

# **Kommunale Wärmeplanung**

## **Einführung in den Technikkatalog**



# Einführung in den Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg

Version 1.0

Der Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung wurde im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg von der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) erstellt.

Autorinnen und Autoren der KEA-BW: Dr. Max Peters, Thomas Steidle, Holger Hebisch, Joanna Skok, Anders Berg, Denise Graef, Florian Anders

Im Technikkatalog zur Unterstützung der kommunalen Wärmeplanung werden Kennwerte etablierter Techniken und spezifische Investitionskosten zusammengetragen. Der Technikkatalog wird von der KEA-BW auf ihrer [Website](#) zur Verfügung gestellt. Die Werte stammen aus Literaturrecherchen sowie aus der Planungspraxis, von Marktakteuren und der Wissenschaft. Die Erstellung wurde durch einen zweiteiligen Beteiligungsprozess von wissenschaftlichen Institutionen, Dienstleistungsunternehmen im Bereich kommunale Wärmeplanung, sowie Verbänden, Kammern und Energieversorgern begleitet. Das Konzept zu diesem Technikkatalog wurde zusammen mit der Dänischen Energieagentur (DEA) im Rahmen des *Deutsch-Dänischen Dialogs Wärmewende Baden-Württemberg* erstellt.

Dieser Technikkatalog soll regelmäßig überarbeitet und die Einträge bei Bedarf aktualisiert werden. Dazu werden auch weiterhin Verbände, wissenschaftliche Institutionen und weitere Akteure beteiligt. Rückmeldung und Kommentare zum Technikkatalog sammelt und wertet die KEA-BW laufend aus. Kontakt: [waermewende@kea-bw.de](mailto:waermewende@kea-bw.de)

Stuttgart im März 2022

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Einleitung .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1 Hintergründe der kommunalen Wärmeplanung .....</b>            | <b>6</b>  |
| <b>2 Motivation für einen Technikkatalog .....</b>                 | <b>8</b>  |
| <b>3 Einführung in den Technikkatalog .....</b>                    | <b>10</b> |
| <b>4 Anwendungsfelder des Technikkatalogs .....</b>                | <b>11</b> |
| 4.1 EMISSIONSFAKTOREN CO <sub>2</sub> .....                        | 12        |
| 4.2 PREISENTWICKLUNGEN FÜR ENERGIETRÄGER UND CO <sub>2</sub> ..... | 13        |
| 4.3 TECHNOLOGIEDATEN .....   | 13        |
| 4.4 ANGABEN ZU GEBÄUDEN (ENDENERGIEVERBRAUCH) .....                | 15        |
| <b>5 Aufbau und Umfang des Technikkatalogs .....</b>               | <b>17</b> |
| 5.1 HINWEISE ZU DATENGRUNDLAGEN .....                              | 17        |
| 5.2 TABELLENUMFANG .....   | 18        |
| 5.3 HINWEISE ZUM TABELLENAUFBAU .....                              | 20        |
| <b>Danksagung .....</b>  | <b>24</b> |

# Einleitung

Der hier vorgestellte Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung bietet Planungsgrundlagen zur Erstellung und Fortschreibung kommunaler Wärmepläne und der Maßnahmen in diesen Plänen an. Der kommunale Wärmeplan ist ein wesentliches Planungswerkzeug für die klimaneutrale Stadtentwicklung und für das Erreichen des klimaneutralen Gebäudebestands aller Kommunen in Baden-Württemberg spätestens bis zum Jahr 2040.

Der große Mehrwert eines kommunalen Wärmeplans besteht darin, dass er kommunalen Entscheidungsträgerinnen und -trägern einen strategischen Fahrplan und Handlungsmöglichkeiten für eine erfolgreiche Wärmewende für die kommenden Jahrzehnte aufzeigt. Weitere wichtige Zielgruppen sind die Verwaltung mit ihren Fachabteilungen, Energieunternehmen sowie die Bürgerschaft. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die Belastbarkeit und Vergleichbarkeit eines kommunalen Wärmeplans.

Bei der Entwicklung eines Szenarios zur klimaneutralen Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs, dem so genannten „Zielszenario 2040“, und der Formulierung eines Transformationspfads zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans in der kommunalen Wärmewendestrategie besteht großer Bedarf an verlässlichen Planungsgrundlagen. Ziel ist es, dass alle durch das Klimaschutzgesetz des Landes zur Planerstellung verpflichteten Stadtkreise und großen Kreisstädte sowie alle freiwillig planenden Gemeinden robuste kommunale Wärmepläne ausarbeiten und umsetzen.

Grundlegende Energiekennwerte, spezifische Investitionskosten sowie Preisentwicklungen werden im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung zusammengefasst und bei Bedarf aktualisiert. Neben dem [Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung](#), der die Methodik zur Planerstellung und den Prozess der kommunalen Wärmeplanung vorstellt, unterstützt das Land Baden-Württemberg mit diesem Katalog Fachplanerinnen und Fachplaner von kommunalen Wärmeplänen. Die Anwendung des Technikkatalogs, beziehungsweise der darin vorgestellten Kennwerte, und die Berücksichtigung des Handlungsleitfadens, soll ein hohes Maß an Standardisierung der Methodik und Vergleichbarkeit bei der Erstellung und Fortschreibung der kommunalen Wärmepläne ermöglichen.

Im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung werden die wesentlichen Technologien zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Wärme, Preisentwicklungen verschiedener Energieträger und CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren der Strom- und Wärmeerzeugung verschiedener Prozesse sowie Angaben zur Effizienzsteigerung in Gebäuden bereitgehalten. Sie sollen bei der Ausweisung von Eignungsgebieten, bei der Analyse von Wärmenetzverteilkosten oder Wärmevollkosten, bei der Bilanzierung des Zielszenarios und in den Maßnahmenbeschreibungen in der kommunalen Wärmewendestrategie zur Anwendung kommen.

Die hier zusammengefassten Kennwerte und Prognosen sind damit als plausible Annahmen für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans zu sehen. Sie allein erlauben jedoch keine Projekt- oder Planungsvorbereitungen für konkrete Vorhaben.

# 1 Hintergründe der kommunalen Wärmeplanung

Der kommunale Wärmeplan ist ein zentrales Instrument für eine klimaneutrale Stadtentwicklung und für das Erreichen des klimaneutralen Gebäudebestands aller Kommunen in Baden-Württemberg spätestens bis zum Jahr 2040.

