



**Kommunale  
Wärmeplanung**

**Bericht  
FÜR DIE STADT  
Villingen-Schwenningen**

Villingen-Schwenningen 

**Projektpartner**

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Stadt Villingen-Schwenningen und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

**Auftraggeber**

Stadt Villingen-Schwenningen

Winkelstraße 9  
78056 Villingen-Schwenningen

Tel.: +49 7720 822821

**Ansprechpartner\*innen:**

Petra Neubauer  
Matthias Hausmann

**Auftragnehmer**

energielenker projects GmbH

Auberlenstraße 13 B  
70736 Fellbach

Tel.: +49 520387-10

**Ansprechpartner\*innen:**

Martin Mende  
Anika Scherenberg

|  |    |
|--|----|
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....  | 6  |
| 1 EINLEITUNG .....   | 8  |
| 2 KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG.....  | 9  |
| 2.1 WAS IST DIE KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG .....                                   | 9  |
| 2.2 HINTERGRUND UND MOTIVATION .....   | 10 |
| 2.3 VORGEHENSWEISE UND PROJEKTPLANUNG .....                                    | 11 |
| 2.3.1 Energie- und CO2-Bilanz .....  | 11 |
| 2.3.2 Potentialanalyse / Aufstellung Szenarien .....                           | 12 |
| 2.3.3 Akteur:innenbeteiligung .....  | 12 |
| 2.3.4 Aufstellung Maßnahmenkatalog.....  | 13 |
| 3 DARSTELLUNG DER AUSGANGSSITUATION .....                                      | 15 |
| 3.1 KOMMUNALE BASISDATEN .....   | 15 |
| 3.1.1 Demografische Entwicklung.....   | 15 |
| 3.1.2 Energieversorgung.....   | 16 |
| 3.1.3 Wirtschaft .....   | 16 |
| 3.1.4 Verkehrliche Anbindung.....  | 16 |
| 3.2 METHODIK DER DATENAUSWERTUNG .....   | 17 |
| 3.3 ENDENERGIESATZ ZUR WÄRMEBEREITSTELLUNG UND<br>TREIBHAUSGASEMISSIONEN ..... | 18 |
| 3.3.1 Endenergiesatz zur Wärmebereitstellung Stadt Villingen-Schwenningen.     | 18 |
| 3.3.2 THG-Emissionen in der Stadt Villingen-Schwenningen.....                  | 21 |
| 3.4 AUSWERTUNG DER ANLAGENTECHNIK .....  | 22 |
| 3.5 WÄRMEBEDARF.....   | 26 |
| 4 TECHNOLOGIEMATRIX.....   | 28 |
| 4.1 WÄRMEVERSORGUNGSINFRASTRUKTUR.....   | 28 |
| 4.1.1 Zentrale Wärmeversorgung .....   | 29 |
| 4.1.2 Keimzellen.....  | 29 |
| 4.1.3 Ebene Einzelgebäude .....  | 29 |
| 4.1.4 Wärmespeicher .....  | 30 |
| 4.1.5 Erdgasnetz.....  | 30 |
| 4.2 WÄRMEERZEUGUNGSTECHNOLOGIEN .....  | 32 |
| 4.2.1 Lokale Biomasse.....   | 33 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.2.2  | Solare Wärmenetze.....  | 34 |
| 4.2.3  | Wärmepumpen .....   | 35 |
| 4.2.4  | Geothermie.....   | 36 |
| 4.2.5  | Abwasserwärme.....  | 37 |
| 4.2.6  | Fluss-, See- und Grundwasserwärme.....                              | 38 |
| 4.2.7  | Abwärmennutzung aus Industrie und Gewerbe .....                     | 39 |
| 4.2.8  | Power-to-Heat.....  | 41 |
| 4.2.9  | Power-to-Gas (Synthetische Gase, Wasserstoff).....                  | 42 |
| 4.2.10 | All electric.....   | 43 |
| 5      | POTENZIALANALYSE .....  | 44 |
| 5.1    | SANIERUNG DER WOHN- UND KÖNNENLICHEN<br>GEBÄUDE .....               | 44 |
| 5.2    | PHOTOVOLTAIK .....  | 46 |
| 5.3    | SOLARTHERMIE.....   | 49 |
| 5.4    | BIOMASSE.....   | 50 |
| 5.5    | WINDENERGIE.....  | 51 |
| 5.6    | GEOTHERMIE.....   | 52 |
| 5.6.1  | Erdwärmekollektoren.....  | 52 |
| 5.6.2  | Erdwärmesonden.....   | 53 |
| 5.6.3  | Thermische Nutzung von Oberflächengewässern.....                    | 54 |
| 5.6.4  | Hydrothermale Grundwassernutzung.....                               | 54 |
| 5.6.5  | Abwasserwärmennutzung.....  | 56 |
| 5.7    | ABWÄRMENUTZUNG .....  | 57 |
| 5.8    | ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE .....                                | 57 |
| 6      | SZENARIENENTWICKLUNG .....  | 59 |
| 6.1    | DIFFERENZIERUNG TREND- UND KLIMASCHUTZSZENARIO ....                 | 59 |
| 6.2    | TRENDSZENARIO.....  | 60 |
| 6.3    | KLIMASCHUTZSZENARIO.....  | 62 |
| 6.4    | FAZIT/VERGLEICH DER SZENARIEN.....                                  | 64 |
| 7      | IDENTIFIKATION VON HOTSPOTS FÜR WÄRMEBEDARFE IM<br>STADTGEBIET..... | 65 |
| 7.1    | MAßNAHMENÜBERSICHT .....  | 67 |
| 8      | ENERGIEPLAN VILLINGEN-SCHWENNINGEN.....                             | 89 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.1  | AKTEUR:INNEN.....   | 91  |
| 9    | ZUSAMMENFASSUNG.....  | 93  |
| 10   | FÖRDERMÖGLICHKEITEN .....   | 95  |
|      | BAFA: BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE WÄRMENETZE (BEW)<br>.....                | 95  |
| 10.1 | KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ (KWKG) .....                                      | 96  |
| 10.2 | ERNEUERBARE ENERGIEN-STANDARD (270) .....                                     | 98  |
| 10.3 | KFW 430: ENERGIEEFFIZIENT SANIEREN .....                                      | 99  |
| 10.4 | IKK/IKU – ENERGETISCHE STADTSANIERUNG –<br>QUARTIERSVERSORGUNG (201,202)..... | 100 |
| 10.5 | INNOVATIVE KWK-SYSTEME.....   | 101 |
| 10.6 | KOMMUNALE KLIMASCHUTZ-MODELLPROJEKTE.....                                     | 102 |
| 11   | LITERATURVERZEICHNIS.....   | 105 |

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 2-1: Projektplan (Quelle: energielenker projects GmbH).....   | 11 |
| Abbildung 2-2: Akteursnetzwerk für die kommunale Wärmeplanung (Quelle: energielenker projects GmbH).....  | 12 |
| Abbildung 2-3: Arbeitsphasen der kommunalen Wärmeplanung (Quelle: energielenker projects GmbH).....   | 14 |
| Abbildung 3-1: Ortteile der Stadt Villingen-Schwenningen (Quelle: Visit-Website der Stadt Villingen-Schwenningen) Quelle: <a href="https://duva-server.de/VISITS/StartPageGeneratorService?">https://duva-server.de/VISITS/StartPageGeneratorService?</a> ..... | 15 |
| Abbildung 3-2. Energieeinsatz der Stadt Villingen-Schwenningen nach Sektoren und Energieträger .....  | 20 |
| Abbildung 3-3: THG-Emissionen nach Sektoren - Stadt Villingen-Schwenningen (energielenker projects GmbH) .....  | 22 |
| Abbildung 3-4: Anteile der Gas- und Ölheizungen - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen (energielenker projects GmbH: Datengrundlage Schornsteinfeger Villingen-Schwenningen).....   | 23 |
| Abbildung 3-5: Bestand der Gas- und Ölheizungen nach Leistungsklassen - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen.....   | 23 |
| Abbildung 3-6: Bestand an Feststoffanlagen - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen   | 24 |
| Abbildung 3-7: Bestandsverteilung der Einzelfeuerungsanlagen .....  | 24 |
| Abbildung 3-8: Bestand an Blockheizkraftwerken - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen (energielenker projects GmbH: Datengrundlage Stadtwerke, Abfrage) .....   | 25 |
| Abbildung 3-9: Prozentuale Verteilung der erfassten Energieträger (energielenker projects GmbH; Datengrundlage Schornsteinfeger VS, Stadtwerke VS).....   | 26 |
| Abbildung 4-1: Komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien (KEA-BW, Grafik verändert nach Reasearch Center 4DH, Universität Aalborg. Abkürzung WP:Wärmepumpe) .....  | 31 |
| Abbildung 4-2: Wärmespezifischer Urbanitätsgrad in Abhängigkeit von Wärmedichte und Siedlungstyp (Quelle: Roedel & Partner) .....   | 32 |
| Abbildung 4-3: Prinzip Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Biomasse ( Quelle: <a href="http://www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse">www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse</a> ) .....   | 33 |
| Abbildung 4-4 Freiflächen-Solarthermieanlage in Crailsheim (Quelle: <a href="http://www.sonnewindwaerme.de/solarthermie/solare-waerменetze-baden-wuerttemberg">www.sonnewindwaerme.de/solarthermie/solare-waerменetze-baden-wuerttemberg</a> ) .....            | 34 |
| Abbildung 4-5: Wärmeerzeugung durch die Nutzung von Geothermie (Quelle: <a href="http://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm">www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm</a> ).....   | 36 |
| Abbildung 4-6: Nutzung von Abwasserwärme (Quelle: <a href="http://www.um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung/">www.um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung/</a> ).....                   | 37 |
| Abbildung 4-7: Energieintensität verschiedener Branchen (Quelle: Hirtzel und Sonntag).....  | 39 |
| Abbildung 4-8: Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme in Abhängigkeit vom Temperaturniveau (Quelle: dena).....  | 40 |
| Abbildung 4-9: Funktionsweise Elektrodenheizkessel (Quelle: Stadtwerke Flensburg) .....   | 41 |
| Abbildung 4-10: Das Prinzip von „Power-to-Gas“ (Quelle: Fraunhofer Institut).....   | 42 |

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 5-1: mögliche Einsparungen bei Erreichung verschiedener Sanierungsraten .....  | 45 |
| Abbildung 5-2: Ausschnitt aus dem Energieatlas des Landes Baden-Württemberg - Solarpotenzial auf Dachflächen (Quelle: Energieatlas LUBW) ..... | 46 |
| Abbildung 5-3: Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind (Quelle: UBA, 2008) .....    | 55 |
| Abbildung 6-1: Trendszenario Villingen-Schwenningen (Quelle: energielenker projects GmbH).....   | 61 |
| Abbildung 6-2: Entwicklungen der THG-Emissionen im Trendszenario (Quelle: energielenker projects GmbH).....                                    | 61 |
| Abbildung 6-3: Entwicklung Wärmebedarf im Klimaschutzszenario (Quelle: energielenker projects GmbH).....                                       | 62 |
| Abbildung 6-4:Entwicklungen der THG-Emissionen im Klimaschutzszenario (Quelle: energielenker projects GmbH).....                               | 63 |
| Abbildung 30: Hotspots der Stadt Villingen-Schwenningen, aus Bestands- und Potenzialanalyse .....  | 67 |
| Abbildung 8-1: Energieplan Villingen-Schwenningen (Quelle: energielenker projects GmbH).....   | 89 |

## 1 EINLEITUNG

Im Kontext der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls und des Ziels der Staatengemeinschaft, die globale Erwärmung auf maximal 2° Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, hat Deutschland sich zu einem aktiven Klimaschutz verpflichtet. Nicht zuletzt durch die UN-Klimakonferenz in Paris im Winter 2015, in deren Rahmen ein Folgeabkommen zum Kyoto-Protokoll (Festlegung von weltweit verbindlichen Klimazielen) verabschiedet wurde, ist die weltweite Verpflichtung zu mehr Klimaschutz auf nationaler Ebene bestätigt worden. Gleichzeitig ist und bleibt klar: Die Klimaschutzziele sind nur zu erreichen, wenn vor Ort konkrete Klimaschutzinitiativen und -projekte gestartet und umgesetzt werden.

Weltweit können Temperaturanstiege, schmelzende Gletscher und Pole, ein ansteigender Meeresspiegel, Wüstenbildung und Bevölkerungswanderungen als Auswirkungen des Klimawandels beobachtet werden. Obwohl das Ausmaß der von der Erwärmung abhängigen Szenarien zum jetzigen Zeitpunkt kaum vorhersagbar ist, sind auch in Deutschland die Folgen des Klimawandels deutlich spürbar, wie die steigende Anzahl extremer Wetterereignisse (z.B. in 2014 „Pfingststurm Ela“), Ausbreitung von wärmeliebenden Tierarten (z.B. tropische Mückenarten am Rhein) oder die stetig steigende jährliche Durchschnittstemperatur (z.B. Sommer 2018) verdeutlichen.

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung gesetzlich verankert, den bundesweiten Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen bis 2030 um 65 Prozent, bis 2040 88 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Bis zum Jahr 2045 soll Deutschland die Treibhausgasneutralität erreichen. (vgl. BKG 2021, S. 5). Darüber hinaus hat sich Deutschland auf dem UN-Klimaschutzgipfel in New York dazu bekannt, Treibhausgasneutralität bis 2050 als langfristiges Ziel zu verfolgen (BMU 2019). Das soll vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden.

Um dies zu erreichen, hat das Land Baden-Württemberg im Gesetzesbeschluss zur Weiterentwicklung des Klimaschutzes vom 14. Oktober 2020 die kommunale Wärmeplanung für Stadtkreise und große Kreisstädte in Baden-Württemberg verpflichtend festgeschrieben, und damit die Relevanz der regionalen und lokalen Ebene bei der Umsetzung der Wärmewende deutlich hervorgehoben. Mittlerweile ist die kommunale Wärmeplanung im neuen Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) geregelt.

Um die kommunale Wärmeversorgung umsetzen zu können ist es notwendig technologieoffen zu sein. Das heißt, verschiedene Quellen zu untersuchen und zum Einsatz zu bringen, sowie vorhandene Strukturen weiter zu nutzen und an geeigneten Stellen auf- bzw. auszubauen.

## 2 KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

### 2.1 WAS IST DIE KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Instrument, welches den Kommunen ermöglicht, das Thema Wärme im Rahmen der nachhaltigen Stadtentwicklung zu gestalten. Dabei entwickeln die Kommunen eine langfristige Strategie zur Umstellung der Wärmeversorgung auf Klimaneutralität, die die örtlichen Gegebenheiten bestmöglich berücksichtigt. Dies beinhaltet eine Analyse des Wärmebedarfs vor Ort sowie Maßnahmen, um diesen zukünftig mit erneuerbaren und emissionsfreien Energien zu decken.

Die Wärmeplanung bietet den Kommunen einen starken Hebel, um die Energiewende im Wärmebereich sowohl schneller als auch effizienter voranzutreiben. Der ganzheitliche und konsequente Ansatz, der auf Klimaneutralität ausgerichtet ist, gibt der Verwaltung und den kommunalen Entscheidungsträgern eine strategische Handlungsgrundlage und einen Fahrplan, der ihnen in den kommenden Jahren Orientierung und einen Handlungsrahmen bietet. Durch die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung in einem Rhythmus von sieben Jahren wird sichergestellt, dass die Ergebnisse auf dem neuesten Stand sind. Ein Wärmeplan ersetzt jedoch niemals eine detaillierte Planung eines Wärmenetzes vor Ort oder eine umfassende Betrachtung in einem bestimmten Quartier.

Die Bestimmungen zum Umfang, Inhalt und den damit verbundenen Befugnissen der kommunalen Wärmeplanung werden im Klimaschutzgesetz von 2020 für alle Kommunen festgelegt, unabhängig von ihrer Einwohnerzahl oder ihrem Status. Die großen Kreisstädte und Stadtkreise sind gemäß dem Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg verpflichtet, einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen (siehe § 27 Nr.3 KlimaG BW) (KEA-BW, Die Landesagentur, 2023). Die übrigen Kommunen werden ab Oktober 2021 durch ein Förderprogramm finanziell bei dieser wichtigen Aufgabe unterstützt. Ziel der Landesregierung Baden-Württemberg ist es, dass bis 2026 50 % der Gemeinden eine freiwillige kommunale Wärmeplanung vorliegen haben, während die 103 Stadtkreise und größeren Kreisstädte im Land zur kommunalen Wärmeplanung verpflichtet sind (KEA-BW, Die Landesagentur, 2023).

Am 17. November 2023 wurde das Bundes Wärmeplanungsgesetz verabschiedet. Nach diesem Gesetz sind die Bundesländer nun verpflichtet sicherzustellen, dass flächendeckend Wärmepläne erstellt werden. In der Regel übernehmen Städte und Gemeinden diese Aufgabe. Die Wärmepläne müssen bis zum 30. Juni 2026 für Großstädte (Gemeindegebiete mit mehr als 100.000 Einwohnern) und bis zum 30. Juni 2028 für Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern vorliegen. Das Gesetz tritt am 1. Januar 2024 in Kraft. Gemäß § 5 des Bundes Wärmeplanungsgesetzes besteht für bestehende oder in Aufstellung befindliche Wärmepläne nach Landesrecht Bestandsschutz. Eine Anpassung an die Bundesvorgaben muss gemäß dem Gesetz im Rahmen der nach Landesrecht vorgesehenen ersten Fortschreibung erfolgen, spätestens jedoch bis zum 1. Juli 2030.

## 2.2 HINTERGRUND UND MOTIVATION

Die Villingen-Schwenningen hat die Aufgabe des Klimaschutzes bereits in der Vergangenheit als eine wichtige kommunale Aufgabe verstanden und befasst sich daher seit mehreren Jahren mit Maßnahmen zur Einschränkung der Treibhausgasmissionen auf dem Stadtgebiet. Schon seit 2017 wurde ein integriertes Stadtentwicklungskonzept erarbeitet, in dem die Stadt Villingen-Schwenningen Leitlinien für den Klimaschutz entwickelt hat. Bis heute wird dieser Prozess fortgeführt. Im Jahr 2019 wurde eine Klimaschutzmanagementstelle als zentrale Koordinationsstelle für Klimaschutz geschaffen. Im gleichen Jahr hat die Stadt Villingen-Schwenningen sich bereit erklärt den European-Energy-Award durchzuführen und ist zudem dem Klimaschutzpakt des Landes Baden – Württemberg beigetreten. Zuletzt wurde 2020 die Stelle eines Mobilitätsmanagers geschaffen. Darüber hinaus wird eine Rezertifizierung im Rahmen des European-Energy-Award angestrebt.

Mit dem vorliegendem kommunalen Wärmeplan sollen neue klimapolitische Themenfelder erschlossen werden. Eine Vernetzung zwischen den relevanten Akteur:innen und Verbrauchssektoren in Villingen-Schwenningen soll zu mehr Energieeffizienz sowie zur Erhöhung der Wärmeerzeugung aus regenerativen Energiequellen beitragen. Daher werden im Erstellungsprozess des Konzeptes verstärkt Wirtschaftsunternehmen betrachtet, die mit ihrem hohen Energiebedarf und gleichzeitiger Nähe zu anderen Energieverbrauchern und -erzeugern, ein großes Potential für eine integrierte Wärmenutzung bieten.

Auch bereits bestehende Einzelaktivitäten und Projektansätze sollen aufgenommen, gebündelt, weiterentwickelt und ergänzt werden. Auf diese Weise erhält die Stadt Villingen-Schwenningen ein Instrument, mit dem die zukünftige Energie- und Klimaarbeit konzeptionell nachhaltig gestaltet werden kann. Die Erarbeitung des Konzeptes erfolgt in Zusammenarbeit mit lokalen Akteur:innen, um nachhaltige Projektansätze zu schaffen und Multiplikatoren- und Synergieeffekte zu nutzen. Denn der Erfolg des Konzeptes hängt wesentlich davon ab, inwieweit die lokalen Akteur:innen und weitere Aktive in Villingen-Schwenningen tätig werden und zum Mitmachen animiert werden. Denn nur durch die umfassende Aktivität Vieler sind die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen.

## 2.3 VORGEHENSWEISE UND PROJEKTPLANUNG

Zur erfolgreichen Erstellung der kommunalen Wärmeplanung 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 gliedern:

1. Bestandsaufnahme mit quantitativer Energie- und THG-Bilanz
2. Berechnung der Potentiale und Aufstellung von Szenarien
3. Akteur:innen Beteiligung
4. Erstellung eines Maßnahmenkatalogs
5. Verstetigung, Controlling und Berichtserstellung

Die nachfolgende Abbildung visualisiert die Zeitschiene und die seitens der Stadt Villingen-Schwenningen gewählte Vorgehensweise zur Erstellung des Konzeptes. Nachstehend werden wesentliche Bausteine der kommunalen Wärmeplanung erläutert.

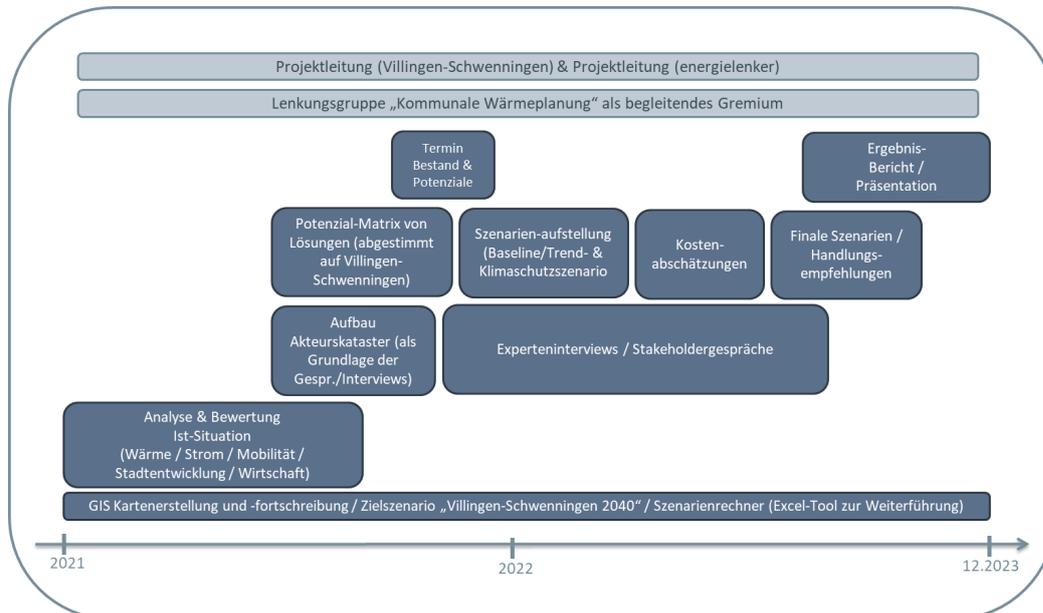


Abbildung 2-1: Projektplan (Quelle: energielenker projects GmbH)

### 2.3.1 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Mit der Aufstellung der Energie- bzw. Wärme- und CO<sub>2</sub>-Bilanz wird zunächst der Status quo des Wärmeverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf dem Gebiet der Stadt Villingen-Schwenningen festgestellt. Die Höhe und die Verteilungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Sektoren Haushalte, Wirtschaft sowie die Art der eingesetzten Energieträger nimmt Einfluss auf festzulegende Themenschwerpunkte und die Definition einzubindender Akteur:innen.

### 2.3.2 Potentialanalyse / Aufstellung Szenarien

Auf Basis der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz und unter Berücksichtigung der Entwicklungspotentiale sowie der Ziele der Stadt Villingen-Schwenningen werden CO<sub>2</sub>-Minderungs Potentiale bestimmt und Entwicklungsszenarien für die Jahre 2030 und 2045 aufgestellt. Mit Hilfe der Szenarien können konkrete Klimaschutzziele für die Stadt Villingen-Schwenningen abgeleitet werden.

### 2.3.3 Akteur:innenbeteiligung

Um den Erfolg und die Akzeptanz einer kommunalen Wärmeplanung zu gewährleisten, ist es wichtig, dass die lokalen Akteur:innen und die Öffentlichkeit aktiv beteiligt und informiert werden. Daher wurden zu Beginn im Rahmen einer Akteursanalyse die relevanten Akteure identifiziert und deren Erwartungen an die KWP erfasst.

Die Erarbeitung des Konzeptes erfolgt mit der Teilnahme und Unterstützung zahlreicher Akteur:innen.

Neben Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadtverwaltung und der Politik sind hier vor allem die Energieversorger sowie lokale Unternehmen zu nennen, die in den Prozess der Konzepterstellung einbezogen wurden. Dabei wurden insbesondere anfangs aufgrund der Covid-19-Einschränkungen vor allem auch Online-Angebote genutzt.

Im Rahmen des Beteiligungsprozess wurde daher unter anderem eine Abfrage der produzierenden Betriebe nach ihrem Abwärmepotenzial und diesbezüglich Gespräche mit verschiedenen Firmen durchgeführt. Neben Informationen rund um die kommunale Wärmeplanung und Fördermöglichkeiten wurde der bzw. die Firmeninhaber:in bezüglich der Nutzung von Abwärme und zu Wärmeverbänden befragt. Im Rahmen des Erarbeitungsprozesses der KWP erfolge darüber hinaus ein regelmäßiger Austausch mit den Projektbeteiligten und der Projektgruppe.



Abbildung 2-2: Akteursnetzwerk für die kommunale Wärmeplanung (Quelle: energienker projects GmbH)

#### 2.3.4 Aufstellung Maßnahmenkatalog

Neben der Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien ist die effiziente Energienutzung die Voraussetzung für das Gelingen der Wärmewende. Durch den Prozess der kommunalen Wärmeplanung werden Potenziale und Bedarf systematisch zusammengeführt, um Einsatzmöglichkeiten der Energiequellen in einem Wärmesystem zu definieren und vor Ort umzusetzen, um so eine klimaneutrale Lösung zu erreichen.

Die lokale Verknüpfung von Energieströmen erfordert einen integrierten Ansatz, bei dem die Sektoren Strom, Wärme systemisch betrachtet werden. Die Maßnahmen sind als Projektvorschläge zu verstehen, die zur Erreichung der energiepolitischen Ziele der Stadt Villingen-Schwenningen beitragen sollen. Diese sind spezifisch auf verschiedene Eignungsgebiete und Stadtquartiere ausgerichtet und berücksichtigen sowohl strukturelle als auch prozesshafte Aspekte auf Seiten der Stadtverwaltung. Die detaillierte Beschreibung der Fokusgebiete und geplanten Maßnahmen soll dazu beitragen, die erforderlichen Treibhausgasminderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Die kommunale Wärmeplanung dient als strategischer Handlungsrahmen und Orientierungshilfe für die anschließende Umsetzungsphase.

Die Ergebnisse und Handlungsempfehlungen des Wärmeplans dienen als Grundlage für die zukünftige Stadt- und Energieplanung der Stadt Villingen-Schwenningen. Die nachfolgende Abbildung 2-3 verdeutlicht die Arbeitsphasen der kommunalen Wärmeplanung.



Abbildung 2-3: Arbeitsphasen der kommunalen Wärmeplanung (Quelle: energienker projects GmbH)

## 3 DARSTELLUNG DER AUSGANGSSITUATION

### 3.1 KOMMUNALE BASISDATEN

Die Stadt Villingen-Schwenningen setzt sich zusammen aus den Stadtbezirken Villingen und Schwenningen und ist somit eine Doppelstadt. Die Entfernung der beiden Zentren beträgt ca. 8 Kilometer.

Die Stadt setzt sich aus 11 Stadtteilen zusammen. Die Namen und die Lage der Stadtteile werden in Abbildung 2.1 dargestellt.

Villingen-Schwenningen befindet sich im Süden von Baden-Württemberg und liegt zwischen dem Ostrand des Schwarzwaldes und der Hochmulde der Baar an der Brigach.



Abbildung 3-1: Ortsteile der Stadt Villingen-Schwenningen (Quelle: Visit-Webside der Stadt Villingen-Schwenningen) Quelle: <https://duva-server.de/VISITS/StartPageGeneratorService?>

#### 3.1.1 Demografische Entwicklung

Villingen-Schwenningen weist aktuell ein Wachstum der Bevölkerung auf und zählt 88.700 Einwohner (Stand: Mai 2023).

Eine Bevölkerungsvorausrechnung aus dem Jahr 2017, welche von der Statistikstelle Villingen-Schwenningen und dem Statistischen Landesamt BW durchgeführt wurde, geht von zwei möglichen Wachstumsszenarien aus. Einer Hauptvariante und einer Nebenvariante. Laut der Hauptvariante beträgt die Einwohnerveränderung zwischen 2019 und 2035 + 0,8 %. Die Nebenvariante beschreibt eine Abnahme um 0,6 %.

### 3.1.2 Energieversorgung

Die Stadtwerke Villingen-Schwenningen sind der lokale Energieversorger für die Stadt Villingen-Schwenningen. Neben dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen versorgen die Stadtwerke auch Niedereschach, Stankt Georgen, der Gemeinde Brigachtal und Tuningen. Mit dem Motto „Mit starken Werten. Für starke Werte.“, versorgen die Stadtwerke die Stadt mit Strom, Erdgas, Wärme und Wasser.

### 3.1.3 Wirtschaft

Villingen-Schwenningen bildet ein Oberzentrum in der Region Schwarzwald-Baar. Dabei ist Villingen-Schwenningen das wirtschaftliche Kraftzentrum der Region. Es befinden sich zahlreiche Hightech-Unternehmen im Stadtgebiet, mit dem Branchenschwerpunkt Automotive. Viele Unternehmen produzieren Kunststoff-Spritzteile, Präzisionstechnik und Elektronik für die Automobilindustrie. Außerdem werden viele Teile aus der Mess- und Regeltechnik und Mikro- und Unterhaltungstechnik in Villingen-Schwenningen gefertigt.

### 3.1.4 Verkehrliche Anbindung

Im östlichen Teil der Stadt verläuft die A81 Stuttgart -Singen. Die B27 Stuttgart-Schaffhausen, sowie die B33 Offenburg-Konstanz verlaufen quer durch die Stadt so, dass die Stadt Villingen-Schwenningen mit dem Auto gut zu erreichen ist. Beide Stadtzentren, sowohl Villingen als auch Schwenningen haben einen Bahnhof. Der Bahnhof Villingen liegt an der Schwarzwaldbahn, auf der im Stundentakt Regionalzüge zwischen Konstanz und Villingen, sowie zwischen Rottweil und Villingen verkehren. Außerdem wird der Bahnhof von einzelnen Intercity-Zügen angefahren, die bis nach Norddeutschland fahren. Der Stadtteil Schwenningen liegt auf der Bahnstrecke zwischen Villingen und Rottweil. Zusätzlich verbindet die Ringbahn den Stadtteil Schwenningen mit den Landkreisen Tuttlingen und Rottweil.

In einem Umkreis von ca. 100 km befinden sich 4 Flughäfen in den Städten Stuttgart, Basel, Zürich und Friedrichshafen.

## 3.2 METHODIK DER DATENAUSWERTUNG

Zur Entwicklung einer zukunftsfähigen Wärmestrategie ist zunächst eine Analyse der Ist-Situation erforderlich. Dazu wurden die Endenergieverbräuche aus Gas und Fernwärme aus den von der Stadt Villingen-Schwenningen zur Verfügung gestellten Daten zu Gasverbrauch und Nah- bzw. Fernwärmebedarf ermittelt.

Neben dem genannten Datensatz wurden die Daten der Bezirksschornsteinfeger für das Stadtgebiet Villingen-Schwenningen, sowie die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude von der Stadt zur Verfügung gestellt. Durch die ergänzenden Daten konnten die nicht-leitungsgebundenen Energieträger bestimmt werden.

Die Daten des Schornsteinfegers enthalten sowohl die Anzahl der jeweiligen Anlagenarten nach Energieträger als auch eine Einteilung in Leistungs-/ sowie Altersklassen.

Um von der Anlagenleistung der Ölheizungen auf die eingesetzte Endenergiemenge schließen zu können, wurden die Volllaststunden der leitungsgebundenen Energieträger anhand der, durch die Schornsteinfeger vorhandenen Leistungsdaten der Gasanlagen, ermittelt und für die Berechnung der Wärmemenge zu den nicht-leistungsgebundenen Energieträger herangezogen. Dazu erforderlich war die Mittelung der Leistungsklassen, die eine Annäherung an die tatsächlichen Endenergiewerte darstellt. Das Erfassungsschema der Daten des Schornsteinfegers umfasst keine Einteilung in Gebäudetypen oder Sektoren, sodass eine Abgrenzung anhand der Wärmeleistung vorgenommen wurde. Die Anlagen mit einer Leistung kleiner als 50 kW sind dem Privatsektor zugeordnet worden. Da die Daten der kommunalen Gebäude gebäudescharf vorlagen, konnten diese eindeutig zugeordnet werden. Durch diese Einordnung der Heizanlagen konnte die Differenz zur Gesamtanzahl dem Wirtschaftssektor zugewiesen werden.

Keine Daten liegen zur Wärmebereitstellung durch Umweltwärme vor. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die vorhandenen Daten den Großteil der eingesetzten Energieträger abbilden. Wenngleich erneuerbare Energien bereits einen entscheidenden Anteil am Strommix in Deutschland haben, so ist der Anteil im Wärmebereich derzeit als gering einzuschätzen. Recherchearbeiten innerhalb der Studie lassen die Vermutung zu, dass dies auch auf die Wärmeversorgung auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen zutrifft.

Neben der Energiebilanz wurde ebenfalls eine Treibhausgasbilanz erstellt. Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen kam das Tool Bico2BW zum Einsatz, das auf der BSKO-Bilanzierungs-Systematik Kommunal aufbaut. Dabei wurden CO<sub>2</sub>-Faktoren verwendet, die größtenteils auf Informationen aus der GEMIS-Datenbank und Studien des Umweltbundesamtes basieren.

### 3.3 ENDENERGIESATZ ZUR WÄRMEBEREITSTELLUNG UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Für die Erstellung von Reduktionsszenarien ist die Definition einer Ausgangsbilanz erforderlich. Aufgrund der Daten aus verschiedenen Quellen und Jahren (2019/2020) sowie notwendigen Hochrechnungen, ist sie als Annäherung an den tatsächlichen Endenergieeinsatz zu verstehen. Die Endenergie ist die Energie, die nach Wandlungs- und Übertragungsverlusten von der Primärenergie übrigbleibt und die den Hausanschluss des Energienutzers passiert.

Die Ausgangsbilanz dient als Grundlage, um nach der Bewertung verschiedener Einsparpotenziale in den Sektoren Privat, Wirtschaft und Kommune, den Endenergiebedarf im Jahr 2040 zu prognostizieren.

Ein interkommunaler Vergleich dieser Bilanz ist häufig nicht zielführend, da regionale und strukturelle Unterschiede sehr hohen Einfluss auf die Energieverbräuche und THG-Emissionen von Kommunen haben.

Im Folgenden werden die Endenergieverbräuche sowie die THG-Emissionen der Stadt Villingen-Schwenningen, aufgeschlüsselt nach Energieträger und nach Sektoren, dargestellt.

#### 3.3.1 Endenergiesatz zur Wärmebereitstellung Stadt Villingen-Schwenningen

Das Stadtgebiet Villingen-Schwenningen weist sektorenübergreifend einen Endenergiebedarf von rund 1.180.700 MWh auf.

