potenziale beitragen. Für private Wohn- und Nichtwohngebäude liegt die Entscheidungs- und Umsetzungshoheit bei den jeweiligen Eigentümerinnen und Eigentümern. Die Stadt hat hier lediglich einen indirekten Einfluss, beispielsweise über Informationsangebote, Beratungsstrukturen oder die Schaffung günstiger Rahmenbedingungen. Eine verbindliche Umsetzung von Anlagen auf privaten Dachflächen kann seitens der Kommune nicht vorgegeben werden, sodass die tatsächliche Realisierung maßgeblich vom individuellen Investitions- und Entscheidungsverhalten der Eigentümer abhängt.

Solarthermie auf Freiflächen

Neben Dachanlagen können Solarthermieanlagen auch auf Freiflächen errichtet werden. Sie können aufgrund des Skaleneffektes ähnlich wie bei Freiflächen-PV kostengünstigere Wärme produzieren als Aufdachanlagen und speisen die erzeugte Wärme i. d. R. in Wärmenetze ein. Hier werden Netztemperaturen von bis zu 100 °C erreicht. Bei der Einbindung von Wärme aus der Solarthermie sind die Vor- und Rücklaufemperaturen des Wärmenetzes sowie die saisonale Einspeiseperiode von März bis Oktober zu beachten. Somit können Solarthermieanlagen nur durch den Einsatz von Speichersystemen die Wärmebereitstellung in den Wintermonaten unterstützen.

Für Solarthermieanlagen gilt dieselbe potenzielle Flächenkulisse wie für Freiflächen-Photovoltaikanlagen mit dem Unterschied, dass für die Nutzung im Fernwärmebereich die Nähe zur Wärmeversorgung eine Rolle spielen. Vor- und Rücklaufleitungslänge unterliegen Installationskosten und Wärmeverlusten. Damit der Wärmeverlust der Anschlussleitung nicht zu groß wird, werden nicht alle landwirtschaftlichen Flächen um das Siedlungsgebiet, sondern nur Flächen in einem gewissen Puffer zum Siedlungsrand berücksichtigt. Die Mindestgröße für Freiflächen liegt dabei bei 1 ha.

Das Potenzial für Solarthermie-Freiflächenanlagen in Seligenstadt ist insgesamt als gering einzustufen. Voraussichtlich stehen nur wenige geeignete Flächen zur Verfügung, da sich auf der Gemarkung zahlreiche Naturschutzgebiete befinden und dadurch erhebliche Restriktionen bestehen. Zusätzlich liegen die grundsätzlich privilegierten Flächen überwiegend auf Ackerstandorten mit hoher Bodenqualität, was zu Nutzungskonflikten mit der Landwirtschaft führt. Die ausgewiesenen Potenzialflächen für die Solarthermie belaufen sich auf insgesamt 401 ha und sind in Abbildung 5-10 dargestellt. Theoretisch könnten auf dieser Fläche mit Solarthermie bis zu 1.283 GWh Wärme jährlich erzeugt werden. Durch die Stadtverwaltung wurde bereits eine Detailanalyse zur Nutzung von Solarenergie durchgeführt, welche aufzeigt, dass für eine wirtschaftliche Nutzung auszuweisenden Flächen eine Existenzgefährdung für die vorhandene landwirtschaftlichen Betriebe darstellt und die Flächen über sehr hohe Bodenqualität verfügen. Somit hat die Stadt die Absicht für eine Flächenausweisung nicht weiterverfolgt und im Zuge der Neuaufstellung des Regionalen Flächennutzungsplanes keine Flächen angemeldet. Entsprechend beschränkt sich das identifizierbare Potenzial auf kleinere, räumlich begrenzte Flächen mit einer maximalen Größe von etwa 10 ha.

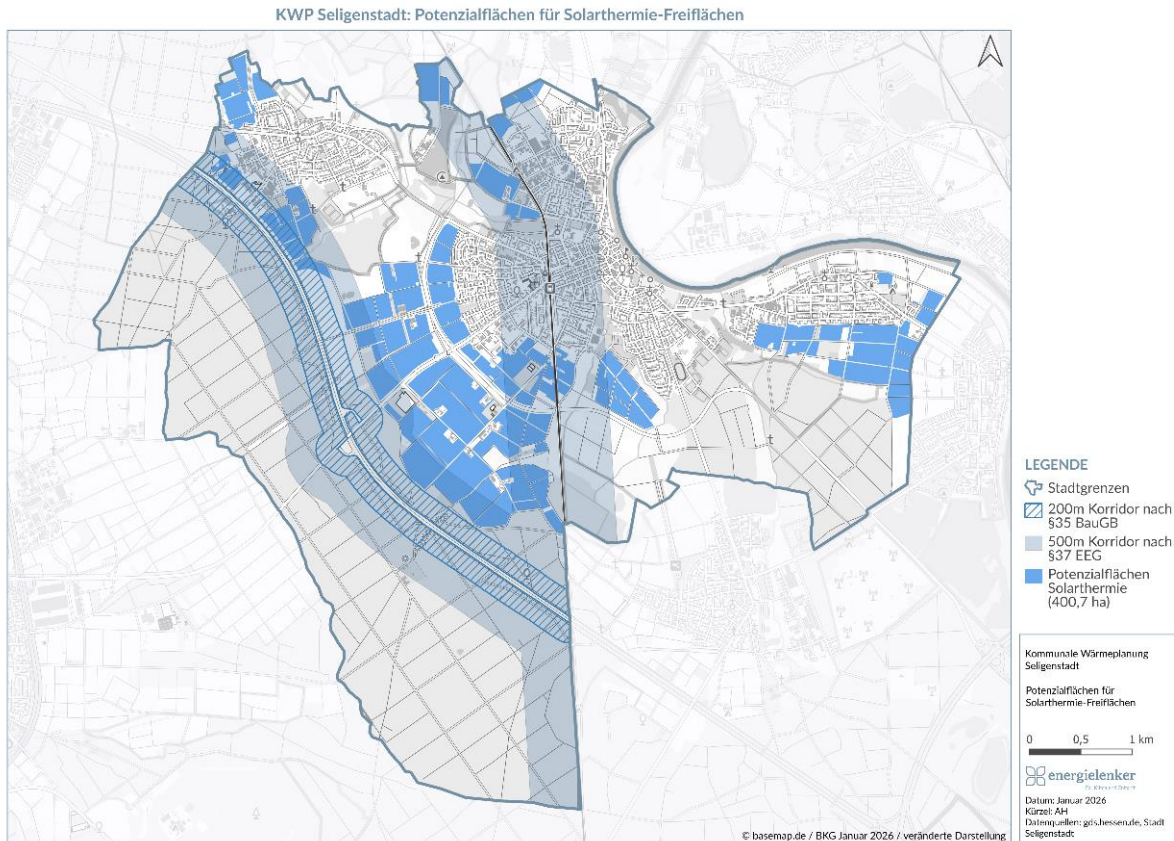


Abbildung 5-10: Potenziale für Freiflächen-Solarthermieanlagen in der Stadt Seligenstadt

5.6 Abwärme

Abwärme bezeichnet die Wärmeenergie, die als Nebenprodukt anfällt und in der Regel an die Umwelt abgegeben wird.

5.6.1 Industrielle Abwärme

Abwärme im industriellen Umfeld bezeichnet die Wärmeenergie, die in Unternehmen bei Prozessen anfällt und ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Je nach Unternehmensbranche und Prozessen am jeweiligen Standort variiert das Abwärmepotenzial bedeutend. Das Temperaturniveau der vorhandenen Abwärmequelle ist einer der wichtigsten Faktoren bei der Einordnung des Potenzials und der resultierenden Auswahl der entsprechenden Technik zur Nutzung der Abwärmequelle. Zudem ist die kumulierte Energiemenge, aber auch die Verfügbarkeit und Kontinuität der Abwärme relevant. In Abbildung 5-11 sind die Nutzungsmöglichkeiten von industrieller und gewerblicher Abwärme in Abhängigkeit des Temperaturniveaus der Wärmequelle dargestellt. Es werden typische Abwärmequellen mit grobem Temperaturbereich den möglichen Nutzungen gegenübergestellt.

Bei der Einordnung von Abwärmepotenzialen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung als ganzheitliches Instrument ist zu berücksichtigen, dass eine unternehmensinterne Nutzung der anfallenden Abwärme als höchste Priorität gilt. Eine solche Untersuchung kann zusammen mit der Konkretisierung von Abwärmepotenzialen im Rahmen einer Machbarkeitsstudie für Unternehmen durchgeführt werden. Falls keine direkte Nutzung der Abwärme möglich ist, kann die übrige Abwärme ausgekoppelt und langfristig als Potenzial zur Bereitstellung von Wärme für z. B. Wärmenetze genutzt werden. Liegt die Abwärme auf einem geringen Temperaturniveau vor, muss das Temperaturniveau über

Wärme wird zu Prozesszwecken des Klärwerkbetriebs und in den Gebäuden des Bauhofes und der Stadtwerke genutzt, wobei aktuell keine anderweitig nutzbare Abwärme entsteht.

Auch in der Kläranlage südöstlich des Stadtzentrums der Stadt Seligenstadt (Abwasserverband Schleifbach) wird das entstehende Klärgas in einem BHKW verbrannt und die Abwärme für Klärprozesse genutzt. Zusätzlich wird eine bereits bestehende PV-Freiflächenanlage aktuell erweitert und mit einem Batteriespeicher ausgestattet.

5.7 Wasserstoff

Die Erzeugung von Wasserstoff kann durch verschiedene Verfahren erfolgen, wobei die Elektrolyse von Wasser unter Einsatz von erneuerbaren Energien eine der umweltfreundlichsten Methoden darstellt. Bei diesem Prozess wird Wasser (H_2O) mithilfe von elektrischem Strom in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufgespalten. Dies ermöglicht die Produktion von sogenanntem "grünem Wasserstoff", der keine Treibhausgasemissionen verursacht. Es gibt jedoch auch andere Methoden, wie z. B. die Dampfreformierung von Erdgas, die zwar kostengünstiger, aber weniger umweltfreundlich ist, da hierbei CO_2 freigesetzt wird.

Eine wichtige Funktion von Wasserstoff ist seine Eignung als Speichermedium, um überschüssige Energie aus erneuerbaren Quellen wie Wind- und Solarenergie zu speichern. Diese gespeicherte Energie kann dann bei Bedarf wieder in Wärme umgewandelt werden. Die hohe Energiedichte von Wasserstoff macht diesen besonders attraktiv für industrielle Anwendungen. Insbesondere in der Schwerindustrie, wie der Stahl- und Chemieindustrie, wird Prozesswärme auf einem hohen Temperaturniveau benötigt, das effektiv durch Wasserstoff bereitgestellt werden kann. Ebenso sind einige industrielle Prozesse schwer zu elektrifizieren oder mit direkten elektrischen Heizmethoden zu betreiben.

Neben dem industriellen Einsatz kann Wasserstoff auch zur dezentralen Gebäudebeheizung über Brennstoffzellengeräte oder Gasbrennwertkessel (H_2 -Ready) verwendet werden. Jedoch ist der Einsatz von Wasserstoff im dezentralen Gebäudebereich aktuell technisch und wirtschaftlich unattraktiv. In privaten Haushalten sind die Energieeffizienz und die Kosten entscheidende Faktoren. Die Umwandlung von Elektrizität in Wasserstoff und anschließend in Wärme ist mit Energieverlusten verbunden. Direktelektrische Lösungen, wie z. B. Wärmepumpen, sind oft die effizientere und kostengünstigere Lösung für die Raumheizung und Warmwasserbereitung im Wohngebäudebereich.

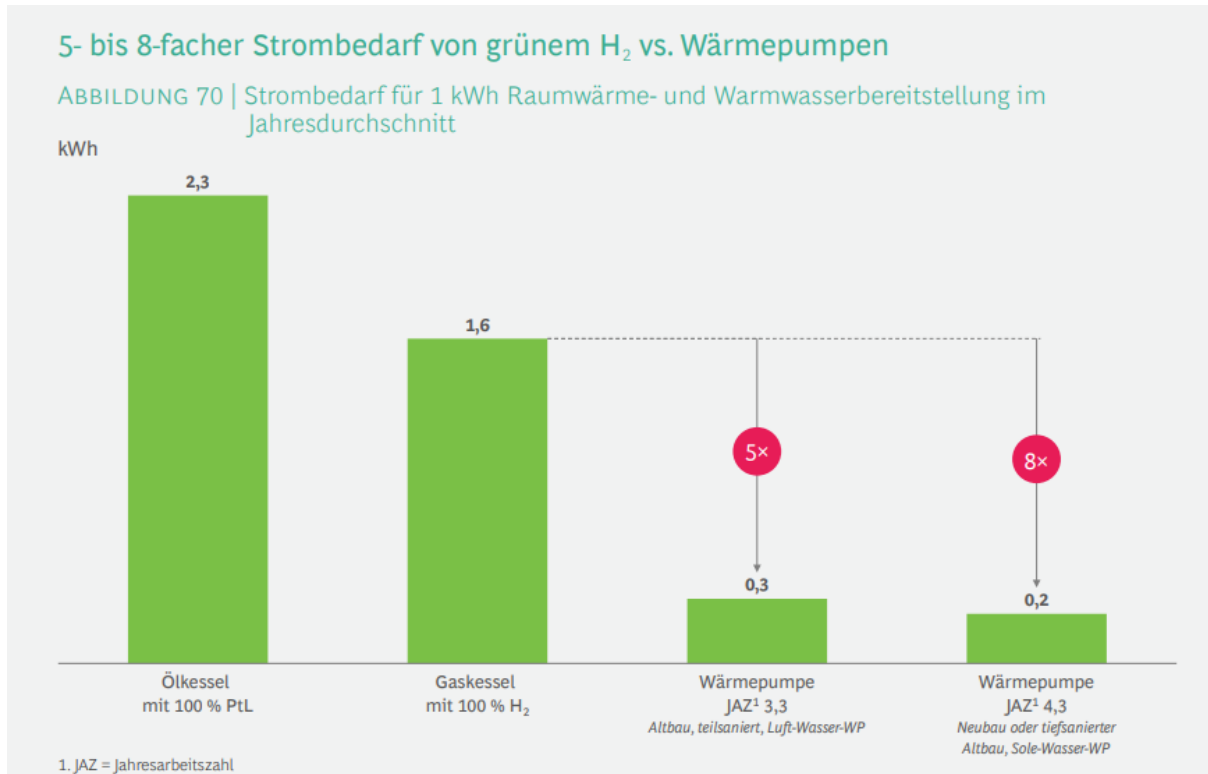


Abbildung 5-12: Strombedarf von verschiedenen Technologien zur Bereitstellung von 1 kWh Raumwärme und Trinkwarmwasser im Jahresdurchschnitt [12]

In Abbildung 5-12 ist der Strombedarf von verschiedenen Technologien zur Bereitstellung von einer Kilowattstunde Raumwärme und Trinkwarmwasser über den Jahresdurchschnitt dargestellt. Um eine Kilowattstunde thermische Energie für Raumwärme und Trinkwarmwasser bereitzustellen, wird für einen mit Wasserstoff betriebenen Gasbrennwertkessel die 1,6-fache Menge an elektrischer Energie benötigt. Im Vergleich zu Wärmepumpen ergibt sich somit in Abhängigkeit der JAZ ein um das Fünffache bzw. Achtfache höherer Stromeinsatz.

Aufgrund der zusätzlich benötigten Strommenge zur Wasserstoffherzeugung und der derzeit zu langsamen Ausbaugeschwindigkeit von erneuerbaren Stromerzeugern ist auch eine zukünftig komplett regenerative bzw. kostengünstige Bereitstellung von Wasserstoff im Gebäudebereich fraglich.

Wasserstoff kann auch für die Synthetisierung von CO₂ zu Methan und Wasser genutzt und mit der vorhandenen Gasinfrastruktur transportiert und teilweise gespeichert werden. Der Energiegehalt von synthetischem Methan über den Zwischenprozess der Elektrolyse beträgt jedoch nur ca. 55 % der ursprünglich aufgewendeten elektrischen Energie. Je nach Einsatzsektor und Transportweg folgen weitere Verluste. Um die im Methan gebundene Energie dann wieder in Strom oder Wärme umzuwandeln, sind zusätzliche Umwandlungsverluste zu berücksichtigen.