Mit dem [Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg](#) (KSG BW) gibt das Land Baden-Württemberg allen Gemeinden die Chance, einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen und fortzuschreiben. Die großen Kreisstädte und Stadtkreise müssen bis zum 31. Dezember 2023 einen kommunalen Wärmeplan vorlegen. Zusätzlich steht allen Gemeinden und Planungskonvois ein [Förderprogramm für die freiwillige kommunale Wärmeplanung](#) zur Verfügung.

Das KSG BW macht Wärmeplanung mit der Verpflichtung zur Erstellung und Fortschreibung eines kommunalen Wärmeplans für Stadtkreise und Große Kreisstädte zum Teil der kommunalen Daseinsvorsorge. Kommunale Wärmeplanung im Sinne des KSG BW ist ein strategischer Planungsprozess mit dem Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040. Die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans ist Bestandteil dieses Prozesses. Ein kommunaler Wärmeplan umfasst vier Elemente, die im [Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung](#) des Umweltministeriums detailliert beschrieben werden.

Ein kommunaler Wärmeplan umfasst folgende vier Elemente:

## 1. Bestandsanalyse

Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen, einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude.

## 2. Potenzialanalyse

Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie Erhebung der lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien, der Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärmepotenziale.

### 3. Aufstellung Zielszenario

Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärme zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2040 mit einem Zwischenziel für das Jahr 2030.

### 4. Wärmewendestrategie

Formulierung eines Transformationspfads zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans, mit ausgearbeiteten Maßnahmen, Umsetzungsprioritäten und Zeitplan für die nächsten Jahre und einer Beschreibung möglicher Maßnahmen für die Erreichung der erforderlichen Energieeinsparung und den Aufbau der zukünftigen Energieversorgungsstruktur.

Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung führt Potenziale und Bedarfe systematisch zusammen. Auf diese Weise lassen sich Einsatzmöglichkeiten der Energiequellen im künftigen Energiesystem definieren und lokal umsetzen.

Bei der nachfolgenden Einbindung des kommunalen Wärmeplans in die weiteren kommunalen Planungsaufgaben sollten die Beteiligten der Wärme- und Stadtplanung sich regelmäßig abstimmen. Ein kommunaler Wärmeplan wirkt dabei als Routenplaner. Denn seine Ergebnisse und Handlungsvorschläge dienen dem Gemeinderat, den Fachabteilungen, Energieunternehmen wie allen Ausführenden als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung. Während des gesamten Prozesses gilt es, die Inhalte anderer Vorhaben innerhalb der Kommune, etwa die der Flächennutzungs- oder Bebauungsplanung, aber auch der Regionalplanung zu berücksichtigen und gegenseitig abzugleichen.

Die Erstellung des kommunalen Wärmeplans hat auf dem jeweils aktuellen Kenntnisstand zu Rahmenbedingungen, Technologie- und Kostenentwicklungen zu erfolgen. Bei der Weiterentwicklung der Wärmewendestrategie mit Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans müssen entsprechend auch die zugrundeliegenden Annahmen aktualisiert werden. Im Laufe der Jahre werden somit die notwendigen Schritte zur Zielerreichung immer konkreter und der Transformationspfad immer genauer quantifiziert.

Im hier vorgestellten Technikkatalog für Fachplanerinnen und Fachplaner werden diese wesentlichen Kenngrößen, Annahmen und Prognosen zum Zwecke der kommunalen Wärmeplanung bereitgehalten.

## 2 Motivation für einen Technikkatalog

Das KSG BW definiert Mindestinhalt eines kommunalen Wärmeplans und gibt die verpflichtend zu veröffentlichenden Kartenwerke und Kennzahlen vor<sup>1</sup>. Konkret fordert das KSG BW eine Szenarienentwicklung für die Jahre 2030 und 2040, mit einer flächendeckenden Darstellung der zur klimaneutralen Bedarfsdeckung geplanten Versorgungsstruktur (§ 7c Absatz 2 Satz 1 Punkt 3 KSG BW).

Diese Versorgungsstrukturen können in so genannten „Eignungsgebieten“ für Wärmenetze und dezentrale Wärmeversorgung dargestellt werden und die Entscheidungsgrundlage für anschließende Planungsschritte bilden. Darüber hinaus sind laut KSG BW mindestens fünf Maßnahmen zu benennen und zu beschreiben, mit deren Umsetzung innerhalb der ersten fünf Jahre nach der Planerstellung begonnen werden soll. Diese fünf aus dem Zielszenario abgeleiteten Maßnahmen sind Teil des Maßnahmenpaketes, das in Summe den Transformationspfad auf dem Weg zur Klimaneutralität der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 ergibt. Dieser Pfad wird in der kommunalen Wärmewendestrategie beschrieben.

Damit die im kommunalen Wärmeplan zu erarbeitenden Szenarien und Maßnahmen auf einer belastbaren Grundlage ruhen, stellt das Land Baden-Württemberg allen Fachplanerinnen und Fachplanern kommunaler Wärmepläne einen Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung bereit.

Neben einer soliden technisch-wirtschaftlichen Entscheidungsgrundlage für einen einzelnen kommunalen Wärmeplan, werden damit Grundlagen für die Fortschreibung des Plans sowie ein hohes Maß an Vergleichbarkeit mit den kommunalen Wärmeplänen benachbarter Kommunen, im Landkreis, der Region bis hin zum Land geschaffen. Alle kommunalen Wärmepläne werden in einer landesweiten Datenbank erfasst, dort vom zuständigen Regierungspräsidium geprüft (§ 7d Absatz 5 KSG BW) und zukünftig vom Land für die weitere politische Steuerung der Transformation der Wärmeversorgung ausgewertet.

Der Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung orientiert sich an seinem dänischen Vorbild, dem „[Teknologikataloger](#)“, welcher von der Dänischen Energieagentur (DEA) bereitgestellt und regelmäßig überarbeitet wird. An dieses Vorbild wurde der hier vorgestellte Technikkatalog angelehnt, weiterentwickelt und an die Anforderungen der kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg angepasst.

---

<sup>1</sup> *Energiekennwerte (verpflichtend nach KSG BW, zur Lieferung an Datenbank): Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren, genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien, Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung.*

Während der dänische Technikkatalog verpflichtend zur Anwendung im Zuge der strategischen Energie- und Wärmeplanung kommt, ist der Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg ein Unterstützungsangebot des Landes für Fachplanerinnen und Fachplaner. Weicht eine Planerin oder ein Planer mit Annahmen von den Vorschlägen des Technikkatalogs ab, sollten diese jedoch gegenüber der Kommune begründet werden.