Abbildung 2.3 stellt die prozentuale Verteilung der Endenergieeinsätze je Sektor dar. Demnach lässt sich anhand der nachfolgenden Verteilung feststellen, dass der Sektor der Wirtschaft mit 54 % den größten Anteil am Gesamtendenergieeinsatz ausmacht. Der private Sektor nimmt einen Anteil von 44% ein und kommunale Gebäude einen prozentualen Anteil von 2 % am Energieeinsatz.

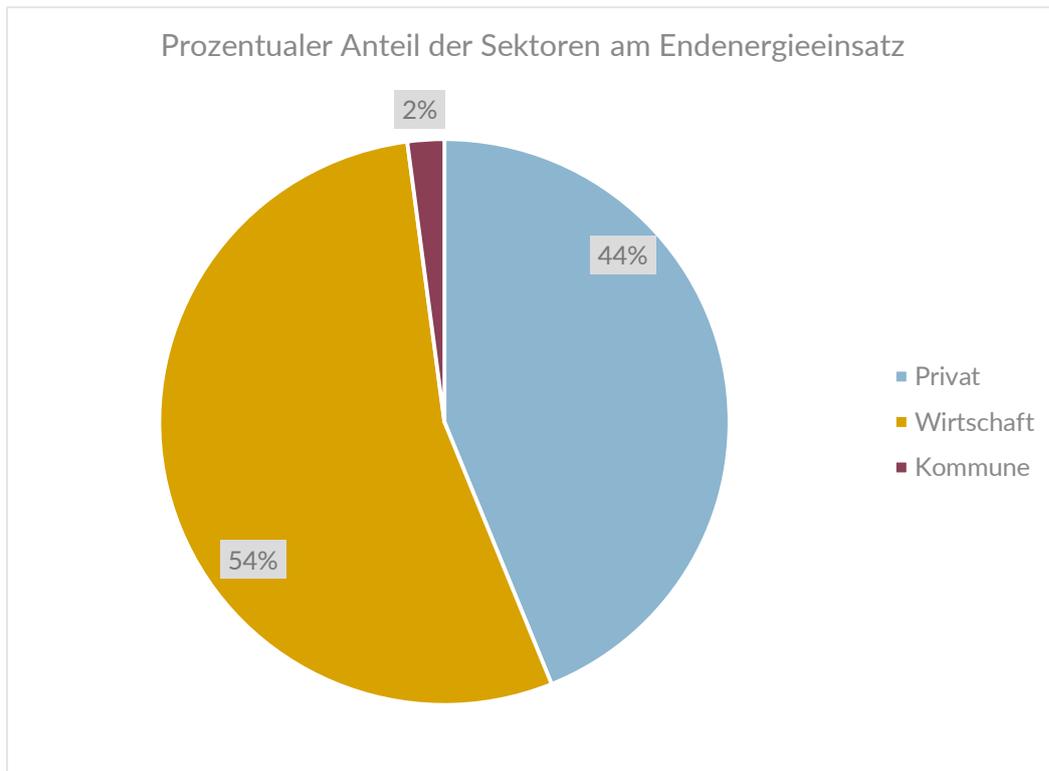


Abb. 2.3: Prozentualer Anteil der Sektoren am Endenergieeinsatz in Villingen-Schwenningen [energielecker projects, Datengrundlage BSKO, Stadtwerke Villingen-Schwenningen]

In allen drei Sektoren ist Erdgas der Energieträger, der am häufigsten eingesetzt wurde. Der leitungsgebundene Energieträger hat einen Anteil von ca. 64%. Der Wirtschaftssektor setzt dabei prozentual mehr auf Erdgas als der private Sektor.

Insgesamt deckt Gas etwa 66,5 % des Endenergieverbrauchs der Unternehmen. Private Haushalte setzen sich hingegen zusammen aus 58 % Gas und 23 % Heizöl. Die prozentual großen Anteile an Gas lassen sich durch das gut ausgebaute Gasnetz erklären. In Zukunft kann dieses Netz zur nachhaltigen Energieversorgung beitragen, indem klimafreundliche, leitungsgebundene Energieträger wie synthetische Gase darüber verteilt werden.

In den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte weist der Energieträger Öl in etwa einen Anteil von etwa 25% auf. Insgesamt werden ca. 87 % des Endenergiebedarfs nur durch Heizöl und Erdgas gedeckt. 3 % des Wärmebedarfs wird über bestehende Wärmenetze gedeckt, die über mit Gas betriebene BHKWs versorgt werden. Der verbleibende Bedarf wird über Biomasse in Form von Holz, Umweltwärme und Solarenergie gedeckt.

Der Wärmebedarf der kommunalen Gebäude wird bereits zu ca. 38% durch das o.g. Wärmenetz gedeckt. Damit liegt die Bedarfsdeckung durch Erdgas bei etwa 46% und liegt damit um mehr als 10% unter dem privaten Sektor und dem Sektor Wirtschaft. Mit unter 5% nimmt Heizöl keinen nennenswerten Anteil an der Wärmeversorgung der kommunalen Gebäude ein.

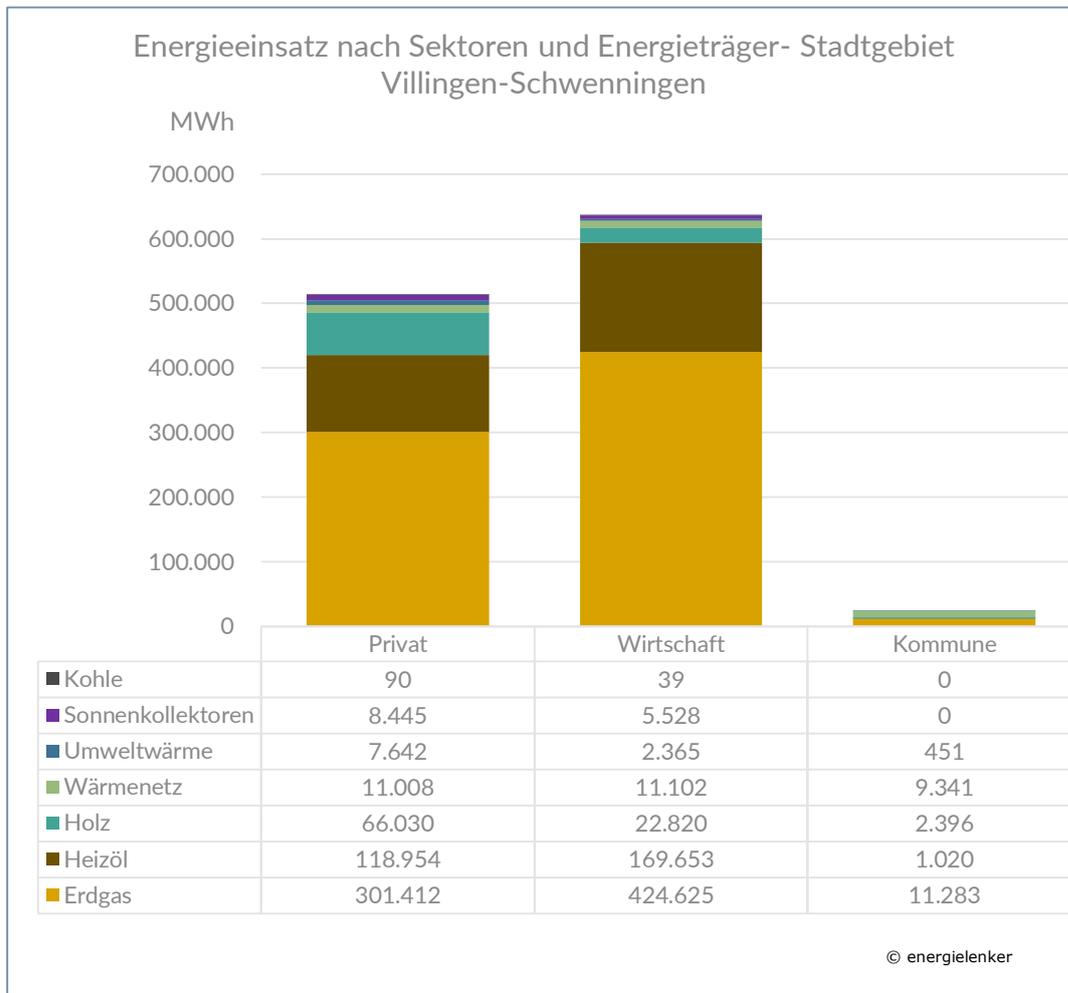


Abbildung 3-2. Energieeinsatz der Stadt Villingen-Schwenningen nach Sektoren und Energieträger

### 3.3.2 THG-Emissionen in der Stadt Villingen-Schwenningen

Die CO<sub>2</sub> - Emissionsfaktoren werden durch die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg vorgeschlagen und nachfolgend zur Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen angewandt. Die Emissionsfaktoren setzen sich zusammen aus Kennwerten des Forschungsinstitutes IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung), der GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme), IINAS (international Institute for Sustainability Analysis and Strategy) und dem Gebäude-Energie-Gesetz. Dabei handelt es sich um so genannte LCA-Faktoren (life-cycle-analysis, engl. für Lebenszyklusanalyse), also Faktoren, welche die gesamten zur Produktion und Distribution benötigten Vorketten mit einbeziehen. Da es sich um CO<sub>2</sub>-Äquivalent Faktoren handelt, also Emissionsfaktoren, die Kohlenstoffdioxid-Äquivalente bewerten, wurden die Wirkungen weiterer Treibhausgase neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), wie z. B. Methan und Stickoxide, in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet und mit in den Faktor einbezogen. Beispielsweise entspricht 1 kg Methan etwa 21 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Deshalb sind die verwendeten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren immer etwas höher als reine CO<sub>2</sub>-Faktoren, da die Auswirkungen weiterer Treibhausgase mit bilanziert werden (im Folgenden vereinfacht nur mit CO<sub>2</sub> bezeichnet).

Tabelle 1: Emissionsfaktoren der Energieträger (Quelle: Technologie - Katalog der Klima- und Energieagentur Baden-Württemberg)

| Ausgewählte Energieträger | CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh] |
|---------------------------|--|
| Heizöl                    | 311                                      |
| Erdgas                    | 233                                      |
| Wärmenetz                 | 261*                                     |
| Holz                      | 22                                       |
| Umweltwärme               | 40                                       |
| Sonnenkollektoren         | 25                                       |
| Biomethan                 | 90                                       |
| Abfall                    | 121                                      |
| Flüssiggas                | 270                                      |
| Kohle                     | 473                                      |

Entsprechend der aufgestellten Ausgangsbilanz fallen auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von knapp 276.000 Tonnen pro Jahr an.

Entsprechend dem Energieträgereinsatz sind die prozentualen Anteile der Sektoren an den stadtweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen ähnlich, mit einem leichten Übergewicht des Sektors Wirtschaft. Dieser hat einen Anteil von 57 %. Der Privatsektor hat einen Anteil von 41 %. Die übrigen Emissionen von etwa 2 % entfallen auf die kommunalen Gebäude.

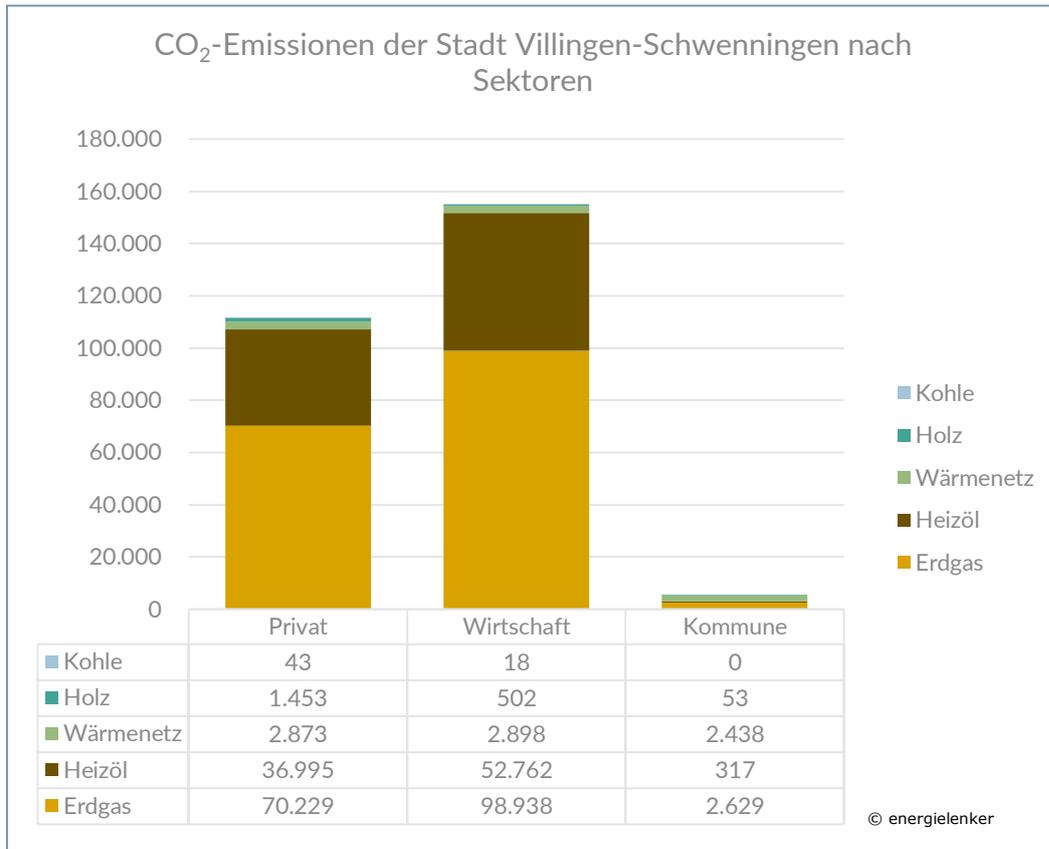


Abbildung 3-3: THG-Emissionen nach Sektoren - Stadt Villingen-Schwenningen (energielenker projects GmbH)

### 3.4 AUSWERTUNG DER ANLAGENTECHNIK

Insgesamt sind 27.592 heiztechnische Anlagen durch die Daten des Schornsteinfegers erfasst. Dies ist in Abbildung 4 nach Anzahl je Leistungsklasse dargestellt. In der Abbildung nicht enthalten sind Einzelfeuerungsanlagen, Blockheizkraftwerke sowie Feststoffheizungen, die aufgrund der Erfassungsstruktur der Schornsteinfegerinnung in anderen Leistungsklassen aufgeschlüsselt und daher separat dargestellt sind.

Den Großteil der Heiztechnik bilden die 12.497 Gasfeuerungsanlagen. Fast 7.800 entfallen auf den Leistungsbereich zwischen 10 und 25 kW, welche im Wesentlichen dem Wohngebäudebereich zugeordnet werden können. Im Bereich der Feuerungsanlagen bis 25 kW, als auch über das Gesamtbild sind Gasfeuerungsanlagen am häufigsten vertreten. Abbildung 5 zeigt, dass auf dem Stadtgebiet gut 4.200 Ölfederungsanlagen betrieben werden. Die Ölbrennwertanlagen haben einen Anteil von 2% an den Öl- und Gasheizungen. Im Gegensatz zu den Gas-Brennwertanlagen, haben sich Öl-Brennwertanlagen im Allgemeinen nicht durchgesetzt und fanden keine weite Verbreitung. Dies gilt auch für Villingen-Schwenningen.

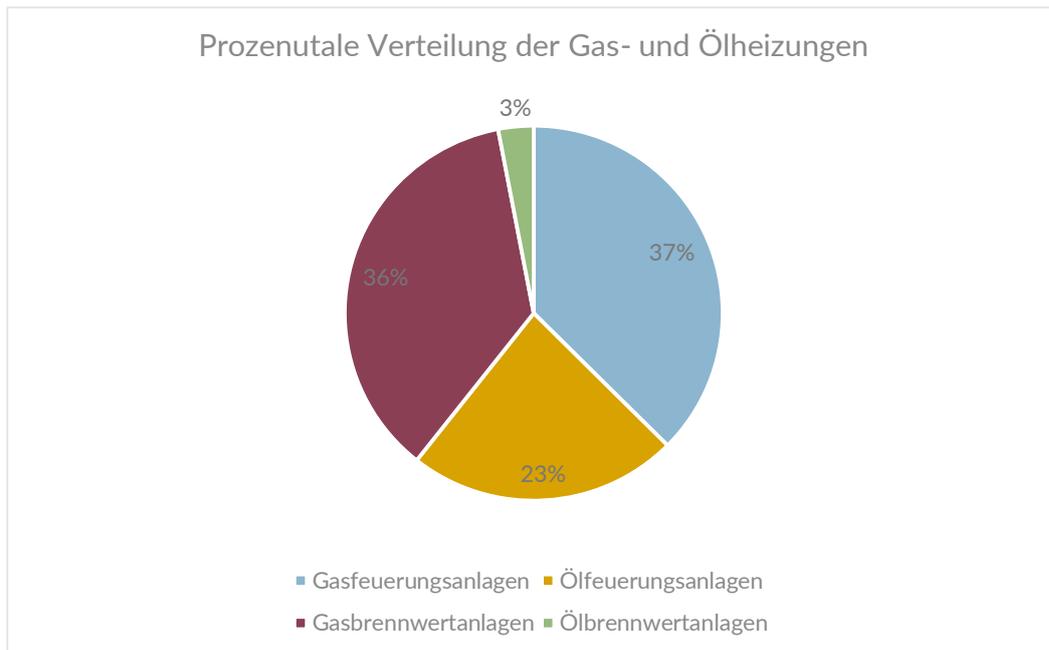


Abbildung 3-4: Anteile der Gas- und Ölheizungen - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen (energielenker projects GmbH: Datengrundlage Schornsteinfeger Villingen-Schwenningen)

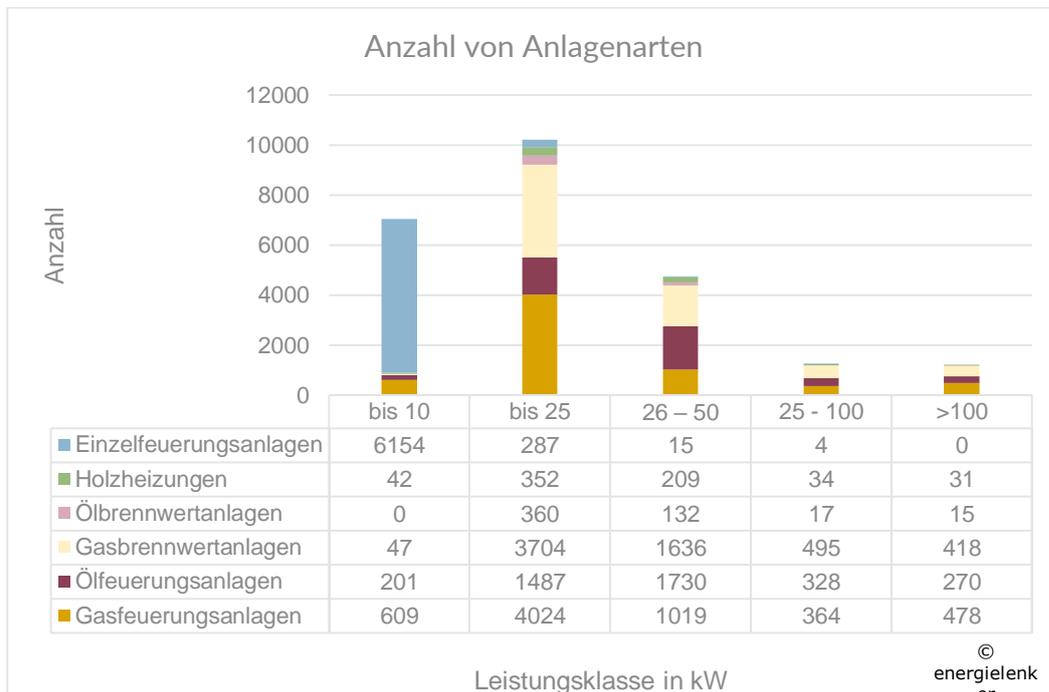


Abbildung 3-5: Bestand der Gas- und Ölheizungen nach Leistungsklassen - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen

Die Einzelfeuerungsanlagen machen den größten Anteil der Anlagen bis 10 kW aus. Der wesentliche Anteil der Anlagen liegt dabei im Bereich bis 50 kW.

Die Feststoffanlagen teilen sich in Holz- und Kohleheizungen auf, wobei Feststoff Kohleheizungen keinen nennenswerten Anteil haben. Abbildung 7 zeigt die Verteilung der Feststoffanlagen.

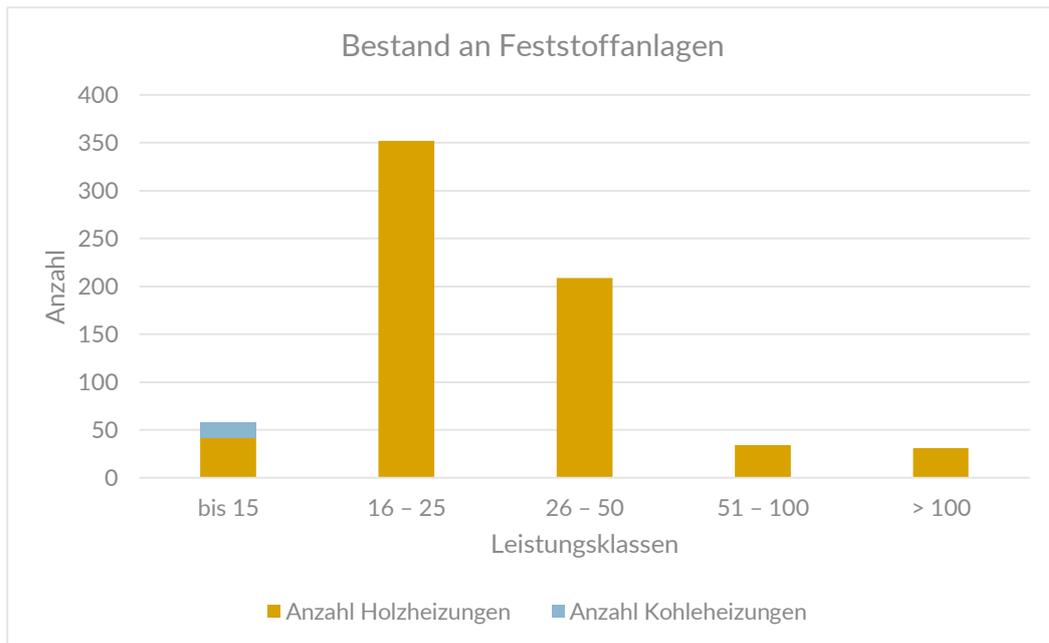


Abbildung 3-6: Bestand an Feststoffanlagen - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen

Die Energieträger Holz und Kohle werden, neben dem Einsatz in den sogenannten Feststoffanlagen, auch in den Einzelraumfeuerstätten eingesetzt. Auch Öl kommt in diesen Feuerstätten auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen zum Einsatz. Sämtliche Anlagen werden in der Kategorie bis 15 kW geführt. Hauptsächlich vertreten sind hier die Einzelraumfeuerungsanlagen, welche den Energieträger Holz zur Wärmeenergieerzeugung einsetzen.

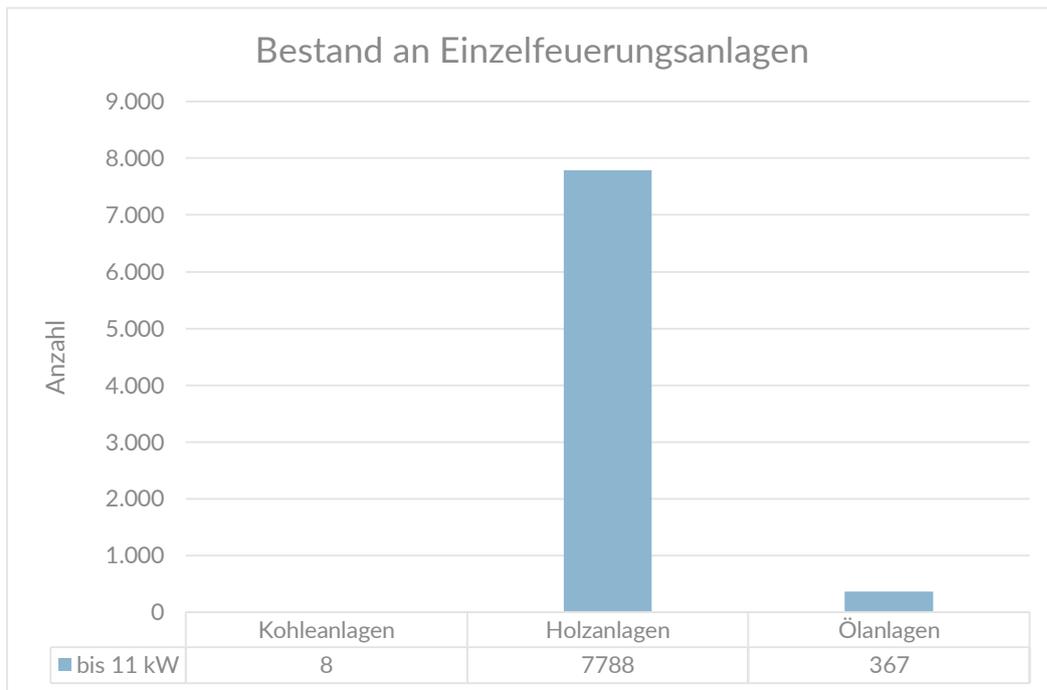


Abbildung 3-7: Bestandsverteilung der Einzelfeuerungsanlagen

Insgesamt beläuft sich die Anzahl auf knapp 8.200 Anlagen. 8 Anlagen nutzen zur Wärmeerzeugung Kohle, weitere 367 Heizöl. Diese Anlagen werden vornehmlich als Kaminöfen ausgeführt sein. Dementsprechend haben die Kohleanlagen eine geringe prozentuale Beteiligung am Gesamtanteil mit jeweils unter einem Prozent.

Auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen werden auch Anlagen zur Wärmeerzeugung eingesetzt, welche nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip arbeiten. Die Daten weisen eine Anzahl von insgesamt 38 Blockheizkraftwerken aus. Diese sind in die, in Abbildung 3-8 dargestellten Leistungsklassen nach eingesetztem Energieträger aufgeführt. Ölbetriebene BHKWs kommen hier nicht zum Einsatz.

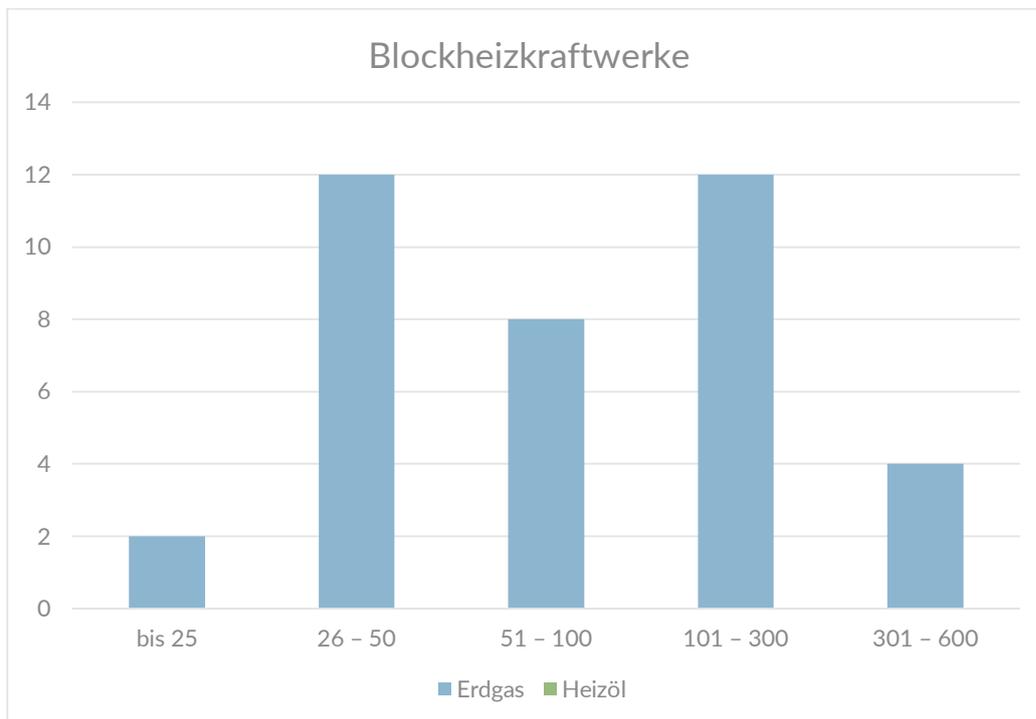


Abbildung 3-8: Bestand an Blockheizkraftwerken - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen (energielenker projects GmbH: Datengrundlage Stadtwerke, Abfrage)

Zur Darstellung der eingesetzten heiztechnischen Anlagen wurde die prozentuale Verteilung unabhängig von den Leistungsklassen summiert. Daraus hat sich die in Abbildung 10 dargestellte Verteilung ergeben.

Die Anlagenart und insbesondere der eingesetzte Energieträger haben wesentlichen Einfluss auf die THG-Emissionen. Durch den Wechsel auf emissionsärmere Energieträger lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduzieren. Die Umrüstung auf effizientere Anlagen verspricht zudem eine Steigerung des Wirkungsgrades und dadurch eine effizientere Nutzung des Energieträgers und damit einhergehend eine Reduktion der THG-Emissionen.

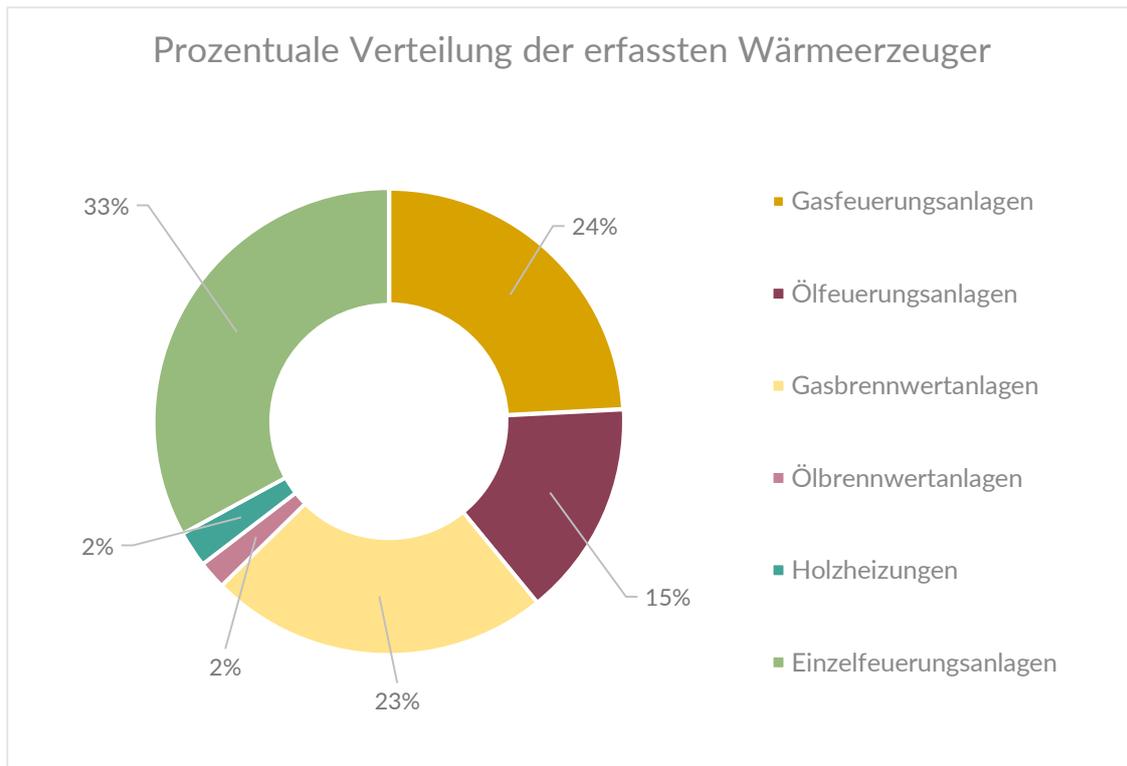
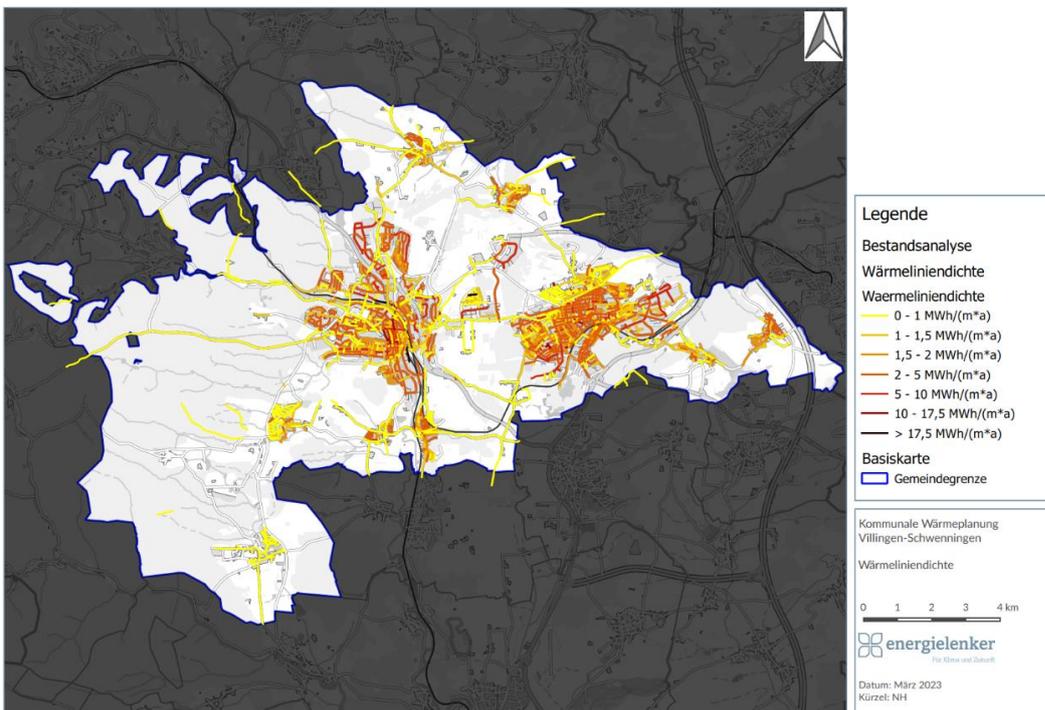
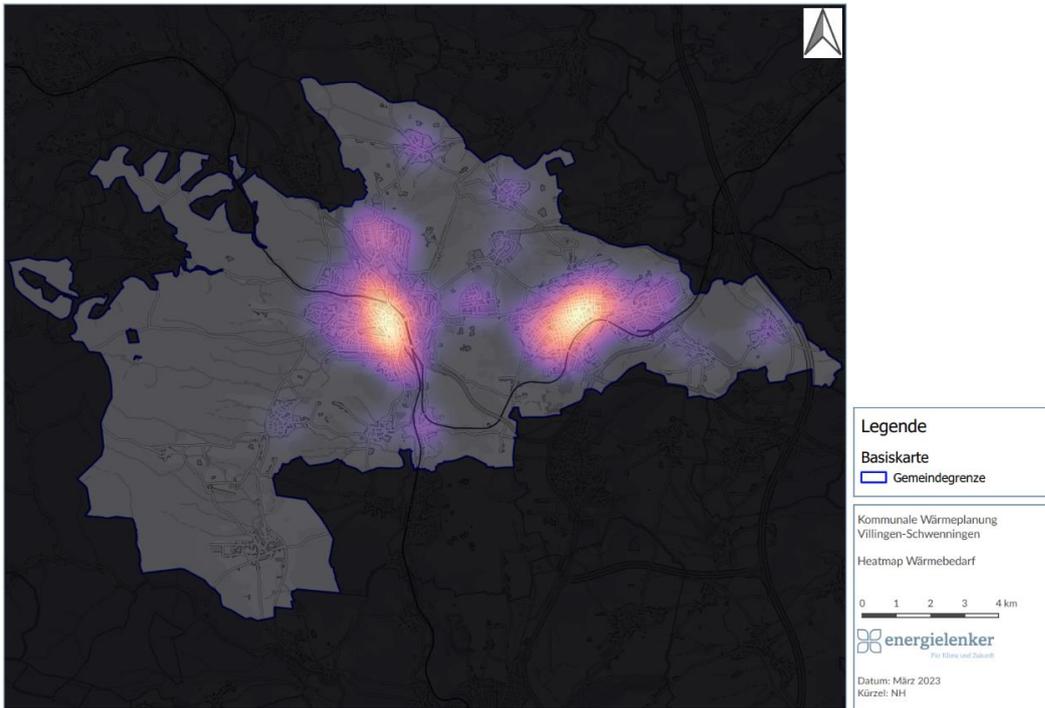


Abbildung 3-9: Prozentuale Verteilung der erfassten Energieträger (energielenker projects GmbH; Datengrundlage Schornstiefeger VS, Stadtwerke VS)

### 3.5 WÄRMEBEDARF

Der Wärmebedarf des Basisjahres für das gesamte Stadtgebiet wird anhand der Schornstiefegerdaten, den Daten der Energieunternehmen und der Stadt ermittelt. Durch die priorisierte Verwendung der realen Verbrauchsdaten wird eine hohe Qualität der kommunalen Wärmebedarfswerte gewährleistet. Die Art der Energiebereitstellung (Energieträger, Versorgungssystem) spielt bei der Betrachtung dieser Bewertungsgröße keine Rolle. Insgesamt ergibt sich in Villingen-Schwenningen ein Wärmebedarf von 1.180.700 MWh. Aus dem ermittelten Wärmebedarf fallen auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von knapp 276.000 Tonnen pro Jahr an. Dabei wurden die CO<sub>2</sub> - Emissionsfaktoren der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg zur Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen angewandt. In den nachfolgenden Abbildungen ist die räumliche Verteilung der Wärmebedarfe und der Wärmelinienichte im Stadtgebiet dargestellt. Dadurch lassen sich erste Rückschlüsse auf potenzielle Wärmenetzeignungsgebiete ziehen, wobei eine hohe Wärmelinienichte eine bessere Eignung impliziert.