Die Verteilung von Wasserstoff kann entweder durch Beimischung in bestehende Gasnetze oder durch deren vollständige Umstellung auf Wasserstoff erfolgen. Die Umstellung erfordert oft Anpassungen an der Infrastruktur, einschließlich der Umrüstung von Gasnetzen, Speichern und Endgeräten. Vor diesem Hintergrund stellt sich insbesondere für Betreiber und Eigentümer von Gasverteilnetzen die Frage, welche Funktion die Netze auf lange Sicht einnehmen werden und welche wirtschaftlichen Effekte damit verbunden sind. Die Umstellung von bestehenden Gasnetzen bzw. ein Ausbau müssen insbesondere in Einklang mit der Wärmenetzstrategie und in Betrachtung des gesamten Energiesystems erfolgen.

Zudem wird die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff in Deutschland zukünftig regional unterschiedlich sein (vermehrt in Norddeutschland aufgrund von Überschussstrom aus Off-Shore-Windkraftanlagen bzw. in der Nähe von Wasserstofftransportleitungen).

Wasserstoff ist insbesondere für Industriezweige mit hohen Temperaturanforderungen sinnvoll. Für einen wirtschaftlichen Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff ist die Kombination von bestimmten Randbedingungen erforderlich. Randbedingungen sind u. a. ein hoher Energiebedarf, hohe Prozesstemperaturen sowie eine Wasserstoffverteilung mit grünem Wasserstoff bzw. ein Elektrolyseur gespeist mit erneuerbarem Strom in der Nähe.

Wasserstoff wird strategisch als Zukunftstechnologie mit hohen Kosten- und Umsetzungs-Hürden bewertet [13]. Aktuell sind in Seligenstadt keine konkreten Projekte zur Wasserstoffherzeugung bekannt. Im regionalen Kontext wird ein Wasserstoff-Verteilnetz im Rhein-Main-Gebiet geplant [14], welches eine technische Grundlage für spätere Nutzungsszenarien schaffen könnte.

5.8 Sektorenkopplung

Die Sektorenkopplung ist von großer Bedeutung für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Zum einen steigert sie die Effizienz durch optimierte Ressourcennutzung, was zu einem besseren Einsatz vorhandener Energiequellen führt. Darüber hinaus ermöglicht die Sektorenkopplung die Integration erneuerbarer Energien in verschiedene Bereiche wie Wärme, Verkehr und Industrie, wodurch die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen verringert wird. Sie trägt außerdem zur direkten und indirekten Reduktion von Emissionen in verschiedenen Sektoren bei, indem Energieflüsse miteinander vernetzt und Abfallprodukte in wertvolle Ressourcen umgewandelt werden. Des Weiteren fördert sie die Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz, indem Stoffkreisläufe geschlossen und Abfälle minimiert werden. Die Sektorenkopplung ist somit ein zentraler Bestandteil der Bemühungen, den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft zu beschleunigen.

Im Gebäudesektor gilt die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie. Sie ist ein prädestiniertes Beispiel für die Kopplung der Sektoren von Strom und Wärme. Weitere Beispiele sind Technologien wie die Großwärmepumpen für Wärmenetze, Elektrolyseure und Elektrodenkessel. Ein klimaneutraler Wärmesektor ist nur durch Sektorenkopplung und ausreichend erneuerbaren Strom zu erreichen. In diesem Sinne werden nachfolgend die stromerzeugenden Technologien Photovoltaik, Windkraft und Wasserkraft analysiert.

5.9 Stromerzeugungstechnologien für die Wärmenutzung

5.9.1 Photovoltaik

Eine Möglichkeit zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie liegt in der klassischen Photovoltaiknutzung zur Stromproduktion. Photovoltaik kann auf Dachanlagen und Freiflächen errichtet werden, um den erzeugten Strom zur Selbstversorgung oder Einspeisung in das öffentliche Stromnetz zu nutzen. Dachanlagen werden im privaten Kontext meist in Verbindung mit Stromspeichern zur Eigenstromversorgung genutzt, um die Strombezugskosten zu senken. Photovoltaik kann aber auch dazu genutzt werden großflächige Freiflächen-Photovoltaikanlagen zu errichten, wobei der Strom entweder meist für industrielle Eigenstromversorgung oder Einspeisung in das öffentliche Netz genutzt wird. Hierbei sind jedoch meist standortspezifische Gegebenheiten ausschlaggebend, inwiefern der produzierte Strom genutzt werden kann (Nähe zu direkten Stromabnehmern oder öffentlichen Mittelspannungsleitungen).

Photovoltaik – Technische Anforderungen

Anders als Solarthermie, werden bei PV-Modulen deutlich geringere Wirkungsgrade erreicht, da der Prozess solare Strahlungsenergie in Strom umzuwandeln technologisch deutlich aufwendiger ist. Es kommen meist Mono- oder polykristalline Solarmodule zum Einsatz, die einen Wirkungsgrad von über 20 % (monokristalline Solarmodule) oder 12-16 % (polykristalline Solarmodule) aufweisen. Dem höheren Wirkungsgrad steht entsprechend auch ein höherer Anschaffungspreis entgegen.

Photovoltaikanlagen werden grundsätzlich in Süd- oder Ost-West-Ausrichtung errichtet. Dabei spielt es keine Rolle ob, die Anlage auf einem Dach oder einer Freifläche errichtet wird. Durch die unterschiedlichen Ausrichtungen können unterschiedliche Ertragskurven erzeugt werden. Während bei der Süd-Ausrichtung der maximale Ertrag zur Mittagszeit am höchsten ist, ermöglicht die Ost-West-Ausrichtung eine kontinuierlichere Stromproduktion. Je nach Nutzen des produzierten Stroms, ergeben sich dadurch unterschiedliche Anwendungsbeispiele. Eine südlich ausgerichtete PV-Anlage erzeugt am meisten Strom, jedoch sollte überschüssiger Strom gespeichert oder eingespeist werden. Eine Ost-West-Anlage erzeugt geringere Leistungen, kann aber meist durch den generellen Tagesablauf (höhere Produktionen am Morgen und Abend) besser direkt genutzt werden. Oftmals nutzen Industriebetriebe Ost-West-Ausrichtungen, um den Strom entsprechend ihrer Lastgängen zu verwenden.

Photovoltaik – Freiflächen-Potenziale

Freiflächensolaranlagen bieten die Möglichkeit hohe Erträge solarer Strahlungsenergie zu erzielen, müssen jedoch anders als klassische Dachanlage einen detaillierten Genehmigungsprozess durchlaufen. Freiflächenanlagen sind bauliche Anlagen, die je nach Größe eine geringe bis deutliche Raumwirksamkeit haben, wodurch unterschiedliche öffentliche Belange beeinträchtigt werden können. Dementsprechend ist eine detaillierte Auswahl von räumlichen Kriterien notwendig, um Potenzialflächen identifizieren zu können.

Flächen, die grundsätzlich hohe Erfolgsaussichten auf eine Umsetzung aufweisen, liegen innerhalb der Bereiche zur bauplanungsrechtlichen Privilegierung nach § 35 BauGB. Dieser Bereich erstreckt sich über Korridore entlang von Autobahnen und doppelgleisigen Schienenwegen mit einer Entfernung von 200 m. Hier kann auf die Aufstellung von Bebauungsplänen i. d. R. verzichtet werden, wodurch der Genehmigungsprozess maßgeblich verkürzt wird. Der Gesetzgeber will dadurch bereits räumlich belastete Flächen (Infrastrukturtrassen) als Planungsraum hervorheben, wodurch entsprechend andere Freiflächen erhalten werden können. Auch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) fokussiert sich mit den entsprechend Förderkorridoren nach § 37 EEG entlang von Autobahnen und Schienenwegen mit einer Entfernung von 500 m. Für alle weiteren Flächen gilt die Berücksichtigung landes- und regionalplanerischer Vorgaben sowie naturschutzfachlichen Ausschlusskriterien für die Freiflächen-Potenziale.

Die Potenzialanalyse berücksichtigt insgesamt folgende Handlungsfelder als Ausschluss-kriterien:

- ▶ Naturschutz
- ▶ Gewässerschutz
- ▶ Siedlungsräume
- ▶ Topographie
- ▶ Verkehrsinfrastrukturen

Bei den Anlagen kann zwischen Freiflächen- und Agri-Photovoltaik unterschieden werden. Der Unterschied liegt dabei in der Höhe der Aufständigung und der Abstände der aufgeständerten Module zueinander, sodass bei Agri-PV-Anlagen eine landwirtschaftliche Nutzung der Fläche (z. B. als Weidefläche) unterhalb möglich ist. Durch die Aufständigung können weniger PV-Anlagen pro ha

installiert werden als bei Freiflächenanlagen, sodass auch der Ertrag pro Hektar von Agri-PV-Anlagen geringer als bei Freiflächenanlagen ist.

Für die Stadt Seligenstadt wurden Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Grundlage der geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen identifiziert. Entlang von Verkehrsinfrastrukturen ergibt sich gemäß § 35 BauGB innerhalb eines 200-m-Korridors ein potenziell geeigneter Flächenumfang von rund 31 ha. Diese Flächen gelten grundsätzlich als privilegiert, unterliegen jedoch weiterhin standortbezogenen Restriktionen, etwa durch Naturschutz, Landschaftsbild oder konkurrierende Nutzungen.

Darüber hinaus wurden Flächen innerhalb eines 500-m-Korridors gemäß § 37 EEG betrachtet. In dieser erweiterten Kulisse ergeben sich zusätzliche potenzielle Freiflächen in einer Größenordnung von etwa 183 ha, die unter bestimmten Voraussetzungen für die Errichtung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Betracht kommen.

Unter Einbeziehung weiterer grundsätzlich geeigneter Freiflächen ergibt sich für das Stadtgebiet Seligenstadt eine gesamte theoretische Potenzialfläche von rund 576 ha. Dieses Potenzial stellt eine überschlägige Flächenkulisse dar und ersetzt keine Einzelfallprüfung. Die tatsächliche Realisierbarkeit ist maßgeblich von planungsrechtlichen, naturschutzfachlichen sowie eigentumsrechtlichen Rahmenbedingungen abhängig und erfordert eine detaillierte standortbezogene Bewertung (siehe Abbildung 5-13). Insgesamt ergibt sich damit eine theoretisch erzeugbare Strommenge von 438 GWh/a, davon 139 GWh/a im Korridor nach §37 EEG und 24 GWh/a im Korridor nach §35 BauGB. Sollen die Flächen weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden, ist eine Option die Aufständigung der Module (sog. Agri-PV). In diesem Fall muss eine geringere Leistung pro Hektar aufgrund von notwendigen Abständen zur Feldbearbeitung angenommen werden und der theoretische Ertrag mindert sich auf 337 GWh/a.

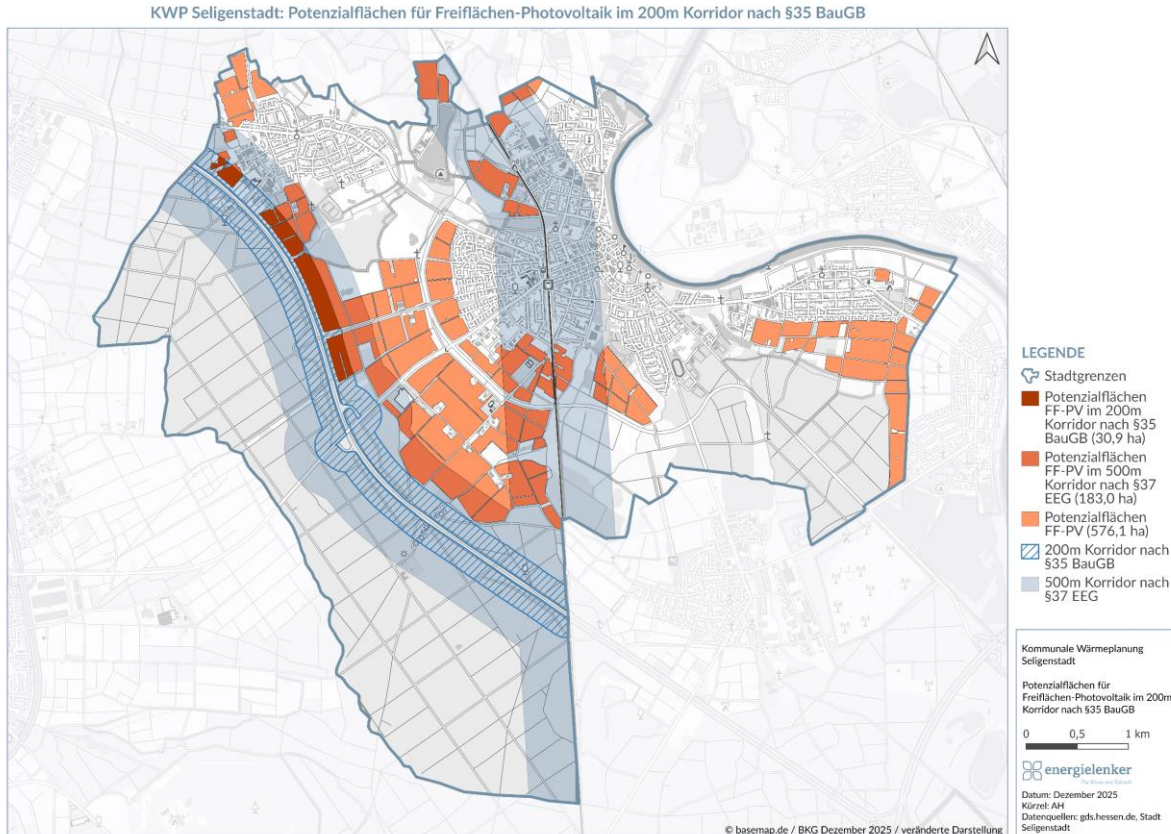


Abbildung 5-13: Potenzialflächen für Freiflächen-PV samt EEG-Förderkulisse in der Stadt Seligenstadt

Die Voraussetzungen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen entsprechen im Stadtgebiet Seligenstadt denjenigen für solarthermische Freiflächenanlagen. Maßgeblich prägend ist der hohe Anteil an naturschutzfachlich sensiblen Bereichen, der die Verfügbarkeit geeigneter Flächen deutlich begrenzt. Zusätzlich liegen potenziell zulässige Flächen überwiegend auf landwirtschaftlich hochwertigen Ackerstandorten, wodurch Nutzungskonflikte entstehen. Durch die Stadtverwaltung wurde bereits eine Detailanalyse zur Nutzung von Solarenergie durchgeführt, welche aufzeigt, dass für eine wirtschaftliche Nutzung auszuweisenden Flächen eine Existenzgefährdung für die vorhandene landwirtschaftlichen Betriebe darstellt und die Flächen über sehr hohe Bodenqualität verfügen. Somit hat die Stadt die Absicht für eine Flächenausweisung nicht weiterverfolgt und im Zuge der Neuaufstellung des Regionalen Flächennutzungsplanes keine Flächen angemeldet. In der Konsequenz beschränkt sich das realistisch erschließbare Potenzial auf kleinere, räumlich begrenzte Flächen mit einer Größe von in der Regel bis zu etwa 10 ha.

Photovoltaik – Dachflächen-Potenziale

Wie PV-Freiflächen-Anlagen ist Photovoltaik auf Dachflächen für die Wärmeversorgung indirekt relevant, da dadurch der Strombedarf für z. B. Wärmepumpen lokal erzeugt werden kann.

Für die Stadt Seligenstadt lassen sich über das Solarkataster Hessen individuell Solarenergie-Potenziale für jedes Gebäude abrufen und überprüfen. Die individuellen Betrachtungen sowie die relevanten Einschränkungen sind analog zu den Solaranlagen anzuwenden und zu berücksichtigen.

5.9.2 Windenergie

Windenergieanlagen (WEA) sind eine der vielversprechendsten Formen der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung und tragen einen großen Teil zur Erreichung der globalen Ziele für saubere Energie und Klimaschutz bei. Sie nutzen die natürlichen Bewegungen der Luftmassen in der Atmosphäre, um mechanische Energie in elektrische Energie umzuwandeln. Eine der großen Herausforderungen dabei ist die unregelmäßige Verfügbarkeit der Windenergie.

Für das Stadtgebiet wurden im gültigen Regionalplan Vorrangflächen für die Nutzung der Windenergie dargestellt. Diese Flächen wurden im Rahmen der kommunalen Prüfung jedoch nicht weiterverfolgt. Ausschlaggebend hierfür sind naturschutzfachliche Konflikte, insbesondere der hohe Anteil an Schutzgebieten im direkten Umfeld sowie das Vorkommen streng geschützter Arten, darunter eine regional sehr seltene Fledermausart.