In seiner ersten Version ist der Katalog auf wesentliche, marktfähige Technologien der zentralen und dezentralen Wärmeerzeugung, Speicherung und Verteilung von Wärme fokussiert.

Im dänischen Technikkatalog werden zudem sozioökonomische Vergleiche von Handlungsalternativen vorgenommen. Auch wenn sich ein gesteigerter Mehrwert eines kommunalen Wärmeplans in einem solchen Vergleich ergeben kann, fokussiert Version 1.0 des Technikkatalogs bewusst auf die Planerstellung im Sinne des KSG BW und die darin definierten Anforderungen an einen kommunalen Wärmeplan. Aus diesem Grund werden hier Ansätze zur Berücksichtigung von zum Beispiel weiteren Klimaschäden über die Bepreisung von CO<sub>2</sub> hinaus, qualitative Einordnungen verschiedener Technologien oder alternative Ansätze zur Entscheidungsfindung, wie zum Beispiel Knappheitsbeschränkungen oder Preisrisiken, nicht weiter betrachtet.

Der Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung richtet sich vor allem an verantwortliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der kommunalen Fachabteilungen, externe Dienstleistungsunternehmen, die im Auftrag der Kommune den kommunalen Wärmeplan erstellen sowie Entscheidungsträgerinnen und -träger im Prozess der kommunalen Wärmeplanung.

Neben dem [Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung](#) soll der Technikkatalog helfen, eine gute Planungspraxis der kommunalen Wärmeplanung im Land zu etablieren.

[Die KEA-BW stellt den Technikkatalog auf ihrer Website zum Download bereit.](#)

### 3 Einführung in den Technikkatalog

Um Szenarien und Maßnahmen im Zuge der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans aufstellen zu können, ziehen Fachplanerinnen und Fachplaner kommunaler Wärmepläne verschiedene technische Grundlagen heran. Ein naheliegendes Beispiel solcher zentralen Planungsgrundlagen ist die Treibhausgasbilanzierung bei der Erstellung von Klimaschutzkonzepten oder der Energieleitplanung. Die ausgestoßenen Mengen an Treibhausgasen im Wärmebereich werden anhand der Beheizungsstruktur, der eingesetzten Energieträger, ihres Verbrauchs und der jeweils zugehörigen Emissionsfaktoren für die verschiedenen Sektoren (private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung, Industrie, Kommune) ermittelt. Diese Emissionsfaktoren sind entweder Mittelwerte aus gleichartigen Anlagen, oder Ansätze, die individuelle Gegebenheiten berücksichtigen, wie zum Beispiel regional erzeugtes Biogas. Entsprechende Daten finden sich in der wissenschaftlichen Literatur (siehe Tabelle 1.1 CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, nach GEMIS) und werden dort auch diskutiert.

Diese methodische Herangehensweise lässt sich auf weitere Grundlagen im Zuge der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans übertragen und unterstreicht die Motivation zur Schaffung von gemeinschaftlichen Planungsgrundlagen für die kommunale Wärmeplanung. Im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung werden

- CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für die Strom- und Wärmeerzeugung aus verschiedenen Prozessen,
- Annahmen zur Preisentwicklung verschiedener Energieträger und CO<sub>2</sub>,
- Technologien zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Wärme und
- Angaben zu Endenergieverbräuchen von Gebäuden nach Altersklassen

bereitgehalten. Sie sollen maßgeblich bei der Ausweisung von Eignungsgebieten, bei der Analyse von Wärmenetzverteilkosten oder Wärmevolllkosten, bei der Erstellung und Bilanzierung des Zielszenarios und für die Maßnahmenbeschreibungen in der kommunalen Wärmewendestrategie zur Anwendung kommen.

Die hier zusammengetragenen Kennwerte und Annahmen sind als Näherungen zum Vergleich verschiedener Versorgungssysteme für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans zu sehen. Sie erlauben weder eine Projekt- oder Planungsvorbereitung für konkrete Projekte im Sinne der Allgemeinen Honorarordnung oder der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, noch ersetzen sie gültige Normen, gesetzliche Anforderungen oder Richtlinien. An Stellen, an denen der Einsatz dieser bestehenden Planungsgrundlagen nötig ist, wurden sie im Tabellenwerk referenziert.

## 4 Anwendungsfelder des Technikkatalogs

Grundsätzlich stellt der [Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung](#) des Umweltministeriums allen Fachplanerinnen und -planern einen standardisierten Lösungsweg zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans vor. Die Anwendung der dort schrittweise beschriebenen Methodik erlaubt eine systematische Erarbeitung der Anforderungen an die Erstellung und Fortschreibung eines kommunalen Wärmeplans nach dem KSG BW (siehe auch das dazugehörige [Muster-Leistungsverzeichnis](#) der KEA-BW).

Die im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung zusammengetragenen Daten ersetzen die im Handlungsleitfaden genannten „Technikkennzahlen“ in den Fußnoten und beinhalten weitere Planungsgrundlagen für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans. Die Daten aus dem Technikkatalog können in folgenden Bereichen zur Anwendung kommen:

### **Emissionsfaktoren CO<sub>2</sub>**

- Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz für das Basisjahr nach Sektoren und Energieträgern
- Energie- und Treibhausgasbilanz im Zielszenario 2040 und Zwischenschritt 2030
- Energie- und Treibhausgasbilanzen von Einzelmaßnahmen in der kommunalen Wärmewendestrategie (Maßnahmenbeschreibungen), CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale
- Monitoring Zielerreichung, Fortschreibung

### **Preisentwicklungen für Energieträger und CO<sub>2</sub>**

- Ausweisung von Eignungsgebieten (Zonierung) für Wärmenetze und Einzelheizungen anhand von Fernwärmeverteiler- oder Wärmevollkosten
- Maßnahmenbeschreibung in der kommunalen Wärmewendestrategie (Abschätzung Investitionskosten)

### **Technologiedaten**

- Ausweisung von Eignungsgebieten (Zonierung) für Wärmenetze und Einzelheizungen anhand von Fernwärmeverteiler- oder Wärmevollkosten
- Maßnahmenbeschreibung in der kommunalen Wärmewendestrategie (Abschätzung Investitionskosten)

### **Angaben zu Gebäuden (Endenergieverbrauch)**

- Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz im Zuge der Potenzialanalyse
- Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs von Gebäuden
- Identifizierung von möglichen Sanierungsgebieten

In Version 1.0 des Technikkatalogs zur kommunalen Wärmeplanung befinden sich an gewissen Stellen noch Lücken in der Datengrundlage, oder die Stichprobengröße ist noch gering. Mit zukünftigen Revisionen sollen auch diese nachgebessert werden.