## 4 TECHNOLOGIEMATRIX

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müssen die lokalen Wärmequellen lokalisiert und genutzt werden. Dazu stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung, von denen einige bereits ausgereift und jahrzehntlang erprobt sind, während andere, neue Technologien aktuell noch nicht wirtschaftlich eingesetzt werden können. Um die zukünftige Rolle der Technologien am Energiemarkt bewerten zu können, sind die Aspekte des Flächenbedarfs bzw. Flächenverbrauchs, der örtlichen Verfügbarkeit, des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sowie ökonomische Aspekte wie Investitionskosten und Betriebskosten zu analysieren. Neben der Erzeugung werden auch infrastrukturelle Aspekte, wie die Verteilung der Wärme über Fernwärmenetze sowie die Speicherung thermischer Energie eine wesentliche Rolle spielen. Lokale Wärmequellen können Abwärme aus dem Gewerbe, Abwasserwärme, Flusswasserwärme, Erdwärme, Solarenergie, oder bislang ungenutzte Biomasse sein. An einem konkreten Standort sind die Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme allerdings häufig so groß, dass für ein einzelnes Gebäude nur ein Bruchteil des Potenzials nutzbar ist. Effektiver und kostengünstiger ist es, die Potenziale möglichst umfassend zu erschließen. Das geht meist nur mit einem gebäudeübergreifenden Ansatz (Keimzelle) oder über ein Fernwärmenetz. Eine technologieoffene Herangehensweise ist dabei für eine erfolgreiche kommunale nachhaltige Wärmeversorgung notwendig.

Im Abschnitt 4.1 werden zuerst die unterschiedlichen Wärmeversorgungsinfrastrukturen dargestellt und im Abschnitt 4.2 ein Überblick über die möglichen Wärmequellen und Nutzungs-Technologien gegeben.

### 4.1 WÄRMEVERSORGUNGSINFRASTRUKTUR

Für eine erfolgreiche Dekarbonisierung des Wärmesektors spielt nicht allein die Nutzung erneuerbarer Wärmequellen eine wichtige Rolle. Ebenso wichtig ist die Rolle der Infrastrukturen, dazu gehören Wärmenetze, Wärmespeicher aber auch die Gebäude selbst. 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. Um niedrig temperierte Wärme, zum Beispiel aus erneuerbaren Wärmequellen und Abwärme, aufnehmen zu können und bei der Verteilung möglichst wenig Wärme an die Umwelt zu verlieren, werden Wärmenetze sukzessive umgebaut und in moderne Wärmenetze transformiert. Voraussetzung dafür ist, dass dies technisch und aus Sicht der Wärmekunden bedarfsgerecht möglich und für die Betreiber der Wärmenetze wirtschaftlich zumutbar ist (bauliche Voraussetzungen Gebäude). Bei einer steigenden Bedeutung der Versorgung durch Wärmenetze stellt sich die Frage, welche Rolle die heute oft flächendeckend vorhandenen Gasnetze in Zukunft spielen werden. Da für den wirtschaftlichen Betrieb der Wärmenetze die Anschlussquote entscheidend ist, gilt es zu vermeiden, dass Wärmenetze und Gasnetze miteinander konkurrieren und sich „kannibalisieren“. Gasnetze können perspektivisch als Speichermedium genutzt werden, indem sie vermehrt biogene und synthetische Gase aufnehmen und transportieren.

#### 4.1.1 Zentrale Wärmeversorgung

Die Zentrale Wärmeversorgung bezeichnet die Versorgung mehrerer Gebäude über Wärmeleitungen. Wärmenetze bieten einen strategischen Vorteil zum Erreichen der Klimaschutzziele: Bei der Modernisierung von Erzeugungsanlagen oder der Umstellung auf erneuerbare Energien werden auf einem Schlag alle angeschlossenen Verbraucher erreicht. Maßnahmen in diesem Bereich haben also einen großen Hebel im Vergleich zu objektbezogenen Maßnahmen. Auf diese Weise können in der Fernwärme durch den Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien schnell größere Mengen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden. Potenziale für Wärmenetze finden sich in städtebaulichen Strukturen mit entsprechend hoher Wärmedichte. Die Wärmedichte ist dabei ein Indikator für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmeleitungen – je höher die Wärmedichte, desto geringer fällt der Anteil der Leitungsverluste aus. Eine langfristig nachhaltige Fernwärmeversorgung weist ein niedrigeres Temperaturniveau auf und integriert lokale, erneuerbare Wärme und Abwärme. Dafür müssen schon heute durch geeignete Maßnahmen die Weichen für eine langfristige Transformation der Wärmeversorgung gestellt werden.

#### 4.1.2 Keimzellen

Neben großen Fernwärmenetzen mit vielen Hausanschlüssen kann auch eine kleinere Gruppierung von Gebäuden über Wärmeleitungen von einer gemeinsamen Heizzentrale mit Wärme versorgt werden. Solche Nahwärmeinseln können als „Keimzellen“ Wärmeversorgungskonzepte im Quartier ermöglichen und nach und nach zu größeren Netzen zusammengeschlossen werden. Gute Voraussetzungen für eine Keimzelle bestehen für Gebäude, die einen großen Teil des Wärmeverbrauchs in einem Quartier ausmachen und durch einen Akteur verwaltet werden können, z.B. öffentliche Gebäude, Gebäude von Wohnungsbaugesellschaften oder -genossenschaften, Gewerbe oder Neubau. Für die Wärmeerzeugung wird ein geeigneter Standort für die Heizzentrale benötigt. Solche „Keimzellen“ für Nahwärmeinseln sind in Bezug auf die Wärmeerzeugung grundsätzlich technologieoffen. Zur Wärmeversorgung können Erdgas-BHKWs als Brückentechnologie eingesetzt werden, die dann sukzessive durch erneuerbare Wärme ersetzt werden.

#### 4.1.3 Ebene Einzelgebäude

Nicht alle Gebäude können sinnvollerweise über Wärmenetze versorgt werden. Liegt der Wärmebedarf in einem Bereich unter 100 MWh/ (ha\*a), kann davon ausgegangen werden, dass ein Wärmenetz in diesem Bereich nicht wirtschaftlich ist und dass die Gebäude auch zukünftig durch dezentrale Einzelheizungsanlagen versorgt werden müssen. Nur knapp ein Viertel der rund 20 Millionen Einzelheizungsanlagen in Deutschland sind auf dem aktuellen Stand der Technik, d.h. sie verfügen mindestens über Brennwerttechnologie oder nutzen erneuerbare Energien.

Neben der Einsparung von Wärmeenergie durch Sanierungs- und Dämmmaßnahmen an der Gebäudesubstanz, stellt der Austausch von Öl- und Gas-Einzelheizungen ein großes Potenzial zum Erreichen der Klimaschutzziele dar. Die hohen Investitionskosten und langen Produktzyklen von Heizungsanlagen erschweren dabei jedoch die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Die Kommune hat auf die Wahl der Heizungstechnologien auf der Ebene der Einzelgebäude nur geringen Einfluss, beispielsweise durch die Nutzung vertragsrechtlicher Instrumente wie z.B. Festlegungen in Kaufverträgen für Grundstücke oder Bebauungsplänen. Für Gebäudeeigentümer ergibt sich jedoch häufig ein konkreter Anlass für einen Heizungstausch durch die bundesweiten attraktiven Fördermöglichkeiten.

#### 4.1.4 Wärmespeicher

Während Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis fossiler Energieträger genau dann Wärme produzieren, wenn diese benötigt wird, findet die Wärmeerzeugung durch erneuerbare Wärmequellen häufig zeitlich unabhängig vom Wärmebedarf statt. Wärmespeicher bieten je nach Speichertechnologie und Dimension die Möglichkeit die erzeugte Wärme über einen Zeitraum von einigen Stunden bis zu mehreren Monaten zu speichern, bis diese vom Wärmeabnehmer benötigt wird. Daher werden Wärmespeicher häufig in Kombination mit erneuerbaren Wärmequellen eingesetzt und finden sowohl auf der Ebene der Einzelgebäude als auch in Wärmenetzen Anwendung.

Folgende Wärmespeicher-Technologien kommen dabei zum Einsatz:

- Behälter-Wärmespeicher
- Erdbecken-Wärmespeicher
- Erdsonden-Wärmespeicher
- Aquifer-Wärmespeicher

#### 4.1.5 Erdgasnetz

Eine Transformation des Wärmesektors hat ebenso Auswirkungen auf die Gestaltung der Strom- und Gasversorgungsnetze. 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. Grundsätzlich kann die Gasinfrastruktur im Rahmen der Systemtransformation zukünftig eine wichtige Ergänzung zu den Erneuerbaren Energien darstellen. Dabei ist die Entwicklung der Gasverteilnetze insbesondere davon abhängig, inwieweit die bereits vorhandene Gasinfrastruktur zur Lösung der zunehmenden Flexibilitätsprobleme im Energiesystem beiträgt. Auch die sogenannten grünen Gase (Biogas, Biomethan, Wasserstoff oder synthetisches Methan) können bei der Veränderung des Energiesystems eine tragende Rolle spielen.

Deren Nutzung muss zunächst in den Sektoren erfolgen, die aus technologischen Gründen auf die hohe Energiedichte des Brennstoffes angewiesen sind. Priorität werden zunächst die Sektoren Mobilität, dem Sektor Industrie und Strombereitstellung haben, gefolgt von Power-to-Gas- Anlagen für die Kopplung der Sektoren und Nutzung in KWK-Anlagen. Stehen Verantwortliche in Zukunft also vor der Entscheidung, ob und wie die Gasnetze ausgebaut werden sollen, muss dies insbesondere in Einklang mit der Fernwärmestrategie und in Betrachtung des gesamten Energiesystems erfolgen. In den dicht besiedelten Gebieten wird es auf Dauer wirtschaftlich nicht möglich sein, eine doppelte Infrastruktur aufrechtzuerhalten. Eine Umwidmung der bestehenden deutschen Erdgasinfrastruktur zum Betrieb mit Wasserstoff wird aktuell geprüft. Ergebnisse zur technischen Machbarkeit stehen noch aus.

Abbildung 4-1 veranschaulicht die komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien.

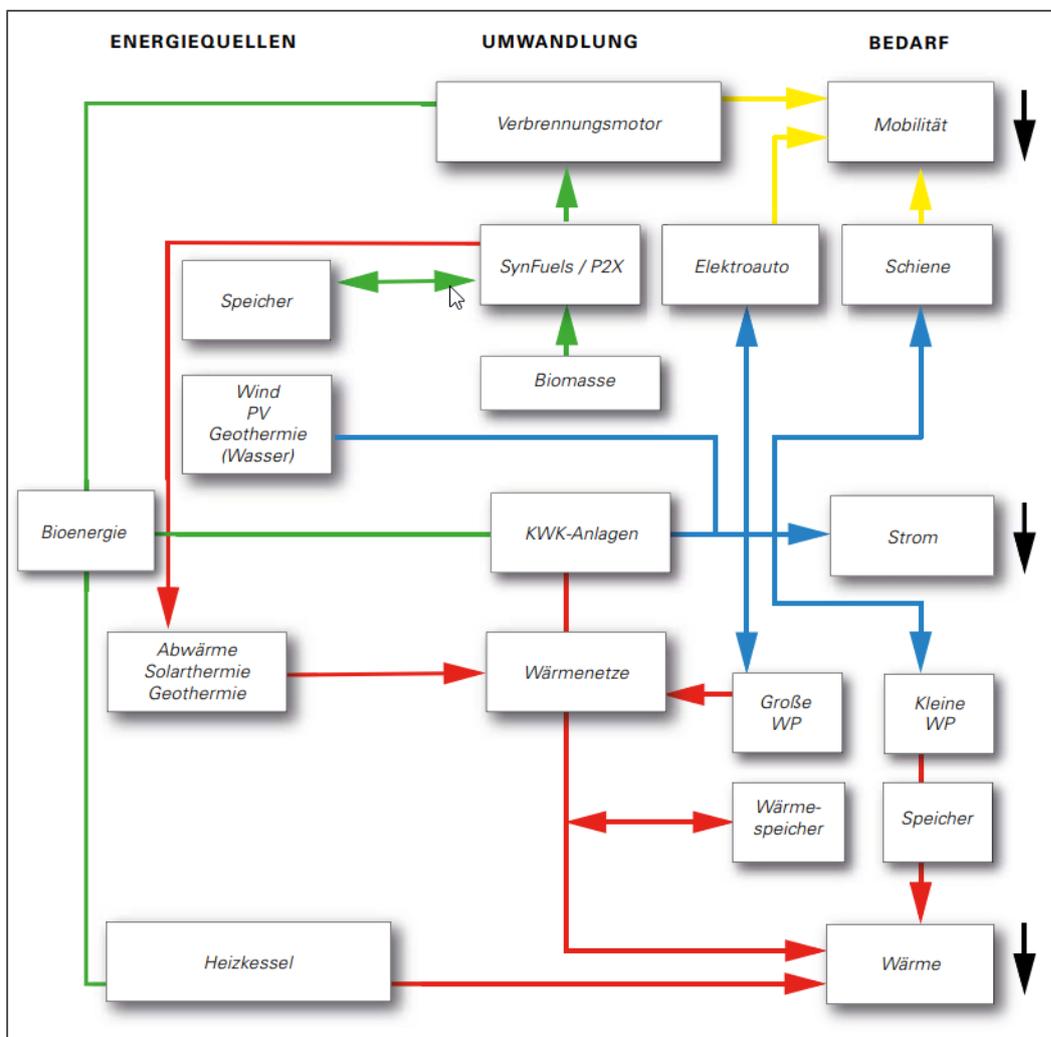


Abbildung 4-1: Komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien (KEA-BW, Grafik verändert nach Reasearch Center 4DH, Universität Aalborg. Abkürzung WP:Wärmepumpe)

## 4.2 WÄRMEERZEUGUNGSTECHNOLOGIEN

Der Wärmebedarf lässt sich anhand des wärmespezifischen Urbanitätsgrads unterscheiden, der die Wärmedichte in einen Zusammenhang mit den Siedlungstypen stellt. Dicht besiedelte Gebiete zeichnen sich durch eine hohe Wärmedichte aus, und sind insbesondere in urbanen Ballungszentren anzutreffen. Dünn besiedelte Gebiete liegen schwerpunktmäßig am Stadtrand und in den ländlich gelegenen Stadtteilen. Mittel besiedelte Gebiete liegen im Wärmebedarf pro Fläche zwischen dünn und dicht besiedelten Flächen, wobei die Übergänge oft fließend sind. Bei der Analyse dieser drei Bereiche zeigt sich, dass 30 Prozent des Wärmebedarfs auf nur 5 Prozent der Fläche in den dicht besiedelten Gebieten anfallen (vgl. Die Wärmezielscheibe, Roedel & Partner).

In den folgenden Kapiteln werden unterschiedliche Wärmeerzeugungs-Technologien vorgestellt. Alle diskutierten Technologien haben ihre Daseinsberechtigung und ihre Vorteile, was sie für eine erfolgreiche Wärmewende und zur Erreichung der Klimaziele unabdingbar macht. Dafür sind die jeweiligen lokalen und strukturellen Gegebenheiten zu analysieren und die jeweils optimalen Technologien auszuwählen. Wichtig dabei ist, dass die Technologien nicht miteinander konkurrieren, sondern in den Urbanitätsgraden zum Einsatz kommen, die dem Anforderungsprofil der Technologie optimal entsprechen. Damit können für alle Technologien geeignete Marktsegmente mit jeweils ausreichendem Marktvolumen herausgearbeitet werden. Abbildung 4-2 stellt die verschiedenen Wärmeerzeugungs-Technologien in Abhängigkeit zum wärmespezifischen Urbanitätsgrad und dem Siedlungstyp dar.

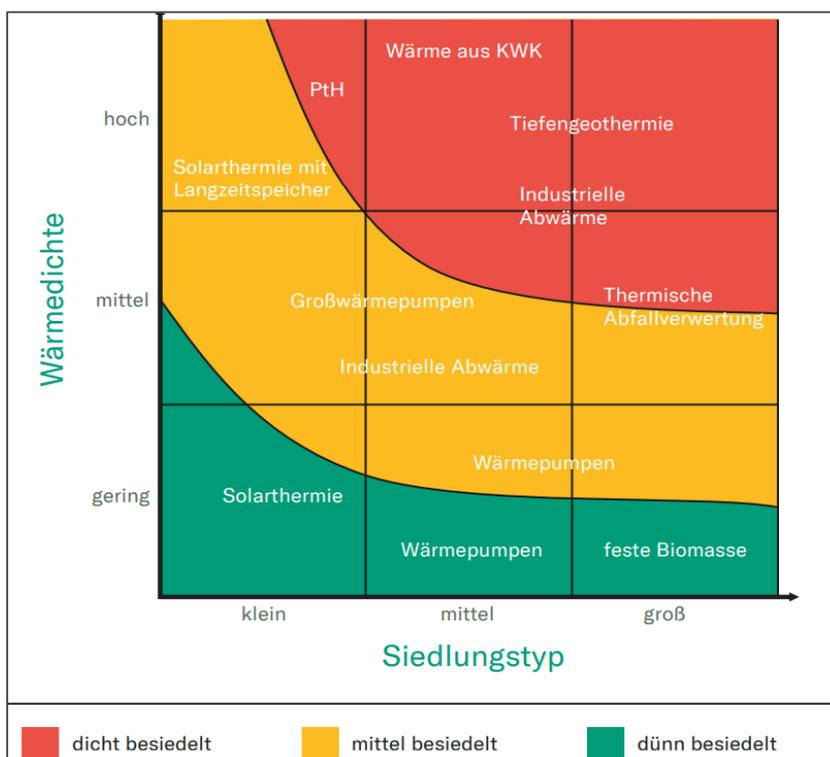


Abbildung 4-2: Wärmespezifischer Urbanitätsgrad in Abhängigkeit von Wärmedichte und Siedlungstyp (Quelle: Roedel & Partner)

#### 4.2.1 Lokale Biomasse

Findet die Biomasse Verwendung als Energieträger, so 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 erweist sich als eine klimafreundliche Alternative zu Erdgas.

Ein wesentlicher Umweltvorteil liegt in der Verminderung treibhauswirksamer Emissionen, zumal nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt werden kann, wie zuvor durch die Biomasse gebunden wurde. Biomasse ist sowohl grundlastfähig als auch flexibel einsetzbar. Ein wesentlicher 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. Abbildung 13 zeigt das Prinzip der Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Biomasse.

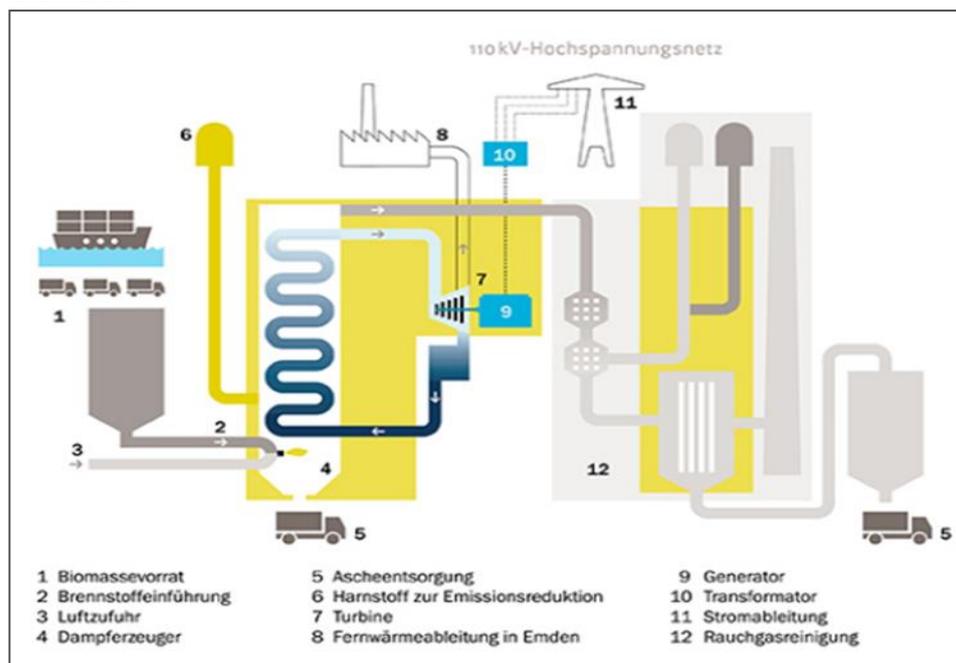


Abbildung 4-3: Prinzip Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Biomasse ( Quelle: [www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse](http://www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse))

#### 4.2.2 Solare Wärmenetze

Solare Wärmenetze sind großflächige Solarthermieranlagen, deren Wärme durch ein Wärmenetz verteilt wird. Die Installation der Kollektorfelder kann auf geeigneten Freiflächen oder integriert in Gebäudedachflächen stattfinden. Die Wärmegestehungskosten durch Freiflächen Solarthermie ist mit 3-5 ct/kWh sehr günstig, auch im Verhältnis zu individuellen Dachanlagen.

Lokale Wärmenetze sind eine sinnvolle Option für die Wärmeversorgung von Stadtgebieten, sowohl bei Neubau- als auch bei Sanierungsgebieten. Wird Solarthermie in solche Netze eingebunden, kann der solare Anteil bis zu 20 % der gesamten Wärmeversorgung betragen. Durch die Einbindung von saisonalen Wärmespeichern kann er bis auf 50 % erhöht werden.

Große Solaranlagen haben relevante Auswirkungen auf die Raumnutzung und stellen demzufolge raumbedeutsame Vorhaben dar. Noch stärker als Windkraft- oder Fotovoltaik-Anlagen sind große Solarwärme-Anlagen an bestimmte Standort-Bedingungen geknüpft. Während Strom ohne erhebliche Verluste über große Entfernungen vom Erzeugungsort zum Verbraucher transportiert werden kann, ist die Transportfähigkeit von Wärmeenergie begrenzt – die hohen Kosten für den Bau und Betrieb der Wärmeleitung und höhere Energieverluste sprechen dafür, dass eine solarthermische Wärmeversorgung immer in der Nähe zu den Wärmeverbrauchern erfolgen muss. Also innerhalb weniger Kilometer zu Wärmeverteilnetzen und den Verbrauchern.

Häufig werden Solarthermie-Großanlagen in Wärmenetze integriert, die primär Biomasse als Brennstoff nutzen. Biomasse-befeuerte Wärmenetze arbeiten im Sommer oft im ineffizienten Teillast-Betrieb, was u.a. auch mit dem Nachteil von höheren Emissionen und Kosten verbunden ist. Durch die Installation einer Solarthermieanlage zur Deckung großer Teile der Sommerlast, können diese Anlagen sinnvoll ergänzt werden.

Diese Technologie ist ausgereift und erprobt und wird in Deutschland u.a. in Crailsheim und Ludwigsburg erfolgreich angewendet (s. Abbildung 4-4).



Abbildung 4-4 Freiflächen-Solarthermieanlage in Crailsheim (Quelle: [www.sonnewindwaerme.de/solarthermie/solare-waermenetze-baden-wuerttemberg](http://www.sonnewindwaerme.de/solarthermie/solare-waermenetze-baden-wuerttemberg))

### 4.2.3 Wärmepumpen

Wärmepumpen bieten flexible Einsatzmöglichkeiten auf dem Wärmemarkt. Da Wärmepumpen Wärme aus der Umwelt (Luft-, Wasser- oder Erdwärme) nutzen, sind sie nicht auf die Verfügbarkeit von Brennstoffen angewiesen. Im Zusammenhang mit erneuerbarem Strom können Wärmepumpen einen Beitrag zur Dekarbonisierung besonders in dünn besiedelten Gebieten leisten. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind im Systemverbund mit anderen erneuerbaren Wärmeerzeugern und Wärmenetzen möglich.

Wärmepumpen bestehen grundsätzlich aus vier Komponenten: Verdampfer, Verdichter, Kondensator und Expansionsventil. In dem Verdampfer wird die aus der Umgebung gewonnene Wärme an das Kältemittel abgegeben, welches anschließend anfängt zu sieden und verdampft. Aufgrund des niedrigen Siedepunktes des Kältemittels können auch niedrige Temperaturen von wenigen Grad über Null zur Wärmebereitstellung verwendet werden. Der Kältemitteldampf wird anschließend in einen Verdichter geleitet und dort komprimiert. Im nächsten Schritt wird das Kältemittel im Kondensator wieder verflüssigt. Das flüssige Kältemittel wird mittels eines Expansionsventils entspannt und danach wieder dem Verdampfer zugeführt. Technische Voraussetzung für die Nutzung der Potenziale ist eine ausreichende Nähe zwischen der Wärmequelle und dem zu versorgenden Objekt oder einem Einspeisepunkt in ein Wärmenetz.

Wichtige Unterscheidungsmerkmale von Wärmepumpen sind das Abwärme- und das Arbeitsmedium: Luft-Luft-Wärmepumpen nutzen Luft als Wärmequelle und geben Warmluft an die Wärmesenke ab. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen dient Luft als Wärmequelle, sie geben die Energie im Wärmetauscher an das Arbeitsfluid ab.

Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen Erdwärme als Wärmequelle. In einem Solekreislauf, der ein frostsicheres Fluid enthält, wird die Erdwärme aufgenommen und anschließend im Wärmetauscher an das Arbeitsfluid übergeben (vgl. Kapitel 3.2.3).

Bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen dient die Wärme aus Gewässern als Wärmequelle, sie geben die Energie im Wärmetauscher an das Arbeitsfluid ab (vgl. Kapitel 3.2.5 und 3.2.6).

Während die Anzahl der Wärmepumpen in Deutschland in den vergangenen Jahren im dezentralen Bereich stark gestiegen ist, sind Großwärmepumpen bisher eher ein Nischenprodukt.

Ein Nachteil bei der Nutzung von Wärmepumpen ist die häufige Verwendung von klimaschädlichen Kältemitteln. Inzwischen werden auch Wärmepumpen mit klimaneutralem Kältemittel (CO<sub>2</sub> oder Ammoniak) angeboten.

#### 4.2.4 Geothermie

Als Geothermie wird sowohl die in der Erdkruste gespeicherte Wärmeenergie als auch deren ingenieurtechnische Nutzbarmachung bezeichnet. Die grundsätzliche geothermische Eignung hängt von der Beschaffenheit des Bodens bzw. der Temperaturen im Untergrund ab. Bei der Energiegewinnung aus Geothermie wird zwischen der Tiefengeothermie (petrothermale und hydrothermale Geothermie) und der oberflächennahen Geothermie und Erdwärmekollektoren differenziert.

**Tiefe Geothermie** bezeichnet die Nutzung geothermischer Lagerstätten unter 400 m Tiefe zur Stromproduktion und/oder Wärmebereitstellung und bietet die Möglichkeit, größere Energieversorgungsprojekte umzusetzen.

Systeme zur Nutzung **oberflächennaher Geothermie** verwenden die thermische Energie des Untergrundes bis in eine Tiefe von 400 m zur Gebäudeklimatisierung (Heizen und/ oder Kühlen).

**Erdwärmekollektoren** sind eine oberflächennahe Geothermie-Technik, bei der horizontale Rohrleitungen unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 Metern in den Boden installiert werden. Die Wärme beziehen die Kollektoren aus der eingestrahelten Sonnenwärme und über versickerndes Niederschlagswasser. Sofern diese Technik nicht mit dem Grundwasser in Kontakt kommt und außerhalb von Wasserschutzgebieten liegt, ist kein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren notwendig. Die genutzte Fläche muss jedoch das 1,5- bis 2-fache der zu beheizenden Fläche betragen.

Bei der Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonden und -kollektoren stammt bis zu 75 % der Energie aus dem Untergrund, bei Grundwasserbrunnen bis zu 80 %. Die restliche, konventionell erzeugte Energie wird für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt.

Bei guten geologischen Voraussetzungen kann die Tiefe Geothermie für eine künftig klimaneutrale Wärmeversorgung in den Städten eine herausragende Rolle spielen.

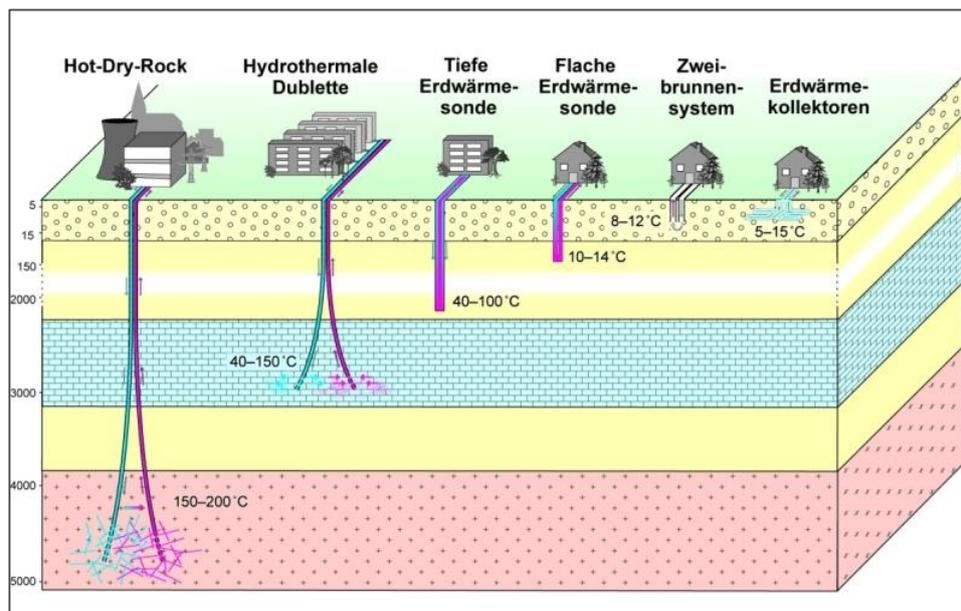


Abbildung 4-5: Wärmeerzeugung durch die Nutzung von Geothermie (Quelle: [www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm))

#### 4.2.5 Abwasserwärme

Im Haushalt und in der Industrie wird Wasser täglich erwärmt. Nach dem Gebrauch wird das noch warme Wasser in die Abwasserkanäle geleitet. Diese Wärme kann durch moderne Wärmepumpentechnologie zum Heizen oder Kühlen größerer Gebäude und Quartiere genutzt werden. Das Potenzial ist beträchtlich: Eine Studie von enervis energy advisors GmbH kam 2017 zu dem Ergebnis, dass zwischen 5-14 % aller deutschen Gebäude mit Wärme aus Abwasser versorgt werden könnten.

Die Energiemenge, die sich in Form von Abwärme aus dem Abwasser gewinnen lässt, ist riesig. Dies zeigt folgender Vergleich: Wenn Abwasser beim Wärmeentzug um lediglich 1 Kelvin abgekühlt wird, um den Betrieb der Abwasserreinigungsanlage möglichst nicht zu beeinträchtigen, kann aus 1 m<sup>3</sup> Abwasser rund 1,5 Kilowattstunden Wärme gewonnen werden. Aus der gleichen Menge Abwasser kann in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) etwa 0,05 m<sup>3</sup> Klärgas erzeugt werden. Dies entspricht einem Energieinhalt von rund 0,3 Kilowattstunden. Mit anderen Worten: Das Potenzial an Abwärme im Abwasser ist um ein Vielfaches größer als das Potenzial an Klärgas auf den ARA.

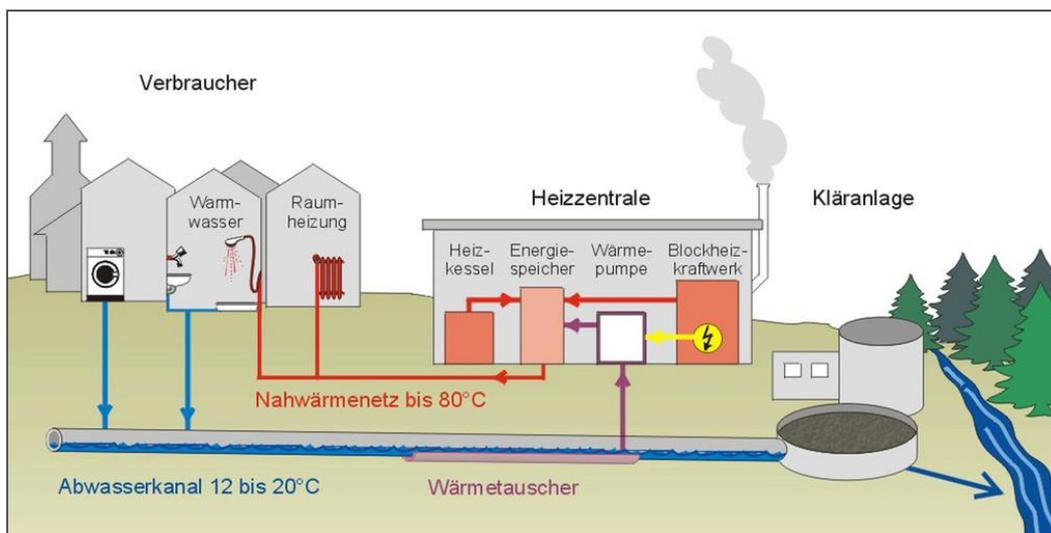


Abbildung 4-6: Nutzung von Abwasserwärme (Quelle: [www.um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung/](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung/))

Unter Berücksichtigung der zwei grundlegenden Bedingungen, dass in einem Kanalisationsabschnitt ein genügendes Wärmeangebot für den Einsatz einer Wärmepumpe vorhanden und der Einbau von Wärmetauschern möglich ist, kommt die Nutzung von Abwasserwärme in der Regel für mittlere Trockenwetterabflussmengen ab 15 l/s, d. h. für Gemeinden ab 3'000-5'000 Einwohnern und idealerweise in Kanälen mit einem Innendurchmesser von mindestens 800 mm in Frage.

Die Abwasserwärmenutzung ist eine langfristig sichere und erneuerbare Energiequelle und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Die in Deutschland betriebenen Abwasserwärmenutzungsanlagen sind zumeist kleinere Anlagen mit Heizleistungen im Kilowattbereich.

In Skandinavien und der Schweiz ist diese Technik jedoch bereits deutlich weiterverbreitet und es werden dort auch größere Aggregate im Megawatt-Bereich eingesetzt.

Eine der größten Anlagen in Deutschland befindet sich im Quartier Neckarpark in Stuttgart und versorgt einen Gewerbepark, ein Sportbad und rund 850 Wohnungen mit Wärme.

#### 4.2.6 Fluss-, See- und Grundwasserwärme

In Oberflächengewässern, also Fließgewässer und Seen, aber auch im Grundwasser sind enorme Menge an Wärmeenergie gespeichert. Um dieses Potenzial zu nutzen, sind Wärmetauscher im Gewässer notwendig, die über Rohrleitungen mit einer Wärmepumpe verbunden sind.

Die Wärmemenge, die sich einem Gewässer entnehmen lässt, ist wesentlich von der Temperatur und der Fließgeschwindigkeit des Gewässers abhängig. Die Temperatur von Oberflächenwasser hängt erheblich stärker von der Außentemperatur ab als die des Grundwassers, weshalb im Winter bei hohem Wärmebedarf durch Vereisung unter Umständen keine Wärmeentnahme möglich ist. Ein Beispiel für die thermische Nutzung von Oberflächenwasser im größeren Maßstab ist die Anlage Värtan Ropsten mit einer Leistung von 180 MW, welche Ostseewasser als Wärmequelle nutzt.

Für den Einsatz einer Flusswasserwärmepumpe bedarf es einer wasserrechtlichen Erlaubnis gemäß § 8 Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Weitere relevante Vorschriften des WHG sind der § 9 Abs.1 Nr.1 (Entnehmen und Ableiten von Wasser), § 9 Abs.1 Nr.4 (Einbringen von Stoffen in Gewässer) und § 9 Abs.2 Nr.2, da die Anlage grundsätzlich geeignet ist „dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen“. Es besteht kein Anspruch von Wasser in einer bestimmten Menge oder Qualität (§ 10 Abs. 2 WHG). Für Anlagen, die sich in einem Gewässer befinden, ist § 36 WHG anzuwenden. Grundsätzlich darf der Einsatz einer Flusswasserwärmepumpe die Gewässereigenschaften nicht nachteilig verändern. Nach einer ersten Einordnung der verantwortlichen Verwaltungsabteilung ist eine nachteilige Veränderung der Kanäle nicht zu erwarten, eine genaue Prüfung steht jedoch noch aus. Da die Kanäle Bundeswasserstraßen darstellen, ist das Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin stellvertretend für den Eigentümer und als Schifffahrtsbehörde mit in die Planungen einzubeziehen.

Für den Einsatz von Flusswärmepumpen bestehen ähnliche Restriktionen wie für den von Abwasserwärmepumpen. Da die Wärmepumpe aufgrund der geringen Wassertemperatur und möglichen Vereisung in den Wintermonaten nicht betrieben werden kann, besteht in besonderem Maße eine Diskrepanz zwischen der zeitlichen Verfügbarkeit der Wärme und der Höhe des Wärmebedarfs.

#### 4.2.7 Abwärmenutzung aus Industrie und Gewerbe

Das Einsparpotenzial für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nutzung von industrieller Abwärme in Baden-Württemberg ist enorm. Eine Studie des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energie kam 2020 zu dem Ergebnis, dass für Baden-Württemberg ein technisch verwendbares Abwärmepotenzial in Höhe von ca. 5,4 bis 9,3TWh/a vorhanden ist. Bezogen auf den Endenergieverbrauch der Industrie liegt das Potenzial bei etwa 61 TWh/a.

Abwärme kann über ein Wärmenetz zur Beheizung nahe gelegener Gebäude und Quartiere genutzt werden. Die Integration eines Wärmespeichers kann einen Ausgleich zwischen der zeitversetzten Wärmebereitstellung und dem Wärmebedarf schaffen.

Abwärme fällt insbesondere in energieintensiven Industrie- und Gewerbebetrieben bei verschiedensten Prozessen an (vgl. Abbildung 4-7).

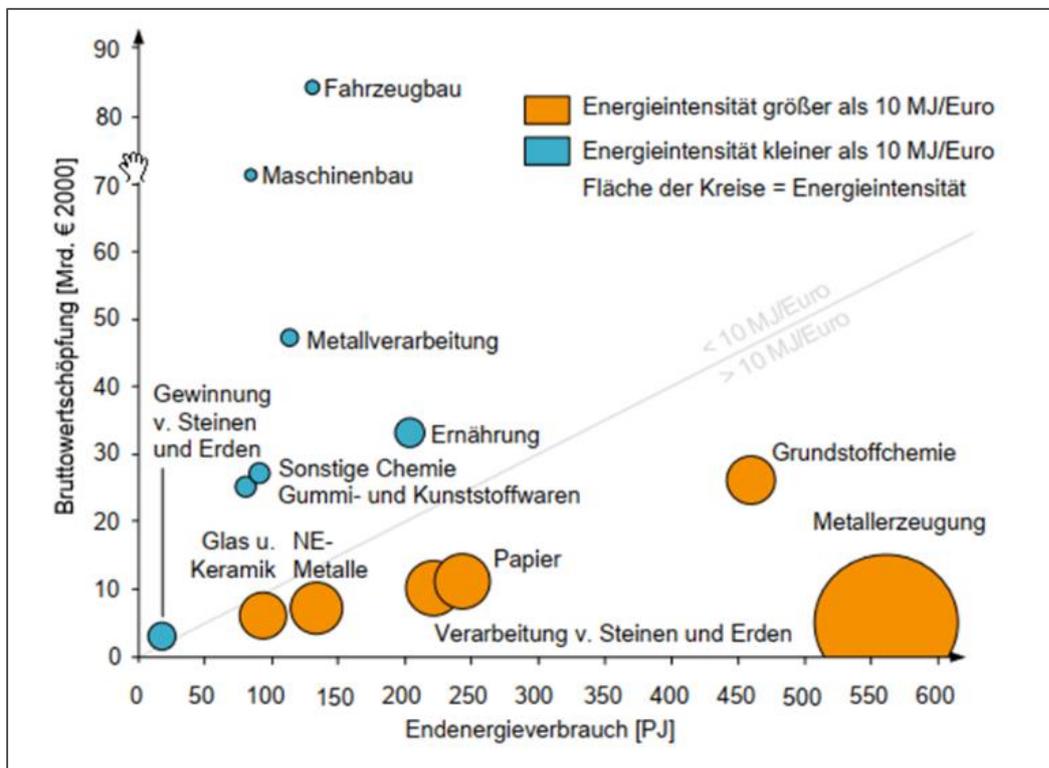


Abbildung 4-7: Energieintensität verschiedener Branchen (Quelle: Hirtzel und Sonntag)

Je nach Rahmenbedingungen kann sie durch unterschiedliche Technologien genutzt werden. Dabei ist das Temperaturniveau der vorhandenen Abwärmequelle einer der wichtigsten Faktoren bei der Auswahl der entsprechenden Technik zur industriellen Abwärmenutzung. Abbildung 3.8 stellt die Nutzungsmöglichkeiten der Abwärme in Abhängigkeit der Temperatur dar. Darüber hinaus bestimmen die Abwärmemenge, die chemische Zusammensetzung des Abwärmestroms, die Bündelung der Abwärmeströme am Standort und die räumliche Nähe von Wärmequellen- und Wärmesenken die Nutzungsmöglichkeiten der Abwärme.

Folgende Technologien kommen für die Nutzung der Abwärme in Betracht:

- Wärmerückgewinnung

Hierbei handelt es sich um den effizientesten und zugleich einfachsten technologischen Ansatz zur Abwärmenutzung. Die Abwärme wird über einen Wärmetauscher beispielsweise aus einem Abgasstrom ausgekoppelt und an ein anderes Medium übertragen.

Das Wärmeträgermedium kann dabei Heißwasser, Thermoöl, Dampf oder ein gasförmiges Fluid sein. Die übertragene Wärme wird über das Wärmeträgermedium zu vorhandenen Wärmesenken transportiert und dort weiter genutzt.

- Kühlung und Klimatisierung durch Abwärmenutzung

Mit Abwärme lässt sich auch die Kühlung oder Klimatisierung von Gebäuden oder Prozessschritten realisieren. Dazu wird diese ausgekoppelt, um Niedertemperaturwärme auf ein Wärmeträgermedium zu übertragen. Die nutzbar gemachte Niedertemperaturwärme kann dann in einer Sorptionskälteanlage zur Erzeugung von Kaltwasser genutzt werden.

In den Sorptionskälteanlagen wird über Absorption- oder Adsorptionsprozesse Kaltwasser erzeugt, welches für weitere Verwendungszwecke zur Verfügung steht. Somit lässt sich Kälte aus herkömmlichen Kompressionskälteanlagen und deren Strombedarf substituieren.

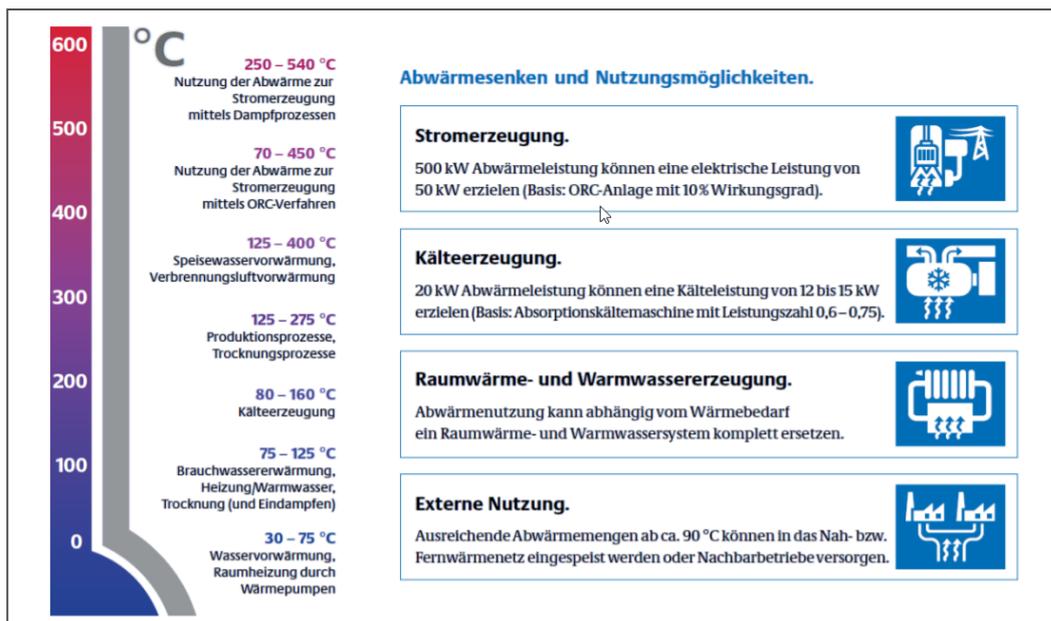


Abbildung 4-8: Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme in Abhängigkeit vom Temperaturniveau (Quelle: dena)

- Abwärmenutzung durch Wärmepumpen

Diese Form sieht vor, das Temperaturniveau der erzeugten Nutzwärme durch Zuführung höherwertiger Energie anzuheben, um diese nutzbar zu machen. Die höherwertige Energie kann dabei elektrischer Strom oder Wärme auf einem hohen Temperaturniveau sein, welches durch Kompressionswärmepumpen oder Sorptionswärmepumpen angehoben wird, um beispielsweise den Heizbedarf einer Liegenschaft zu decken oder der Produktion zuzuführen.

Neben der thermischen Nutzung der Abwärme kommt auch eine Verstromung der Abwärme in Frage. Für eine Verstromung sind in der Regel höhere Abwärmemetemperaturen nötig als für die thermische Nutzung. Eine Verstromung kommt insbesondere dann in Frage, wenn lokal keine Wärmesenken oder Wärmenetze vorhanden sind.

#### 4.2.8 Power-to-Heat

Power-to-Heat (PtH) beschreibt allgemein die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme, die auch zur Einbindung in Wärmenetze genutzt werden kann.

Power-to-Heat-Anlagen können sowohl im Niedertemperaturbereich als auch im Hochtemperaturbereich (Dampf) ihren Einsatz finden und sind daher für die Dekarbonisierung sowohl im Bereich der privaten Haushalte als auch der Industrie eine wichtige Option.

Im dezentralen Niedertemperaturbereich werden vor allem Heizstäbe oder Heizpatronen eingesetzt. Im Hochtemperaturbereich werden Elektrodenheizkessel (EHK) eingesetzt. Mit einem EHK ist eine Erzeugung von Prozessdampf von bis zu 30 bar technisch möglich. Der so erzeugte Satttdampf kann mit einem nachgeschalteten Elektrodendurchlauferhitzer auf höhere Temperaturen überhitzt und damit auch höheren Anforderungen an die Dampferzeugung gerecht werden.

Aufgrund der kompakten Größe der Module ist ein Einsatz auch in dicht besiedelten Gebieten optimal, wo kurzfristig hohe Wärmemengen bereitgestellt werden müssen.

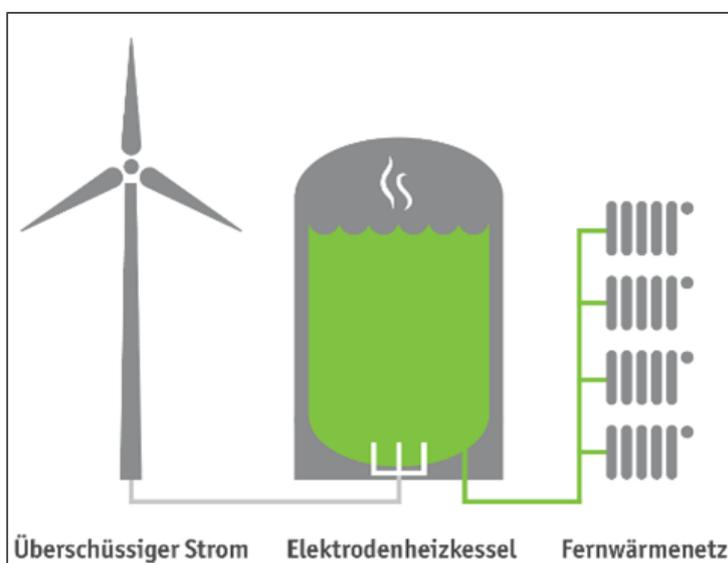


Abbildung 4-9: Funktionsweise Elektrodenheizkessel (Quelle: Stadtwerke Flensburg)

#### 4.2.9 Power-to-Gas (Synthetische Gase, Wasserstoff)

Neben Power-to-Heat ist auch Power-to-Gas (PtG) eine wichtige Sektorenkopplungs-Technologie. PtG nutzt die Elektrolyse, um unter Einsatz von Strom Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zu spalten. Danach kann der gewonnene Wasserstoff entweder bis zu einem Anteil von 10 Prozent direkt in das Erdgasnetz eingespeist oder für die Synthetisierung von CO<sub>2</sub> zu Methan und Wasser genutzt werden. Das durch die Methanisierung entstandene synthetische Methan ähnelt Erdgas und kann komplett in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. Wie Erdgas kann synthetisches Methan gespeichert oder als Brennstoff für die (erneute) Stromerzeugung oder Umwandlung in Wärme genutzt werden.

Die Nutzung von synthetischem Methan ist mit der vorhandenen Infrastruktur für Transport und Verteilung möglich. Dadurch kann es sowohl im Erdgasnetz transportiert als auch in den vorhandenen Speichern langfristig gelagert und je nach Bedarf in den unterschiedlichen Sektoren eingesetzt werden. Besonders im industriellen Umfeld und für ausgewählte Transportaufgaben wird auch zukünftig ein einfach verfügbarer, hochkalorischer Brennstoff benötigt werden.

Der Ersatz von Erdgas durch synthetisches Methan bietet den Vorteil einer geringeren Importabhängigkeit und der Unterstützung der lokalen Wertschöpfung.

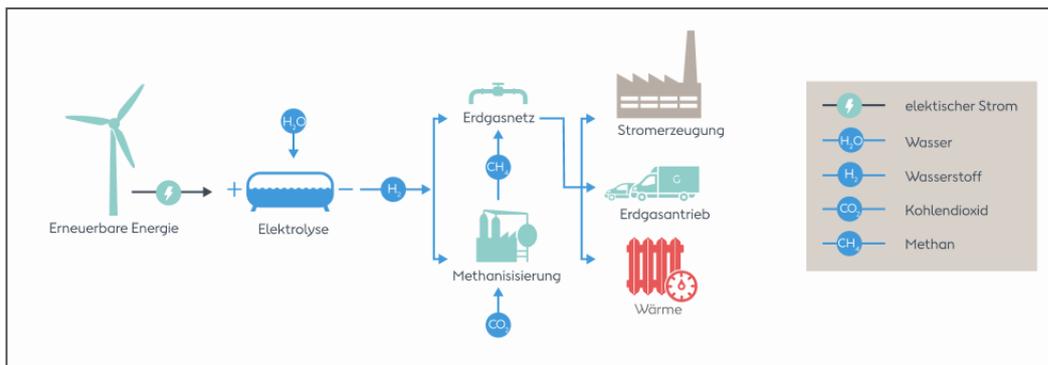


Abbildung 4-10: Das Prinzip von „Power-to-Gas“ (Quelle: Fraunhofer Institut)

Ein wesentlicher Nachteil besteht darin, dass die Umwandlungsverfahren (Elektrolyse und Methanisierung) keine ausreichenden Wirkungsgrade vorweisen. Die Elektrolyse erfolgt mit einem Wirkungsgrad von ca. 70 Prozent, die Methanisierung erreicht rund 80 Prozent. Somit beträgt der Energiegehalt des synthetischen Methans ca. 55 Prozent 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.

Der Anteil an synthetischen Gasen bspw. Wasserstoff ist aus heutiger Sicht noch nicht eindeutig abschätzbar. Fast 64% der Haushalte in Villingen-Schwenningen werden mit Erdgas versorgt, die überwiegend über das Erdgasnetz versorgt werden. In dieses System eine gewisse Menge an Wasserstoff beizumischen oder Teile des Netzes für eine Nutzung mit grünen Gasen wie Wasserstoff umzuwidmen, ist naheliegend und kann dazu beitragen, die Klimaschutzziele zu erreichen. In den kommenden Jahren werden Voraussetzungen zu Gewinnung, Lieferung, Verteilung und Erkenntnisse zu

den Endverbrauchgeräten folgen. So, dass in der Fortschreibung der Wärmeplanung weiter auf den Anteil von grünen Gasen eingegangen werden kann.

#### 4.2.10 All electric

„All Electric“ steht für ein Energieversorgungssystem, bei dem regenerativ gewonnener Strom die zentrale Energieform darstellt und darüber die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität koppelt. Sowohl die Wärmeversorgung als auch die Mobilität erfolgt elektrisch. Der hierfür notwendige Strom könnte zu einem Teil direkt aus der hauseigenen PV-Anlage stammen. Die Wärmeerzeugung erfolgt durch eine Wärmepumpe.

## 5 POTENZIALANALYSE

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden verschiedene Möglichkeiten zur Endenergieeinsparung aufgezeigt und bewertet. Zudem werden Potenziale zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Bereich der Wärmeversorgung beschrieben. Die daraus resultierenden Ergebnisse sind die Grundlage für die zwei in Kapitel 6 aufgestellten Szenarien zur zukünftigen Wärmeversorgung in Villingen-Schwenningen.

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden die folgenden Handlungsfelder zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen betrachtet: Energieeinsparung durch energetische Sanierung von Gebäuden, Steigerung der Energieeffizienz durch technische Verbesserung der Anlagen und der Ersatz von fossilen Energieträgern zur Wärmeversorgung durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger.

Nachfolgend werden zunächst die Potenziale für den Einsatz regenerativer Energien in einem Überblick für die Gesamtstadt dargestellt. Anschließend wird das Gesamtpotenzial der Energieeinsparung durch Sanierungsmaßnahmen an allen Wohngebäuden und kommunalen Gebäuden dargestellt. Dabei stellen die Potenziale theoretische Maximalwerte dar, deren Umsetzbarkeit im Einzelfall zu prüfen und weiter zu konkretisieren ist.

Die ermittelten Potenziale werden in den nachfolgenden Unterabschnitten näher erläutert.

### 5.1 SANIERUNG DER WOHNGEBÄUDE UND KOMMUNALEN GEBÄUDE

Das größte Potenzial zur Einsparung von Endenergie innerhalb der Wärmeversorgung bietet die Sanierung der Gebäudehülle. Zur Abschätzung der Höhe des Einsparpotenzials wurde zunächst ermittelt, welche Anzahl welchen Gebäudetyps auf dem Stadtgebiet vorzufinden ist.

Zur Bewertung des Einsparpotenzials sind die Referenzgebäudetypen aus der IWU-Gebäudetypologie mit einer Sanierung auf Effizienzhaus 55 Standard simuliert worden. Die Sanierungsvariante auf den Effizienzhaus 55 Standard setzt die Maßgaben der KfW-Bank für die Förderung von Einzelmaßnahmen (Technischen Mindestanforderung der BEG WG) als Sanierungsniveau an. Die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Endenergiebedarf nach IWU Typologie und dem nach der simulierten Sanierung, ergibt das Einsparpotenzial je Gebäudetyp und Altersklasse. Um die stadtspezifische Verteilung der Gebäude in den Altersklassen und Gebäudekategorien zu berücksichtigen, wurde jeweils eine gewichtete Mittelung vorgenommen.

Die nachstehende Tabelle zeigt die jeweiligen Anforderungen an die Bauteile in Form der U-Werte

| Bauteil               | Anforderungen an den U-Wert gem. BEG Einzelmaßnahme |  |
|-----------------------|---|--|
|                       | [W/(m <sup>2</sup> *K)]                             |  |
| Steildach             | 0,14  |  |
| Oberste Geschossdecke | 0,14  |  |
| Außenwand             | 0,20  |  |
| Fenster               | 0,95  |  |
| Boden                 | 0,25  |  |

Es wird somit in der folgenden Szenarienentwicklung davon ausgegangen, dass der Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung durch eine Sanierung aller Gebäude um 42 % gesenkt werden kann. Ein Heizungstausch ist aufgrund der Bedarfsänderung sinnvollerweise nach einer Sanierung durchzuführen. Dabei ist zu beachten, dass Gebäude, die vor der Datenerhebung saniert wurden, im Jahr 0 in den Gesamtverbrauch einfließen.

Um die berechnete Einsparung von 42 % des Wärmeenergiebedarfs durch Sanierung bis 2040 zu erzielen, müssten 5 % der Gebäudehüllen pro Jahr saniert werden (Sanierungsquote deutschlandweit liegt bei knapp einem Prozent). Abbildung 21 stellt die möglichen Einsparungen bei jährlichen Sanierungsraten von 1 – 5 % im Zieljahr 2040 dar.

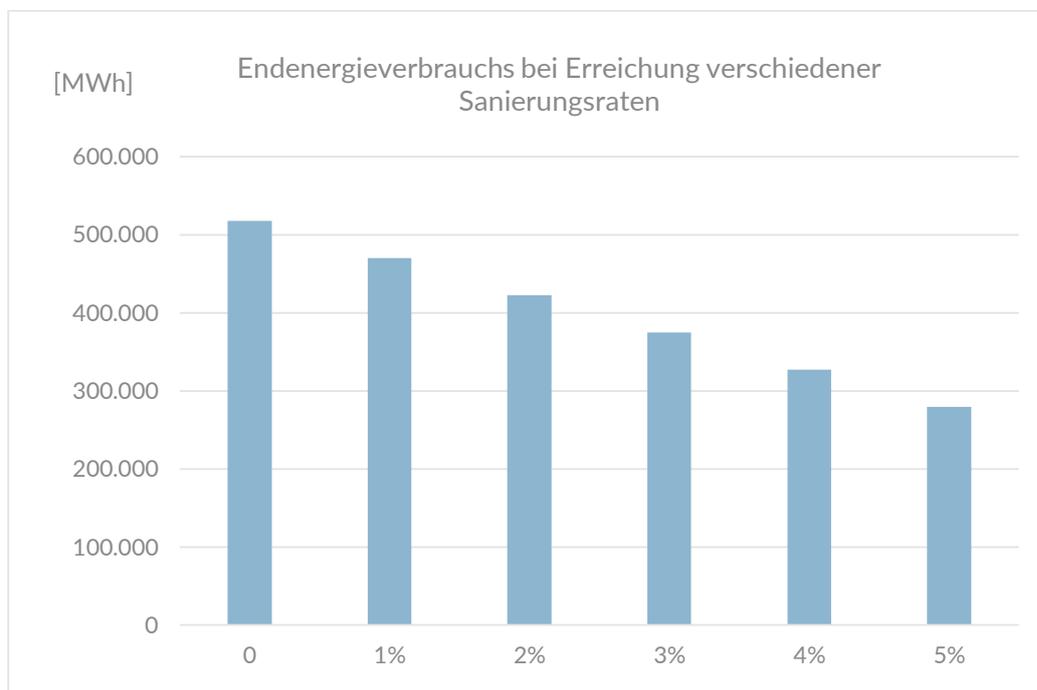


Abbildung 5-1: mögliche Einsparungen bei Erreichung verschiedener Sanierungsraten

## 5.2 PHOTOVOLTAIK

Der Energieatlas Baden-Württemberg ist das gemeinsame Internet-Portal des Umweltministeriums und der LUBW für Daten und Karten zum Thema Erneuerbare Energien. Bürgern, Kommunen, Verwaltung, Forschung und Wirtschaft werden damit wichtige Informationen zum Stand der dezentralen Energieerzeugung und zum regionalen Energiebedarf zur Verfügung gestellt. Die Stadt Villingen Schwenningen stellt ein eigenes Solarkataster unter folgendem Link zu Verfügung: <https://www.solare-stadt.de/villingen-schwenningen/Solarpotenzialkataster>

Im Solarkataster kann dabei erste gebäudescharfe Informationen zum standortspezifischen Solarpotenzial bereitgestellt werden. Unterteilt ist als erstes das Solarpotenzial in die Kategorien Solare potenziale auf Freiflächen und Potenziale auf Dachflächen. Als weitere Aufteilung wird das Freiflächenpotenzial unterteilt in die Eignungsklassen, geeignet und bedingt geeignet. Auf der Karte für Solarpotenziale auf Dachflächen werden die Eignungen der Dächer durch die Einstrahlungsintensitäten dargestellt, dabei werden die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solare Einstrahlung berücksichtigt.

Gebäudeeigentümern wird jedoch im Rahmen von konkreten Absichten zur Installation einer Anlage die Hinzuziehung einer neutralen Energieberatung empfohlen, die die Dacheignung prüft (z. B. Statik), für technische Fragen und das Genehmigungsrecht zur Seite steht sowie weitere Informationen zu Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten bereitstellt. Die Angaben des Solarpotenzialkatasters dienen einer ersten Einschätzung, die keine Energieberatung vor Ort ersetzt. Jedoch kann über das Kataster ein überschlägiges Potenzial im Rahmen der Potenzialanalyse für die Stadt Villingen-Schwenningen herangezogen werden.

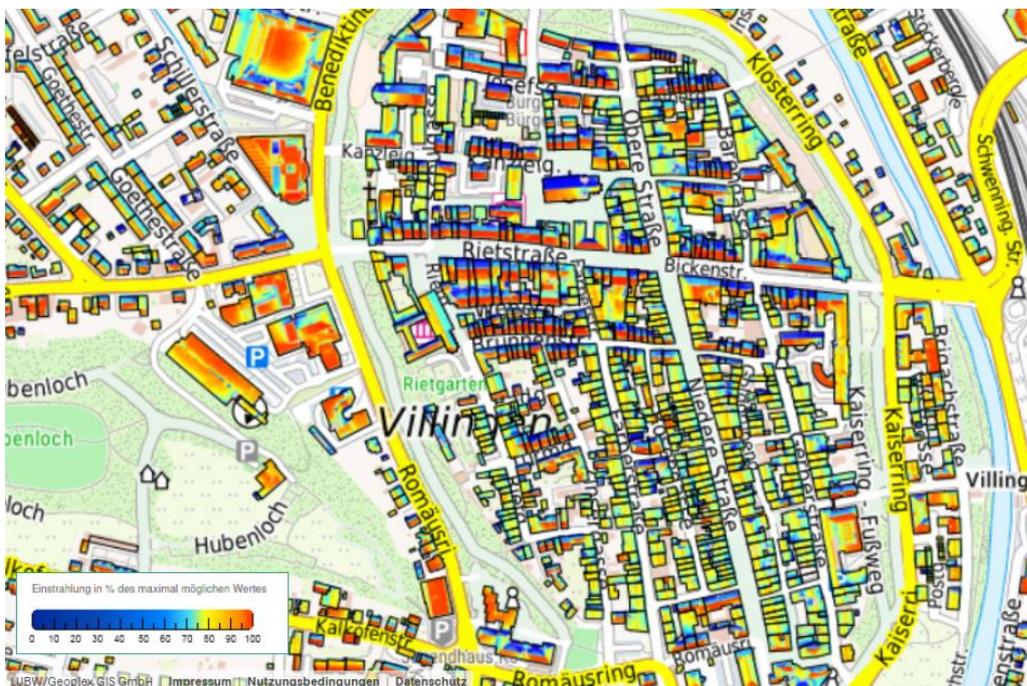


Abbildung 5-2: Ausschnitt aus dem Energieatlas des Landes Baden-Württemberg - Solarpotenzial auf Dachflächen (Quelle: Energieatlas LUBW)

Zudem gibt das Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg eine Auskunft zu den Potenzialen der PV-Nutzung in der Region. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass die Dachflächen begrenzt zur Verfügung stehen und somit in Konkurrenz zur Solarthermie-Nutzung stehen. Im Gegensatz zur Solarthermie Betrachtung sind bei der Photovoltaik die geeigneten Dachflächen in Himmelsrichtungen und Flachdächer kategorisiert.

Tabelle 2: Übersicht des Photovoltaik-Potenzials - Stadtgebiet Villingen-Schwenningen [energielenker projects GmbH]

| Technologie                             | Installierbare Modulfläche | Möglicher Stromertrag |
|---|----------------------------|-----------------------|
| Photovoltaik Dach                       | 1.398.800 m <sup>2</sup>   | 205 GWh/a             |
| Photovoltaik Konversionsflächen         | 529.300 m <sup>2</sup>     | 77 GWh/a              |
| Photovoltaik benachteiligte Freiflächen | 13.760.000 m <sup>2</sup>  | 2.018 GWh/a           |
| Photovoltaik gesamt                     | 15.688.100 m <sup>2</sup>  | 2.300 GWh/a           |
| Mobilisierungsfaktor 20 %               | 3.137.620 m <sup>2</sup>   | 460 GWh/a             |
| Mobilisierungsfaktor 30 %               | 4.706.430 m <sup>2</sup>   | 690 GWh/a             |

Die Daten des LUBW weisen im Bereich der Photovoltaik auf Dächern und Freiflächen ein Strompotenzial von 2.804 GWh/a und eine mögliche installierbare Modulfläche von 15.688.100 m<sup>2</sup> aus. Dies ist als das maximale Potenzial für das Stadtgebiet Villingen-Schwenningen zu sehen. Um das Potenzial zur Stromerzeugung aus Photovoltaik nicht zu überschätzen, werden für die Szenarien Mobilisierungsfaktoren von 20 % und im finalen Szenario 30 % angesetzt.

Ausgehend von einem COP-Wert <sup>1</sup>von 3,5 für Wärmepumpen könnten demnach im 2030-Szenario rund 1.610 GWh/a und im 2040-Szenario rund 2.415 GWh/a thermische Energie erzeugt werden.

In einem Szenario der kombinierten Energieerzeugung aus Photovoltaik und Solarthermie ergibt sich unter der Annahme einer Flächennutzung von 80 % der Photovoltaik- und 20 % der Solarthermie-Dachfläche ein Wärmepotenzial von rund 1.820.000 MWh/a.

Als einschränkende Faktoren für die Nutzung von Photovoltaik sind folgende Punkte zu nennen:

- Wirtschaftlichkeit
- Statik des Daches
- Brandschutz
- Denkmalschutz

<sup>1</sup> COP steht für „Coefficient of Performance“ und bezeichnet die Effizienz der Wärmepumpe. Der COP-Wert gibt das Verhältnis von Wärmeleistung und der dazu erforderlichen Antriebsenergie (Strom) an.

- Lebensdauer der Dachhaut

Durch diese Faktoren kann die Installation einer Anlage ganz oder teilweise verhindert oder zumindest zeitlich verzögert werden.

Daher wird für die weitere Betrachtung der möglichen Gewinnung von Strom aus Photovoltaikanlagen nur ein Teil der ausgewiesenen Werte berücksichtigt.

### 5.3 SOLARTHERMIE

Die Daten des LUBW - Energieatlas [Energieatlas BW] weisen neben dem PV-Potenzial auch eine Potenzialfläche für Solarthermie auf Dachflächen aus. Die installierbare Modulfläche beträgt hierbei 2.2000.000 m<sup>2</sup>. Die Erträge von Solarthermieanlagen können im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen bei einem Überangebot jedoch nicht in ein Netz eingespeist werden. Daher kann das hier ausgewiesene Potenzial nicht mit einberechnet werden.

Zusätzlich besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen Photovoltaik und Solarthermie. Da Photovoltaikanlagen in der Regel eine bessere Wirtschaftlichkeit aufweisen und darüber hinaus die gewonnene Energie vielfältiger einsetz- und speicherbar ist, wird davon ausgegangen, dass Solarthermieanlagen im Vergleich nur eine geringe Rolle spielen werden.

Die Nutzung im privaten Bereich wird sich auf kleine Anlagen beschränken, die heute errichtet werden, um gesetzliche Vorgaben einhalten zu können. Diese Anlagen sind in der Regel wenige m<sup>2</sup> groß und tragen daher nur zu einem geringen Anteil zur Energiegewinnung bei.

Im Gegensatz zu privaten Solarthermieanlagen stellt sich die Situation für große Solarthermieanlagen in Verbindung mit effizienten Wärmenetzen anders dar. Während die Wärmegegestehungskosten für Solarthermieanlagen auf Hausdächern mit 14,3-18,1 ct/ kWh relativ hoch liegen, bieten große Freiflächen-Solarthermieanlagen mit Wärmegegestehungskosten zwischen 3,7 und 4,6 ct /kWh die Möglichkeit einer kostengünstigen Wärmeversorgung. Die größte Herausforderung stellt dabei die Verfügbarkeit geeigneter Flächen dar. Insbesondere im verdichteten Innenstadtbereich kommen hier große Dachflächen und große Infrastrukturflächen, wie z. B. Parkplätze oder Flächen entlang von Verkehrswegen sowie Lärmschutzbauwerke in Frage.

| <i>Technologie</i>                             | <i>Installierbare Modulfläche</i> | <i>Möglicher Wärmeertrag</i> |
|--|-----------------------------------|------------------------------|
| <i>Solarthermie Konversionsflächen</i>         | <i>342.800 m<sup>2</sup></i>      | <i>154 GWh/a</i>             |
| <i>Solarthermie benachteiligte Freiflächen</i> | <i>3.440.200 m<sup>2</sup></i>    | <i>1.548 GWh/a</i>           |
| <i>Solarthermie gesamt</i>                     | <i>3.783.000 m<sup>2</sup></i>    | <i>1.702 GWh/a</i>           |
| <i>Mobilisierungsfaktor 20 %</i>               | <i>756.600 m<sup>2</sup></i>      | <i>340 GWh</i>               |
| <i>Mobilisierungsfaktor 30 %</i>               | <i>1.134.900 m<sup>2</sup></i>    | <i>510 GWh/a</i>             |

Tabelle 3: Theoretische Solarthermie-Potenziale in GWh/a - Villingen-Schwenningen

## 5.4 BIOMASSE

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.

Als Biomasse werden in diesem Kontext die zur Herstellung von Bioenergie verwendeten Rohstoffe bezeichnet. Diese Rohstoffe entstammen primär der Land-, Forst- und Abfallwirtschaft. Diesbezüglich ist zwischen holzartiger Biomasse, Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger aus der Landwirtschaft und biogenen Rest- und Abfallstoffen zu unterscheiden. Bioenergie kann in den Energieformen fest, flüssig und gasförmig genutzt werden. Typisch für feste Biomasse sind verschiedenste Holzbrennstoffe (u. a. Scheitholz, Holzhackschnitzel oder Holzpellets). Flüssige Bioenergien sind vor allem Biokraftstoffe wie Pflanzenöl, Biodiesel oder Bioethanol. Als gasförmige Bioenergie ist Biogas zu nennen.

Biomasse ist allerdings mit Abstand die flächenintensivste unter den erneuerbaren Energien. Die Energieerträge aus verschiedenen Substraten variieren dabei zum Teil stark. Zudem gibt es viele kritische Stimmen zur Nutzung von Biomasse als Energielieferant. Hier ist beispielsweise die „Teller oder Tank“-Debatte zu nennen, in der häufig kritisiert wird, dass Biomasse nicht primär zur energetischen Nutzung angebaut, sondern eher auf Reststoffe zurückgegriffen werden sollte. Zukünftig wird vor allem die verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse, beispielsweise zur Herstellung von Biokunststoffen, gegen den Einsatz dieser zur Energiegewinnung sprechen.

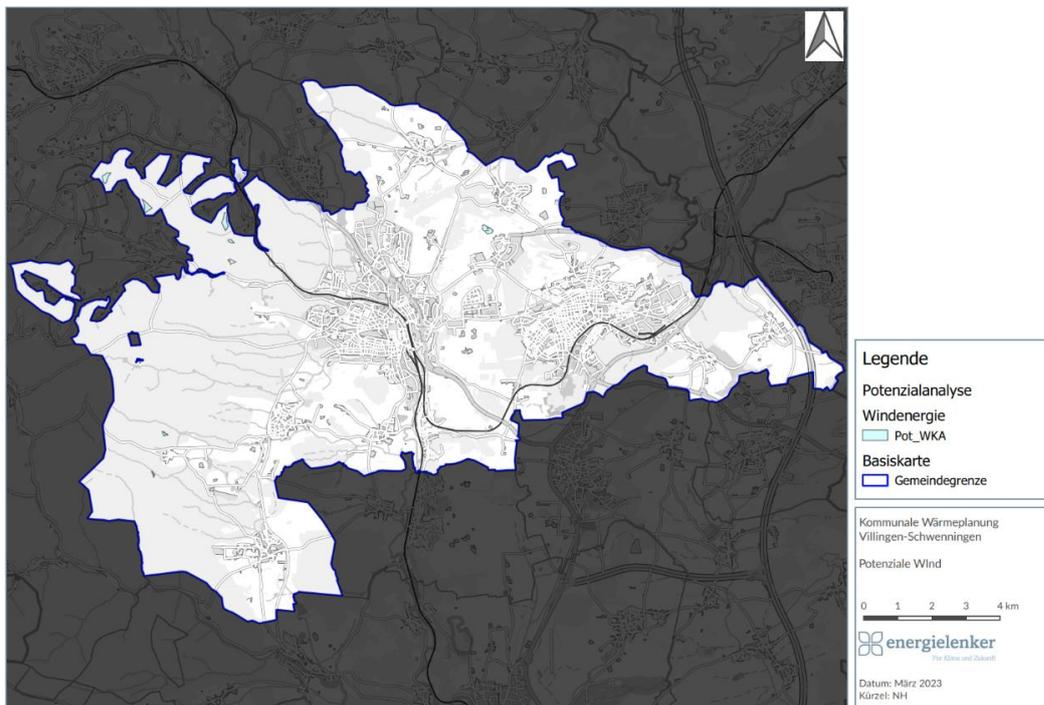
| <i>Technologie</i>                   | <i>Möglicher Energieertrag</i> |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Biogas Potenzial - elektrisch</i> | <i>8,5 MWh/a</i>               |
| <i>Biogas Potenzial - thermisch</i>  | <i>12,8 MWh/a</i>              |

## 5.5 WINDENERGIE

Bislang existieren - mit Stand September 2022 - zwei Windenergieanlagen auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen.

Für den Energieträger Windenergie wird im Energieatlas Baden-Württemberg ein Maximalpotenzial von 67.110 MWh/a angegeben. Davon sind 0 MWh/a in geeigneten Flächen prognostiziert und entsprechend 67.110 MWh/a in bedingt geeigneten Flächen. Die Größe der Fläche, die diesem Maximalpotenzial zugrunde liegt, beträgt 21 ha (geeignete Flächen: 0 ha  $\triangleq$  0 % der Gesamtfläche der Gemarkung; bedingt geeignete Flächen: 21 ha  $\triangleq$  <0,1 % der Gesamtfläche der Gemarkung). Darauf würden sich 7 Windenergieanlagen realisieren lassen (LUBW, 2022).

Es gilt jedoch anzumerken, dass diese Ertragsprognosen auf theoretischen Hochrechnungen basieren. Hier müssen die erforderlichen Abschaltzeiten sowie die Windverteilung an den unterschiedlichen Standorten berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind die politischen Rahmenbedingungen, wie z. B. die Abstandsregeln oder die EEG-Vergütung im Hinblick auf die Anlagenentwicklung nicht endgültig abschätzbar. Die aktuelle politische Lage suggeriert jedoch eher eine zukünftige Vereinfachung der Genehmigungsverfahren.



## 5.6 GEOTHERMIE

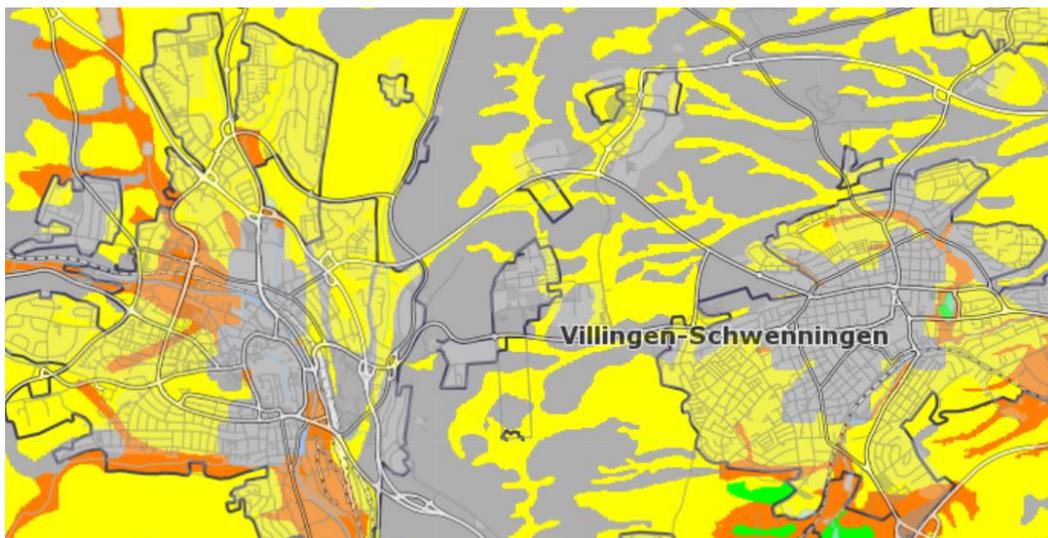
Nachfolgende Einschätzungen und dargestellte Abbildungen basieren auf Daten des Geologischen Dienstes Baden-Württembergs und dienen als erste Orientierung. Sie ersetzen keine spezifische Standortbeurteilung, die im Falle konkreter Umsetzungsplanungen auf jeden Fall zusätzlich erfolgen muss.

### 5.6.1 Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren sind eine oberflächennahe Geothermie-Technik, bei der horizontale Rohrleitungen unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 Metern in den Boden installiert werden. Die Wärme beziehen die Kollektoren aus der eingestrahltten Sonnenwärme und über versickerndes Niederschlagswasser. Sofern diese Technik nicht mit dem Grundwasser in Kontakt kommt und außerhalb von Wasserschutzgebieten liegt, ist kein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren notwendig. Die genutzte Fläche muss jedoch das 1,5- bis 2-fache der zu beheizenden Fläche betragen.

Bei der Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonden und -kollektoren stammt bis zu 75 % der Energie aus dem Untergrund, bei Grundwasserbrunnen bis zu 80 %. Die restliche, konventionell erzeugte Energie wird für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt.

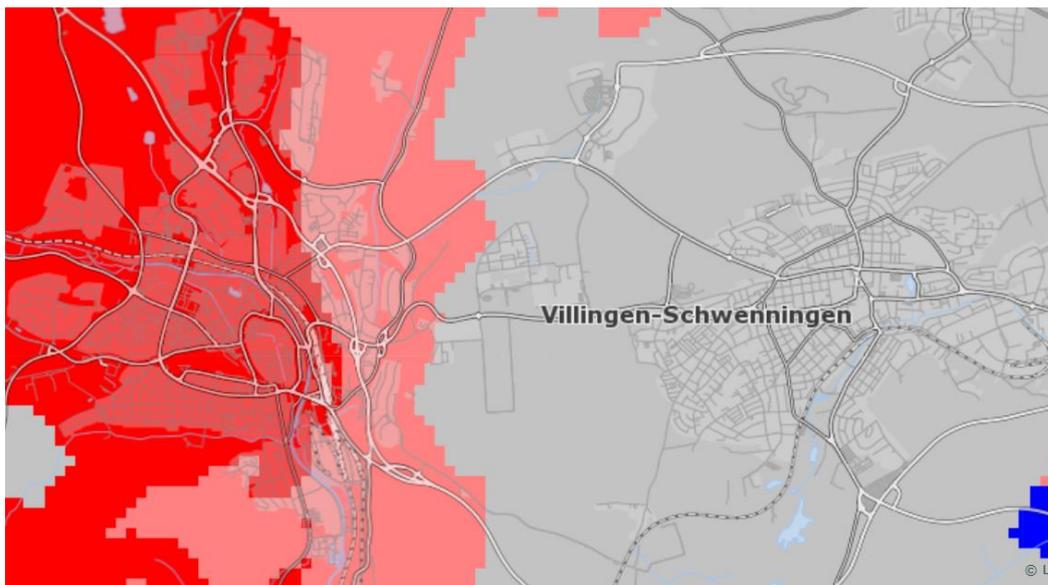
Die geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmekollektoren in Villingen-Schwenningen ist in den jeweiligen Stadtteilen sehr unterschiedlich. In Villingen sind etwa 70% geeignet und gut geeignet eingestuft. Aber auch in Schwenningen sind ca. 50% als geeignet und gut geeignet gekennzeichnet. Für die grobe Potenzialberechnung wird daher die Hälfte der Siedlungsfläche der Stadt Villingen-Schwenningen genutzt. Dabei wird angenommen, dass etwa 6 % dieser Siedlungsfläche theoretisch für die Erdwärmekollektoren geeignet sind. Dies entspricht bei einer angenommenen Gesamt-Siedlungsfläche von 2.317 ha rund 139,2 ha Fläche.



### 5.6.2 Erdwärmesonden

Mit Hilfe von Erdwärmesonden wird die Erdwärme nutzbar gemacht. Dazu wird eine mit einer Wärmeträgerflüssigkeit befüllte Erdwärmesonde – anders als bei Erdwärmekollektoren – vertikal oder schräg in ein Bohrloch eingebracht. Auf diese Weise wird dem umgebenden Erdreich Wärme entzogen oder zugeführt [Bundesverband Geothermie]. Die Nutzung oberflächennaher Erdwärmesonden ist daher von der geographischen Lage von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie der Hydrogeologie abhängig

Analog zu dem Vorgehen bei den Erdwärmekollektoren können auch die Flächen für eine Nutzung mit Erdwärmesonden dem Kartenviewer des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau entnommen werden. Die Kartographie des Geologischen Dienstes Baden-Württemberg illustriert, dass in Villingen nahezu durchgehend Klassifizierungen wie "höher effizient" und "effizient" gelten. Innerhalb des zentralen Stadtbereichs von Villingen ist das Kartenmaterial mit Bereichen versehen, in denen möglicherweise "artesisch gespanntes Grundwasser" existiert. Im Gegensatz dazu befindet sich der Stadtteil Schwenningen fast vollständig in einem Wasserschutzgebiet, wodurch aus wasserwirtschaftlicher Perspektive die Errichtung von Erdwärmesonden nicht gestattet ist.



Bezogen auf 100 m Tiefe bzw. erlaubte Bohrtiefe

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <span style="color: blue;">■</span> Geringer effizient | <span style="color: pink;">■</span> Effizient | <span style="color: red;">■</span> Höher effizient | <span style="color: grey;">■</span> Keine Angaben |
|--|---|--|---|

| Technologie                    | Möglicher Wärmeertrag |
|--------------------------------|-----------------------|
| Geothermie Erdwärmekollektoren | 83,4 GWh/a            |
| Geothermie Erdwärmesonden      | 194,6 GWh/a           |
| Geothermie gesamt              | 1.038 GWh/a           |

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine effiziente Nutzung der Geothermie in der Stadt Villingen-Schwenningen durch den Einsatz von Erdwärmekollektoren und -sonden möglich ist. Zusätzlich wird die oberflächennahe Geothermie und die Anschaffung dazugehöriger Wärmepumpen durch umfassende Förderangebote unterstützt. Unter Berücksichtigung einer zunehmenden Nutzung regenerativer Energien, werden demzufolge beim Neubau von Einfamilienhäusern Ausbaupotenziale gesehen. Unter der Prämisse einer Sanierung, welche die Absenkung der Vorlauftemperaturen eines Bestandsgebäudes erlaubt, kann das Potenzial der Umweltwärme auch für die Beheizung von Bestandsgebäude eine effiziente und sinnvolle Versorgungslösung darstellen.

### 5.6.3 Thermische Nutzung von Oberflächengewässern

Die Bezeichnung Oberflächengewässer umfasst alle in der Natur fließenden und stehenden Gewässer gleichermaßen (u. a. Flüsse, Seen, Übergangs- / Küstengewässer etc.). Charakteristisch für diese Gewässer ist deren Einbindung in den natürlichen Wasserkreislauf.

Oberflächengewässer existieren in verschiedensten Naturräumen und nicht zuletzt, deshalb unterscheiden sich die Gewässer einerseits aufgrund der vorkommenden Tier- und Pflanzenarten und ihrer Geologie im Einzugsgebiet und andererseits aufgrund der Gewässerstruktur. Zur Differenzierung ist dementsprechend ein System entwickelt worden, mit dem es möglich ist, Gewässer sowohl entsprechend ihrer naturräumlichen Eigenschaften als auch nach gemeinsamen Merkmalen zu Gewässertypen zusammenzufassen. Für diese Typisierung werden Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer 10 km<sup>2</sup>, stehende Gewässer mit einer Oberfläche von mehr als 0,5 km<sup>2</sup> und Übergangs- bzw. Küstengewässer innerhalb einer Seemeile seewärts berücksichtigt.

Aufgrund der hohen Wärmekapazität kann Wasser Wärme sehr gut speichern. Oberflächengewässer können deshalb geothermisch sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen genutzt werden. Konventionelle Wärmepumpen sind technisch dennoch in der Lage Wärme zu gewinnen und die Wärmeträgerflüssigkeit auf mehr als 60°C zu erhitzen. Mit dieser Wärme können kommunale Liegenschaften beheizt werden. In den Sommermonaten können Fließgewässer als Kühlung genutzt werden (sofern Wassertemperatur niedrig genug), da die Wassertemperatur in der Regel unterhalb der Luft- / Umgebungstemperatur verortet ist.

Bisher gibt es noch nicht viele Beispiele für die Nutzung von Oberflächenwasser in großem Maßstab. Dennoch könnte die thermische Nutzung von Oberflächengewässern bedeutende Einsparungen an fossilen Brennstoffen und Elektrizität erlauben. Die mögliche Energiemenge ist dabei abhängig von den Wassertemperaturen des Flusses und dem Massenstrom im Wärmeübertrager.

### 5.6.4 Hydrothermale Grundwassernutzung

Die hydrothermale Grundwassernutzung ist eine Technik der Tiefengeothermie. Als hydrothermale Lagerstätten werden Bereiche in über 400 m Tiefe bezeichnet, in denen Thermalwasser zirkuliert.

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).

In Deutschland existieren natürliche Reservoirs mit ausreichenden Wassermengen. Dazu zählen primär die geothermischen Provinzen des Molassebeckens im Alpenvorland, der Oberrheingraben und das norddeutsche Becken. Auf dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen sind möglicherweise ähnliche natürliche Reservoirs vorhanden. Allerdings ist dort die ausreichende Wassermenge nicht gewährleistet. Vor diesem Hintergrund ist die Wirtschaftlichkeit der Strom- und Wärmeerzeugung bei der hydrothermalen Grundwassernutzung gefährdet.

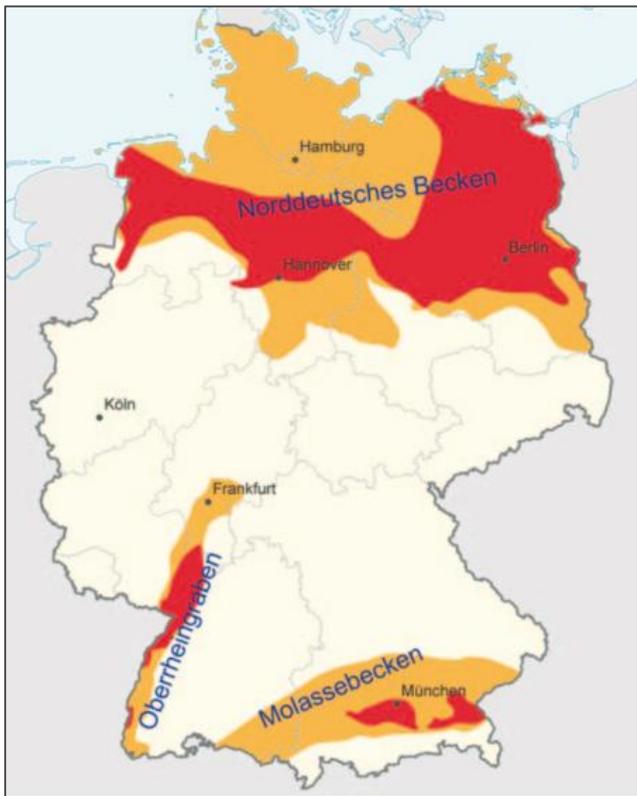


Abbildung 5-3: Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind (Quelle: UBA, 2008)

### 5.6.5 Abwasserwärmenutzung

Im Jahr 2022 wurde im Zuge einer Potenzialanalyse durch das Planungsbüro BIT Ingenieure eine Untersuchung der Stadt Villingen-Schwenningen durchgeführt, um geeignete Standorte für die Nutzung von Abwasserwärme im Kanalnetz zu identifizieren.

Eine Energiekarte zeigt die generellen Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Nutzung der Abwasserwärme gemäß dem DWA-Merkblatt M 114 "Abwasserwärmenutzung". Diese Kriterien sind zusammengefasst und grafisch dargestellt.

In den untersuchten Abschnitten des Kanalnetzes im Einzugsgebiet der Kläranlage "Oberer Neckar" und der Kläranlage "Villingen" kommen insgesamt 9,9 km bzw. 9,5 km für die Nutzung der Abwasserwärme infrage. Von diesen Abschnitten erfüllen 62 % bzw. 26 % die Kriterien der Klasse "geeignet ohne Einschränkungen" (Querschnitt größer als DN 1000 und ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit). Die Temperaturen des Abwassers im Einzugsgebiet der Kläranlagen werden als durchschnittlich angesehen.

Die konkrete wirtschaftliche und ökologische Machbarkeit des allgemeinen Potenzials zur Abwasserwärmenutzung, wie es aus der Energiekarte hervorgeht, wird erst durch Machbarkeitsstudien für individuelle Objekte im Kanalnetz der Stadt Villingen-Schwenningen festgestellt werden können.

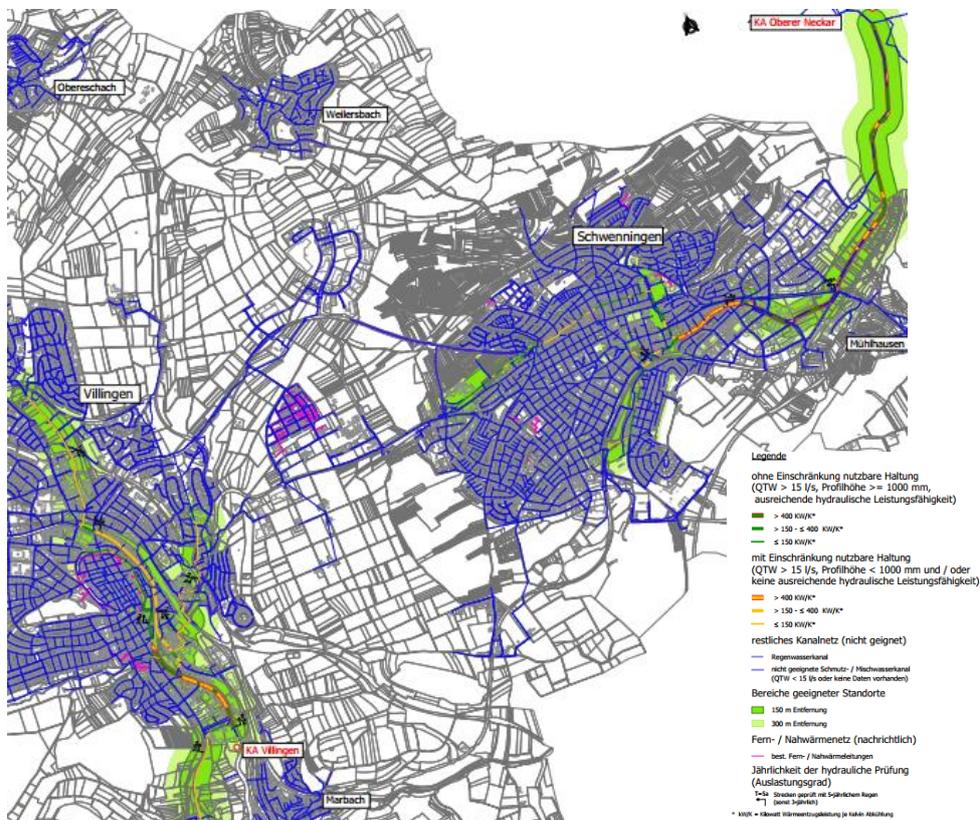


Abbildung 5-4: Potenzialkarte Abwasserwärmenutzung im Kanal Betz, Juni 2022, BIT Ingenieure

## 5.7 ABWÄRMEPOTENZIAL

Durch den Anschluss an wichtige Verkehrsachsen wie die A81 und die Nähe zur Automobil Industrie in Stuttgart, Heilbronn, Ingolstadt und München ist der Standort Villingen-Schwenningen eine Region zahlreicher Industrieunternehmen.

Die Wirtschaftsstruktur ist u.a. geprägt durch den Branchenschwerpunkt Automotiv. Viele Unternehmen in Villingen-Schwenningen fertigen Kunststoffspritzteile, Präzisionstechnik und Elektronik für die Automobilindustrie, aber auch Produkte der Mess- und Regeltechnik sowie die Mikro- und Unterhaltungselektronik.

Um mögliche Abwärmequellen aus Industrie und Gewerbe-Prozessen zu identifizieren wurden an produzierende Gewerbeeinheiten Fragebögen [Vorlage der KEA-BW] gesendet. Mit dem Fragebogen wurden Verbräuche, Energieträger, Abwärmepotenziale, Prozesse abgefragt, aber auch mögliche Wärme- und Stromerzeuger der Firma und die Nutzung von Erneuerbaren Energien.

Im Verlauf des Projektes wurden zum Thema Abwärmepotentiale Akteursgespräche mit mehreren Akteuren/ Unternehmen geführt.

Zusätzlich wurde für alle Industrie- und Gewerbebetriebe eine Informations- und Austauschveranstaltung im Umweltzentrum Villingen-Schwenningen durchgeführt. Alle Veranstaltungen dienten der Sensibilisierung für Effizienzsteigerung, Nutzung von erneuerbaren Energien und Abwärmepotenziale. Gleichzeitig wurde Potenziale untersucht und wahrgenommen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass viele Unternehmen hohe Energieverbräuche aufweisen, viele thermische Prozesse jedoch in unregelmäßigen Frequenzen stattfinden, was eine mögliche Abwärme-Nutzung schwierig gestaltet. Außerdem konnten viele Unternehmen bereits durch Effizienz-Maßnahmen und interne Abwärmenutzung ihren Energieverbrauch reduzieren.

Bei der Betrachtung des Wärmebezugs stellt die langfristige Versorgungssicherheit die oberste Prämisse für die Unternehmen dar. Die Großkunden haben durch ihren hohen Energiebedarf eine zentrale Bedeutung für die zukünftige Wärmeversorgung in Villingen-Schwenningen. Eine enge Absprache, mit den Akteuren ist daher in Zukunft notwendig, um ein hohes Maß an Versorgungssicherheit für die Unternehmen zu gewährleisten.

## 5.8 ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALE

Nachfolgend werden die ermittelten theoretischen Potenziale erneuerbarer Energien zusammenfassend dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass zur Energieerzeugung insbesondere im Bereich der Solarenergie ein großes Potenzial liegt. Darüber hinaus kann Windenergie eine wichtige Rolle spielen durch zu realisierende Windenergieanlagen.

Der Wärmebedarf kann bei entsprechender Ausschöpfung der Potenziale insbesondere durch Wärmepumpen, d. h. oberflächennahe Geothermie bzw. Umweltwärme abgedeckt werden. Wie bereits in den einzelnen Unterabschnitten erläutert, handelt es sich bei den angegebenen Potenzialen um die Maximalpotenziale in der Stadt Villingen-Schwenningen, deren Hebung im Einzelfall zu prüfen ist.

|  | Potenziale   |
|--|--|
| Photovoltaik Gesamt<br>(Dach und Freifläche) | Möglicher Stromertrag: 2.300 GWh/a   |
| Solarthermie Gesamt<br>(Dach und Freifläche) | Möglicher Stromertrag: 1.702 GWh/a   |
| Windenergie                                  | 7 Windenergieanlagen realisierbar (theoretisches Maximalpotenzial)   |
| Biomasse                                     | Theoretisches elektrisches Potenzial Biogas: 8,5 MWh/a<br>Theoretisches thermisches Potenzial Biogas: 12,8 MWh/a |
| Erdwärmekollektoren                          | Möglicher Wärmeertrag: 83,4 GWh/a (Annahmen s. Kap. 6.3)   |
| Erdwärmesonden                               | Möglicher Wärmeertrag: 194,6 GWh/a (Annahmen s. Kap. 6.3)  |
| Abwasserwärmepotenzial                       | Siehe BIT-Ingenieure Potenzial Studie<br>„Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung“                              |
| Grüne Gase                                   | Erzeugung in Kombination mit erneuerbarem Strom, sowie Nutzung wird in Machbarkeitsstudien untersucht            |

## 6 SZENARIENENTWICKLUNG

Die Szenarien sollen aufzeigen, wie die im Klimaschutzgesetz angestrebte Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 ermöglicht werden kann. Entscheidend für diese Zielerreichung ist die Entwicklung des Energiebedarfs in den Sektoren Privat, Wirtschaft und kommunale Gebäude sowie die zukünftige Zusammensetzung der Energieerzeugung.

Die Stadt Villingen-Schwenningen strebt eine klimaneutrale Energieversorgung bereits im Jahr 2040 an, weshalb der Zielhorizont der kommunalen Wärmeplanung in der Kommune auf 2040 angepasst wird.

Nachfolgend werden zu dem Schwerpunktthema Wärme jeweils ein Trend- und ein Klimaschutzszenario dargestellt. Dabei werden mögliche zukünftige Entwicklungspfade für die Endenergieeinsparung und Reduktion der Treibhausgase in der Stadt Villingen-Schwenningen aufgezeigt. Die Szenarien werden auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse ausgearbeitet und beziehen dabei die in Kapitel 5 berechneten Endenergieeinsparpotenziale sowie die Potenziale zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit ein.

### 6.1 DIFFERENZIERUNG TREND- UND KLIMASCHUTZSZENARIO

Wie bereits kurz beschrieben, werden in der vorliegenden Ausarbeitung zwei unterschiedliche Szenarien betrachtet: Das Trend- und das Klimaschutzszenario. Nachfolgend werden die Annahmen und Charakteristiken dieser beiden Szenarien etwas detaillierter erläutert.

In den aufgestellten Szenarien sind, die in Kapitel 4 ermittelten Einsparpotenziale berücksichtigt. Die Umweltwärme wird als Endenergie bilanziert und beinhaltet in den Darstellungen bereits den notwendigen Endenergiebedarf an Strom. Dieser wird in der Zusammenfassung beziffert und in der Bilanzierung der Treibhausgase aufgrund des Emissionsfaktors einbezogen. Es wird angenommen, dass das synthetische Methan ausschließlich durch den Einsatz von Ökostrom erzeugt wird.

Im Trendszenario wird das Vorgehen beschrieben, wenn keine bzw. gering klimaschutzfördernde Maßnahmen umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden hier nur in geringem Umfang gehoben. Die übrigen Sektoren erreichen auch bis 2040 keine hohen Einsparungen des Energieverbrauches, da Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung und Nutzer:innenverhalten nur eingeschränkt greifen. Effizienzpotenziale werden auch aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt.

Im Klimaschutzszenario hingegen werden vermehrt klimaschutzfördernde Maßnahmen mit einbezogen. Hier wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung, Effizienztechnologien und Nutzer:innenverhalten erfolgreich umgesetzt werden und eine hohe Wirkung zeigen. Effizienzpotenziale können, aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit, verstärkt umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden in hohem Umfang gehoben.

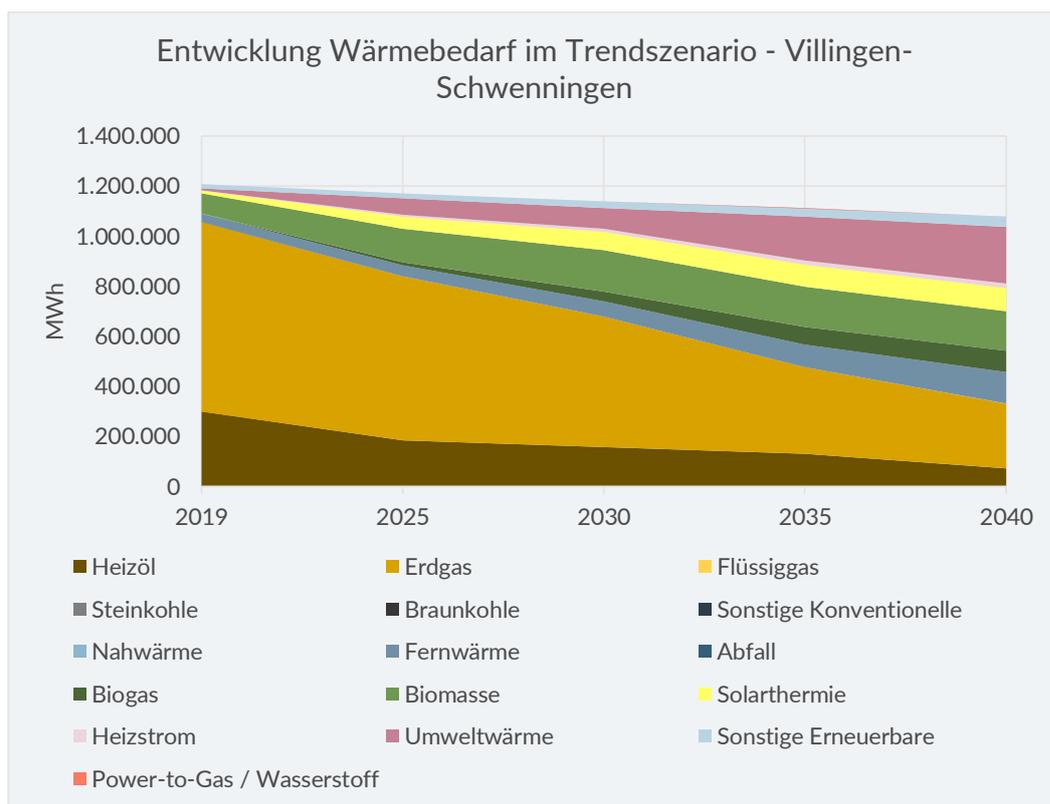
Auch Erneuerbare-Energien-Anlagen, vor allem PV- und Windenergie-Anlagen sowie Wärmepumpen, werden mit hohen Zubauraten errichtet. Die Annahmen des Klimaschutzszenarios setzen dabei zum Teil Technologiesprünge und rechtliche Änderungen voraus.

Nachfolgend wird die Entwicklung des Wärmebedarfs in den beiden Szenarien Trend und Klimaschutz dargestellt. Die Berechnung des Endenergiebedarfs erfolgt über die Sanierungsrate und die Sanierungstiefe.<sup>2</sup> Die Berechnung des Haushaltsstrombedarfs erfolgt über den Absenkpfad (Bundesdurchschnitt).<sup>3</sup>

## 6.2 TRENDSZENARIO

Die nachfolgende Abbildung zeigt den zukünftigen Brennstoff- bzw. Wärmebedarf der Stadt Villingen-Schwenningen im Trendszenario, welche unter folgenden Grundbedingungen aufgestellt wurde:

- Jährliche Sanierungsrate: 0,8 %
- Sanierungstiefe nach Standard des Gebäudeenergiegesetzes (50 kWh/m<sup>2</sup>)
- klimaneutrale Wärmeversorgung wird nicht zwangsläufig erreicht



<sup>2</sup> (Mehr Demokratie e.V.; BürgerBegehren Klimaschutz, 2020): *Handbuch Klimaschutz, Wie Deutschland das 1,5-Grad-Ziel einhalten kann.*

<sup>3</sup> (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut, 2021): *Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.*

Abbildung 6-1: Trendszenario Villingen-Schwenningen (Quelle: energielenker projects GmbH)

Im Trendszenario nimmt der Wärmebedarf bis zum Jahr 2040 leicht ab. Dies liegt etwa an einer angenommenen Effizienzsteigerung sowie der angenommenen Sanierungsrate und -tiefe im Bereich der privaten Haushalte. Bis zum Jahr 2040 werden dabei die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl teilweise durch alternative Energieträger substituiert. Auch im Trendszenario steigen somit die Anteile an erneuerbaren Energien (Solarthermie sowie strombasierte Endenergieträger wie Umweltwärme oder Heizstrom). Das Trendszenario unterliegt jedoch der Annahme, dass der Energieträger Erdgas auch im Jahr 2040 einen großen Anteil ausmacht, da die Synthese von Methan aus Strom mit dem im Trendszenario hinterlegten Strommix zu einem höheren Emissionsfaktor als dem von Erdgas führt und damit keine Vorteile gegenüber dem Einsatz von Erdgas bestehen.<sup>4</sup> Die wesentlichen Energieträger sind zukünftig das Erdgas mit rund 24 %, Umweltwärme mit 21 % und Biomasse mit einem Anteil von 15 % am Wärmebedarf. Ergänzt wird die Versorgung durch einen gleichbleibenden Anteil von Wärme aus Biomasseanlagen. Die Solarthermie kann vorrangig zur Deckung des Warmwasserbedarfs auf den Dachflächen des Gebäudebestandes eingesetzt werden und deckt damit in diesem Szenario einen Anteil von 9 % des Endenergiebedarfs.

In der Abbildung ist die Entwicklung der THG-Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Trendszenario vom Ausgangsjahr 2019 um 54 % bis 2040.

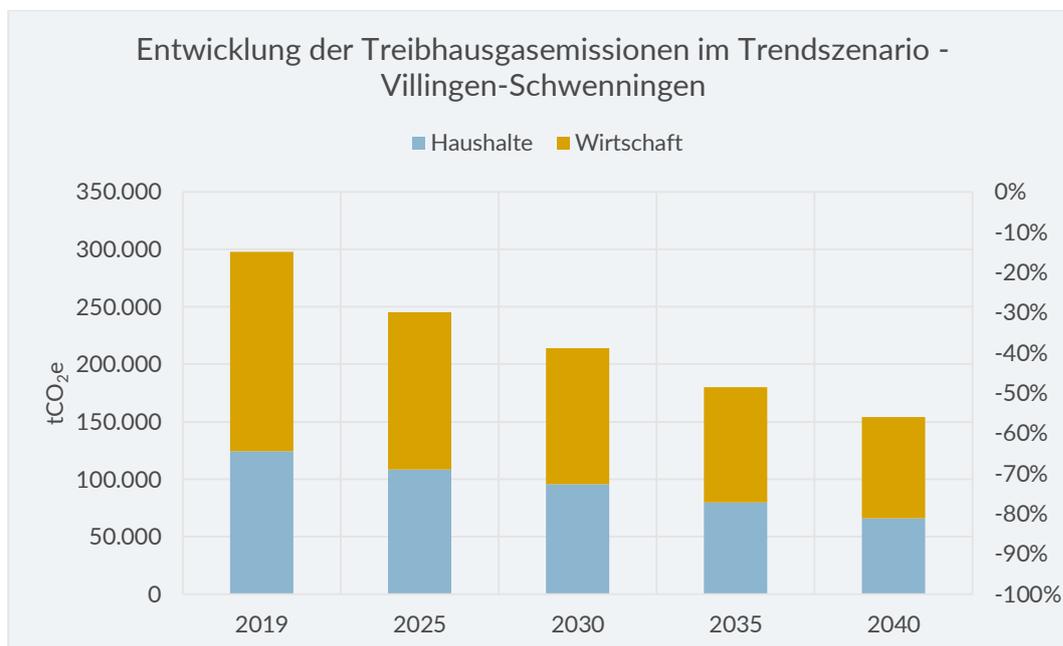


Abbildung 6-2: Entwicklungen der THG-Emissionen im Trendszenario (Quelle: energielenker projects GmbH)

<sup>4</sup> Der Emissionsfaktor von synthetischen Kraft-/Brennstoffen hängt vom eingesetzten Strommix ab. Da etwa zwei kWh Strom für die Synthese einer kWh Methan eingesetzt werden, hat synthetisches Methan in etwa einen doppelt so hohen Emissionsfaktor wie der des eingesetzten Stroms und liegt im Jahr 2040 bei 764 gCO<sub>2e</sub>/kWh gegenüber 238 gCO<sub>2e</sub>/kWh für Erdgas.

### 6.3 KLIMASCHUTZSZENARIO

Der Wärmebedarf im Klimaschutzszenario dagegen unterscheidet sich fundamental und ist in der nachfolgenden Abbildung 6-3 dargestellt. Das Szenario wird unter folgenden Randbedingungen aufgestellt:

- Sanierungsquote: steigt jährlich um 0,1 auf 2,8 %
- Sanierungstiefe zwischen 2020 und 2030 liegt bei EH55-Standard (21 kWh/m<sup>2</sup>)
- Sanierungstiefe nach 2030 liegt bei EH40-Standard (16 kWh/m<sup>2</sup>)
- Erreichen einer klimaneutralen Wärmeversorgung

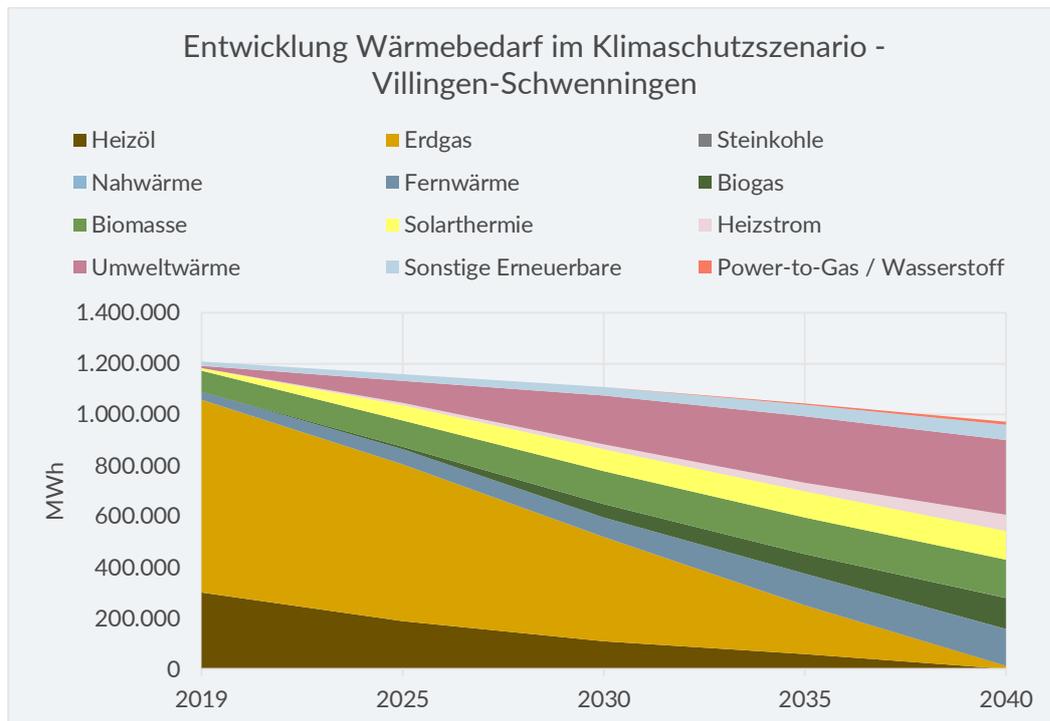


Abbildung 6-3: Entwicklung Wärmebedarf im Klimaschutzszenario (Quelle: energielenker projects GmbH)

Durch die höheren Effizienzgewinne in allen Sektoren sowie die deutlich höhere Sanierungsrate und -tiefe im Sektor private Haushalte sinken die Energiebedarfe im Klimaschutzszenario deutlich stärker. Im Besonderen die konventionellen Energieträger nehmen stark ab, sodass der Wärmemix im Zieljahr 2040 nahezu ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern besteht. Die Reduzierung des Endenergiebedarfes basiert auf den Rahmenbedingungen des Szenarios. Bei einer steigenden Sanierungsrate von um 0,1% bis 2,8 % pro Jahr auf den EH 55 - Standard/ ab 2030 EH40-Standard und Energieeinsparungen der Wirtschaft durch Effizienzvorteile von 11 %, errechnet sich eine Gesamtendenergieeinsparung von 20 % bzw. ca. 236.195 MWh. Von den fossilen Energieträgern bleibt ein geringer Restbestand bestehen. So werden 1 % des Endenergiebedarfes weiterhin durch Erdgas gedeckt werden. Die wesentlichen Energieträger sind zukünftig die Umweltwärme mit rund 30%, Fernwärme und Biomasse mit jeweils mit 15 %, Biogas mit 12 % und Solarthermie mit einem Anteil von 12 % am Wärmebedarf.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Entwicklung der THG-Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Klimaschutzscenario vom Ausgangsjahr 2019 um 88 % bis 2040.

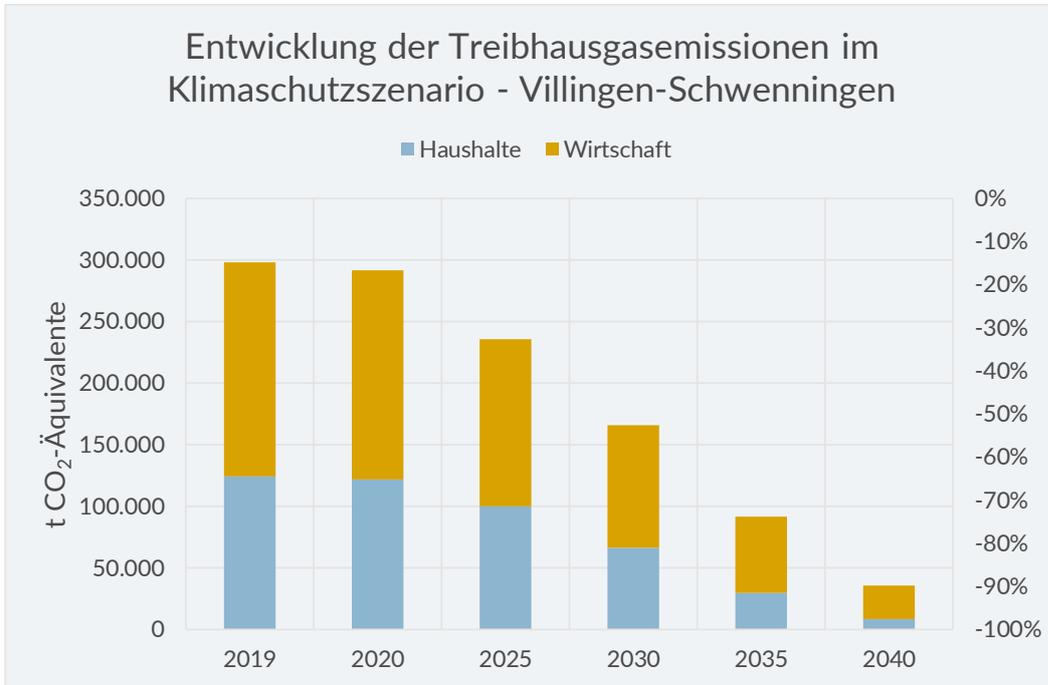


Abbildung 6-4:Entwicklungen der THG-Emissionen im Klimaschutzscenario (Quelle: energielenker projects GmbH)

## 6.4 FAZIT/VERGLEICH DER SZENARIEN

Bei der Betrachtung beider Szenarien lässt sich feststellen, dass mit zunehmendem Ambitionsniveau der Szenarien der Anteil von Erdgas abnimmt, während der Anteil von sonstigen Erneuerbaren und Solarthermie zunimmt, im Klimaschutzszenario zusätzlich die Anteile der Biomasse und Umweltwärme. In beiden Szenarien nehmen die Erdgas- und Heizölanteile am Wärmebedarf ab und die Erneuerbaren Energien zu.

Die Wärmewende ist ein zentrales Thema auf der politischen Agenda des Bundes. Um die Klimaziele zu erreichen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Gebäudesektor zu reduzieren, sind zukünftige Entwicklungen und Maßnahmen auf Bundesebene von großer Bedeutung. Durch gezielte Maßnahmen und Förderprogramme sind Änderungen am Wärmemarkt zu erwarten, wie beispielsweise durch die aktuelle Debatte um die Pflicht, neue Heizungen mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien zu betreiben. Ein tatsächliches „Weiter-wie-bisher“ ist vor diesem Hintergrund nicht vorstellbar.

Dabei ist für die Umsetzung der kommunalen Wärmeversorgung erforderlich, eine technologieoffene Herangehensweise zu verfolgen. Das bedeutet, dass verschiedene Energiequellen untersucht und genutzt werden sollten. Und dabei bestehende Infrastrukturen zu erhalten und an geeigneten Stellen zu erweitern oder auszubauen.

## 7 IDENTIFIKATION VON HOTSPOTS FÜR WÄRMEBEDARFE IM STADTGEBIET

Die Identifizierung und Priorisierung der Fokusgebiete erfolgten durch eine sorgfältige Bewertung, die verschiedene entscheidende Kriterien einbezieht. Diese Kriterien wurden anhand von Heatmaps im Stadtgebiet bewertet, um eine umfassende Analyse zu ermöglichen. Zu den maßgeblichen Kriterien gehören der Wärmebedarf, der Anteil an Ölheizungen, die Wärmeliniendichte sowie die vorherrschenden Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien.

Der Wärmebedarf und die Wärmeliniendichte ist von zentraler Bedeutung, da er den erforderlichen Wärmeabsatz für den Wärmenetzausbau bestimmt. Hierbei geht es darum, Gebiete zu identifizieren, in denen ein erhöhter Bedarf an Wärme besteht und somit der Ausbau von Wärmenetzen besonders sinnvoll und nachgefragt ist. Ein weiteres entscheidendes Kriterium ist der Anteil der Ölheizungen, da fossile Energieträger für eine klimaneutrale Wärmeversorgung nicht geeignet sind. Gebiete mit einer hohen Ölheizungsquote bieten aufgrund der relativ hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen ein großes Potenzial für den Umstieg auf erneuerbare Energien und sollten somit priorisiert umgestellt werden. Ebenso werden die Rahmenbedingungen für den Ausbau erneuerbarer Energien in die Bewertung einbezogen, da eine klimaneutrale Wärmeversorgung nur dann erfolgreich umgesetzt werden kann, wenn eine entsprechende regenerative Energiequelle vorhanden ist.

Die gewählten Kriterien werden nicht isoliert betrachtet, sondern in einem ganzheitlichen Kontext analysiert. Um sicherzustellen, dass die identifizierten Fokusgebiete realitätsnah und praxisgerecht sind, werden strukturelle Merkmale wie Gebäudealter, Lage im Stadtgebiet und andere relevante Faktoren berücksichtigt. Dieser Abgleich erfolgt iterativ und in enger Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Akteuren, darunter die Verwaltung und Stadtwerke der Stadt Villingen-Schwenningen. Dies gewährleistet, dass die gewählten Fokusgebiete den örtlichen Gegebenheiten und Bedürfnissen gerecht werden und gleichzeitig eine optimale Integration erneuerbarer Energien in die Wärmeversorgung ermöglichen.

In Abbildung 30 sind die aufgeführten Kriterien in räumlicher Darstellung abgebildet.

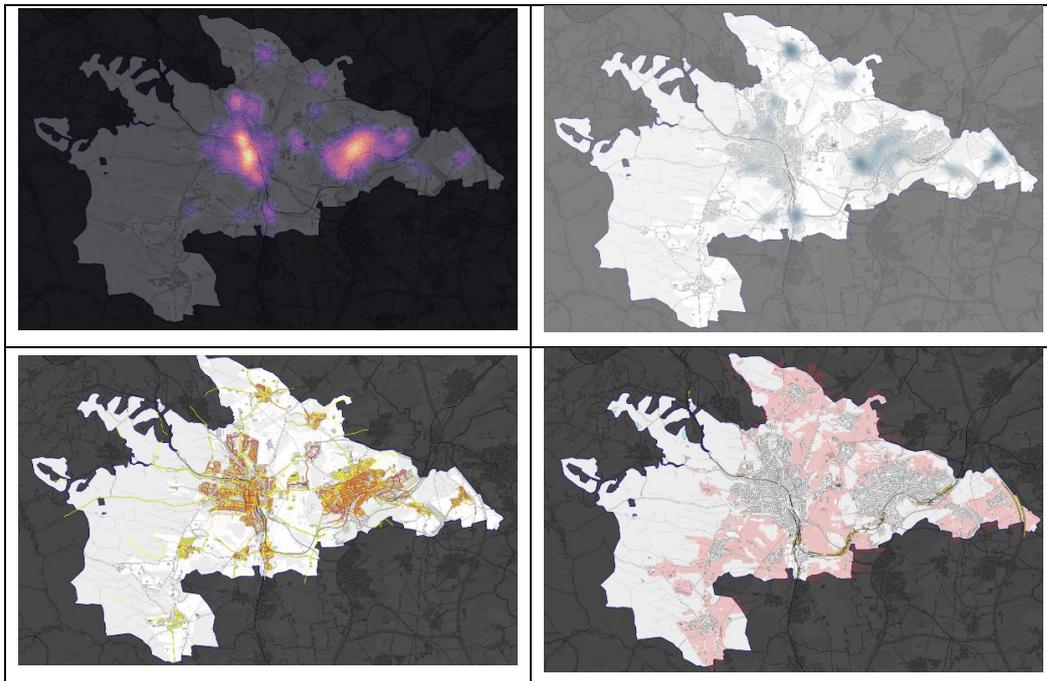


Abbildung 30: Kartenzusammenstellung : Heatmap - Wärmebedarfen, Heatmap - Anzahl Ölheizungen, Wärmedichtelinien, Solarpotenzial

Durch die umfassende Bestandsanalyse und Betrachtung der Potenziale können insgesamt sechs Hotspots identifiziert werden, die im Rahmen der Wärmewende eine zentrale Rolle einnehmen, Abbildung 31. Diese umfassen folgende Bereiche:

- Weststadt
- Beethoven Süd (mit Eissporthalle)
- Südstadt (mit PV „Obere Wiesen“)
- Beethoven Nord
- Goldenbühl
- Kopsbühl (mit PV Zentralbereich)



Abbildung 30: Hotspots der Stadt Villingen-Schwenningen, aus Bestands- und Potenzialanalyse

Die ausgewählten Bereiche weisen verschiedene Rahmenbedingungen auf, die wiederum unterschiedliche Schwerpunkte für die kommunale Wärmeplanung bedingen. Im folgenden Abschnitt werden die Fokusgebiete detailliert beschrieben und die entsprechenden Maßnahmen erläutert.

## 7.1 MAßNAHMENÜBERSICHT

Insgesamt wurden sechs Fokusgebiete identifiziert. Für diese Bereiche wurden spezifische Handlungsschwerpunkte und Handlungsschritte festgelegt. Eine erste Übersicht darüber wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Unterschieden wird in Handlungsfeld Sanierung und Handlungsfeld Versorgung.

Im Rahmen des Handlungsfeldes Sanierung können bspw. durch den Aufbau eines Quartierskonzeptes zusammen mit einem Sanierungsmanagement gezielt Maßnahmen zur Modernisierung und Instandhaltung von Gebäuden und öffentlichen Einrichtungen initiiert werden. Dadurch werden Bürger:innen und Eigentümer:innen motiviert, ihre Gebäude auf einen energetisch modernen Standard zu bringen und somit einen Beitrag zur Reduzierung des Wärmebedarfs zu leisten. Darüber hinaus wird der Gebäudebestand auf den Aufbau eines Wärmenetzes vorbereitet. Zudem kann die Lebensqualität der Bewohner:innen durch eine nachhaltige Entwicklung des Quartiers verbessert werden.

Innerhalb des Aktionsbereichs "Versorgung" besteht die Möglichkeit, Voruntersuchungen sowie Machbarkeitsanalysen im Kontext der Energieversorgung in den ausgewählten Regionen durchzuführen.

Bei einer detaillierten Untersuchung werden die Wirtschaftlichkeit des Netzwerks überprüft, Lastprofile erstellt und die Realisierbarkeit evaluiert. In diesem Prozess werden wesentliche Akteure wie Energieversorger aktiv einbezogen. Es erfolgt zudem eine Erkundung potenzieller Standorte für Heizzentralen sowie die Verfügbarkeit von Flächen für erneuerbare Energiequellen.

Im Folgenden wird der Umsetzungsfahrplan für die Stadt Villingen-Schwenningen dargestellt, der eine mögliche Reihenfolge für die Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen vorschlägt. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass dieser Fahrplan je nach den vorherrschenden Rahmenbedingungen angepasst werden kann. Die dunkelblau hinterlegten Zeilenabschnitte markieren die Halbjahre, in denen die jeweilige Konzepterstellung erfolgen soll und die hellblau hinterlegten Abschnitte definieren die Durchführungsphase. Der Zeithorizont der Maßnahmen beläuft sich auf sieben Jahre bis Ende 2029.



**Weststadt: Erstellung eines Quartierskonzeptes mit Schwerpunkt Sanierungsmanagement** 1

HANDLUNGSFELD Potenzialgebiet Sanierung



ZIELSETZUNG Verminderung des Wärmebedarfes durch energetische Sanierung

**Gebiet Weststadt**



Kartengrundlage: OpenStreetMap

**Maßnahme 1: Weststadt**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Fläche                   | 19 ha                                      |
| beheizte Gebäude         | 273  |
| Wärmebedarf              | 7.584,28 MWh/a                             |
| Verteilung Energieträger | 66 % Erdgas, 18 % Öl, 16 % Festbrennstoffe |
| Siedlungsdichte          | hoch                                       |
| Gebäudetypologie         | durchmischt                                |
| Gebäudealter             | 1942                                       |

### **Beschreibung der Maßnahme**

Das Gebiet befindet sich westlich der Innenstadt von Villingen. Auf einer Fläche von 189.564 m<sup>2</sup> werden hier 7.584,28 MWh/a Wärme benötigt.

Das durchschnittliche Baujahr beträgt 1942 und somit vor der ersten Wärmeschutzverordnung. Aufgrund des Alters des Baubestandes und des erhöhten Anteils von fossilen Energieträgern bei der Wärmeerzeugung (Erdgas- (66 %) und Heizölfeuerungsanlagen (18 %)) ist zu erwarten, dass durch energetische Sanierungsmaßnahmen der Energiebedarf der Gebäude erheblich gesenkt werden kann.

Für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung haben die Stadtwerke Villingen-Schwenningen bereits Planungen für das Gebiet aufgestellt. Nördlich des Quartiers, in der Waldstraße, wird ein Ausbau des in der Innenstadt bestehenden Wärmenetzes geplant.

Für das Quartier selbst ist Erschließung/Anschluss an das bestehende Innenstadt-Netz über die Goethestraße geplant. Hierbei sollen auch die Martin-Luther-Straße, die Pontarlierstraße, die Scheffelstraße und Teile der Kirnacher Straße erschlossen werden.

In der Umgebung des ausgewählten Betrachtungsgebietes plant die SVS die Fernwärmeversorgung in der Altstadt von Villingen rund um den Münsterplatz auszubauen. Dabei ist vorgesehen, das alte Rathaus durch Anschluss an die Fernwärmeleitung im Romäusring an den Stadtring anzubinden.

In das Netz sollen in Zukunft ein zweites BHKWs einspeisen, mit einer Heizzentrale in der französischen Schule nördlich des Betrachtungsgebiets. Durch die Untersuchung der Umgebung und ihrer unterschiedlichen Siedlungs- und Versorgungsstrukturen lässt sich ein Potenzial für Synergien erkennen.

Es wird kontinuierlich nach weiteren Quellen zur Einspeisung in das Fernwärmenetz gesucht. Dabei erfolgt die Untersuchung ohne Festlegung auf eine bestimmte Technologie. Eine Option, die in Betracht gezogen wird, ist die Errichtung eines Holzheizkraftwerks oder einer Anlage zur Erzeugung von synthetischen Gasen wie beispielsweise Wasserstoff.

Es ist von großer Bedeutung, kontinuierlich Synergien zwischen der Stadt und den Stadtwerken zu nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Abstimmung der Wärmenetzausbaupläne mit den Straßensanierungen in dem betreffenden Gebiet. Um Heizzentralen für die Wärmeversorgung über Wärmenetze zu betreiben, sind Flächen und Räume erforderlich. Zur Unterstützung bei der Suche nach geeigneten Standorten kann die Stadt Flächen und Liegenschaften bereitstellen, beispielsweise für den Einsatz von Großwärmepumpen.

Durch die Implementierung eines Quartierskonzepts mit Fokus auf Sanierungsmanagement können gezielte Maßnahmen zur Modernisierung und Instandhaltung von Gebäuden und öffentlichen Einrichtungen initiiert werden. Dadurch werden Bürger:innen und Eigentümer:innen motiviert, ihre Gebäude auf einen energetisch modernen Standard zu bringen und somit einen Beitrag zur Reduzierung des Wärmebedarfs zu leisten. Zusätzlich werden die Gebäude auf den möglichen Aufbau und Anschluss eines Wärmenetzes vorbereitet. Gleichzeitig wird die Lebensqualität der Bewohner:innen verbessert und das Quartier nachhaltig entwickelt.

| Quelle            | Kombinations-Möglichkeit           | Vorteile                               | Nachteile                                |
|-------------------|------------------------------------|--|--|
| Holzackschnitzel  | Bestehendes Wärmenetz              | Anschluss an bestehendes Netz          | • Wärmeverluste                          |
| Synthetisches Gas | Bestehendes Wärmenetz und Speicher | Nutzung bereits vorhandener Wärmenetze | • Heizzentrale finden<br>• Wärmeverluste |

- Handlungsschritte**
1. Aufbau eines Sanierungsmanagements im Rahmen eines Quartierskonzeptes
  2. Erhebung der Wärmequellen und -senken
  3. Detailüberprüfung der identifizierten Netztrassen auf Machbarkeit
  4. Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer

|  |   |
|--|---|
| <b>Verantwortung / Akteurinnen und Akteure</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stadt Villingen-Schwenningen, Stadtplanungsamt</li> <li>▶ Energieversorgungsunternehmen</li> <li>▶ Wohnungswirtschaft</li> </ul> |
| <b>Umsetzungskosten</b>                        | ▶ Erstellung eines Konzeptes 75-100. €  |
| <b>Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ KfW432</li> <li>Zuschuss KfW 432: 75 % der förderfähigen Kosten</li> </ul>   |
| <b>Herausforderungen</b>                       | ▶ Zeitliche und finanzielle Ressourcen der Gebäudeeigentümer:innen und Bewohner:innen   |

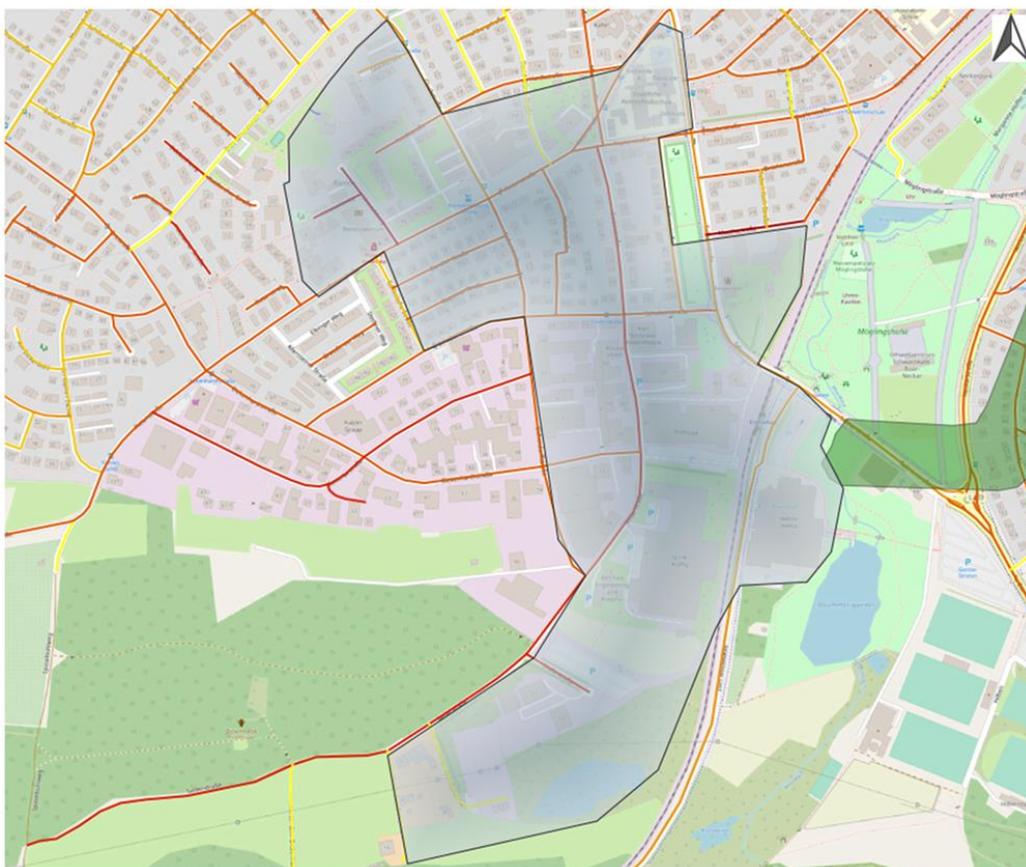
**Beethoven Süd: Erstellung eines Quartierskonzeptes mit Schwerpunkt Sanierungsmanagement** 2

HANDLUNGSFELD Potenzialgebiet Sanierung



ZIELSETZUNG Verminderung des Wärmebedarfes durch energetische Sanierung

**Gebiet Beethoven Süd**



Kartengrundlage: OpenStreetMap

**Maßnahme 2: Beethoven Süd**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Fläche                   | 50 ha                                     |
| beheizte Gebäude         | 217                                       |
| Wärmebedarf              | 26.297,23 MWh/a                           |
| Verteilung Energieträger | 66 % Erdgas, 30 % Öl, 4 % Festbrennstoffe |
| Siedlungsdichte          | hoch                                      |
| Gebäudetypologie         | durchmisch                                |
| Gebäudealter             | 1951                                      |

**Beschreibung der Maßnahme**

Das Gebiet befindet sich im Süden von Schwenningen. Auf einer Fläche von 499.927 m<sup>2</sup> werden hier 26.297,23 MWh/a Wärme benötigt.

Das durchschnittliche Baujahr beträgt 1951. Der Großteil der Wärmeerzeuger sind Erdgas- (66 %) und Heizölfeuerungsanlagen (30 %). Es ist dementsprechend zu erwarten, dass durch energetische Sanierungsmaßnahmen der Energiebedarf der Gebäude erheblich gesenkt werden kann.

Für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung kommen für das Gebiet mehrere Lösungen in Frage. Eine Lösung wäre eine Nahwärme-Lösung (Keimzelle) ausgehend von einer der kommunalen Liegenschaften (Feintechnikschule, Rietenzentrum oder Bürgerheim), die zukünftig erweitert und mit dem bestehenden Netz am nördlichen Teil des Gebiets zusammengeschlossen werden könnte.

Zudem soll die Eissporthalle (im Süden des Quartiers) in den kommenden Jahren zum Kraftwerk ausgebaut werden. Die Eis-Produktion bietet große Potenziale für eine Abwärmenutzung, wodurch sich eine detaillierte Erhebung der Wärmequellen und Wärmesenken, um die Eignung für einen Abwärmeverbund zu untersuchen, anbietet. Die Stadtwerke Villingen-Schwenningen planen hier den Aufbau eines kalten Nahwärmenetzes auf Basis der Abwärmepotenziale sowie PV-T-Modulen. Perspektivisch soll die Anbindung der Mozart- und der Dickenhardtstraße an das bestehende Fernwärmenetz über einen Netzkopplungspunkt zwischen kaltem und warmem Netz im Bereich der Schubertstraße mittels Großwärmepumpe geschaffen werden.

Um den Energiebedarf und speziell den Wärmebedarf durch erneuerbare Energiequellen zu decken, ist es notwendig, ausreichend Flächen für z.B. solare Nutzung vorzuhalten. In diesem Zusammenhang bieten die Dächer von lokalen Industrie- und Gewerbebetrieben eine Möglichkeit für die Nutzung von Solarenergie. Die Stadt kann hier bspw. Anreize setzen, um diese Flächen für die solare Nutzung zu erschließen.

Sofern die Kapazitäten der Kunsteisbahn ausreichen, wird das Rössle aus dieser Wärmequelle mitversorgt. Sollte dies nicht möglich sein, könnte ein Wärmeentzug aus dem Abwasserkanal Neckardole eine weitere Option darstellen.

Durch die Implementierung eines Quartierskonzepts mit Fokus auf Sanierungsmanagement können gezielte Maßnahmen zur Modernisierung und Instandhaltung von Gebäuden und öffentlichen Einrichtungen initiiert werden. Dadurch werden die Gebäude auf den Aufbau eines Wärmenetzes vorbereitet. Gleichzeitig wird die Lebensqualität der Bewohner:innen verbessert und das Quartier nachhaltig entwickelt.

| Quelle       | Kombinations-Möglichkeit      | Vorteile   | Nachteile  |
|--------------|-------------------------------|--|--|
| Solarthermie | Holzackschnitzel und Speicher | Solarthermie, effiziente Nutzung Solarenergie              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |
| Ind. Abwärme | Groß-WP und Speicher          | Ind. Abwärme, effiziente Nutzung bereits vorhandener Wärme | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
| <b>Handlungsschritte</b>                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau eines Sanierungsmanagements</li> <li>2. Erhebung der Wärmequellen und -senken im Bereich der Eissporthalle</li> <li>3. Detailüberprüfung der Freiflächen-, Abwasser- und Oberflächengewässerpotenziale</li> <li>4. Detailüberprüfung der identifizierten Netztrassen auf Machbarkeit</li> <li>5. Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer</li> </ol> |
| <b>Verantwortung / Akteurinnen und Akteure</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stadt Villingen-Schwenningen, Stadtplanungsamt</li> <li>▶ Ggf. Energieversorgungsunternehmen</li> <li>▶ Industriegebiete (Eissporthalle, Feintechnikschule)</li> </ul>  |
| <b>Umsetzungskosten</b>                        | ▶ Erstellung eines Konzeptes 75-100. €   |
| <b>Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ KfW432</li> <li>Zuschuss KfW 432: 75 % der förderfähigen Kosten</li> </ul>  |
| <b>Herausforderungen</b>                       | ▶ Zeitliche und finanzielle Ressourcen der Gebäudeeigentümer:innen und Bewohner:innen  |

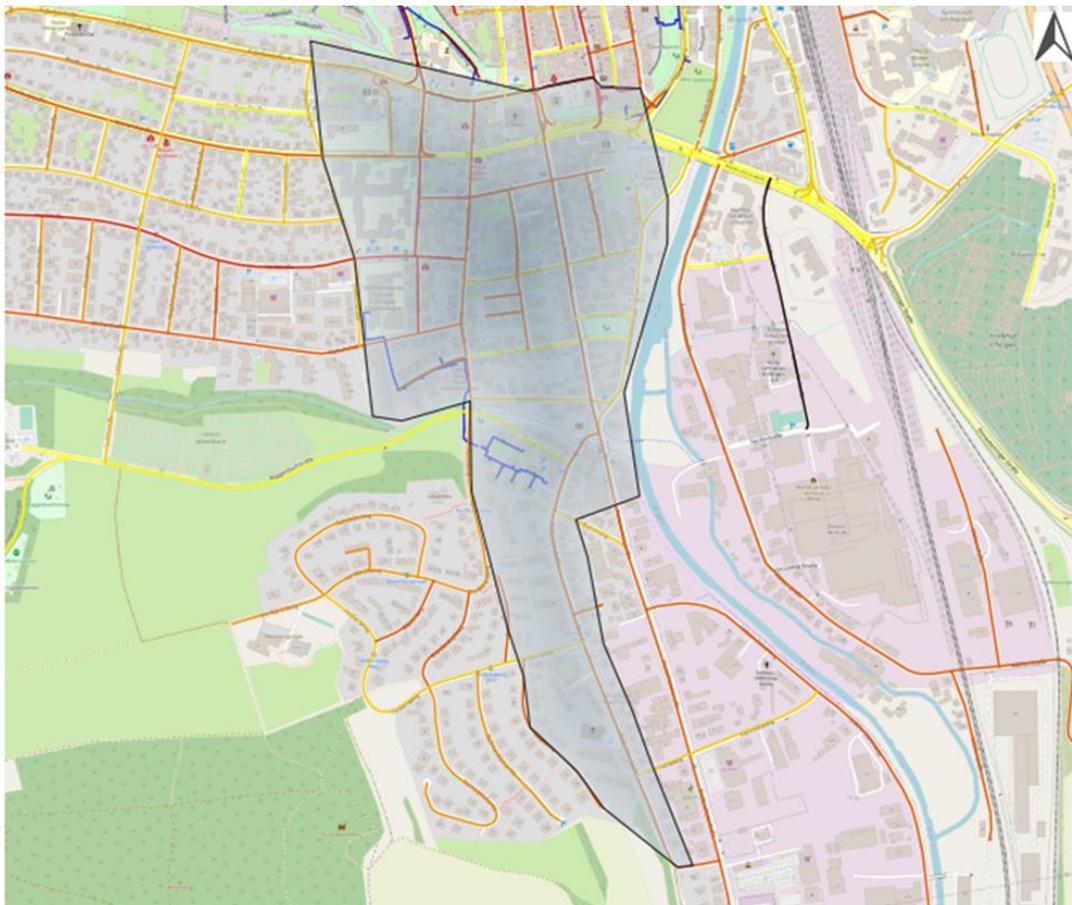
**Südstadt: Aufbau eines Quartierskonzeptes mit Schwerpunkt Energiekonzept** 3

ANDLUNGSFELD Potenzialgebiet Versorgung



ZIELSETZUNG Aufbau einer Nahwärmeversorgung aus den Abwärme-Potenzialen der umliegenden Kläranlage oder Freiflächenpotenzialen

**Gebiet Südstadt**



Kartengrundlage: OpenStreetMap

**Maßnahme 6: Südstadt**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Fläche                   | 41 ha                                     |
| beheizte Gebäude         | 395                                       |
| Wärmebedarf [MWh/a]      | 25.471,11 MWh/a                           |
| Verteilung Energieträger | 81 % Erdgas, 13 % Öl, 6 % Festbrennstoffe |
| Siedlungsdichte          | mäßig                                     |
| Gebäudetypologie         | durchmischt                               |
| Gebäudealter             | 1944                                      |

**Beschreibung der Maßnahme**

Das Gebiet befindet sich am östlichen Rand von Villingen. Auf einer Fläche von 404.992 m<sup>2</sup> werden hier 25.471,11 MWh/a Wärme benötigt.

Im Süden des Gebiets liegt die Kompost-/Klärwerk von Villingen-Schwenningen. Neben dem Kompost-/Klärwerk befindet sich dort auch ein Umspannwerk des Stromnetzes, welches von Hoch- zu Mittelspannung transformiert. Bei beiden kann von nutzbaren Abwärmemengen ausgegangen werden.

Von den Stadtwerken Villingen-Schwenningen besteht hier, auf langfristige Sicht gesehen, der Plan eine Versorgungsachse Richtung Innenstadt der Stadt Villingen zu legen, um die Kapazitäten des bestehenden Innenstadt-Netzes zu unterstützen.

Im Kontext des Energiekonzepts wird die Quelle der Wärmebereitstellung in einer technologieoffenen Prüfung untersucht. Dabei stellt das Klärwerk im Süden des Gebiets ein Potenzial dar. Darüber hinaus werden auch weitere Möglichkeiten untersucht wie z.B. eine Erzeugungsanlage für synthetische Gase, wie beispielsweise Wasserstoff, in Kombination mit einer Photovoltaik-Freiflächenanlage als Option.

Ein Energiekonzept oder ein Transformationskonzept kann genutzt werden, um das Potenzial für erneuerbare Wärmeerzeugung in diesem Gebiet zu ermitteln. Dabei können mögliche Wärmequellen und Wärmesenken detailliert identifiziert und berücksichtigt werden. Darüber hinaus kann die Nutzung der Abwärme durch die Kläranlage durch die ermittelten Potenziale unterstützt werden.

| Quelle            | Kombinations-Möglichkeit       | Vorteile                                      | Nachteile  |
|-------------------|--------------------------------|---|--|
| Abwasser-wärme    | Photovoltaik                   | effiziente Nutzung vorhandener Wärme          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |
| Solarthermie      | Holzackschnitzel und Speicher  | Solarthermie, effiziente Nutzung Solarenergie | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |
| Synthetisches Gas | Photovoltaik, Bestehendes Netz | Nutzung bereits vorhandener Netzinfrastruktur | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugungsanlagen</li> </ul>                            |

- Handlungsschritte**
1. Detailüberprüfung der identifizierten Potenziale
  2. Detailüberprüfung der identifizierten Netztrasse auf Machbarkeit
  3. Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer

|  |  |
|--|--|
| <b>Verantwortung /<br/>Akteurinnen und<br/>Akteure</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Stadt Villingen-Schwenningen</li><li>▶ Energieversorgungsunternehmen</li><li>▶ Kläranlagenbetreiber</li><li>▶ Private Haushalte im Projektgebiet</li></ul>                   |
| <b>Umsetzungskosten</b>                                | <ul style="list-style-type: none"><li>▶ 100-150 T €</li></ul>  |
| <b>Finanzierungs- und<br/>Fördermöglichkeiten</b>      | <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Eigenmittel der Stadt, gegebenenfalls Förderung durch Bund oder Land</li><li>▶ BEW Modul I</li><li>▶ Zuschuss BEW Förderung Modul I: 50 % der förderfähigen Kosten</li></ul> |
| <b>Herausforderungen</b>                               | <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Anschlussbereitschaft</li><li>▶ Finanzierung der Investitionskosten</li></ul>  |

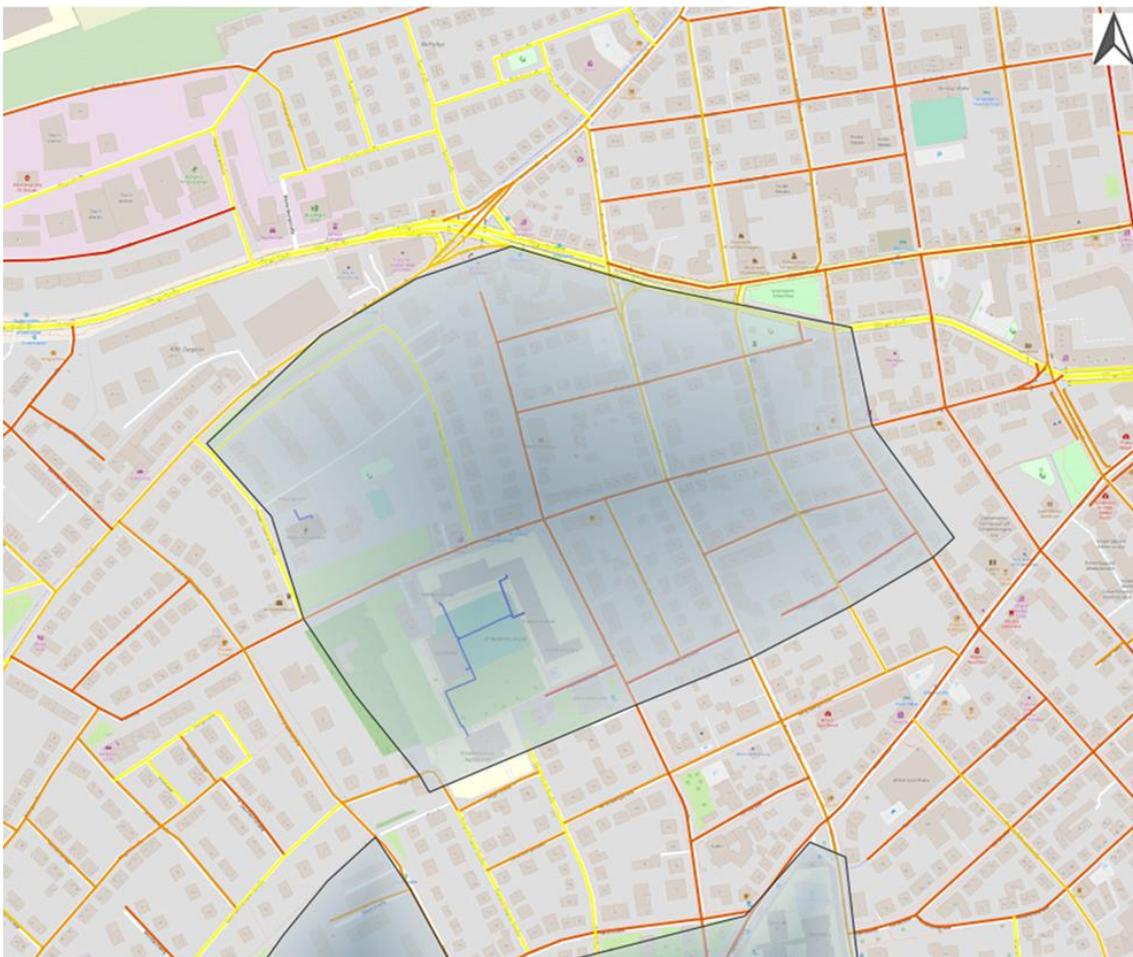
**Beethoven Nord: Erstellung eines Quartierskonzeptes mit Schwerpunkt Sanierungsmanagement** 4

HANDLUNGSFELD Potenzialgebiet Sanierung



ZIELSETZUNG Aufbau eines Quartierskonzeptes mit Schwerpunkt Sanierungsmanagement

**Gebiet Beethoven Nord**



Kartengrundlage: OpenStreetMap

**Maßnahme 4: Beethoven Nord**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Fläche                   | 22 ha                                     |
| beheizte Gebäude         | 251                                       |
| Wärmebedarf [MWh/a]      | 10.708,27 MWh/a                           |
| Verteilung Energieträger | 77 % Erdgas, 20 % Öl, 3 % Festbrennstoffe |
| Siedlungsdichte          | hoch                                      |
| Gebäudetypologie         | durchmisch                                |
| Gebäudealter             | 1939                                      |

**Beschreibung der Maßnahme**

Das Quartier befindet sich zentral in Schwenningen. Auf einer Fläche von 217.639 m<sup>2</sup> werden hier 10.708,27 MWh/a Wärme benötigt.

Das durchschnittliche Baujahr beträgt 1939. Der Großteil der Wärmeerzeuger sind Erdgas- (77 %) und Heizölfeuerungsanlagen (20 %). Es ist dementsprechend zu erwarten, dass durch energetische Sanierungsmaßnahmen der Energiebedarf der Gebäude erheblich gesenkt werden kann.

Im Gebiet liegen aktuell zwei kleine Fernwärmenetze zur Versorgung der Mariä-Himmelfahrt-Kirche und der Friedenschule. Auf Basis dieser kann in diesem Gebiet über eine Ausweitung der bestehenden Wärmenetze überprüft werden.

Perspektivisch planen die Stadtwerke Villingen-Schwenningen die Anbindung der Mozart- und der Dickenhardtstraße an das bestehende Fernwärmenetz in den kommenden Jahren.

Es ist von großer Bedeutung, kontinuierlich Synergien zwischen der Stadt und den Stadtwerken zu nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Abstimmung der Wärmenetzausbaupläne mit den Straßensanierungen in dem betreffenden Gebiet.

Durch die Implementierung eines Quartierskonzepts mit Fokus auf Sanierungsmanagement können gezielte Maßnahmen zur Modernisierung und Instandhaltung von Gebäuden und öffentlichen Einrichtungen initiiert werden. Dadurch werden die Gebäude auf den möglichen Aufbau und Anschluss eines Wärmenetzes vorbereitet. Gleichzeitig wird die Lebensqualität der Bewohner:innen verbessert und das Quartier nachhaltig entwickelt.

| Quelle         | Kombinations-Möglichkeit            | Vorteile                                      | Nachteile  |
|----------------|-------------------------------------|---|--|
| Solarthermie   | Holzackschnitzel und Speicher       | Solarthermie, effiziente Nutzung Solarenergie | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |
| Abwasser-wärme | Groß-WP/solare Nutzung und Speicher | effiziente Nutzung vorhandener Wärme          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |

- Handlungsschritte**
1. Detailüberprüfung der Freiflächenpotenziale
  2. Detailüberprüfung der identifizierten Netztrasse auf Machbarkeit
  3. Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer
  4. Prüfung weiterer regenerativer Wärmequellen (z.B. Erdwärmekollektoren, Biomasse-HKW)

|  |  |
|--|--|
| <b>Verantwortung / Akteurinnen und Akteure</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stadt Villingen-Schwenningen</li> <li>▶ Ggf. Energieversorgungsunternehmen</li> </ul> |
| <b>Umsetzungskosten</b>                        | ▶ Erstellung eines Konzeptes 75-100. €   |
| <b>Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ KfW432</li> <li>Zuschuss KfW 432: 75 % der förderfähigen Kosten</li> </ul>            |
| <b>Herausforderungen</b>                       | ▶ Zeitliche und finanzielle Ressourcen der Gebäudeeigentümer:innen und Bewohner:innen  |

**Goldenbühl: Erstellung eines Energiekonzeptes**

5

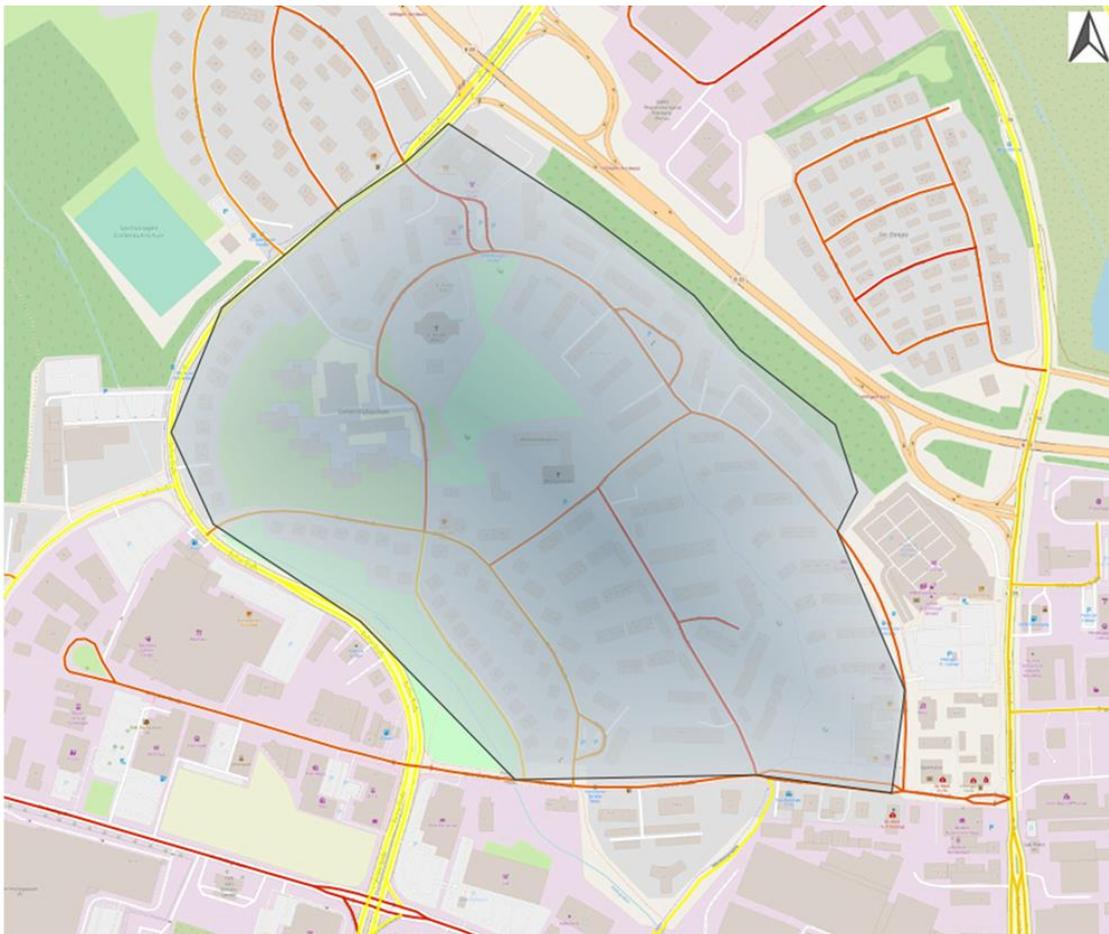
HANDLUNGSFELD Potenzialgebiet Versorgung



ZIELSETZUNG

Abgleich der lokalen Potenziale und des Wärmebedarfes für den Aufbau eines Nahwärmenetzes unter den Aspekten technische Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz

**Gebiet Goldenbühl**



Kartengrundlage: OpenStreetMap

**Maßnahme 3: Goldenbühl**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Fläche                   | 28 ha                                     |
| beheizte Gebäude         | 230                                       |
| Wärmebedarf [MWh/a]      | 10.525,57 MWh/a                           |
| Verteilung Energieträger | 63 % Erdgas, 29 % Öl, 7 % Festbrennstoffe |
| Siedlungsdichte          | mäßig                                     |
| Gebäudetypologie         | durchmischt                               |
| Gebäudealter             | 1961                                      |

**Beschreibung der Maßnahme**

Das Quartier befindet sich zentral in Villingen. Auf einer Fläche von 279.247 m<sup>2</sup> werden hier 10.526 MWh/a Wärme benötigt.

Das Gebäudeensemble der Goldenbühlschule und der beiden Kirchen kommt möglicherweise für die Initiierung eines kleineren Nahwärmenetzes („Keimzelle“) in Frage. Die Stadtwerke Villingen-Schwenningen plant für diesen Bereich des Aufbaus eines Nahwärmenetzes bis zum Jahr 2025. Als Wärmeerzeugung wird von den Stadtwerken Villingen-Schwenningen der Aufbau einer Heizzentrale an der Goldenbühlschule avisiert. Das Netz soll zukünftig als Teil der Versorgungsachse in den Innenstadtkern von Villingen dienen, um die Kapazitäten des bestehenden Innenstadt-Netzes zu unterstützen.

Die Gebäude liegen räumlich dicht beieinander und weisen einen hohen Wärmebedarf auf. Hier gilt es zu prüfen, inwiefern eine lokale Erzeugung erneuerbarer Wärme als weitere Quelle umsetzbar ist. Die Entfernung zum existierenden Wärmenetz beträgt ca. 800 m, ein Anschluss an das existierende Wärmenetz am Römerring ist auf lange Sicht angedacht.

Es ist von großer Bedeutung, kontinuierlich Synergien zwischen dem Stadtplanungsamt und den Stadtwerken zu nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Abstimmung der Wärmenetzausbaupläne mit den Straßensanierungen in dem betreffenden Gebiet.

| Quelle       | Kombinations-Möglichkeit | Vorteile                               | Nachteile   |
|--------------|--------------------------|--|---|
| Solarthermie | Photovoltaik             | Nutzung großer Dachflächen             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Voraussetzung Gebäudebestand</li> </ul>                              |
| Geothermie   | Photovoltaik             | Teilweise doppelte Nutzung von Flächen | <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizzentrale finden</li> <li>Voraussetzung Gebäudebestand</li> </ul> |

- Handlungsschritte**
1. Detailüberprüfung weiterer erneuerbarer Potenziale
  2. Detailüberprüfung der identifizierten Netztrasse auf Machbarkeit
  3. Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer
  4. Prüfung weiterer regenerativer Wärmequellen (z.B. Erdwärmekollektoren, Biomasse-HKW)

|  |   |
|--|---|
| <b>Verantwortung / Akteurinnen und Akteure</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stadt Villingen-Schwenningen</li> <li>▶ Energieversorgungsunternehmen</li> </ul>   |
| <b>Umsetzungskosten</b>                        | 100-150 T €   |
| <b>Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ BEW Modu I</li> <li>Zuschuss BEW Förderung Modul I: 50 % der förderfähigen Kosten</li> </ul>   |
| <b>Herausforderungen</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Anschlussbereitschaft</li> <li>▶ Finanzierung der Investitionskosten</li> <li>▶ Mangelndes Potenzial aus erneuerbaren Quellen</li> </ul> |

**Kopsbühl: Erstellung eines Energiekonzeptes**

6

**HANDLUNGSFELD** Potenzialgebiet Versorgung



**ZIELSETZUNG**

Abgleich der lokalen Potenziale und des Wärmebedarfes für den Aufbau eines Nahwärmenetzes unter den Aspekten technische Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz

**Gebiet Kopsbühl**



Kartengrundlage: OpenStreetMap

**Maßnahme 5: Kopsbühl**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Fläche                   | 16 ha                                    |
| beheizte Gebäude         | 176                                      |
| Wärmebedarf [MWh/a]      | 4.113,82 MWh/a                           |
| Verteilung Energieträger | 95 % Erdgas, 2 % Öl, 3 % Festbrennstoffe |
| Siedlungsdichte          | mäßig                                    |
| Gebäudetypologie         | durchmischt                              |
| Gebäudealter             | 1980                                     |

### **Beschreibung der Maßnahme**

Das Gebiet befindet sich im Süden von Villingen. Auf einer Fläche von 158.757 m<sup>2</sup> werden hier 4.114 MWh/a Wärme benötigt.

Das durchschnittliche Baujahr beträgt 1980. Rund 95 % der Wärmeerzeuger bestehen auf Erdgas- (95 %). Die restlichen 5 % teilen sich auf zu 2 % Öl- und 3 % Festbrennstoffanlagen. Es ist dementsprechend zu erwarten, dass durch energetische Sanierungsmaßnahmen der Energiebedarf der Gebäude nicht mehr erheblich gesenkt werden kann.

Für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung kommen für das Gebiet mehrere Lösungen in Frage. Im direkten Umfeld des Gebiets (vor allem in Richtung der Berholdshöfe) liegen etliche Freiflächen, die für eine solare Wärmeerzeugung in Betracht gezogen werden können (121,03 ha benachteiligte Freiflächen um Umkreis von einem Kilometer um das Gebiet).

Zusätzlich befinden sich das Gebiet im Einzugsgebiet der Wieland Werke AG, einem global führenden Spezialisten für Kupfer und Kupferlegierungen. Durch eine Abfrage der Abwärmepotenziale lokal ansässiger Unternehmen in Villingen-Schwenningen im Rahmen der Wärmeplanung, ließ sich ein hohes Abwärmepotenzial bei den Wieland-Werken AG ermitteln.

Die Stadtwerke Villingen-Schwenningen haben das Gebiet für eine langfristige Planung im Blick. So könnte man sich die Versorgung des Gebiets über Wasserstoff vorstellen. Die Freiflächen in der Umgebung könnten hierbei zum Betrieb eines Elektrolyseurs genutzt werden. Der produzierte Wasserstoff kann anschließend für die Wärmeversorgung des Gebiets genutzt werden. Alternativ wäre der Betrieb einer Großwärmepumpe denkbar. Eine für das Gebiet geeignete Versorgungsquelle muss in folgenden Machbarkeitsstudien geprüft werden.

Es ist von großer Bedeutung, kontinuierlich Synergien zwischen der Stadt und den Stadtwerken zu nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Abstimmung der Wärmenetzausbaupläne mit den Straßensanierungen in dem betreffenden Gebiet. Um Heizzentralen für die Wärmeversorgung über Wärmenetze zu betreiben, sind Flächen und Räume erforderlich. Zur Unterstützung bei der Suche nach geeigneten Standorten kann die Stadt Flächen und Liegenschaften bereitstellen, beispielsweise für den Einsatz von Großwärmepumpen.

Im Rahmen eines Energiekonzepts können für das betreffende Gebiet die Potenziale detailliert erfasst, die Realisierbarkeit von Trassen geprüft und verschiedene Versorgungsoptionen untersucht werden. Ein Energiekonzept in diesem Gebiet kann dazu beitragen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren, Energiekosten zu senken und die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Es kann auch als Grundlage für Förderanträge dienen und die Umsetzung von gesetzlichen Vorgaben wie der Energieeinsparverordnung erleichtern.

| Quelle            | Kombinations-Möglichkeit            | Vorteile                                      | Nachteile  |
|-------------------|-------------------------------------|---|--|
| Solarthermie      | Groß-WP/solare Nutzung und Speicher | effiziente Nutzung Solarenergie               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |
| Ind. Abwärme      | Holzackschnitzel und Speicher       | effiziente Nutzung bereits vorhandener Wärme  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizzentrale finden</li> <li>• Wärmeverluste</li> </ul> |
| Synthetisches Gas | Photovoltaik, Bestehendes Netz      | Nutzung bereits vorhandener Netzinfrastruktur | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugungsanlagen</li> </ul>                            |

- Handlungsschritte**
1. Detailüberprüfung der umliegenden Potenziale
  2. Detailüberprüfung der identifizierten Netztrassen auf Machbarkeit
  3. Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer

|  |  |
|--|--|
| <b>Verantwortung / Akteurinnen und Akteure</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Stadt Villingen-Schwenningen</li> <li>▶ Ggf. Energieversorgungsunternehmen</li> </ul>   |
| <b>Umsetzungskosten</b>                        | ▶ 100-150 T €  |
| <b>Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ KfW 432 bzw. BEW (Bundesförderung effiziente Wärmenetze)</li> <li>▶ BEW Modul</li> <li>▶ Zuschuss BEW Förderung Modul I: 50 % der förderfähigen Kosten</li> </ul> |
| <b>Herausforderungen</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Anschlussrate für ein potenzielles Netz bestimmen</li> <li>▶ Abschätzung Wirtschaftlichkeit Wasserstoff</li> </ul>  |

| Partizipation in der kommunalen Wärmeplanung  |  | W1  |
|---|--|---|
| HANDLUNGSFELD   | Öffentlichkeitsarbeit  |  |
| ZIELSETZUNG   | Aufbau eines Netzwerks, Akzeptanz für verschiedene Maßnahmen   |   |
| <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  |  |   |
| <p>Information und Kommunikation sind integraler Bestandteil zur erfolgreichen Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung. Ein wichtiger Baustein ist die Zusammenarbeit und Einbindung der lokalen Akteure im Stadtgebiet. Hierzu sollte in regelmäßigen Öffentlichkeitsveranstaltungen die Möglichkeit der direkten Partizipation gegeben werden. Hierdurch wird eine hohe Akzeptanz der verschiedenen Maßnahmen in der Bevölkerung erreicht. Über die Einbindung der lokalen Akteure können sich weitere Synergieeffekte wie z.B. Sponsoring ergeben. Des Weiteren können Erfahrungen innerhalb der Informationsveranstaltungen ausgetauscht werden, um so bestmögliche Lösungsansätze in der kommunalen Wärmeplanung zu erreichen.</p> <p>Die Beteiligung könnte im Rahmen von Veranstaltungen innerhalb der Stadt oder mithilfe von digitalen Beteiligungsprozessen erfolgen. Die Themen sollten in einem engen Zusammenhang mit den empfohlenen Auswertungsmaßnahmen für den öffentlichen Raum stehen.</p> |  |   |
| <b>Handlungsschritte</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regelmäßiger Austausch mit den lokalen Akteuren</li> <li>2. Bereitstellung von Informationen und Teilen der kommunalen Wärmeplanung</li> <li>3. Koordination der Maßnahmenumsetzung und Kampagnen</li> <li>4. Bespielen der vorhandenen/bestehenden Netzwerken und Strukturen</li> </ol> |   |
| <b>Verantwortung<br/>Akteurinnen<br/>und<br/>Akteure</b>  | Stadt Villingen-Schwenningen   |   |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Berücksichtigung von erneuerbaren Energien bei Neubau- und Sanierungsvorhaben</b>   |   | <b>W2</b>   |
| <b>HANDLUNGSFELD</b>   | Sonstiges   |  |
| <b>ZIELSETZUNG</b>   | Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien im Gebäudesektor  |   |
| <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   |   |   |
| <p>Bei anstehenden Sanierungen von Bestandsgebäuden ist das Potenzial einer energetischen Ertüchtigung durch Dämmung, Austausch von Bauteilen oder Umstellung des Heizungssystems auf erneuerbare Energien besonders hoch. Um dieses Potenzial besser zu nutzen, muss auf die vielfältigen Vorzüge des energetischen Umbaus hingewiesen werden. Zu den Vorteilen gehören:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhung des Wohnkomforts</li> <li>- Steigerung des Immobilienwertes</li> <li>- Finanzielle Vorteile durch Energieeinsparungen</li> <li>- Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und damit verbundenen Preissteigerungen</li> <li>- Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz</li> </ul> <p>Auf Grundlage dessen sollten zukünftige Neubau- und Sanierungsprojekte durch die Stadt so gesteuert werden, dass sie zur Erreichung der dort erarbeiteten Zielsetzungen beitragen. Wenn also beispielsweise Gebiete zur vorrangigen Nutzung von Sonnenenergie bestimmt werden, ist bei künftigen Neubau- und Sanierungsvorhaben darauf zu achten, dass diese sich auf Nutzung dieser Energieform fokussieren.</p> <p>In Neubaugebieten und bei größeren Sanierungsprojekten kann zudem durch ein verpflichtendes Erneuerbare-Energien-Konzept im Rahmen von städtebaulichen Verträgen oder Wettbewerben auf die Verwendung erneuerbarer Energien hingewirkt werden. Dies gilt sowohl für den Wärme- als auch für den Kältebereich: z.B. könnten herkömmliche Klimaanlage mit einer PV-Anlage und gegebenenfalls mit Eisspeichern gekoppelt werden. Auch die Verwendung von virtuellem Biomethan kann hier eine Option darstellen (vgl. EWärmeG in Baden-Württemberg).</p> |   |   |
| <b>Handlungsschritte</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erstellung der Energienutzungsplanung</li> <li>2. Sichtung der Ergebnisse und Bestimmung der resultierenden Beratungsbedarfe für private Nutzer:innen und Abstimmungsbedarfe mit der Wohnungswirtschaft</li> <li>3. Vermittlung der Ergebnisse und Ziele an die entsprechenden Ämter und Beratungsstellen</li> <li>4. Prüfung eines vorgeschriebenen Erneuerbaren-Energien-Konzeptes für Neubauten und Sanierung</li> </ol> |   |
| <b>Verantwortung Akteurinnen und Akteure</b>   | / Stadt Villingen-Schwenningen<br>und Bauherren<br>Bauunternehmen, Architekt:innen und Energieberater:innen   |   |

| Energiespeicherung zur sektoralen Vernetzung (Power-to-X) |  | W3  |
|---|--|---|
| HANDLUNGSFELD   | Sektorenkopplung   |  |
| ZIELSETZUNG   | Erhöhung des erneuerbaren Energien-Anteil aller Sektoren durch Speicherung und Umwandlung überschüssigen Stroms zur Wärmebereitstellung und Mobilität. |   |

**Beschreibung der Maßnahme**

Langfristig wird es auf Grund eines immer weiter ansteigenden Anteils volatiler erneuerbarer Energien zwingend notwendig sein, Flexibilität bei der Nutzung von Überschussstrom zu erlangen. Gleichzeitig ergibt sich über die Umwandlung und Speicherung von Strom die Möglichkeit zur Sektorenkopplung. Dies bedeutet, dass die Sektoren Strom, Mobilität und Wärme miteinander verknüpft werden. So kann Strom zum Betrieb von E-Fahrzeugen dienen, diese wiederum können als sekundäre Speicher von elektrischer Energie dienen. Die Umwandlung von Strom in Wärme oder chemische Energie (über Elektrolyse) wiederum ermöglicht dann die Kopplung von Strom- und Wärmesektor.

Weiterhin können Power-to-Heat-Anlagen als Ergänzung an den verschiedenen Standorten der Wärmeerzeugung errichtet werden. In Frage kommen hier vor allem die Standorte mit KWK-Anlagen. Die Nutzung von Anlagen mit hoher Effizienz sollte hier Vorrang haben. Daher ist vor allem auf den Einsatz von Wärmepumpen zu setzen. Elektrodenkessel oder ähnliche direkte Umwandlung von Strom in Wärme sollten nur dort eingesetzt werden, wo hohe Temperaturen, bspw. Prozesswärme, benötigt werden.

Power-to-Gas-Anlagen setzen elektrische Energie in Wasserstoff um. Dieser wiederum kann zu synthetischem Methan oder flüssigen Treibstoffen (Power-to-Liquid) umgewandelt werden. So kann überschüssige elektrische Energie bspw. im Gasnetz gespeichert werden.

Es sollte ein Konzept für das Stadtgebiet erstellt werden, das die verschiedenen Technologien sinnvoll in die bestehende Infrastruktur einbindet. Gasnetz und Fernwärme soweit die auszubauende Infrastruktur für Elektromobilität müssen dazu in ein Gesamtkonzept einbezogen und die Möglichkeit zur Einbindung verschiedener Akteur:innen (z.B. Infrastrukturbetreiber:innen für E-Mobilität, Energieversorgungsunternehmen, Energie-Contractoren) untersucht werden.

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung kann so die Redundanz der Wärmeversorgung erhöht und die Zuverlässigkeit des Systems ausgebaut werden.

- Handlungsschritte**
1. Regelmäßige Prüfung der bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
  2. Festlegung geeigneter Technologien und Standorte
  3. Detailberechnung für Anlagendimensionierung
  4. Umsetzung bei erkennbarer Wirtschaftlichkeit

|  |  |
|--|--|
| <b>Verantwortung / Akteurinnen und Akteure</b> | Stadt Villingen-Schwenningen<br>Energieversorgungsunternehmen<br>Betreiber von KWK-Anlagen |
|--|--|

## 8 ENERGIEPLAN VILLINGEN-SCHWENNINGEN

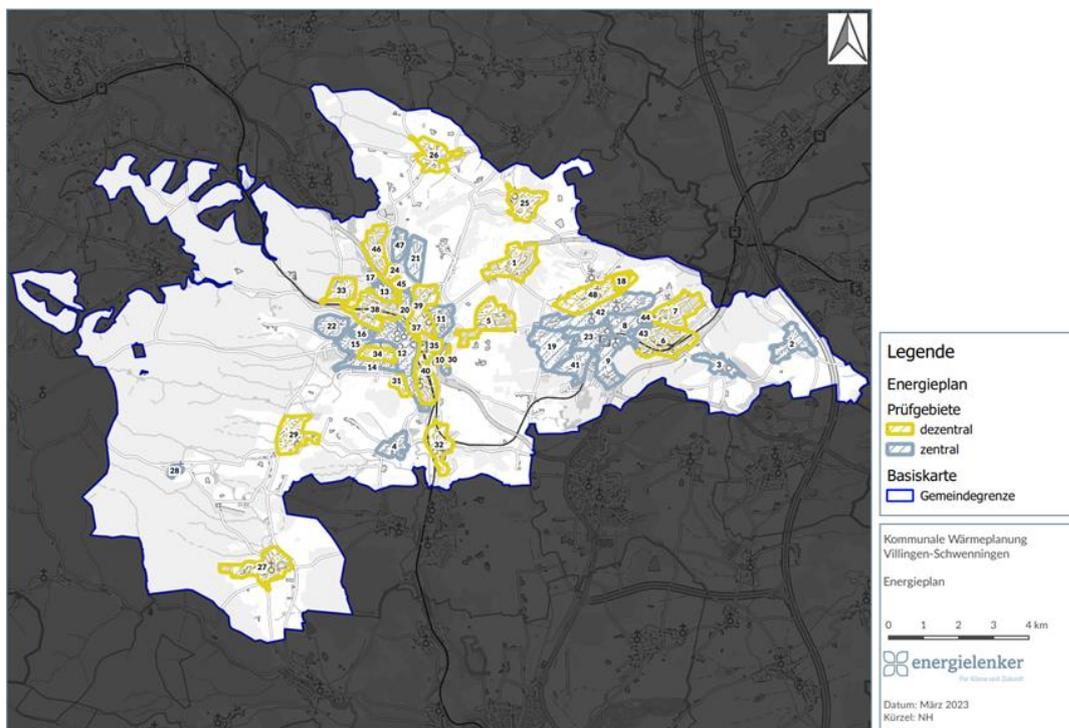


Abbildung 8-1: Energieplan Villingen-Schwenningen (Quelle: energienker projects GmbH)

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse, die identifizierten Hotspots und Handlungspotenziale sowie die in Kapitel 3 ermittelten Potenziale münden in einem gesamtstädtischen Energieplan, welcher die Handlungsgrundlage für die kommunale Wärmeplanung in Villingen-Schwenningen darstellt. Unterschieden wird hierbei in Prüfgebiete für eine zentrale (Wärmenetz, Keimzelle) und Prüfgebiete für eine dezentrale Wärmeversorgungslösung (Einzelversorgung). In den dezentralen Prüfgebieten wird die Annahme vertreten, dass der Großteil der Gebäude durch Maßnahmen wie beispielsweise Photovoltaik, Solarthermie oder Wärmepumpen ihre Versorgung sicherstellen müssen. Hingegen wird in den zentralen Prüfgebieten die Einsicht geteilt, dass der Auf- oder Ausbau eines Wärmenetzes einen sinnvollen Beitrag zur Wärmeversorgung leisten kann. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass in den zentralen Prüfgebieten eine dezentrale Lösung für individuelle Gebäude die bestmögliche Option darstellt.

Die vorstehende Abbildung zeigt einen Überblick über zentrale und dezentrale Prüfgebiete im Stadtgebiet der Stadt Villingen-Schwenningen.

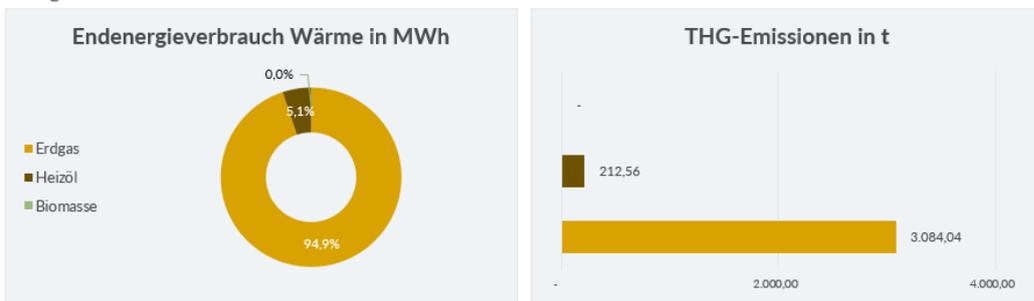
Für eine übersichtliche Darstellung der einzelnen Energieplan-Gebiete wurde für jedes Gebiet ein Steckbrief erstellt. Dieser orientiert sich an den Arbeitsphasen der kommunalen Wärmeplanung und fasst die Informationen der Bestands- und Potenzialanalyse sowie die Wärmewendestrategie für das jeweilige Gebiet zusammen. Die Steckbriefe sind in der Anlage zum Abschlussbericht zusammengeführt.

In der nachfolgenden Darstellung ist einer dieser Steckbriefe exemplarisch dargestellt.

| Energieplan-Gebiet 1             |   | Villingen-Schwenningen |
|----------------------------------|---|------------------------|
| <b>Bestand</b>                   |   |                        |
| Stadtteil                        | Schwenningen                                |                        |
| Fläche                           | 101 ha                                      |                        |
| Gebäudetypologie                 | GHD & Industrie                             |                        |
| Gebäudealter (dursch. BJ-Klasse) | 2010-2014                                   |                        |
| Anzahl Geb.                      | 57  |                        |
| Grundfläche                      | 56 ha                                       |                        |
| Bebauungsdichte                  | 0,6 m <sup>2</sup> GF/m <sup>2</sup> Fläche |                        |
| Wärmebedarf                      | 13.154 MWh/a                                |                        |
| Wärmedichte                      | 129,97 MWh/m <sup>2</sup> *a                |                        |
| Gasnetz vorhanden?               | Ja  |                        |
| Wärmenetz vorhanden?             | Nein  |                        |



**Energie- und THG-Bilanz**



**Wärmewendestrategie**

|                |   |
|----------------|---|
| Versorgungsart | dezentral   |
| Wärmequellen   | all electric, Solar (Dachflächenanlagen), Abwärme |
| Akteure        | Gebäudeeigentümer                                 |

**Beschreibung**

Aufgrund der geringen Wärmedichte und geringen Anzahl an möglichen Abnehmern wird für dieses Gebiet mit einer dezentralen Versorgungslösung gerechnet. Die Einzellösungen werden vermutlich über „all electric“-Ansätze (Außenluft-WP, PV), sowie solare Wärmeerträge realisiert werden.

Für die Industriebetriebe in diesem Gebiet kann u.U. eine Nutzung anfallender Abwärme sinnvoll sein.

## 8.1 AKTEUR:INNEN

Die kommunale Wärmewende ist eine Gemeinschaftsaufgabe. Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die Zusammenarbeit der verschiedenen lokalen Akteur:innen und eine strategische, abgestimmte Vorgehensweise.

Das vorliegende strategische Energie- und Wärmekonzept stellt dafür eine wichtige Grundlage dar.

Der Stadtverwaltung kommt in diesem Prozess insbesondere die Rolle eines Koordinators und Motivators zu, um weitere lokale Akteure zu aktivieren und in ein umsetzungsstarkes Netzwerk zu integrieren. Andererseits ist es aber auch ihre Aufgabe durch steuernde Instrumente wie die Bauleitplanung, Anreizsysteme oder die Entwicklungsplanung der Wärmeversorgungsinfrastrukturen die Weichen für die Entwicklung in den nächsten Jahren zu stellen. Tabelle 5 zeigt die Zuordnung der Aufgaben der Wärmeplanung zwischen den Akteur:innen.

Tabelle 2: Aufgaben in der Wärmeplanung und Zuordnung

|                                       | Stadtverwaltung | Stadtwerke | Politik | Gewerbe/ Industrie | Wohnungswirtschaft | Priv. Hauseigentümer |
|---------------------------------------|-----------------|------------|---------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Leitbild                              | x               | x          | x       | (x)                | (x)                | (x)                  |
| Strategie                             | x               | x          | x       |                    |                    |                      |
| Kommunikation & Information           | x               | x          |         |                    |                    |                      |
| Aufbau lokales Netzwerk               | x               | x          |         |                    |                    |                      |
| Wissenstransfer                       | x               | x          |         |                    |                    |                      |
| Machbarkeitsstudien                   | x               | x          |         |                    |                    |                      |
| Investitionen                         | x               | x          |         |                    |                    |                      |
| Umsetzung                             | x               | x          |         | (x)                | (x)                |                      |
| Vermarktung                           |                 | x          |         |                    |                    |                      |
| Monitoring                            | x               | x          |         |                    |                    |                      |
| Bauleitplanung                        | x               | (x)        |         |                    |                    |                      |
| Standards für neue Baugebiete         | x               |            |         |                    |                    |                      |
| Integration in andere Fachplanungen   | x               |            |         |                    |                    |                      |
| Unterstützung durch Quartierskonzepte | x               | (x)        |         |                    |                    |                      |
| Informelle Instrumente                | x               |            |         |                    |                    |                      |
| Gebäudesanierung                      | x               |            |         | x                  | x                  | x                    |
| Wärmenetz-Anschluss                   |                 |            |         | x                  | x                  | x                    |
| Einspeisung Abwärme                   |                 |            |         | x                  |                    |                      |
| Dezentrale reg. Wärmequellen          |                 |            |         | x                  | x                  | x                    |

## 9 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 Villingen-Schwenningen hat das vorliegende strategische Wärmekonzept erstellen lassen, um diese Aufgabe in Zukunft planvoll und zielorientiert anzugehen. Das Ziel des Konzeptes 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.

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Inhalte erarbeitet:

- Darstellung der Ausgangssituation
- Potenzialanalyse
- Technologiematrix
- Identifikation von Hotspots für Wärmebedarfe im Gemeindegebiet
- Szenarien-Entwicklung bis 2040
- Abschätzung der Investitionskosten
- Entwicklung eines Wärmeplans

In die Betrachtung sind dabei sämtliche Arten der Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und Abwärme eingeflossen. Um dem Anspruch der Gemeinde Villingen-Schwenningen an die Zielvision für das Jahr 2040 gerecht zu werden, sind neben bewährten Technologien auch Zukunftslösungen wie bspw. die Sektorenkopplung und Power-to-X berücksichtigt worden.

Im Ergebnis hat die Studie gezeigt, dass die Fernwärme für die Deckung der Wärmebedarfe der Stadt Villingen-Schwenningen zukünftig eine große Rolle spielen wird. Hierbei sind je nach Wärmeabnehmer unterschiedliche Temperaturniveaus und Wärmequellen zu nutzen. Andere klimafreundliche Wärmequellen, wie Umweltwärme, Abwärme aus BHKWs und Power-to-Heat tragen zukünftig mit stetig steigenden Anteilen zum Wärmemix bei.

Die privaten Haushalte werden künftig in verdichteten Wohngebieten vor allem mit Fernwärme versorgt, in netzfernen Bereichen ist auf Einzelgebäudelösungen auf Basis von Umweltwärme und Solarthermie zu setzen.

Die Wirtschaft wird auch weiterhin hochtemperierte Prozesswärme benötigen, die zukünftig über Power-to-Heat, die Verbrennung von synthetischen Gasen wie bspw. Wasserstoff oder Biogas bereitgestellt wird. Die entstehende Abwärme wiederum wird effizient über Wärmenetze verteilt.

Künftige Machbarkeitsstudien und detaillierte Planungen werden die Potenziale und geeigneten Standorte weiter verfolgen. Dabei wird unter anderem analysiert, welche Flächen beispielsweise für Heizzentralen zur Verfügung stehen. Bei der Nutzung von landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Flächen soll das Landratsamt Schwarzwald-Baar in weiteren Planungsabschnitten einbezogen werden.

Auf fossile Energieträger wird dabei in Zukunft vollständig verzichtet.

## 10 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Zur Finanzierung von Nahwärmenetzen (Leitungsnetz, Erzeuger, Speicher, Hausübergabestationen) besteht die Möglichkeit auf Förderkulissen zurückzugreifen (Auswahl).

1. BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)
3. Erneuerbare Energien - Standard (270)
4. KfW 430: Energieeffizient Sanieren
5. IKK / IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (201, 202)
6. Innovative KWK-Systeme
7. Kommunale Klimaschutzmodellprojekte

### BAFA: BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE WÄRMENETZE (BEW)

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <i>Ansprechpartner</i>    | <i>Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz</i>  |
| <i>Antragsberechtigte</i> | <i>Unternehmen, Kommunen, kommunale Eigenbetriebe, kommunale Unternehmen, kommunale Zweckverbände, eingetragene Vereine, eingetragene Genossenschaften, Contractoren</i>   |
| <i>Förderungen</i>        | <i>Modul I: Machbarkeitsstudien und Transformationspläne<br/>Modul II: Systemische Förderung zur Neuerrichtung von Wärmenetzen und Transformation von Bestandssystemen.<br/>Modul III: Schnell umsetzbare Einzelmaßnahmen.</i>   |
| <i>Förderhöhe</i>         | <i>Modul I: Zuschuss bis 50 %, max. 2 Mio. € pro Antrag<br/>Modul II: Zuschuss bis 40 %, max. 100 Mio. €<br/>Modul III: Zuschuss bis 40 %, max. 100 Mio. €</i>   |
| <i>Voraussetzungen</i>    | <i>Modul I:<br/>- Ziel der Transformationspläne und Machbarkeitsstudien muss die Treibhausneutralität im Jahr 2045 sein<br/>Modul II: Neuerrichtung von Wärmenetzen und Transformation von Bestandssystemen:<br/>- Neuerrichtung: mind. 75 % EE- oder Abwärme-Einsatz über einen Zeitraum von 10 Jahren<br/>- Transformation der Bestandsnetze: bis 2045 treibhausgasneutral<br/>- Maßnahmen müssen einen Beitrag zur Dekarbonisierung und Effizienzsteigerung des Wärmenetzes leisten<br/>- Entwurfs- und Genehmigungsplanungen überwiegend abgeschlossen<br/>Modul III: Schnell umsetzbare Einzelmaßnahmen:<br/>- Gilt nur für die Errichtung von Solarthermieanlagen, Wärmepumpen, Biomassekesseln und Wärmespeichern, deren Anschluss an das</i> |

|                       |  |
|-----------------------|--|
|                       | <p>Wärmenetz, die Integration von Abwärme, die Erweiterung von Wärmenetzen und die Installation zusätzlicher Wärmeübergabestationen</p> <p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmenetze mit mehr als 16 Gebäuden oder mehr als 100 Wohneinheiten gefördert.</li> <li>- kleinere Netze können im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) gefördert werden</li> </ul> |
| Kumulierbarkeit       | Keine Kumulierung mit anderen öffentlichen Mitteln von Bund und Ländern  |
| Weitere Informationen | <a href="https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html">https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html</a>  |
| Frist                 | Die Richtlinie tritt am 15. September 2022 in Kraft. Ihre Geltungsdauer ist auf sechs Jahre begrenzt.  |

## 10.1 KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ (KWKG)

|                    |  |
|--------------------|--|
| Ansprechpartner    | Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz   |
| Antragsberechtigte | Betreiber von KWK-Anlagen<br>Betreiber eines neuen oder ausgebauten Wärmenetzes  |
| Förderungen        | <p>Zahlung von Zuschlägen durch die Netzbetreiber sowie die Vergütung für KWK-Strom (inkl. von Brennstoffzellen), der in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird. Im Einzelnen Zuschlagszahlungen für</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. KWK-Strom aus neuen, modernisierten und nachgerüsteten KWK-Anlagen, der auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird,</li> <li>3. KWK-Strom aus bestehenden KWK-Anlagen, der auf Basis von gasförmigen Brennstoffen gewonnen wird,</li> <li>4. den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen sowie für den Neubau von Wärmespeichern, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird,</li> <li>5. den Neu- und Ausbau von Kältenetzen sowie für den Neubau von Kältespeichern, in die Kälte aus KWK-Anlagen eingespeist wird.</li> </ol> |
| Förderhöhe         | <p>Zuschläge in Höhe von 3,1 Cent/kWh (ab 2 MW) bis 8 Cent/kWh (bis 50 kW) zzgl. 0,6 Cent/kWh bei Substitution von Braun- und Steinkohle-KWK-Anlagen</p> <p>Höhe des Zuschlags für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bis DN 100 (Mittel über Gesamtnetz) 100 Euro je laufenden Meter der neu verlegten Wärmeleitung, höchstens aber 40 Prozent der Investitionskosten</li> <li>- bei mehr als DN 100 (Mittel über Gesamtnetz) 30 % der Investitionskosten</li> <li>- maximal 20 Mio. € je Projekt</li> </ul>   |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | <p><b>KWK-Anlagen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei neuen oder modernisierten KWK-Anlagen: elektrische Leistung bis einschließlich 0,5 oder mehr als 50 Megawatt. Sowie nachgerüsteten KWK-Anlagen.</li> <li>- ab 30. Juni 2023 werden neue KWK-Anlagen ab zehn Megawatt Leistung nur zugelassen, wenn sie technisch mit Wasserstoff betrieben werden können. Oder mit maximal 10 Prozent der Errichtungskosten ab dem 01.08.2028 auf eine leistungsgleiche wasserstoffbetriebene KWK-Anlage umrüsten.</li> <li>- Ab dem 1. Januar 2024 entfällt laut § 6 des KWKG 2023 die Förderung von Anlagen, die Strom auf Basis von Biomethan erzeugen.</li> <li>- die Anlagen gewinnen Strom auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen.</li> <li>- die Anlagen sind hocheffizient</li> <li>- die Anlagen verdrängen keine bestehende Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen</li> <li>- die Anlagen erfüllen die Anforderungen nach § 9 Absatz 1 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes erfüllen, soweit es sich um Anlagen mit einer installierten Leistung im Sinne von § 3 Nummer 31 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes von mehr als 100 Kilowatt handelt.</li> </ul> |
| Voraussetzungen       | <p><b>Neu- und Ausbau von Wärmenetzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mindestens 75 % KWK-Wärme oder</li> <li>- mindestens 25 % KWK-Wärme, wenn 50 % oder mehr aus KWK, EE, oder Abwärme stammen</li> <li>- es handelt sich um ein öffentliches Netz (Optionen für weitere Anschlüsse)</li> </ul> <p><b>Wärme- und Kältespeicher:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eine Zulassung gemäß § 24</li> <li>- Wärme des Wärmespeichers überwiegend aus KWK-Anlagen, die an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen sind und die in dieses Netz einspeisen können.</li> <li>- mittlere Wärmeverluste entsprechend einer nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erstellten Berechnung weniger als 15 Watt je Quadratmeter Behälteroberfläche</li> </ul>  |
| Kumulierbarkeit       |   |
| Weitere Informationen | <a href="https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/">https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/</a>   |
| Frist                 | Keine Fristen   |

## 10.2 ERNEUERBARE ENERGIEN-STANDARD (270)

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Ansprechpartner       | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe  |
| Antragsberechtigte    | private und öffentliche Unternehmen, Contractoren, Körperschaften des öffentlichen Rechts, kommunale Zweckverbände, Genossenschaften, Stiftungen und Vereine, Privatpersonen und gemeinnützige Antragsteller, Freiberufler, Landwirte  |
| Förderungen           | Gefördert werden<br><ol style="list-style-type: none"> <li>1. die Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien oder von Anlagen nur zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien,</li> <li>2. Wärme- und Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden und</li> <li>3. die Flexibilisierung von Stromnachfrage und -angebot bzw. die Digitalisierung der Energiewende mit dem Ziel, die erneuerbaren Energien systemverträglich in das Energiesystem zu integrieren.</li> <li>4. Contracting-Vorhaben und Modernisierungen mit Leistungssteigerung</li> </ol>   |
| Förderhöhe            | Zinsgünstige Darlehen in Höhe von bis zu 50 Mio. € und max. 100 % der förderfähigen Investitionen  |
| Voraussetzungen       | Anlagen erfüllen die technischen Anforderungen des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - 2023), einschließlich der hierfür erforderlichen Planungs-, Projektierungs- und Installationsmaßnahmen.<br>Vorhaben im Ausland:<br>- müssen die gesetzlich geltenden umwelt- und sozialrechtlichen Standards des Investitionslandes erfüllen<br>- Vorhaben mit Investitionsort in Ländern, die weder EU-Mitglied noch Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung-Hocheinkommensland sind, werden von der KfW im Einzelfall geprüft<br>Erwerb gebrauchter Anlagen:<br>- die nicht länger als 12 Monate am Stromnetz angeschlossen sind<br>- die nicht bereits von der KfW gefördert wurden und zeitgleich eine Modernisierung mit Leistungssteigerung erfolgt. |
| Kumulierbarkeit       | <b>Kombination:</b> Eine Kombination mit anderen Förderprogrammen ist möglich, sofern diese keine Beihilfe enthalten. Wenn in dem Programm Investitionen finanziert werden, die keine Förderung nach dem im Einzelfall jeweils einschlägigen Erneuerbare-Energien-Gesetz erhalten, ist eine Kombination auch mit Förderprogrammen möglich, in denen Beihilfen enthalten sind, sofern die zulässigen Beihilfeobergrenzen eingehalten werden.  |
| Weitere Informationen | <a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/</a>  |
| Frist                 | Keine Fristen  |

### 10.3 KFW 432: ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Ansprechpartner       | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe  |
| Antragsberechtigte    | Es werden kommunale Gebietskörperschaften (Städte, Gemeinden und Landkreise) deren Eigenbetriebe   |
| Förderungen           | Mit dem Zuschuss „Energetische Stadtsanierung“ werden Maßnahmen, mit denen die Energieeffizienz im Quartier erhöht wird, gefördert. Es können sowohl Sach-als auch Personalkosten finanziert werden. Gefördert wird die Erstellung von integrierten Quartierskonzepten, sowie das Sanierungsmanagement   |
| Förderhöhe            | Die Förderung besteht aus einem Zuschuss, der bis zu 75% der förderfähigen Kosten enthält. Für das integrierte Konzept gibt es keinen Höchstbetrag des Zuschusses. Für ein Sanierungsmanagement liegt der Höchstbetrag bei bis zu 210.000 Euro je Quartier für 3 Jahre. Bei einer Verlängerung kann auf bis zu 350.000 Euro- aufgestockt werden. Zuschüsse unter 5.000 Euro werden nicht ausgezahlt. |
| Voraussetzungen       | -Kein Quartierskonzepts im gleichen Gebiet vorhanden   |
| Kumulierbarkeit       | Eine Kombination mit anderen Förder-mitteln ist möglich.<br>Außerdem möglich ist die weitere Förderung einer Person, die bereits für ein Vorhaben aus der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) als Klimaschutzmanager bezuschusst wurde.   |
| Weitere Informationen | <a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/</a>                                    |
| Frist                 | Keine Fristen  |

### 10.4

### 10.5 KFW 430: ENERGIEEFFIZIENT SANIEREN

|                    |   |
|--------------------|---|
| Ansprechpartner    | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe   |
| Antragsberechtigte | Natürliche Personen als Eigentümer/ Ersterwerber von Ein- und Zweifamilienhäusern mit maximal 2 Wohneinheiten oder Eigentumswohnungen in Wohnungseigentümergeinschaften   |
| Förderungen        | Energetische Sanierung von bestehenden Wohngebäuden, deren Bauantrag beziehungsweise Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurde; KfW-Effizienzhaus als auch Einzelmaßnahmen (unter anderem Erstanschluss an Nah- oder Fernwärme)      |
| Förderhöhe         | Geförderte Kosten je Wohneinheit bis zu 48.000 Euro für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder 10.000 Euro für Einzelmaßnahmen, Investitionszuschuss abhängig von Maßnahme und künftiger Energieeffizienz bis zu maximal 120.000 Euro |
| Voraussetzungen    | - Ein-bindung eines anerkannten Experten für Energieeffizienz, wirtschaftlich unabhängige Beauftragung  |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauantrag (alternativ Bauanzeige) wurde vor dem 01.02.2002 gestellt</li> <li>- bestehende Wohngebäude nach § 2 EnEV, die <b>nach ihrer Zweckbestimmung</b> überwiegend dem Wohnen dienen</li> <li>- für die Sanierung gelten technische Mindestanforderungen (siehe Dokumente Anlage - Technische Mindest-anforderungen und Infoblatt - Liste der Technischen FAQ)</li> <li>- Sanierung ist durch ein Fachunternehmen auszuführen</li> </ul> |
| Kumulierbarkeit       | <p>Kombinierbar mit weiteren Fördermitteln:</p> <p>Altersgerecht Umbauen – Kredit (159) oder Barriere-reduzierung – Investitions-zuschuss (455)</p> <p>Alternativ: Kreditförderung im Produkt Energieeffizient Sanieren (Produktnummern 151/152)</p>  |
| Weitere Informationen | <a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/</a>   |
| Frist                 | Keine Fristen   |

## 10.6 IKK/IKU – ENERGETISCHE STADTSANIERUNG – QUARTIERSVERSORGUNG (201,202)

|                    |   |
|--------------------|---|
| Ansprechpartner    | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), KfW Bankengruppe   |
| Antragsberechtigte | Kommunen, kommunale Eigenbetriebe und Zweckverbände (IKK), mehrheitlich kommunale Unternehmen (IKU), Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts mit mehrheitlich kommunalem Hintergrund, gemeinnützige Organisationsformen und Kirchen, Unternehmen   |
| Förderungen        | KWK(K)-Anlagen, industrielle Abwärme, Wärme- und Kältespeicher, Wärme- und Kältenetze   |
| Förderhöhe         | Zinsgünstige Darlehen bis zu 100 % der förderfähigen Investitionen (Programm 202: max. 50 Mio. €), Tilgungszuschüsse bis zu 10 %  |
| Voraussetzungen    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quartiersbezogene Versorgung erstreckt sich über die Grundstücksgrenzen der einspeisenden Anlage</li> <li>- Mindestens ein Abnehmer muss an das Netz angeschlossen sein, der nicht gleichzeitig Eigentümer oder Betreiber der einspeisenden Anlage ist</li> <li>- Alle förderfähigen Investitionen müssen die Energieeffizienz verbessern</li> </ul> <p>Modul A Wärme- und Kälteversorgung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einhaltung der gesetzlichen Standards bzw. der anerkannten Regeln der Technik sind Voraussetzung für alle förderfähigen Maßnahmen</li> <li>- Hocheffiziente strom- oder thermisch geführte/ fuhrbare Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Basis von Erd-/Biogas; nicht auf Basis von z. B. Kohle oder Öl.</li> <li>- Erzeugungsanlagen erfüllen "Hocheffizienz" gemäß Definition § 2 Absatz 8 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (2016) beziehungsweise der EU-Richtlinie 2012/27/EU Anhang II; ist bei Antragstellung zu bestätigen</li> </ul> |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kälteversorgung überwiegend aus Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung</li> <li>- Mitförderung erforderlicher Anschlüsse und Übergabestationen, sofern sie Bestandteil des Investitionsvorhabens sind und keine Förderung der entsprechenden Kosten aus KfW-Programmen der energetischen Gebäudesanierung erfolgt.</li> </ul>  |
| Kumulierbarkeit       | <p>Kombination: Die Kombination mit öffentlichen Fördermitteln ist zulässig, sofern die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt. Die Inanspruchnahme anderer Förderprogramme des Bundes für dieselbe Maßnahme ist nicht zulässig.</p> <p>Eine Kombination mit der Wärme-/ Kältenetz- beziehungsweise Wärme-/ Kältespeicherförderung nach §§ 18 bis 21 beziehungsweise §§ 22 bis 25 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ist möglich, sofern es sich um ein Vorhaben mit hohem Quartiersbezug handelt.</p>   |
| Weitere Informationen | <p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/</a></p> <p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-kommunale-Unternehmen-(202)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-kommunale-Unternehmen-(202)/</a></p> |
| Frist                 | Keine Fristen   |

## 10.7 INNOVATIVE KWK-SYSTEME

|                    |   |
|--------------------|---|
| Ansprechpartner    | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)  |
| Antragsberechtigte | Betreiber innovativer KWK-Systeme   |
| Förderungen        | Innovative KWK-Systeme  |
| Förderhöhe         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 45.000 Vollbenutzungsstunden der Gebotsmenge für KWK-Strom in der Höhe des Zuschlagswertes</li> <li>- pro Kalenderjahr höchstens 3.500 Vollbenutzungsstunden der Gebotsmenge</li> </ul>  |
| Voraussetzungen    | <p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebotsmenge muss mehr als 1.000 kW umfassen und darf 10.000 kW installierte KWK-Leistung nicht überschreiten</li> <li>- min. Komponenten: KWK- Anlage, Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme, elektrischer Wärmeerzeuger</li> <li>- erfolgreiche Teilnahme am Ausschreibungsverfahren</li> <li>- gemeinsame Regelung und Steuerung der Komponenten</li> <li>- Anschluss der Komponenten am gleichen Wärmenetz</li> <li>- Komponenten verfügen über mess- und eichrechtskonforme Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Erfassung der eingesetzten Brennstoffe, der bereitgestellten Wärme sowie für jedes 15-Minuten-Intervall die eingesetzte und die erzeugte Strommenge</li> </ul> |

|                       |  |
|-----------------------|--|
|                       | <p>- Eigenstromversorgungsgebot, Einspeisung des gesamten erzeugten Stroms in ein Netz der Allgemeinen Versorgung</p> <p>hocheffiziente neue und modernisierte KWK-Anlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische Leistung mehr als 1 MW bis einschließlich 50 MW</li> <li>- Modernisierung min. 50 % der Kosten für Neuerrichtung KWK-Anlage mit gleicher Leistung nach aktuellem Stand der Technik</li> </ul> <p>Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrikneu</li> <li>- Min. Jahresarbeitszahl 1,25</li> <li>- kann pro Kalenderjahr min. 30 % der Referenzwärme als innovative Wärme bereitstellen</li> <li>- nur einer KWK-Anlage zugeordnet</li> </ul> <p>elektrischer Wärmeerzeuger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kann jederzeit min. 30 % der maximal auskoppelbaren Wärme der KWK-Anlage bereitstellen</li> <li>- stromseitig und unmittelbar wärmeseitig mit der KWK-Anlage verbunden</li> </ul> |
| Kumulierbarkeit       |  |
| Weitere Informationen | <p><a href="https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_merkblatt_innovative_kwk-systeme.html">https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_merkblatt_innovative_kwk-systeme.html</a></p> <p><a href="https://www.kea-bw.de/news/innovative-kwk-systeme">https://www.kea-bw.de/news/innovative-kwk-systeme</a></p>  |
| Frist                 | keine Fristen; Ausschreibungen durch die Bundesnetzagentur jeweils zum 01.06 und 01.12 eines jeden Jahres  |

## 10.8 KOMMUNALE KLIMASCHUTZ-MODELLPROJEKTE

|                    |   |
|--------------------|---|
| Ansprechpartner    | Projektträgers Jülich (PTJ)   |
| Antragsberechtigte | Antragsberechtigt sind Kommunen (Städte, Gemeinden und Landkreise) und Zusammenschlüsse von Kommunen sowie Betriebe, Unternehmen und sonstige Einrichtungen mit mindestens 25 Prozent kommunaler Beteiligung  |
| Förderungen        | <p>Investive Modellprojekte mit weitreichender Treibhausgasreduzierung und Beitrag zu den Klimaschutzziele der Bundesregierung</p> <p>Besonders förderwürdig sind Modellprojekte aus den Handlungsfeldern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abfallentsorgung; - Abwasserbeseitigung; - Energie- und Ressourceneffizienz; - Stärkung des Umweltverbands, grüne City-Logistik und Treibhausgas-Reduktion im Wirtschaftsverkehr; sowie - Smart-City (Vernetzung, Integration und intelligente Steuerung verschiedener umwelttechnischer Infrastrukturen)</li> </ul> |
| Förderhöhe         | 70% der förderfähigen Kosten; für Anträge, die zwischen dem 1. Aug. und dem 31. Dez. 2021 gestellt werden 80%; finanzschwache Kommunen bis 90%; Mindestzuwendung 200.000 Euro, max. 10 Mio. Euro  |
| Voraussetzungen    | Einreichen einer Projektskizze und Aufforderung zur Antragstellung  |

|                        |  |
|------------------------|--|
|                        | <p><i>Der Modellcharakter der Vorhaben soll sich auszeichnen durch</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li><i>hohe Treibhausgasminderung im Verhältnis zur Fördersumme;</i></li><li><i>die Verfolgung der Klimaschutzpolitischen Ziele des Bundes;</i></li><li><i>einen besonderen und innovativen konzeptionellen Qualitätsanspruch;</i></li><li><i>den Einsatz bester verfügbarer Techniken und Methoden;</i></li><li><i>die Übertragbarkeit beziehungsweise Replizierbarkeit des Ansatzes</i></li></ul> <p><i>eine überregionale Bedeutung und deutliche Sichtbarkeit mit bundesweiter Ausstrahlung- stromseitig und unmittelbar wärmeseitig mit der KWK-Anlage verbunden</i></p> |
| <i>Kumulierbarkeit</i> | <p><i>Eine Kumulierung mit Drittmitteln, Zuschussförderungen und Förderkrediten ist vorbehaltlich entgegenstehender beihilferechtlicher Vorgaben zugelassen, sofern eine angemessene Eigenbeteiligung in Höhe von mindestens 15 Prozent des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben erfolgt, bei finanzschwachen Kommunen in Höhe von 10 Prozent.</i></p>  |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Weitere Informationen | <a href="https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte">https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte</a><br><a href="https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/foerderaufruf-kommunale-klimaschutz-modellprojekte.html">https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/foerderaufruf-kommunale-klimaschutz-modellprojekte.html</a> |
| Frist                 | Antragsfristen jeweils 01.Jan und 31.Dez. eines Jahres   |

## 11 LITERATURVERZEICHNIS

- ifeu. (2016:3). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg: ifeu.
- KEA-BW, Die Landesagentur. (2023). Förderprogramm für die freiwillige kommunale Wärmeplanung. Abgerufen am 02. 08 2023 von <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/foerderprogramm-fuer-die-freiwillige-kommunale-waermeplanung>
- KEA-BW, Die Landesagentur. (2023). Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg- §27 Kommunale Wärmeplanung. Abgerufen am 02. 08 2023 von <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/27-kommunale-waermeplanung>
- Mehr Demokratie e.V.; BürgerBegehren Klimaschutz. (2020). *Handbuch Klimaschutz, Wie Deutschland das 1,5-Grad-Ziel einhalten kann*.
- Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. (S. Klimaneutralität, & A. E. Verkehrswende, Hrsg.)