Darüber hinaus bestehen aufgrund bestehender Siedlungsstrukturen, Infrastrukturkorridore und weiterer Ausschlusskriterien nur eingeschränkte Möglichkeiten für zusätzliche Windflächen. Aus heutiger Sicht lassen sich innerhalb der Gemarkung keine realisierbaren neuen Potenzialflächen ableiten, die sowohl planungsrechtlich als auch ökologische Mindestanforderungen erfüllen würden.

Die Ergebnisse der Flächenanalyse sind in Abbildung 5-14 grafisch dargestellt. Damit steht Windenergie für die kommunale Wärmeversorgung aktuell nicht zur Verfügung und wird im Maßnahmenportfolio nicht als lokal nutzbare Erzeugungsoption berücksichtigt. Sollte der Regionalplan künftig in geänderter Fassung neue Möglichkeiten eröffnen oder sich naturschutzfachliche Rahmenbedingungen ändern, ist eine erneute Bewertung möglich.

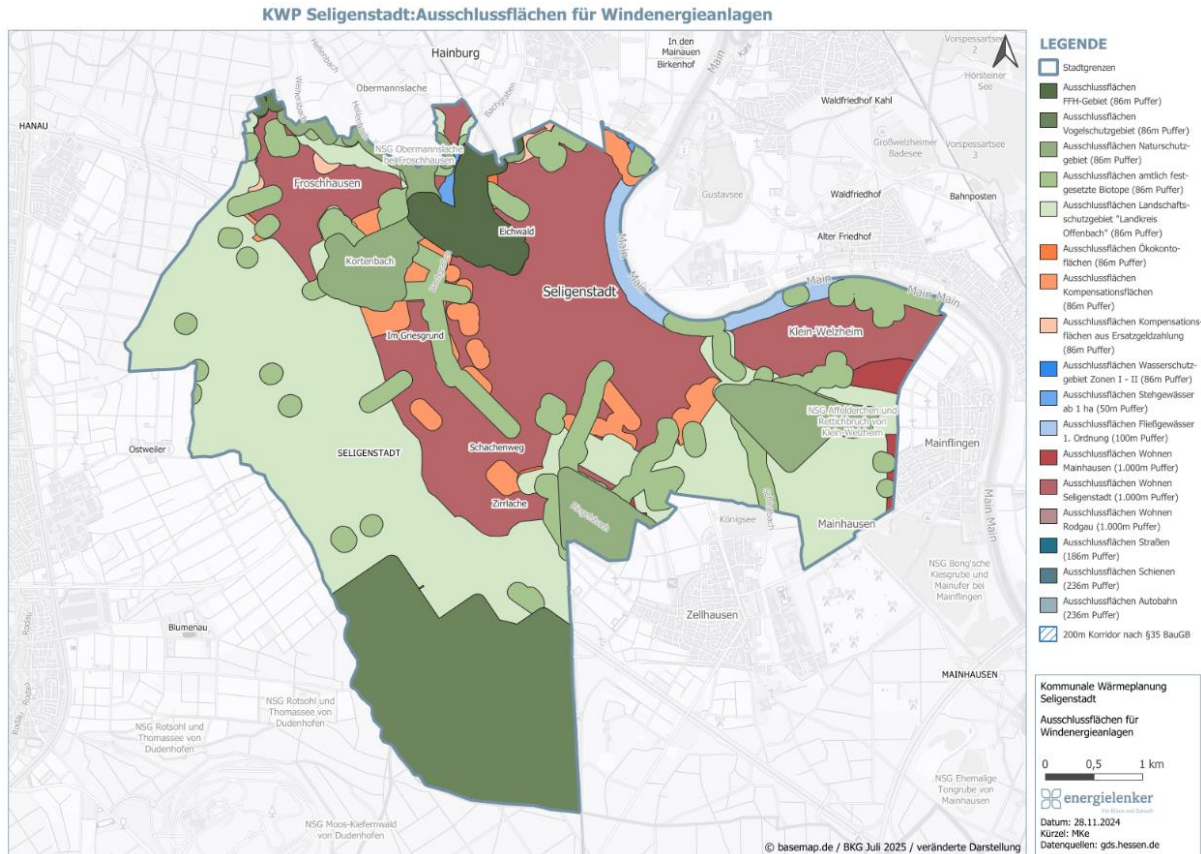


Abbildung 5-14: Potenzialflächen für Windkraftanlagen in der Stadt Seligenstadt

5.9.3 Wasserkraft

Wasserkraft wird zur Stromerzeugung genutzt, indem die kinetische Energie von fließendem oder fallendem Wasser in mechanische Energie und anschließend in elektrische Energie umgewandelt wird. Dies erfolgt in Wasserkraftwerken, bei denen Wasser entweder aus einem Fluss (Laufwasserkraftwerk) oder aus einem Stausee (Speicherkraftwerk) über Rohrleitungen oder Kanäle auf Turbinen geleitet wird. Die Strömung des Wassers setzt die Turbinen in Bewegung, die wiederum mit Generatoren verbunden sind. Diese Generatoren wandeln die mechanische Energie der Turbinen in elektrische Energie um, die dann ins Stromnetz eingespeist wird. Wasserkraft ist eine zuverlässige, emissionsfreie und erneuerbare Energiequelle.

Für die Nutzung von Wasserkraft in einem Fluss müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Der Fluss muss eine ausreichende und konstante Wassermenge führen und über ein entsprechendes Gefälle verfügen, um die Turbinen effizient anzutreiben. Zusätzlich ist eine ausreichende Fließgeschwindigkeit notwendig. Auch die Umweltverträglichkeit spielt eine entscheidende Rolle, weshalb Umweltverträglichkeitsprüfungen erforderlich sind, um mögliche negative Auswirkungen zu minimieren. Der Standort des Kraftwerks muss gut erreichbar sein, und die nötige Infrastruktur muss vorhanden sein. Darüber hinaus sind behördliche Genehmigungen sowie die Einhaltung rechtlicher Vorschriften unerlässlich. Schließlich muss die Wirtschaftlichkeit des Projekts gewährleistet sein, sodass die Investitions- und Betriebskosten durch die erzeugte Energie gedeckt werden können.

Für Seligenstadt wurde das Potenzial für Wasserkraft bereits im Klimaschutzkonzept von 2013 [15] untersucht und als gering eingeschätzt. Daher wird dies hier nicht weiterverfolgt.

6 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete und Zielszenario

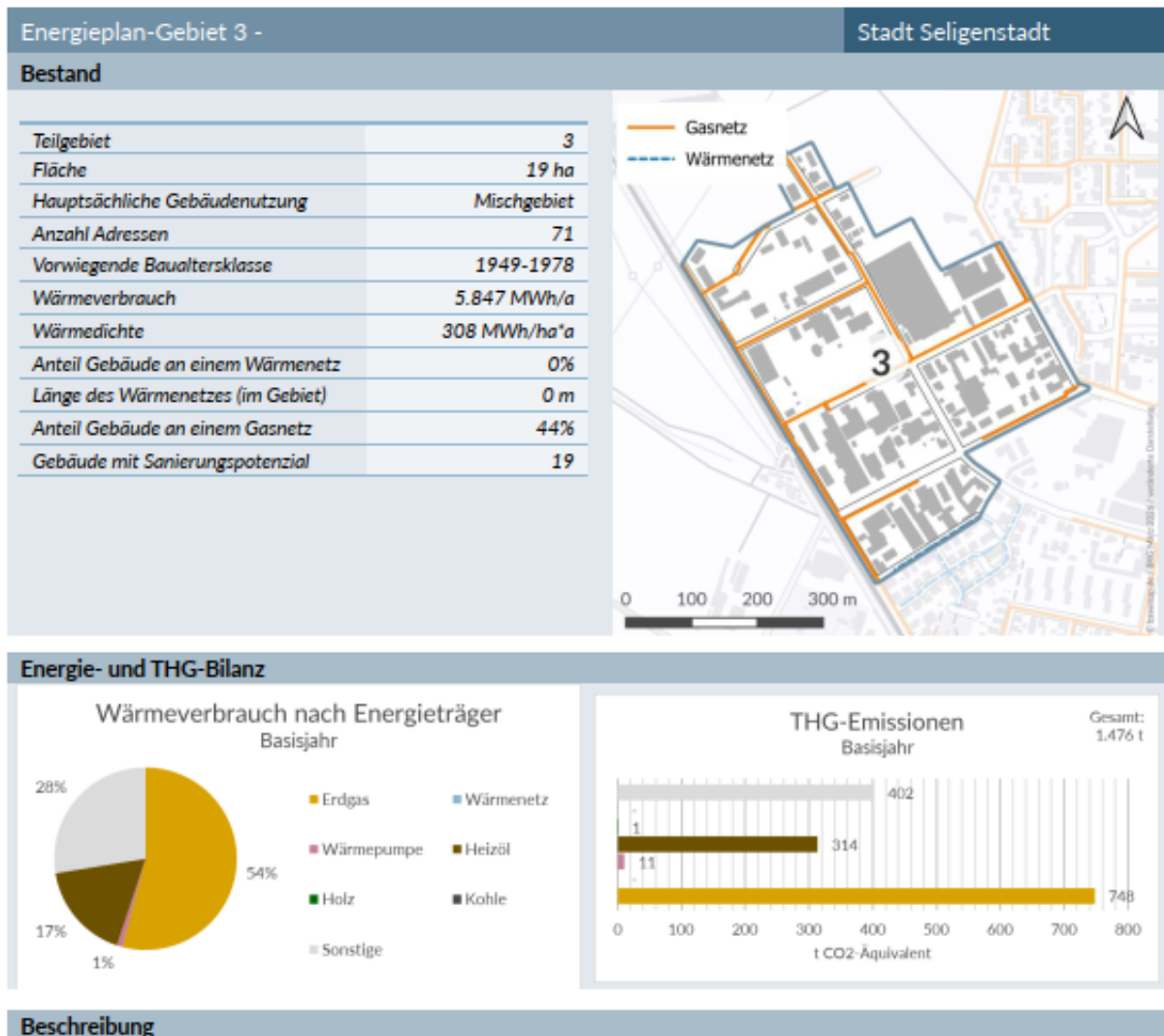
Ein wesentlicher Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung ist die Einteilung des Stadtgebietes in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete. Dazu wurde das Stadtgebiet im ersten Schritt in Teilgebiete unterteilt und diese Gebiete dann detailliert analysiert, um die voraussichtliche Wärmeversorgung der Gebiete zuzuteilen. Zusätzlich wird in diesem Kapitel das Zielszenario vorgestellt.

Die Teilgebiete wurden anhand von bestimmten Kriterien erstellt, haben zunächst keine Wertung und können auch kleiner als Stadt- oder Ortsteile sein. Es handelt sich hierbei vor allem um die Einteilung der Gebiete auf Basis von städtebaulichen Strukturen. Zu diesen Einteilungskriterien gehören beispielsweise überwiegende Baualtersklassen der Gebäude, homogene Bebauung oder Siedlungsstrukturen und weitere strukturelle Gegebenheiten wie kreuzende Hauptstraßen, Schienen oder Gewässer. Alle Gebäude, die aufgrund ihrer Alleinlage keinem Teilgebiet zugeordnet wurden, werden als virtuelles Gebiet aggregiert, in welchem eine dezentrale Wärmeversorgung vorgesehen wird.

6.1 Teilgebietssteckbriefe

Für jedes Teilgebiet wurde ein Steckbrief erstellt, der die wichtigsten Daten zu diesem Gebiet zusammenfasst, das Gebiet beschreibt und der die Potenziale und Energieträgerverteilung im Zieljahr für dieses Gebiet ausweist. In Abbildung 6-1 bis Abbildung 6-3 ist ein beispielhafter Steckbrief dargestellt. Die Inhalte werden in den folgenden Abschnitten beschrieben, die Steckbriefe aller Teilgebiete finden sich als Anlage zum Wärmeplan.

6.1.1 Bestand, Energie- und THG-Bilanz



Beschreibung

Das Teilgebiet wird überwiegend gewerblich genutzt, mit einzelnen Wohngebäuden, die hauptsächlich der Baualtersklasse 1949–1978 zuzuordnen sind. Das Gebiet hat eine geringe Wärmedichte und wird daher für eine dezentrale Versorgung vorgesehen. Ein Anschluss der südlichen Gebäude an das südlich gelegene Wärmenetz (Teilgebiet 1) kann geprüft werden.

Abbildung 6-1: Beispiel der ersten Seite eines Teilgebietssteckbriefs

Bestand

Zunächst werden für jedes Teilgebiet in einer Tabelle die wichtigsten Bestandsdaten des Ist-Stands im Basisjahr dargestellt. Dazu werden die Gebäudedaten aller in diesem Gebiet befindlichen Gebäude aggregiert. In Tabelle 6-1 sind die dargestellten Werte genauer erläutert.

Tabelle 6-1: Bestandsdaten Teilgebiete

| | |
|-----------------------------------|--|
| Teilgebiet | Zufällige Nummerierung zur Identifikation des Teilgebiets |
| Fläche | Grundfläche des Gebiets in ha, Grundlage für die Berechnung der Wärmedichte |
| Hauptsächliche Gebäudenutzung | Hauptsächliche Nutzung der Gebäude, es wird unterschieden zwischen Wohnen, Industrie/Gewerbe und Mischgebiet (dies ist keine Definition im Sinne der BauNVO) |
| Anzahl Adressen | Anzahl der Adressen im Gebiet sowie die Anzahl der beheizten Adressen |
| Vorwiegende Baualtersklassen | Die vorwiegende Baualtersklasse der Gebäude in diesem Gebiet |
| Wärmeverbrauch | Der aggregierte Wärmeverbrauch aller Gebäude im Gebiet im Basisjahr |
| Wärmedichte | Der Wärmeverbrauch aller Gebäude pro Grundfläche des Gebiets |
| Anteil Gebäude an einem Wärmenetz | Anteil der Gebäude im Gebiet, die im Basisjahr über ein Wärmenetz versorgt wurden. Zu unterscheiden vom Anteil der Wärmemenge, die durch das Wärmenetz bereitgestellt wird, siehe auch Energiebilanz. Ist bspw. nur ein Gebäude mit einem überdurchschnittlichen Wärmebedarf an das Wärmenetz angeschlossen, ist der Anteil Wärmenetz in der Energiebilanz deutlich höher als der Anteil der Gebäude mit Wärmenetzanschluss. |
| Länge des Wärmenetzes (im Gebiet) | Länge der Wärmenetzleitungen im Gebiet, falls dort bereits ein Wärmenetz existiert. Auch Leitungen, die durch das Gebiet führen, ohne Anschlüsse werden gezählt. |
| Anteil Gebäude an einem Gasnetz | Anteil der Gebäude im Gebiet, die im Basisjahr mit Erdgas versorgt wurden. Inaktive Gasanschlüsse wurden nicht mitgezählt. Auch hier kann der Anteil der angeschlossenen Gebäude vom Anteil des Wärmeverbrauchs nach Energieträger abweichen, s.o. Wärmenetz. |
| Gebäude mit Sanierungspotenzial | Anzahl der Gebäude, die nach der in Kapitel 5.1 beschriebenen Methodik ein Sanierungspotenzial aufweisen. |

Energie- und THG-Bilanz

Die Darstellung des Wärmeverbrauchs nach Energieträger sowie der dadurch bedingten THG-Emissionen basiert auf dem gebäudescharfen Wärmeverbrauch sowie den aufgeführten Emissionsfaktoren. Die unbekanntesten, restlichen nicht-leitungsgebundenen Energieträger wurden als Mischung zwischen Öl- und Biomasseheizungen bilanziert.

Beschreibung

In diesem Feld steht eine kurze Beschreibung mit den Besonderheiten und zusätzlichen Informationen zum Teilgebiet. Zusätzlich wird eine zukünftige Wärmeversorgung empfohlen und die Empfehlung begründet.

6.1.2 Wärmewendestrategie, Zielbild, Rahmenbedingungen für die Transformation und Maßnahmen

Auf der zweiten Seite der Steckbriefe (siehe Abbildung 6-2) werden die Rahmenbedingungen für die Transformation, die Wärmewendestrategie und das Zielbild für jedes Teilgebiet ausgewiesen.