## **4.1 EMISSIONSFAKTOREN CO<sub>2</sub>**

Für die Energie- und Treibhausgasbilanzierung im Zuge der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans (siehe Kapitel 3.2 Handlungsleitfaden), müssen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren zugrunde gelegt werden. Die Bilanzierung muss für das Basisjahr, für das Jahr 2030 als Zwischenschritt und für das Zielszenario im Jahr 2040 erstellt werden. Da sich die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren mit den weiteren energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den kommenden Jahrzehnten ändern werden, bieten die Einträge für die Wärme- und Stromerzeugung im Technikkatalog eine Orientierung.

Zusätzlich können Einzelmaßnahmen in der Erarbeitung der kommunalen Wärmewendestrategie bilanziert und zum Beispiel anhand ihres CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials für die Strategie priorisiert werden. Im Folgenden werden im Prozess der kommunalen Wärmeplanung Maßnahmen gemonitored und die Strategie in der Fortschreibung des Wärmeplans iterativ angepasst. Dieser Prozess ist ausführlich im Handlungsleitfaden Kapitel 3.4 beschrieben.

## 4.2 PREISENTWICKLUNGEN FÜR ENERGIETRÄGER UND CO<sub>2</sub>

Das KSG BW fordert eine flächendeckende Darstellung der geplanten Versorgungsstrukturen zur klimaneutralen Bedarfsdeckung und die dazugehörenden Energiekennwerte. Damit ist die Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und Einzelheizungen, die sogenannte Zonierung, eine der Kernaufgaben der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans.

Für diese Zonierung sollte im ersten Schritt eine Betrachtung der Gebietsausweisung anhand von Fernwärmeverteilungskosten erfolgen. Alternativ wird die Zonierung anhand pauschaler Grenzwerte der Wärmebedarfs- oder Liniendichte ermittelt. Eine schrittweise Herleitung und ein Methodenvergleich der Zonierung in Eignungsgebiete für Wärmenetze und Einzelheizungen ist im Handlungsleitfaden in den Kapiteln 3.5 und 3.6 zu finden.

Um im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Versorgungskonzepte zu entwickeln, können Preisentwicklungen für Energieträger und CO<sub>2</sub> sowie spezifische Investitionskosten verschiedener Wärmeerzeugungsanlagen, Speicher und Netze verwendet werden. Auch die daraus abgeleiteten Maßnahmen können damit beschrieben und quantifiziert werden. Angaben zur Höhe von Investitionen können eine nützliche Entscheidungsgrundlage zur Maßnahmenpriorisierung bilden. Hierzu gibt der Handlungsleitfaden Empfehlungen in den Kapitel 3.5 und 4.

## 4.3 TECHNOLOGIEDATEN

Wie oben geschildert wurde, werden im Zuge der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans Eignungsgebiete für Wärmenetze und Einzelheizungen ausgewiesen. Die Verwendung von spezifischen Investitionskosten erlaubt eine Ermittlung der Eignungsgebiete anhand von Fernwärmeverteil- oder Wärmeverteilungskosten (siehe Handlungsleitfaden Kapitel 3.5 und 3.6), und von grundsätzlichen Versorgungsoptionen, unter Einbeziehung der lokal identifizierten Potenziale erneuerbarer Energien, Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung in diesen Gebieten.

Wie sich eine solche Zonierung räumlich darstellt, ist in Abbildung 1 beispielhaft gezeigt. Anhand der Fernwärmeverteilungskosten und teilgebietsabhängigen Wärmebedarfsdichten wurden Eignungsgebiete für Wärmenetze im Hektar-Maßstab, hier am Beispiel der Stadt Aalen, berechnet. Dazu wurden maßgeblich die Verteilnetzkosten aus dem Technikkatalog zugrunde gelegt. Die Wärmebedarfe wurden anhand eines Wärmeatlas ermittelt.

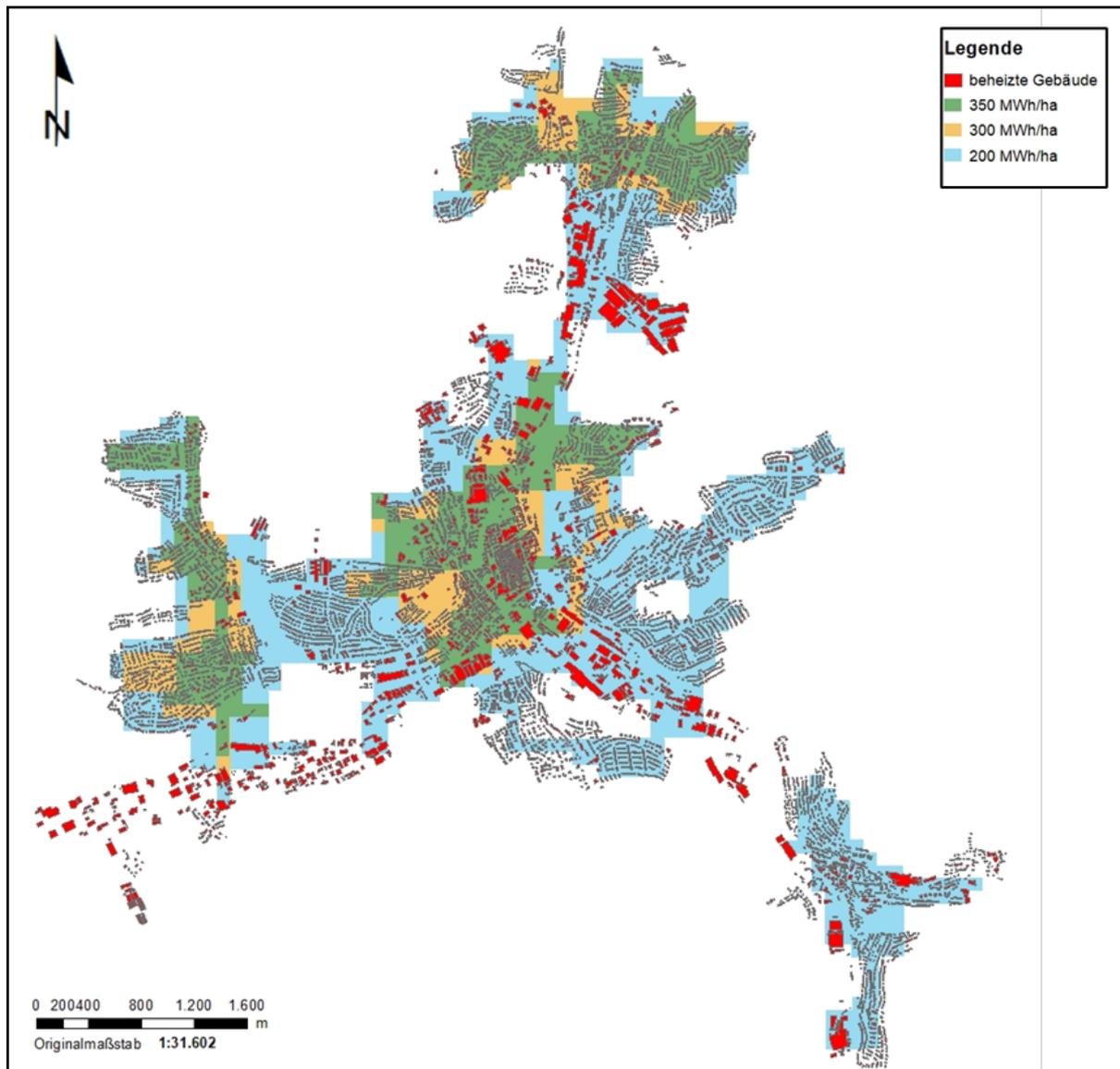


Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der anhand von Fernwärmeverteilungskosten und Wärmebedarfsdichten (Farbcodierung siehe Legende) errechneten Eignungsgebiete für Wärmenetze im Hektar-Maßstab, hier am Beispiel der Stadt Aalen. Eignungsgebiete für Einzelheizungen sind hier nicht farbig hinterlegt. Beheizte Wohn- und Nichtwohngebäude sind rot markiert. Quelle: Eigene Berechnungen im Rahmen des Forschungsprojekts ANSWER-Kommunal. Methodik: Anwendung [HotMaps Toolbox CM – District heating potential](#) (wirtschaftliche Bewertung Fernwärmepotenzial) mit Daten zu Netzbaukosten aus dem Technikkatalog.

Unter Annahme von maximal zulässigen Verteilkosten, eines Grenzwerts der Wärmebedarfsdichte oder eines Mindestbedarfs eines wärmenetzversorgten Gebiets, können weitere Parameter und deren Sensitivitäten auf die Gebietsausweisung geprüft werden, zum Beispiel Effekte der dynamischen Bedarfsentwicklung des Gebäudebestands oder Entwicklung des Anschlussgrades. Die Methodik ist näher im Handlungsleitfaden Kapitel 3.5 beschrieben.

Detaillierte Aussagen lassen sich durch die Abschätzung von Wärmevollkosten treffen (siehe Handlungsleitfaden Kapitel 3.6). Für den Kostenvergleich können unterschiedliche Versorgungsoptionen für typische Versorgungsfälle berücksichtigt werden. Dazu können die in der Kommune häufig vorkommenden Gebäudetypen und Baualtersklassen berücksichtigt werden.

Sind zum Beispiel unter anderem die örtlich vorhandenen Heizungsarten aus dem Auszug des elektronischen Kheirbuchs und die entsprechenden Wärmeverbräuche bekannt<sup>2</sup>, können die Vollkosten dieser Einzelheizungen überschlägig ermittelt werden. Anhand der örtlich unterschiedlichen Arten der Bodenbedeckung und des Untergrunds sowie der benötigten Anschlussleistung können im nächsten Schritt mögliche Längen und damit Kosten einer Wärmeleitung ermittelt werden. Die Länge einer potenziellen Wärmeleitung kann dann bis zur Kostengleichheit der Fernwärmeverteilkosten und den Vollkosten der Einzelheizung visualisiert werden. Dort, wo sich die Längen möglicher Wärmenetzanschlüsse zwischen benachbarten Gebäuden überschneiden, und sie sich gebietsweise clustern, kann sich eine netzgebundene Wärmeversorgung als tendenziell kostengünstiger als eine Versorgung über Einzelheizungen erweisen. Eine derartige Ausweisung von Eignungsgebieten von Wärmenetzen kann eine robuste Grundlage für die Ausarbeitung von leitungsgebundenen Versorgungsvarianten in der kommunalen Wärmewendestrategie bilden.

#### **4.4 ANGABEN ZU GEBÄUDEN (ENDENERGIEVERBRAUCH)**

Um die Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz (Teil der Potenzialanalyse im kommunalen Wärmeplan) und den zukünftigen Wärmebedarf zu berechnen, kann auf Richtwerte für den Wärmebedarf heute teilsanierter Gebäude differenziert nach Baualtersklassen aufgebaut werden (siehe Tabelle 6 Flächenbezogener Endenergieverbrauch<sup>3</sup>).

Dabei werden nicht die Flächen der Bauteile und deren U-Werte benötigt, sondern nur die beheizten Flächen und die Baualter oder Baualtersklassen jedes Gebäudes. Der zukünftige Wärmebedarf ergibt sich aus der beheizten Fläche einer Baualtersklasse und dem dazugehörigen angestrebten Zielwert. Zusätzlich erlauben die Zielwerte eine Validierung eigener Berechnungsergebnisse, beispielsweise aus einem 3D-Gebäudemodell unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bauteile und deren technischer Lebensdauer („Sanierung“).

Aussagen zu Potenzialen der Senkung des Wärmebedarfs und eine Prognose des zukünftig erwarteten Wärmebedarfs für unterschiedliche Baualtersklassen hin zum Zieljahr sind wichtige Berechnungsgrößen für die weitere Betrachtung in Eignungsgebieten für Wärmenetze und Einzelheizungen (siehe Handlungsleitfaden Kapitel 3.5).

---

<sup>2</sup> Das KSG BW ermächtigt alle Kommunen zum Zwecke der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans entsprechende Daten bei öffentlichen Stellen und Energieunternehmen zu erheben ([§ 7 e KSG BW](#)).

<sup>3</sup> Da die Darstellung hier mit dem Endenergieverbrauch arbeitet, muss im Anwendungsfall Wärmepumpe unter Zuhilfenahme einer entsprechenden Jahresarbeitszahl (siehe die entsprechenden Tabellen 3.7.1 ff.) der jeweilige Nutzenergiebedarf berechnet werden.