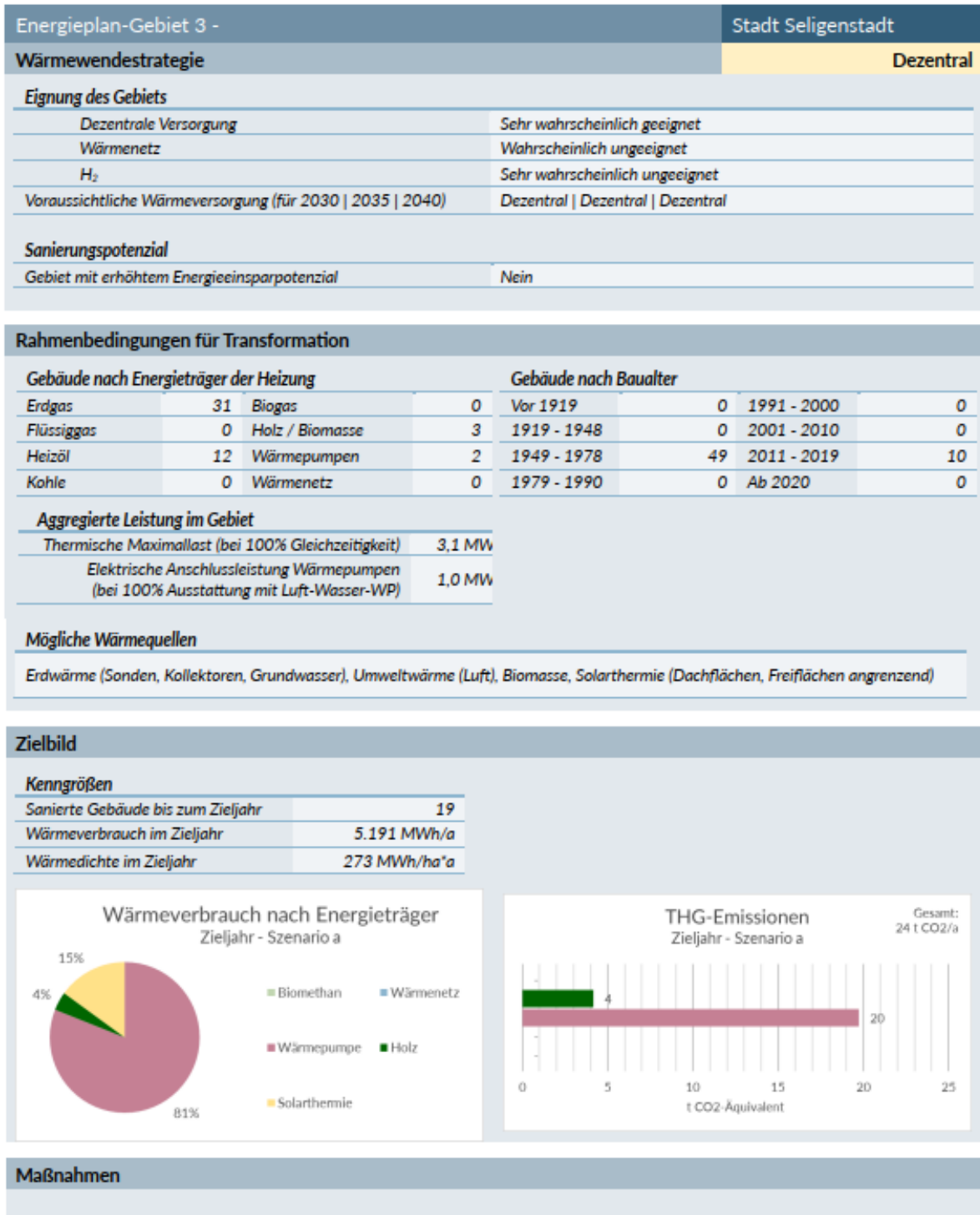


Abbildung 6-2: Beispiel der zweiten Seite eines Teilgebietssteckbriefs

Wärmewendestrategie

Im Baustein „Wärmewendestrategie“ werden die Eignung des Gebiets sowie die Einteilung in zukünftige Wärmeversorgungsvarianten dargestellt. Zudem werden die Rahmenbedingungen und ein Transformationspfad aufgezeigt. Dies basiert neben den Bestandsdaten auf den vorhandenen Potenzialen, die im Detail im letzten Baustein des Steckbriefs dargestellt werden.

Dabei wird die Eignung des Gebiets nach dem Wärmeplanungsgesetz für die drei Versorgungsarten dezentral, Wärmenetz und Wasserstoffnetz jeweils nach den Kategorien „sehr wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich geeignet“, „wahrscheinlich ungeeignet“ und „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ bewertet. Die Beurteilung der Gebiete erfolgt dabei analog zu den im Leitfaden Wärmeplanung aufgeführten Kriterien und Indikatoren (siehe Tabelle 6-2).

Tabelle 6-2: Kriterien und Indikatoren zur Bewertung der Eignung der Teilgebiete nach Leitfaden KWP [16]

| Bewertungs-kriterien | Indikatoren | Wärmenetz- gebiet | Wasserstoff- netzgebiet | Gebiet mit dezentraler Versorgung |
|--|--|----------------------|----------------------------|---|
| Voraussichtliche Wärmegestehungskosten | Wärme(linien)dichte | x | o | o |
| | Potenzielle Ankerkunden Wärmenetz | x | o | o |
| | Erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetz | x | x | o |
| | Langfristiger Prozesswärmebedarf (>200°C und/oder stofflicher H ₂ -Bedarf) | o | x | o |
| | Vorhandensein von Wärme- oder Gasnetz im Teilgebiet selbst oder angrenzenden Teilgebieten | x | x | o |
| | Spezifischer Investitionsaufwand für Ausbau/Bau Wärmenetz | x | o | o |
| | Preisentwicklung Wasserstoff | o | x | o |
| | Potenziale für erneuerbare Wärmeerzeugung und Abwärmeeinspeisung | x | o | x |
| | Anschaffungs-/ Investitionskosten Anlagentechnik | x | x | x |
| Realisierungsrisiken und Versorgungssicherheit | Risiken hinsichtlich Auf-, Aus-, und Umbau der Infrastruktur im Teilgebiet | x | x | x |
| | Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit erforderlicher vorgelagerter Infrastrukturen | o | x | o |
| | Risiken hinsichtlich rechtzeitiger lokaler Verfügbarkeit von Energieträgern oder Erschließung lokaler Wärmequellen | x | x | o |
| | Robustheit hinsichtlich sich ändernder Rahmenbedingungen | x | x | x |
| Kumulierte THG-Emissionen | | x | x | x |

Erläuterung:

x = Indikator wurde zur Bewertung in der jeweiligen Kategorie genutzt

o = Indikator ist für die Bewertung der Kategorie nicht relevant

Auf Basis der Ausgangssituation und der Eignung wurde als Transformationspfad eine voraussichtliche Wärmeversorgung für das Zieljahr und die Stützjahre festgelegt. Zusätzlich wurde jedes Gebiet als Gebiet zur dezentralen Versorgung, als Wärmenetzverdichtungsgebiet oder Wärmenetzprüfgebiet eingeteilt. Diese Kriterien sind als Leitlinien für eine erste Einordnung zu sehen. Die Gebietsausweisung wurde mit den Schlüsselakteuren und der Stadt in einem Workshop diskutiert und finalisiert. Hierbei ist zu beachten, dass dies nur die voraussichtliche und die hauptsächlich geplante Versorgungsart darstellt. Es entsteht dadurch keine Pflicht für die Gebäudeeigentümer zur Nutzung dieser Versorgungsart oder zum Ausbau der Infrastruktur.

Ab einer Quote von 30 % zu sanierenden Gebäuden wurde das Teilgebiet als Gebiet mit erhöhtem Einsparpotenzial deklariert. Zusätzlich wird der theoretische, zukünftige Wärmebedarf unter Berücksichtigung von Sanierungsmaßnahmen im Gebiet ausgewiesen (auf Grundlage des Zielszenarios, siehe Kapitel 6.4).

Rahmenbedingungen für die Transformation

Hier erfolgt eine Darstellung der Energieträger nach Heizungsarten und Anzahl der Gebäude nach Baualter. Unter möglichen Wärmequellen werden die vor Ort für eine dezentrale Versorgung vorhandenen und nutzbaren Quellen genannt. Mit der aggregierten Leistung wird die thermische Maximallast der bisherigen erdgasbasierten Versorgung sowie die elektrische Anschlussleistung bei Umstellung auf 100 % Versorgung mit Luft-Wasser-Wärmepumpen abgebildet.

Zielbild

Für jedes Gebiet wird ein Szenario für das Zieljahr 2045 modelliert. In diesem Szenario wird die Anzahl der bis 2045 angenommenen, sanierten Gebäude, der Wärmebedarf im Jahr 2045 sowie die resultierende Wärmedichte im Zieljahr dargestellt. Da die Sanierungsquote über das gesamte Stadtgebiet angenommen wird, wird je nach Einsparpotenzial eine unterschiedliche Anzahl von Gebäuden in jedem Gebiet saniert.

Zusätzlich erfolgt eine Darstellung der angenommenen Energieträgerverteilung und der daraus folgenden Treibhausgasemissionen im Zieljahr. Diese Emissionen sind voraussichtlich unvermeidbare Restemissionen, die es zu kompensieren gilt.

Maßnahmen

Aufgezählt werden alle Maßnahmen, die im beschriebenen Teilgebiet eine Zielerreichung der THG-neutralen Wärmeversorgung bis 2045 ermöglichen. Die Beschreibung der übergreifenden Maßnahmen ist in der Anlage Maßnahmensteckbriefe zu finden.

6.1.3 Lokale Potenziale zur Wärmeversorgung und kartografische Darstellungen

Es werden außerdem die Wärmelinien-dichte und möglichen Wärmequellen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung sowohl für dezentrale Anlagen als auch Freiflächenpotenziale zur Einspeisung in Wärmenetze beschrieben. Diese sind auf der dritten Seite des Teilgebietssteckbriefs kartografisch im Detail dargestellt (siehe Abbildung 6-3).

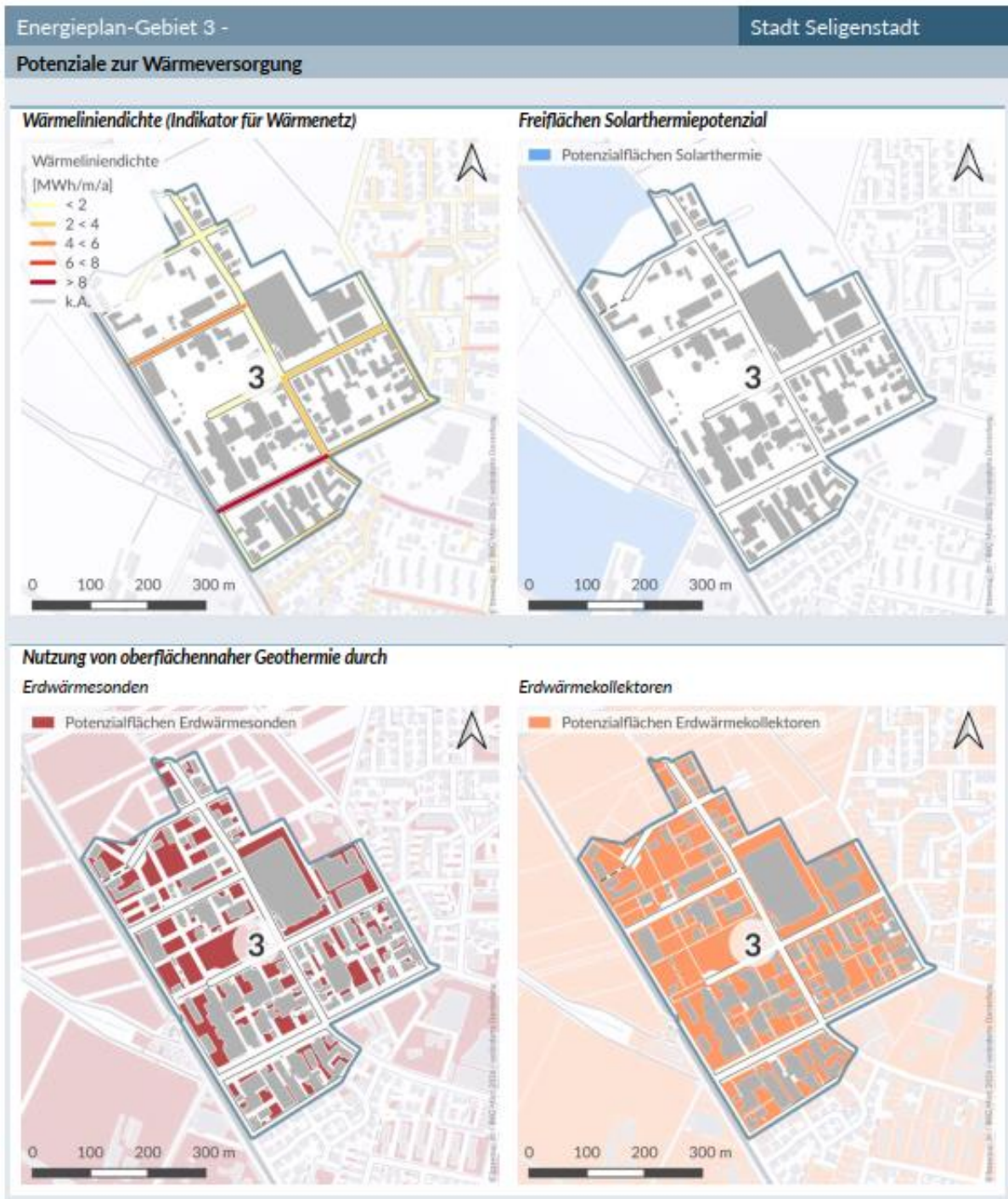


Abbildung 6-3: Kartografische Darstellungen Wärmelinienendichte sowie Potenzialflächen im und um das Teilgebiet

6.2 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Im Folgenden wird die voraussichtliche Wärmeversorgung der Teilgebiete anhand von Wahrscheinlichkeiten in Anlehnung an das WPG dargestellt.

6.2.1 Eignung für die Versorgung durch ein Wärmenetz

Wärmenetze bieten einen strategischen Vorteil zum Erreichen der Klimaschutzziele. Bei der Modernisierung zentraler Wärmeerzeugungsanlagen oder der Umstellung des Wärmenetzes auf erneuerbare Energien werden auf einen Schlag alle angeschlossenen Verbraucher erreicht. Maßnahmen in diesem Bereich haben also einen großen Hebel im Vergleich zu objektbezogenen Maßnahmen. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft die Wärmeversorgung diverser wird und es stärker darauf ankommt, alle Akteure und Systembestandteile multivalent in das Versorgungssystem einzubeziehen. Das bedeutet, dass einzelne, in das Wärmenetz eingebundene Akteure zu unterschiedlichen Zeiten Wärmeabnehmer und Wärmelieferant sein können. Potenziale für neue Wärmenetze oder die Erweiterung von bestehenden Wärmenetzen finden sich in städtebaulichen Strukturen mit entsprechend hoher Wärmedichte. Die Wärmedichte bzw. Wärmelinien-dichte sind Indikatoren für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen – je höher die Wärmelinien-dichte, desto geringer fällt der Anteil der Leitungsverluste aus.

Die Eignung für eine Wärmenetzversorgung wurde nach dem Leitfaden Wärmeplanung bewertet und stellt sich wie in Abbildung 6-4 gezeigt dar.

In Seligenstadt wurden zwei Gebiete als sehr wahrscheinlich und zehn Gebiete als wahrscheinlich für ein Wärmenetz geeignet eingestuft. Der Rest der Gebiete ist für eine Wärmenetzversorgung wahrscheinlich ungeeignet. Kein Gebiet ist sehr wahrscheinlich ungeeignet mit Ausnahme des virtuellen Teilgebiets, welche alle alleinstehenden Gebäude zusammenfasst. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Wärmelinien-dichte in der Bewertung nach WPG nur einen Faktor darstellt, für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes aber oft ausschlaggebend ist.

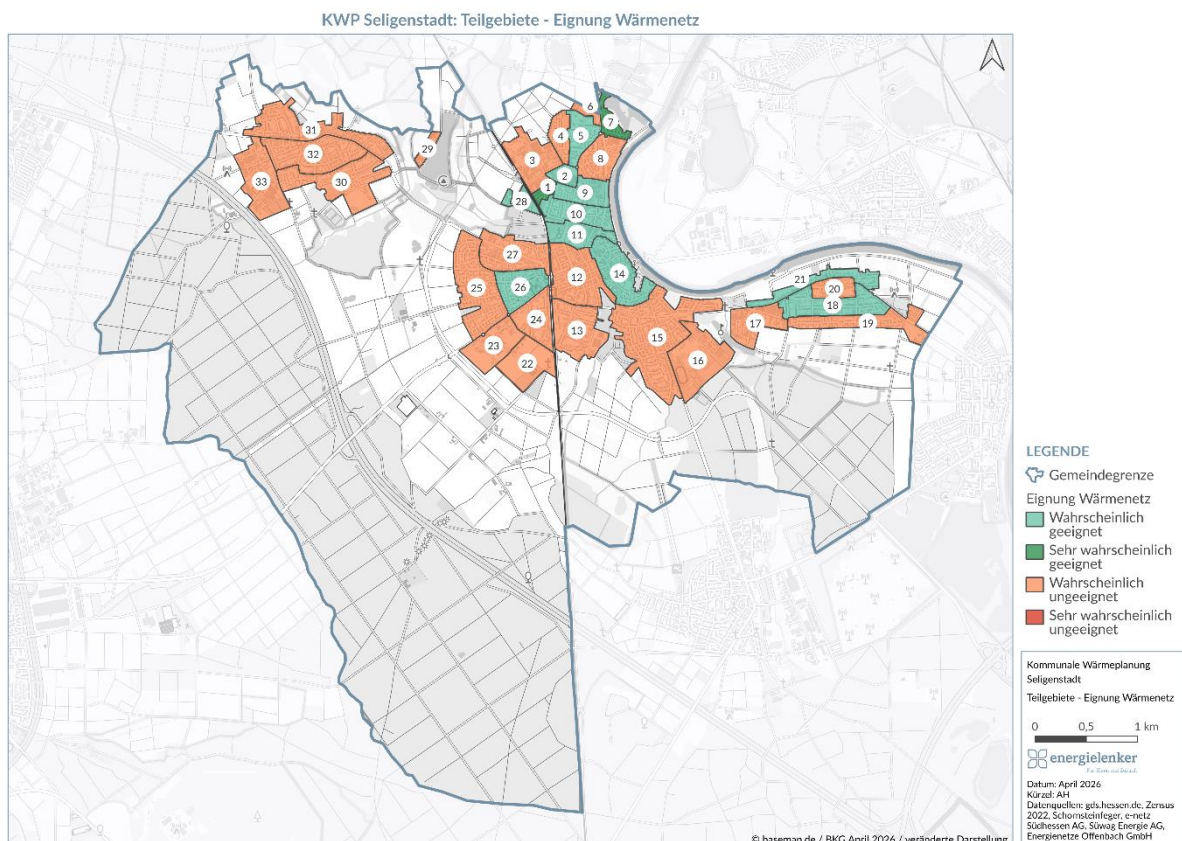


Abbildung 6-4: Eignung der Teilgebiete für eine Wärmenetzversorgung

6.2.2 Eignung für dezentrale Versorgung

Viele Gebiete eignen sich grundsätzlich für eine dezentrale Versorgung. Eine Voraussetzung für die dezentrale Wärmeerzeugung ist je nach Technologie eine entsprechende Verfügbarkeit von Platz auf dem Grundstück und im Gebäude. Ist dies nicht gegeben, wird die Auswahl der einsetzbaren Technologien eingeschränkt oder der Anschluss an ein zentrales System muss in Betracht gezogen werden. In Gebieten, wo Platz- und Ressourcennutzung effizient gestaltet werden können, bietet die dezentrale Versorgung jedoch erhebliche Vorteile, wie Unabhängigkeit von großen Versorgungsnetzen und die Möglichkeit, individuelle, umweltfreundliche Energiekonzepte umzusetzen.

Die Eignung für eine dezentrale Versorgung wurde nach dem Leitfaden Wärmeplanung bewertet und stellt sich wie in Abbildung 6-5 gezeigt dar.

Im Stadtgebiet sind 17 Teilgebiete wahrscheinlich zur dezentralen Versorgung geeignet. Ein Teilgebiet, die Altstadt, ist wahrscheinlich ungeeignet für eine dezentrale Versorgung. Der Rest der Gebiete ist sehr wahrscheinlich für eine dezentrale Versorgung geeignet.

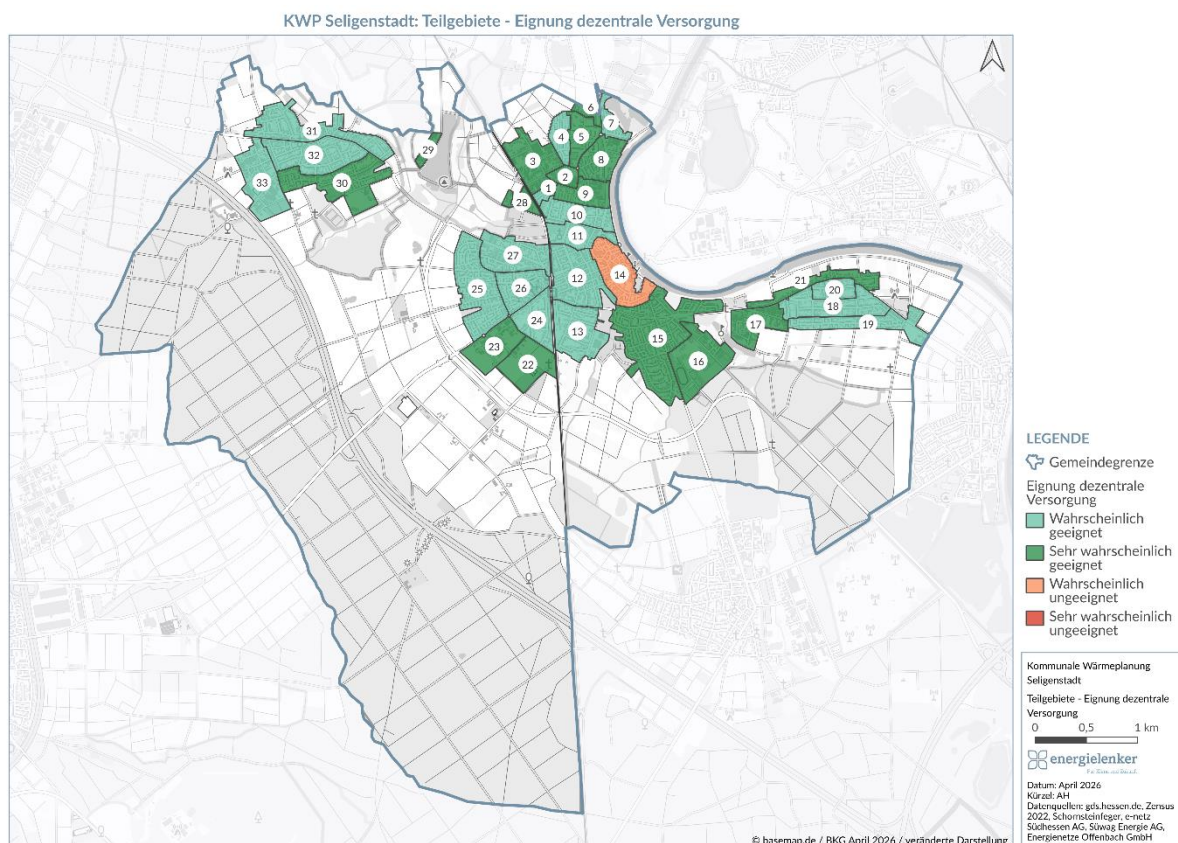


Abbildung 6-5: Eignung der Teilgebiete für eine dezentrale Versorgung

6.2.3 Eignung für die Versorgung mit Wasserstoff

Da bis zum Abschluss der Wärmeplanung vom Gasverteilnetzbetreiber kein verbindlicher Fahrplan für die Transformation des Gasverteilnetzes nach § 71k GEG vorgelegt wurde und die zukünftigen Wasserstoffversorgung insbesondere hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit für private Haushalte sehr unsicher ist, werden keine Gebiete als Wasserstoffnetzgebiete ausgewiesen. Die Eignung für eine Wasserstoffversorgung wurde nach dem Leitfaden Wärmeplanung bewertet. Alle Gebiete wurden als sehr wahrscheinlich ungeeignet eingestuft.

6.2.4 Prüfgebiete

In der Stadt Seligenstadt wurde kein Teilgebiet als Prüfgebiet kategorisiert.

6.2.5 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Mit der Überlagerung der Wahrscheinlichkeiten und anhand weiterer Informationen wie z. B. Akteursinformationen wurde eine kartografische Darstellung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete im Zieljahr erstellt. Hierbei wird zusätzlich zwischen Wärmenetzverdichtungsgebieten (zwei Gebiete mit bestehendem Wärmenetz) und Wärmenetzprüfgebieten unterschieden. Als Wärmenetzprüfgebiete wurden vier Teilgebiete kategorisiert, die wahrscheinlich für ein Wärmenetz geeignet sind und wo weitere Faktoren für den Aufbau eines Wärmenetzes sprechen (z.B. ein Wärmenetz im Nachbargebiet, mögliche Ankerkunden oder hohe Herausforderungen bei der Nutzung von dezentralen Technologien).

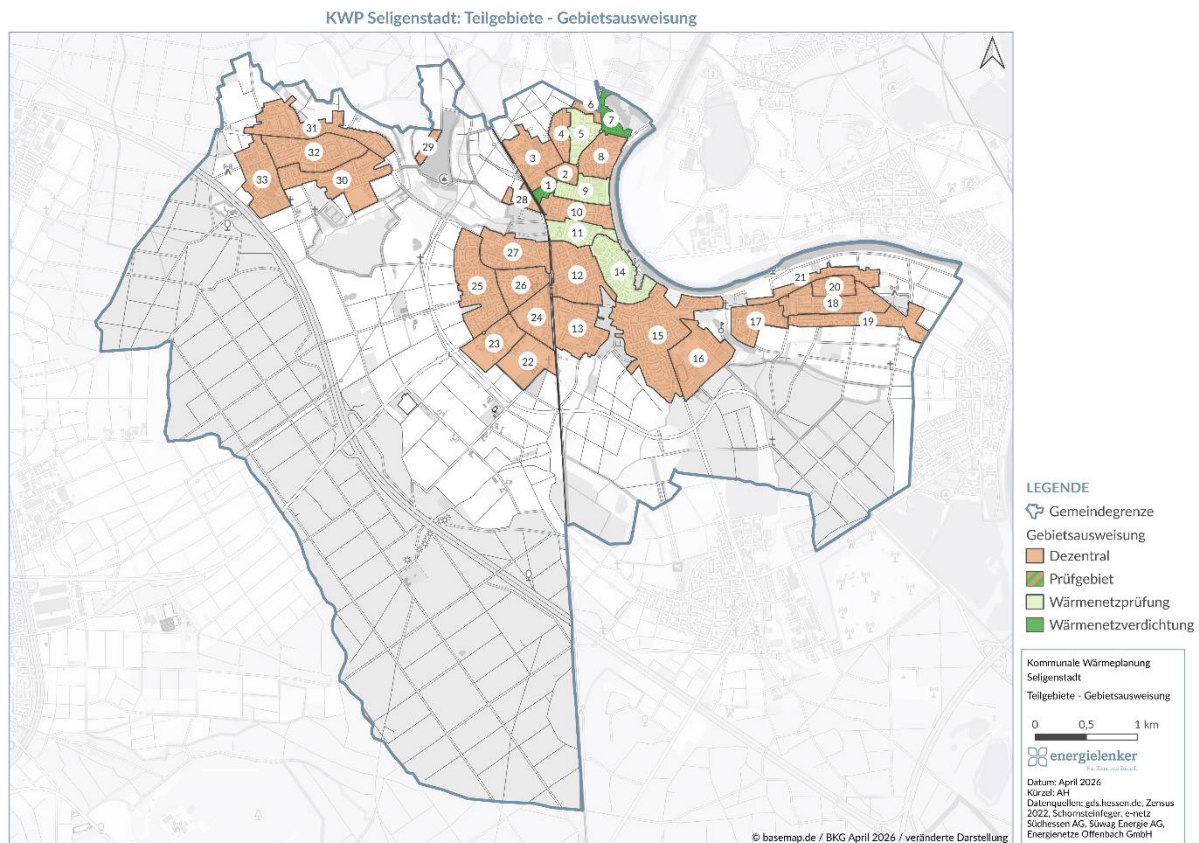


Abbildung 6-6: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in Seligenstadt

6.3 Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial

Als Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial wurden Gebiete klassifiziert, in denen mehr als 30% des Gebäudebestands ein hohes Sanierungspotenzial aufweist. Dies sind in Seligenstadt fünf Teilgebiete. Drei dieser Gebiete (17, 25, 31) sind für eine dezentrale Wärmeversorgung vorgesehen, zwei Gebiete sind als Wärmenetzprüfgebiet (5, 9) ausgewiesen.

Auch in anderen Gebieten sind Einsparpotenziale vorhanden, gerade in Gebieten mit hoher Gebäudeanzahl kann die absolute Anzahl der Gebäude mit hohem Sanierungspotenzial die in den hier bezeichneten Gebieten übersteigen. Die Teilgebiete 12 und 15 sollten daher bei Maßnahmen zum Thema

Sanierung auch berücksichtigt werden. Allgemein sind alle tiefergreifenden Details zu den Gebieten in den Teilgebietssteckbriefen nachzulesen.

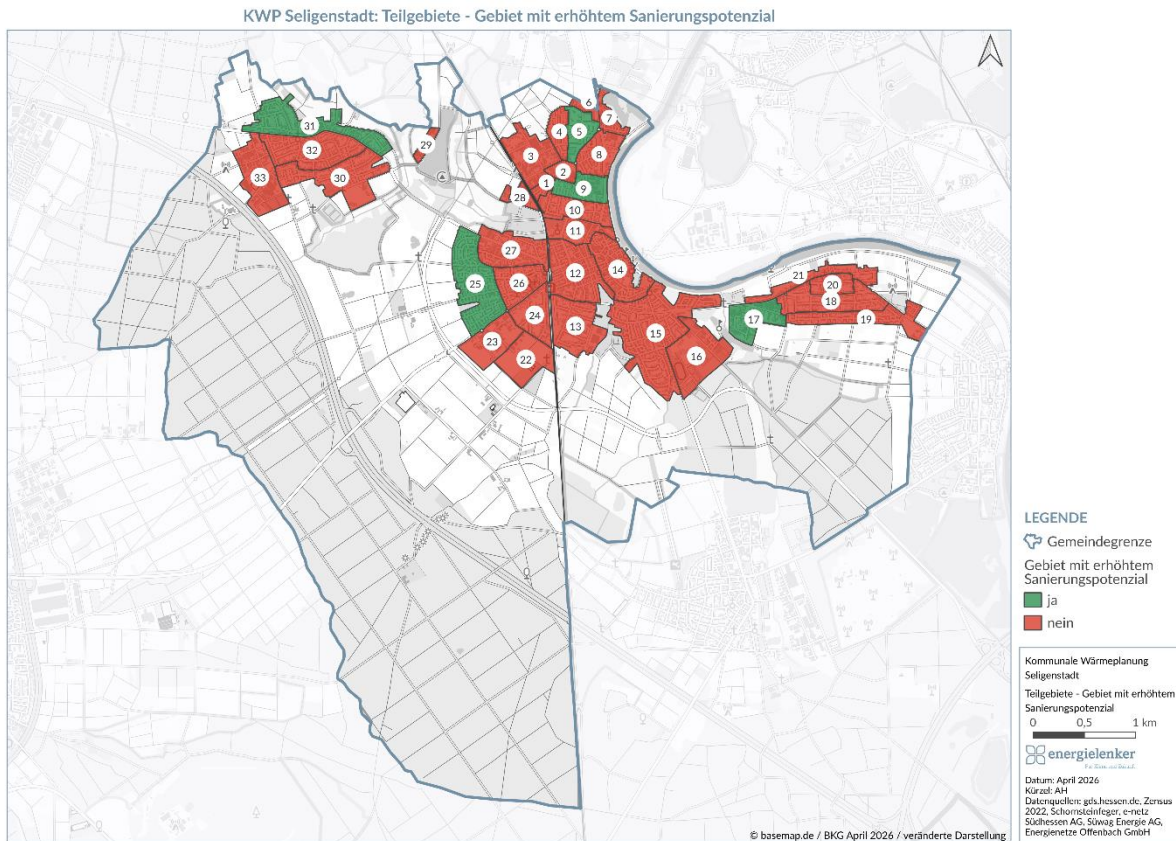


Abbildung 6-7: Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial in Seligenstadt

6.4 Zielszenarien

Die Zielszenarien sollen aufzeigen, wie die von der Stadt Seligenstadt angestrebte Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 ermöglicht werden kann. Die Szenarien werden auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse ausgearbeitet und beziehen dabei die berechneten Endenergieeinsparpotenziale durch energetische Sanierungen und Effizienzsteigerungen im Industriebereich sowie die Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme mit ein.

Für die Wärmeplanung wurden die Zielszenarien Bottom-Up aufgebaut, d. h. auf Basis der Teilgebiete und der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete. Für jedes Teilgebiet wurde ein Wärmeversorgungsszenario für das Zieljahr entwickelt und mit einer Umsetzungsgeschwindigkeit verschnitten. Die Ergebnisse der Teilgebiete (siehe Teilgebietssteckbriefe in Abschnitt 6.1) wurden dann aggregiert, um die Gesamtszenarien für die Kommune darzustellen (siehe Abbildung 6-8).

Es wird davon ausgegangen, dass alle Ölheizungen bis zum Zieljahr ausgetauscht und alle Gasheizungen entweder ersetzt oder mit Biomethan betrieben werden.

Um die Spannweite der möglichen Zielerreichungen darzustellen, wurden zwei Szenarien modelliert. Beide Szenarien enthalten den gleichen Energiemix im Zieljahr und unterscheiden sich nur in der Höhe der umgesetzten Energieeinsparungen (höhere Einsparungen durch Sanierungen im Klimaschutzszenario, siehe Kapitel 5.1) und in der Umsetzungsgeschwindigkeit (höhere Geschwindigkeit im Klimaschutzszenario). Die Wärmeversorgung im Zieljahr erfolgt nach den Szenarien in Seligenstadt zu 10% über Wärmenetze, 76% über Wärmepumpen, 4% durch Holz und 10% durch Solarthermie. Die genauen Werte befinden sich im Anhang 1 in der Tabelle mit den Energiekennwerten.

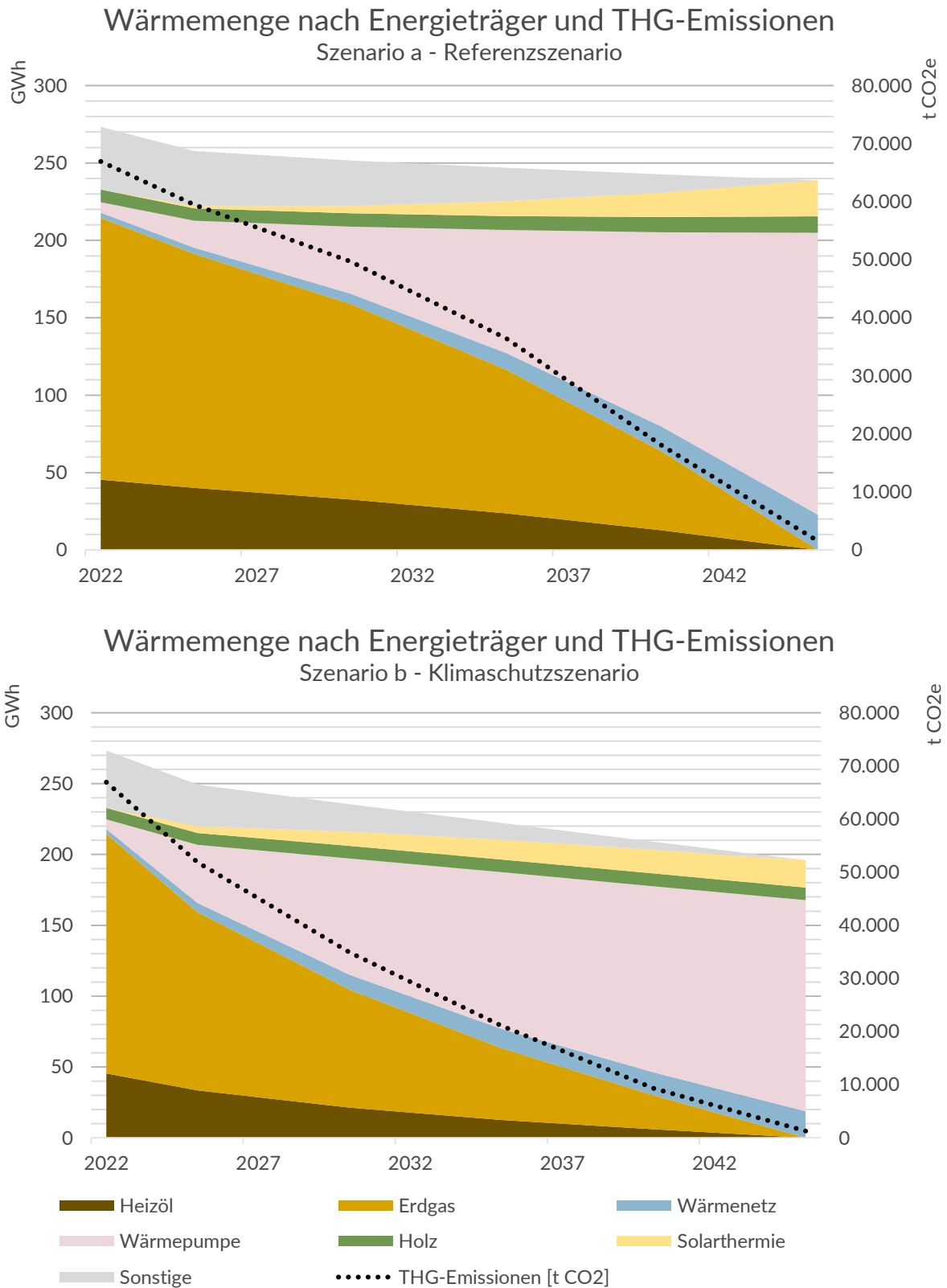


Abbildung 6-8: Energiemengen nach Energieträger und THG-Emissionen der Zielszenarien in Seligenstadt

Durch die höheren Energieeinsparungen können ab den Zieljahr knapp 300 t CO_{2e} jährlich eingespart werden, da 43 GWh weniger Energie verbraucht wird. Berücksichtigt man die Energieeinsparungen und die höhere Umsetzungsgeschwindigkeit bis zum Zieljahr, können zwischen 2025 und 2045 bei

Umsetzung des Klimaschutzszenarios im Vergleich zum Referenzszenario 218.000 t CO_{2e} eingespart werden. Die reale Umsetzung sollte sich zwischen diesen beiden Szenarien bewegen.

7 Wärmewendestrategie

Die Erreichung des Ziels einer Wärmeversorgung allein aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme bedarf eines koordinierten, strategischen Vorgehens für die gesamte Stadt. Wesentliche Themenfelder sind dabei

- ▶ Schwerpunktsetzung bei den Einzelmaßnahmen,
- ▶ Bereitstellung von Informationen und Beratung,
- ▶ Sicherstellung der Finanzierung durch Akquise von Fördermitteln und Bereitstellung der Eigenanteile,
- ▶ Rechtliche Absicherung der Umsetzungsmaßnahmen durch Verträge und ordnungsrechtliche Lenkungsinstrumente,
- ▶ Flächensicherung und Leuchtturmwirkung kommunaler Liegenschaften,
- ▶ Steuerung des Umsetzungsprozesses nach der kommunalen Wärmeplanung,
- ▶ Adaption der Verwaltungsstrukturen und
- ▶ Zusammenarbeit mit umliegenden Kommunen.

Innerhalb der Verwaltung kommen durch den Prozess der kommunalen Wärmeplanung und den anschließenden Umsetzungsprozess auf einzelne Fachämter neue Aufgaben zu. Der Wärmenetzausbau erfordert die Koordination von Straßenbauarbeiten mit Wärmenetzbetreibern, die Stadtplanung ist mit neuen Herausforderungen konfrontiert und die Wärmewende berührt zahlreiche umweltrechtliche Belange. Durch die Einrichtung geeigneter Kommunikationsstrukturen innerhalb der Verwaltung sollen alle anstehenden Aufgaben effizient und mit der für die Umsetzung erforderlichen Geschwindigkeit bearbeitet werden. Bürger und Unternehmen erwarten ein Verwaltungshandeln, dass ihre Investitionen unterstützt und so auch die lokale Wertschöpfung stärkt.

7.1 Maßnahmenkatalog

Die Maßnahmen bilden die Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in Seligenstadt. Sie zielen darauf ab, den Wärmebedarf langfristig zu senken, die Energieeffizienz zu steigern und den Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung zu erhöhen. Dabei werden sowohl technische Lösungen als auch organisatorische und finanzielle Instrumente berücksichtigt, um eine nachhaltige, zukunftssichere und sozial verträgliche Wärmeversorgung sicherzustellen. Zusätzlich zielen die erarbeiteten Maßnahmen darauf ab, alle notwendigen Akteure der Wärmewende in der Stadt einzubeziehen, zu motivieren und soweit möglich innerhalb der kommunalen Möglichkeiten die notwendigen Finanzierungen sicherzustellen. Die Stadt muss dabei vorangehen und eine Vorbildfunktion einnehmen. Die Maßnahmen können den folgenden Handlungsfeldern zugeordnet werden (Abbildung 7-1).

Die Maßnahmen sind in den einzelnen Teilgebietssteckbriefen verortet (siehe Abschnitt 6.1 bzw. Anlage Maßnahmensteckbriefe). Ausgenommen davon sind die Maßnahmen MI1, MI2, MI9, ML1, MV5, da sie allen kommunalen Liegenschaften bzw. allen Teilgebieten zugeordnet werden können. Alle Maßnahmen sind ausführlich in Form von Maßnahmensteckbriefen in der Anlage beschrieben. In Abbildung 7-1 und Tabelle 7-1 sind die erarbeiteten Maßnahmen, das entsprechende Handlungsfeld und die Priorität aufgelistet.



| Handlungsfeld | Nr. | Maßnahme | Priorität |
|---|-----|---|-----------|
| Wärmeversorgung, lokale Maßnahmen | MW1 | Wärmenetzverdichtung und Dekarbonisierung der Erzeugung in den Wärmenetzen | mittel |
| | MW2 | Machbarkeitsstudien Wärmenetze | mittel |
| | MW3 | Mit-Mach-Baustelle | niedrig |
| | MW4 | Quartierskonzepte | hoch |
| Leuchtturmwirkung, Vorbildwirkung der Kommune | ML1 | Kommunale Gebäude als Leuchttürme der Wärmewende | hoch |
| Prozess Wärmeplanung, kommunale Verwaltungsstrukturen | MV1 | Aufbau einer kontinuierlichen Datenerfassung zur Wärmewende | hoch |
| Information, Beratung, Kooperation | MI1 | Einrichtung und Sicherstellung geeigneter Kommunikationskanäle | mittel |
| | MI2 | Informationsaustausch mit Handwerksinnungen, Unterstützung bei der Fachkräftesicherung und -akquise | hoch |
| | MI3 | Informationsarbeit und Beratung zum Heizungstausch | hoch |
| | MI4 | Durchführung von Wärmepumpenkampagnen | mittel |
| | MI5 | Vernetzung von Unternehmen fördern | niedrig |
| | MI6 | Beratung und Vernetzung zu serieller Sanierung | mittel |

Abbildung 7-1 und Tabelle 7-1: Übersicht der Handlungsfelder und Maßnahmen mit Priorisierung

Zusätzlich wurden für fünf Teilgebiete (5, 6, 9, 11, 14) prioritäre Maßnahmen erarbeitet, die detaillierte nächste Schritte bezogen auf das Teilgebiet definieren. Diese konkretisieren die übergeordneten Maßnahmen für das jeweilige Teilgebiet und sind in den Teilgebietssteckbriefen enthalten.

7.2 Controllingkonzept

7.2.1 Controllingkonzept

In diesem Kapitel werden verschiedene Controlling-Ansätze, die für die kommunale Wärmeplanung wichtig sind, aufgezeigt. Zunächst wird die Controlling-Verpflichtung aus dem Wärmeplanungsgesetz dargestellt, anschließend wichtige ergänzende messbare Indikatoren, danach die Überwachung der Maßnahmen (verpflichtend nach §25 Wärmeplanungsgesetz) und zum Schluss das Prozesscontrolling.

7.2.2 Verpflichtung nach Wärmeplanungsgesetz

Das Wärmeplanungsgesetz schreibt die Überprüfung des Wärmeplans alle fünf Jahre (§25) mit der Überwachung der Fortschritte bei der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen sowie die Festlegung von Indikatoren zum Zielszenario nach §17 (Anlage 2, Pk. III) vor.

Die Indikatoren sollen beschreiben, wie das Ziel einer auf erneuerbaren Energien oder der Nutzung von unvermeidbarer Abwärme basierenden Wärmeversorgung erreicht werden soll. Die Indikatoren sind, soweit nicht im Folgenden etwas anderes bestimmt wird, für das geplante Gebiet als Ganzes und jeweils für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 anzugeben. Die Indikatoren sind:

1. der jährliche Endenergieverbrauch der gesamten Wärmeversorgung in Kilowattstunden pro Jahr, differenziert nach Endenergiesektoren und Energieträgern,
2. die jährliche Emission von Treibhausgasen im Sinne von § 2 Nummer 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes der gesamten Wärmeversorgung des geplanten Gebiets in Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent,
3. der jährliche Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in %,
4. der Anteil der leitungsgebundenen Wärmeversorgung am gesamten Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung in %,
5. die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Wärmenetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im geplanten Gebiet in %,
6. der jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen nach Energieträgern in Kilowattstunden pro Jahr und der Anteil der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch der gasförmigen Energieträger in %,
7. die Anzahl der Gebäude mit Anschluss an ein Gasnetz und deren Anteil an der Gesamtheit der Gebäude im geplanten Gebiet in %.

Die Daten der Punkte 1 bis 4 und 6 werden durch die kommunale Energie- und THG-Bilanzierung Stadt Seligenstadt erfasst bzw. können durch die damit vorliegenden Daten berechnet werden. Eine Fortschreibung dieser Bilanzierung geschieht bisher meist nicht in regelmäßigen Abständen. Laut WPG müssen die Daten mindestens alle fünf Jahre zur Aktualisierung des Wärmeplans erfasst werden. Die Daten der Punkte 5 und 7 müssen durch den Netzbetreiber bereitgestellt werden. Die Tabelle mit den aktuellen Energiekennwerten nach der Controlling-Struktur befindet sich im Anhang.

Der Zielpfad für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045 ist in Kapitel 6.4 beschrieben.

7.2.3 Monitoring von Hauptindikatoren

Für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung sind insbesondere die folgenden Faktoren verantwortlich:

Entwicklung des Wärmebedarfes

Für den aktuellen Wärmebedarf und dessen Entwicklung sind einige Annahmen getroffen worden. Hier gilt es den Datensatz kontinuierlich zu verbessern und z. B. mit echten Verbrauchsdaten zu aktualisieren bzw. zu plausibilisieren. Die getroffenen Annahmen für die Wärmebedarfsentwicklung (siehe Kapitel 5.1 und 6.4) sind alle fünf Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Ausbau Wärmenetze

Zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Stadt Seligenstadt gehört eine deutliche Erhöhung des Wärmenetzanteils sowie die Dekarbonisierung der zentralen Wärmeversorgung. Es ist davon auszugehen, dass für die klimaneutrale Versorgung der Stadt weitere Wärmenetze erforderlich sein werden. Die Länge der neuen Wärmeleitungen kann hierfür als Indikator dienen.

Dekarbonisierung Wärmenetze

Die SÜWAG betreibt zwei Wärmenetze in Seligenstadt, welche bisher mit Erdgas beheizt werden. Hierfür muss ein Transformationsplan erstellt werden und es ist jährlich zu überprüfen, ob die Umstellung im Zeitplan liegt und falls nicht, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Einsatz erneuerbarer Energien in den Gebieten mit Einzelversorgungslösungen

Die bevorzugte Wärmeversorgung in den Gebieten mit Einzelversorgungslösung wird eine Luft- oder Erdwärmepumpe sein. Entsprechend sollte die Anzahl der installierten Wärmepumpen und deren Leistung blockscharf erhoben werden. Wärmepumpen müssen seit dem 1. Januar 2024 als steuerbare Verbrauchseinrichtungen (§14a EnWG) zwingend beim zuständigen Verteilnetzbetreiber angemeldet werden. Die Daten liegen dort entsprechend nur für neuere Wärmepumpen vor.

In den Gebieten, in denen eine Fernwärmeversorgung vorgesehen ist, sollte möglichst keine Luft- bzw. Erdwärmepumpe zum Einsatz kommen. Ziel ist dabei ein möglichst hoher Anschlussgrad, der sich wirtschaftlich positiv auf den Betrieb des Wärmenetzes und damit die daran angeschlossenen Abnehmer auszahlt.

Transformation fossiler Infrastruktur

Generell sollte die Anzahl der Gas-Hausanschlüsse bis zum Jahr 2045 nahezu auf null sinken. Ausnahmen bilden Blöcke, die möglicherweise zukünftig mit Wasserstoff oder treibhausgasneutral bereitgestelltem Methan versorgt werden, und in denen die Gasinfrastruktur weiter genutzt werden kann. Dies gehört zu den verpflichtenden Indikatoren nach Wärmplanungsgesetz Anlage 2 Pkt. III.

Das gleiche gilt für nicht leitungsgebundene Heizanlagen (Heizöl, Braunkohle, Steinkohle, Flüssiggas). Diese Daten sind von den Schornsteinfegern zu erhalten.

7.2.4 Indikatoren für die Maßnahmen

Die Umsetzung der Maßnahmen sollte anhand der Handlungsschritte verfolgt werden. Dabei ist darauf zu achten, ob sich diese im Rahmen der zeitlichen Planung befinden, es einen zeitlichen Verzug, Umsetzungshemmnisse oder ähnliches gibt. Dieses sollte jährlich qualitativ beschrieben und erläutert werden.

7.2.5 Indikatoren für den Prozess

Um den Gesamtfortschritt beurteilen zu können, ist in regelmäßigen Abständen eine Prozessevaluierung durchzuführen. Dabei sollten nachstehende Fragen gestellt werden, die den Prozessfortschritt qualitativ bewerten:

Zielerreichung: Wie sind die Fortschritte bei der Erreichung der klimaneutralen Wärmeversorgung? Befinden sich Projekte aus verschiedenen Handlungsfeldern bzw. Zielbereichen in der Umsetzung? Wo besteht Nachholbedarf?

Konzept-Anpassung: Gibt es Trends, die eine Veränderung der Wärmewendestrategie erfordern? Haben sich Rahmenbedingungen geändert, sodass Anpassungen vorgenommen werden müssen?

Umsetzung und Entscheidungsprozesse: Ist der Umsetzungsprozess effizient und transparent? Können die Arbeitsstrukturen verbessert werden? Wo besteht ein höherer Beratungsbedarf?

Beteiligung und Einbindung regionaler Akteure: Sind alle relevanten Akteure in ausreichendem Maße eingebunden? Besteht eine breite Beteiligung der Bevölkerung? Erfolgt eine ausreichende Aktivierung und Motivierung der Bevölkerung? Konnten weitere (ehrenamtliche) Akteure hinzugewonnen werden?

Netzwerke: Sind neue Partnerschaften zwischen Akteuren entstanden? Welche Intensität und Qualität haben diese? Wie kann die Zusammenarbeit weiter verbessert werden?

7.3 Verstetigungsstrategie

Unter Verstetigung der Wärmeplanung in den Kommunen ist die Weiterführung von Aktivitäten über den Förderzeitraum hinaus zu verstehen. Das heißt, die Grundsätze, Ziele und bestehenden Aktivitäten werden weitergeführt, um langfristig die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu erreichen. Konkret wäre das zum Beispiel die Umsetzung der Maßnahmen sowie die Fortschreibung der Wärmeplanung.

Die Kommunale Wärmeplanung ist seit dem 01.01.2024 eine per Bundesgesetz geregelte Aufgabe. Der Bund hat die Aufgabe an die Länder übertragen und diese wiederum übertragen diese an die Kommunen. Damit wird die kommunale Wärmeplanung zur kommunalen Pflichtaufgabe und ist personell zu untersetzen. In Hessen stehen dafür Konnexitätsmittel zur Verfügung.

Zur Verstetigung der Wärmeplanung sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, die in den folgenden Abschnitten genauer erläutert werden.

7.3.1 Rollierende Planung

Die Wärmeplanung soll als rollierende Planung in der Kommunalverwaltung implementiert werden. Dies bedeutet eine periodenorientierte Planung, bei der nach bestimmten Zeitintervallen die bereits erfolgte Wärmeplanung aktualisiert, konkretisiert und überarbeitet wird. Dabei werden die in der Zwischenzeit gewonnenen neuen Daten berücksichtigt. Die Wärmeplanung ist in der Regel auf das Zieljahr 2045

ausgerichtet, dies bedeutet, mit Stand 2025, ein Planungshorizont von 20 Jahren. Der Detaillierungsgrad des Zeitraums 2026 – 2030 ist entsprechend erheblich genauer als die Planungsintensität der Folgeperioden. Mit fortschreitender Zeit rolliert auch der Zeitraum mit höherer Planungsintensität weiter.

7.3.2 Kommunale Verwaltungsstrukturen

Zur Bewältigung der Aufgaben im Bereich der kommunalen Wärmeplanung ist ausreichend Personal in der Verwaltung vorzusehen. Es ist zu empfehlen, dass für die kommunale Wärmeplanung über die nächsten 20 Jahre mindestens eine halbe Personalstelle in der Verwaltung erforderlich sein wird. Vorteilhaft ist es, die Stelle bei der Stadtplanung bzw. beim Klimaschutz anzusiedeln, da es hier viele Schnittstellen gibt. Die Aufgaben sind im Folgenden aufgeführt:

- ▶ den Umsetzungsprozess kommunikativ zu begleiten
- ▶ Fortschreibung des Wärmeplans (Verpflichtung nach §25 Wärmeplanungsgesetz)
- ▶ Fortschreibung von Indikatoren, Berichterstellung, Monitoring
- ▶ Beispiel: jährlicher Bericht zu den Indikatoren des Wärmeplans
- ▶ die Verankerung mit weiteren kommunalen Planungen, z. B. INSEK zu gewährleisten
- ▶ Neubaugebiete/B-Pläne mit der Wärmeplanung zu verzahnen
- ▶ Straßenbaumaßnahmen mit dem Wärmenetzausbau zeitlich zu koordinieren
- ▶ Genehmigungsprozesse zu begleiten
- ▶ Einwerben von Fördermitteln zur Finanzierung von Projekten
- ▶

Darüber hinaus müssen Strukturen geschaffen werden, die den Informationsfluss innerhalb und außerhalb der Verwaltung gewährleisten. Dies könnten u. a. die Einrichtung einer permanenten Lenkungsgruppe in der Verwaltung oder die Intensivierung der amtsübergreifenden Zusammenarbeit sein.

7.3.3 Politische Absicherung

Zur Verstetigung gehört auch, das Verwaltungshandeln durch politische Beschlüsse und politischen Handels abzusichern:

- ▶ Beschluss zum Wärmeplan (verpflichtend nach § 21 (3) WPG)
- ▶ Prüfung der Auswirkungen von Beschlüssen auf die Wärmeplanung (z. B. kein Gasanschluss in Neubaugebieten)
- ▶ Schaffung geeigneter Gremien bzw. Definition der Zuständigkeiten
- ▶ Bereitstellung kommunaler Eigenmittel in der Haushaltsplanung

7.3.4 Kommunikation

Bereits für die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung ist ein intensiver Abstimmungsprozess zwischen der Stadt und den Schlüsselakteuren implementiert worden. Hierfür braucht es eine Koordinierungsstelle, der auch die Umsetzung der Wärmeplanung dauerhaft begleitet. Hier gilt es:

- ▶ Fragen aus der Bevölkerung fachlich gut zu beantworten (auch nicht digital)
Beispiel: Veröffentlichung des aktuellen Standes zur Wärmenetzentwicklung 2x im Jahr im Amtsblatt.
- ▶ Einen kontinuierlichen Abstimmungsprozess mit den Versorgern durchzuführen
Beispiel: JF einmal im Monat.
- ▶ Kontakt zu u. a. den Großverbrauchern und Wohnungsgesellschaften zu halten
Beispiel: Austausch einmal im Halbjahr.
- ▶ Schaffen von Transparenz bzgl. Ausbau Wärmenetz für alle notwendigen Akteure
Beispiel: Stadt und Energieversorger verlinken ihre Webangebote zu dem Thema untereinander und legen Verantwortung für Informationsinhalte fest, Aktualisierung der Webseite einmal im Monat, Verbreitung von Informationen über Pressemitteilungen, Social Media oder ähnliches mindestens alle zwei Monate.
- ▶ Wärmenetzbetreiber zu akquirieren.
Beispiel: Unterstützung von bestehenden Aktivitäten in der Kommune bzw. Prüfung von Angeboten verschiedenen Anbieter und Kontaktaufnahme.
- ▶ regelmäßig gleichen Wissenstand für alle Akteure zu gewährleisten.
Beispiel: Kommune, SHK- und Schornsteinfegerinnung und Versorgern treffen sich 2x jährlich zu einem gemeinsamen Informationsaustausch.
Beispiel: SHK-Handwerker und Schornsteinfeger leiten Anschlusswünsche an das Wärmenetz im Rahmen ihrer Beratung an die Verwaltung weiter, die Verwaltung informiert über anstehenden Wärmenetzausbau der nächsten 1-2 Jahre.

7.3.5 Weitere Regelungen

Ergänzend zu den vorgenannten Punkten sind die folgenden Aspekte ebenfalls zu berücksichtigen:

- ▶ Beschluss zu kommunalen Satzungen (z. B. Erstellung einer Fernwärmesatzung)
- ▶ Abstimmung städtebaulicher Verträge in Einklang mit der Wärmeplanung
- ▶ Flächensicherung für Erzeugungs- und Speichereinrichtungen durch die Aufnahme in Flächennutzungsplänen und/oder Bebauungsplänen
- ▶ Ziele der Wärmewende in Zielvereinbarungen mit den kommunalen Unternehmen aufnehmen.

8 Zusammenfassung

Der Wärmebereich gilt als "schlafender Riese" der Energiewende. Die Bereitstellung von Warmwasser, Raum- und Prozesswärme macht zusammen etwa die Hälfte der benötigten Endenergie in Deutschland aus. Dabei fallen die Fortschritte im Wärmesektor bisher im Vergleich zum Stromsektor gering aus. Die langen Investitionszyklen bei baulichen und auch technischen Maßnahmen in der Wärmeinfrastruktur bedingen die Trägheit der Wärmewende. In Anbetracht der Tatsache, dass die heutigen Entscheidungen Auswirkungen bis weit in die Zukunft haben, ist der Handlungsbedarf im Wärmesektor für das Erreichen der Klimaschutzziele enorm.

Den Städten, Kreisen und Gemeinden kommen bei der Bewältigung dieser Herausforderungen eine enorme Bedeutung zu. Die Stadt Seligenstadt hat die vorliegende Wärmeplanung erstellen lassen, um diese Aufgabe in Zukunft planvoll und zielorientiert anzugehen. Das Ziel der Wärmeplanung ist eine mittel- bis langfristige Strategie für die zukünftige Entwicklung des Wärmesektors, um die Stadtentwicklung strategisch an den beschlossenen Klimaschutzziele auszurichten und systematisch die dafür erforderlichen Weichenstellungen vornehmen zu können.

Die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung für die Stadt Seligenstadt beschreibt den Ausgangszustand des Wärmesektors auf Basis des Referenzjahres 2022. Seligenstadt zählt rund 21.600 Einwohner mit stabiler Bevölkerungsentwicklung und weist einen überwiegend wohngeprägten Gebäudebestand mit knapp 5.800 beheizten Gebäuden auf, von denen der Großteil zwischen 1949 und 1978 errichtet wurde. Der jährliche Endenergieverbrauch für Wärme beträgt rund 274 GWh, wovon etwa 78 % auf private Haushalte entfallen, während Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen rund 21 % ausmachen. Die Wärmeversorgung ist stark fossil geprägt: Erdgas dominiert mit rund 62 % den Energiemix, gefolgt von Heizöl und weiteren nicht leitungsgebundenen Energieträgern, während erneuerbare Wärme bisher nur einen geringen Anteil einnimmt. Entsprechend entstehen hohe Treibhausgasemissionen von rund 63.000 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr, überwiegend aus dem Haushaltssektor. Infrastrukturell ist nahezu das gesamte Stadtgebiet an das Gasnetz angeschlossen; ergänzend bestehen zwei kleinere Nahwärmenetze, die aktuell überwiegend erdgasbasiert betrieben werden. Insgesamt zeigt die Bestandsanalyse eine hohe Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, erhebliche Sanierungspotenziale im Gebäudebestand und damit einen klaren Handlungsbedarf für die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung.

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde sowohl das Potenzial für Energieeinsparungen als auch für erneuerbare Energieerzeugung analysiert. Durch Gebäudesanierungen und Effizienzmaßnahmen kann der Wärmebedarf bis 2045 um rund 11 % bis 27 % gesenkt werden. Ohne diese Einsparungen steigen Kosten, Infrastrukturbedarf und Umsetzungsrisiken erheblich. Auf der Angebotsseite bestehen relevante lokale Potenziale vor allem in der Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen, insbesondere durch oberflächennahe Geothermie, deren technisch nutzbares Wärmepotenzial den heutigen Wärmebedarf deutlich übersteigt. Ergänzend stehen begrenzte Potenziale aus Biomasse sowie Abwasserwärme zur Verfügung, während industrielle Abwärme, Tiefengeothermie, Windenergie und Wasserkraft keine oder nur vernachlässigbare Beiträge leisten können. Solarthermie und Photovoltaik können die Wärmewende unterstützend begleiten, sind jedoch insbesondere in der Freifläche durch Flächenverfügbarkeit, Naturschutzauflagen und Nutzungskonkurrenzen begrenzt. Der Einsatz von Wasserstoff wird aufgrund geringer Effizienz, hoher Kosten und fehlender lokaler Verfügbarkeit für den Gebäudewärmemarkt als nicht zielführend bewertet.

Den Kern der kommunalen Wärmeplanung bilden die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete und Zielszenarien. Das Stadtgebiet wird in Teilgebiete gegliedert, die anhand städtebaulicher Strukturen, Wärmedichte, Gebäudebestand, bestehender Infrastruktur und lokaler Potenziale bewertet werden. Auf dieser Grundlage wird eine voraussichtliche Wärmeversorgung ausgewiesen und zwischen dezentralen

Versorgungsgebieten (28 Teilgebiete), Wärmenetzverdichtungsgebieten (zwei Teilgebiete) und Wärmenetzprüfgebieten (vier Teilgebiete) unterschieden. Wärmenetze werden dabei gezielt für dicht bebaute Bereiche mit hoher Wärmedichte vorgesehen, während der überwiegende Teil des Stadtgebiets langfristig dezentral, vor allem über Wärmepumpen, versorgt werden soll; Wasserstoff wird für alle Teilgebiete als sehr wahrscheinlich ungeeignet bewertet. Ergänzend wurden fünf Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial identifiziert, um Sanierungsmaßnahmen räumlich zu priorisieren.

Im Zielszenario sind Wärmepumpen die tragende Säule der zukünftigen Wärmeversorgung. Die größten lokalen Potenziale liegen in der Nutzung von Umweltwärme, insbesondere über oberflächennahe Geothermie und Luft-Wasser-Wärmepumpen. Diese Technologien sind flächendeckend einsetzbar und langfristig klimaneutral. Wärmenetze bleiben strategisch wichtig, aber räumlich begrenzt. In dicht bebauten Gebieten und bestehenden Netzbereichen bieten Wärmenetze einen hohen Klimaschutz-Hebel. Ein flächendeckender Ausbau ist jedoch weder notwendig noch wirtschaftlich sinnvoll. Für spezielle Anwendungen im Gewerbe- und Industriebereich wird außerdem mit dem Einsatz von Biomasse in Form von Holz gerechnet.

Der Maßnahmenkatalog konkretisiert diese Strategie in Maßnahmen für priorisierte Handlungsfelder, darunter der gezielte Ausbau von Wärmenetzen, Quartiersansätze, Informations- und Beratungsangebote für Bürgerinnen, Bürger und Unternehmen sowie der Aufbau geeigneter Verwaltungs- und Kommunikationsstrukturen. Ergänzend wird ein Controlling- und Monitoringkonzept vorgestellt, das die gesetzlich geforderte Fortschreibung der Wärmeplanung, die Überwachung zentraler Indikatoren und die regelmäßige Bewertung des Umsetzungsfortschritts sicherstellt. Die Verstetigungsstrategie verdeutlicht, dass die Wärmewende eine dauerhafte kommunale Aufgabe ist, die politische Beschlüsse, personelle Ressourcen, gesicherte Finanzierungsstrukturen und eine kontinuierliche Kommunikation erfordert.

Die Wärmewende ist machbar, aber nur mit konsequenter Priorisierung. Eine klimaneutrale Wärmeversorgung Seligenstadts bis 2045 ist technisch möglich, erfordert jedoch ein koordiniertes Vorgehen aus Energieeinsparung, Elektrifizierung und gezieltem Netzausbau. Hierfür muss die Stadt Seligenstadt

- ▶ **Die Wärmewende politisch beschließen und absichern.** Den kommunalen Wärmeplan formell beschließen und damit einen verbindlichen Orientierungsrahmen für Verwaltung, Stadtentwicklung und Infrastruktur schaffen.
- ▶ **Die Kommune als Vorbild positionieren.** Kommunale Liegenschaften aktiv zur Umsetzung nutzen (Sanierung, Wärmepumpen, Netzanschlüsse) und damit Glaubwürdigkeit und Marktdynamik erzeugen.
- ▶ **Verwaltungsstrukturen und Ressourcen sichern.** Ausreichende personelle Kapazitäten, klare Zuständigkeiten und dauerhafte Strukturen für Umsetzung, Monitoring und Fortschreibung der Wärmeplanung schaffen.
- ▶ **Transparenz und Kommunikation sicherstellen.** Bürgerinnen, Bürger und Unternehmen frühzeitig, verständlich und kontinuierlich informieren, um Investitionssicherheit zu schaffen und Akzeptanz zu erhöhen.
- ▶ **Die Umsetzung steuern und den Fortschritt messen.** Regelmäßiges Controlling, Monitoring der Indikatoren und politische Begleitung der Maßnahmen fest etablieren, um Zielabweichungen früh zu erkennen und nachzusteuern.

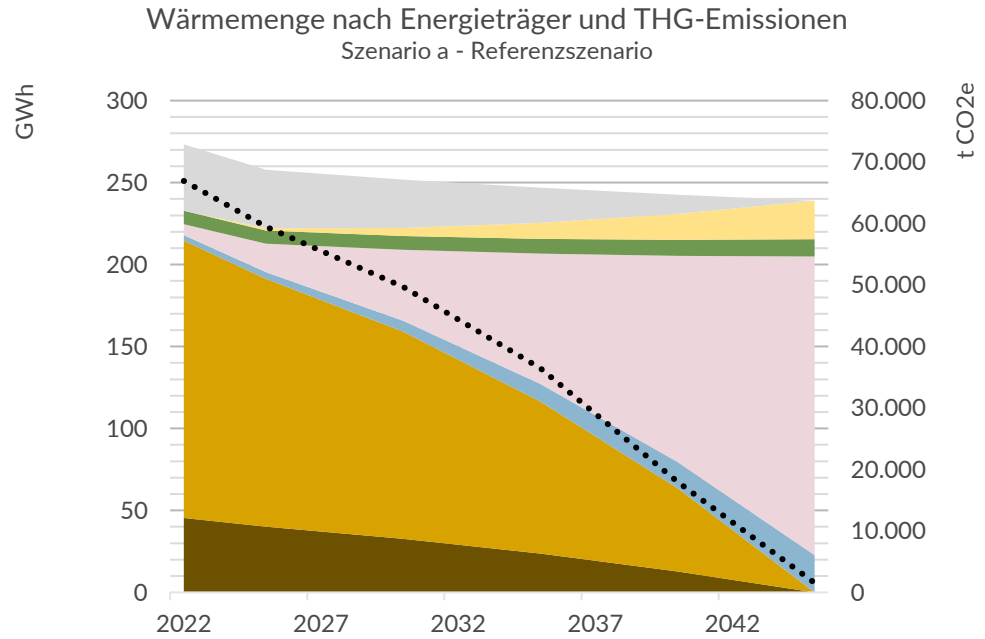
9 Literaturverzeichnis

- [1] Hessen Agentur, „Hessen Gemeindelexikon,“ 04 03 2026. [Online]. Available: https://www.hessen-gemeindelexikon.de/gemeindelexikon_PDF/438013.pdf.
- [2] Prognos AG; ifeu, *Technikkatalog Wärmeplanung*, B. f. W. u. K. (BMWK) und B. f. W. S. u. B. (BMWSB), Hrsg., 2024.
- [3] Deutscher Wetterdienst, „Klimafaktoren (KF) für Energieverbrauchsausweise,“ 12 2023. [Online]. Available: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html#:~:text=Witterungsbereinigun%20mit%20Klimafaktoren,je%20gr%C3%B6%C3%9Fer%20der%20Klimafaktor%20ist..>
- [4] WPG, 2024.
- [5] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister,“ 21 November 2023. [Online]. Available: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>.
- [6] AG Energiebilanzen e.V., „Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland,“ 13 März 2024. [Online]. Available: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/01/AGEB_22p2_rev-1.pdf.
- [7] Regionalverband FrankfurtRheinMain, „Statistik-Viewer Flächennutzung,“ 2024. [Online]. Available: <https://service.region-frankfurt.de/ia/regionalverband/flaechennutzung/atlas.html?>
- [8] Umweltbundesamt, 27 November 2023. [Online]. Available: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/uba_ad_hoc_papier_abwasserwaerme.pdf.
- [9] LfU, „Geothermie,“ 29 Juli 2025. [Online]. Available: <https://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm>.
- [10] HLNUG, „Geologie Viewer Hessen,“ 2026. [Online]. Available: <https://geologie.hessen.de/mapapps/resources/apps/geologie/index.html?lang=de>.
- [11] M. Miara, D. Günther, T. Kramer, T. Oltersdorf und J. Wapler, „Wärmepumpen Effizienz – Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz,“ Fraunhofer ISE, 2011.
- [12] B. d. D. I. e. BDI, „Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft,“ Boston Consulting Group, 2021.
- [13] Umweltinstitut München e.V., 2025. [Online]. Available: <https://umweltinstitut.org/energie-und-klima/wasserstoff/kein-wasserstoff-waermeplanung/?>.
- [14] NetzDienste-RheinMain, 2025. [Online]. Available: <https://www.nrm-netzdienste.de/de/ueber-nrm/wasserstoff>.
- [15] DEN GmbH, febis Service GmbH, merkWATT, „Klimaschutzkonzept Seligenstadt,“ Stadt Seligenstadt, 2013.

- [16] ifeu, Öko-Institut, Universität Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held, Prognos AG, Fraunhofer ISI, *Leitfaden Wärmeplanung*, B. BMWK, Hrsg., 2024.
- [17] ifeu, Öko-Institut, Universität Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held, Prognos AG, Fraunhofer ISI, „Leitfaden Wärmeplanung,“ Juni 2024. [Online]. Available: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/leitfaden-waermeplanung-lang.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am Juni 2024].
- [18] S. Weck-Ponten, *Simulationsbasiertes Mehrebenen-Planungswerkzeug für geothermische Wärmepumpensysteme*, RWTH Aachen, 2023.

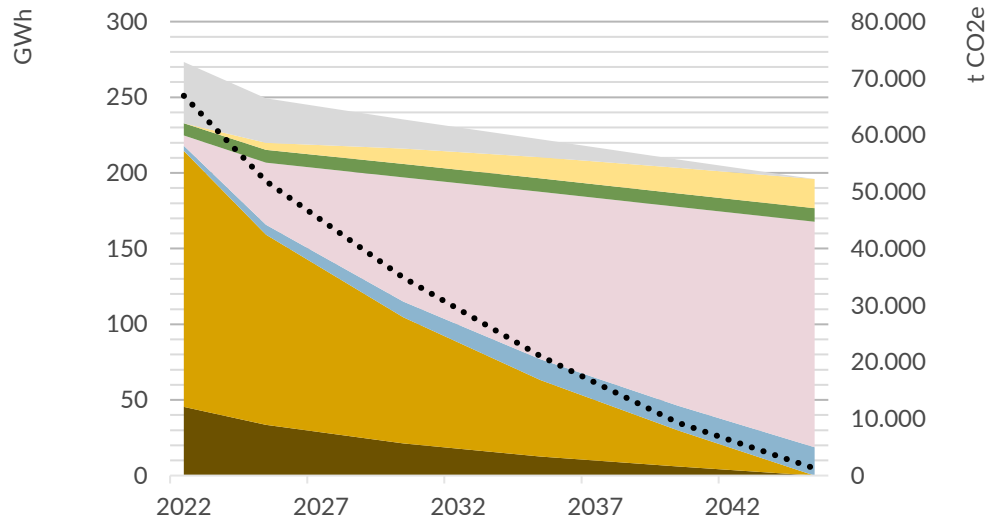
10 Anhang

Anhang 1 - Energiekennwerte



| | 2022 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| ■ Sonstige | 40 | 36 | 29 | 22 | 12 | - |
| ■ Solarthermie | - | 1 | 5 | 10 | 16 | 23 |
| ■ Holz | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 |
| ■ Wärmepumpe | 7 | 17 | 43 | 79 | 126 | 182 |
| ■ Wärmenetz | 3 | 4 | 7 | 11 | 16 | 23 |
| ■ Erdgas | 169 | 151 | 126 | 93 | 51 | - |
| ■ Heizöl | 45 | 40 | 33 | 24 | 13 | - |
| GESAMT | 273 | 258 | 252 | 247 | 243 | 239 |
| THG-Emissionen [t CO ₂] | 66.942 | 59.486 | 49.721 | 36.483 | 17.971 | 1.547 |

Wärmemenge nach Energieträger und THG-Emissionen
Szenario b - Klimaschutzszenario



| | 2022 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| ■ Sonstige | 40 | 29 | 19 | 12 | 6 | - |
| ■ Solarthermie | - | 5 | 10 | 14 | 17 | 19 |
| ■ Holz | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| ■ Wärmepumpe | 7 | 41 | 82 | 111 | 131 | 149 |
| ■ Wärmenetz | 3 | 6 | 10 | 14 | 16 | 19 |
| ■ Biomethan | - | - | - | - | - | - |
| ■ Erdgas | 169 | 126 | 83 | 51 | 24 | - |
| ■ Heizöl | 45 | 34 | 21 | 13 | 6 | - |
| GESAMT | 273 | 249 | 235 | 222 | 209 | 196 |
| THG-Emissionen [t CO2] | 66.942 | 51.871 | 34.870 | 21.064 | 9.334 | 1.271 |

| Nutzbares Endenergiepotenzial aus... | Theoretische Energiemenge |
|--|---|
| Biomasse | 17 GWh/a |
| Wärme aus Abwasser | 12,7 GWh/a |
| Wärme aus Oberflächengewässern | Nicht beziffert |
| Tiefengeothermie | 0 GWh/a |
| Oberflächennahe Geothermie - Sonden | 1165 GWh/a |
| Oberflächennahe Geothermie - Kollektoren | 540 GWh/a |
| Solarthermie | 1.283 GWh/a |
| Industrielle Abwärme | 0 GWh/a |
| Abwärme an den Kläranlagen | Nicht beziffert, wird bereits vollständig genutzt |
| Wasserstoff | 0 GWh/a (aktuell keine Planungen bekannt) |

Anhang 2 – THG-Emissionsfaktoren

Tabelle 10-1: Emissionsfaktoren der Energieträger für die Jahre 2025 bis 2045 in fünfjahresritten aus dem Technikatalog [2]

| Emissionsfaktoren der Energieträger in gCO ₂ -e/kWh | 2022 (Bestand) | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|--|----------------|------|------|------|------|
| Heizöl | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 |
| Erdgas | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 |
| Biomasse | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Biogas | 139 | 137 | 133 | 130 | 126 |
| Solarthermie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Strom | 499 | 260 | 110 | 45 | 25 |
| Wärmepumpe* | 156 | 81 | 34 | 14 | 8 |
| Wärmenetze in Seligenstadt | 240 | 215 | 172 | 123 | 73 |

* Für Wärmepumpen wird auf Basis einer Jahresarbeitszahl von 3,2 der Emissionsfaktor für Strom eingesetzt. Daraus ergeben sich die hier berechneten Werte.

Anhang 3 – Spezifische Energieverbräuche nach Gebäudetypen und Baualtersklassen

In Tabelle 10-2, Tabelle 10-3, Tabelle 10-4 und Tabelle 10-5 sind die spezifischen Energieverbräuche nach Gebäudetypen für die verschiedenen Baualtersklassen aufgelistet.

Tabelle 10-2: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualtersklasse im Einfamilienhaus (EFH) in Anlehnung an [17]

| Baualtersklasse | Spezifischer Energieverbrauch heute [kWh / m ²] | Einsparung [kWh / m ²] | Spezifischer Energieverbrauch nach Sanierung [kWh / m ²] | Einsparung [%] |
|--|---|------------------------------------|--|----------------|
| WG-EFH – Referenzszenario (geringe Sanierungstiefe) | | | | |
| bis 1918 | 113 | 33 | 80 | 29 |
| 1919-1948 | 103 | 48 | 55 | 47 |
| 1949-1978 | 93 | 28 | 65 | 30 |
| 1979-1994 | 87 | 38 | 49 | 44 |
| 1995-2011 | 62 | 5 | 57 | 8 |
| 2012-2020 | 48 | 0 | 48 | 0 |
| 2021-2035 | 39 | 0 | 39 | 0 |

| WG -EFH – Klimaschutzscenario (hohe Sanierungstiefe) | | | | |
|---|-----|----|----|----|
| bis 1918 | 113 | 52 | 61 | 46 |
| 1919-1948 | 103 | 55 | 48 | 53 |
| 1949-1978 | 93 | 41 | 52 | 44 |
| 1979-1994 | 87 | 38 | 49 | 44 |
| 1995-2011 | 62 | 23 | 39 | 37 |
| 2012-2020 | 48 | 0 | 48 | 0 |
| 2021-2035 | 39 | 0 | 39 | 0 |

Tabelle 10-3: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualterklasse im Mehrfamilienhaus (MFH) in Anlehnung an [17]

| Baualterklasse | Spezifischer Energieverbrauch heute [kWh / m ²] | Einsparung [kWh / m ²] | Spezifischer Energieverbrauch nach Sanierung [kWh / m ²] | Einsparung [%] |
|--------------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------|
| WG-MFH - Referenzscenario | | | | |
| bis 1918 | 98 | 24 | 74 | 24 |
| 1919-1948 | 94 | 42 | 52 | 45 |
| 1949-1978 | 86 | 22 | 64 | 26 |
| 1979-1994 | 80 | 32 | 48 | 40 |
| 1995-2011 | 67 | 13 | 54 | 19 |
| 2012-2020 | 43 | 0 | 43 | 0 |
| 2021-2035 | 42 | 0 | 42 | 0 |
| WG -MFH – Klimaschutzscenario | | | | |
| bis 1918 | 98 | 37 | 61 | 38 |
| 1919-1948 | 94 | 48 | 46 | 51 |
| 1949-1978 | 86 | 40 | 46 | 47 |
| 1979-1994 | 80 | 34 | 46 | 43 |
| 1995-2011 | 67 | 29 | 38 | 43 |
| 2012-2020 | 43 | 0 | 43 | 0 |
| 2021-2035 | 42 | 0 | 42 | 0 |

Tabelle 10-4: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualterklasse für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen in Anlehnung an [17]

| Baualterklasse | Spezifischer Energieverbrauch heute [kWh / m ²] | Einsparung [kWh / m ²] | Spezifischer Energieverbrauch nach Sanierung [kWh / m ²] | Einsparung [%] |
|-----------------------------------|---|------------------------------------|--|----------------|
| NWG-GHD – Referenzscenario | | | | |
| bis 1978 | 133 | 21 | 112 | 16 |
| bis 2009 | 69 | 10 | 59 | 14 |

| | | | | |
|---------------------------------------|----|----|----|----|
| ab 2010 | 45 | 2 | 43 | 4 |
| NWG -GHD - Klimaschutzscenario | | | | |
| bis 1918 | 98 | 37 | 90 | 32 |
| 1919-1948 | 94 | 48 | 43 | 37 |
| 1949-1978 | 86 | 40 | 32 | 30 |

Tabelle 10-5: Spezifischer Energieverbrauch nach Baualtersklasse für Industrie in Anlehnung an [17]

| Baualtersklasse | Spezifischer Energieverbrauch heute [kWh / m ²] | Mittlere Jährliche Reduktion [%] | Spezifischer Energieverbrauch nach Sanierung [kWh / m ²] | Einsparung [%] |
|---|---|----------------------------------|--|----------------|
| NWG-Industrie - Referenzscenario | | | | |
| bis 1978 | 44 | -1,8 | 26 | 41 |
| bis 2009 | 20 | -1,6 | 13 | 35 |
| ab 2010 | 9 | -0,2 | 8 | 11 |
| NWG -Industrie - Klimaschutzscenario | | | | |
| bis 1918 | 44 | -2,6 | 18 | 59 |
| 1919-1948 | 20 | -2,4 | 9 | 55 |
| 1949-1978 | 9 | -0,8 | 7 | 22 |