### **Exkurs: Mögliche weitere Anwendungsfelder des Technikkatalogs**

Die im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung zusammengetragenen Kennwerte und Prognosen erlauben keine unmittelbare Projekt- oder Planungsvorbereitungen für konkrete Projekte, da mindestens notwendige Angaben fehlen, oder Werte nur großskalig zum Zwecke der kommunalen Wärmeplanung ermittelt wurden. Dennoch eröffnen sich mögliche weitere Anwendungsfelder des Katalogs.

Die einzelnen Einträge für CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, Preisentwicklungen verschiedener Energieträger und CO<sub>2</sub>, Technologiedaten sowie Annahmen zu Gebäuden können dennoch zum Beispiel von Vertreterinnen und Vertretern kommunaler Fachabteilungen, Planerinnen und Planern im Auftrag der Kommunen, regionalen Energieagenturen, Energieunternehmen und Weiteren über das Anwendungsfeld kommunale Wärmeplanung hinaus als gemeinschaftliche Planungsgrundlagen genutzt werden. Mögliche weitere Anwendungsfelder des Technikkatalogs können sein:

- Klimaschutzkonzepte
- Energieleitpläne
- integrierte Quartierskonzepte, insbesondere mit Einschätzung der Wärmenetzeignung des betrachteten Gebiets
- Variantenvergleiche für unterschiedliche Versorgungssysteme
- Machbarkeitsstudien
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Wärmenetz-Transformationspläne

# 5 Aufbau und Umfang des Technikkatalogs

## 5.1 HINWEISE ZU DATENGRUNDLAGEN

Spezifische Investitionskosten für das Bezugsjahr 2020/2021 und für den Ausblick in die Jahre 2030 und 2040 (2050) wurden mithilfe anerkannter Normen und Richtwerten für die Ermittlung von technischen Daten ermittelt. Zusätzlich flossen Marktanalysen, Branchenstudien, Beispiele realisierter Projekte, Herstellerangaben und Annahmen zu Kostenentwicklungen aus Energiesystemanalysen in die Einträge ein. Dort, wo keine ausreichende Datengrundlage vorhanden war, wurden Erfahrungswerte aus dem dänischen Katalog übernommen und angepasst.

Entsprechend wurde versucht, dem technologischen Fortschritt von Anlagen Rechnung zu tragen. Die Energie- und technischen Daten wurden für verschiedene Leistungsklassen aufgestellt, und nach zentralen und dezentralen Technologien der Wärmeversorgung, Infrastrukturen (Netze) und Speichertechnologien unterschieden.

Die Einschätzung der Preisentwicklungen verschiedener Energieträger und CO<sub>2</sub> ist naturgemäß mit großen Unsicherheiten versehen. Als maßgebliche Quellen wurden hier der Projektionsbericht der Bundesregierung (UBA und BMU, 2021) und der World Energy Outlook 2020 der Internationalen Energieagentur (IEA, 2020) herangezogen.

Sie spiegeln damit den aktuellen Kenntnisstand wider, müssen aber laufend aktualisiert werden. Sie müssen selbstverständlich im Kontext (inter-) nationaler Bestrebungen und Annahmen betrachtet und regelmäßig an diese angepasst werden. Kurz- bis mittelfristige Entwicklungen, wie beim Erdgaspreis des vergangenen Jahres oder die mit aller Voraussicht weiter steigenden Kosten für Tiefbauarbeiten für den Wärmenetzbau, können im Technikkatalog im Vorhinein nur schwer abgebildet werden.

## 5.2 TABELLENUMFANG

[Version 1.0 des Technikkatalogs](#) umfasst die folgenden Einträge zu übergreifenden Themen, Anlagen und Technologien der dezentralen und zentralen Wärmeerzeugung, Infrastrukturen, Speichern und zur Effizienz von Gebäuden:

### 1. Übergreifende Themen

1.1 CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und Prozesse

1.2 Preisentwicklungen CO<sub>2</sub>, verschiedene Energieträger und Inflation:

1.2.1 Inflation

1.2.2 CO<sub>2</sub> (Non-ETS)

1.2.3 Erdgas

1.2.4 Biogas

1.2.5 Erdöl

1.2.6 Strom(-mix)

1.2.7 Biomasse (verschiedene)

1.2.8 Synthetische Brennstoffe (Power-to-Gas)

### 2. Anlagen und Technologien zentraler Wärmeerzeugung

2.1 Biomasse- Heiz(kraft)werke

2.2 Blockheizkraftwerke (BHKW, zentrale Anlagen)

2.3 Groß-Wärmepumpen Umweltwärme/Abwärme (niederkalorisch)

[...]

## 2.4 Geothermie-Anlagen:

### 2.4.1 Oberflächennahe Geothermie – Quellenerschließung

### 2.4.2 Tiefengeothermie-Anlagen

## 2.5 Solarthermie – Freiflächenanlagen

## 2.6 Direkte Abwärmenutzung (Hochtemperatur-Abwärme)

## 2.7 Spitzenlastabdeckung (Gas- und Ölkessel)

## 3. Anlagen und Technologien dezentraler Wärmeversorgung

### 3.1 Gas-Brennwertkessel

### 3.2 Heizöl-Brennwertkessel

### 3.3 Hausstationen für Wärmeübergabe aus Wärmenetzen

### 3.4 Biomassekessel – automatisch beschickt

### 3.5 Biomassekessel – manuell beschickt

### 3.6 Holzheizungen

### 3.7 Elektrische Wärmepumpen:

#### 3.7.1 Luft-Wasser-Wärmepumpen

#### 3.7.2 Luft-Luft-Wärmepumpen

#### 3.7.3 Sole-Wasser-Wärmepumpen

#### 3.7.4 Wasser-Wasser-Wärmepumpen

3.8 Blockheizkraftwerke (BHKW, dezentrale Anlagen)

3.9 Dach-Solarthermie-Anlagen

3.10 Stromdirektheizungen

3.1 Dach-PV-Anlagen (Stromheizung und/oder Warmwasserbereitung)

4. Infrastrukturen der Energieverteilung (Wärme- und Gasnetze)

4.1 Wärmenetze konventionell

4.2 Wärmenetze Niedertemperatur

4.3 Kalte Nahwärmenetze

4.4 Gasnetze und Biogasleitungen (Transportleitungen zu BHKWs)

5. Speichertechnologien für die Wärmeversorgung

5.1 Pufferspeicher (Stunden-, Tagesspeicher)

5.2 Saisonalspeicher

6. Angaben zu Gebäuden

6.1 Flächenbezogener Endenergiebedarf von Gebäuden (nach Baualterklassen, für den Ist-Zustand im Referenzjahr, Zieljahr 2050)

### 5.3 HINWEISE ZUM TABELLENAUFBAU

Jede Spalte einer Tabelle im Technikkatalog zu Erzeugung, Speicherung oder Verteilung von Wärme zeigt einen anlagentypischen Mittelwert für je eine thermische Leistung. Für eine jede Leistungsklasse wird einheitlich eine Unter- und Obergrenze des Intervalls innerhalb einer Leistungsklasse aufgeführt (siehe Abbildung 2). Durch Interpolation zwischen diesen Werten innerhalb einer Leistungsklasse können dazwischenliegende Anlagenleistungen von der Anwenderin

oder vom Anwender des Technikkatalogs selbst bestimmt werden, falls dies der Anwendungsfall erfordert. Ein Tabellenblatt umfasst dabei mehrere nebeneinanderstehende Einzeltabellen für die verschiedenen Leistungsklassen.

Energie-/Technische Daten und Kosten für eine Anlagenleistung

Weitere Leistungsklassen [...]

**PRO LEISTUNGSKLASSE:**

- Energie-/Technische Daten z.B.:
  - Jahresarbeitszahl
  - Wirkungsgrad
  - Lebensdauer
- Kosten nach Jahr

2020

2030

2050

  - Spezifische Investitionskosten (Netzbaukosten)
  - Ggf. Erschließungskosten
  - Wärmequelle
  - Jährliche Fixkosten
  - Variable Kosten

| Technologie                             | Jahr | Einheit            | Elektr. Wärmepumpe Sole - Wasser |      | Anmerkungen | Referenzen |
|---|------|--------------------|----------------------------------|------|-------------|------------|
| Leistungsklasse                         |      |                    | 6 bis 9 kW                       |      |             |            |
| <b>Energie-/Technische Daten</b>        |      |                    |                                  |      |             |            |
| Anlagenleistung für die Wärmeerzeugung  | --   | kw                 | 6                                | 9    |             |            |
| Jahresarbeitszahl (JAZ), Flächenheizung | 2020 |                    | 4,1                              | 4,1  | F, L        | 1,2        |
| Jahresarbeitszahl (JAZ), Heizkörper     | 2020 |                    | 3,5                              | 3,5  | H, I, L     | 1,2        |
| Jahresarbeitszahl (JAZ), Flächenheizung | 2030 |                    | 4,5                              | 4,5  | I, L        | 6          |
| Jahresarbeitszahl (JAZ), Heizkörper     | 2030 |                    | 3,9                              | 3,9  | H, I, L     | 6          |
| Jahresarbeitszahl (JAZ), Flächenheizung | 2050 |                    | 5,3                              | 5,3  | I, L        | 6          |
| Jahresarbeitszahl (JAZ), Heizkörper     | 2050 |                    | 4,6                              | 4,6  | H, I, L     | 6          |
| Hilfsenergiebedarf                      | --   | %                  |                                  |      |             |            |
| Lebensdauer                             | --   | Jahre              | 20                               | 20   | J           | 7          |
| <b>Kosten</b>                           |      |                    |                                  |      |             |            |
| <b>G</b>                                |      |                    |                                  |      |             |            |
| Spezifische Investitionskosten          | 2020 | € [2020] / kW      | 1494                             | 1201 | D,K         |            |
| davon Anlagekosten (%)                  | 2020 | %                  | 85                               | 85   |             |            |
| davon Installationskosten (%)           | 2020 | %                  | 15                               | 15   | B           |            |
| Erschließungskosten Wärmequelle         | 2020 | € [2020]           |                                  |      | G           |            |
| jährliche Fixkosten O&M                 | 2020 | € [2020] / kW_th/a | 22                               | 18   | C           | 3          |
| Variable Kosten O&M                     | 2020 | € [2020] / MWh     |                                  |      |             |            |
| Spezifische Investitionskosten          | 2030 | € [2020] / kW      | 1344                             | 1081 | D,K         | 6          |
| davon Anlagekosten (%)                  | 2030 | %                  | 85                               | 85   |             |            |
| davon Installationskosten (%)           | 2030 | %                  | 15                               | 15   | B           |            |
| Erschließungskosten Wärmequelle         | 2030 | € [2020]           |                                  |      | G           |            |
| jährliche Fixkosten O&M                 | 2030 | € [2020] / kW_th/a | 20                               | 16   | C           | 3          |
| Variable Kosten O&M                     | 2030 | € [2020] / MWh     |                                  |      |             |            |
| Spezifische Investitionskosten          | 2050 | € [2020] / kW      | 1046                             | 841  | D,K         | 6          |
| davon Anlagekosten (%)                  | 2050 | %                  | 85                               | 85   |             |            |
| davon Installationskosten (%)           | 2050 | %                  | 15                               | 15   | B           |            |
| Erschließungskosten Wärmequelle         | 2050 | € [2020]           |                                  |      | G           |            |
| jährliche Fixkosten O&M                 | 2050 | € [2020] / kW_th/a | 16                               | 13   | C           | 3          |
| Variable Kosten O&M                     | 2050 | € [2020] / MWh     |                                  |      |             |            |

- Anmerkungen + Referenzen → Anmerkungen
  - A Nach Definition der BAFA [...]
  - B Angenommen für typische Installationskosten [...]
  - C Nach VDI 2067-1 [...]
- Referenzen
  - 1 Günther et al., 2013 [...]
  - 2 Fraunhofer ISE (2020) [...]
  - 5 VDI 2067 [...]

Abbildung 2: Beispieleintrag im Technikkatalog zu Energie- und technischen Daten, spezifischen Kosten (jeweils gegliedert nach Jahren 2020, 2030, 2050) mit Anmerkungen zu Berechnungsgrundlagen oder Annahmen sowie Referenzen (gekürzt dargestellt). Als Beispiel hier: Tabelle 3.7.3 dezentrale Wärmeversorgung mit Sole-Wasser-Wärmepumpe der Leistungsklasse 6 bis 9 kW.

Die Einträge in einer jeden Tabelle umfassen Daten zum Beispiel zum Wirkungsgrad, zur Jahresarbeitszahl, zur technischen Lebensdauer und außerdem Kostenangaben wie spezifische Investitionskosten, Anteil von Anlagen- und Installationskosten an der Gesamtinvestition sowie Anmerkungen zu Berechnungsgrundlagen, Annahmen und Referenzen. Angaben für spezifische Kosten richten sich nach dem Bezugsjahr 2020 und den Prognosen für die Jahre 2030 und 2050, die in Preisen zum Jahr 2020 angegeben werden. Demnach müssen Effekte einer Preissteigerung für die Diskontierung der Investitionskosten selbstständig ermittelt werden (siehe dazu Tabelle 1.2 Preisentwicklungen: Inflation).

Emissionsfaktoren für die jeweiligen Energieträger und Prozesse der Strom- und Wärmeerzeugung sind in Tabelle 1.1 CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren zusammengefasst. Sie beinhalten Äquivalente und Vorketten. Dies erlaubt es, nötige Anpassungen auch bei den Emissionsfaktoren, zum Beispiel bei der Änderung von Annahmen für die Entwicklung des Strommix oder von synthetischen Brennstoffen, schnell umzusetzen und auf alle Anwendungsfälle anzuwenden.

Die Einträge für große Erzeugungsanlagen im Maßstab mehrerer hundert Kilowatt bis in den dreistelligen Megawatt-Bereich folgen prinzipiell dem vertikalen Aufbau der kleineren Anlagen. Bei diesen zentralen Anlagen wurde aufgrund des unterschiedlichen Umfangs der Anlagenleistungen eine alternative Darstellung gewählt. Die Leistungsklassen konnten hierzu nur stichprobenartig ermittelt werden.

Für einzelne Technologien wurden die Tabellenstruktur und die enthaltenen Angaben angepasst. So sind für Hausübergabestationen ausgewählte, typische Anschlussleistungen aufgeführt. Angaben für Puffer- bis Saisonspeicher umfassen neben den spezifischen Investitionskosten zusätzlich Angaben zu Volumen, Temperaturdifferenz, Speicherkapazität und Wärmeverlusten.

In den Tabellen zur Netzinfrastruktur werden neben den spezifischen Kosten zusätzlich relevante Angaben zu Wärmeverlusten, technischer Lebensdauer und Hilfsenergiebedarf hinterlegt. Für Wärmenetze wurden Leistungen für entsprechende Rohrdurchmesser anhand von hydraulischen Annahmen pauschal ermittelt (siehe Erläuterungen in den entsprechenden Tabellen) und die spezifischen Investitionskosten dargestellt. Dies erscheint zum Zwecke der kommunalen Wärmeplanung zielführender als eine klassische Angabe von Rohrdurchmessern allein.

Um die Kosten für ein Wärmenetz abschätzen zu können, müssen die spezifischen Investitionskosten für den Netzbau (Materialkosten) auf die Kosten für den Tiefbau addiert werden. Da letztere abhängig vom Untergrund und der Art der Bodenversiegelung sind, sind in den entsprechenden Tabellen für Wärmenetze verschiedene Anwendungsfälle aufgeführt. Als Vereinfachung werden versiegelte Flächen im urbanen Bereich, teilversiegelte Flächen und unversiegelte Flächen im ländlichen Bereich definiert.

Diese spezifischen Kosten sollten mit den lokalen Erfahrungswerten des für den Tiefbau zuständigen Fachbereichs sowie der Netzbetreiber abgeglichen werden, sofern Informationen dazu vorliegen.

Für den Sonderfall kalte Nahwärme, die perspektivisch und damit im Zuge der kommunalen Wärmeplanung auch in Bestandsquartieren Anwendung finden wird, sind auch hier Kosten für den Tiefbau (Grabenbau) zu berücksichtigen. Werden, wie bei kalte Nahwärmenetzen in Neubaugebieten heute üblich, Wärmenetzrohre nicht eigens, sondern im Zuge von weiteren Tiefbaumaßnahmen mitverlegt, ergibt sich eine drastische Kostenreduzierung für den Netzbau.

# Danksagung

Die Erstellung des Technikkatalogs zur kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg wurde durch eine zweiteilige Beteiligungsphase mit wissenschaftlichen Institutionen, Dienstleistungsunternehmen im Bereich kommunale Wärmeplanung und Verbänden, Kammern sowie Energieversorgern begleitet. Die unten genannten Institutionen haben sich dabei in den Prozess der Erstellung des Technikkatalogs in seiner Version 1.0 konstruktiv eingebracht:

AUTENSYS, Karlsruhe

bnNETZE, Freiburg i. Br.

BUND Landesverband Baden-Württemberg, Stuttgart

Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V., Berlin

Dänische Energieagentur, Kopenhagen, Dänemark

Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW), Frankfurt a. M.

Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin

Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V., Berlin

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Vernetzte Energiesysteme, Stuttgart

ebök Planung und Entwicklung GmbH, Tübingen

EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Karlsruhe

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg

GEF Ingenieur AG, Leimen

HIC Hamburg Institut Consulting GmbH, Hamburg

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Rottenburg a. N.

Hochschule Reutlingen, Reutlingen Research Institute, Reutlingen

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg

Lagom.Energy, Duisburg

Öko Institut e. V., Freiburg i. Br.

RBS wave, Stuttgart

Umwelttechnik BW GmbH, Stuttgart

Verband für Energie- und Wasserwirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dieser Institutionen sei hier herzlich für ihre Unterstützung bei der Erstellung des Technikkatalogs gedankt.

## Quellenangaben

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021: *Handlungsleitfaden: Kommunale Wärmeplanung*. [Download](#)

IEA - International Energy Agency, 2020: *World Energy Outlook 2020*. International Energy Agency. Paris, 2020. [Link](#)

Dänische Energy Agentur (DEA), 2021: *Technology Data*. [Link](#)

Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021: *Projektionsbericht der Bundesregierung 2021*. [Link](#)

Wissensportal Kommunale Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Wärmewende der KEA-BW. [Link](#)

*Die Referenzen, Annahmen und Berechnungsmethoden der jeweiligen Einträge im Technik-katalog sind in den entsprechenden Tabellen am unteren Tabellenrand detailliert aufgeführt. Auf deren Nennung wird an dieser Stelle verzichtet.*

## **Impressum**

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

Tel.: 0711 126-0

Fax: 0711 126-2881

Internet: [www.um.baden-wuerttemberg.de](http://www.um.baden-wuerttemberg.de)

E-Mail: [poststelle@um.bwl.de](mailto:poststelle@um.bwl.de)

## **Redaktion**

Dr. Max Peters

KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

Fabian Nagel

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

## **Gestaltung**

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg