



Kommunale Wärmeplanung

 Handlungsleitfaden

Kommunale Wärmeplanung

Handlungsleitfaden

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

Dr. Max Peters, Thomas Steidle, Helmut Böhnisch

Um zu gewährleisten, dass vorhandene Praxiserfahrungen aus Kommunen und Planungsbüros in diesen Leitfaden einfließen, wurde die Erstellung dieses Leitfadens durch einen Arbeitsprozess mit mehreren Workshops begleitet. Daran beteiligten sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter folgender Kommunen und Unternehmen:

Stadt Bruchsal,
Stadt Baden-Baden,
Stadt Freiburg im Breisgau,
Umwelt-und Energieagentur Kreis Karlsruhe,
Steinbeis-Transferzentrum EGS,
GEF Ingenieur AG

Stuttgart, Dezember 2020

Impressum

HERAUSGEBER

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart
www.um.baden-wuerttemberg.de

REDAKTION

Dr. Max Peters
KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

Fabian Nagel & Tilo Kurtz
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

GESTALTUNG

Layoutlounge – Brandmair & Bausch GbR, Filderstadt

DRUCK

Druckerei Seybold, 71334 Waiblingen
Der Druck ist CO₂-kompensiert, gedruckt auf 100 Prozent
Recyclingpapier, zertifiziert mit dem Blauen Engel.



BILDNACHWEIS

Titelbild: stock.adobe.com / Maimento

AUFLAGE

400 Stück

Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren Oberbürgermeisterinnen und Oberbürgermeister, sehr geehrte Damen und Herren,

mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg gehen wir den nächsten Schritt, unser Klima konsequent zu schützen und Baden-Württemberg klimaneutral zu gestalten. Auch wenn wir in einzelnen Bereichen schon große Fortschritte erreicht haben, sind wir noch lange nicht am Ziel. Neben dem Verkehrssektor besteht insbesondere bei der Wärmewende großer Handlungsbedarf.

Hier müssen zwei Dinge gleichzeitig geschehen. Zum einen muss der Wärmebedarf der Gebäude im Land drastisch reduziert werden. Zum anderen muss dafür Sorge getragen

werden, dass der verbleibende Wärmebedarf auf klimaneutrale Weise gedeckt werden kann. Diesen Transformationsprozess auf der Ebene der Kommunen zu steuern, ist Gegenstand der kommunalen Wärmeplanung.

Diese komplexe Aufgabe kann nur mit planvollem Vorgehen erfolgreich gelöst werden. Die Städte und Gemeinden sind zentraler Akteur dieses Prozesses. Es gilt aber auch, eine Vielzahl verschiedener Akteure in diesen Transformationsprozess zu integrieren. Denn wichtige Entscheidungen werden nicht nur von den Kommunen, sondern beispielsweise auch von den Bürgerinnen und Bürgern oder auch von großen überregionalen Versorgungsunternehmen getroffen, die ihre Gebäude ertüchtigen, ihre Heizsysteme erneuern oder Wärmenetze betreiben und mit erneuerbaren Energien speisen wollen.

Damit am Ende ein klimaneutrales und zugleich wirtschaftliches Wärmeversorgungssystem entsteht, bedarf es einer strategischen Herangehensweise. Ich bin überzeugt, dass die Kommunen der richtige Akteur sind, diesen Strategieprozess vor Ort zu koordinieren und sinnvoll zu gestalten. Dies gilt vor allem für die Nutzung verschiedener Quellen erneuerbarer Energie und Abwärme, die häufig nur durch den vor Ort zu prüfenden Aus- und Neubau von Wärmenetzen gelingen kann.

Die Wärmeplanung ist mehr als die Erstellung eines einzelnen Wärmeplans. Sie begleitet den Transformationsprozess der nächsten zwei bis drei Jahrzehnte und sollte bei allen städtebaulichen Planungen und Entwicklungen berücksichtigt und immer wieder der veränderten Lage angepasst werden. Und dabei ist unverzügliches Handeln angebracht, da sowohl die zentrale als auch die dezentrale Wärmeversorgung von langen Investitionszyklen geprägt sind. Fehlplanungen von heute können ein langfristiges Hemmnis für notwendige Veränderungen darstellen.

Die Transformation der Wärmeversorgung zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung und die kommunale Wärmeplanung als strategischer Steuerungsprozess sind von herausragender Bedeutung für das Gelingen des Klimaschutzes. Wir brauchen dafür die tatkräftige Unterstützung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Kommunen, wir benötigen aber auch das Engagement aller Unternehmen und natürlich aller Bürgerinnen und Bürger in Baden-Württemberg.

Mit der Regelung der kommunalen Wärmeplanung als strategischen Planungs- und Transformationsprozess betreten wir gemeinsam Neuland. Um dabei Orientierung zu bieten, soll dieser Leitfaden den an der Wärmeplanung beteiligten Akteurinnen und Akteuren als Hilfestellung und Informationsquelle dienen.

Darüber hinaus steht das Kompetenzzentrum Wärmewende der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH für alle Fragen rund um das Thema Wärmeplanung und Wärmewende zur Verfügung, damit Sie dieses Instrument in den Kommunen möglichst erfolgreich mit Leben füllen. In naher Zukunft werden weitere Informationen und Hilfsdokumente veröffentlicht und der Aufbau eines Netzwerks regionaler Beratungsstellen für die Wärmewende erfolgen. Dieser Leitfaden richtet sich sowohl an die durch das Klimaschutzgesetz zur Erstellung eines Wärmeplans verpflichteten Stadtkreise und Großen Kreisstädte als auch an alle übrigen Städte und Gemeinden, die wir demnächst durch ein Förderprogramm zur Wahrnehmung dieser Aufgabe ermuntern wollen.

Ich hoffe, dass wir Sie durch diese Maßnahmen bei Ihrer wichtigen Aufgabe unterstützen können und bedanke mich schon jetzt für Ihre Unterstützung im Kampf gegen den Klimawandel.



Franz Untersteller MdL
Minister für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft des Landes
Baden-Württemberg

Die kommunale Wärmeplanung in Kürze

🦋 Die Wärmewende erfordert zunächst eine drastische Reduzierung des Wärmebedarfs unserer Gebäude. Doch es ist offensichtlich, dass auch künftig noch erhebliche Mengen Energie für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme eingesetzt werden müssen. Diese müssen wir nach und nach möglichst vollständig aus unterschiedlichen Quellen erneuerbarer Energien und Abwärme decken, um den Gebäudebestand klimaneutral zu machen. Da Wärme nicht so leicht transportierbar ist wie Strom, muss dieser Transformationsprozess unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort gestaltet werden. Dabei kommt den Kommunen eine zentrale Rolle zu, die sie mit dem Prozess der Wärmeplanung erfüllen. Jede Kommune entwickelt im kommunalen Wärmeplan ihren Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung, der die jeweilige Situation vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Ein solcher Plan ist immer in Prozesse eingebettet: Er dient als strategische Grundlage, um konkrete Entwicklungswege zu finden und die Kommune in puncto Wärmeversorgung zukunftsfähig zu machen. Dabei wird er auch zu einem wichtigen Werkzeug für eine nachhaltige Stadtentwicklung.

Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes gibt das Land Baden-Württemberg allen Gemeinden die Chance, einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen und fortzuschreiben. Die großen Kreis-

städte müssen bis zum 31. Dezember 2023 einen Wärmeplan vorlegen. Mit der Wärmeplanung macht sich die Gemeinde die Wärmeversorgung als Aufgabe der kommunalen Daseinsvorsorge zu Eigen. Die kommunale Entscheidungsebene und die Verwaltung entwerfen einen strategischen Fahrplan, der ihrer Arbeit in den kommenden Jahrzehnten Orientierung verleiht.

Ein kommunaler Wärmeplan umfasst 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 und Abwärmepotenziale.

3. Aufstellung Zielszenario

Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2050 mit einem Zwischenziel für 2030. Dies gelingt durch die Ermittlung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und Einzelversorgung.

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 Bedarf 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 und den Ausführenden als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung. Während des gesamten Prozesses gilt es, die Inhalte anderer Vorhaben der Kommune, etwa die der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen.



Bild: KEA-BW

Inhalt

Vorwort Minister Franz Untersteller	4
Die kommunale Wärmeplanung in Kürze	6
1 Einführung in den Leitfaden	10
1.1 Bedeutung der kommunalen Wärmeplanung in der Wärmewende	12
1.2 Zielgruppen des Leitfadens	13
1.3 Unterstützungsangebote	13
2 Hintergründe der kommunalen Wärmeplanung	14
2.1 Ausgangssituation und Zielsetzung	14
2.2 Dreiklang der Wärmeplanung	16
2.2.1 Effizienz auf der Nachfrageseite	16
2.2.2 Wärmeversorgung mit Wärmenetzen	17
2.2.3 Wärmeversorgung mit Einzelheizungen	18
3 Inhalte des kommunalen Wärmeplans	20
3.1 Übersicht über den Prozess der Planerstellung	20
3.2 Bestandsanalyse Wärmebedarf und Versorgungsstruktur	28
3.2.1 Gemeindestruktur	28
3.2.2 Energie- und Treibhausgasbilanz	30
3.2.3 Räumlich aufgelöster Wärmebedarf	32
3.3 Potenzialanalyse erneuerbare Energien und Abwärme	36
3.3.1 Überblick über die Potenzialerhebung	36
3.3.2 Potenziale erneuerbarer Energien für den Wärmesektor	39
3.3.3 Erhebung der lokalen Abwärmepotenziale	44
3.3.4 Potenzialanalyse Strom aus erneuerbaren Energien für Wärmeanwendungen	47
3.3.5 Räumliche Darstellung der Potenziale	48
3.4 Entwicklung von Verbrauchs- und Versorgungsszenarien	49
3.4.1 Kommunale Klimaschutzziele: Klimaneutralität 2050	49
3.4.2 Zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs und der Nutzung erneuerbarer Energien	50
3.4.3 Zukünftige Entwicklung des Strombedarfs in der Kommune	55

3.5 Ausweisung von Eignungsgebieten für die zukünftige Wärmeversorgung	56
3.5.1 Schritt 1: Festlegung des Untersuchungsgebietes	56
3.5.2 Zwischenschritt: Erster Überblick über den Wärmenetz-Anteil in einer Kommune	57
3.5.3 Schritt 2: Analyse der Häufigkeiten der Wärmedichten	58
3.5.4 Schritt 3: Zonierung in Eignungsgebiete für dezentrale Einzelversorgung und Wärmenetze	59
3.5.5 Schritt 4: Formulierung und Dokumentation des kommunalen Wärmeplans	69
3.6 Analyse von Wärmekosten	72
4 Ausarbeitung der kommunalen Wärmewendestrategie	74
4.1 Übersicht über die Vorgehensweise	74
4.2 Zukünftige Entwicklung der Gasnetze in der Kommune	75
4.3 Wärmeversorgung mit dezentraler Einzelversorgung	76
4.4 Wärmebereitstellung für Wärmenetze	78
4.5 Priorisierung der Maßnahmen	81
4.6 Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans und relevanter Kennwerte	83
5 Integration des kommunalen Wärmeplans in die Stadtentwicklung –	
Die kommunale Wärmeplanung	84
5.1 Akteure der kommunalen Wärmeplanung	85
5.2 Übergeordnete Aufgaben bei der kommunalen Wärmeplanung	86
5.3 Prozessorganisation der Wärmeplanung in der kommunalen Verwaltung	87
5.3.1 Monitoring und Reporting	88
5.3.2 Reviewing	88
5.4 Berücksichtigung des Wärmeplans bei der Stadt- und Raumplanung	89
5.5 Planerische Instrumente zur Umsetzung des Wärmeplans	91
5.5.1 Werkzeuge auf kommunaler Ebene	92
5.5.2 Werkzeuge auf Ebene der Regionalplanung	96
6 Umsetzung des kommunalen Wärmeplans	98
6.1 Wissensaufbau und Akteursbeteiligung auf kommunaler Ebene	98
6.2 Beteiligungsformate	99
Angaben zum Datenschutz	102
Quellenverweise und weiterführendes Material	104
Anlage: Leistungsumfang kommunaler Wärmeplan	108

Einführung in den Leitfaden

 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 2050. Der große Mehrwert eines kommunalen Wärmeplans besteht darin, dass er kommunalen Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie der Verwaltung mit ihren Fachabteilungen einen strategischen Fahrplan und Handlungsmöglichkeiten für eine erfolgreiche Wärmewende für die kommenden Jahrzehnte liefert.

Die Novelle des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg (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 dieses Gesetzes ist ein strategischer Planungsprozess mit dem Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2050. Die Aufstellung eines kommunalen Wärmeplans ist Bestandteil dieses Prozesses. Die zentralen Schritte zur Erstellung des kommunalen Wärmeplans sind nach § 7c Absatz 2 KSG BW geregelt:

1. Bestandsanalyse (Kapitel 3.2)

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 (Kapitel 3.3)

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 und Abwärmepotenziale

3. Aufstellung Zielszenario (Kapitel 3.4 – 3.5)

Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung.

Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2050 mit einem Zwischenziel für 2030. Dies gelingt durch die Ermittlung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und Einzelversorgung.

4. Wärmewendestrategie (Kapitel 4)

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

Für die Entwicklung des kommunalen Wärmeplans kann der Vergleich der Wärmekosten verschiedener Versorgungsoptionen, wie Wärmenetze oder Einzelversorgung, gebiets-scharf zusätzlich wichtige Informationen liefern (Kapitel 3.6).

Informationen aus den oben genannten Schritten werden für das gesamte Gebiet der jeweiligen Gemeinde räumlich aufgelöst dargestellt.

Hierauf aufbauend werden im kommunalen Wärmeplan mögliche Handlungsstrategien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und damit einhergehend zur Reduzierung und klimaneutralen Deckung des Wärmeenergiebedarfs entwickelt. Ein kommunaler Wärmeplan ist Grundlage für die Verknüpfung der energetischen Gebäudesanierung mit einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Diese strategische Planung der Wärmeversorgung einer Kommune bildet die Grundlage für die Umsetzung.

Innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung müssen folgende Informationen, die sich auf das gesamte Gemeindegebiet beziehen, in einer vom Land bereitgestellten elektronischen Datenbank erfasst werden (§ 7d Absatz 2 KSG BW):

- der aktuelle Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren
- der für die Jahre 2030 und 2050 abgeschätzte Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren
- genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung

§

FAHRPLAN ZUR ERSTELLUNG EINES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS

Stadtkreise und Große Kreisstädte sind verpflichtet, bis zum 31. Dezember 2023 einen kommunalen Wärmeplan im Sinne von § 7c Absatz 2 KSG BW aufzustellen. Dieser ist spätestens alle sieben Jahre nach der jeweiligen Erstellung unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklungen fortzuschreiben. Auch die nicht verpflichteten Kommunen können einen kommunalen Wärmeplan im Sinne von § 7c Absatz 2 KSG BW aufstellen. Die zur Wärmeplanung verpflichteten Kommunen müssen die erforderlichen Daten innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung, spätestens bis zum 31. Dezember 2023, beim zuständigen Regierungspräsidium vorlegen. Fortschreibungen nach § 7d Absatz 1 Satz 2 KSG BW sind innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung vorzulegen. Soweit kommunale Wärmepläne bereits vor dem 24. Oktober 2020 erstellt wurden und die Anforderungen nach § 7c Absatz 2 KSG BW erfüllen, sind diese bis spätestens ein Jahr nach diesem Datum vorzulegen.

Gemäß § 7e Absatz 2 KSG BW werden Kommunen zum Zweck der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans ermächtigt, gebäudescharfe Daten bei Energieunternehmen und Bezirksschornsteinfegern zu erheben. Von dieser Datenerhebungsermächtigung können auch diejenigen Kommunen Gebrauch machen, die freiwillig kommunale Wärmepläne aufstellen. Jede Kommune muss dabei sicherstellen, dass in den veröffentlichten Wärmeplänen keine

Rückschlüsse auf Einzelpersonen oder Betriebe möglich sind. Für die Aggregation dieser Daten sind mindestens fünf Gebäude zu einer Einheit zusammenzufassen (für Details siehe Abschnitt 3.2.3 und Angaben zum Datenschutz am Textende).

Der Leistungsumfang eines kommunalen Wärmeplans ist am Ende dieses Leitfadens als Anlage aufgeführt.

1.1 BEDEUTUNG DER KOMMUNALEN

WÄRMEPLANUNG IN DER WÄRMEWENDE

Die Frage, wie wir in Zukunft unsere Häuser ohne den Einsatz fossiler Energien effizient und kostengünstig beheizen sowie Gewerbe- und Industriebetriebe mit Prozesswärme versorgen, kann nicht ausschließlich auf der Ebene des einzelnen Gebäudes oder Unternehmens beantwortet werden. Genauso wenig darf die notwendige Transformation in den Sektoren Stromversorgung, industrielle Prozesswärme und Verkehr außer Acht gelassen werden.

Die Weiterentwicklung der Wärmeversorgung und der dafür notwendigen Infrastruktur sowie die Bereitstellung der erforderlichen Flächen für die Nutzung erneuerbarer Energien und thermischer Speicher sind ohne kommunale Wärmeplanung vor Ort kaum möglich. Dabei ist es notwendig, immer das gesamte Energiesystem und Ziele sowie Planungen auf übergeordneter Ebene im Blick zu behalten.

Die kommunale Wärmeplanung muss die Grundlagen dafür liefern, vollständig auf erneuerbare Energien umzusteigen. Das gilt einerseits in Gebieten mit Wärmenetzen und andererseits dort, wo Einzelheizungen zum Einsatz kommen. Außerdem muss sie für alle Bürgerinnen und Bürger transparent aufzeigen wie der Umbau, die sogenannte Transformation der Wärmeversorgung, parallel zur Entwicklung des Wärmeverbrauchs erfolgen soll.

Die folgende Zusammenstellung von Fragen gibt einen Überblick über die Aufgaben der kommunalen Wärmeplanung auf technisch-wirtschaftlicher Ebene:

- Wo können welche Formen erneuerbarer Energien genutzt werden?
- Welche Flächen werden dafür benötigt?

- Wo können Heizzentralen aufgebaut werden?
- Wo gibt es welche Abwärmequellen, die genutzt werden können?
- Wo liegen die Quartiere, in denen Wärmenetze (aus-)gebaut werden können? Wo ist dies ökonomisch nicht sinnvoll? Welche Faktoren spielen dabei eine Rolle?
- Wie wird die Wärmeversorgung in den Quartieren gestaltet, die nicht mit einem Wärmenetz erschlossen werden?
- Wie werden zukünftig Neubaugebiete und neue Industrie- und Gewerbegebiete klimaneutral versorgt?
- Welche Zukunftsperspektive haben die unterschiedlichen Gasnetze in der Kommune?

Ein kommunaler Wärmeplan als Planungsgrundlage zeigt der Kommune Handlungsmöglichkeiten auf. Die im kommunalen Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgung sowie Einzelmaßnahmen sind nicht verpflichtender Natur. Sie dienen vielmehr als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung und müssen daher an den jeweiligen kommunalen Schnittstellen konsequente Beachtung finden.

Der Umbau der Wärmeversorgung wird viele Jahre dauern. Daher und aufgrund der langen Investitionszyklen im Gebäude- und Infrastrukturbereich müssen schon heute wegweisende Entscheidungen getroffen werden, um allen kommunalen Akteuren langfristige Orientierung zu bieten. Der Fokus aller Überlegungen und Strategien muss dabei auf das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2050 gelegt werden. Der große Mehrwert des Wärmeplans liegt also darin, dass kommunale Entscheidungsträger, die Verwaltung mit ihren Fachabteilungen, Energieunternehmen und die Bürgerschaft einen Fahrplan für die kommenden Jahrzehnte erhalten.

1.2 ZIELGRUPPEN DES LEITFADENS

Dieser Leitfaden richtet sich an alle Kommunen im Land. Das sind sowohl die durch das Klimaschutzgesetz zur Wärmeplanung verpflichteten Stadtkreise und Großen Kreisstädte als auch die Kommunen, die freiwillig kommunale Wärmepläne erarbeiten.

Angesprochen sind einerseits die politischen Entscheidungsträgerinnen und -träger in den Städten und Gemeinden, andererseits die mit der kommunalen Wärmeplanung befassten Fachabteilungen innerhalb der Verwaltungen. Kapitel 2 fasst die „Hintergründe der kommunalen Wärmeplanung“ zusammen. Kapitel 4 „Ausarbeitung kommunale Wärmewendestrategie“, Kapitel 5 „Prozessbeschreibung der kommunalen Wärmeplanung“ und Kapitel 6 „Umsetzung des kommunalen Wärmeplans“ wenden sich an die Hauptakteure der kommunalen Wärmeplanung.

Weiterhin sollen Planungsbüros, die im Auftrag der Kommunen Wärmepläne erstellen, durch den vorliegenden Handlungsleitfaden in ihrer fachlichen Arbeit unterstützt werden. Das methodische Kapitel 3 „Erstellung eines kommunalen Wärmeplans“ dient der Unterstützung der fachlichen Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans. Damit kommunale Vertreterinnen und Vertreter Einblicke in den Ablauf der Erstellung eines Wärmeplans erhalten können, sind Kurzzusammenfassungen der technischen Arbeitsschritte in Kapitel 3 vorangestellt. Als Schnittstelle zwischen Fach- und Wärmeplanung dient Kapitel 4. Eine Anlage mit dem „Leistungsumfang kommunaler Wärmeplan“ sowie „Angaben zum Datenschutz“ sind am Ende dieses Leitfadens aufgeführt.

Dieser Leitfaden soll helfen, eine gute Planungspraxis der kommunalen Wärmeplanung im Land zu etablieren. Er wird zu gegebener Zeit aktualisiert und ergänzt.

PILOTPHASE KOMMUNALE WÄRME-PLANUNG

Die Erstellung dieses Leitfadens wurde durch einen intensiven Arbeitsprozess des gemeinschaftlichen Experimentierens begleitet. Durch einen mehrmonatigen Prozess mit mehreren Arbeitsphasen konnte sichergestellt werden, dass vorhandene Praxiserfahrungen aus Kommunen mit ihren Planungsbüros in diesen Leitfaden einfließen. Unter Koordination des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft und der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg beteiligten sich die Städte Baden-Baden, Bruchsal und Freiburg im Breisgau an der Pilotphase.

1.3 UNTERSTÜTZUNGSANGEBOTE

Das Kompetenzzentrum Wärmewende der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) ist der landesweit erste Ansprechpartner für alle Kommunen, die Wärmepläne ausarbeiten. Es ist geplant, einen Erfahrungsaustausch zwischen Kommunen und Fachplanern zu organisieren und darüber hinaus fachliche Unterstützung anzubieten. Zudem werden Beratungsstellen zur Unterstützung der Kommunen verteilt auf die Regionen im Land eingerichtet.

Weiterführende Informationen:

- Gesetzestext:
www.landesrecht-bw.de
- Kompetenzzentrum
Wärmewende KEA-BW:
www.kea-bw.de/waermewende

Hintergründe der kommunalen Wärmeplanung

2.1 AUSGANGSSITUATION UND ZIELSETZUNG

Um die Klimaziele auf globaler, europäischer und nationaler Ebene sowie auf Landesebene zu erreichen, ist eine vollständige Transformation des Energiesystems erforderlich. Eine der größten Herausforderungen ist dabei, den Wärmesektor zu dekarbonisieren, also langfristig ohne fossile Energieträger auszukommen. Dieser Sektor umfasst das Heizen von Gebäu-

den, die Warmwasserbereitung, die Bereitstellung von Prozesswärme aber auch das Kühlen. Die Transformation zum klimaneutralen Gebäudebestand spätestens im Jahr 2050 muss dabei mit Blick auf die möglichen Synergien zwischen allen Sektoren durchgeführt werden.

Sehr stark vereinfacht stellt sich ein Energiesystem, das nahezu vollständig auf fossilen Energieträgern basiert, wie folgt dar (Abbildung 1):

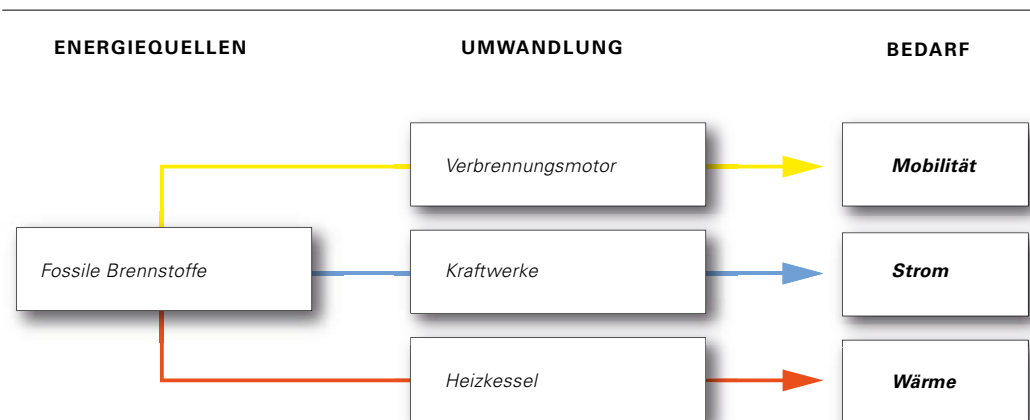


Abbildung 1: Struktur des heutigen nahezu fossilen Energiesystems für die Bedarfssektoren Wärme, Strom und Mobilität mit Untergliederung in Energiequellen, Umwandlungsarten und Bedarf.

In nahezu allen Sektoren werden Anlagen eingesetzt, in denen fossile Energieträger zum Einsatz kommen: Öl- und Gaskessel zur Gebäudeheizung, Dampfkraftwerke auf Kohle- und Gasbasis zur Stromerzeugung sowie Verbrennungskraftmaschinen in den verschiedenen Bereichen der Mobilität. Die Flexibilität des Gesamtsystems resultiert aus der Speicher-

fähigkeit und der sofortigen Verfügbarkeit der fossilen Energieträger Kohle, Öl und Erdgas.

Das vereinfachte Schema in Abbildung 1 steht heute für circa 85 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland. Nur circa 15 Prozent des Energieverbrauchs wurden 2020 durch erneuerbare Energien gedeckt.

Das transformierte Energiesystem, mit dem die Pariser Klimaziele eingehalten werden können, zeichnet sich in stark verkürzter Form dagegen durch folgende Merkmale aus (Abbildung 2):

- Der Bedarf in allen Sektoren wird reduziert.
- Es kommen 100 Prozent erneuerbare Energien zum Einsatz.
- Die Synergien zwischen den Sektoren Wärme, Elektrizität und Mobilität werden in vollem Umfang genutzt, um maximale Effizienz und niedrige Kosten in allen Teilbereichen zu erreichen.

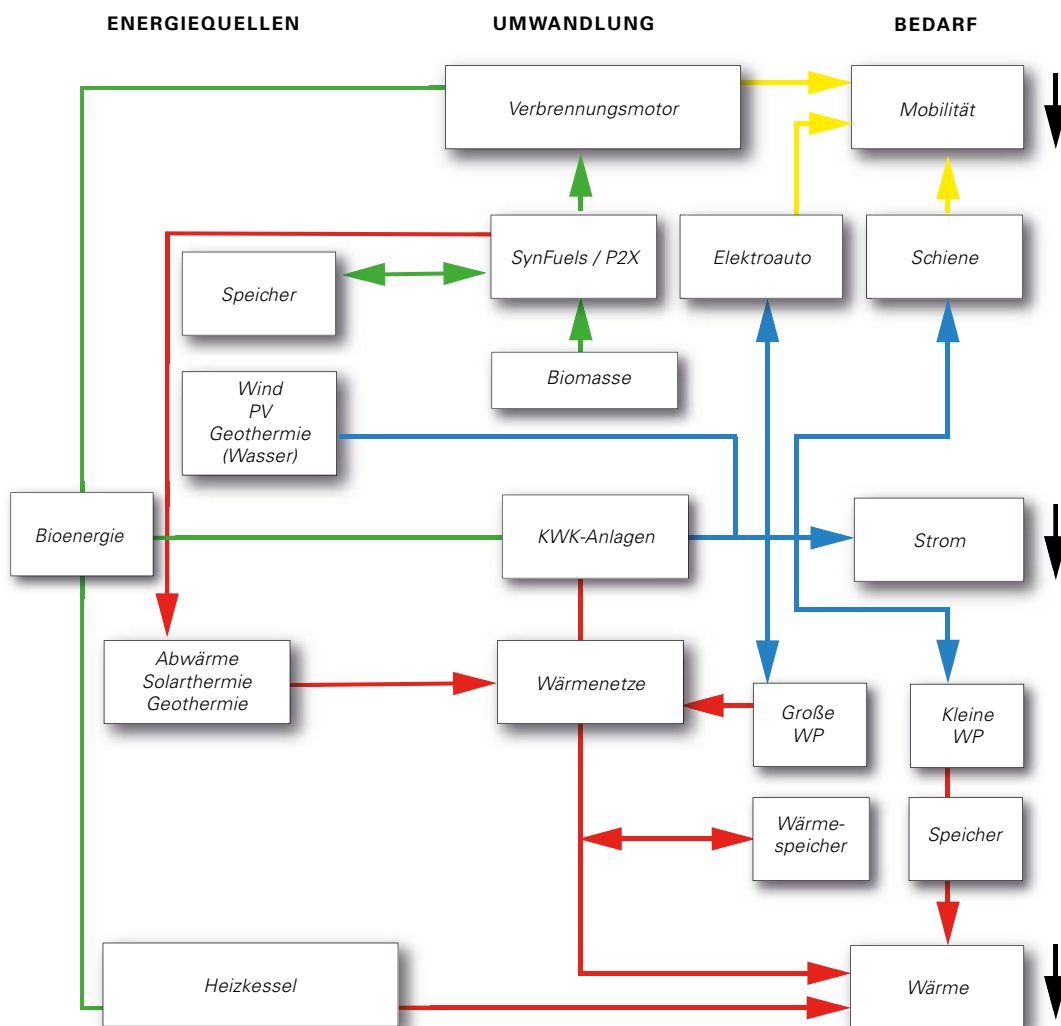


Abbildung 2: Komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien. Quelle: Grafik verändert nach Research Center 4DH, Universität Aalborg. Abkürzung WP: Wärmepumpe.

Der Vergleich des Schemas zwischen Abbildung 1 und Abbildung 2 macht den Unterschied deutlich: Das transformierte Energiesystem ist durch eine weitaus höhere Komplexität und durch eine stärkere Kopplung zwischen den Sektoren Wärme, Elektrizität und Verkehr gekennzeichnet. Daraus folgt, dass in Zukunft neben den Gestehungskosten, die Kosten für Umwandlung, Verteilung und Speicherung der

Energie stärker ins Gewicht fallen werden. Dies verdeutlicht, dass die Transformation der Wärmeversorgung nur als Gesamtsystem gelingen kann.

Die in Abbildung 2 genannten Technologien zur Wärmeerzeugung stehen heute schon marktreif und bewährt zur Verfügung.

Als Technologien für die dezentrale oder zentrale Bereitstellung von klimaneutraler Wärme, insbesondere zur Heizwärme- und/oder Warmwasserbereitstellung, kommen im wesentlichen Biomassekessel, Solarthermieanlagen auf Frei- oder Dachflächen und die Erschließung von allen Arten der Umweltwärme (wie aus Erdreich, Grundwasser, Gewässer) durch Wärmepumpen in Frage.

Wo möglich, kann das stellenweise große Potenzial der Tiefen Geothermie erschlossen werden. Unvermeidbare Abwärme, zum Beispiel aus technischen Prozessen oder dem kommunalen Abwasser, ist als weitere wichtige Wärmequelle zu nennen und im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zu berücksichtigen. Kapitel 3.3 geht ausführlich auf die verschiedenen Wärmequellen ein.

2.2 DREIKLANG DER WÄRMEPLANUNG

Vor dem Hintergrund der klimapolitischen Ziele und der daraus zwingend notwendigen Dekarbonisierung der Wärmeversorgung erarbeitet die kommunale Wärmeplanung lokal umsetzbare Lösungen für den Wärmesektor. Dabei werden die drei Handlungsfelder betrachtet, die abhängig von den örtlichen Rahmenbedingungen optimiert werden (Abbildung 3):

- Reduktion des Wärmebedarfs in Gebäuden
- erneuerbare Wärme- und Kälteversorgung mit thermischen Netzen
- mit erneuerbaren Energien betriebene Einzelheizungen

Aufgabe der Wärmeplanung ist es, Lösungen für den Wärmesektor zu erarbeiten, die durch ein Austarieren der drei oben genannten Handlungsfelder erreicht werden können.

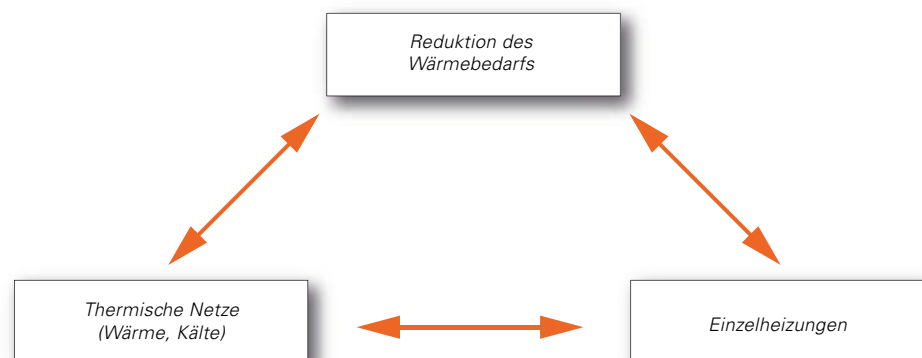


Abbildung 3: Aufgabe der kommunalen Wärmeplanung: Optimale Gewichtung zwischen Reduktion des Wärmebedarfs, thermischen Netzen und Einzelheizungen. Quelle: Grafik verändert nach (Djoerup, et al., 2019).

2.2.1 EFFIZIENZ AUF DER NACHFRAGESEITE

Da der aktuelle Wärmebedarf nicht durch die vorhandenen und noch zu erschließenden erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden kann, ist eine signifikante Reduktion des Wärmebedarfs durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen Grundvoraussetzung für das Gelingen der Wärmewende.

Eine richtig durchgeführte Gebäudesanierung hat einerseits hohe Einsparungen zur Folge, verursacht jedoch auf der anderen Seite auch hohe Investitionskosten. Die Bereitstellung der erforderlichen Wärmemengen kann nachhaltig jedoch nur gelingen, wenn das heutige Verbrauchsniveau deutlich abgesenkt wird. Eine ausführliche Bewertung des baulichen Wärmeschutzes wurde im Positionspapier der KEA-BW „Über den Sinn von Wärmedämmung“ vorgenommen (Kienzlen, et al., 2015).

2.2.2 WÄRMEVERSORGUNG MIT WÄRME-NETZEN

Wärmenetze können wichtige Systemdienstleistungen für ein integriertes und zukunftsfähiges Energiesystem zur Verfügung stellen, weswegen ihnen bei der Transformation der Wärmewende eine zentrale Rolle beigemessen wird (Kienzlen et al., 2014). Zu diesen Systemdienstleistungen gehören (Abbildung 4):

- Flexibilität und Vielfalt bei der Nutzung lokaler erneuerbarer Energien, wie große Solarthermie, Tiefe Geothermie, Umweltwärme, Biomasse
 - Deckung der verbleibenden Bedarfslücken der Stromerzeugung aus Sonne und Wind
- Erhöhung der Effizienz im Energiesystem aufgrund der Möglichkeit, vielfältige Abwärmquellen nutzen zu können
 - Flexibilitätsgewinne im Wärme- und Strombereich durch Einbindung großer thermischer Speicher
 - kommunale Steuerungsfunktion zur Senkung des Ausstoßes vermeidbarer Treibhausgas-Emissionen durch netzgebundene Wärmeversorgung

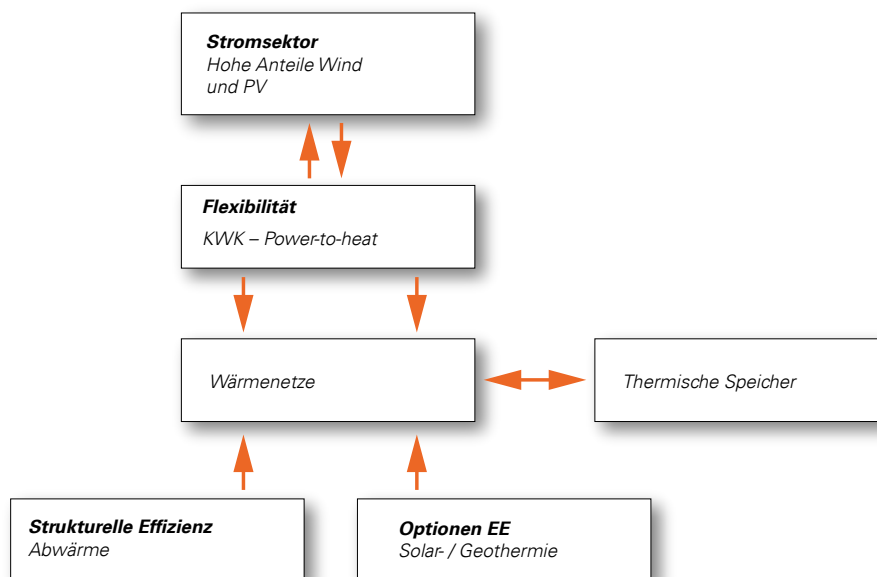


Abbildung 4: Gesamtübersicht über die stromnetzdienlichen Systemdienstleistungen von Wärmenetzen im Energiesystem mit sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien.

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig und muss dabei von Fall zu Fall bewertet werden. Ein wichtiger Faktor sind dabei hohe Anschlussdichten. Liegen diese vor, können Wärmenetze nicht nur in Großstädten und dicht besiedelten Quartieren, sondern auch in kleineren Städten und Gemeinden einen großen Teil der Wärmeversorgung übernehmen (Kapitel 3.5). Für Bestandsnetze mit Anteilen fossiler

Brennstoffe müssen Transformationspläne zum Erreichen der klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2050 erarbeitet werden.

Wärmenetze können in Konkurrenz zu bestehenden Gasnetzen stehen. Eine parallele Verlegung von Verteilnetzen ist wegen der daraus resultierenden grundsätzlich geringen Anschlussdichten – zumindest auf Dauer – nicht sinnvoll.

Aufbau, Verdichtung und Erweiterung von Wärmenetzen sind komplexe Planungsaufgaben. Um die erforderlichen hohen Anschlussdichten zu erreichen, müssen potenzielle Abnehmer frühzeitig eingebunden und als Kunden gewonnen werden.

Ein entsprechender planerischer Rahmen ist eine wichtige Voraussetzung dafür. Anders als bei der dezentralen Versorgung sind in den Planungsprozess zahlreiche Akteure eingebunden. Das Gleiche gilt auch für den Rückzug von Gasverteilnetzen. Die betroffenen Abnehmer müssen sehr frühzeitig informiert und eingebunden werden (Kapitel 6.2).

2.2.3 WÄRMEVERSORGUNG MIT EINZELHEIZUNGEN

In Quartieren, die bislang nicht mit Wärmenetzen erschlossen worden sind und in denen auch in Zukunft Wärmenetze nicht wirtschaftlich betrieben werden können, werden weiterhin dezentrale Einzelheizungen zur Objektversorgung zum Einsatz kommen. Auch in diesen Siedlungsgebieten besteht die Notwendigkeit, die heute noch weit verbreiteten fossilen Energieträger Heizöl (circa 36 Prozent Anteil an der Wärmeversorgung) und Erdgas (circa 45 Prozent) durch erneuerbare Energien zu ersetzen.

Die nachfolgenden technisch/ökonomischen Aspekte können ausschlaggebend dafür sein, dass ein Gebiet im Zuge der Wärmeplanung als Eignungsgebiet für die Einzelversorgung eingestuft wird:

- Die Wärmebedarfsdichte im jeweiligen Quartier ist für den Bau von Wärmenetzen zu niedrig.
- Es befinden sich keine großen, bereits gut ausgebauten Wärmenetze in unmittelbarer

Nähe, die einen Anschluss eines Quartiers unter technischen und ökonomischen Gesichtspunkten möglich machen würde.

- Ländliche Siedlungen sind in ihrer räumlichen Ausdehnung zu klein, um ökonomisch tragfähige Wärmenetze aufbauen und betreiben zu können.
- Es steht keine (Ab-)Wärmequelle mit ausreichendem Wärmeangebot zur Verfügung, die in unmittelbarer Nähe wirtschaftlich zentral erschlossen werden kann.

Es ist davon auszugehen, dass bei der dezentralen Einzelversorgung von Gebäuden im Wesentlichen Wärmepumpen und zu kleinen Teilen Biomassekessel für die dezentrale Einzelversorgung von Gebäuden zur Verfügung stehen werden (Abbildung 2).

Um Wärmepumpen effizient betreiben zu können, muss die Temperatur des Heizungsvor- und -rücklaufs so gering wie möglich sein. Dies wird dadurch erreicht, dass eine energetische Optimierung der Gebäudehülle, aber auch eine Optimierung der Heizungsanlage und Wärmeverteilung vorgenommen wird.

Während der Transformationsphase der Wärmeversorgung im Verlauf der nächsten 30 Jahre werden Biomasseheizungen, vorwiegend in Form von Pelletkesseln, ebenfalls eine Rolle bei der Gebäudeheizung spielen. Daneben ist zu erwarten, dass im ländlichen Raum die lokale Restholznutzung eine eher wieder steigende Bedeutung erlangen wird.

Erdgas wird aller Voraussicht nach derjenige fossile Energieträger sein, der noch am längsten im Energiesystem zum Einsatz kommen wird. Aber auch dieser Energieträger muss langfristig durch erneuerbare Energien ersetzt werden.

Allein die Umstellung auf synthetische Brennstoffe ist dabei nicht zielführend. Die erforderliche Menge regenerativen Stroms für die Herstellung der synthetischen Brennstoffe steht in Deutschland mit großer Wahrscheinlichkeit langfristig nicht zur Verfügung. In jedem Fall wird die theoretisch mögliche Umstellung auf flüssige und gasförmige synthetische Brennstoffe aus Wind- und Sonnenstrom zu erheblichen Kosten führen. Die reine Verbrennung in Heiz-

kesseln wird mit synthetischen Brennstoffen zu einem sehr hohen Bedarf an regenerativem Strom führen und wirtschaftlich kaum darstellbar sein.

Aus Gründen der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit folgt daraus, dass grüne synthetische Brennstoffe in Zukunft nur dort eingesetzt werden sollten, wo sie den höchsten Nutzen im Gesamtsystem zur Folge haben.



Bild: KEA-BW

Inhalte des kommunalen Wärmeplans

3.1 ÜBERSICHT ÜBER DEN PROZESS DER PLANERSTELLUNG

Die kommunale Wärmeplanung ist für Kommunen der zentrale strategische Prozess, um Klimaschutzziele im Wärmebereich zu erreichen.

Ein kommunaler Wärmeplan definiert dabei die langfristige Strategie zur Verwirklichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung in

der ganzen Kommune bis zum Jahr 2050. Aufbauend auf einer Bestands- und Potenzialanalyse werden dazu Maßnahmen zur Senkung des Wärmeenergiebedarfs und die klimaneutrale Deckung des nicht vermeidbaren Wärmeenergiebedarfs entwickelt. Für das Jahr 2030 wird ein Zwischenziel formuliert.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Novelle des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg macht Wärmeplanung mit der Verpflichtung zur Erstellung und Fortschreibung eines kommunalen Wärmeplans für Stadtkreise und Große Kreisstädte zum Teil der kommunalen Daseinsvorsorge. Die zentralen Schritte bei der Erstellung des kommunalen Wärmeplans sind (§ 7c Absatz 2 KSG BW):

1. Bestandsanalyse Wärmebedarf und Versorgungsinfrastruktur (Kapitel 3.2)
2. Potenzialanalyse erneuerbare Energien und Abwärme (Kapitel 3.3)
3. Aufstellung Zielszenario 2050 mit Zwischenziel 2030 (Kapitel 3.4 – 3.5)

Hierauf aufbauend werden im kommunalen Wärmeplan mögliche Handlungsstrategien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und damit einhergehend zur Reduzierung und klimaneutralen Deckung des Wärmeenergiebedarfs entwickelt. Dieser Maßnahmenkatalog ist nach § 7c Absatz 2 KSG BW Bestandteil des Wärmeplans. Da er sich jedoch deutlich von den räumlichen aufgelösten Analysen und Szenarien unterscheidet, wird er separat in Kapitel 4 behandelt. Ein Wärmeplan ist Grundlage für die Verknüpfung der energetischen Gebäudesanierung mit einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Rahmen der strategischen Planung der Wärmeversorgung einer Kommune und bildet die Grundlage für deren Umsetzung.



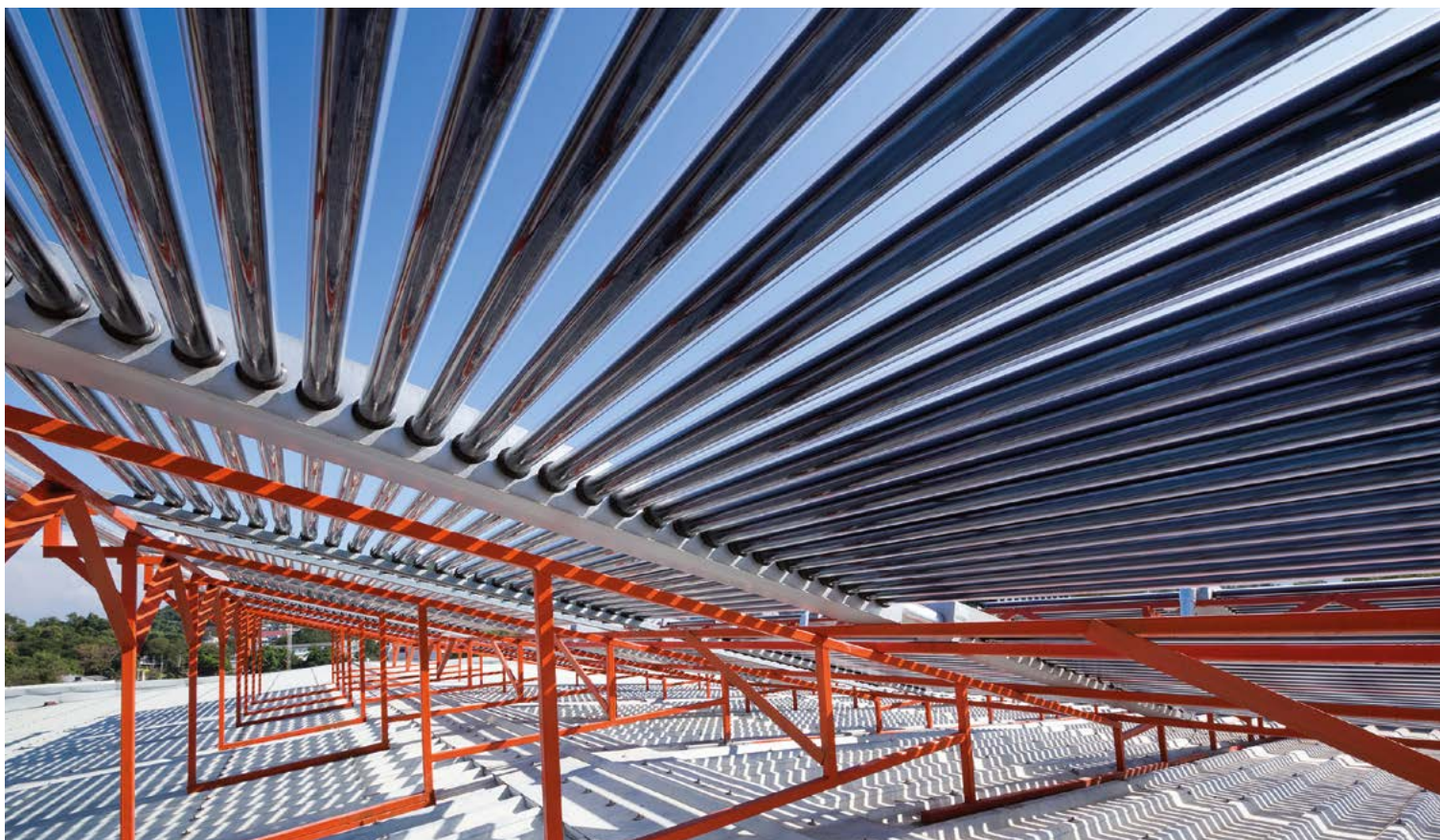


Bild: Prechasiri / Premium

Abbildung 5 (auf der nächsten Seite) fasst die Inhalte zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans zusammen:

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 und Abwärmepotenziale.

3. Aufstellung Zielszenario

Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2050 mit einem Zwischenziel für 2030. Dies gelingt durch die Ermittlung von Eignungsgebieten für Wärmenetze und Einzelversorgung.

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.

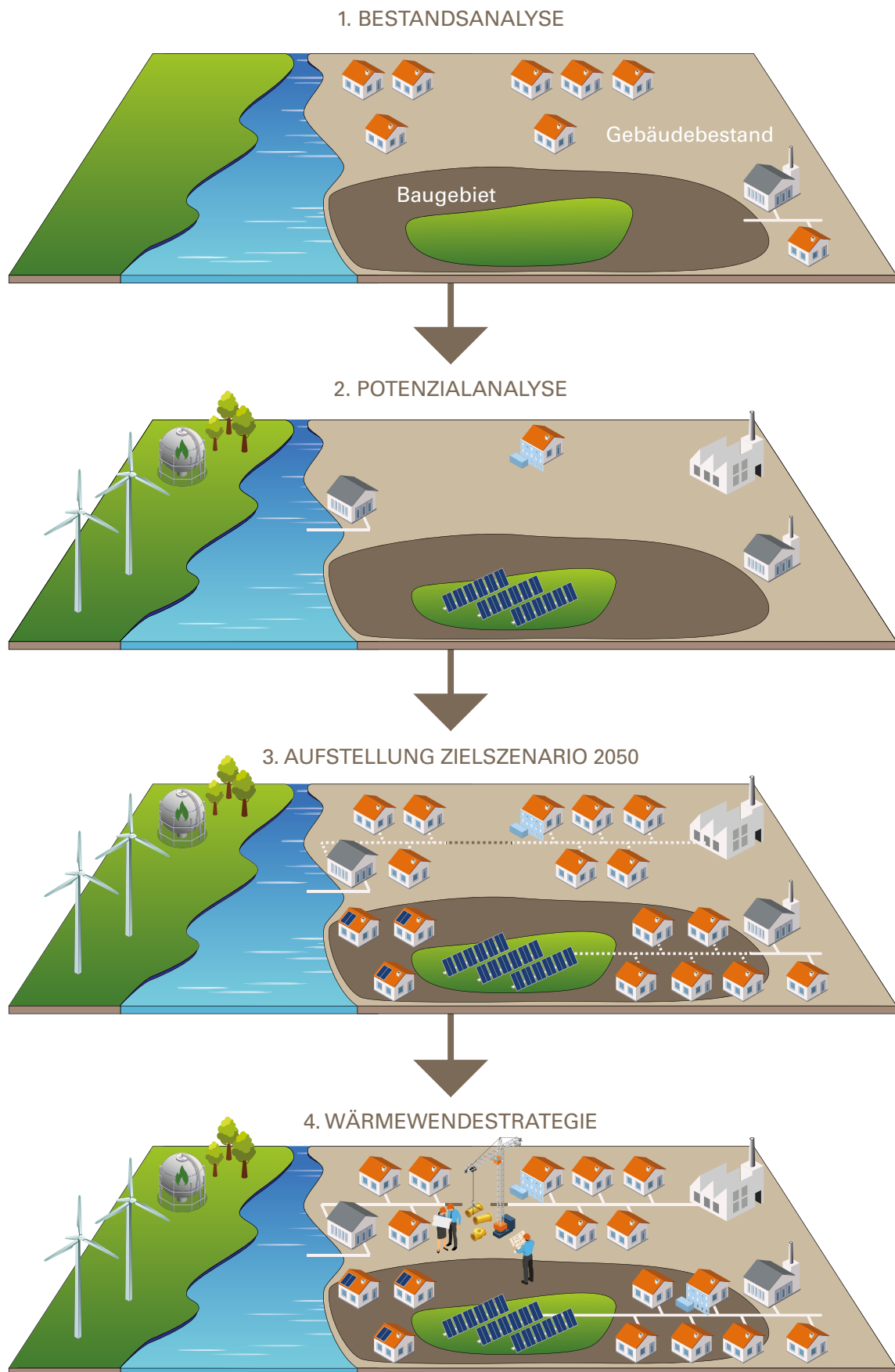


Abbildung 5: Übersicht über den Ablauf der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans.

Wärmeplanung ist keine eindimensionale Planung. Einzelne Prozessschritte müssen wiederholt werden, um Ergebnisse nachfolgender Schritte zu integrieren. Je genauer zum Beispiel Maßnahmenblätter aus der kommunalen Wärmewendestrategie ausgearbeitet werden, umso genauer müssen gegebenenfalls Potenziale erneuerbarer Energien und Eignungsgebiete ermittelt werden. Je genauer jedoch mögliche Maßnahmen und ihre Wirkung untersucht und dargestellt werden, umso präziser und belastbarer können Ziele der kommunalen Wärmewendestrategie definiert werden. Gleiches gilt für die Anpassung an geänderte lokale Rahmenbedingungen wie Entwicklungen der Stadt- und Regionalplanung, neue gesetzliche Vorgaben und technologische Entwicklungen. Ein Monitoring und Review-Prozess (siehe Kapitel 5.3) soll sicherstellen, dass der Wärmeplan kontinuierlich an geänderte Rahmenbedingungen angepasst wird.

Der große Mehrwert des Wärmeplans liegt darin, dass alle Akteure – die Gemeinde, Energieversorger, (Energie-)Unternehmen und Bürgerinnen und Bürger – sich mit ihren relevanten Entscheidungen an einem strategischen Fahrplan für die kommenden Jahre orientieren können. Für die Realisierung muss der Wärmeplan daher an den entscheidenden kommunalen Schnittstellen konsequent Beachtung finden und von Bürgerschaft und Unternehmen akzeptiert werden (siehe Kapitel 5.4, 6.1).

Dabei ist es ratsam, das gesamte Planwerk (siehe Anlage „Leistungsumfang kommunaler Wärmeplan“) im Zuge der Wärmeplanung als digitalen Zwilling der Kommune anzulegen. Dies ermöglicht eine Integration in die weitere Stadt- und Infrastrukturplanung der Fachabteilungen und Stadtwerke. Zudem kann eine solche digitale Lösung der Öffentlichkeit als Informationsportal zugänglich gemacht werden¹.

Auf der folgenden Doppelseite ist ein Beispiel aus einem kommunalen Wärmeplan abgebildet: die Energieplankarte der Stadt Zürich². In solchen Karten werden die Inhalte der schriftlichen Ausarbeitung veranschaulicht. Dazu gehören die bereits vorhandene Wärmeversorgungsinfrastruktur also Wärmenetze, Heizzentralen und KWK-Anlagen. Es wird aber auch dargestellt, wie sich die Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgung über das Gemeindegebiet verteilen. Zuletzt kann dargestellt werden, wie die Gasnetzinfrastruktur in Zukunft aussehen wird. Anhand der gebietsscharfen Darstellung im Kartenwerk lassen sich die Art der Erschließung einer erneuerbaren Wärme- und Abwärmequelle, Eignungsgebiete für Wärmenetze und Einzelversorgung sowie solche Gebiete, in denen die Gasinfrastruktur zurückgebaut wird, schnell erkennen. Dies erlaubt die Integration eines kommunalen Wärmeplans in die weitere Stadt- und Regionalplanung.

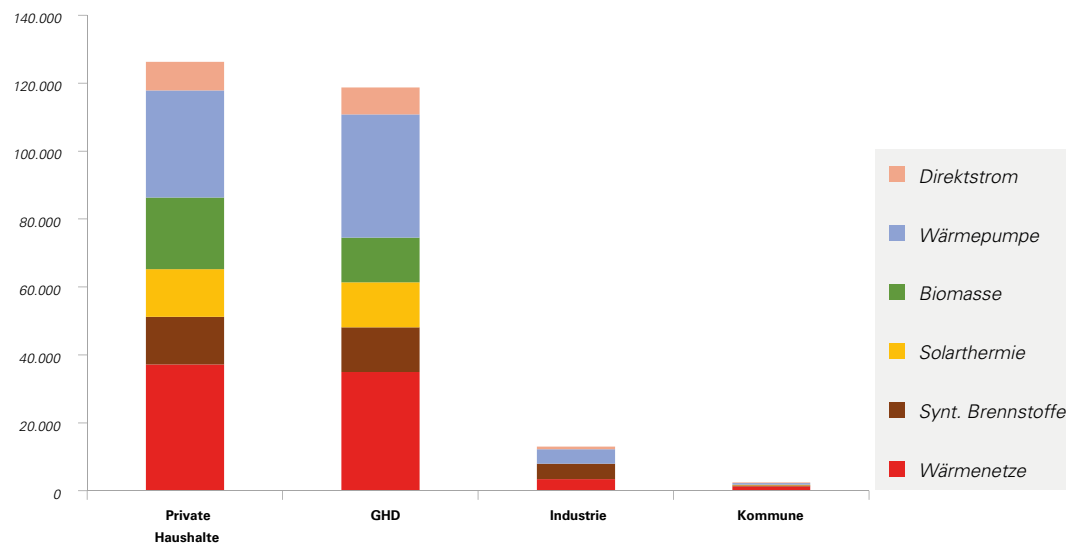
¹ Beispiel einer Web-Gis-Darstellung: Energieleitplan der Stadt Konstanz: www.konstanz.de

² Energieplankarte der Stadt Zürich: www.stadt-zuerich.de

Im kommunalen Wärmeplan findet sich die flächenhafte Darstellung der zur klimaneutralen Bedarfsdeckung geplanten Versorgungsstrukturen. Dieser räumlichen Darstellung liegt das klimaneutrale Zielszenario zur zukünftigen

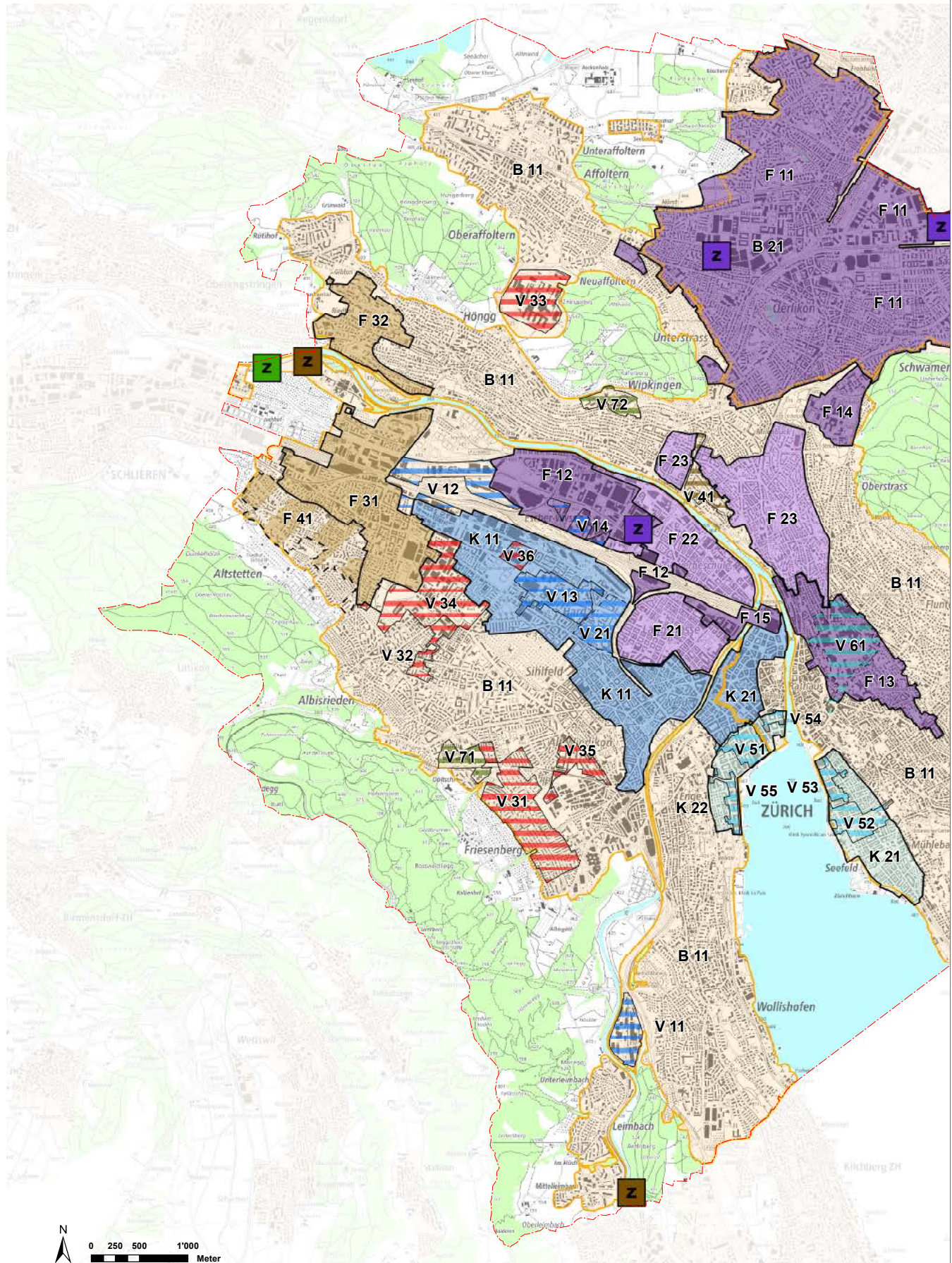
Entwicklung des Wärmebedarfs für das Jahr 2050 zugrunde. Ein solches Zielszenario für die Sektoren private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie und Kommune ist unten beispielhaft abgebildet:

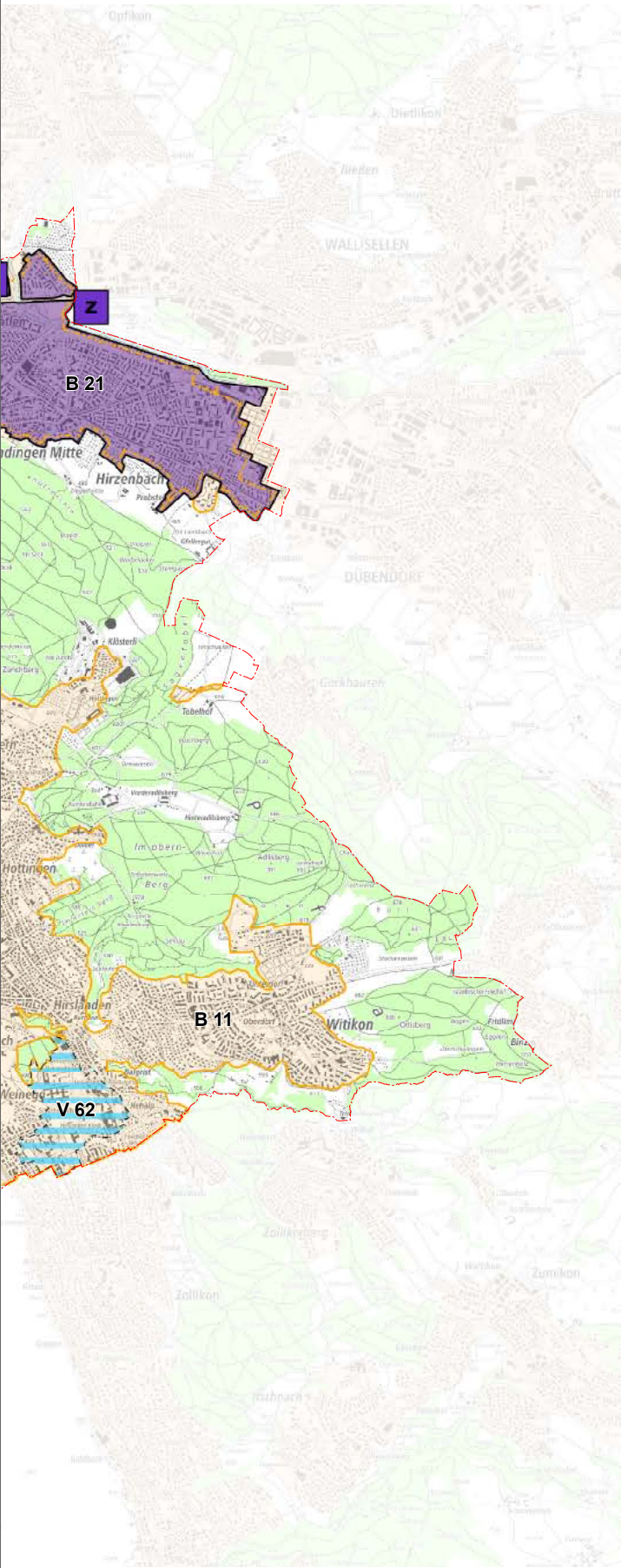
WÄRMEVERBRAUCH ZIELSZENARIO 2050 [MWh/a]



In den folgenden Kapiteln wird systematisch das methodische Vorgehen vorgestellt, mit dem ein robuster kommunaler Wärmeplan und eine Wärmewendestrategie mit umsetzungsorientierten Maßnahmen aufgestellt werden können. Die

vorgeschlagenen Arbeitsschritte und Methoden eignen sich weitgehend unabhängig von der Größe der Kommune und adressieren vor allem Expertinnen und Experten aus den kommunalen Fachabteilungen und Planungsbüros.





Energieplankarte (Stand 2017)

Festlegungen

Öffentliche Fernwärmeversorgung

- Prioritätsgebiet bestehend (Wärme)
- Prioritätsgebiet geplant (Wärme)
- Prioritätsgebiet geplant (Wärme und Kälte)
- Prüfgebiet (Wärme und Kälte)

Koordinierte Energienutzung

- aus Grundwasser
- aus Seewasser

Gasversorgung

- Gasversorgung
- Perimeter beschlossener Rückzug der Gasversorgung

Informationsinhalt

Energieverbunde > 5 GWh/a

- Abwärme
- Wärme und Kälte aus Grundwasser
- Wärme und Kälte aus Seewasser
- Wärme aus Rohabwasser
- Wärme aus Biomasse

Energieverbunde in Prüfung

- Wärme und Kälte aus Grundwasser
- Wärme und Kälte aus Seewasser

Zentralen

- Energiezentrale Fernwärme
- Klärwerk
- Biogasanlage

Ausführliche Informationen zur Kommunalen Energieplanung der Stadt Zürich:
www.stadt-zuerich.ch/energieplanung

3.2 BESTANDSANALYSE WÄRMEBEDARF UND VERSORGUNGSSTRUKTUR

3.2.1 GEMEINDESTRUKTUR

Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich auf die gesamte Gemarkungsfläche der Kommune, was auch Gewerbe- und Industriegebiete einschließt. Für die Analyse von geografisch isolierten Teilorten bieten sich getrennte Untersuchungen zu Eignungsgebieten für Wärmenetze an. Für die Analyse kleinerer einzelner Gemeinden mit wenigen tausend Einwohnerinnen und Einwohnern bietet sich unter Umständen die direkte Erstellung einer Machbarkeitsstudie für die Errichtung eines Wärmenetzes anstelle eines kommunalen Wärmeplans an.

Bilden jedoch mehrere kleinere Gemeinden einen planerischen Verbund, so lässt sich ein interkommunaler Wärmeplan, zum Beispiel auf Ebene des Landkreises, im Konvoi erstellen.

Kommunen gliedern sich vielfach in eine Kernstadt mit Geschäftszentrum, umliegende Wohnbebauung und eingestreute oder am Rand angesiedelte Misch- und Gewerbegebiete. Solche verschiedenen Gebiete finden sich auch in Großstädten, teilweise sogar mehrfach über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Die Wärmeversorgungsoptionen für diese Strukturen sind



ZUSAMMENFASSUNG

Im folgenden Kapitel wird die systematische Erhebung und Analyse der Ist-Situation der Kommune beschrieben. Die Inhalte entsprechen den Anforderungen nach § 7c Absatz 2 KSG BW.

Die Bestandsanalyse beginnt mit der Sammlung relevanter Daten zum Gebäudebestand und der Energieinfrastruktur (Abschnitt 3.2.1). Im Rahmen der Stadtplanung wurden in vielen Kommunen schon entsprechende Unterlagen erstellt. Vorgeschlagen wird die Erstellung eines Inventars aus vorhandenen und noch benötigten Unterlagen.

Der nächste Schritt ist die Erstellung einer aktuellen Energie und Treibhausgas-Bilanz (Abschnitt 3.2.2). Die Aufteilung erfolgt nach Sektoren und Energieträgern. Die aktuelle Bilanz bildet den Ausgangspunkt für die Bewertung der Erreichung der Klimaschutzziele bei Energieeinsparung und Treibhausgas-Minderung bis 2030 und 2050. Gemäß § 7d Absatz 2 Punkt 1 KSG BW müssen die Bilanzdaten an eine durch die Landesregierung zur Verfügung gestellte Datenbank übermittelt werden.

Für die Wärmeplanung wird eine räumlich aufgelöste Darstellung des Wärmebedarfs der Gebäude benötigt. Abschnitt 3.2.3 erläutert geeignete Datenquellen für den Wärmebedarf und Methoden zur Verbesserung der Datenlage.

Gemäß § 7e Absatz 2 KSG BW werden Kommunen ermächtigt, gebäudescharfe Daten bei Energieunternehmen und Bezirksschornsteinfegermeistern zu erheben. Als Ergebnis erhält man eine geeignete Darstellung der Wärmedichten für die weitere Wärmeplanung.



stark unterschiedlich. Ebenso spielt die vorhandene Infrastruktur eine große Rolle für die Energieplanung. Dazu gehören unter anderem Gas- und Wärmenetze, Heizzentralen und Freiflächen für Energieanlagen.

Siedlungsgebiete können in sinnvolle Teilgebiete gegliedert werden, um eine effiziente Bearbeitung zu ermöglichen. Die Ergebnisse der Teilgebiete werden am Ende aber zu einem Gesamtplan zusammengefasst. Es ist sinnvoll, Gebiete mehrerer Kommunen, die räumlich zusammenhängen, gemeinsam zu betrachten (Planung im Konvoi).

Für die kommunale Wärmeplanung sind Karten zur Visualisierung unterschiedlicher Aspekte hilfreich. Manche Darstellungen sind öffentlich verfügbar oder wurden im Zuge anderer Maßnahmen, zum Beispiel für die Stadtplanung oder im Zuge eines Klimaschutzkonzepts, bereits erstellt. Für die Wärmeplanung ist es hilfreich, zunächst ein Inventar des bereits verfügbaren Kartenmaterials zu erstellen, und gegebenenfalls zusätzliche Karten zu erzeugen:

- Kartierung der Ortslagen, also Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Siedlungsgebiete seit 1930.
Daraus können grobe Angaben zum Baualter und damit möglichen Sanierungsstand der Gebäude in den Quartieren abgeleitet werden. Die Informationen sind zudem hilfreich für zielgerichtete Kampagnen zur Energieberatung³.
- Wohnfläche je Wohnung (aus der kommunalen Gebäudestatistik) und Hauptnutzungen: Wohngebiete (wie Einfamilien-, Mehrfamilien-, Hochhaus-Gebiete, Mischgebiet), Gewerbe, Bürogebäude, Hotel und Gastronomie, Industrie, öffentliche Einrichtungen (wie Bildung, Bäder, Gesundheit, Verwaltung et cetera)

Die dafür benötigten Angaben sind oft als Nutzungsart der Gebäude in den Geobasisdaten enthalten. Je nach Gebietstyp ergeben sich unterschiedliche Herangehensweisen bei der Wärmeplanung.

- Angaben zu im Gemeindegebiet bestehenden Wärmenetzen, Gasnetzen, Lage und Leistung von Heizzentralen sowie KWK-Anlagen und bereits beschlossene Projekte der Wärmeversorgung
- Flächendichte Wohnen, ausgedrückt als Gebietsfläche Wohnen pro Arealfläche. In Gebieten mit einem geringen Anteil der Grundfläche von Wohngebäuden an der Arealfläche ist ein Wärmenetz oft nicht wirtschaftlich. Der Wert eignet sich zur Abschätzung der erforderlichen Netzlängen für ein Wärmenetz in Wohngebieten.
- bestehendes Glasfasernetz und Ausbaupläne für mögliche gemeinsame Tiefbaumaßnahmen beim Wärmenetzausbau

Zum Zweck der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans sind weitere Karten zu erstellen, so zum Beispiel Angaben zur Wärmebedarfsdichte, Transport- und Verteilungen für Gas und Wärme, Lage von Heizzentralen und großen Objektversorgungen, Gebiete mit hohen Anteilen Stromspeicherheizung und die räumliche Verortung von Potenzialen erneuerbarer Energien und Abwärme. Diese werden in folgenden Abschnitten behandelt.

³ Datenquelle: Daten- und Kartendienst der LUBW:
udo.lubw.baden-wuerttemberg.de

3.2.2 ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ

Für die Beurteilung der Ist-Situation und die Entwicklung von Klimaschutzziele muss der Ist-Stand bei Wärmeverbrauch und Treibhausgas-Emissionen ermittelt werden (siehe Abbildung 7). Für die Erstellung dieser Bilanz sind zwei Herangehensweisen möglich. In einem Bottom-Up Verfahren wird zuerst der räumlich aufgelöste Wärmebedarf ermittelt (Abschnitt 3.2.3) und daraus in einem folgenden Schritt die Verbrauchskennzahlen für das gesamte Gebiet der Kommune ermittelt. Einen schnelleren Gesamtüberblick erhält man durch Anwendung eines Top-Down Verfahrens. Dazu werden Verbrauchswerte für das gesamte Gemeindegebiet erhoben, ohne dabei auf die räumliche Verteilung einzugehen.

Dieses Verfahren wird nachfolgend beschrieben. Abhängig vom gewählten Verfahren wird die Bearbeitungsreihenfolge zur Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz (Absatz 3.2.2) und zur räumlichen Analyse des Wärmebedarfs (Absatz 3.2.3) vertauscht. Beide Schritte sind jedoch notwendige Schritte für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz wird aufgeschlüsselt nach:

- Sektoren:
 - private Haushalte
 - Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)
 - Industrie
 - kommunale Einrichtungen
- Energieträger

WÄRMEVERBRAUCH 2020 [MWh/a]

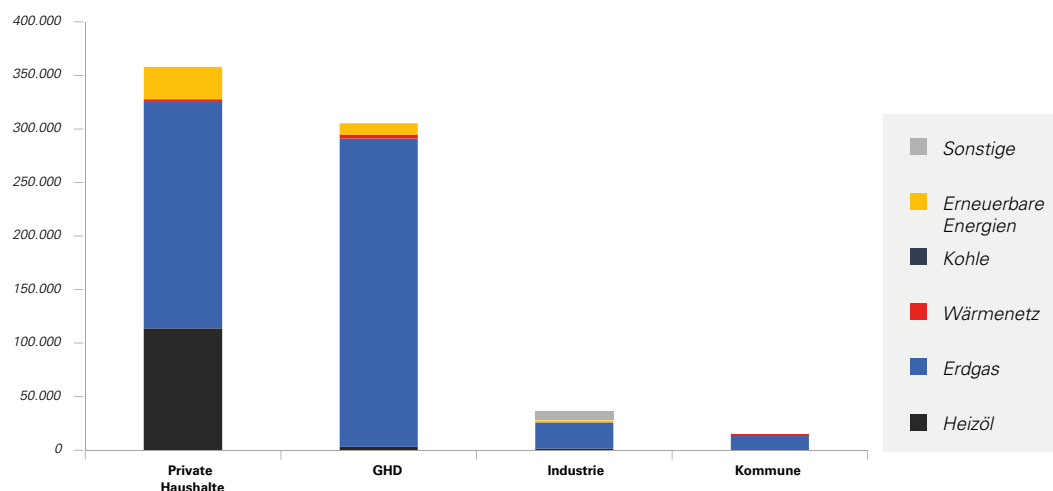


Abbildung 7: Beispiel einer Endenergiebilanz des Wärmeverbrauchs für verschiedene Sektoren und Energieträger einer ausgewählten Kommune.

Die Nutzung erneuerbarer Energien und effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sollte dabei genauer untersucht werden. Die installierte Leistung und die Wärmeerzeugung lokaler Erzeugungsanlagen können dazu herangezogen werden.

Es existiert eine Vielzahl von Software-Lösungen, die die Erstellung von Bilanzen erleichtern. Dazu gehören unter anderem:

- BICO2BW, Herausgeber: KEA-BW und ifeu (ifeu, 2017)
- Klimaschutz-Planer, Herausgeber: Klima-Bündnis (Klima-Bündnis, 2019)
- ECOSPEED Region, Herausgeber: ECOSPEED AG – Climate Software Solutions (ECOSPEED-AG, 2020)

Für die Top-Down Analyse können Energieverbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger bei den lokalen, Strom-, Wärme- und Gasnetzbetreibern für die gesamte Kommune abgefragt werden. In vielen Fällen liegen die Daten bereits aufgeschlüsselt nach Sektoren vor. Energieunternehmen, Gewerbe- und Industriebetrieben sowie die öffentliche Hand sind jedoch gemäß § 7e KSG BW auch zur Übermittlung gebäudescharfer Daten zum Zweck der kommunalen Wärmeplanung verpflichtet.

Für jede Kommune in Baden-Württemberg liegen außerdem statistische Daten vor, die bei der KEA-BW als Grundlage für die Bilanzierung angefragt werden können. Dort sind Daten des Statistischen Landesamtes, der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), der Bundesnetzagentur (EEG-Daten), der Bundesagentur für Arbeit – Statistik-Service Südwest (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte) vorgehalten. Diese Daten sind erforderlich, um den unbekannten Verbrauch von Heizöl, Biomasse, Kohle et cetera zu berechnen. Daten zu Anzahl, Brennstoff, Leistung und Alter der Feuerungsanlagen können gebäudescharf bei den Bezirks-schornsteinfegern abgefragt werden. Wichtigste Grundlage für die Bilanzierung sind allerdings Verbrauchsdaten der Energieunternehmen für Strom, Gas und Wärme.

Bilanzierungstools können ebenfalls zur Erstellung eines Szenarios für die zukünftige klimaneutrale Energieversorgung (siehe Kapitel 3.4) und zum Monitoring der Umsetzung der Wärmeplanung (siehe Abschnitt 5.3.1) genutzt werden. Die Werkzeuge berechnen die Treibhausgas-Emissionen anhand des ermittelten Energieverbrauchs und zugrundeliegenden Emissionsfaktoren. Bei einer regelmäßigen Bilanzierung lässt sich der Fortschritt der Wärmestrategie unmittelbar aus der zeitlichen Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen ableiten.

Wichtige Kennzahlen die sich aus den Ergebnissen der Bilanzierung ermitteln lassen, sind:

- Endenergieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen der Haushalte und kommunalen Liegenschaften pro Einwohner
- Endenergiebedarf Wärme Wohngebäude pro Quadratmeter Wohnfläche
- Stromverbrauch zur Wärmeversorgung der Haushalte pro Einwohner
- Endenergieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen in GHD und Industrie pro Beschäftigtem
- Einsatz erneuerbarer Energien nach Energieträgern pro Einwohner
- Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Strom- und Wärmeerzeugung und am Strom- und Wärmebedarf
- Nutzung synthetischer Brennstoffe (PtX) pro Einwohner
- Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung (Wärmepumpen, Direktstrom)
- Fläche solarthermische und PV-Anlagen pro Einwohner
- installierte KWK-Leistung pro Einwohner (elektrisch und thermisch)
- installierte Speicherkapazität Strom und Wärme
- Anzahl der Hausanschlüsse in Gas- und Wärmenetzen
- Länge der Transport und Verteilleitungen in Gas- und Wärmenetzen

Eine kommunale Wärmewendestrategie hat auch immer die Sektorenkopplung im Blick. Deswegen werden die oben genannten Stromkennwerte, Speicher und die Herstellung sowie Nutzung synthetischer Energieträger (PtX) miteingefasst.

Verpflichtete Kommunen müssen die Bilanzdaten in eine von der Landesregierung bereitgestellte Datenbank einpflegen (siehe auch Kapitel 4.6). So kann anhand der erhobenen Daten und Kennzahlen ein Gesamtüberblick zum

Ist-Stand der Wärmewende in Baden-Württemberg erstellt werden. Durch die Analyse der Daten aller Kommunen können Trends bei der Nutzung von KWK, Wärmenetzen, Speichern und synthetischen Brennstoffen in Baden-Württemberg ermittelt werden.

Diese Ergebnisse erbringen wichtige Erkenntnisse für notwendige Weichenstellungen für die Energiewende auf Landes- und Bundesebene.

Eine detaillierte Beschreibung für die Top-Down Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz und der dafür notwendigen Daten bietet der Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ des Deutschen Instituts für Urbanistik (Difu et al., 2018).

3.2.3 RÄUMLICH AUFGELÖSTER WÄRMEBEDARF

Ein wichtiges Ziel der Bestandsanalyse ist die Ermittlung des räumlich aufgelösten Wärmebedarfs in Form einer Karte der Wärmebedarstdichten für das gesamte Gebiet einer Kommune. Die Wärmedichte ist ein wichtiger Indikator für die Eignung von Gebieten für eine zentrale Wärmeversorgung mit Wärmenetzen oder dezentrale Einzelheizungen.

Endenergieverbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger für Wohn- und Nichtwohngebäude können bei den lokalen Energieunternehmen, Gewerbe- und Industriebetrieben sowie der öffentlichen Hand für ihre eigenen Liegenschaften angefragt werden. Diese Stellen sind gemäß § 7e KSG BW zur Datenübermittlung zum Zweck der kommunalen Wärmeplanung verpflichtet. Der Bedarf an nicht leitungsgebundenen Energieträgern kann auf Basis der installierten Leistung der unterschiedlichen Wärmeerzeuger und typischer Vollastbenutzungsstunden abgeschätzt werden. Das betrifft insbesondere Heizöl und Holz, aber auch Kohle und Flüssiggas. Diese Informationen werden durch die Bezirksschornsteinfeger im

elektronischen Kkehrbuch erfasst und müssen auf Anfrage gebäudescharf übermittelt werden (§ 7e Absatz 2 KSG BW). Aus der Anlagenleistung kann der Endenergieverbrauch über die Vollastbenutzungsstunden abgeschätzt werden.

Die Abfrage der Liefermengen bei lokalen Brennstofflieferanten ist sehr aufwändig und wird nicht empfohlen. Außerdem ist die Aussagekraft aufgrund der langfristigen Lagerung der Brennstoffe begrenzt.

Zudem bietet § 7b KSG BW mit der Erfassung des Energieverbrauchs kommunaler Liegenschaften, unter anderem mit der beheizbaren Netto-Raumfläche sowie der Erfassung des Endenergieverbrauchs getrennt nach Energieträger und Strom/Wärme für Nichtwohngebäude, den Gemeinden und Gemeindeverbänden die Möglichkeit, Endenergieverbrauchsdaten zu erheben.

Die Verbrauchsdaten eines Energieunternehmens lassen in Verbindung mit Anlagendaten des Bezirksschornsteinfegermeisters und der Gebäudegröße aus der Bauakte Rückschlüsse über die energetische Qualität eines Gebäudes zu. Diese Arbeitsweise zur Bestandsermittlung des Wärmebedarfs im Zuge der kommunalen Wärmeplanung bietet große Vorteile gegenüber einer bereits aggregiert vorliegenden Datengrundlage. In der Darstellung des zu veröffentlichen Wärmeplans wird diejenige Aggregationsform gewählt, die Planungsentscheidung auch plausibel nachvollziehbar darstellen lässt. Die Arbeitsweise ist entscheidend für die Prognose der künftigen Verbrauchsentwicklung für verschiedene Gebäudebaualter oder auch für die Frage, welche Wärmequelle für das entsprechende Eignungsgebiet infrage kommt.

Bei der Darstellung der Wärmedichten müssen die Vorgaben zum Schutz personenbezogener Daten berücksichtigt werden (§ 7d Absatz 3 und § 7e Absatz 5 KSG BW). Aus der veröffent-

lichten Darstellung dürfen keine Rückschlüsse auf Energieverbrauch und Energieversorgung einzelner Bürgerinnen und Bürger möglich sein. Ähnliches gilt für die Veröffentlichung von Information über Nichtwohngebäude. Es dürfen keine Rückschlüsse auf den Geschäftsbetrieb – wie Produktionskapazität, Auslastung, Produktionsschwankungen und weiteres – möglich sein. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Vorgaben immer dann erfüllt werden, wenn mindestens fünf Gebäude zu einer Einheit zusammengefasst werden (siehe auch Kapitel 3.5.4 und die Angaben zum Datenschutz). Für diese Gebäudegruppen wird dann ein mittlerer Wärmebedarf dargestellt.

Um aus gebäudescharfen Werten des Wärmeverbrauchs eine Wärmedichtekarte zu generieren, wird zunächst die Summe des Wärmeverbrauchs einer Gebäudegruppe gebildet. Diese Summe wird durch die Summe der Flurstücksflächen der beteiligten Gebäude geteilt. Wärmedichten werden zum Beispiel in MWh/ha×a angegeben. In einer Karte werden die Flurstücke der Gebäudegruppen entsprechend ihrem Wärmedichtewert farblich gekennzeichnet. Aus Datenschutzgründen muss die Gebäudegruppe mindestens fünf Gebäude umfassen. Entsprechend wird bei der Aggregation gebäudescharfer Werte auf eine Raster- oder Baublockebene verfahren.

Eine alternative Darstellung der Wärmedichte erfolgt in öffentlich zugänglichen Datenquellen üblicherweise auf Baublockebene oder in einem Hektarraster (siehe Abbildung 8). Anders als gebäudescharfe Angaben, die in der weiteren Bearbeitung aggregiert werden, haben Datenquellen mit Rasterebenen jeder Art eine natürliche Unschärfe und ein nicht zwangsläufig zielführendes Aggregationslevel.

Daten auf Baublockebene sind an Raumkanten, wie zum Beispiel Straßen, definiert und können demnach Aspekte der Gebäudesubstanz, wie Baualter, Art der Wärmeversorgung, Denk-

malschutzstatus, nicht berücksichtigen. Zudem kann ein Baublock bis zu 100 Gebäude und mehr beinhalten.

Die Schwäche von Rasterdaten – zum Beispiel 100 x 100 Meter – besteht darin, dass die Anwendung des Rasters auf das Gemeindegebiet willkürlich ist. Abhängig vom gewählten Ansatzpunkt des Rasters kann das gleiche Gebäude unterschiedlichen Rasterkacheln zugeordnet werden. Damit können sich für die Wärmeplanung signifikante Verschiebungen bei der räumlichen Darstellung der Wärmebedarfsdichte als wichtige Grundlage der Ausweisung von Eignungsgebieten (siehe Kapitel 3.5) ergeben. Verschiedene Verfahren der Rasterdarstellung und deren Auswirkung auf die Aussagekraft der Wärmedichte finden sich zum Beispiel in Möller und Wiechers (2019).

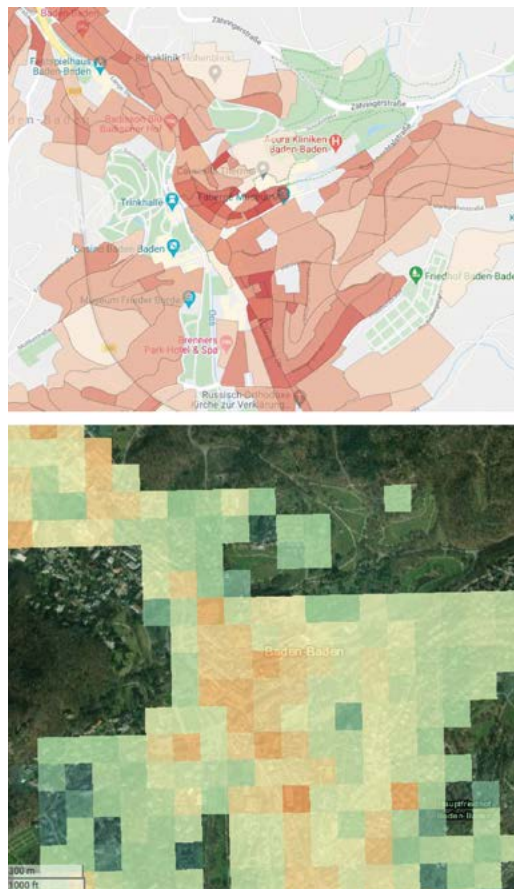


Abbildung 8: Beispiele für aggregierte Darstellung der Wärmebedarfsdichte auf Baublockebene (oben) und in einem 100x100 m Raster (unten). Quellen: Oben: Energieatlas BW, unten: Hotmaps.

Die beiden oben dargestellten Karten wurden öffentlich zugänglichen Wärmeatlanten entnommen. Die Darstellungen basieren auf Berechnungen des Wärmebedarfs anhand der Angaben zu Gebäudegeometrie (Gebäudeumriss und Höhe aus Befliegungen und Katasterdaten), Gebäudenutzung (Katasterdaten und Zensus) und typischen Kennwerten für den Wärmebedarf unterschiedlicher Gebäudetypologien. Ein Beispiel für letzteres ist die Deutsche Wohngebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU)⁴.

Öffentlich verfügbare Quellen für solche Daten und Kartendarstellungen sind:

- Energieatlas Baden-Württemberg, der nur Wohngebäude abbildet (LUBW, 2020)
- Hotmaps-Wärmeatlas für Wohn- und Nichtwohngebäude (Hotmaps, 2020)
- Pan-European Thermal Atlas für Wohn- und Nichtwohngebäude (PETA, 2018)

Die Daten können per Shape-File in ein eigenes Geoinformationssystem (GIS) übernommen und weiter bearbeitet werden. Das von der LUBW angewandte Verfahren zur Berechnung des Wärmeverbrauchs von Wohngebäuden ist auf der Internetseite des Energieatlas Baden-Württemberg beschrieben⁵. Darüber hinaus stehen kommerzielle Produkte, zum Beispiel der Wärmeatlas 2.0⁶, zur Verfügung. Diese GIS-gestützten Verfahren eignen sich auch zur gebäudescharfen Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs von Wohngebäuden durch die Berücksichtigung verbesserter Bauteile bei einer energetischen Sanierung (siehe auch Abschnitt 3.4.2).



ALTERNATIVE BERECHNUNG VON WÄRMEDICHTEN:

Bei Block- und Rasterdarstellungen entstehen willkürliche Grenzen und damit Sprünge bei der Wärmebedarfsdichte entlang einer Grenze. In der Realität würde aber ein Gebäude in unmittelbarer Nähe einer Rastergrenze mit geringerer Wärmedichte ebenfalls in ein Eignungsgebiet eines Wärmenetzes fallen.

Um die Nachbarschaftsbeziehungen von Gebäuden besser zu berücksichtigen, kann beispielsweise eine Kreisfläche von 1 ha um jedes Gebäude definiert werden, und die darin befindlichen Objekte in die Berechnung der Wärmebedarfsdichte einbezogen werden.

Aus den so berechneten Mittelwerten pro Gebäude können in einem zweiten Schritt Rasterkarten erstellt werden. Sprünge in der Wärmebedarfsdichte werden dadurch verringert.

⁴ Deutsche Wohngebäudetypologie nach IWU: www.iwu.de

⁵ Berechnungsmethodik Wärmebedarf Energieatlas-BW: www.energieatlas-bw.de

⁶ Wärmeatlas 2.0: www.geomer.de

Es empfiehlt sich unbedingt, den berechneten Wärmebedarf aus einem Wärmetatlas mit Verbrauchsdaten zu validieren. Im Bereich Gewerbe-Handel-Dienstleistungen und Industrie führen die statistischen Verfahren in der Regel zu erheblichen Abweichungen. Zumindest bei Betrieben mit hohem Energieverbrauch sollten unbedingt direkt Verbrauchswerte und Daten zum Abwärmepotenzial abgefragt und in die Datengrundlage aufgenommen werden. Darüber hinaus sollten die Verbrauchsdaten der öffentlichen Liegenschaften eingepflegt werden.

Eine höhere Genauigkeit und damit Verlässlichkeit der Planung kann wie hier beschrieben durch die Darstellung der Wärmedichten basierend auf den Verbrauchsdaten erzielt werden. Die Vorgabe, dass mindestens fünf Gebäude zu einer Gruppe zusammenzufassen sind, stellt dabei eine Mindestvorgabe dar. Die Zusammenfassung zu größeren Einheiten kann für den Zweck der Veröffentlichung eines Wärmeplans ausreichend sein.

Der Kältebedarf spielt nur in speziellen Fällen eine Rolle, zum Beispiel in der Nahrungsmittelindustrie, Rechenzentren, Krankenhäusern und Lagerei. Der übliche Kältebedarf für Gebäudeklimatisierung wird in der Regel mit elektrischen Aggregaten erzeugt. Große Kälteanlagen erzeugen Abwärme, die gegebenenfalls zur Beheizung genutzt werden kann. Alternativen sind die Nutzung von Erdwärme für Kühlzwecke oder die Kombination aus Kälte- und Wärmeerzeugung. Größere Kälteanlagen sollten bei der Wärmeplanung berücksichtigt werden.

Die Nutzung dieser Datenbasis für die Zonierung in Eignungsgebiete für Wärmenetze und dezentraler Einzelversorgung wird in Abschnitt 3.5.4 erläutert.

Weiterführende Informationen:

- LUBW Kartendienst
- Hotmaps.eu Website
- Institut für Wohnen und Umwelt (IWU)
- Difu et al. (2018)



Bild: stock.adobe.com | Erwin Wodicka

3.3 POTENZIALANALYSE ERNEUERBARE ENERGIEN UND ABWÄRME

3.3.1 ÜBERBLICK ÜBER DIE POTENZIAL-ERHEBUNG

Nachdem die Energiebedarfe des Gebäudebestands erhoben wurden, folgt anschließend die gebietsscharfe Ermittlung sämtlicher Potenziale an erneuerbaren Energien und Abwärme auf dem Gebiet der Kommune (Abbildung 10). Dabei werden konsequent alle technischen Potenziale bestimmt. Das heißt es werden zunächst alle möglichen Wärmequellen und Erzeugungsflächen basierend auf Verfügbarkeit und gültigem Planungs- und Genehmigungsrecht ausgewiesen. Annahmen zur technisch-wirtschaftlichen Effizienz werden dann in einem folgenden Schritt (Kapitel 4.1) vorgenommen.

Das technische Potenzial (Abbildung 9) ist der Teil des theoretischen Potenzials, der sich unter Berücksichtigung einer Anzahl an Ausschlusskriterien wie beispielsweise Flächenverfügbarkeit auf dem Gebiet der Kommune erschließen lässt. Es ist somit die Obergrenze des maximal

möglichen Nutzungspotenzials. Ob ein solches Potenzial erschließbar, also real nutzbar ist, zeigt die technisch-wirtschaftliche Beurteilung bei der Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze oder Einzelversorgung (siehe Kapitel 3.5 und 4).

Die Potenzialerhebung erfolgt grundsätzlich unabhängig von der Einteilung der Kommune in Einzelgebiete oder Quartiere und unabhängig von der Ausweisung von möglichen Versorgungsgebieten, den Eignungsgebieten. Diese Vorgehensweise ist wichtig, da sich der Raumbezug im Energiesystem der Zukunft dynamisch anhand der Entscheidung für einen Transformationspfad hin zum Zielszenario 2050 ergeben wird. Mit der Erfassung aller (Ab-)Wärmepotenziale kann die lokale Wärmewendestrategie mit Szenarien flexibel und zubaufähig erarbeitet werden.



ZUSAMMENFASSUNG

Im folgenden Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Potenzialanalyse erläutert. Diese Analyse erfasst alle in der Gemeinde vorhandenen Potenziale zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung und stellt sie räumlich aufgelöst dar (§ 7c Absatz 2 KSG BW).

Für die Potenzialanalyse werden, basierend auf öffentlich zugänglichen Datenquellen, die technischen Potenziale aller im Gemeindegebiet erschließbaren erneuerbaren Energiequellen, wie Biomasse, Tiefe und Oberflächennahe Geothermie, Solarthermie auf Frei- und Dachflächen, Umweltwärme, Abwärme aus der Industrie und dem kommunalen Abwasser, ermittelt und, soweit möglich, räumlich visualisiert. Zugleich sollten Potenziale an regenerativem Strom für Wärmeanwendungen, einschließlich Kraft-Wärme-Kopplung, erhoben werden, da sie Bestandteil der Wärmewendestrategie sind. Um die Obergrenze der maximal möglichen Nutzungspotenziale zu benennen, werden diese Potenziale unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien, wie beispielsweise Flächenverfügbarkeit oder vorrangiger anderer Nutzungen, analysiert.



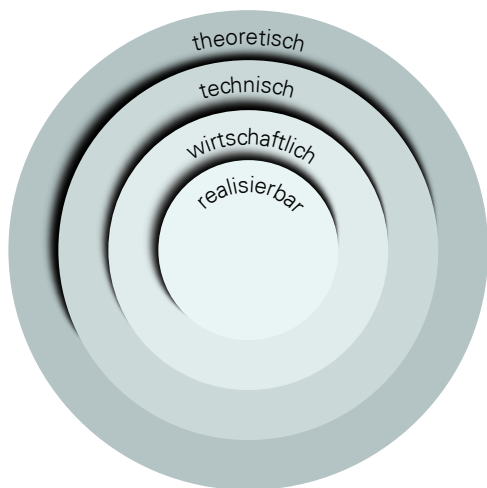


Abbildung 9: Definition der Begriffe theoretisches, technisches, wirtschaftliches und realisierbares Potenzial. Die Potenzialanalyse der erneuerbaren Energien und Abwärme weist hier zunächst technische Potenziale aus. Ob und wie sie wirtschaftlich erschlossen werden können, zeigen der Teilgebiets-Steckbrief und Maßnahmenkatalog (Kapitel 3.5, 4).

Möglicherweise ergibt die Erhebung der theoretischen oder technischen Potenziale einen Überschuss auf der Wärmeangebotsseite. Damit hat die hier beschriebene Vorgehensweise weitere Vorteile, zum Beispiel für Stadt-Land-Partnerschaften und bei der interkommunalen Wärmeplanung. Sollte die Potenzialerhebung keinen zielführenden Transformationspfad ermöglichen, so sind im kommunalen Wärmeplan Maßnahmen zur strategischen räumlichen Flächensicherung zu definieren und der Plan ist dahingehend iterativ anzupassen. Bereits genutzte Potenziale, wie zum Beispiel die Quellenerschließung mittels oberflächennaher Geothermie oder der Verwendung von lokaler, fester Biomasse in einem Holzheizkraftwerk, sind bei der Potenzialerhebung zu berücksich-

tigen. Woher solche Daten kommen können, ist in den folgenden Abschnitten für die jeweilige Wärmequelle aufgelistet.

Grundsätzlich werden die hier aufgeführten technischen Potenziale lokaler erneuerbarer Energien gebietsscharf und Abwärmequellen punktuell in jeder Kommune erhoben. Je nach Energiequelle wird sich die für die Wärmeplanung erforderliche Potenzialerhebung, Datenbereitstellung und Genauigkeit unterscheiden:

- Biomasse
- Geothermie
- Solarthermie
- Umweltwärme
- Abwärme



Abbildung 10: Übersicht erneuerbare Energie- und Abwärmequellen.



In der Praxis haben sich so genannte Indikatorenmodelle bewährt. Ziel dieser Methodik ist die automatisierte Bestimmung geeigneter Gebiete, vor allem von flächenintensiven erneuerbaren Energiequellen. Dies sind insbesondere Bodenflächen für Freiflächen-Solaranlagen (Größe, Bodennutzungsform), oberflächennahe Geothermie (Wasserschutzgebiete, Bohrtiefe), aber auch Solaranlagen auf Dachflächen aufgrund der 3-D Gebäudegeometrien (Ausrichtung, Neigung, Fläche eines Daches).

Bei der Methodik werden bekannte Ausschlusskriterien aufgrund von genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzwerten der Effizienz der Wärmequellenerschließung in einem Katalog formuliert und in die Flächen = Potenzialfindung implementiert. Abbildung 11 zeigt dies am Beispiel der Ermittlung der Potenzialgebiete für oberflächennahe Geothermie:

1. Erfassung der Siedlungsstruktur und Ausschluss aller nicht bebauten Gebiete,
2. Erfassung Geothermische Wärmeentzugsleistung unter Berücksichtigung von Ausschlussgebieten, zum Beispiel Wasser- und Heilquellenschutzgebiete,
3. Ermittlung des bebauten Flächenanteils je Flurstück,
4. Ausschluss von Gewerbe- und Industriegebieten,
5. Selektion der Gebäude mit Baujahr 60-er und 70-er Jahre, 90-er Jahre sowie Bauentwicklungsgebiete und
6. Ermittlung der Potenzialgebiete für oberflächennahe Geothermie nach Priorität der Realisierbarkeit.

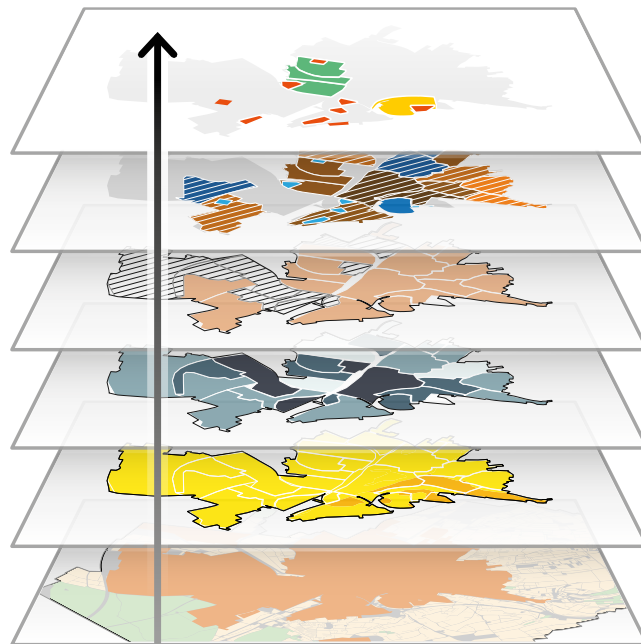


Abbildung 11: Schrittweises Vorgehen bei einem Indikatormodell am Beispiel der Ermittlung der Potenzialgebiete für oberflächennahe Geothermie (für Erläuterungen siehe Infobox). Quelle: Smart Geomatics Informationssysteme GmbH.

Diese Methodik ist zeitsparend und universell anwendbar und bietet den zentralen Vorteil, schnell auf Änderungen in Genehmigungsverfahren, der Rechtsprechung, Wirtschaftlichkeit et cetera in der rollierenden Wärmeplanung reagieren zu können.

3.3.2 POTENZIALE ERNEUERBARER ENERGIEN FÜR DEN WÄRMESEKTOR

BIOMASSE

Biomasse-Potenziale lassen sich grundsätzlich unabhängig vom Standort und damit überörtlich nutzen. Nutzungseinschränkungen können zum Beispiel durch Emissionsanforderungen, Zufahrtsmöglichkeiten oder kommunale Vorgaben begründet sein, die hier aber nicht weiter berücksichtigt werden. Für die Potenzialerhebung für nachwachsende Rohstoffe und organische Abfälle reicht demnach die Bestimmung der möglichen Wärmemengen auf Basis der vorhandenen Rohstoffe aus⁷. Spezifische Heizwerte in Kilowattstunde pro Tonne oder Kubikmeter für entweder flächen- oder gewichtsbasierte Erträge finden sich in einschlägigen Datenbanken (zum Beispiel Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Österreichischer Biomasseverband (ÖBV)⁸). Standorte, an denen Potenziale zur Klär- und Biogasnutzung vorliegen, werden in einer Kartendarstellung erfasst.

Bisher genutzte Biomasse-Potenziale können über Hochrechnungen aus den Sektoren Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und Bestands-Wärmenetze ermittelt werden. Angemerkt sei hier, dass Biomasse-Potenziale oftmals bereits genutzt sind. Freie Potenziale sind vielfach auf Reststoffe aus der Landwirtschaft und Landschaftspflege beschränkt. Verschiedene Biomasse-Potenziale lassen sich wie folgt unterscheiden.

Nachwachsende Rohstoffe

Unter die Biomasse-Potenziale fallen Reststoffe in Form holzartiger Biomasse. Dies sind Alt- und Restholz, Waldrestholz, Sägerest- und Industrierestholz, Holz aus Reb- und Obstanlagen sowie aus Streuobstwiesen, Reststroh, Landschaftspflegegut aber auch landwirtschaft-

liche Rückstände. Daneben wird Anbaubiomasse, also die so genannten Energiepflanzen, betrachtet. Die kommunalen und Landesforstbehörden verfügen über Daten zu jährlichen Einschlagsmengen und den Einsatzgebieten. Das Statistische Landesamt gibt Auskünfte zu landwirtschaftlichen Flächen und zu den Flächenenerträgen unterschiedlicher Energiepflanzen.

Organische Abfälle

Bei den kommunalen Ämtern oder Betrieben der Abfallwirtschaft beziehungsweise der Stadtreinigung können Abfallmengen, Nutzungspfade und Energieinhalte für organische Abfälle, Klärschlämme und Zoomasse angefragt werden.

Klärgas

Anders als die oben genannten Potenziale für nachwachsende Rohstoffe und organische Abfälle werden Potenziale an Klärgas im Zuge der kommunalen Wärmeplanung auch örtlich erfasst⁹. Deponiegas muss hier aufgrund der meist vernachlässigbaren Potenziale nicht weiter ausgewiesen werden. Auskünfte über den Anfall an Klärgas liegen bei der Kommune oder dem Landkreis vor. Da Klärgas zum Betrieb von KWK-Anlagen bei Kläranlagen verwendet wird, ist eine ortsscharfe Darstellung vorteilhaft.

Biogas

Auch die Potenziale an Biogas, das oft zur Stromproduktion genutzt wird und die damit verbundenen Potenziale an anfallender Wärme, werden im Zuge der kommunalen Wärmeplanung räumlich erfasst. Das Biogaspotenzial kann aus dem bisher genutzten Potenzial über die Rückrechnung aus vorhandenen Daten zur Stromproduktion (Abfrage bei Bundesnetzagentur) hochgerechnet werden oder direkt durch eine Abfrage der Wärmeerzeugung eines Biogas-Anlagenbetreibers, sofern dieser Strom produziert (Datenerhebungsermächtigung, KSG BW), ermittelt werden.

Weiterführende Informationen:

- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
- Österreichischer Biomasseverband (ÖBV)

⁷ Technikkennzahl: In der folgenden Ausweisung des realisierbaren Potenzials ist der Wirkungsgrad des Verbrennungsprozesses (80-90%) zu berücksichtigen.

⁸ Technikkennzahl: Anhaltswerte für Flächenenerträge: 50 MWh/ha (Mais, KUP); 4,3 MWh/ha (Waldrestholz).

⁹ Statistische Daten zur Klärgaserzeugung: www.statistik-bw.de

Da Biogas-Anlagen erhebliche Abwärme-Potenziale aufweisen, ist eine ortsscharfe Darstellung sinnvoll. Zu klären ist dabei auch, ob eine langfristige Perspektive für die Biogasanlage besteht oder durch ein Wärmenutzungskonzept mit flexibler Stromproduktion geschaffen werden kann.

GEOTHERMIE

Geothermie meint die Nutzung der Erdwärme mittels verschiedener Technologien. Dazu wird grundlegend zwischen der oberflächennahen Geothermie, die mittels Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder Grundwasser-Brunnenanlagen Erdwärme bis zu einer Tiefe von 100 Meter erschließt, der mitteltiefen Geothermie (200 – 500 Meter Tiefe) und der tiefen Geothermie (1500 – 4500 Meter Tiefe, circa 60 – 120 °C Thermalwassertemperaturen) unterschieden. Die Potenzialerhebung der „mitteltiefen“ Geothermie wird hier nicht besonders ausgewiesen, sondern der oberflächennahen Geothermie zugeordnet, da sie maßgeblich mit Wärmepumpen-Technologien erschlossen werden kann (20 – 40 °C Wassertemperaturen). Das bereits erschlossene Potenzial der oberflächennahen Geothermie kann durch Abfrage bei den Versorgern ermittelt werden, zum Beispiel über Auskünfte des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) oder das Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG).

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe geothermische Anlagen machen sich das durch die Erdwärme und durch solare Einstrahlung kontinuierlich erwärmte Erdreich und Grundwasser zu Nutzen. Dabei wird unter den Nutzformen zwischen Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren/Horizontalkollektoren und geothermischen Brunnen-Anlagen, die das Grundwasser erschließen, unterschieden. Diese Typen werden im Folgenden betrachtet.

Jede geothermische Nutzform¹⁰ muss sich an den örtlichen Gegebenheiten zur geologischen und hydrogeologischen Situation orientieren. Daher ersetzt die hier vorgestellte Methodik zur Potenzialabschätzung keine sorgfältige Antragsstellung und Prüfung durch ein Genehmigungsverfahren. Schwierige Untergrundverhältnisse führen zu erhöhten Anforderungen an die Planung und Ausführung der Bohrung. Das Informationssystem (ISONG) bietet für alle Fragestellungen der oberflächennahen Geothermie die geeignete Datengrundlage. Räumliche Auskünfte über Wasserschutzgebiete sind dem Staatlich-Kommunaler Datenverbund für Baden-Württemberg (SKDV BW) oder landesweit dem interaktiven Dienst UDO¹¹ (Umwelt-Daten und -Karten Online) zu entnehmen.



EINBINDUNG VON SHAPE-FILES AUS ISONG IN GIS

Es besteht die Möglichkeit, räumliche Informationen, zum Beispiel die zulässige maximale Bohrtiefe und Lage von Wasserschutzgebieten, aus ISONG über den WebMapServices (WMS) im GIS einzubinden. Bestimmte Layer, zum Beispiel spezifische Wärmeentzugsleistung, stehen den Kommunen kostenlos zur Verfügung. WMS dient ausschließlich zur Visualisierung im GIS und in begrenztem Umfang zur Abfrage von Inhalten im GIS.

Erdwärmesonden

Aus wasserwirtschaftlicher/genehmigungsrechtlicher Sicht können Erdwärmesonden innerhalb von Wasserschutzgebietszonen (WSG) III und IIIA, in Heilquellenschutz-zonen (HQS) III und

III sowie außerhalb des genutzten Grundwasserleiters und des unterirdischen Einzugsgebiets errichtet werden. Gebiete mit einer Einzelfallbeurteilung bleiben bei den weiteren Betrachtungen unberücksichtigt.

¹⁰ Technikkennzahl: In der Ausweisung der realisierbaren Potenziale ist eine realistische Jahresarbeitszahl einer dezentralen Wärmepumpe von 3,7 zu berücksichtigen.

¹¹ udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public

Das für Kommunen vollständig kostenfrei zugängliche ISONG-Portal bietet die für die technische Potenzialabschätzung nötigen Parameter, darunter WSG- und HQS-Zonen, die Bohrtiefenbegrenzung und die spezifische Wärmeentzugsleistung (bis 100 Meter Bohrtiefe, gemessen an 1.800 oder 2.400 h/a Betriebsstunden einer Wärmepumpe¹²). Entsprechend der Methodik des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) wird das Potenzial für Erdwärmesonden ab einer Bohrtiefe von 100 Meter bestimmt. Für die technisch-wirtschaftliche Potenzialabschätzung im Folgenden ist es dazu wichtig, ob eine Erdwärmesonde nur mit Wasser oder auch einem Wasser-Alkohol-Gemisch als Wärmeträgermedium betrieben werden darf. Hierbei sind WSG zu beachten.

Ab einer Länge einer Erdwärmesonde von mehr als 100 Meter wird eine bergrechtliche Genehmigung des Landesbergamtes notwendig. Diese Anforderung bedeutet jedoch keine Limitierung der Bohrtiefe zur Potenzialabschätzung und

es können potenziell hocheffiziente Anlagen realisiert werden.

Die Zuordnung der Anzahl an Erdwärmesonden zu einer Fläche (zum Beispiel freie Potenzialflächen außerhalb von Siedlungsgebieten oder auch auf bebauten Grundstücken) kann zielführend mit der Methodik nach LANUV Nordrhein-Westfalen (LANUV, 2015) unter Berücksichtigung der Abstandsregelungen entsprechend VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds“ als Mindestanforderung erfolgen. Zu beachten sind weitere Restriktionen bezüglich der Grundstücksgrenzen und Versorgungsleitungen im Untergrund. Danach muss der Abstand zwischen zwei benachbarten Geothermieranlagen mindestens 10 Meter und der Abstand zwischen Erdwärmesonden innerhalb einer Geothermieranlage untereinander mindestens 6 Meter betragen (VDI 4640-1, 2010) (VDI 4640-2, 2010)¹⁴. Die bestimmten Flächen werden abschließend in einer Kartendarstellung erfasst und entsprechende Potenziale als Kennwert aufsummiert.



FLÄCHENFINDUNG ERDWÄRMESONDEN

Um den Mindestabstand zweier angrenzender Erdwärmesondenanlagen von 10 m einhalten zu können, kann als Vereinfachung der Mindestabstand einer Sonde zum Seitenrand des Grundstücks mit 5 m angenommen werden. Daraus ergibt sich eine unbebaute Fläche von mindestens 100 m², die mittels einer Erdwärmesonde geothermisch erschlossen werden kann. Weitere Angaben zur Methodik finden sich in einer Publikation des LANUV Nordrhein-Westfalen (LANUV, 2015).

Erdwärmekollektoren

Anders als Erdwärmesonden oder geothermische Brunnenanlagen sind Erdwärmekollektoren, die auch als Körbe et cetera verbaut werden, nicht genehmigungspflichtig, sofern sie außerhalb von Wasserschutzgebieten liegen. Innerhalb von ausgewiesenen Wasserschutzgebieten müssen Erdwärmekollektoren lediglich angezeigt werden. Daraus ergibt sich ein natürlich großes theoretisches Potenzial in Gebieten, die dem Wasserschutz unterliegen. Prinzipiell müssen ausreichend große Flächen¹⁵ mit nur geringem Gefälle und geeigneten Bodeneigenschaften für effiziente flä-

chenspezifische Entzugsleistungen vorliegen. Eine Potenzialabschätzung erlaubt die Grabbarkeit des Untergrundes und ein hoher Grundwasserstand als günstige Standortfaktoren (Informationen dazu können aus dem ISONG entnommen werden). Um den Flächenverbrauch zu minimieren, sollen hier für die Potenzialerhebung¹⁶ nur geeignete Flächen innerhalb von Wasserschutzgebietszonen ausgewiesen werden, die nicht mittels Erdwärmesonden erschlossen werden können. Die bestimmten Flächen werden abschließend in einer Kartendarstellung erfasst und das entsprechende Potenzial als Kennwert ausgewiesen.

¹² Technikkennzahl: Typische Jahresarbeitszahlen (JAZ) Sole-Wasser-Wärmepumpe im Bestand JAZ= 3,3 – 3,7, im Neubau JAZ= 3,9 – 4,3 (KEA-BW et al., 2019).

¹³ Zur Berechnung des technischen Potenzials: Leistung Erdwärmesonde(-sondenfeld) = maximal Bohrtiefe × Anzahl Sonden auf der geeigneten Fläche ÷ Entzugsleistung. Je nach Untergrundbeschaffenheit ist bei einer 100 m tiefen Erdwärmesonde mit Entzugsleistungen zwischen 3 – 6 kW zu rechnen.

¹⁴ Technikkennzahl: Geothermische Anlagen > 30 kW, über 2400 h/a Betriebsstunden bedürfen neben der Bohranzeige beim LGRB noch einer wasserrechtlichen Erlaubnis der Unteren Wasserbehörde des Landratsamts.

¹⁵ Gängige Herangehensweise zur Flächenbestimmung ist die gesuchte Fläche für den Bau von Erdwärmekollektoren mit Faktor 1,5 – 2 der zu beheizenden Wohnfläche zu veranschlagen.

¹⁶ Technikkennzahl: Zur Potenzialbestimmung mit einem Kennwert kann ein Mittelwert aus den typischen Leistungen klassischer Erdwärmekollektoren von 10 – 35 W/m² bestimmt werden.

Grundwasser

Die Grundwassernutzung mit geothermischen Brunnenanlagen ist eine äußerst effiziente Nutzungsform der oberflächennahen Geothermie, die aber nur punktuell untersucht werden kann. Auskünfte über die Ergiebigkeit und Temperaturen des Grundwassers erteilen sowohl das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) als auch die LUBW. Aufgrund der Komplexität der Grundwassernutzung erscheint eine Potenzialerhebung für die kommunale Wärmeplanung nicht

umsetzbar. Sofern aber detaillierte Informationen zur Grundwassernutzung der Kommune vorliegen, also zur Ausdehnung grundwasserführender Schichten, deren Mächtigkeit, Grundwassermengen und -fließgeschwindigkeiten, bekannte Altlasten, benachbarte Brunnennutzung et cetera, kann sie eine wichtige Rolle in Quartieren mit effizientem Gebäudestandard oder energieintensiven Nichtwohngebäuden des Sektors GHD spielen. Zu beachten ist, dass bereits errichtete Anlagen grundsätzlich Bestandschutz genießen.



DEZENTRALE LÖSUNG MIT EINZELWÄRMEPUMPEN ODER ZENTRALE LÖSUNG MIT GROSS-WÄRMEPUMPE?

Für sehr effiziente, äußerst verbrauchsarme (Neubau-) Quartiere, die mit niedrigen Vorlauftemperaturen arbeiten können, bieten sich theoretisch sowohl kalte Nahwärmenetze, Niedertemperaturnetze als auch die Einzelversorgung mit dezentralen Wärmepumpen an. Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zeigen, dass Investitionen für verschiedene Versorgungsvarianten oftmals wirtschaftlich gleichauf liegen und lokale Faktoren auf Quartiersebene oder weitere Faktoren (zum Beispiel Grundstücksentwicklung) ausschlaggebend sind. Ob eine Groß-Wärmepumpe mit Wärmenetz oder ein kaltes Nahwärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen zum Einsatz kommt, ist neben anderen Faktoren durch die Gebäudeseite (benötigte Vorlauftemperatur), die Art der zu erschließenden Wärmequelle und die benötigte Netzlänge bestimmt.

Im Zuge der Wärmeplanung können diese Bereiche sowohl als Wärmenetz- als auch Einzelversorgungsgebiet zielführend erfasst werden. Eine alleinige Ausweisung als zum Beispiel „Niedertemperatur-Gebiet“ (LowEx) ist aber nicht ausreichend.

Tiefe Geothermie

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung kann ein technisches Potenzial der Wärme- und Stromerzeugung aus einem tiefeingeothermischen Reservoir nur vorsichtig abgeschätzt werden. Es sei denn, es liegen detailliertere Informationen zur thermodynamischen Leistungsfähigkeit des Erdreichs öffentlich vor. Dies ist aber in den wenigsten Kommunen der Fall. Aufsuchungs- und Gewinnungsrechte werden in Konzessionen („Erdwärmekonzessionen“) vergeben. Projektentwickler erstellen dort in der Regel Erschließungskonzepte. Auskunft darüber

bietet der Kartenviewer des LGRB. Dennoch bildet die tiefe Geothermie einen wichtigen Baustein der Wärmewende in Baden-Württemberg. Die Wärme kann je nach Temperaturniveau auch zur Stromerzeugung, aber in jedem Fall zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Typische Anlagen haben 2 – 20 MW thermischer Leistung und sind auch für die interkommunale Wärmeplanung eine wichtige Wärmequelle. Das Potenzial ist im Informationsportal des Projekts „Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben“ (GeORG) kartografisch dargestellt. Es liegen Informationen

zur theoretisch gewinnbaren Wärmemenge in GJ/m² (technisches Potenzial der hydrothermalen Wärmemenge, die bei der Abkühlung des Gesteines auf die Temperatur an der Erdoberfläche theoretisch gewonnen werden kann) für entsprechende geologische Schichten und tiefengeothermische Potenzialabschätzung auf Grundlager der Tiefenabschätzung in einer Tiefe von 500 bis 3000 Meter vor. Die nutzbare Wärmemenge hängt dabei von der Art der Nutzung und dem Erschließungspotenzial ab. Diese Plattform bietet aufgrund der Darstellung der möglichen Größe tiefengeothermischer Potenziale eine ausreichend genaue Datengrundlage für den Zweck der Wärmeplanung¹⁷.

Wärme aus Bergbauwerken

Einen Sonderfall der Nutzung der Erdwärme bildet das durch die Erdwärme aufgeheizte Grubenwasser aus Bergbauwerken. Da dies ein nur in den wenigsten Gebieten, aber dennoch punktuell großes Potenzial darstellen kann, sei hier auf die entsprechende Berechtsamkarte verwiesen (LGRB), die bei der Potenzialabschätzung herangezogen werden kann.

SOLARTHERMIE

Solarthermie, ob auf Frei- oder auf Dachflächen, besitzt im Land ein sehr großes Potenzial. Für die kommunale Wärmeplanung unterscheiden sich die Herangehensweisen für Solarthermie auf Freiflächen („Große Solarthermie“) von der für Dachflächen. Die Potenzialerhebung für beide Nutzungsarten wird im Folgenden näher erläutert. Eine weitaus detailliertere Anleitung zum methodischen Vorgehen zur Ermittlung des Solarpotenzials findet sich im Leitfaden Energienutzungsplan des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (StMUG, 2011). Im Zuge der Wärmeplanung muss das Solarthermie-Potenzial mit dem Potenzial der Photovoltaik abgeglichen werden. Eine Vereinfachung kann dabei getroffen werden: In Wärmenetz-Eignungsgebieten kann das Dachflächenpotenzial für Solarthermie

vernachlässigt werden. Vorgeschlagen wird ein pauschaler Flächenenertrag von 400 kWh pro Quadratmeter Kollektorfläche. Prinzipiell werden entweder Röhren- oder Flachkollektoren mit unterschiedlichen spezifischen Kosten und Temperaturniveaus verwendet.

Freiflächen

Eine Ausweisung von geeigneten Freiflächen und damit verbundenen Potenzialen findet sich im Energieatlas-BW¹⁸, allerdings hauptsächlich für PV-Freiflächenanlagen unter Berücksichtigung des aktuellen Berücksichtigung des aktuellen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Für solarthermische Anlagen und für PV-Anlagen zur Eigenstromnutzung ergeben sich allerdings gewisse Restriktionen an die Gebietsausweisung. Anhand eines Indikatorenmodells sind dort alle möglichen Flächen in benachteiligten Gebieten erfasst. Zu diesen benachteiligten Gebieten können auch für die PV-Nutzung aus technischer Sicht gut geeignete Flächen, wie zum Beispiel Konversionsflächen oder Seitenrandstreifen gehören. Für die strategische Flächensicherung können neben der Möglichkeit eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans auch bedingt geeignete Flächen herangezogen werden, sofern sie außerhalb folgender Flächen liegen:

- weiche Restriktionsflächen
- Biosphärengebiete
- Biotopverbünde
- Generalwildwegepläne
- Landschaftsschutzgebiete
- Natura 2000 Gebiete
- Wasserschutzgebietszonen I und II

Zudem können Entwicklungs- und Vorrangflächen für Freiflächenanlagen in der Regionalplanung sowie in kommunalen Flächennutzungsplänen ausgewiesen werden. Zur Nutzung von Freiflächen-Solarthermie (und PV-) Anlagen liegen verschiedene Leitfäden vor (Ministerium für Umwelt, 2019), (Solites, 2016).

Weiterführende Informationen:

- Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)
- Umwelt-Daten und -Karten Online-Dienst (UDO)
- Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Fachbericht 40: Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4
- Informationsportal Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben (GeORG)

¹⁷ Weitere Auskünfte kann zudem das Landesforschungszentrum Geothermie (LFZG) erteilen: www.lfzg.de.

¹⁸ www.energieatlas-bw.de.

Weiterführende Informationen:

- Leitfaden Energienutzungsplan des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (StMUG, 2011)
- Energieatlas-BW
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen. 2019.
- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. 2020. Lärmschutz bei Luft-Wärmepumpen.
- IGKB. 2005. Bodensee-Richtlinien, Arbeitshilfe mit VwV zu ihrer Einführung in Baden-Württemberg Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee.

Als kritische minimale Bodenfläche einer solchen Freiflächenanlage zur technischen Potenzialabschätzung wird eine Fläche von 2.000 Quadratmeter festgelegt. Dies entspricht einer minimalen Wärmeerzeugung von circa 270 MWh/a¹⁹. Dabei kann im Zuge der Wärmeplanung die geografische Lage und Ausrichtung (zum Beispiel Hangflächen) zunächst unberücksichtigt bleiben. Freiflächenanlagen bieten große Potenziale für interkommunale Wärmeplanung.

Dachflächen

Ebenso wie die Freiflächen können auch Dachflächen mittels des Energieatlas-BW erfasst werden. Um im Zuge der Wärmeplanung nicht zu kleinteilig zu arbeiten, werden verfügbare Dachflächen nur auf Gebäuden mit einer Grundfläche größer 50 Quadratmeter bestimmt. Als Potenzialflächen²⁰ kann für Solarthermie mit 25 Prozent der Grundfläche gerechnet werden (50 Prozent bei PV). Das bisher genutzte Potenzial kann über das BAFA erfragt werden.

UMWELTWÄRME

Neben der ausführlichen Betrachtung der Potenziale der Oberflächennahen Geothermie wird hier unter dem Begriff Umweltwärme die Erhebung aller Potenziale aus Oberflächengewässern und der Luft beschrieben.

Oberflächengewässer

Ähnlich wie die Potenzialerhebung von Grundwasser mit geothermischen Brunnenanlagen erfordert auch die Erfassung der Potenziale von Wärme aus Flüssen und Seen immer eine Einzelfallprüfung.

Mittels Groß-Wärmepumpen²¹ können bei geeigneten Durchflussmengen/Reservoirgrößen und Tiefe der Entnahme/Rückgabe in Seen erhebliche technische Potenziale bestehen, die dann zusätzlich im kommunalen Wärmeplan dargestellt werden.

Einen Sonderfall stellt die Seewärmenutzung im Bodensee dar, die im Wesentlichen durch die Randbedingungen aus der Bodensee-Richtlinie geregelt ist (IGKB, 2005)²². Bei der Ermittlung möglicher Potenziale sind folgende Rahmenparameter anzuwenden:

- zulässige Entnahmetiefe: 0 bis 40 Meter
- zulässige Rückgabtiefe: 20 bis 40 Meter

Luft

Umgebungsluft ist prinzipiell überall, auch innerstädtisch, nutzbar²³. Es sei hier auf die Vorgaben an den Lärmschutz von Luft-Wärmepumpen in Siedlungsgebieten hingewiesen (LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2020). Da das Potenzial überall zur Verfügung steht, alternative Wärmequellen – wie Sole und Wasser – aber effizienter nutzbar sind, sollten dezentrale Luft-Wasser- und Luft-Luft-Wärmepumpen nur in Gebieten als vorrangige Option ausgewiesen werden, in denen (i) keine netzgebundene Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien technisch-wirtschaftlich realisierbar ist (Einzelversorgungsgebiete) und (ii) in denen keine oberflächennahe geothermische Wärmequelle erschlossen werden kann. Einen Sonderfall bilden große Luft-Wasser-Wärmepumpen²⁴ außerhalb von Siedlungsflächen.

3.3.3 ERHEBUNG DER LOKALEN ABWÄRME-POTENZIALE

Trotz äußerst unterschiedlicher Faktoren rund um die Nutzung von Abwärmequellen werden im Zuge der kommunalen Wärmeplanung systematisch alle relevanten Abwärmequellen räumlich und ihrem technischen Potenzial nach erfasst. Schwierig dabei gestaltet sich die Bestimmung eines eigentlichen Abwärmepotenzials, welches sich in einem Wärmenetz nutzen lässt.

Eine eindeutige Definition eines Grenzwerts der Wärmemenge und des Abwärmeeveaus liegt nicht vor.

¹⁹ Technik Kennzahl: Jährlicher Kollektorsertrag bei rund 400 kWh/m² a; Geringere Werte bei Anlagen mit saisonalem Speicher.

²⁰ Technik Kennzahl: Abschätzung der Solarthermie-Dachfläche mit spez. Deckungsgrad 60 Prozent Warmwasserbereitung, 15-20 Prozent Raumwärme (Basis: Wärmebedarf unter Berücksichtigung einer zukünftigen Einsparung), und 400 kWh/m² Ertrag der Kollektorflächen.

²¹ Technik Kennzahl: Große Wasser-Wasser-Wärmepumpe JAZ > 4.

²² Zulässige maximale Spreizung von 1 K (Abkühlung; siehe Bodensee-Richtlinie).

²³ Technik Kennzahl: Typische Jahresarbeitszahlen (JAZ); Luft-Wasser-Wärmepumpe im Bestand JAZ = 2,6 – 3,1, im Neubau JAZ = 2,9 – 3,1 (KEA-BW et al., 2019).

²⁴ Technik Kennzahl: JAZ = 3,5.

Eine gewisse Hilfestellung bietet das KfW-Förderprogramm Energieeffizienz und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien in der Wirtschaft (KfW 295)²⁵. Zudem wurde im Dezember 2020 das Abwärmekonzept Baden-Württemberg²⁶ vom Ministerrat beschlossen.

Abwärmequellen unterscheiden sich nach folgenden Kriterien: Art, Temperaturniveau und Zeitprofil der Wärmequelle, Lage der Quelle relativ zu Wärmekunden, Vorhandensein eines Wärmenetzes, potenzieller Betreiber eines Wärmenetzes, Eigentümerstruktur des Unternehmens, Größe der Kommune und Wärmeabsatz. Dort, wo Abwärme anfällt, sie sich nicht vermeiden lässt, sich nicht innerbetrieblich nutzen lässt und sie sich technisch-wirtschaftlich für ein Wärmenetz erschließen lässt, ist sie immer Teil der lokalen Wärmewendestrategie und sollte bei großen Abwärmemengen auch immer Teil einer interkommunalen Wärmeplanung sein. Entscheidend zur Erschließung eines ausreichend großen Abwärmepotenzials ist immer die Kooperationsbereitschaft des Betriebs. Je nach Temperaturniveau der Abwärme ergeben sich unterschiedliche Erschließungsmöglichkeiten:

- nieder- und mittelkalorische Abwärmequellen mit Groß-Wärmepumpen²⁷ oder mittels Kalten Nahwärmenetzen mit dezentralen Wärmepumpen
- hochkalorische Quellen mit Direkteinspeisung in Wärmenetze

Anhand von vorliegenden gebäudescharfen Wärmebedarfen/-Verbrauch und abgefragter Informationen über die Branchen und Prozesse können erste Abschätzungen zum Abwärmepotenzial getroffen werden. Im nächsten Schritt werden die Unternehmen kontaktiert und unter anderem Informationen zu Wärmeträger, -leistung, -menge, Abnehmer, Auskopplungsaufwand, Verfügbarkeit und Temperaturniveau eingeholt.

Um Möglichkeiten zur Abwärmenutzung im Betrieb selbst zu erkennen, sei hier auf das Beratungsangebot der Regionalen Kompetenzzentren Netzwerk Energieeffizienz (KEFF) hingewiesen²⁸. Hinweise auf größere potenzielle Abwärmequellen sind vor allem große Energiekunden von Strom und Gas. In enger Abstimmung mit den Unternehmen können aber auch Angaben zum Brennstoffeinsatz oder auch Immissionskennzahlen und Abgasströme in Potenziale umgerechnet werden (ISI, 2019). Solche Daten liegen auch den zuständigen Immissionsschutzbehörden vor. Besondere Beachtung finden dabei die im Folgenden näher beschriebenen Abwärmequellen²⁹.

INDUSTRIE UND GHD

Unter Berücksichtigung der Wahrung von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen können relevante Daten aus dem Bereich der industriellen Abwärme und Abwärme aus dem Sektor Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) räumlich erfasst werden. Im Klimaschutzgesetz wird dazu eine rechtliche Grundlage zur Datenerfassung geschaffen.

Neben dem Vorhandensein erschließbarer Abwärme-Potenziale von ausreichender Größe und geeigneter technischer Rahmenbedingungen zur Auskopplung der Wärme muss bei den entsprechenden Unternehmen die grundsätzliche Bereitschaft vorliegen, sich an kommunalen Wärmeversorgungskonzepten zu beteiligen. Die Priorität der Unternehmen wird dabei stets auf der Betriebssicherheit der Prozesse liegen, die durch eine beabsichtigte Wärmebereitstellung nicht gefährdet werden darf.

RECHENZENTREN

Besonders relevant als Abwärmequelle sind die oft an Universitätsstandorten errichteten (Hochleistungs-)Rechenzentren (HPC Zentren)³⁰. In klassischen Rechenzentren überwiegt die Kühlung mit Luft. Hier werden typische Kaltwasserrücklauftemperaturen von 18 – 30 °C erzielt.

²⁵ KfW-Förderprogramme 295: www.kfw.de

²⁶ Landeskonzzept Abwärme Baden-Württemberg: www.um.baden-wuerttemberg.de

²⁷ Technikkennzahl: Für Abwärme im nieder-/mittelkalorischen Bereich, Groß-Wärmepumpe JAZ > 4.

²⁸ www.keff-bw.de

²⁹ Das Land Baden-Württemberg sieht ein Abwärme-Potenzial von 9-15 Prozent vom Gesamtenergieverbrauch des Gewerbesektors.

³⁰ Technikkennzahl: 1 kWel = 0,46 kWth (Quelle: www.nachhaltigerechenzentren.de/).

HPC können Rücklauftemperaturen von bis zu circa 60 °C erreichen.

Somit stellen Rechenzentren attraktive Abwärmquellen dar, die räumlich und mit den entsprechenden Potenzialen erfasst werden. Weitere Informationen bietet der Leitfaden „Nachhaltige Rechenzentren“ des Forschungsverbunds Nachhaltige Rechenzentren Baden-Württemberg erschienen (EcoRZ, 2020).

ABWASSER (AUSLAUF VON KLÄRANLAGEN, ABWASSERSAMMELKANÄLE)

Dem kommunalen Abwasser können im Abwasserkanal und nach einer Kläranlage, in deren Auslauf große Wärmemengen entnommen werden³¹. Das kommunale Abwasser im Vorlauf einer Kläranlage kann sinnvoll direkt im Kanal (oder per Bypass) zur Einzelgebäudeversorgung, für Quartiere oder für ein Kaltes Nahwärmenetz genutzt werden³². Die Erschließung der Abwärme aus dem Kläranlagen-Auslauf ist mit einer Groß-Wärmepumpe möglich. In jedem Fall sind die Anforderungen an die Betriebssicherheit der Anlagen und Kanäle zu gewährleisten. Die zur Potenzialerhebung notwendigen Angaben (wie Tagesmittelwert des Trockenwetterabflusses, Rohrdimensionierung und -verlauf, Abwassertemperatur) können beim Abwasserwirtschaftsbetrieb der Kommune, dem Stadtwerk, Tiefbauamt aber auch beim Betreiber der örtlichen Kläranlage angefragt werden.

Ab einer nutzbaren Abwassermenge von circa 110 m³ pro Einwohner und Jahr ergibt sich für die meisten Kommunen mit mehr als 10.000 Einwohnern ein nutzbares Potenzial aus dem kontinuierlich anfallenden Rohabwasser. Da zur Erschließung eine hohe Heizlast (mindestens 100 kW = circa 20 Wohneinheiten) und eine geeignete Distanz der Objekte zum geeigneten Abwasserkanal notwendig sind, werden alle Gebäude in einem Radius von 100 – 300 Meter um den geeigneten Kanal als Potenzialgebiet in einem kommunalen Wärme-

plan erfasst. Sinnvollerweise werden bei der Kartierung solche Kanäle erfasst, die mindestens 10, besser 15 Liter Rohabwasser pro Sekunde (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) führen, die auch im Winter eine Abwassertemperatur von über 10 °C, Kanalquerschnitte von mindestens 400 mm und ein Gefälle des Kanals von mindestens 1 Promille aufweisen (ifeu, 2018).

Weitaus größere Potenziale können im Kläranlagen-Auslauf identifiziert werden, da die mögliche Temperaturspreizung im Gegensatz zur Wärmeentnahme im Vorlauf nicht begrenzt ist und das Abwasser hinter der Kläranlage gereinigt ist³³. Zur Potenzialermittlung eignen sich vor allem Kläranlagen in Kommunen ab 10.000 Einwohnerinnen und Einwohnern (Größenklasse 4 und 5), die typischerweise im Abstand von wenigen Hundert Metern zur Wohnbebauung errichtet sind.

ANLAGEN ZUR THERMISCHEN ABFALLVERWERTUNG

Auch in Anlagen zur thermischen Abfallverwertung fallen große Mengen an Abwärme an, die oft schon energetisch genutzt werden. Dennoch sollte die thermische Leistung im Rahmen der Potenzialerhebung erfasst und hinsichtlich einer Integration in Wärmenetze bewertet werden.

UNTERIRDISCHE BAUWERKE (ZUM BEISPIEL U-BAHNTUNNEL)

Sofern innerhalb des Gemeindegebiets unterirdische Bauwerke geplant werden, die im Grundwasser errichtet werden sollen, kann auch dort lokal Abwärme mit thermischer Bauteilaktivierung gewonnen werden. Darunter fallen vor allem Bauwerke wie U-Bahntunnel. Ebenso kann die Abluft von Tunneln thermisch genutzt werden. Diese Potenziale lassen sich räumlich und mit einem Kennwert erfassen.

³¹ Technikkennzahl: Für 1 m³/h Abwasser: 1 K Absenkung = 1,164 kW Wärmeleistung; 5 K Absenkung = 5,820 kW Wärmeleistung. Angaben des mittleren jährlichen Trockenwetterabflusses können durch den Betreiber erfolgen.

³² Technikkennzahl: Energieangebot eines Abwasserkanals: Entzugsleistung in kW = Tagesmittelwert des Trockenwetterabflusses (l/s) mal Faktor 8.

³³ Technikkennzahl: Energieangebot in gereinigtem Abwasser: Entzugsleistung in kW = Tagesmittelwert des Trockenwetterabflusses (l/s) mal Faktor 16.

ANLAGEN ZUR STROMERZEUGUNG (KWK)

Sofern Abwärme aus Biogas- und KWK-Anlagen nicht bereits genutzt wird, wird das entsprechende Potenzial im Rahmen der Wärmeplanung erfasst.

POWER-TO-X

In Zukunft werden Power-to-X-Anlagen (Gas, Heat, Liquid, Chemicals) errichtet werden. Diese besitzen große Abwärmepotenziale, die systematisch räumlich und mit Kennwert erfasst werden. Ein gesteuerter, strategischer Ausbau kann dazu dienen, auch Abwärmepotenziale an den Orten aufzubauen, wo auch die Wärme genutzt werden kann.

3.3.4 POTENZIALANALYSE STROM AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN FÜR WÄRMEANWENDUNGEN

Grundsätzlich ist der Sektor Stromerzeugung nicht Gegenstand der Wärmeplanung. Für die Zwecke der Wärmeplanung soll vielmehr davon ausgegangen werden, dass spätestens bis 2050 auch das Ziel einer klimaneutralen Stromversorgung erreicht wird. Allerdings lassen sich große Teile der oben beschriebenen technischen Potenziale an erneuerbaren Energien nur mittels strombetriebener Wärmepumpen erschließen. Auch der Ersatz für Brennstoffe durch Wasserstoff und daraus gewonnene gasförmige wie flüssige synthetische Energieträger werden ein ergänzender Baustein der Wärmewende sein. Je mehr synthetische Brennstoffe in der Wärmeversorgung eingesetzt werden, umso mehr steigt der erneuerbare Strombedarf für Elektrolyse und nachfolgende Prozessschritte. Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung sollen daher auch konsequent 100 Prozent der lokalen technischen Potenziale der erneuerbaren Stromerzeugung bestimmt und damit ein Beitrag dazu geleistet werden, den steigenden Strombedarf dezentral zu decken.

PHOTOVOLTAIK

Für Photovoltaik-Anlagen (PV), ob auf Freier oder auf Dachflächen, auf Wohn- oder Nichtwohngebäuden, besteht landesweit ein enormes Potenzial. Hinzu kommt die Möglichkeit der Integration von PV in Gebäudefassaden. Für die kommunale Wärmeplanung unterscheiden sich die Herangehensweisen für PV auf Freiflächen und auf Dachflächen. Die Potenzialerhebung für beide Nutzungsarten wird im Folgenden näher erläutert.

Freiflächen

Eine Ausweisung von geeigneten Freiflächen und damit verbundenen Potenzialen findet sich im Energieatlas-BW³⁴. Anhand eines Indikatorenmodells sind dort alle möglichen Flächen in benachteiligten sowie auf gut geeigneten Gebieten, wie Konversionsflächen und Seitenrandstreifen erfasst.

Dabei kann im Zuge der Wärmeplanung die geografische Lage oder Ausrichtung zunächst unberücksichtigt bleiben. Basierend auf den Restriktionskriterien und potenziell geeigneten Freiflächen werden im Energieatlas-BW geeignet und bedingt geeignete Potenzialflächen ausgewiesen³⁵.

Dachflächen

Auch Potenziale auf Dachflächen können mittels des digitalen Oberflächenmodells im Energieatlas-BW erfasst werden. Dort sind verschiedene Eignungsstufen erfasst:

- sehr gut geeignet: 95 – 100 Prozent der maximal in der Region nutzbaren Einstrahlungsenergie
- gut geeignet: 80 – 94 Prozent der maximal in der Region nutzbaren Einstrahlungsenergie
- bedingt geeignet: 75 – 79 Prozent der maximal in der Region nutzbaren Einstrahlungsenergie
- vor Ort zu prüfen: < 75 Prozent der maximal in der Region nutzbaren Einstrahlungsenergie

Weiterführende Informationen:

- Forschungsverbund Nachhaltige Rechenzentren Baden-Württemberg, Leitfaden Nachhaltige Rechenzentren (EcoRZ, 2020)
- ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH, 2018. Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende.

³⁴ www.energieatlas-bw.de

³⁵ Technikennzahl: Flächenertrag einer PV-Freiflächenanlage 1000 kWh/kWp oder knapp 40 kWh/m² Bodenfläche

Weiterführende Informationen:

■ Energieatlas-BW:

www.energieatlas-bw.de

Um im Zuge der Wärmeplanung nicht zu kleinteilig zu arbeiten, werden verfügbare Dachflächen nur auf Gebäuden mit einer Grundfläche größer 50 Quadratmeter bestimmt³⁶. Als Potenzialflächen kann für die Stromerzeugung mit 50 Prozent der Grundfläche mit typischen Ertragswerten³⁷ gerechnet werden (25 Prozent bei Solarthermie).

WINDENERGIE

Neben PV-Freiflächen- und Wasserkraftanlagen ist die Windenergie an Land die wichtigste Technologie zur Bereitstellung von erneuerbarem Strom. Der Windatlas-BW³⁸ beinhaltet Karten für unterschiedliche Kenngrößen, die jeweils für die Berechnungshöhen zwischen 100 und 200 Metern ermittelt wurden. Im Kartenangebot des Atlas werden die mittlere gekappte Windleistungsdichte für verschiedene Höhen über Grund und für verschiedene Leistungen der Jahresertrag abgeschätzt sowie die Standortgüte nach EEG 2017 räumlich ausgewiesen. Nicht dargestellt werden Angaben zu Besitzverhältnissen, theoretisch in Frage kommende Standorte und einzuhaltende Vorgaben. Die genaue Ermittlung des lokalen Windpotenzials kann aber nur im Einzelfall geklärt werden. Einen Überblick über den Planungsstand der kommunalen Planungsträger geben die verschiedenen Regierungsbezirke.

WASSERKRAFT

Der Energieatlas-BW ist eine wichtige Quelle für die Bestimmung des technischen Potenzials der Wasserkraft³⁹. Die Webkarte zeigt das mögliche Aus- und Neubaubaupotenzial an bereits genutzten Wasserkraftstandorten zwischen (minimal) 8 kW bis 1 MW („Große Wasserkraft“) Leistung sowie das Wasserkraftpotenzial an noch nicht erschlossenen Querverbauungen (Regelungs- und Sohlenbauwerke) in den baden-württembergischen Flusseinzugsgebieten. Die Genehmigungsfähigkeit der ermittelten Standorte für Wasserkraftanlagen unterliegt stets einer Einzelfallprüfung.

3.3.5 RÄUMLICHE DARSTELLUNG DER POTENZIALE

Bei der folgenden Entwicklung von Eignungsgebieten für die Wärmeversorgung können grafische Darstellungen in Form von Karten der verschiedenen Potenziale und deren Endenergie einen Überblick bieten. Solche Karten sind vor allem zielführend für das solarthermische Potenzial (wie Dachflächenkataster, Freiflächen), Geothermie-Potenziale (unter anderem Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren), Abwärme- (zum Beispiel Kanalverläufe, Kläranlagen oder punktuelle Abwärmequellen aus dem Bereich GHD) und Umweltwärme-Potenziale (wie Oberflächengewässer-Nutzung). Gelungene grafische Umsetzungen finden sich im Energieleitplan der Stadt Konstanz⁴⁰ oder in der Energieplankarte der Stadt Zürich⁴¹.

³⁶ Hinweis Daten aus dem Energieatlas-BW: Es werden nur für PV-Nutzung geeignete Dachflächenbereiche von mindestens 10 m² Modulfläche (für geneigte Dächer) berücksichtigt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 25 m² für die PV-Nutzung aufweisen, um berücksichtigt zu werden: www.energieatlas-bw.de/sonne

³⁷ Technikkennzahl: Flächenenergieertrag eines PV-Kollektors 1000 kWh/kWp.

³⁸ Windkraftpotenzial: www.energieatlas-bw.de/wind

³⁹ Wasserkraftpotenzial: www.energieatlas-bw.de/wasser

⁴⁰ www.konstanz.de/leben+in+konstanz/umwelt/klima+_+energie/energienutzungsplan

⁴¹ Energieplankarte der Stadt Zürich: www.stadt-zuerich.ch

3.4 ENTWICKLUNG VON VERBRAUCHS- UND VERSORGUNGSSZENARIEN

3.4.1 KOMMUNALE KLIMASCHUTZZIELE: KLIMANEUTRALITÄT 2050

Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Klimaschutzgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2050 vor. Gemäß Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass durch die Wärmeversorgung spätestens im Jahr 2050 keine Treibhausgas-Emissionen mehr verursacht werden dürfen. Daraus ergibt sich, dass dem

aufzustellenden Zielszenario 2050 die Dekarbonisierung des Wärmesektors zugrunde liegt (siehe Kapitel 3.4 – 3.5).

Eigene kommunale Ziele, die über diese Vorgabe in zeitlicher Hinsicht hinausgehen, können selbstverständlich ebenfalls Grundlage der Wärmeplanung sein.



ZUSAMMENFASSUNG

Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung eines aussagekräftigen Zielszenarios zur klimaneutralen Wärmeversorgung für das Jahr 2050 mit einem Zwischenschritt für 2030 erläutert. Die Anforderungen sind in § 7c Absatz 2 (3) KSG BW definiert.

In Abschnitt 3.4.1 wird auf die im Klimaschutzgesetz festgelegten Klimaschutzziele des Landes verwiesen. Die kommunalen Ziele müssen sich an diesen Landeszielen orientieren. Jede Kommune entwickelt im kommunalen Wärmeplan ihren Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung, der die jeweilige Situation vor Ort bestmöglich berücksichtigt.

In Abschnitt 3.4.2 wird eine Methode zur Berechnung eines Szenarios für den zukünftigen Endenergieverbrauch vorgestellt. Analog zu Abschnitt 3.2.2 wird ein Top-Down Ansatz vorgestellt, der auf den Ergebnissen der aktuellen Energie- und Treibhausgas-Bilanz beruht. Anhand von Faktoren werden Endenergieeinsparungen und die Nutzung erneuerbarer Energien in die Zukunft projiziert. Durch die Variation der Eingabeparameter können unterschiedliche Szenarien erstellt werden. Für jedes Szenario werden die erreichbaren Treibhausgas-Minderungen berechnet. Die Methode ermöglicht eine intensive Fachdiskussion zu den erforderlichen Energieeinsparungen und der Nutzung der vorhandenen Potenziale an erneuerbaren Energien und Abwärme in der Kommune. Diese Szenarien müssen mit den Ergebnissen der Bottom-Up Analysen zur Wärmebedarfsentwicklung, der lokalen Potenziale und der erwarteten Versorgungsstruktur abgeglichen und gegebenenfalls angeglichen werden. Das Ergebnis ist eine konsistente Energie- und Treibhausgas -Bilanz mit detaillierten Zieldefinitionen nach Sektoren und Energieträgern für die Jahre 2030 und 2050. Gemäß § 7d Absatz 2 Satz 2 und 3 KSG BW müssen diese Informationen an eine Landesdatenbank übermittelt werden.

Die Nutzung von Strom zur Wärmeversorgung – beispielsweise zum Betrieb von Wärmepumpen, als Direktstromheizung oder zur Herstellung synthetischer Brennstoffe – hat große Rückwirkungen auf die Stromversorgung. Abschnitt 3.4.3 erläutert die Berücksichtigung der Sektorenkopplung bei der Erstellung des Szenarios für die zukünftige Wärmeversorgung.



3.4.2 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DES WÄRMEBEDARFS UND DER NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Der in Abschnitt 3.2.2 erläuterte Rahmen zur Bilanzierung des Energiebedarfs eignet sich auch zur Erstellung eines Zielszenarios und zur Berechnung der dabei erzielbaren Treibhausgas-Minderungen.

Die hier präsentierten Tabellen und Grafiken wurden mit dem Bilanzierungstool BICO2BW erzeugt⁴². Mit der folgenden Szenarioanalyse können grundsätzliche Fragestellungen untersucht werden:

- Zusammenhang zwischen Energieeinsparung und Treibhausgas-Minderung
- Zusammenhang zwischen Ersatz fossiler Energieträger und Treibhausgas-Minderung
- Ausnutzung der ermittelten lokalen Potenziale erneuerbarer Energien

- Einfluss synthetischer Energieträger und dafür erforderlicher Strombedarf (siehe auch Abbildung 15)

Ausgehend von der Ist-Bilanz können Reduktionsfaktoren je Sektor angewandt werden, um den zukünftigen Wärmebedarf abzuschätzen. Solche Faktoren können aus verschiedenen Studien abgeleitet werden. Die für Baden-Württemberg maßgebliche Studie des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW, 2017) rechnet zum Beispiel mit Einsparungen bis 2050 von 45 Prozent im Bereich der privaten Haushalte, 37 Prozent für Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und 29 Prozent für die Industrie (Tabelle 1). Für die eigenen Liegenschaften haben viele Kommunen schon eigene Ziele definiert.

Tabelle 1: Beispiel projizierter Endenergieverbrauch 2050 mit Angaben zur Einsparung:

PROJIZIERTER ENDENERGIE- VERBRAUCH 2050 [MWh/a]	STROM	WÄRME	SUMME	WÄRME- EINSPARUNG	ENERGIE- EINSPARUNG
Private Haushalte	57.031	140.338	197.369	39 %	56 %
GHD	92.422	131.903	224.325	43 %	50 %
Industrie	28.276	12.949	41.225	36 %	42 %
Kommune	15.115	2.443	17.558	16 %	62 %
Summe	192.844	287.633	480.477	34 %	54 %

In einem weiteren Schritt kann der so ermittelte Endenergieverbrauch auf die zukünftige Beheizungsstruktur übertragen werden. Dazu wird ein Szenario entwickelt, dass die Zielvorgabe einer klimaneutralen Wärmeversorgung erfüllt. Diese kann vorerst auf Basis der Szena-

rien bundesweiter oder landesweiter Analysen oder durch die Anwendung realer oder notwendiger Trends und eigener Erfahrungswerte abgeschätzt werden. Die folgende Tabelle 2 zeigt eine beispielhafte Zusammensetzung.

⁴² Im BICO2BW-Bilanzierungstool wurde ein entsprechendes Excel-Arbeitsblatt zur Berechnung von Szenarien integriert.

Tabelle 2: Beispiel Beheizungsstruktur 2050 mit Anteilen der Energieträger in Prozent:

BEHEIZUNGS- STRUKTUR AN- TEILE 2050 IN PROZENT	HEIZÖL	ERDGAS	WÄRME- NETZ	SYNTHE- TISCHE BRENN- STOFFE	SOLAR- THERMIE	BIO- MASSE	WÄRME- PUMPE	DIREKT- STROM
Private Haushalte	0	0	26	10	10	15	23	6
GHD	0	0	26	10	10	10	28	6
Industrie	0	0	26	35	0	0	33	6
Kommune	0	0	53	10	10	0	21	6

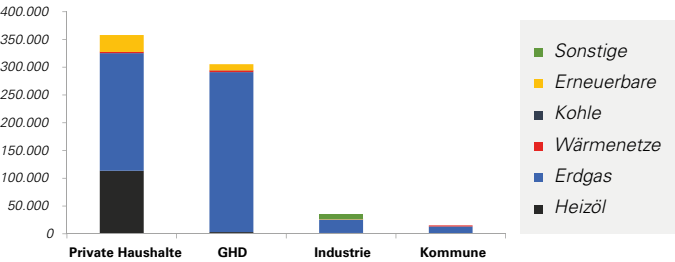
Durch die Anwendung der Beheizungsstruktur auf den projizierten Wärmebedarf ergibt sich so eine Endenergiebilanz nach Sektoren und Energieträgern für das entsprechende Zieljahr (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Beispiel projizierter Endenergieverbrauch differenziert nach Energieträgern:

PROJIZIERTER ENDENERGIE- VERBRAUCH NACH ENER- GIETRÄGERN 2050 [MWh/a]	HEIZÖL	ERDGAS	WÄRME- NETZ	SYNTHE- TISCHE BRENN- STOFFE	SOLAR- THERMIE	BIO- MASSE	WÄRME- PUMPE	DIREKT- STROM
Private Haushalte	0	0	37.187	14.034	14.034	21.051	31.578	8.420
GHD	0	0	34.952	13.190	13.190	13.190	36.275	7.914
Industrie	0	0	3.431	4.532	0	0	4.209	777
Kommune	0	0	1.295	244	244	0	513	147
Summe	0	0	76.865	32.001	27.468	34.241	72.576	17.258

Diese Ergebnisse werden als Ist-Zustand und zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs für das Jahr 2030 als Zwischenschritt und für das Zielszenario 2050 dargestellt (Abbildung 12).

(A) WÄRMEVERBRAUCH 2020 [MWh/a]



(B) WÄRMEVERBRAUCH ZIELSZENARIO 2050 [MWh/a]

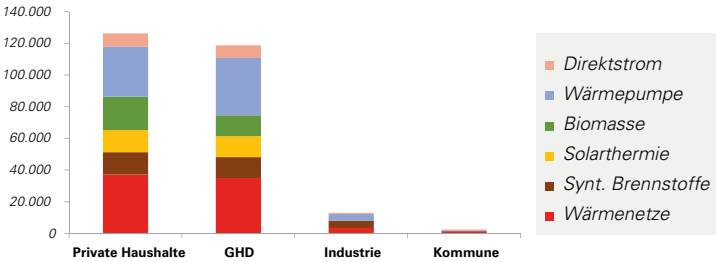
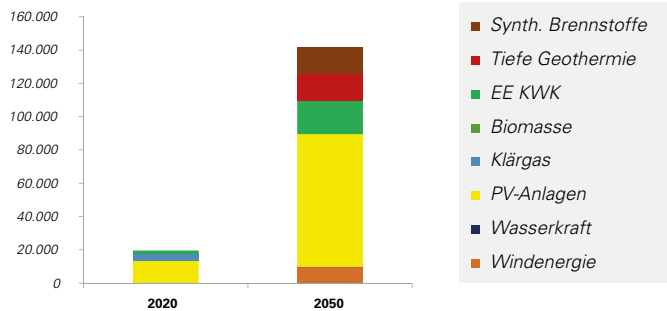


Abbildung 12: Beispielhafte Szenarien des Wärmeverbrauchs eines (a) Ist-Zustands und (b) eines klimaneutralen Zielszenarios 2050 einer ausgewählten Kommune.

Im Weiteren können die Anteile lokal erzeugter erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung und zur Wärmeerzeugung in Wärmenetzen abgebildet werden (Abbildung 13).

(A) LOKALE EE STROMERZEUGUNG [MWh/a]



(B) EE IN WÄRMENETZEN [MWh/a]

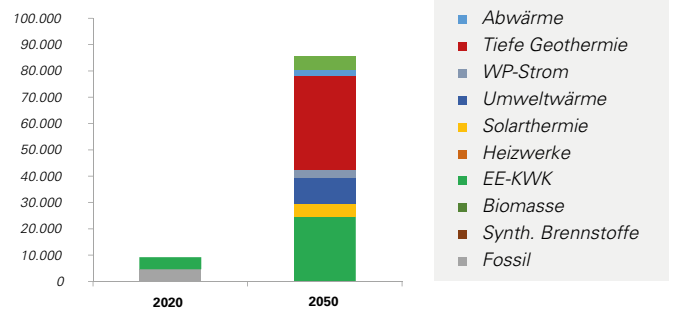


Abbildung 13: Beispielhafte Verteilung lokal erzeugter erneuerbarer Energien (EE) an (a) der Stromerzeugung und (b) in Wärmenetzen.

Aus den projizierten Energieverbrauchswerten kann mit den entsprechenden Emissionsfaktoren⁴³ die Treibhausgas-Minderungen des

Zielszenarios 2050 (und Zwischenschritts 2030) berechnet und dargestellt werden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Beispielhafte Berechnung der Treibhausgas-Minderung (THG) nach Sektoren:

THG-EMISSIONEN	SUMME 2050 [t CO ₂]	SUMME 2020 [t CO ₂]	THG-MINDERUNG [%]
Private Haushalte	14.259	139.594	90%
GHD	15.073	152.965	90%
Industrie	2.272	28.366	92%
Kommune	978	20.887	95%
Summe	51.585	468.618	89%

Durch die Diskussion mehrerer Szenarien mit Verwaltung, Stadtwerken und weiteren Akteuren können verschiedene Aspekte der lokalen Wärmewendestrategie beleuchtet und ein besseres Verständnis für die künftigen Herausforderungen vermittelt werden.

Gebiete mit zentraler und dezentraler Versorgung (Abschnitt 3.5.4). So erfolgt in einem kontinuierlichen Prozess ein Abgleich zwischen lokalen Gegebenheiten und notwendigen Entwicklungen. Dieser Aspekt wird dabei auch in der rollierenden Wärmeplanung berücksichtigt.

Kommunale Wärmeplanung als Prozess ist mit Iterationsschleifen versehen, wie in Kapitel 3.1 erläutert wurde (siehe Abbildung 5). Daher muss die so ermittelte Bilanz im Verlauf des Planungsprozesses iterativ überarbeitet werden, um die Bilanz an den neuen Bearbeitungsstand anzupassen. Die in Kapitel 3.3 ermittelten lokalen Potenziale sind dabei genauso zu berücksichtigen wie die Aufteilung der Kommune in

An dieser Stelle kann eine Überprüfung erfolgen, ob die verfügbaren Potenziale zur Deckung des zukünftigen Bedarfs an erneuerbaren Energien ausreichen. Dies erfordert unter Umständen eine Ausweitung der Potenzialerschließung, zum Beispiel durch Berücksichtigung zuerst ausgeschlossener Flächen oder eine Deckung des Energiebedarfs durch nicht lokal erzeugte Energieträger, wie zum Beispiel durch

⁴³ Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze, Anlage 9 GEG: www.bgbl.de

synthetische Brennstoffe. Auch der Endenergiebedarf zur Erzeugung dieser Brennstoffe ist auszuweisen, da er von großer Bedeutung für die überregionale Entwicklung des Strombedarfs ist. Welchem Verbraucher welche Wärmequelle dann zur Verfügung gestellt wird, zeigt die räumlich aufgelöste Wärmewendestrategie (siehe Kapitel 4).

Mit der hier vorgestellten Methodik können der zukünftige Wärmebedarf und die Nutzung erneuerbarer Energien sowie Abwärme anhand der im kommunalen Wärmeplan flächenhaft ausgewiesenen Informationen für die Jahre 2030 und 2050 bilanziert werden. Die Summe aller Maßnahmen aus der kommunalen Wärmewendestrategie (Kapitel 4) darf dann für das Zieljahr 2050 keine Treibhausgas-Emissionen mehr aufweisen (klimaneutrales Zielszenario 2050).

Das beschriebene bilanzielle Verfahren ist ein Entwicklungsschritt bei der Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans. In den folgenden Kapiteln 3.5 und 3.6 wird beschrieben, mit welchen Verfahren die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit der entworfenen Szenarios überprüft werden kann.

BERECHNUNG DES ZUKÜNFTIGEN WÄRMEBEDARFS

Vorausgehend wurde beschrieben, wie die zukünftige Entwicklung des Wärmeverbrauchs aus der Bilanzierung pauschal ermittelt werden kann. Mit der in Abschnitt 3.2.3 dargestellten GIS-unterstützten Methode zur Berechnung des aktuellen Wärmebedarfs kann der zukünftige Wärmebedarf aufgrund der lokalen Gegebenheiten räumlich aufgelöst dargestellt und dann summenhaft für die gesamte Kommune berechnet werden.

Folgende Parameter haben einen Einfluss auf den zu erwartenden Wärmebedarf und die Wärmebedarfsdichte:

- energetische Gebäudesanierung mit einer Sanierungsrate von 1 – 2 Prozent und unterschiedlichen Sanierungsstandards
- Änderungen am Gebäudebestand (Neubau, Nachverdichtung)
- Neuansiedlung oder Abwanderung von Betrieben, Reduzierung beim Energiebedarf in Betrieben durch Effizienzmaßnahmen, Produktionsschwankungen et cetera
- veränderte Nutzungsgewohnheiten
- Effekte des fortschreitenden Klimawandels (gegebenenfalls mit zusätzlichem Kühlbedarf)

In den genannten Verfahren können diese Parameter Berücksichtigung finden. Dabei werden Gebäudehüllflächen abgeschätzt und für jedes Gebäude anhand von typischen U-Werten, Lüftungsverlusten, inneren und solaren Gewinnen der Wärmebedarf berechnet. Durch die Berücksichtigung besserer U-Werte entsprechend einem zukunftsfähigen Energiestandard kann für jedes Gebäude ein optimierter Wärmebedarf berechnet werden. Dabei können auch unterschiedliche Sanierungsraten berücksichtigt werden.

Eine Vereinfachung der Methode kann auf Richtwerte für den Wärmebedarf sanierter Gebäude nach Altersklassen aufgebaut werden (Abbildung 14). Dabei werden nicht die Flächen der Bauteile und deren U-Werte benötigt, sondern nur die beheizte Fläche und das Baualter jedes Wohngebäudes. Der zukünftige Wärmebedarf ergibt sich aus der beheizten Fläche einer Altersklasse und dem dazugehörigen Zielwert.

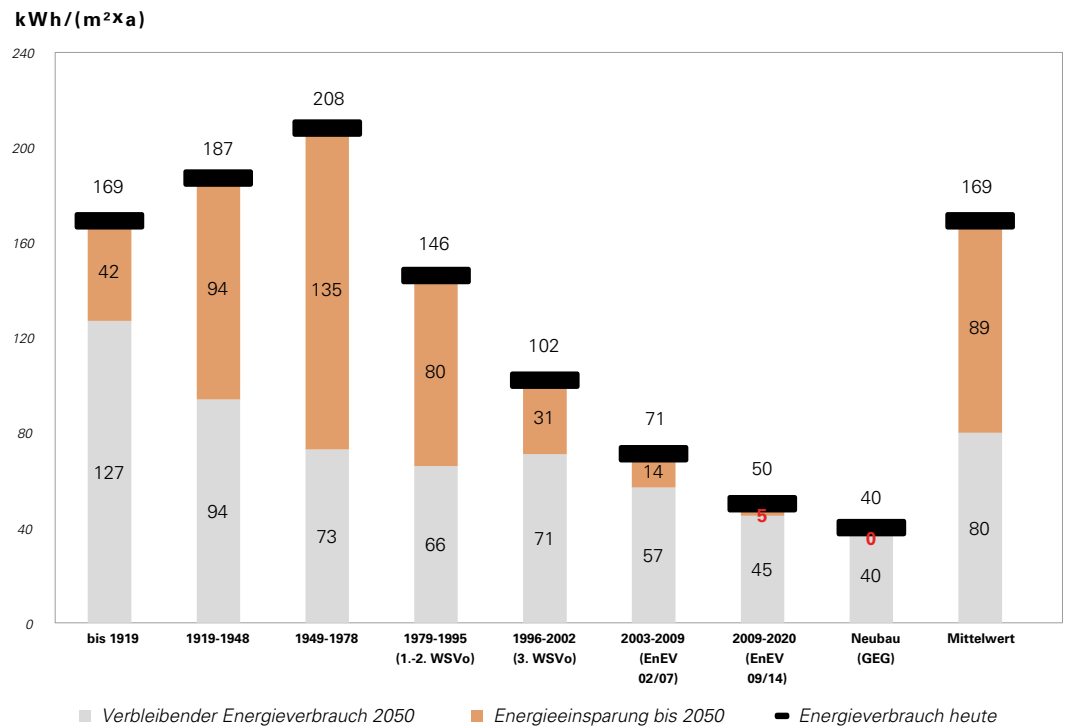


Abbildung 14: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Altersklassen für den Ist-Zustand (teilsaniert) und nach energetischer (Voll-)Sanierung bis 2050. Für Neubauten nach GEG (2020) wird keine Einsparung bis 2050 erwartet. Quelle: Verändert und erweitert nach BMWi, 2014.

Beide Verfahren versprechen eine höhere Genauigkeit und größere Differenzierung innerhalb der betrachteten Quartiere als eine pauschale Bilanzierung der Energieverbräuche. Dies wiederum ermöglicht eine räumlich differenzierte Vorgehensweise bei der weiteren Wärmeplanung und der Zonierung der Eignungsgebiete für Wärmenetze und dezentrale Versorgung. Allerdings müssen zukünftige Energiestandards und realistische Sanierungsraten geschätzt werden. Das relativiert den Vorteil an Genauigkeit gegenüber pauschalen Minderungsfaktoren. Alle Verfahren liefern die Quantifizierung des zukünftigen Wärmebedarfs von Wohngebäuden und die in der Kommune

möglichen Einsparungen basierend auf dem vorhandenen Gebäudebestand. Dieser Wert kann dann in der oben beschriebenen Bilanzierung als Input genutzt werden.

Für Nichtwohngebäude muss ein anderes Verfahren gewählt, und gegebenenfalls auf pauschale Minderungsfaktoren zurückgegriffen werden.

Die Darstellung des zukünftigen Wärmebedarfs erfolgt analog zum Ist-Wärmebedarf in Form von Wärmebedarfsdichtekarten (siehe Abschnitt 3.2.3). Dazu können verschiedene Layer in einem GIS angelegt werden.

3.4.3 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DES STROMBEDARFS IN DER KOMMUNE

Strom, Wärme und Mobilität konkurrieren um die verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien. Deswegen kann die Wärmewende nicht unabhängig von der Entwicklung der anderen Sektoren gesehen werden. Außerdem wird es in Zukunft viele Überschneidungen der Anwendungsbereiche durch die notwendige Sektorenkopplung geben (siehe Abbildung 13):

- Wärmepumpen gegebenenfalls in Kombination mit Wärme- oder Stromspeichern
- Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse mit nutzbarer Abwärme als Nebenprodukt

- Strom- und Wärmeerzeugung durch KWK-Anlagen zum Ausgleich der schwankenden PV- und Windstromerzeugung
- zusätzlicher Strombedarf durch Hochlaufen der Elektromobilität

Im dargestellten fiktiven Beispiel ergibt sich ein deutlicher höherer Strombedarf im Jahr 2050 als noch im Referenzjahr 2020 (Abbildung 15). Dadurch steigt der Bedarf an erneuerbaren Energien.

Weiterführende Informationen:

- BICO2BW Bilanzierungstool (ifeu)
- BMWi, 2014

STROMVERBRAUCH [MWh/a]

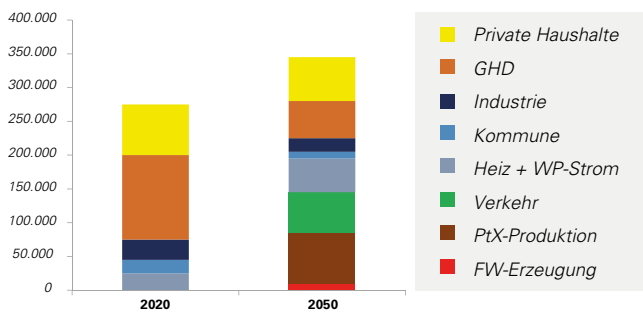


Abbildung 15: Beispiel eines Stromverbrauchsszenarios mit Anteilen von Wärmepumpen, PtX und Elektromobilität.

3.5 AUSWEISUNG VON EIGNUNGSGEBIETEN FÜR DIE ZUKÜNFTIGE WÄRMEVERSORGUNG

3.5.1 SCHRITT 1: FESTLEGUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

In Abschnitt 3.2.3 wurde erläutert, wie der räumlich aufgelöste Wärmebedarf in Form einer Wärmedichtekarte bestimmt werden kann. Diese Wärmedichte ist der zentrale Parameter im Rahmen der strategischen Planung, auf dem die Identifikation der Eignungsgebiete für Wärmenetze aufbaut.

Für die folgende Untersuchung eignen sich räumlich zusammenhängende Siedlungsbereiche. Räumlich getrennte Teilorte sollten jeweils getrennt untersucht werden. Bei dieser Arbeitsweise werden Siedlungsgebiete nicht a priori schon in Quartiere oder Untersuchungsge-

biete gegliedert. Ein kommunaler Wärmeplan ermöglicht dann bei der Maßnahmenbeschreibung zielführende Quartiersabgrenzungen auf dem gesamten Gebiet der Kommune (siehe Kapitel 4).

Wenn ein räumlicher Zusammenhang über Kommunengrenzen hinweg gegeben ist, ist es sinnvoll, das Untersuchungsgebiet entsprechend auszuweiten und einen interkommunalen Wärmeplan, zum Beispiel im Konvoi, zu erstellen. Bei der Festlegung von Eignungsgebieten⁴⁴ ist es wichtig, einen getrennten Blick auf Teilorte zu werfen. Gegebenenfalls liegen dort unterschiedliche Verhältnisse gegenüber der Kernstadt vor.

⁴⁴ Der Begriff Eignungsgebiet ist in diesem Zusammenhang nicht dem Raumordnungsrecht entnommen, sondern steht für ein abgegrenztes Gebiet, das im Zuge der Wärmeplanung als für Wärmenetze oder Einzelversorgung geeignet ausgewiesen wurde.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung kann sowohl dezentral mit Einzelheizungen als auch über Wärmenetze erfolgen. Eine Zonierung des Stadtgebietes in Bereiche, die sich für Wärmenetze oder Einzelheizungen eignen, ist ein wichtiger Baustein der Wärmeplanung. Die Wärmedichte, ausgedrückt als Wärmebedarf bezogen auf die Landfläche (siehe Abschnitt 3.2.3), ist im Rahmen der strategischen Planung ein zentraler Parameter, auf dem die Identifikation der Eignungsgebiete für Wärmenetze aufbauen kann.

In den Abschnitten 3.5.1 – 3.5.4 werden die zentralen Schritte zur Ausweisung von Eignungsgebieten erläutert. Dabei werden sukzessive Informationen über das Stadtgebiet erarbeitet und in die Wärmeplanung integriert. Ziel dieser Zonierung ist die Definition und Dokumentation von Teilgebieten und Quartieren mit besonderen Charakteristiken. Für diese Gebiete werden dann im Abschluss Maßnahmen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung entwickelt (siehe Kapitel 4). Ein kommunaler Wärmeplan ermöglicht damit zielführende Quartiersabgrenzungen auf dem gesamten Gebiet der Kommune.

Abschnitt 3.5.5 erläutert die Dokumentation eines Wärmeplans aus den Ergebnissen der vorhergehenden Analyseschritte. Die Unterlagen eignen sich zur Veröffentlichung der Wärmepläne und Kennzahlen (§ 7d Absatz 2 und 3 KSG BW).



3.5.2 ZWISCHENSCHRITT: ERSTER ÜBERBLICK ÜBER DEN WÄRMENETZ-ANTEIL IN EINER KOMMUNE

Einen Anhaltspunkt für die Ausweisung von Gebieten für Wärmenetze kann der Webbasier- te Pan European Thermal Atlas (PETA, 2018) bieten. Die Ermittlung des aktuellen Wärme- bedarfs (Referenzjahr 2015) erfolgt dabei über statistische Verfahren (für Details siehe Möller und Wiechers, 2019). Die berechneten Werte können vom tatsächlichen Wärmeverbrauch jedoch deutlich abweichen und sollten hier nur als erste Näherung gesehen werden.

Für jede Kachel in einem 100×100 Meter Raster werden die jährlichen Wärmenetzverteilkosten anhand von durchschnittlichen Kennwerten berechnet. Kacheln, in denen eine bestimmte Grenze für die Verteilkosten unterschritten wird (hier: 18 Euro/MWh), werden dabei als wärme- netztauglich eingestuft. Im entsprechenden Layer „Recommended District Heating Levels“ werden geeignete Flächen mit dem jeweils möglichen Anteil von Wärmenetzen an der Wärmever- sorgung dargestellt (Abbildung 16). Diese sind nicht als räumlich abgegrenzte Eignungsgebiete zu verstehen, sondern stellen zunächst Über- sichtsinformationen zur möglichen Rolle der Wärmenetze in einer Kommune dar.

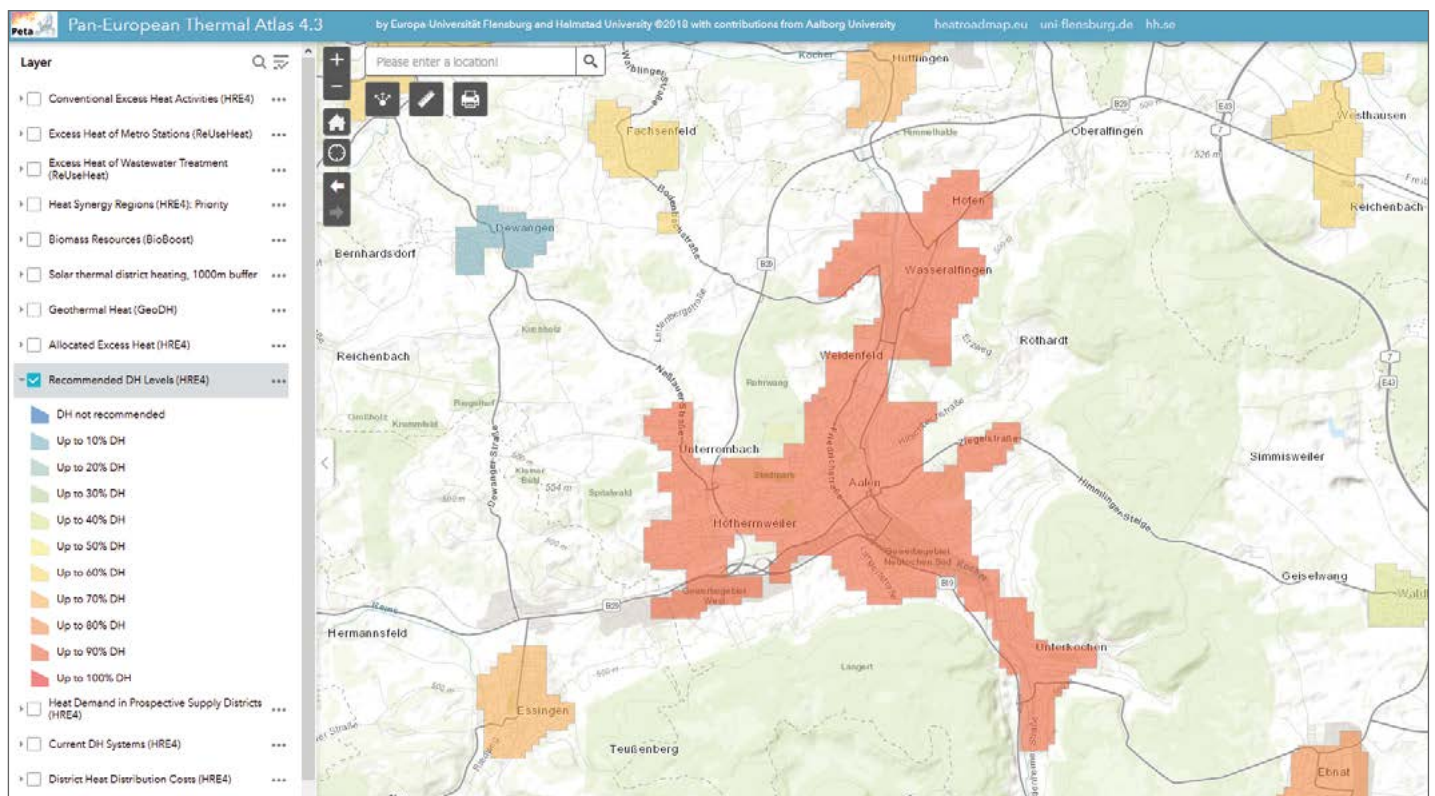


Abbildung 16: Darstellung des errechneten möglichen Anteils an Wärmenetzen am Beispiel der Stadt Aalen und Umgebung. Quelle: <https://heatroadmap.eu/peta4/>

In Baden-Württemberg können für alle 103 Stadtkreise und Großen Kreisstädte die beschriebenen Ergebnisse zum Wärmenetzpotenzial in PETA eingesehen werden. Dasselbe gilt

auch für viele kleinere Kommunen, die nicht zur kommunalen Wärmeplanung verpflichtet sind. Häufig nicht enthalten sind jedoch kleine und sehr kleine ländliche Gemeinden.

3.5.3 SCHRITT 2: ANALYSE DER HÄUFIGKEITEN DER WÄRMEDICHTEN

Wie niedrig die Wärmedichte in einem Siedlungsgebiet sein darf, damit das entsprechende Gebiet noch als Eignungsgebiet für ein Wärmenetz ausgewiesen werden kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Kosten für den Bau und den Betrieb des Wärmenetzes (Transport- und Verteilkosten)
- Kosten für Erschließung und Betrieb der Wärmequellen für das Wärmenetz (Bereitstellungskosten der Wärme)
- Anschlussgrad (unter plausiblen Annahmen)
- Kosten für die alternative Einzelversorgung

RELATIVE HÄUFIGKEIT DER WÄRMEDICHTEN

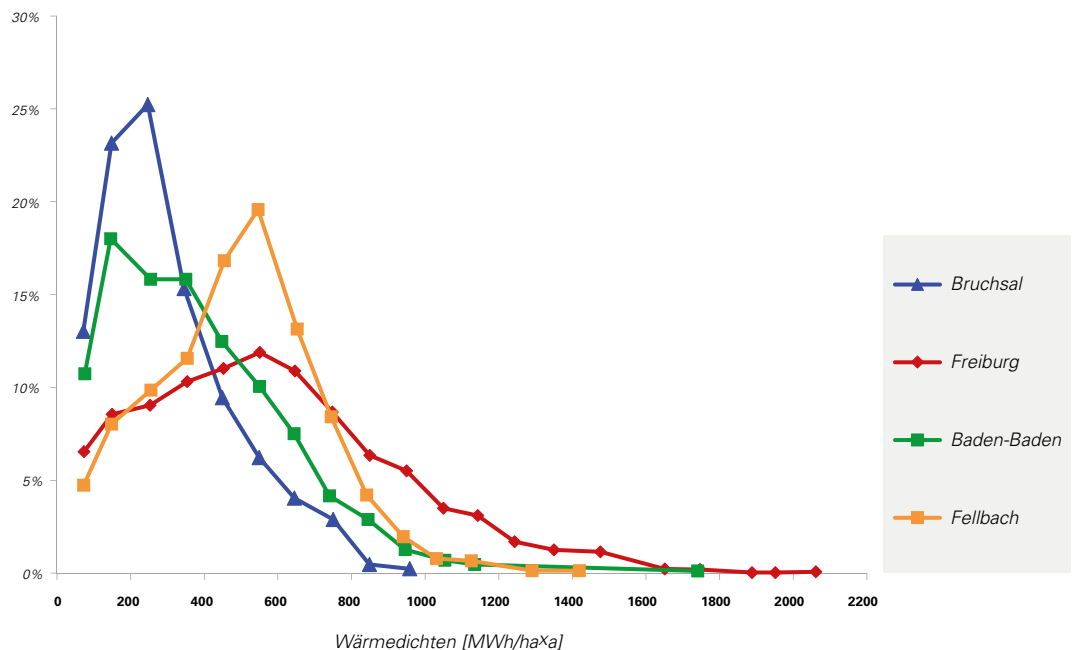


Abbildung 17: Relative Häufigkeitsverteilung der Wärmedichten in zusammenhängenden Siedlungsgebieten von vier Beispielstädten. Berechnungsgrundlage: Hotmaps.

Die auf der Grundlage der lokalen Randbedingungen ermittelte Summe aus Verteil- und Bereitstellungskosten bestimmt durch den Vergleich mit den Kosten der Einzelversorgung die Grenzen der räumlichen Ausdehnung der Eignungsgebiete.

Wie bereits in Abschnitt 3.2.3 wird die Wärmedichte auf der Grundlage von Wärmedichtekarten analysiert und kann nun als Häufigkeitsverteilung der Wärmedichten visualisiert werden.

Als Beispiel wurden hier vier Kommunen ausgewählt, deren Strukturen sich bezüglich der Wärmedichte deutlich unterscheiden (Abbildung 17). Die relative Häufigkeit der Wärmedichten rechts des Maximums ist in Fellbach und Freiburg deutlich höher als in den beiden anderen Städten. Der Charakter einer Großstadt äußert sich hier daran, dass auch Werte oberhalb von 1.000 MWh/ha*a mit signifikanter Häufigkeit auftreten. Neben der Wärmedichtekarte (Abschnitt 3.2.3) bietet die Auswertung der Häufigkeitsverteilung der Wärmedichten der Kommune eine Übersicht darüber, in welchem Wertebereich sich die Wärmedichte im Wesentlichen bewegt.

3.5.4 SCHRITT 3: ZONIERUNG IN EIGNUNGSGEBIETE FÜR DEZENTRALE EINZELVERSORGUNG UND WÄRMENETZE

ZONIERUNG AUF BASIS VON PAUSCHALEN WÄRMEDICHTE-GRENZWERTEN

Ausgehend von den Ergebnissen der Analysen der Wärmedichte werden Wärmedichtengrenzwerte für die Abgrenzung der Eignungsgebiete festgelegt. Wie in Abschnitt 3.2.1 beschrieben, wird unter Berücksichtigung von geografischen Gegebenheiten das Gebiet der Kommune in mehrere zusammenhängende Siedlungsbereiche aufgeteilt. Daher ist es unter Umständen

notwendig, im Stadtgebiet unterschiedliche Wärmedichtengrenzwerte in Abhängigkeit der örtlichen Situation anzuwenden. Zur ortsgenaue Planung von Wärmenetzen in der Umsetzungsphase müssen erst in einem späteren Schritt kritische Liniendichte-Grenzwerte betrachtet werden.

Die in Tabelle 5 enthaltenen Einschätzungen können Anhaltspunkte für die Festlegung von Grenzwerten für die Wärmedichte liefern. Dabei handelt es sich um Erfahrungswerte und Angaben aus Praxisbeispielen.

Tabelle 5: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten (Endenergie) nach potenzieller Eignung für Wärmenetze:

WÄRMEDICHTE [MWh/ha*a]	EINSCHÄTZUNG DER EIGNUNG ZUR ERRICHTUNG VON WÄRMENETZEN
0 – 70	Kein technisches Potenzial
70 – 175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175 – 415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415 – 1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Bei geringer Eignung für Wärmenetze sollte die Wärmeplanung Bereiche für sogenannte Nahwärmeinseln identifizieren. In der Regel handelt es sich um Bereiche in der Nähe von größeren Einzelverbrauchern wie Schulzentren, Hallenbäder, Stadtzentren, Krankenhäuser oder Betriebe mit nutzbarem Abwärme-Angebot.

Bei hoher Eignung für Wärmenetze sollte die Wärmeplanung auf die Entwicklung eines Gesamtkonzepts für Wärmenetze ausgerichtet werden. Dabei geht es darum, Gebiete mit sehr hoher Eignung für Wärmenetze zu identifizieren. Anschließend können mögliche Verschmelzungen solcher Gebiete zu einem Gesamtgebiet untersucht werden. Dabei können gegebenenfalls Bereiche für Wärmenetze erschlossen wer-

den, in denen für sich betrachtet eine Erschließung nicht wirtschaftlich wäre.

Die Wertebereiche in Tabelle 5 beurteilen pauschal die Eignung für Wärmenetze in Konkurrenz zur dezentralen Einzelversorgung. Bei einer solch pauschalen Betrachtung bleibt jedoch die Tatsache unberücksichtigt, dass die Kosten für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen je nach lokaler Situation stark variieren können. Folgende Aspekte illustrieren dies:

- Ein Kostenblock betrifft die Wärmeerzeugung. Für große Netze sind die spezifischen Wärmeerzeugungskosten geringer. Kosteneinsparungen ergeben sich zum Beispiel bei der Erschließung günstiger Abwärmequellen.

- Die Verlegekosten für Wärmenetze hängen sehr stark von der Beschaffenheit des Untergrundes und der gewünschten Oberflächenbeschaffenheit ab. Kosteneinsparungen ergeben sich zum Beispiel, wenn die Baumaßnahmen für das Wärmenetz mit sowieso erforderlichen Tiefbaumaßnahmen verbunden werden können. Generell sind Wärmenetz-Verlegekosten in ländlichen Ortsstrukturen deutlich geringer als in Städten (bis zu Faktor 5).
- Der Anschlussgrad hat einen wesentlichen Einfluss auf die Verteilkosten. Die oben genannten Werte gehen von mittleren Anschlussgraden aus. Bei einer konsequenten Zonierung werden die Anschlussgrade zukünftig aber deutlich höher liegen als bisher.

Um festzustellen, ob die Wärmekosten durch die Versorgung mit Wärmenetzen konkurrenzfähig mit den Wärmekosten einer dezentralen Wärmeversorgung sind, muss eine entsprechende Referenzversorgung definiert werden. In der Vergangenheit wurden häufig Gas-Brennwertheizungen als Referenzversorgung angenommen. Zukünftig sollten aber klimaneutrale Referenzsysteme, wie zum Beispiel mit erneuerbarem Strom betriebene Wärmepumpen, für den Kostenvergleich zugrunde gelegt werden. Ebenso ist eine adäquate Berücksichtigung von Energiepreissteigerungen und CO₂-Preisen erforderlich. Weitere Erläuterungen dazu sind in Kapitel 3.6 enthalten. Aufgrund der Änderungsdynamik der voranstehend genannten Parameter werden sich die Grenzwerte zur Bewertung der Eignung von Wärmenetzen in den kommenden Jahren kontinuierlich verändern.

Im ersten Schritt der Zonierung auf Basis von pauschalen Wärmedichte-Grenzwerten wird untersucht, wie sich die Ausdehnung der Eignungsgebiete mit der Variation der Wärmedichte-Grenzwerte verändert. Dabei können

die oben genannten Grenzwerte herangezogen werden (Tabelle 5). Wenn bereits Wärmenetze in der Kommune vorhanden sind, können diese Erfahrungswerte berücksichtigt werden genauso wie Erfahrungswerte aus der eigenen Planungspraxis.

Zur Vereinfachung beruht die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise auf der Darstellung der Wärmedichte auf der Rasterebene. Die Bezugsfläche beträgt hier jeweils ein Hektar in Form eines Quadrats mit einer Kantenlänge von 100 × 100 Meter. Die folgenden beispielhaften Berechnungen wurden mit der Hotmaps-Toolbox erzeugt. Das Verfahren anhand von Wärmedichten basierend auf der Aggregation von mindestens fünf Gebäuden ist analog zu betrachten.

Das berechnete Potenzialgebiet für Wärmenetze am Beispiel einer Großstadt (Abbildung 18) ist bei einem unteren Wärmedichte-Grenzwert von 400 MWh/ha so groß, dass in diesem Gebiet circa 90 Prozent des heutigen Wärmebedarfs anfallen. Wird jedoch ein unterer Grenzwert 600 MWh/ha angewandt, sind es noch 70 Prozent des heutigen Wärmebedarfs.

Wendet man den unteren Grenzwert von 400 MWh/ha auf das Gebiet einer beispielhaften Kleinstadt mit weniger als 20.000 Einwohnerinnen und Einwohnern an (Abbildung 19), wird durch das Eignungsgebiet circa 50 Prozent des heutigen Wärmebedarfs abgedeckt. Dieses Beispiel zeigt, welchen großen Einfluss dieser Grenzwert für die weiteren Analysen hat und wieso er jeweils abhängig von lokalen Gegebenheiten festgelegt werden muss.

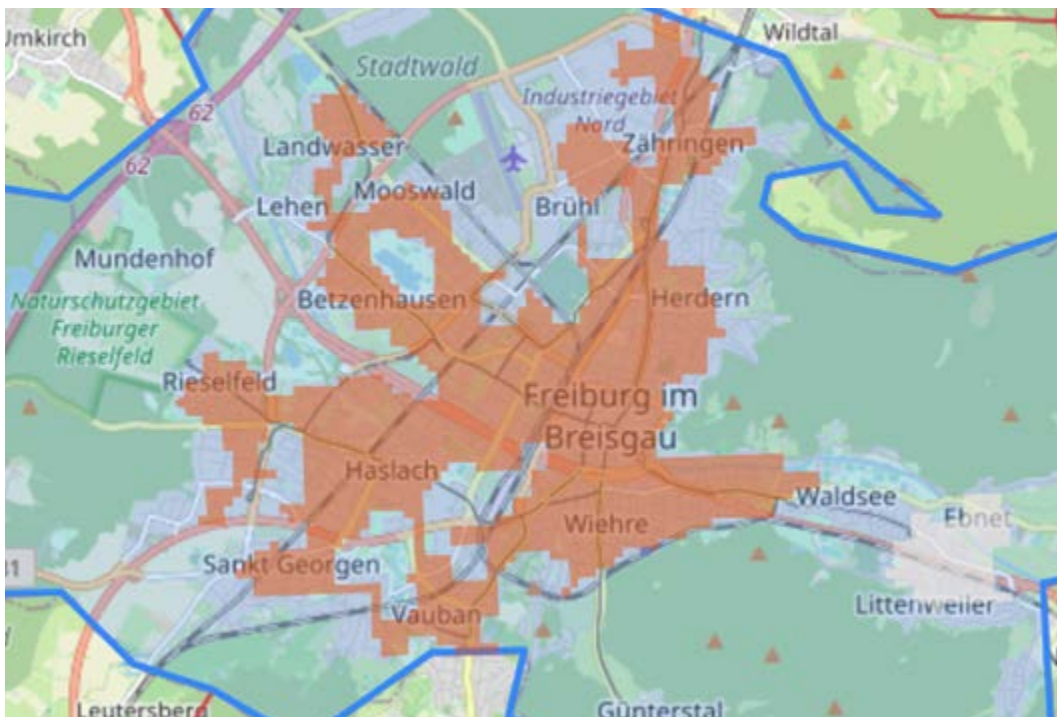
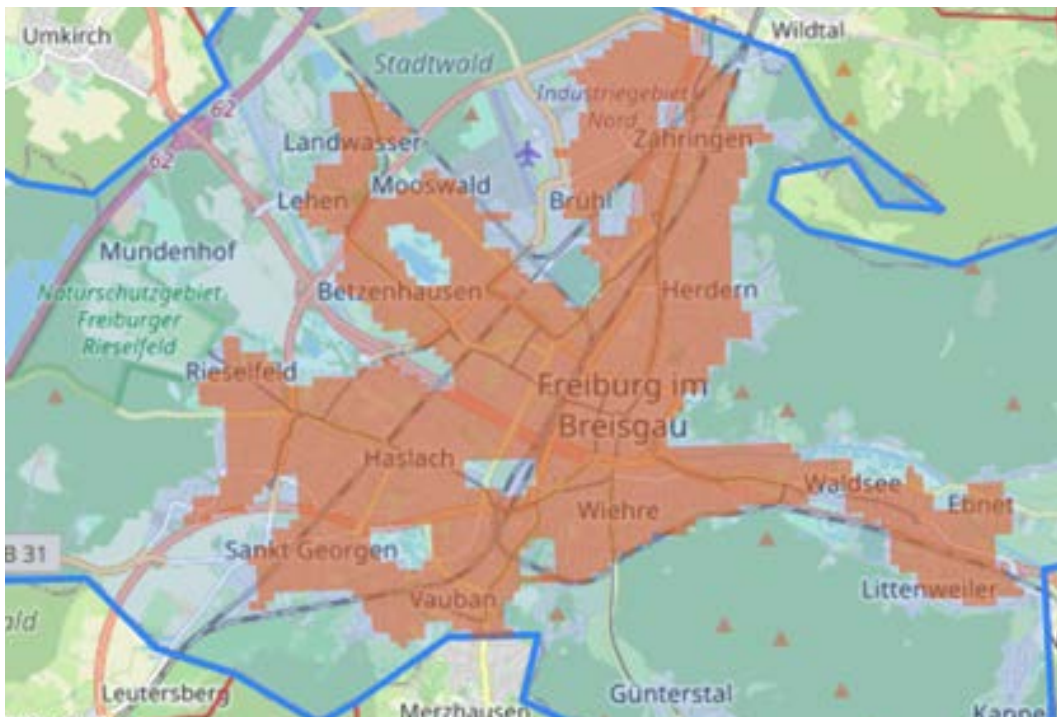


Abbildung 18: Beispiel 1) Großstadt: Vergleich der Ausdehnung von Wärmenetz-Eignungsgebieten bei Anwendung eines unteren Wärmedichte-Grenzwerts von 400 MWh/haxa (oben) und 600 MWh/haxa (unten). Blaue Linie: Gemarkungsgrenze.

Inwiefern sich Wärmenetze in den Eignungsgebieten tatsächlich wirtschaftlich realisieren lassen, muss in einer der Wärmeplanung nachgelagerten Untersuchung durch einen Projektentwickler oder den potenziellen Wärmenetzbetreiber geprüft werden.

An dieser Stelle kann auf eine quartiersweise Betrachtung zur weiteren Unterteilung der Eignungsgebiete übergegangen werden. Dabei werden anhand verschiedener Kriterien Quartiere ausgewählt, für die entweder Wärmenetze oder dezentrale Einzelversorgungen sinnvoll sind. Neben der Wärmedichte sind das zum Beispiel Informationen zu großen Einzelverbrauchern (Ankerkunden), bestehenden Wärmenetzen, Anschlussgrad an das Gasnetz, Anteil von Heizölheizungen, Verfügbarkeit von Abwärmequellen und andere. Im folgendem Abschnitt werden die Kriterien zur weiteren Unterteilung von Eignungsgebieten genauer beschrieben. Gegebenenfalls wird anschließend für Quartiere mit hoher Wärmenetzeignung eine genauere Betrachtung der Wärmekosten durchgeführt

(siehe Kapitel 3.6). Für diese Quartiere kann zumindest ein grober Entwurf eines Wärmenetzes erstellt werden. Anhand von Netzlängen und Erfahrungswerten für Baukosten können erste Schätzungen für Liniendichten und Wärmeverteilkosten und damit die Eignung der Gebiete für Wärmenetze abgeschätzt werden.

Die Berechnung der Liniendichten und Verteilkosten ist relativ aufwändig. Durch die Beschränkung auf einige wenige, vorausgewählte Gebiete wird zwar der Aufwand reduziert, allerdings wird bei dieser Vorgehensweise möglicherweise das Gesamtpotenzial für Eignungsgebiete nicht erkannt.

Im Folgenden wird daher eine Methode beschrieben, mit der Verteilkosten für das gesamte Stadtgebiet berechnet werden. Damit kann die anhand von pauschalen Wärmedichtegrenzwerten vorgenommene Zonierung für das Gesamtgebiet systematisch verfeinert werden.

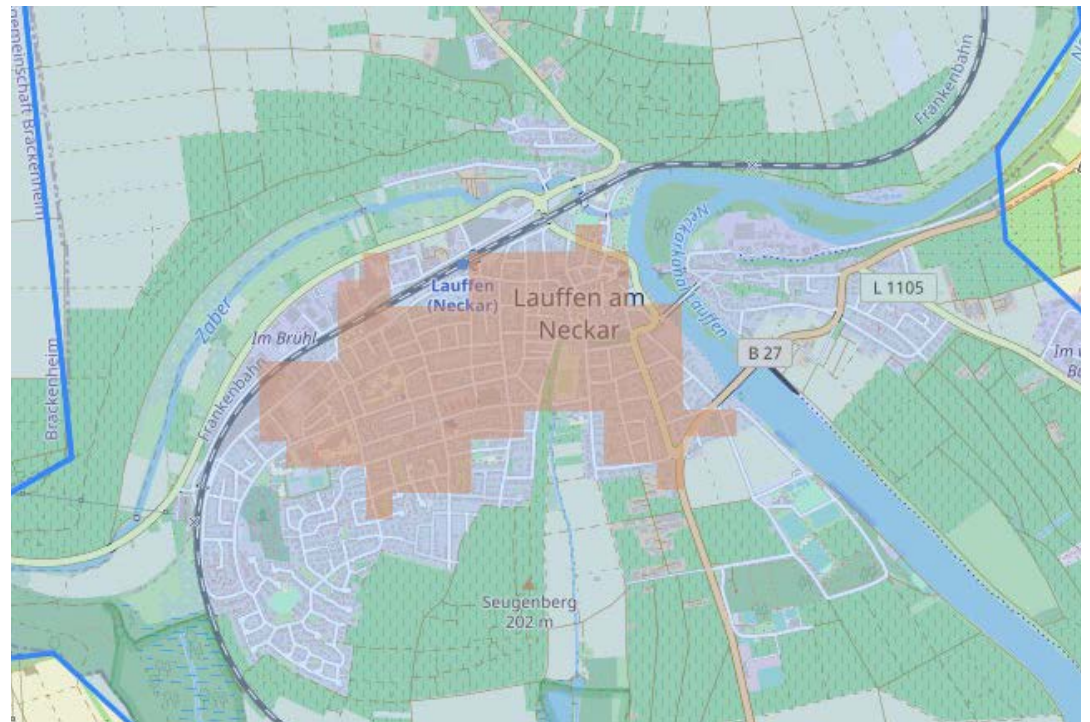


Abbildung 19: Beispiel 2) Kleine Kommune: Ausdehnung des Wärmenetz-Eignungsgebiets bei Ausdehnung eines unteren Wärmedichte-Grenzwerts von 400 MWh/haxa. Blaue Linie: Gemarkungsgrenze.

ZONIERUNG AUF BASIS VON WÄRMEVERTEILKOSTEN

Die Zonierung basiert auf Untersuchungen zum Kostenvergleich von Wärmenetzen gegenüber dezentralen Einzelversorgungen. Im vorherigen Abschnitt wurde dazu ein pauschaler Wärmedichtegrenzwert herangezogen. Für eine Verfeinerung der Zonierung müssen die Kosten für Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung [Euro/MWh] zumindest überschlägig bestimmt werden. Dazu werden Trassenlängen für Haupt- und Hausanschlussleitungen benötigt, die mit der nachfolgend dargestellten Methode abgeschätzt werden.

Mithilfe GIS-basierter Verfahren auf Grundlage des digitalen Lageplans und der Wärmedichtekarte können vorläufige Netztrassen entworfen und Verteilkosten konventionell bestimmt werden, zum Beispiel durch Anwendung des Netzwerk Analyst in ArcGIS, einem Routing-Optimierungsverfahren⁴⁵. Aus den dabei ermittelten Trassenlängen können anschließend mit Hilfe von Kennwerten die erforderlichen Investitionen abgeschätzt werden.

Zielführend zum Zweck der kommunalen Wärmeplanung ist hingegen eine Methode, bei der die spezifischen Wärmeverteilungskosten für das gesamte Untersuchungsgebiet anhand geschätzter Trassenlängen für aggregierte Wärmebedarfsdichten (im Folgenden Rasterzellen) berechnet werden. Eine Abschätzung der Trassenlängen sowie der Kosten von Wärmenetzen kann mit Hilfe empirischer Daten, die aus realisierten Projekten abgeleitet wurden, erfolgen.

Hierbei wird ein „optimaler“ Wärmedichtegrenzwert für die Zonierung zwischen Eignungsgebieten für Wärmenetze und dezentraler Versorgung durch eine Szenarioanalyse ermittelt. Damit gelingt eine Zonierung auf Basis einer Abschätzung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses. Im Sinne eines strategischen

Wärmeplans wird damit das Gesamtpotenzial für Wärmenetze ausreichend genau ermittelt.

Den größten Einfluss auf die Wärmeverteilungskosten haben Verlegekosten, Anschlussrate und die Wärmedichte:

- Die Verlegekosten sind als Funktion aus empirischen Daten hinterlegt. Die Parameter können so angepasst werden, dass die lokalen Verhältnisse abgebildet werden können. Typische Verhältnisse in ländlichen und städtischen Siedlungsstrukturen, vorgesehene Rohrleitungsquerschnitte und erhöhte Kosten für schwierige Untergründe können damit in ausreichender Genauigkeit berücksichtigt werden.
- Die Entwicklung des Anschlussgrades – und damit die Auslastung der verlegten Wärmenetze – haben einen entscheidenden Einfluss auf die Wärmeverteilungskosten. Je schneller der Anschlussgrad ansteigt, umso geringer ist die erforderliche Wärmedichte für eine Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen. In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind die Ergebnisse bei einer systematischen Variation der Anschlussgrad dargestellt.
- In Gebieten mit geringer Wärmedichte sind die Verlegekosten bezogen auf die Wärmeabgabe hoch. Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung der kleinstmöglichen Wärmedichte bei der ein Gebiet noch als Wärmenetz-Eignungsgebiet ausgewiesen werden kann. Bei der Anwendung der Methode wird die Wärmedichte deswegen systematisch variiert.
- Der Einfluss der Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierung auf die Wärmeverteilungskosten muss untersucht werden (siehe Abbildung 22). Für die Entwicklung des Zielszenarios wurden Annahmen zur Bedarfsreduktion getroffen, die hierfür ebenfalls Anwendung finden können.

⁴⁵ Zum Beispiel mit dem Wärmenetz Analyst (WNA), eine von der KEA-BW entwickelte ArcGIS Programmerweiterung, zur automatischen Grobdimensionierung der Leitungsstränge für ein Wärmenetz. Weitere Informationen: <https://www.kea-bw.de/waerme-wende/angebote/gis-anwendungen>

Die im Folgenden gezeigten Ergebnisse basieren auf der beispielhaften Anwendung der Hotmaps-Toolbox und den in Tabelle 6 genannten Parametern. Die Verteilkosten beziehen sich ausschließlich auf die Investitionen in Transport- und Verteilnetze. Betriebskosten wie Pumpenstrom oder Wartung und

Instandhaltung bleiben unberücksichtigt. In den Abbildungen sind die Balken entsprechend der Anschlussgradentwicklung benannt – AG 40–80 bedeutet zum Beispiel Anschlussgrad zu Beginn des Betrachtungszeitraums 40 Prozent und im Zieljahr 80 Prozent.

Tabelle 6: Übersicht über die Parameter der beispielhaft durchgeführten Analysen zur Bestimmung der Wärmeverteilkosten in Abhängigkeit des Anschlussgrads:

	2020	2050
Anschlussgradentwicklung (1)	10 %	50 %
Anschlussgradentwicklung (2)	20 %	60 %
Anschlussgradentwicklung (3)	30 %	70 %
Anschlussgradentwicklung (4)	40 %	80 %
Anschlussgradentwicklung (5)	50 %	90 %
Anschlussgradentwicklung (6)	60 %	95 %
Akkumulierte Einsparung bis 2050	25 %	
Obergrenze Netzkosten	variabel	
Zinssatz	3 %	
Laufzeit	30 Jahre	

Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen den bekannten Effekt der Abhängigkeit der Verteilkosten von der Anschlussrate: Bei hoher Anschlussrate können Wärmeverteilkosten in Gebieten mit geringer Wärmedichte das Niveau von Gebieten mit höherer Wärmedichte

erreichen. Es zeigt sich zudem, dass bei der Grenzwert-Festlegung für ein Stadtgebiet mit umgebenden Teilorten mit unterschiedlichen Grenzwerten Eignungsgebiete bei vergleichbaren Verteil- und spezifischen Verlegekosten ausgewiesen werden können.

WÄRMEVERTEILKOSTEN UND SPEZIFISCHE VERLEGEKOSTEN WÄRMENETZE

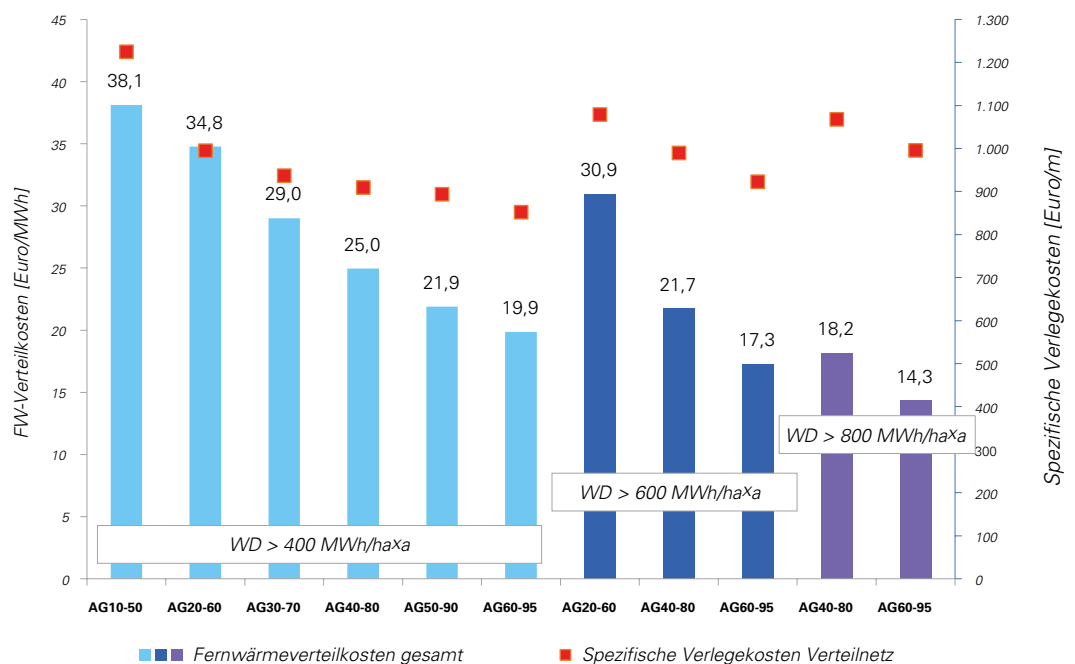


Abbildung 20: Beispielhafte Wärmeverteilkosten in Wärmenetzen (FW) mit spezifischen Investitionskosten der Netze, dargestellt am Beispiel einer Großstadt (siehe Abbildung 18). WD: Wärmedichte, AG: Anschlussgrad.

WÄRMEVERTEILKOSTEN UND VERLEGEKOSTEN WÄRMENETZ

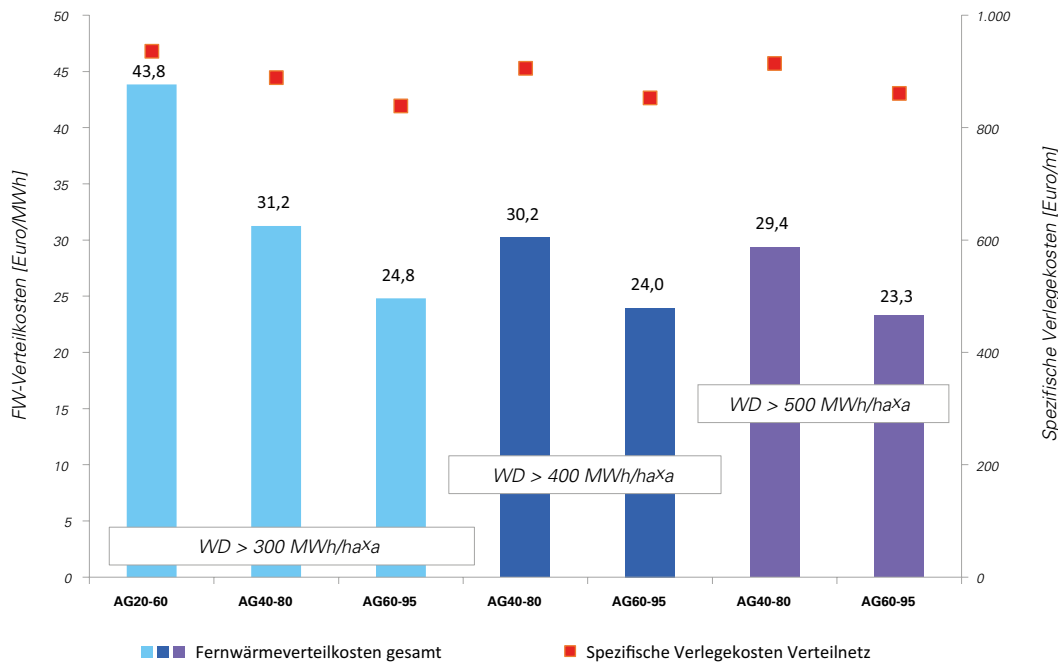


Abbildung 21: Beispielhafte Wärmeverteilungskosten von Wärmenetzen (FW) mit spezifischen Investitionskosten der Netze für eine Kleinstadt (siehe Abbildung 19). WD: Wärmedichte, AG: Anschlussgrad.

Wie bereits die vorangehende Zonierung auf Basis von pauschalen Wärmedichte-Grenzwerten gezeigt hat, empfiehlt es sich, Wärmedichte-Grenzwerte jeweils abhängig von lokalen Gegebenheiten festzulegen. Hinweise für sinnvolle Wärmedichte-Grenzwerte fließen auch aus der Analyse der Häufigkeitsverteilung der Wärmedichten ein (siehe Abschnitt 3.5.3, Abbildung 17).

Die Wärmeverteilungskosten alleine erlauben noch keine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Wärmenetze. Dazu müssen zusätzlich die Kosten der Wärmeerzeugung für das Wärmenetz bekannt sein. Zusammen müssen diese Kosten geringer sein als die Kosten der Wärmebereitstellung des Referenzsystems, zum Beispiel dezentrale Wärmepumpen. Aus der Differenz zwischen Wärmeerzeugungskosten für das Wärmenetz und Wärmekosten des Referenzsystems werden die zulässigen Verteilkosten bestimmt. Das Vorgehen zur Bestimmung dieser zulässigen Verteilkosten wird im folgenden Kapitel 3.6 beschrieben.

Aus den Ergebnissen der Szenarioanalyse entsprechend Abbildung 20 und Abbildung 21 ist ersichtlich, welche Kombinationen von Wärmedichte und Anschlussgrad im Untersuchungsgebiet erforderlich sind, um Eignungsgebiete für Wärmenetze zu identifizieren.

Um die Eignungsgebiete nicht zu einem zu frühen Planungsstand zu klein zu fassen, empfiehlt es sich mit entsprechend hohen Anschlussraten und einer kontinuierlichen Nachverdichtung im Zuge der strategischen Wärmeplanung zu rechnen. Gleichwohl ist die Entwicklung der Anschlussgrade von lokalen und überregionalen Entwicklungen wie gesetzlicher Rahmenbedingungen, Preisentwicklungen und weiteren Aspekten abhängig. Anschlussgrad und Wärmedichte allein sind jedoch nur Indikatoren zur Ausweisung von Eignungsgebieten. Um eine Wirtschaftlichkeit in einer ortsgenauen Ausarbeitung eines Wärmenetz-Projekts abzuschätzen zu können, müssen die Wärmegestehungskosten bestimmt werden. Kapitel 3.6 zeigt dazu einen vereinfachten Kostenvergleich.

In drei verschiedenen Städten wurde beispielhaft der Einfluss des zurückgehenden Wärmebedarfs durch eine Bedarfsreduzierung bis 2050 untersucht. Die Einsparungen wurden zwischen 10 Prozent (WD 10) und 40 Prozent (WD 40) variiert. Abbildung 22 zeigt für unterschiedlich große Städte, dass die Effekte der Entwicklung des Anschlussgrads und der zugrunde gelegten Wärmedichte, Effekte aufgrund einer allgemeinen Reduktion des Wärmebedarfs überlagern. Hierbei nehmen die Verteilkosten nur geringfügig zu. Die Entwicklung des Wärmebedarfs anhand der Zielwerte des Endenergieverbrauchs im Jahr 2050 wurden vorab untersucht (siehe Abschnitt 3.4.2 und Abbildung 14). Sie sind bei der Ausweisung der Eignungsgebiete zwingend zu berücksichtigen. Wie in der hier gezeigten

Szenarioanalyse können Variationen bei der Energieeinsparung jedoch durch die Entwicklung des Anschlussgrads kompensiert werden.

Sofern in der Szenarioanalyse keine Variation des Anschlussgrads vorgenommen wird, gilt die oben getätigte pauschale Aussage nicht mehr. Bei dieser Vorgehensweise müssen die Effekte der Variationen der Energieeinsparung auf die spezifischen Wärmegestehungskosten (Erzeugung und Netz) geprüft und für das Jahr 2030 und 2050 räumlich aufgelöst dargestellt werden. Die Ermittlung der Wärmegestehungskosten wird aber erst bei einer ortsgenauen Ausarbeitung eines Wärmenetz-Projekts vorgenommen und ist damit nicht unmittelbar Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung.

WÄRMEVERTEILKOSTEN UND SPEZIFISCHE VERLEGEKOSTEN WÄRMENETZE

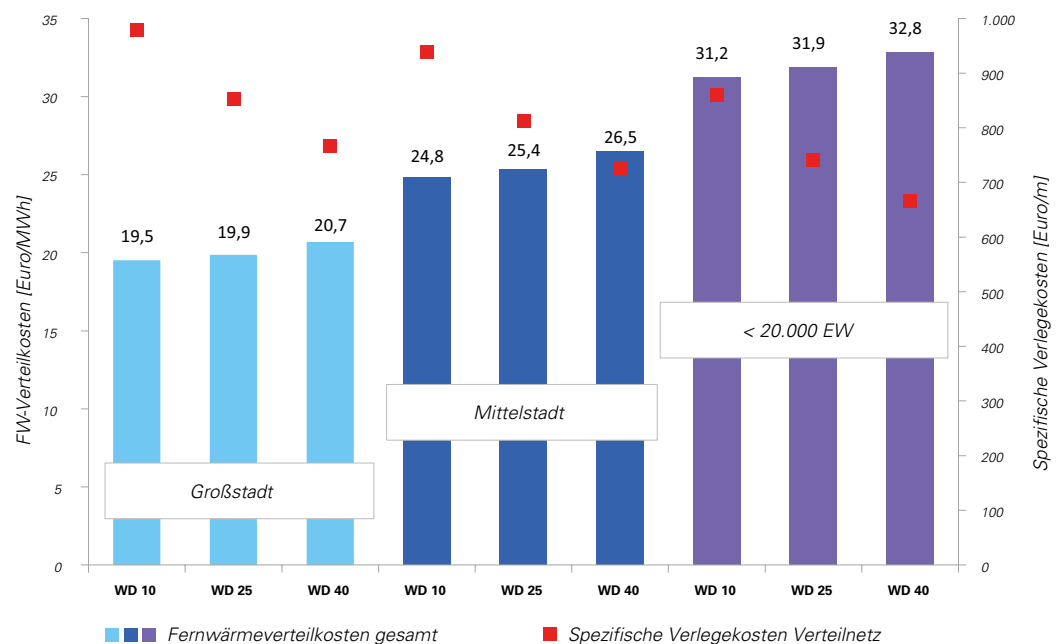


Abbildung 22: Einfluss der Bedarfsreduzierung auf Verteilkosten und spezifische Verlegekosten in drei verschiedenen großen Städten.

Die Methode liefert weitere Ergebnisse wie Trassenlängen und Liniendichten (Abbildung 23). Insbesondere die Liniendichte liefert den Planern weitere Hinweise auf die Wirtschaft-

lichkeit von Wärmenetzen im Folgenden. Die Plausibilität der Berechnung kann anhand von Erfahrungswerten überprüft werden.

TRASSENLÄNGE UND LINIENDICHTE WÄRMENETZE

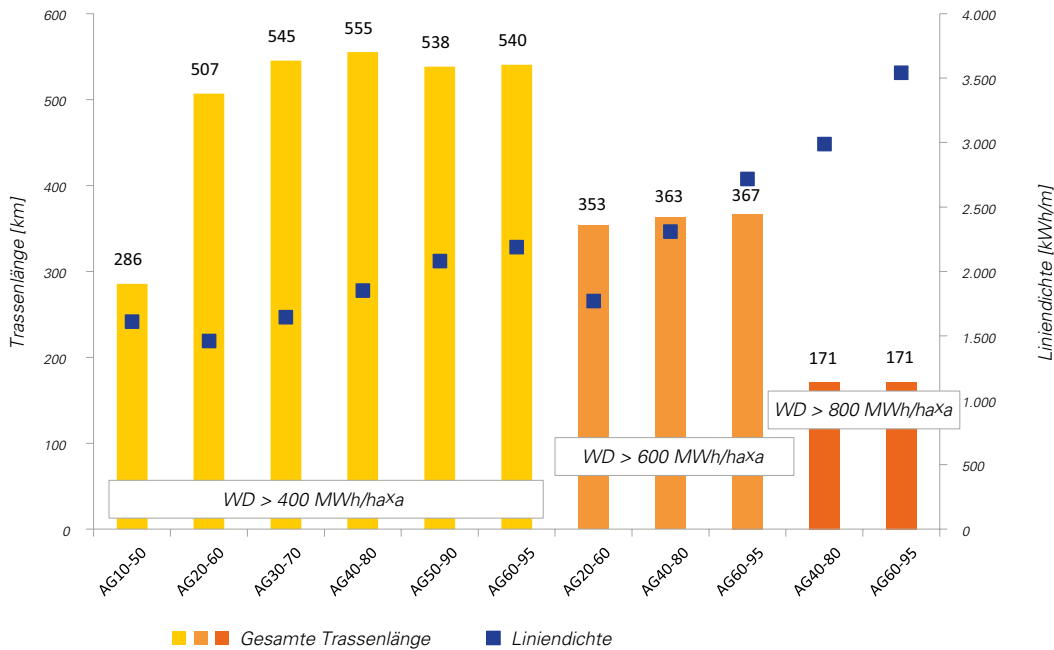


Abbildung 23: Trassenlängen und Liniendichten für verschiedene Wärmedichtegrenzwerte und Anschlussgrade. AG: Anschlussgrad, WD: Wärmedichte.

Die Ergebnisse der Analysen der kritischen Wärmedichten vor dem Hintergrund der Entwicklung des Anschlussgrads und Bedarfsreduktion werden dann für das gesamte Gebiet der Kommune in einer Karte dargestellt. Diese Karte weist die Eignungsgebiete für Wärmenetze aus. Mögliche Transportleitungen zwischen Teilgebieten können dabei ebenfalls dargestellt werden.

Die mit der hier dargestellten Vorgehensweise zunächst unberücksichtigten Flächen können dann folgerichtig als Eignungsgebiete zur Einzelversorgung ausgewiesen werden (siehe Abbildung 24).

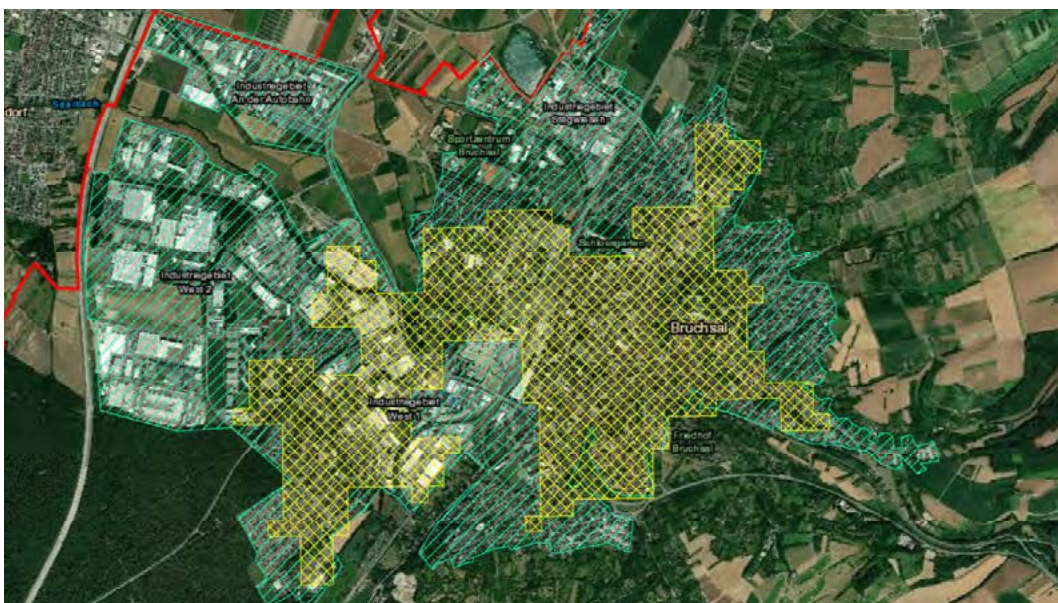


Abbildung 24: Beispielhafte Darstellung der Eignungsgebiete für Wärmenetze (gelb) und Einzelheizungen (grün) für die Stadt Bruchsal. Rot: Gemarkungsgrenze. Quelle: Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe.

ÜBERPRÜFUNG UND OPTIMIERUNG DER ZONIERUNG

Die Zonierung erfolgte, wie in den vorherigen Abschnitten gezeigt, zunächst mit pauschalen Werten für die Wärmedichte oder vorläufig berechneten Wärmeverteilungskosten in Wärmenetzen. Es ist sinnvoll, die erarbeitete Gebiets-einteilung weiter zu differenzieren und in Quartiere mit speziellen Anforderungen zu unterteilen. Kriterien für die Quartiersbildung sind zum Beispiel:

- Siedlungsstruktur und Baualtersklasse – einheitliche Bebauung und Alter der Gebäude
- Beheizungsstruktur – überwiegende Beheizung durch Heizöl oder Strom
- bekannte städtebauliche Missstände – Leerstände, Baulücken, Falschbelegungen, unsanierter Altbau
- vorbereitete Quartierskonzepte
- Neubaugebiete
- Mischgebiete
- Gewerbegebiete

Weitere Kriterien und kleinräumige Eigenschaften von Quartieren:

- Siedlungs- und Beheizungsstruktur: Gebäudealter und bestehende Beheizung haben einen Einfluss auf die Wahl der zukünftigen Beheizung mit erneuerbaren Energien. In Abschnitt 3.4.2 wurden Methoden erläutert, um gebäudescharfe Wärme-Einsparpotenziale zu berechnen. Anhand dieser Informationen können weitere Kriterien zur Abgrenzung der Eignungsgebiete ermittelt werden.
- Bestehende Wärmenetze: Bei bestehenden Wärmenetzen sollte ein Abgleich mit den ermittelten Eignungsgebieten vorgenommen werden. Ergeben sich Abweichungen sind diese zu verifizieren. Die Eignungsgebiete sollten alle bestehenden Netze umfassen. Bestehende Ausbaupläne für Wärmenetze können überprüft und angepasst werden.

- Neue Wärmenetze: Für Neubaugebiete und Quartierskonzepte sollten die Energieversorgungskonzepte strategisch geprüft werden.
- Bestehende Gasnetzinfrasturktur: Bei einer Überdeckung von Gas- mit Wärmenetz-Eignungsgebieten müssen gemeinsam mit dem Gasnetzbetreiber Strategien zur Abgrenzung und zeitliche Perspektiven für den Übergang vom Gas- zum Wärmenetz entwickelt werden. Grundsätzliche Aussagen zur Entwicklung von Gasnetzen sind in Kapitel 4.2 zusammengestellt.
- Großverbraucher: Oft gelingt der Aufbau von Wärmenetzen, wenn ein oder zwei große Verbraucher als Ankerkunden gewonnen werden können. Mit Hilfe von GIS können Karten mit Großverbrauchern wie Betriebe und öffentliche Gebäude generiert werden.
- Potenziale erneuerbare Energien: Generell sollte überprüft werden, wie die erhobenen technischen Potenziale erneuerbarer Energien (vergleiche Kapitel 3.3) am besten zur Wärme- und Stromerzeugung erschlossen werden können. Bei der Entwicklung des Zielszenarios (siehe Abschnitt 3.4.1) wurden dazu bereits Überlegungen angestellt. Aus der Analyse der Wärmenetzsignung ergibt sich ein Energiebedarf für die Wärmeerzeugung. Das zunächst Top-Down erstellte Zielszenario für die Verwendung der erneuerbaren Energien sollte überprüft werden. Daraus ergibt sich gegebenenfalls ein Anpassungsbedarf bei der Aufteilung der Potenziale auf Wärmenetze und dezentrale Einzelversorgung.
- Nutzung von Abwärme: Punktquellen für Abwärme aus Gewerbe, Industrie und Abwasser sind an bestimmte Orte in der Kommune gebunden. Wenn zu den Wärmenetz-Eignungsgebieten kurze Wege bestehen, können Abwärmequellen kostengünstige Wärmequellen darstellen.

Für Anlagen der Tiefen Geothermie müssen entsprechende Heizzentralen errichtet werden. Dafür kommen nur bestimmte Bereiche in der Kommune in Betracht.

- Flächenquellen für erneuerbare Energien:
Für Freiflächen für Solarthermie müssen Standorte gefunden werden. Eine Nähe zu Wärmenetz-Eignungsgebieten ist günstig. Erdwärmepotenziale sind gegebenenfalls auf bestimmte Bereiche der Stadt begrenzt. Hier ist die Konkurrenz zwischen Einzelversorgung und Wärmenetzen zu überprüfen.
- Anforderung an das Temperaturniveau der Wärmenetze: Der Begriff Wärmenetze wird oft pauschal benutzt. Die Abnehmer haben aber unterschiedliche Anforderungen an das Temperaturniveau, wie zum Beispiel Prozesswärme in Betrieben, Altbauten und Neubauten beziehungsweise gut sanierte Altbauten (dazu siehe Infokasten unten). Bei der Optimierung der Zonierung sollten gegebenenfalls unterschiedliche Temperaturniveaus berücksichtigt werden.

Mit den skizzierten Ansätzen kann die zunächst grobe Einteilung in Eignungsgebiete verfeinert werden. Dabei sollten sinnvollerweise die Stadtplanung und Energieunternehmen einbezogen werden.

Zum Abschluss des Planungsprozesses sollten folgende Informationen vorliegen:

- fachgerechte vorläufige Einteilung in Eignungsgebiete für dezentrale Einzelversorgung und Wärmenetze
- grobe Beschreibung und Quantifizierung der zukünftigen Versorgungsstruktur für dezentrale Einzelversorgung und Wärmenetze heruntergebrochen auf Teilgebiete
- Abgleich der zukünftigen Versorgungsstruktur mit den verfügbaren Potenzialen lokaler erneuerbarer Energien

3.5.5 SCHRITT 4: FORMULIERUNG UND DOKUMENTATION DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS

Für die Erarbeitung der Zonierung wurden vielfältige Unterlagen erstellt. Die Dokumentation des kommunalen Wärmeplans wird aus folgenden Dokumenten zusammengestellt:

- Bestandsanalyse
 - systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs oder -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen
 - Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen
 - Informationen zur aktuellen Versorgungsstruktur (Wärmenetze, Gasnetze, KWK-Standorte, Heizzentralen) sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude
- Potenzialanalyse
 - Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz
 - Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung wie Biomasse, Geothermie, PV, Umweltwärme, Solarthermie sowie die Nutzung von Abwärme aus Gewerbe oder Abwasser und Kraft-Wärme-Kopplung
 - erneuerbare Stromquellen für Wärmeanwendungen wie PV, Windkraft oder Wasserkraft
- Zielszenario
 - Szenario zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs
 - flächenhafte Darstellung der zur klimaneutralen Bedarfsdeckung durch Wärmepumpen, Biomasse, Solarthermie, synthetische Brennstoffe und/oder Wärmenetz geplanten Versorgungsstruktur (anhand Eignungsgebiete Wärmenetz/Einzelversorgung) für das Jahr 2030
als Zwischenschritt und Jahr 2050
 - Dokumentation der je Teilgebiet angestellten Überlegungen zur Einteilung in einem Teilgebiet-Steckbrief

- Kommunale Wärmewendestrategie:
 - Skizzierung von Maßnahmen, Prioritäten und grober Zeitplan für die Umsetzung in Maßnahmenblättern
 - Nachweis zur Erreichung der Klimaschutzziele mit dem erstellten Wärmeplan.

Für alle definierten Gebiete sollte ein einheitlicher Teilgebiets-Steckbrief angelegt werden. Mögliche Inhalte solcher Teilgebiets-Steckbriefe sind (Abbildung 25):

- Luftbild, Lageplan
- Beschreibung der Situation im Gebiet (Gebietsgröße, Netzlänge, Leistung, Wärmebedarf et cetera)
- Eignungsgebiet für dezentrale Einzelversorgung beziehungsweise Wärmenetze
- Ziele für die Stadtentwicklung und Wärmeversorgung
- Maßnahmenvorschläge mit Kurzbeschreibung
- mögliche Treibhausgas-Minderung
- Kosten und Finanzierung
- nächste Schritte, Termine
- Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution
- Priorität, Umsetzungsbeginn

Die Steckbrief-Form ermöglicht einen schnellen Überblick über die Situation und mögliche Maßnahmen. Die Inhalte sollten so aufbereitet sein, dass sie als konkrete Arbeitsgrundlage verwendet werden können. Wichtig ist die Verortung der Maßnahmen, um gemeinsam mit sonstigen Aufgaben der Stadtentwicklung im Quartier die Wärmeversorgung zu optimieren.

Um die Gebietssteckbriefe nicht zu überfrachten ist es sinnvoll, Details von vorgeschlagenen Maßnahmen in eigenen Maßnahmenblättern zu beschreiben. Auch für die Maßnahmenblätter empfiehlt sich eine einheitliche Struktur mit standardisierten Inhalten.

Sollte sich bei der Präzisierung des Wärmeplans zeigen, dass die Klimaschutzziele nicht erreicht

werden können, muss eine Überarbeitung erfolgen. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Wärmeplanung ist das Durchlaufen von Rückkopplungsschleifen in der Regel erforderlich (siehe dazu auch Abbildung 6). Sukzessive kann dadurch die Qualität und Robustheit eines kommunalen Wärmeplans verbessert werden.

Eine endgültige und exakte Abgrenzung der Eignungsgebiete während der Phase der strategischen kommunalen Wärmeplanung ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich.

Eine Reihe von wesentlichen Parametern ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit ausreichender Genauigkeit bekannt. Dazu zählen insbesondere Kostenfaktoren, der Anschlussgrad in den Netzen sowie die zeitliche Entwicklung des Wärmebedarfs.

Bei der Formulierung der kommunalen Wärmewendestrategie für die kommenden Jahre der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans, zum Beispiel in den nächsten fünf bis zehn Jahren, sollten prioritäre Maßnahmen in größerem Detail ausgearbeitet werden. Die für den Wärmeplan angelegten Dokumente können in der Umsetzungsphase und für das Monitoring Verwendung finden.

Für das gesamte Gemeindegebiet sind zusätzlich zur Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans, Informationen zu den Jahresenergiebedarfen und Endenergiepotenzialen in einer vom Land bereitgestellten Datenbank zu erfassen:

- Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach:
 - Energieträger (Erdgas, Erdöl, Strom: Direkt-Strom und Wärmepumpe, Erneuerbare Energien, Wärmenetz, PtX, Wasserstoff) und Sektoren (private Haushalte, GHD, Industrie, Kommune) für das aktuelle Jahr und abgeschätzt für die Jahre 2030 und 2050

- genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien (Biomasse, Geothermie, PV, Umweltwärme, Solarthermie), Abwärme (Gewerbe, Abwasser) und Kraft-Wärme-Kopplung

Maßnahmenempfehlung kommunale Wärmeplanung

Priorität: A

Empfehlung 1



Kategorie: Kalte Wärmenetze

Erstellt am: 01.07.2020

Gebiets-ID: **1**

CO₂-Emissionen Status Quo: **396,38 t/a**

Maßnahme a):

Nutzung industrieller Abwärme

CO₂-Emissionen Einsparung: **275,39 t/a**

Beschreibung:

Zwei vorhanden Unternehmen zur Nutzung von industrieller Abwärme und Installation eines kalten Nahwärmenetzes. Vorhandene Industrie:

- Metall und Anlagenbearbeitung ...
- Mineral- und Betonlabor ...

Nächster Schritt:

1. Abfrage an Unternehmen nach Wärmeträger, Wärmeleistung, Wärmemenge, Abnehmer, Auskopplungsaufwand, Verfügbarkeit, Temperaturniveau
2. Wenn Abwärme verfügbar Kontakt zu potenziellem Wärmenetzbetreiber herstellen und über Maßnahme informieren

Andere Möglichkeiten:

Maßnahme b) Versorgung dezentrale EE

CO₂-Emissionen Einsparung: **176,95 t/a**

Beschreibung:

Aufgrund der geringen Bebauungsdichte kann die Versorgung der Gebäude mit dezentralen Wärmepumpen erfolgen. Da es sich um ein Wasser-/Heilquellenschutzgebiet handelt wird die Verwendung von Erdwärmepumpen empfohlen.

Abbildung 25: Typischer Steckbrief eines Teilgebiets, hier am Beispiel eines Kalte Nahwärmenetzes in einem Gewerbegebiet in Baden-Baden. Quelle: Steinbeis-Transferzentrum EGS.

3.6 ANALYSE VON WÄRMEKOSTEN

Die Kosten für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen bestehen aus zwei Kostenbestandteilen: Das sind zum einen die Investitionen und Betriebskosten für die Netzinfrastruktur, zum anderen die Kosten zur Wärmebereitstellung.

Auf der Seite der dezentralen Einzelheizungen müssen auf jeden Fall diejenigen Heizungssysteme berücksichtigt werden, die in Zukunft hauptsächlich zur Anwendung kommen werden (Wärmepumpen und in geringerem Umfang Biomassekessel). Werden auch Gasheizungen in den Vergleich mit einbezogen, sollten unbedingt die höheren Kosten synthetischer Brennstoffe und die zunehmende CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger berücksichtigt werden.

Der Vergleich muss auf der Basis von Wärmevollkosten erfolgen. Die Berechnung erfolgt zum Beispiel gemäß VDI 2067 und betrachtet die Nutzenergie.

Bei der Berechnung der Wärmevollkosten sollten generell folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- plausible Annahmen zur Entwicklung der Energieträgerpreise
- Berücksichtigung der CO₂-Bepreisung
- Entwicklung des Wärmeenergiebedarfs durch Neubau, Verdichtung und Gebäudesanierung, ausgehend von einer pauschalen Sanierungsrate von ungefähr 1 Prozent pro Jahr. Sinnvoll ist es, je nach Gebäudetyp und -alter unterschiedliche Zielwerte der Sanierung anzunehmen (siehe Abbildung 14).

Für den Kostenvergleich können unterschiedliche Versorgungsoptionen für typische Versorgungsfälle berücksichtigt werden. Dazu können die in der Kommune häufig vorkommenden Gebäudetypen und Baualtersklassen berücksichtigt werden. Das betrifft zum Beispiel:

- Einfamilienhäuser, Doppelhäuser, Reihenhäuser
- kleine und mittlere Mehrfamilienhäuser
- große Mehrfamilienhäuser
- Nichtwohngebäude

Für jeden Gebäudetyp werden dann verschiedene dezentrale Versorgungsoptionen berechnet.

Wenn solarthermische Dachanlagen zur Erreichung der Klimaschutzziele einer Kommune eingeplant werden, sollten diese Kosten anteilig beim Kostenvergleich berücksichtigt werden. Dazu werden die Kosten der gesamten eingepplanten Wärmeerzeugung mit solarthermischen Dachanlagen auf den gesamten Wärmebedarf der Kommune umgelegt. Der Anteil der Wärme aus solarthermischen Anlagen ergibt sich aus dem Verhältnis der gesamten solarthermischen Wärmeerzeugung zum Gesamtwärmebedarf. Mit diesem Anteil können die Kosten dann im Kostenvergleich berücksichtigt werden. Dieses Vorgehen vereinfacht letztendlich den Szenariovergleich, weil zusätzliche Optionen mit oder ohne Solaranlagen vermieden werden.

Bei der Umstellung der Heizungsanlagen kommen sehr wahrscheinlich viele unterschiedliche Zwischenlösungen zum Tragen. Wärmepumpen mit Spitzenlastkesseln in Altbauten, Erdgasheizungen mit Biomethan-Anteil, Nutzung von eigenem PV-Dachstrom für Heizzwecke und andere. Diese Lösungen basieren auf individuellen Entscheidungen der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer. Die Berücksichtigung dieser Versorgungsoptionen würde den Aufwand der Kostenanalyse deutlich erhöhen. Für die strategische Wärmeplanung ist die Beschränkung auf grundsätzliche Optionen ausreichend.

Bei der Berechnung der Kosten der Wärmeerzeugung in Wärmenetzen wird ein Energieträgermix entsprechend den lokal verfügbaren Potenzialen erneuerbarer Energien berücksichtigt. Typische Konstellationen für eine zukünftige

Wärmeerzeugung werden in Kapitel 4.4 näher beschrieben. Folgende Überlegungen sollten dabei mit einbezogen werden:

- Bei den Kosten bestehender Wärmenetze müssen Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen berücksichtigt werden.
- Die Kosten der Abwärmenutzung können in Absprache mit den Lieferanten grob bestimmt werden, falls die dazu nötige Datengrundlage bereits vorliegt (siehe auch Abschnitt 3.3.3).
- In der Regel werden Wärmenetz-Eignungsgebiete nicht in einem Zug erschlossen. Gegebenenfalls ist es sinnvoll die Kosten für Teilnetze zu bestimmen, deren Umsetzung in den nächsten Jahren absehbar ist. Dabei kann dann auch der vorgesehene Versorgungsmix relativ konkret festgelegt werden – zum Beispiel Nutzung von Abwärme, Geothermie oder Biogas.
- Bei der beschriebenen Methode zur Bestimmung der Verteilkosten werden Betriebs- und Wartungskosten nicht berücksichtigt. Diese Kosten müssen daher bei den Wärmeerzeugungskosten später addiert werden (Vollkostenbetrachtung).

Für die Berechnung der Wärmekosten in Wärmenetzen müssen also auch unterschiedliche Szenarien entsprechend den lokalen Verhältnissen berücksichtigt werden.⁴⁶

Wie in Abschnitt 3.5.4 beschrieben, werden die Verteilkosten in Wärmenetzen in Abhängigkeit von Wärmedichte und Anschlussgrad bestimmt. Aus der Differenz aus den Wärmeeinkosten für dezentrale Einzelversorgung und den Kosten der Wärmeerzeugung für Wärmenetze können die maximal zulässigen Verteilkosten bestimmt werden. Damit ist sichergestellt, dass die Wärmekosten in Wärmenetzen konkurrenzfähig zu einer dezentralen Einzelversorgung sind.

Die ermittelten Vollkosten sind mit Unsicherheiten behaftet. Durch die gleichartige Berechnungsmethode und die konsistente Anwendung von Preisprognosen, Kostenbestandteilen und anderen Einflussfaktoren sind die Ergebnisse systematisch vergleichbar. Wärmekosten in gleicher Größenordnung können als konkurrenzfähig gelten. Die möglichen Systemdienstleistungen von Wärmenetzen (vergleiche Abschnitt 2.2.2) wurden hier nicht monetär bewertet. Es ist aber durchaus denkbar, dass dafür zukünftig Einnahmen entstehen werden, die sich positiv auf den Wärmepreis auswirken.

Anhand der hinterlegten Gebäudetypologie können mittlere Wärmekosten für einzelne Teilgebiete und Quartiere berechnet werden. Daraus ergeben sich wichtige Hinweise für die Zonierung und Argumente für die spätere Umsetzungsphase. Ziel der Zonierung ist, einen möglichen Entwicklungspfad hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung aufzuzeigen. Angesichts der hohen Unsicherheiten bei der zukünftigen Entwicklung ist es wichtig, relevante Entscheidungszeitpunkte zu identifizieren, um Fehlinvestitionen in langlebige Infrastrukturen und damit Lock-In-Effekte zu vermeiden. Der beschriebene Planungsprozess unterstützt dabei die schrittweise Ermittlung der Eignungsgebiete für verschiedene klimafreundliche Versorgungsoptionen im Rahmen des Wärmeplans 2050.

Weiterführende Informationen:

- Djoerup et al., 2019
- Hotmaps.eu Website

⁴⁶ Die bereits erwähnte webbasierte Hotmaps-Toolbox enthält ein Berechnungsmodul für Wärmekosten. Dort können verschiedene Wärmequellen und Techniken zu einem Versorgungsmix zusammengestellt, und die Wärmebereitstellung simuliert werden. Dieses Modul steht zusätzlich auch als kostenlose Stand-Alone-Variante zur Verfügung. Die Methodik kann somit unabhängig von der Toolbox eingesetzt werden.

Ausarbeitung der kommunalen Wärmewendestrategie

4.1 ÜBERSICHT ÜBER DIE VORGEHENS-WEISE

In den vorherigen Arbeitsschritten wurden ein kommunaler Wärmeplan und ein Zielszenario für 2050 erarbeitet. Der Wärmeplan beschreibt die erforderliche Infrastruktur zur Wärmeversorgung und die voraussichtliche Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2050 mit Zwischenzielen für 2030.

Aus dieser Zustandsbeschreibung muss nun ein Transformationspfad abgeleitet werden. Dabei werden in den folgenden beschriebenen Schritten Wärmesenken (Kapitel 3.2) und -quellen (Kapitel 3.3) konsequent zusammengeführt. Die Umsetzung des Wärmeplans kann nur schrittweise über einen großen Zeitraum erfolgen. Folglich wird auch der Transformationspfad in Transformationsschritten und durch Einzelmaßnahmen beschrieben. Damit der kommunale Transformationspfad zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung führt, muss die Summe aller Maßnahmen zum Zielszenario 2050 des Wärmeplans führen.

Dabei muss eine Reihenfolge für die Umsetzung von Maßnahmen anhand von Prioritäten festgelegt werden. Das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg fordert die konkrete Benennung und Beschreibung von mindestens fünf Maßnahmen, mit deren Umsetzung innerhalb der ersten fünf Jahre begonnen werden soll.

Im Regelfall werden im Rahmen der Wärmeplanerstellung mehr als fünf Maßnahmen erarbeitet,

weswegen eine Priorisierung stattfinden muss. Hinweise zur Priorisierung sind in Kapitel 4.5 enthalten.

Für diese fünf top-priorisierten Maßnahmen zur kurzfristigen Umsetzung sollten detailliertere Beschreibungen angefertigt werden. Für die mittelfristige Planung bis 2030 müssen dann weitere Maßnahmen untersucht werden, um die Zwischenziele bis 2030 zu beschreiben. Zur Dokumentation der Wärmewendestrategie eignen sich die vorgeschlagenen Teilgebiets-Steckbriefe und Maßnahmenblätter. Zusammen mit den anderen in Abschnitt 3.5.5 vorgeschlagenen Dokumenten kann die Erfüllung der verpflichtenden Wärmeplanung gegenüber dem Land nachgewiesen werden. In Kapitel 4.6 werden weitere Anforderungen des Landes zur Bereitstellung von Bilanzdaten beschrieben.

Neben den technischen Maßnahmen auf Projekt- oder Quartiersebene sollten übergeordnete Maßnahmen formuliert werden. Das betrifft Information, Kommunikation und Beratung der Bürger und Betriebe bei der Umsetzung eigener Maßnahmen (siehe dazu auch Kapitel 6). Ebenso sind Maßnahmen organisatorischer Art in der Kommunalverwaltung zur Unterstützung des Transformationsprozesses notwendig (siehe dazu auch Kapitel 5.4 und 5.5).

Die Wärmewendestrategie bildet die Schnittstelle zwischen der Wärmeplanerstellung und der tatsächlichen Umsetzung (siehe dazu auch Kapitel 3.1 und Abbildung 6). Die Wärme-

wendestrategie legt fest, welche Maßnahmen direkt umgesetzt werden sollen. Für die direkt umzusetzenden Maßnahmen müssen dann Detailplanungen erstellt werden. Es ist sinnvoll, jährliche Aktionspläne für die Umsetzung zu entwickeln. Diese Aktionspläne und die Finanzierung der Maßnahmen können dann vom Gemeinderat beschlossen werden. Ein Überblick über Vorgehensweisen und Tools zur Umsetzung der Wärmewendestrategie wird in Kapitel 5 gegeben.

Die Definition des ersten Wärmeplans erfolgt auf dem heutigen Kenntnisstand zu Rahmenbedingungen, Technologie- und Kostenentwicklung. Bei der Weiterentwicklung der Wärmewendestrategie mit Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans können weitere Entwicklungen berücksichtigt werden. Im Laufe der Jahre wird somit der Transformationspfad immer konkreter. Die Erreichung der Klimaschutzziele wird dabei immer mehr konkretisiert und besser quantifiziert.

In den folgenden Kapiteln werden einzelne Aspekte beschrieben, die bei der Entwicklung der Wärmewendestrategie berücksichtigt werden sollten.

4.2 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER GASNETZE IN DER KOMMUNE

Im Zentrum der Wärmewende steht die Dekarbonisierung der Energieversorgung. Spätestens im Jahr 2050 dürfen keine fossilen Energieträger mehr eingesetzt werden. Das bedeutet den Ersatz von Heizöl und Erdgas bei der Wärmeversorgung durch CO₂-freie Alternativen in den nächsten 30 Jahren.

Andererseits haben gasförmige und flüssige Energieträger durch ihre Speicherbarkeit große Vorteile gegenüber dem tageszeitlich und saisonal schwankenden Angebot von Wind und Sonne. Biomasse und Wasserkraft können nur einen kleinen Teil der Nachfrage abdecken.

Grundsätzlich können synthetische Energieträger aus grünem Strom hergestellt werden. Ein Beispiel ist die Methanisierung: Dazu wird zunächst Wasserstoff in einem Elektrolyseur mit einem Wirkungsgrad von 70 – 80 Prozent hergestellt. Danach erfolgt die Methanisierung. Der Gesamtwirkungsgrad zur Methanherstellung liegt bei circa 55 Prozent. Neuere Verfahren, die Wasserstoff-Herstellung und Methanisierung in einem Prozess vereinigen, können gegebenenfalls einen Gesamtwirkungsgrad von 75 Prozent erreichen. Das so produzierte Methan ist überwiegend frei von Treibhausgas-Emissionen und kann in das Gasnetz eingespeist werden. Allerdings liegen die gegenwärtigen Kosten deutlich über den Erdgaspreisen (siehe Infobox unten).



PREISENTWICKLUNG FÜR SYNTHETISCHE BRENNSTOFFE

Nach Analysen von Agora Energiewende wird synthetisches Methan und Öl anfänglich in Europa etwa 200 bis 300 Euro/MWh kosten. Die Kosten können bis 2050 auf etwa 100 Euro/MWh sinken, wenn die global installierte Power-to-Gas-/Power-to-Liquid-Kapazität auf etwa 100 Gigawatt steigt (Agora Energiewende, 2018).

Der Einfuhrpreis für Erdgas lag 2018 bei circa 20 Euro/MWh. Haushalte mussten circa 68 Euro/MWh bezahlen. Die Vollkosten für Gasheizungen lagen bei circa 100 Euro/MWh. Zu beachten sind die Auswirkungen der CO₂-Bepreisung in den kommenden Jahren. Geschätzt dürften die Vollkosten für eine Gasheizung mit synthetischem Gas gegenwärtig bei 250 bis 350 Euro/MWh liegen. Im Jahr 2050 könnten die Vollkosten bei circa 170 Euro/MWh liegen.

Eine Übergangslösung kann die direkte Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz darstellen. Dabei sind die Toleranzen der Endgeräte bezüglich des Wasserstoff-Anteils zu beachten, die sich derzeit im Bereich von 1 – 5 Prozent Wasserstoff bewegen. Inwiefern bestehende Gasversorgungssysteme und Endgeräte auch mit höheren Anteilen umgehen können, ist Gegenstand laufender Untersuchungen. Der „Dialogprozess Gas 2030“ des BMWi stellt fest: Aufgrund der absehbar begrenzten Verfügbarkeit und der Kosten von grünem Wasserstoff – und des voraussichtlich primären Einsatzes in anderen Bereichen, insbesondere Industrie – steht die flächendeckende Erhöhung des Wasserstoffanteils im Erdgasnetz derzeit nicht im Vordergrund (BMWi, 2019).

Bei der kommunalen Wärmeplanung stellt sich ganz konkret die Frage, wie das Gasnetz einer Kommune im Jahr 2050 aussehen wird. Sollen die Gasverteilnetze in den nächsten Jahren stillgelegt werden? Oder wird synthetisches Gas in großen Mengen billig verfügbar sein, sodass die Nachfrage bei den Endverbrauchern hoch bleibt? Für die kommunale Wärmeplanung in den nächsten Jahren bedeutet das:

- Den Ausbau und Rückzug der Gasverteilnetze strategisch planen.
- Bereiche identifizieren, in denen das Gasverteilnetz in den nächsten 10 Jahren gegebenenfalls mit hohen Kosten saniert werden muss. Alternativen für die Versorgung dieser Gebiete erarbeiten.
- Bereiche identifizieren, in denen langfristig ein Gasverbrauch sichergestellt werden soll (Kraftwerks-Standorte, Industrie, Gas-Tankstellen, Speicher).
- Beteiligung am Aufbau von Anlagen zur Wasserstoff- und Methan-Produktion. Die Wasserstoff-Strategie des Bundes sieht 10 GW bis 2035/2040 vor. Die Abwärme dieser Prozesse kann in Wärmenetzen genutzt werden, wenn die Anlagen strategisch in der Nähe

von Wärmenetz-Eignungsgebieten errichtet werden.

- Recherche zu Verfügbarkeit und Preisen synthetischer Gase und Prüfen der Zeithorizonte.
- Aufbau eines alternativen Szenarios, in dem Gasverteilnetze bis 2050 weitgehend stillgelegt werden. Dabei mögliche Maßnahmen ableiten. Beim Review der Wärmewendestrategie kann dieses Szenario dann berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 5.3.2).

Bei der Erstellung des Wärmeplans und der Wärmewendestrategie sollte eine intensive Diskussion mit den Gasversorgern zur Entwicklung einer mittel- und langfristigen Strategie geführt werden.

Aufgrund der langen Investitionszyklen sowohl im Bereich der Infrastruktur, als auch im Gebäudebestand selbst, müssen Haushalten und Betrieben schon heute Perspektiven aufgezeigt werden. Denn Entscheidungen, die in den Jahren 2020 – 2030 getroffen werden, werden in der Regel bis in das Jahr 2050 Bestand haben. Die lokale Wärmewendestrategie sollte überdies Aussagen zur Entwicklung des Gasnetzes enthalten, um Bürgerinnen, Bürgern sowie Betrieben eine Entscheidungshilfe beim Ersatz ihrer Gasversorgung zu bieten.

4.3 WÄRMEVERSORGUNG MIT DEZENTRALER EINZELVERSORGUNG

In allen Teilgebieten einer Stadt oder Gemeinde, in denen die Kosten für Wärmenetze aufgrund der Randbedingungen zu hoch sind (siehe Abschnitt 3.5.4), kommen Einzelheizungen zum Einsatz.

Der gesamte Wärmebedarf für dezentrale Versorgung einer Kommune oder eine quartiersweise Berechnung kann mit einem GIS durchgeführt werden. Die zukünftige Entwicklung des Wärmeverbrauchs bis hin zum Zieljahr 2050 wird natürlich auch durch den Wechsel

von Brennstoffen und Wärmeversorgungstechnologien basierend auf erneuerbaren Energien beeinflusst werden. Anhand von Informationen des Alters der dezentralen Heizkessel aus dem elektronischen Kkehrbuch (siehe Abschnitt 3.2.2) kann die zukünftige Wärmeversorgung in Eignungsgebieten für Einzelheizungen strategisch geplant werden.

Die wichtigste Anlagentechnik zur klimaneutralen Beheizung von Einzelgebäuden sind in Zukunft Wärmepumpen, die mit erneuerbarem Strom betrieben werden. Die notwendigen primären Wärmequellen müssen entsprechend der lokalen Randbedingungen genutzt werden. In Frage kommen dafür:

- Erdsonden
- Erdkollektoren
- Grund- und Abwasser
- Außenluft

Bei der Wärmeplanung sollten Antworten auf die Frage erarbeitet werden, in welchem Quartier welche Versorgungsoption am besten geeignet ist. Dies geschieht basierend auf der Kartierung der technischen Potenziale (siehe Abschnitt 3.3.2) und der Ermittlung von Eignungsgebieten (siehe Abschnitt 3.5).

Um in Bestandsgebäuden ausreichend hohe Jahresarbeitszahlen mit den verschiedenen Arten von Wärmepumpen zu erreichen, müssen die Betriebstemperaturen möglichst niedrig und die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf möglichst hoch sein. Das heißt, dass eine vorausgehende Sanierung des Gebäudes die Voraussetzung für den effizienten Betrieb der Wärmepumpen ist. Außerdem ist der hydraulische Abgleich des Heizungssystems unabdingbar.

Um während einer Übergangszeit in dieser Hinsicht flexibel zu sein, wird vorgeschlagen,

in teilsanierten Häusern zunächst Hybridsysteme bestehend aus Wärmepumpe und fossilem Heizkessel einzusetzen (Gerhardt, 2019 S. 23 ff).

Wie im vorherigen Kapitel erläutert, ist mittelfristig die Zukunft des Gasverteilnetzes ungewiss. In Mischgebieten mit bestehenden Gas- und Wärmenetzen ist es sinnvoll, die Anschlussdichte im Wärmenetz langfristig zu erhöhen. Gas- und Wärmeversorger sollten hier ihre Kunden frühzeitig auf die zukünftige Entwicklung hinweisen. In Gebieten mit bestehender Gasversorgung, aber ohne Wärmenetzeignung, müssen Eigentümer und Eigentümerinnen sowie Betriebe bei der Dekarbonisierung der Gasheizungen beraten werden. Optionen sind die Nutzung von Biomethan, Solarwärme, gegebenenfalls Biomasse oder die Umstellung auf Wärmepumpen. Übergangsweise können auch Hybridsysteme sinnvoll sein, um einen Übergang kontinuierlich zu gestalten und gegebenenfalls an den Renovierungszyklus der Gebäude anzupassen.

Eine weitere Technikvariante für klimaneutrale Einzelheizungen werden in Zukunft automatisch beschickte Biomasseheizungen sein, zum Beispiel Holzpelletkessel. Eine wichtige Randbedingung ist dabei das lokale beziehungsweise regionale Biomasseaufkommen und die daraus resultierenden Brennstoffkosten. Die langfristigen Perspektiven der dezentralen Holzpelletkessel, aber auch in großen Heizzentralen von Wärmenetzen werden jedoch davon abhängen, in welchem Umfang Biomasse primär zur Herstellung regenerativer Treibstoffe oder für andere Nutzungen benötigt wird.

Große stromgeführte KWK-Anlagen eignen sich für Großverbraucher. Durch eine schrittweise Erhöhung des Anteils erneuerbarer Brennstoffe können solche Anlagen gegebenenfalls sogar langfristig einen Beitrag zur Energiewende leisten.

Maßnahmenempfehlungen für Gebiete mit dezentraler Einzelversorgung sind:

- ganzheitliche Energieberatung zum Sanierungsfahrplan zur stufenweisen klimaneutralen Wärmeversorgung durch energetische Sanierung und Nutzung erneuerbarer Energie
- Bereitstellung von Informationen zur effektiven Nutzung von Wärmepumpen und deren Effizienz, angepasst an die lokalen Verhältnisse in den Quartieren
- frühzeitige Bereitstellung von Informationen zur Entwicklung der Gasnetze
- Optimierung von Bebauungsplänen zur optimalen aktiven und passiven Nutzung von Solarenergie und sommerlichen Wärmeschutz
- Entwicklung lokaler Förderkonzepte für spezielle Problemstellungen in der Kommune
- Entwicklung von Quartierskonzepten – dabei können Fördermittel für Sanierungsmanager für die Energieberatung und für die energetische Sanierung eingeworben werden

Der Erfolg solcher überwiegend „weichen“ Maßnahmen ist nur schwer zu quantifizieren. Detailberatungen führen in der Regel aber zu einer Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen.

Es ist hilfreich, die Maßnahmen soweit möglich spezifisch für bestimmte Teilgebiete zu formulieren. Zur Dokumentation der Maßnahmen können die in Abschnitt 3.5.5 eingeführten Teilgebiets-Steckbriefe und Maßnahmenblätter (Kapitel 4.5) weiter ausgearbeitet und quantifiziert werden.

4.4 WÄRMEBEREITSTELLUNG FÜR WÄRMENETZE

Die Identifikation lokal und regional verfügbarer erneuerbarer Energien ist ein wichtiger und zentraler Schritt im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung (siehe Kapitel 3.3).

Bislang spielt Abwärme aus der Stromproduktion in fossilen Heizkraftwerken die wesentliche Rolle in großen Wärmenetzen, ergänzt durch Altholz, Müll und Abwärme aus großen Industriebetrieben. Holzhackschnitzel, Holzpellets und Biomasse ergänzen das Angebot. Solarwärme oder Tiefe Geothermie spielen bisher nur eine untergeordnete Rolle.

Im Zuge eines möglichen Ausbaus von Wärmenetzen und der Dekarbonisierung bestehender Netze werden große Mengen an erneuerbaren Energien benötigt, wie beispielsweise:

- Umwandlung überschüssigen regenerativen Stroms in Wärme durch große Wärmepumpen
- tiefe und oberflächennahe Geothermie
- Solarthermie in Form großer Freiflächenanlagen in Siedlungsnähe
- Niedertemperatur-Abwärme, die durch Wärmenetze mit niedrigen Betriebstemperaturen verteilt wird
- Abwärme der Anlagen zur Herstellung synthetischer Energieträger
- große saisonale Wärmespeicher
- synthetische Energieträger in KWK-Anlagen und als Energiespeicher

Für die Wärmewendestrategie sollten die Gebiete identifiziert werden, bei denen möglichst schnell bestehende Netze optimiert (Wärmenetz-Transformationsplan) oder neue Wärmenetze mit sehr günstigen Wärmekosten errichtet werden können.

Dabei helfen die bis hierher systematisch bereitgestellten Informationen wie:

- tabellarische Übersicht über die Potenziale lokaler erneuerbarer Energien, zum Beispiel Abwärmequellen und deren Kosten (Kapitel 3.3)
- Wärmekosten bestehender Wärmenetze und deren Anteil erneuerbarer Energien oder

Treibhausgas-Emissionsfaktor – große Anlagen mit hohen Emissionsfaktoren sollten vordringlich dekarbonisiert werden (Abschnitt 3.2.2)

- Temperaturniveaus und Netzverluste bestehender Wärmenetze – durch Anpassung der Temperaturniveaus (zum Beispiel Gebäudesanierung oder Anschluss an Rücklauf) können Verluste reduziert werden (Kapitel 3.2)
- Großverbraucher in Wärmenetz-Eignungsgebieten noch ohne Netzanschluss – solche Verbraucher eignen sich gut für Netzaufbau und Netzerweiterung (Abschnitt 3.2.1)
- verfügbare Flächen für erneuerbare Energieanlagen (Kapitel 3.3)

Sind ganze Gruppen beziehungsweise kleinere Quartiere von Bestandsgebäuden komplett oder nahezu vollständig saniert, besteht dort, ähnlich wie bereits in Neubaugebieten mehrfach realisiert die Option, mehrere dezentrale Wärmepumpen mit einer gemeinsamen primären Wärmequelle zu verbinden (Kalte Nahwärme).

Kalte Nahwärmesysteme sind, falls die Voraussetzungen auf der Abnehmerseite bei den Gebäuden erfüllt sind, immer dann eine Option, wenn entsprechende Umweltwärmequellen zur Verfügung stehen.

Bei der Auslegung von Kalten Nahwärmenetzen und bei der ökonomischen Bewertung muss berücksichtigt werden, dass die Kostenunterschiede zu Systemen mit zentralen Wärmepumpen, die in warme thermische Niedertemperaturnetze einspeisen, häufig nicht sehr groß sind. Deshalb ist es empfehlenswert, beide Optionen immer genau miteinander zu vergleichen.

Es ist sinnvoll, zunächst einige Gebiete zu identifizieren und Maßnahmenvorschläge zu erarbeiten. Dazu können die bei der Definition des Wärmeplans erstellten Teilgebiet-Steckbriefe (siehe Abschnitt 3.5.5) erweitert werden.

Die Maßnahmenvorschläge müssen dabei noch nicht vollständig ausgearbeitet sein. Eine erste grobe Dimensionierung ist auf dieser Ebene der strategischen Wärmeplanung ausreichend. Mögliche Maßnahmen werden anhand von zwei Beispielen erläutert.

BEISPIEL 1:

DEKARBONISIERUNG EINES BESTEHENDEN HEIZWERKS

In einer größeren Stadt, in der sich bisher die Wärmeversorgung zu sehr hohen Anteilen auf Erdgas stützt, wird auf der Grundlage des kommunalen Wärmeplans entschieden, schrittweise auf die Versorgung mit Wärmenetzen umzusteigen. Die erforderliche Wärme soll zu großen Teilen mit großen Blockheizkraftwerken (BHKW) im Megawattbereich erzeugt werden, die sich auf mehrere Heizzentralen verteilen.

Dadurch wird der bisher genutzte Energieträger zunächst beibehalten, aber statt wie bisher nur Wärme in den Einzelgebäuden wird in Zukunft Strom und Wärme in den Heizzentralen erzeugt und die Wärme über die Netze verteilt.

Da der bisher übliche wärmegeführte Betrieb von BHKW aufgrund der zunehmenden fluktuierenden Stromerzeugung mit Wind und PV nicht sinnvoll ist, werden die KWK-Anlagen von vornherein flexibel, das heißt ausgerichtet auf den Bedarf und die variablen Strompreise im Stromnetz, betrieben. Dies erfordert die Integration eines ausreichend groß dimensionierten Pufferspeichers mit einer Speicherkapazität von einem bis mehreren Tagen, bezogen auf die thermische Nennleistung des BHKW.

Der flexible Betrieb von KWK-Anlagen mit großem Pufferspeicher macht es außerdem möglich, erneuerbare Energien oder Abwärme in die Wärmeversorgung einzubinden. Die konkrete Ausgestaltung richtet sich dabei nach den lokalen Rahmenbedingungen. Aus technischer Sicht könnten in Frage kommen:

- große elektrische Wärmepumpen mit hohen Volllaststunden in Verbindung mit Elektroböhlern hoher Leistung für den Kurzzeitbetrieb
- industrielle Abwärme, je nach Temperaturniveau direkt genutzt oder ebenfalls über eine große Wärmepumpe
- falls in der Umgebung der Stadt möglich, Integration einer großen solarthermischen Anlage im Freiland

Der Pufferspeicher übernimmt in diesem Fall die Funktion, die Wärme von verschiedenen Wärmeerzeugern zeitweise zu speichern, und ermöglicht so einen multivalenten Betrieb.

Ein weiterer Schritt zur Dekarbonisierung besteht zu einem späteren Zeitpunkt darin, das fossile Erdgas durch regeneratives synthetisches Methan zu ersetzen. Sofern der dafür notwendige Elektrolyseur und die Anlagentechnik zur Synthesereaktion vor Ort aufgebaut werden, kann die dabei entstehende Abwärme ebenfalls in das Fernwärmenetz eingespeist werden.

BEISPIEL 2

AUFBAU EINER NEUEN HEIZZENTRALE

Das zweite Beispiel bezieht sich auf eine Gemeinde mit 5.000 bis 10.000 Einwohner. Der Einstieg in die Nutzung erneuerbarer Energien erfolgt hier mit einem solaren Wärmenetz. Das bedeutet in diesem Fall, ein Holzheizwerk mit Hackschnitzelkessel wird mit einer großen Solarthermieranlage kombiniert.

Die Solarthermie wird so ausgelegt, dass sie 15 – 20 Prozent des Jahreswärmebedarfs decken kann. Unter der Annahme, dass dieser einschließlich Netzverluste rund 35 GWh/a beträgt, wird dafür eine Kollektorfläche von ungefähr 17.000 Quadratmeter benötigt. Die erforderliche Bodenfläche zur Aufstellung des Kollektorfeldes ist etwas mehr als zweimal so groß, also circa 3,5 – 4,0 ha.

Der Holzessel wird auf den Winterbetrieb ausgelegt und kann während der Sommerzeit

abgeschaltet werden. Auf diese Weise erhöht sich die Lebensdauer der Biomasseanlage, da der Schwachlastbetrieb während des Sommers entfällt. Das Gesamtsystem wird durch einen fossil betriebenen Gas-Spitzenlastkessel, der nur sehr wenig zum Jahresenergiebedarf beiträgt, vervollständigt.

Für diese Anlagenkonstellation wird ebenfalls ein ausreichend dimensionierter Pufferspeicher benötigt. Die Größe wird durch die Anforderungen der Solaranlage bestimmt. Für den Winterbetrieb hat das zur Folge, dass der Holzessel parallel zu einem sehr großzügig dimensionierten Pufferspeicher betrieben werden kann, was einen sehr gleichmäßigen und anlagenschonenden Betrieb ermöglicht.

Da Biomasse für die Energieversorgung auch langfristig eine knappe Ressource darstellt, kann das solare Kollektorfeld zu einem späteren Zeitpunkt ausgebaut und vergrößert werden, um den solaren Deckungsanteil zu erhöhen. Sobald dieser deutlich ansteigt, ist der Bau eines zusätzlichen saisonalen Wärmespeichers erforderlich, der zum Beispiel als Erdbeckenspeicher mit wärmegeädämmtem Deckel ausgeführt werden kann. Um den saisonalen Speicher weitgehend auskühlen zu können, wird er um eine Wärmepumpe ergänzt. Diese sorgt in der Schlussphase der Entladung dafür, dass die Speicherkapazität nahezu vollständig ausgenutzt wird. Dies wiederum hat den Vorteil, dass niedrige Temperaturen am unteren Ende des Speichers hohe Wirkungsgrade bei der Beladung mit Solarwärme ermöglichen.

Verringert sich der Wärmebedarf im Gebäudebestand infolge Sanierungsmaßnahmen, ist nur eine begrenzte Erweiterung des Kollektorfeldes notwendig, um solare Deckungsanteile im Bereich von 45 – 50 Prozent zu erreichen. Die gedämmten Gebäude erlauben außerdem die Absenkung der Betriebstemperaturen im Wärmenetz, was wiederum die Wirkungsgrade

der Solaranlage, des Speichers und der Wärmepumpe erhöhen.

Darüber hinaus besteht eine weitere Möglichkeit der Systementwicklung darin, den Biomassekessel am Ende seiner Nutzungsdauer durch eine große Wärmepumpe zu ersetzen. Mit welcher primären Wärmequelle diese betrieben wird (zum Beispiel Grundwasser, Oberflächengewässer, Außenluft et cetera), ist abhängig von den lokalen Randbedingungen. Der Betrieb dieser Wärmepumpe führt dazu, dass der saisonale Wärmespeicher multivalent beladen und dadurch intensiver genutzt wird.

Als letzter Schritt besteht schließlich noch die Möglichkeit, den Betrieb des Spitzenlastkessels auf synthetisches Methan umzustellen. Sind bis dahin alle Einzelheizungen außerhalb des Fernwärmenetzes auf Wärmepumpen umgestellt, führt diese Maßnahme dazu, dass die Wärme-

versorgung dieser Beispielgemeinde am Ende vollständig auf erneuerbaren Energien beruht.

4.5 PRIORISIERUNG DER MASSNAHMEN

Für die Wärmewendestrategie werden unterschiedliche Maßnahmenvorschläge ausgearbeitet. Die Auswahl orientiert sich dabei an den Erkenntnissen, die während der Erstellung des Wärmeplans für die unterschiedlichen Teilgebiete und Quartiere gesammelt wurden.

Um eine Priorisierung der Maßnahmen der lokalen Wärmewendestrategie vorzunehmen, müssen Entscheidungsparameter definiert werden. Dazu dient vor allem die Bewertung der möglichen Treibhausgas-Minderungen für 2030 und 2050. Die folgenden Bewertungstabellen zeigen einen quantitativen (Tabelle 7) und qualitativen Ansatz (Tabelle 8) für die Maßnahmenpriorisierung. Diese Auswertung lässt sich auch kartografisch darstellen (Abbildung 26).

Tabelle 7: Beispiel einer quantitativen Bewertungstabelle zur Priorisierung der Maßnahmen aus der lokalen Wärmewendestrategie (Quelle: Steinbeis-Transferzentrum EGS):

GEWICHTUNGSFAKTOREN								
	0,1	0,1	0,4	0,8	0,7	0,9	0,5	
Gebiet	Wärmedichte MWh/ha 2030, 2050	Wärmebedarf GW/a 2030, 2050	Gasnetz Ja/Nein	Ankerkunden Ja/Nein	Heizzentrale vorhanden Ja/Nein Heizzentrale vorhanden Ja/Nein	Nähe zu Bestandswärmenetz Ja/Nein	Nähe zu Freiflächen Ja/Nein	Gesamt Punkte
1	250 - 200	10 - 5	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	2,4
2	700 - 500	30 - 20	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	3,6

Anhand der Gesamtsumme einer Einzelmaßnahme lässt sich eine Priorisierung errechnen und auf einer Skala darstellen. Diese kann zum Beispiel wie folgt aufgestellt werden:

- a. sofortige Umsetzung empfohlen
- b. zeitnahe Umsetzung empfohlen
- c. bei Gelegenheit Umsetzung empfohlen
- d. Umsetzung empfohlen

Bei Bedarf lässt sich die Gewichtung anpassen und damit auf individuelle Gegebenheiten der Kommune reagieren.

Tabelle 8: Beispiel zur qualitativen Maßnahmen-Priorisierung in Wärmenetz-Bestandsgebieten
(Quelle GEF Ingenieur AG):

WÄRMENETZ-NACHVERDICHTUNG	POSITIV-KRITERIEN	NEGATIV-KRITERIEN
Netz hat zusätzliche Kapazität	Ja	Nein
Wärmeerzeugung hat zusätzliche Kapazität	Ja	Nein
Zusätzliche Kunden am Netz vorhanden	Ja	Nein (z.B. Satzungsgebiet)
Wärmenetz-Ausbau	Positiv-Kriterien	Negativ-Kriterien
WÄRMEBEDARF/ SIEDLUNGSSTRUKTUR		
Anzahl Hausanschlüsse (Siedlungsstruktur)	Niedrig (MFH, NWG)	Hoch (EFH, DH, RH, kleine NWG)
Wärmedichte Ist	Hoch	Niedrig
Wärmedichte Zukunft (z.B. Sanierungsgeb.)	Relativ hoch	Sehr niedrig
KUNDENANLAGEN		
Zentralheizung vorhanden	Ja	Nein (Gas-Etagen-Heizung, ...)
KUNDEN		
Ankerkunden vorhanden		
(Eigentümerstruktur Gebäude, hoher Verbrauch, Akquiseaufwand, Akquisechance)	Ja	
(öff. Gebäude, gewerb. Wohnungswirtschaft, gewerb. Großkunden, ...)	Nein	
(MFH mit WEG, ...)		
hoher Anschlussgrad zu erwarten	Ja	Nein
NETZSTRUKTUR IST		
Nähe zum Fernwärmebestandsnetz	Ja	Nein dann ggf. Neubau als Insel)
Gasverteilnetz vorhanden	Nein	Ja (parallele Netzstrukturen)
Verbindung mehrerer FW-Netze		
Anschluss neuer Wärmeeinspeiser (z.B. EE)		

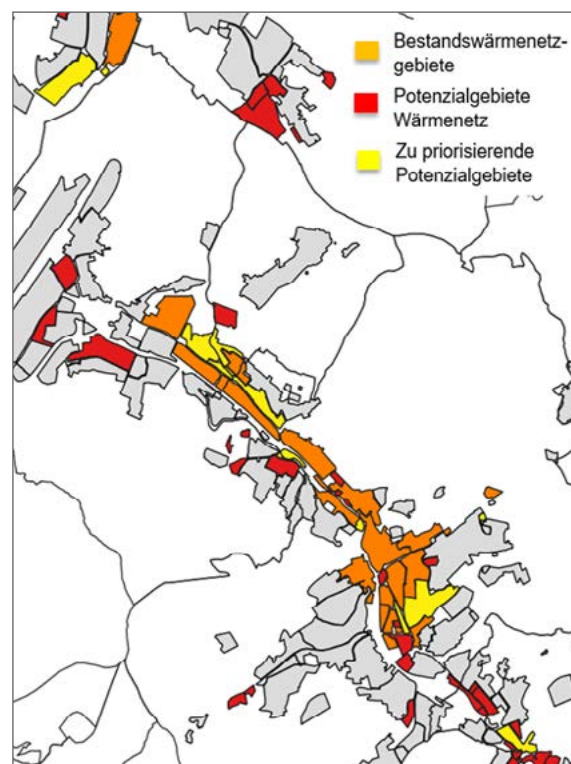


Abbildung 26: Beispiel zur Bewertung der Wärmenetzgebiete (im Bestand, in Eignungsgebieten und Gebieten mit hoher Priorität) in Baden-Baden. Quelle: Steinbeis-Transferzentrum EGS.

4.6 VERÖFFENTLICHUNG DES KOMMUNALEN WÄRMEPLANS UND RELEVANTER KENNWERTE

Die zur kommunalen Wärmeplanung verpflichteten Kommunen müssen Informationen zur Wärmewendestrategie in einer vom Land bereitgestellten Datenbank erfassen. Mit einem Tool zur Berechnung von Energie- und Treibhausgas-Bilanzen können die dafür benötigten Daten bereitgestellt werden (siehe Abschnitte 3.2.2 und 3.4.2).

Das Land Baden-Württemberg kann anhand der erhobenen Daten und Kennzahlen einen Gesamtüberblick zum Ist-Stand der Wärmewende und dem Verlauf der Wärmewende hin zum Jahr 2050 erhalten.

Aus diesen Kennzahlen können durchschnittliche Landes-Kennzahlen für ein Benchmarking bereitgestellt werden. Durch die Analyse der Daten aller Kommunen können Trends bei der Nutzung von KWK, Wärmenetzen, des Einsatzes von Strom für Wärmepumpen und synthetischen Energieträgern in Baden-Württemberg ermittelt werden. Die Ergebnisse können wichtige Erkenntnisse für notwendige Weichenstellungen für die Energiewende und die Marktbereitung auf Landes- und Bundesebene liefern.

Neben diesen Daten müssen auch der kommunale Wärmeplan, das Zielszenario 2050 mit Zwischenziel 2030 und die Wärmewendestrategie an das Land übermittelt werden. Dazu eignen sich die in Abschnitt 3.5.5 und Kapitel 4 fortlaufend beschriebenen Dokumente und Inhalte. Die Regierungspräsidien sind mit der Kontrolle der Datenlieferungen und Wärmepläne beauftragt. Die wichtigsten Eckpunkte aus dem Gesetz werden im Infokasten zusammengestellt.



VERÖFFENTLICHUNG VON ZENTRALEN ERGEBNISSEN:

Stadtkreise und Große Kreisstädte sind verpflichtet, bis zum 31. Dezember 2023 einen kommunalen Wärmeplan im Sinne von § 7c Absatz 2 KSG BW aufzustellen. Dieser ist spätestens alle sieben Jahre nach der jeweiligen Erstellung unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklungen fortzuschreiben. Auch die übrigen Kommunen können einen kommunalen Wärmeplan im Sinne von § 7c Absatz 2 KSG BW aufstellen. Die zur Wärmeplanung verpflichteten Kommunen müssen diesen innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung, spätestens bis zum 31. Dezember 2023, beim zuständigen Regierungspräsidium vorlegen. Fortschreibungen nach § 7d Absatz 1 Satz 2 KSG BW sind innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung vorzulegen. Soweit kommunale Wärmepläne bereits vor dem 24.10.2020 erstellt wurden und die Anforderungen nach § 7c Absatz 2 KSG BW erfüllen, sind diese bis spätestens ein Jahr nach diesem Datum vorzulegen. Zudem sind innerhalb von drei Monaten nach Fertigstellung folgende sich auf das gesamte Gemeindegebiet beziehende Informationen in einer vom Land bereitgestellten Datenbank zu erfassen:

1. der aktuelle Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren
2. der für die Jahre 2030 und 2050 abgeschätzte Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung, aufgeteilt nach Energieträgern und Sektoren
3. genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung

Stadtkreise und Große Kreisstädte müssen die kommunalen Wärmepläne im Internet veröffentlichen. Dabei müssen Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse gewahrt bleiben, sofern deren Veröffentlichung nicht zugestimmt wurde. Das Regierungspräsidium prüft die Einhaltung der Vorgaben und kann bei Verstößen Nachbesserung verlangen.

Teile des kommunalen Wärmeplans müssen in einer landesweiten Datenbank veröffentlicht werden.

Integration des kommunalen Wärmeplans in die Stadtentwicklung – Die kommunale Wärmeplanung

☞ Ein kommunaler Wärmeplan ist zentral für die nachhaltige Stadtentwicklung und für das Erreichen des klimaneutralen Gebäudebestands aller Kommunen in Baden-Württemberg spätestens bis zum Jahr 2050. Um seine volle Wirkung zu entfalten, müssen die zentralen Ergebnisse des Wärmeplans jedoch in einen kontinuierlichen Planungsprozess, die kommunale Wärmeplanung überführt werden. Gelingt dies, hebt sich ein kommunaler Wärmeplan, mit der darauf aufbauenden lokalen Wärmewendestrategie, deutlich von einem Klimaschutzkonzept ab, in dem energiepolitische Optionen oder Maßnahmenpläne für ausgesuchte Gebiete oder Projekte innerhalb der Kommune dargestellt und priorisiert werden. Auf Vorarbeiten aus einem Klimaschutzkonzept oder auch Energieleitplan kann jedoch zurückgegriffen werden.

Die kommunale Wärmeplanung umfasst stets das gesamte Gemeindegebiet und stellt die strategische Grundlage für die Weiterentwicklung der lokalen Wärmeversorgung bis 2050 dar, die mit einer erheblichen Transformation verbunden sein wird. Der kommunale Wärmeplan ist somit regelmäßig von weitreichender Bedeutung für die jeweilige Kommune und sollte daher vom Gemeinderat beschlossen werden. Der kommunale Wärmeplan bildet die Grundlage für die Umsetzung vorgeschlagener Maßnahmen.

Der Prozess der Wärmeplanung kann wie folgt beschrieben werden:

- i. Prozessorganisation in der Selbstverwaltung der Verwaltungseinheiten der Kommune
- ii. Beauftragung des kommunalen Wärmeplans
- iii. Fertigstellung des kommunalen Wärmeplans
- iv. Beschluss des Wärmeplans im Gemeinderat
 - eventuell mit ergänzenden Grundsatzbeschlüssen
- v. Prozess der Umsetzung des kommunalen Wärmeplans in rollierender Weise
 - innerhalb der Stadt- und Energieplanung der Kommune, mit Beteiligungsmanagement, Berichtspflicht sowie Monitoring, Reporting, Reviewing
 - in der Regionalplanung
 - in konkreten Einzelmaßnahmen in der Kommune (siehe auch Kapitel 6)

Es ist sicherzustellen, dass nach Erstellung des kommunalen Wärmeplans die zum Zielszenario 2050 ausgearbeiteten Maßnahmen mit der lokalen Wärmewendestrategie Einzug in die Fachplanung der Kommune finden. Die Beschlussfassung auf politischer Ebene schafft dazu die notwendige Verbindlichkeit für die weiteren Aktivitäten der Gemeindeverwaltung.

5.1 AKTEURE DER KOMMUNALEN WÄRME-PLANUNG

Abhängig von den vorhandenen Kompetenzen und Kapazitäten innerhalb der Verwaltung und eines möglicherweise vorhandenen Stadtwerks ist zunächst zu klären, in welchem Umfang externe Dienstleister für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans einbezogen werden müssen. Zeitgleich sollte die Prozessorganisation innerhalb der Verwaltungseinheiten der Kommune an den Schnittstellen der Wärmeplanung bestimmt werden. Diese sind vielfältig und teilweise erst bei sehr konkreten Fragestellungen im Bereich der Infrastruktur- und Stadtplanung ersichtlich. Die Planungsbetroffenen an den Schnittstellen der kommunalen Wärmeplanung sind unter anderem folgenden Bereiche:

Hauptsächlich:

- Stadtplanung und -entwicklung
- Umweltschutz / Klimaschutz / Energie
- Stadtwerke und Eigenbetriebe (Energieversorgungsunternehmen, Wasserversorgung, Wohnungsbau)
- Energieplanung / Energiemanagement

Zusätzlich:

- Tiefbau
- Hochbau
- Abfallwirtschaft und Stadtreinigung
- Baurecht und Denkmalschutz
- Landschaft / Liegenschaften / Konversion
- Forst
- Verkehrsmanagement
- Kämmerei

Die benannten Ressorts können entsprechende Daten zur Ist-Analyse und Potenzialerhebung der erneuerbaren Energien und Abwärme beisteuern. Gegebenenfalls müssen erforderliche Daten zunächst vom zuständigen Fachressort erhoben werden. Die Datenübermittlung von Dritten zur Erstellung kommunaler Wärmepläne ist in § 7e KSG BW geregelt. Nach Erstellung des Wärmeplans sollte dieser dann

im Gemeinderat verabschiedet werden. Der Wärmeplan kann mit ergänzenden Grundsatzbeschlüssen, die den Wärmeplan flankieren, verabschiedet werden. Danach beginnt die Umsetzungsphase mit begleitender Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans in rollierender Weise alle sieben Jahre (1. Planungsperiode bis Ende 2023).



Bild: colourbox.de | Leonid Andronov

5.2 ÜBERGEORDNETE AUFGABEN BEI DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG

Verwaltung und Gemeinderat verantworten gemeinsam im weiteren Prozess der Umsetzung und Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans drei zentrale übergeordnete Aufgaben:

1. Verfahren nach dem Grundsatz „Klimaschutzthemen zusammen denken“

Ein kommunaler Wärmeplan ist kein isoliertes, strategisches Planungsinstrument. Neben den oben beschriebenen Schnittstellen auf Ebene der Fachabteilungen, sowie bei der Berücksichtigung im Sinne der weiteren Stadt- und Raumplanung, ergeben sich weitere Synergien.

2. Einsatz auf der politischen und planerischen Ebene für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewendestrategie jenseits des kommunalen Einflussraums

Um die energiepolitischen Ziele aus dem Zielszenario 2050 einer Kommune zu erreichen, kann die Zusammenarbeit mit benachbarten Kommunen erforderlich werden.

Unter Umständen müssen die Rahmenbedingungen auf der Ebene der Landkreise und der Regionalentwicklung angepasst werden. Besonders für die Erschließung großer, regionaler Potenziale, wie zum Beispiel der Tiefen Geothermie, oder auch für die strategische Flächensicherung, zum Beispiel für Freiflächen-Solarthermie, zu ermöglichen, kommt der interkommunalen Wärmeplanung in der Regionalplanung eine besondere Rolle zu.

3. Prioritätensetzung bei Zielkonflikten zwischen den Maßnahmen zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans und der lokalen Wärmewendestrategie und allen anderen Vorhaben der Kommune an relevanten Schnittstellen. Diese sind vor allem die Bauleitplanung, baulandpolitische Beschlüsse und die weitere Infrastruktur-, Verkehrsentwicklungs- und Flächenplanung.

Zahlreiche Schnittstellen bei der Infrastruktur-, Stadt- und Energieplanung sind zu bedenken. Die folgenden Abschnitte widmen sich konkreten Ansatzpunkten und Lösungsvorschlägen zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans. Bei der Vorlage einer vorbereitenden Bauleitplanung in Form eines Flächennutzungsplans, sowie deren Ergänzungen oder Änderungen, der Bauleitplanung mittels Bebauungsplänen, städtebaulichen Verträgen, der Vorhabens- und Erschließungsplanung und baulandpolitischen Beschlüssen ist dem Gemeinderat zu erläutern, in welchem Verhältnis diese bestehenden, im Weiteren zu ändernden oder neuen Festsetzungen zum kommunalen Wärmeplan stehen.

Ein wichtiger kommunaler Prozess ist die Vergabe und Erneuerung von Gaskonzessionsverträgen, für den ein Leitfaden vorliegt (Bundeskartellamt und Bundesnetzagentur, 2015), der die wesentlichen Regelungen aus dem Energiewirtschaftsgesetz praxisnah erläutert. Da Konzessionsverträge oftmals Laufzeiten von 20 Jahren aufweisen, haben Vergabeentscheidungen in den kommenden Jahren großen Einfluss auf die Umsetzung der selbst gesetzten kommunalen Wärmewendestrategie. Der kommunale Wärmeplan und die darin formulierte Wärmewendestrategie erlaubt dem Gemeinderat eine gebietsscharfe Prüfung der Verträge. So können Widersprüche zwischen der kommunalen Wärmeplanung und den mit den Konzessionen verbundenen Gebieten und Perspektiven erkannt werden.

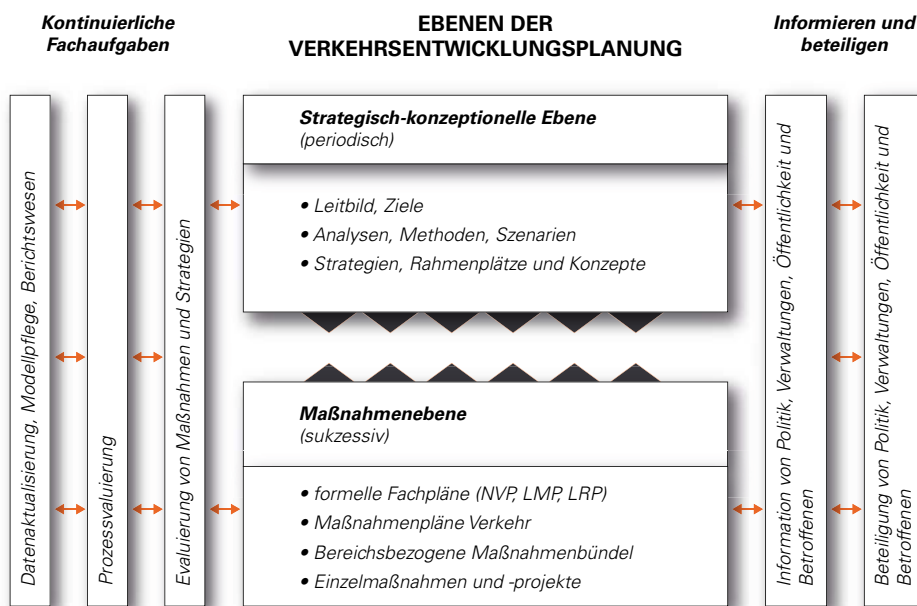
5.3 PROZESSORGANISATION DER WÄRMEPLANUNG IN DER KOMMUNALEN VERWALTUNG

Es ist sicherzustellen, dass nach Erstellung des kommunalen Wärmeplans die zum Zielszenario 2050 ausgearbeiteten Maßnahmen mit der lokalen Wärmewendestrategie Einzug in die Fachplanung der Kommune finden.



WÄRMEPLANUNG: ANALOGIE ZUR VERKEHRSENTWICKLUNGSPLANUNG:

Wärmeplanung bedeutet immer Planung an Schnittstellen, ähnlich wie die Verkehrsentwicklungsplanung:



NVP: Nahverkehrsplan, LMP: Lärminderungsplan, LRP: Luftreinhalteplan

Abbildung 27: Bearbeitungsebenen der Verkehrsentwicklungsplanung.
Quelle: Forschungs-Informations-System für Mobilität und Verkehr.

In einer Kommune laufen ähnliche raumplanerische Prozesse parallel zueinander ab, jeweils mit unterschiedlichen Planungsbetroffenen, Mechanismen zur Abstimmung und zeitlichen Horzonten. Ein gutes Beispiel hier ist die Verkehrsentwicklungsplanung mit Planungszeiträumen zwischen 10 bis 20 Jahren. Sie definiert Ziele und Strategien für die Entwicklung und den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und dient damit als Orientierungspunkt für die Entscheidungsebene und Verwaltung. Auch bei der Verkehrsentwicklungsplanung ist eine Einbindung der Pläne in übergeordnete Planungsebenen maßgeblich. Auch die Schnittstellen zu den Planungen benachbarter Kommunen sind zu bedenken. Damit ist die Verkehrsentwicklungsplanung der kommunalen Wärmeplanung auf vielen Ebenen sehr ähnlich. Mit der gegenseitigen Berücksichtigung der unterschiedlichen und vielfältigen kommunalen Planungsaufgaben können sämtliche Pläne schon bei deren Erstellung zielführend miteinander abgeglichen werden. So ist ein Verkehrsentwicklungsplan eine offensichtliche Schnittstelle zu Maßnahmen aus der lokalen Wärmewendestrategie im Bereich von Tiefbaumaßnahmen (Verkehrswege).

Die Verpflichtung zur Fortschreibung der Wärmepläne macht deutlich, dass die Wärmeplanung nicht mit Erstellung eines Wärmeplans abgeschlossen ist, sondern als fortlaufender Prozess in rollierender Weise zu verstehen ist. Mit der Novelle des KSG BW wird Wärmeplanung damit Teil der kommunalen Daseinsvorsorge. Daher empfiehlt es sich, innerhalb der Kommune klare Zuständigkeiten für die Erstellung und Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans festzulegen. Besonders gilt dies für kontinuierliche Aufgaben wie die Aktualisierung von Daten, Berichtswesen und die Evaluation von Maßnahmen und Strategien.

Für eine regelmäßige Information über die Wärmeplanung sowie dem fachlichen Austausch zwischen den an der Wärmeplanung beteiligten Fachabteilungen kann es sinnvoll sein, ein regelmäßiges „Wärmeplanungsmeeting“⁴⁷ (siehe dazu auch Abschnitt 5.3.1 – 5.3.2) zu etablieren. Im Rahmen dieses regelmäßig stattfindenden Gesprächs werden die Maßnahmen aus dem kommunalen Wärmeplan aktualisiert und vorangetrieben. Dabei findet auch ein Abgleich mit den internen Strategien und Zielen der Fachabteilungen statt.

Damit der entscheidende Schritt der Implementierung der kommunalen Wärmeplanung in die weitere Stadt- und Raumplanung und über die Grenzen der Kommune hinaus in die Regionalplanung gelingt, kann für die Umsetzung und Zuständigkeit im Prozess der kommunalen Wärmeplanung eine entsprechende Dienstanzweisung an die Fachabteilungen eingeführt werden. Eine Dienstanzweisung stellt sicher, dass der kommunale Wärmeplan und die daraus abgeleiteten Maßnahmen in allen kommunalen Planungsprozessen und Vorhaben berücksichtigt und dahingehend kontrolliert werden. Sie unterstützt damit die Fachabteilungen bei der Umsetzung des kommunalen Wärmeplans.

5.3.1 MONITORING UND REPORTING

Die Überwachung der Zielerreichung ist ein wichtiger Schritt für die Umsetzungsphase. Durch den Vergleich von Verbrauchswerten, CO₂-Emissionen und Kennzahlen mit den Klimaschutzzielen können Fortschritte bei der Umsetzung der lokalen Wärmewendestrategie und das Erreichen der Klimaschutzziele im Allgemeinen überwacht werden. Im Sinne eines Managementprozesses dienen diese Ergebnisse dazu, gegebenenfalls Maßnahmen anzupassen, zu ergänzen oder auch komplett zu hinterfragen.

Zur Bereitstellung der Daten für das Monitoring empfiehlt sich der Rahmen einer Energiebilanz. Aufbauend auf der Startbilanz können Veränderungen in einer neuen Bilanz dokumentiert werden. Die Bilanz-Werte werden als Zeitreihen abgespeichert. Kennzahlen zur Beurteilung der Entwicklung wurden bereits in Abschnitt 3.2.2 aufgeführt. Die genannten Kennzahlen lassen sich aus den Ergebnissen der Bilanzierung ermitteln. Durch die kontinuierliche Erhebung können Zeitreihen gebildet werden, die die Entwicklung beschreiben. Diese Kennwerte eignen sich darüber hinaus als Benchmark für andere Kommunen.

Bereits für die Ist-Analyse wurden Daten zur Energie-Infrastruktur erhoben und in Karten dokumentiert (siehe Abschnitt 3.2.1). Es ist sinnvoll, diese Dokumentation regelmäßig zu aktualisieren.

5.3.2 REVIEWING

Die Wärmewendestrategie wird zu einem bestimmten Zeitpunkt formuliert, im Gemeinderat beschlossen, dem zuständigen Regierungspräsidium vorgelegt und in der landesweiten elektronischen Datenbank veröffentlicht. Dieser Plan mit zugehörigen Eignungsgebieten basiert auf den zu diesem Zeitpunkt bekannten planerischen, politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen, den aktuellen Förderprogrammen, der verfügbaren Technik und vielem

⁴⁷ Die hier beschriebene Prozessorganisation orientiert sich am Vorbild „Masterplan Energie“ der Stadt Zürich, Schweiz.

mehr. Die erwartete Kostendegression bei der Nutzung erneuerbarer Energien, die Einführung einer CO₂-Bepreisung und weitere Faktoren können jedoch zu Verschiebungen im Kostengefüge führen und damit die wirtschaftliche Bewertung unterschiedlicher Versorgungs- und Energieeinsparungsoptionen verändern.

Neben den politischen und technologischen Veränderungen sind auch in der Kommune selbst Veränderungen zu erwarten. Die Stadtentwicklung insgesamt muss auf gesellschaftliche und klimatische Veränderungen reagieren und neue Ziele formulieren und verfolgen (siehe dazu auch Kapitel 4.4 und 4.5). Die einmal formulierte lokale Wärmewendestrategie muss an diese geänderten Randbedingungen angepasst werden.

Diese Überprüfung kann in die kontinuierliche Weiterentwicklung des Arbeitsplans (siehe Kapitel 4.1, Abbildung 6 in Kapitel 3.1) eingebettet werden. Um Kontinuität herzustellen, bietet sich ein jährlicher Review-Workshop unter Beteiligung von Fachleuten aus den Bereichen Energie und Stadtentwicklung an („Wärmeplanungsmeeting“).

5.4 BERÜCKSICHTIGUNG DES WÄRMEPLANS BEI DER STADT- UND RAUMPLANUNG

Wie im vorangehenden Kapitel dargestellt wurde, greifen kommunale Wärmeplanung und Stadtplanung eng ineinander und können sich gegenseitig positiv beeinflussen. Im kommunalen Wärmeplan werden mögliche Handlungsstrategien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und damit einhergehend zur Reduzierung und klimaneutralen Deckung des Wärmeenergiebedarfs entwickelt. Ein kommunaler Wärmeplan ist damit eine wichtige Grundlage für eine Verknüpfung der energetischen Gebäudesanierung mit einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Rahmen der strategischen Planung der Wärmeversorgung

einer Kommune und bildet die Grundlage für die Umsetzung.

Im Zuge der Beseitigung von städtebaulichen Missständen können gleichzeitig Ziele der Wärmeversorgung mit bearbeitet werden – oder umgekehrt:

- energetische Sanierung von Gebäuden in Quartierskonzepten zur Verbesserung der Wohn- und Arbeitsverhältnisse, bei der Beseitigung von Leerständen oder der Revitalisierung von Innenstädten
- Verlegung von Wärmenetzen und Glasfaserkabeln bei Neuordnung, Erhalt und Ausbau der Infrastruktur, Straßen- und Grünflächen
- Verbesserung der Energieversorgung von Neubaugebieten durch solare Optimierung, Photovoltaik-Pflicht und hohe Wärmedichten für wirtschaftliche leitungsgebundene Wärmeversorgung
- Schaffung von neuen (Nicht-)Wohnbereichen homogener Wärmedichten, die planerisch für eine klimaneutrale Versorgung zu erschließen sind
- Nutzung von Lärmschutzwällen und ähnlichen verfügbaren Flächen zur Energiegewinnung
- Sicherung von Freiflächen für solarthermische Anlagen in Siedlungsnähe als Kleinbiotope

Das zur Stadtentwicklung angelegte Planwerk sollte um Angaben zur Wärmeplanung ergänzt werden, um eine effiziente integrierte Umsetzung zu ermöglichen. Abbildung 28 zeigt, wie die Energie- und Wärmeplanung in die verschiedenen Planungsebenen der klimagerechten Stadtentwicklungsplanung eingebunden werden kann.

INTEGRIERTES, ENERGETISCH OPTIMIERTES STADTENTWICKLUNGSKONZEPT (iSEK^e)

→ Top-down-Planung über alle Planungsebenen zur durchgängigen Verfolgung der Klimaschutzziele im Rahmen der Stadtentwicklung

→ Bürgerbeteiligung

→ Integration aller Fachkonzepte/-pläne

→ Aktive Kooperation der Fachämter, z.B. im Energieteam

→ Formulierung energetischer Vorgaben für eigene Liegenschaften, Energieversorgung und private Gebäude (für Sanierungs- und Neubaugebieten)

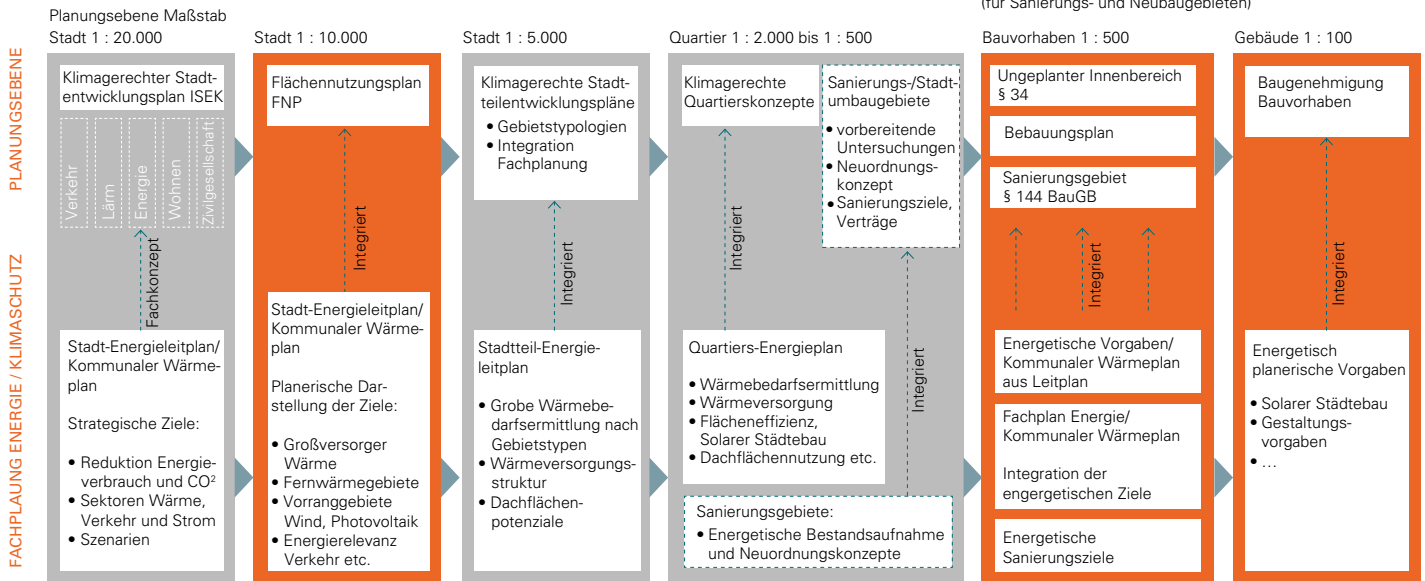


Abbildung 28: Planungsebenen eines integrierten, energetisch optimierten Stadtentwicklungskonzepts. Abbildung verändert nach Quelle: Hochschule für Technik Stuttgart.

Abbildung 29 zeigt die Verzahnung der Planungsebenen Quartier, Gesamtstadt und Region. Der kommunale Wärmeplan mit der lokalen Wärmewendestrategie wird in die vorbereitende Bauleitplanung und Bebauungspläne implementiert. Dabei sollte die Darstellung des Regionalplans berücksichtigt werden (Top-Down). Gleichzeitig dient der kommunale Wärmeplan als Grundlage für eine strategische Flächensicherung, Potenzialerschließung und eine Ausweisung von Vorranggebieten in der Regionalplanung (Bottom-Up). Siehe dazu auch Abschnitt 5.5.2.

Auf regionaler Ebene kann die Verteilung der Potenziale erneuerbarer Energien erfolgen, um einen Stadt-Land-Ausgleich oder -Partnerschaft zu erzielen. Auf der Ebene der Gesamtstadt erfolgen die Festlegung von Zielen und Strategien, die Berücksichtigung und der Ausgleich möglicherweise gegensätzlicher Anforderungen an eine sozial gerechte, lebenswerte und nachhaltige Stadt und die Priorisierung und

Ausrichtung der Ressourcen für die Umsetzung. Die Umsetzung erfolgt dann sukzessive auf Quartiersebene.

Die Verlegung von Wärmenetzen ist immer mit Tiefbauarbeiten verbunden. Die Festlegung von Eignungsgebieten für Wärmenetze muss deswegen eng mit der Stadtplanung und dem Tiefbau abgestimmt werden. Im verbindlichen Bauleitplan (Bebauungsplan) werden Art und Maß der baulichen Nutzung festgesetzt, was unter anderem wichtig für die Festlegung von Verkehrsflächen und damit auch Leitungstrassen zur Wärmeversorgung ist. Die zeitliche Koordination der Umsetzung birgt erhebliche Potenziale zur Kostensenkung.

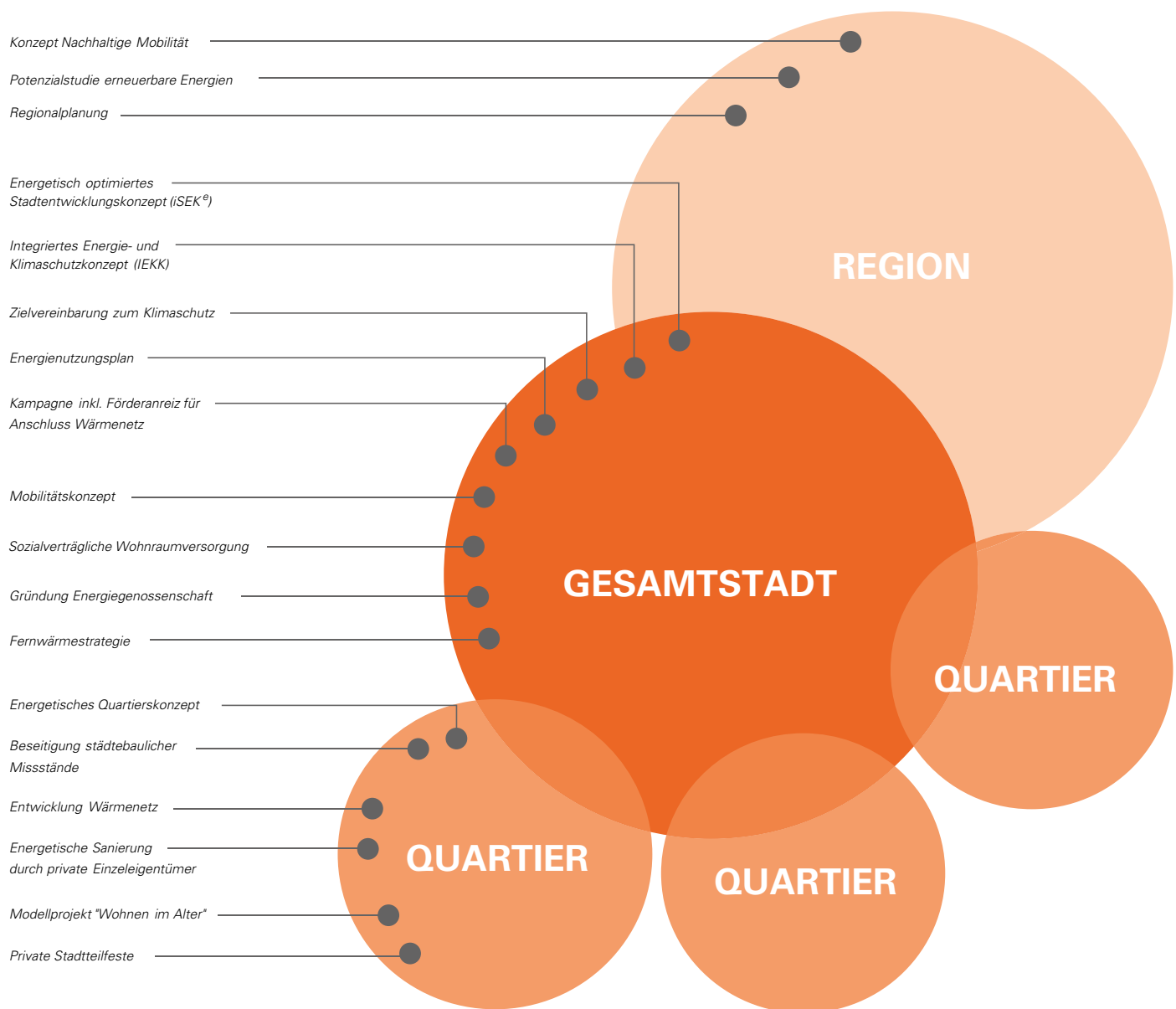
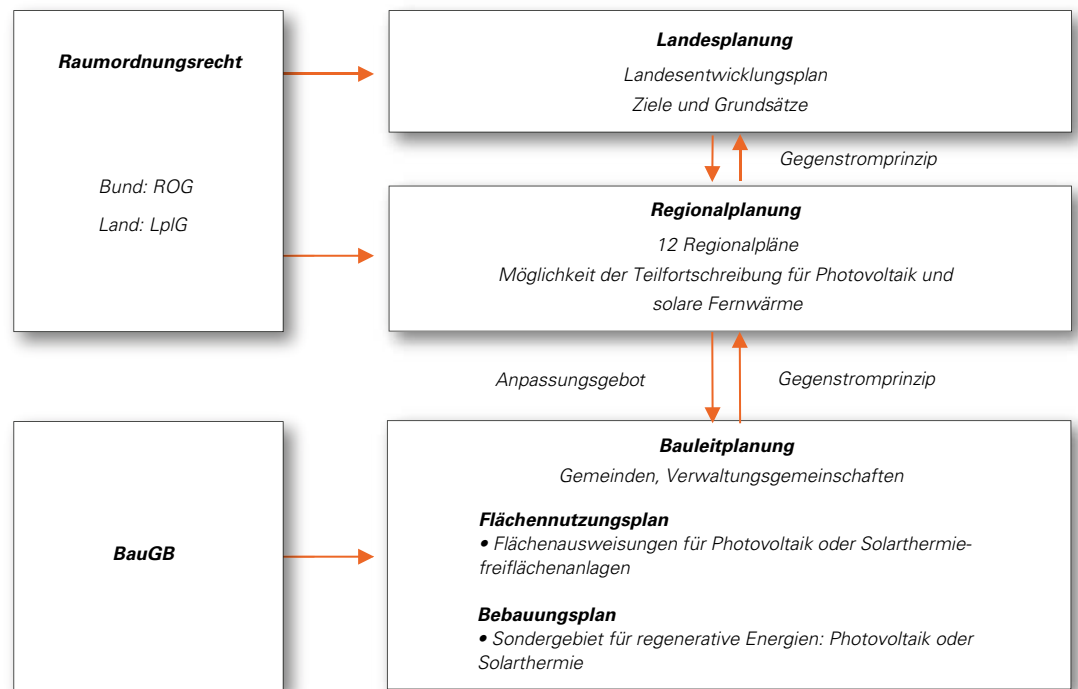


Abbildung 29: Einbindung der Energie- und Wärmeplanung in die Regionalplanung.
Quelle: Darstellung verändert nach BMBF, 2017.

5.5 PLANERISCHE INSTRUMENTE ZUR UMSETZUNG DES WÄRMEPLANS

Erstes Ziel ist es, den kommunalen Wärmeplan raumplanerisch zu verankern. Umgesetzt wird das für die Kommune erarbeitete Zielszenario 2050 mit der lokalen Wärmewendestrategie in Form von kurz- bis langfristigen, räumlich verortbaren Maßnahmen (siehe Kapitel 4). Es ergeben sich weitere Anwendungsfelder eines kommunalen Wärmeplans als Ergänzung eines Klimaschutzkonzepts, als Fachplan in einem Flächennutzungsplan oder Energieleitplan, als Ergänzung eines Stadtteilentwicklungsplans und als Fachgutachten im Bebauungsplan.

Die hier näher beschriebenen Werkzeuge stellen sowohl planerische als auch kommunalrechtliche Möglichkeiten zur Realisierung der in der lokalen Wärmewendestrategie beschriebenen Maßnahmen nebeneinander (siehe Abbildung 28). Sie haben sich in der Praxis bewährt und zielen sowohl auf die strategische Flächensicherung als auch konkrete baurechtliche Vorgaben ab (Abbildung 30).



ROG: Raumordnungsgesetz, BauGB: Baugesetzbuch, LplG: Landesplanungsgesetz

Abbildung 30: Überblick über das Raumordnungs- und Baurecht. Quelle: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

5.5.1 WERKZEUGE AUF KOMMUNALER EBENE

Als Grundlage dienen die unterschiedlichen, ineinandergreifenden Planungsebenen nach dem Leitbild eines integrierten, energetisch optimierten Stadtentwicklungskonzepts (siehe Abbildung 28). Während in Neubaugebieten baurechtliche Instrumente weitestgehend etabliert sind, können für den Gebäudebestand auf der strategischen Ebene nur wenige Werkzeuge herangezogen werden. Dazu gehören kommunalrechtliche Ansätze wie Verbrennungsverbote und Anschluss- und Benutzungszwänge. Eine Verbesserung der Effizienz im Gebäude sowie die Integration erneuerbarer Energien werden maßgeblich durch das Gebäude Energiegesetz (GEG) und das Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg (EWärmeG-BW) geregelt. Quartierskonzepte mit einem Fokus auf die energetische Gebäudesanierung können zielführende Maßnahmen sein, um hier eine

größere Dynamik zu entwickeln. Durch gezielte Akteursbeteiligung können die Belange der Bevölkerung in die lokale Strategie integriert werden. Die Implementierung des kommunalen Wärmeplans bedeutet für die unterschiedlichen baurechtlichen Planformen zunächst einen „Top-Down“ Ansatz. Es muss die Frage beantwortet werden, wo und wie die in der lokalen Wärmewendestrategie bestimmten Maßnahmen in der unverbindlichen Planung (Flächennutzungsplan) und der verbindlichen Bauleitplanung (Bebauungsplan) berücksichtigt und am Ende durchgesetzt werden können. Auf der Erzeugungsseite, zum Beispiel bei der Entwicklung von Flächen für Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, nimmt die Bauleitplanung eine wichtige Rolle bei der Umsetzung der Wärmeplanung ein (Maaß, 2020).

FLÄCHENNUTZUNGSPLAN

(VORBEREITENDE BAULEITPLANUNG)

Mit Hilfe des Flächennutzungsplans kann die Kommune geeignete Flächen zur Erzeugung erneuerbarer Energien sichern und somit Voraussetzungen für eine langfristig orientierte Standortplanung schaffen. Fortschreibung und Änderung des Flächennutzungsplans verantwortet der Regionalverband. Die Festsetzung im Flächennutzungsplan mit der Festlegung der Bodennutzungsart ermöglicht es der Kommune, auf Bebauungspläne hinzuwirken. Dies ist nötig für Flächen zur Wärmeerzeugung und Trassen für die leitungsgebundene Energieversorgung. Für die Planung von Freiflächenanlagen steht der praxisnahe „Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen“ des Landes Baden-Württemberg zur Verfügung (UM-BW, 2019). Freiflächenanlagen zur Wärmeerzeugung im Außenbereich stellen keine im Sinne des Baugesetzbuches privilegierten Vorhaben dar und können somit prinzipiell der Darstellung des Flächennutzungsplans widersprechen. Demzufolge kommt dem Flächennutzungsplan eine hohe Bedeutung im Zuge der kommunalen Wärmeplanung zu. Ebenso berücksichtigt der Flächennutzungsplan, dass solche Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, oder solche Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, dargestellt werden können. Dazu können auch Infrastrukturen zur klimaneutralen Wärmeversorgung gehören.

Um den Klimaschutz weiter voranzutreiben werden die Regierungspräsidien bei Bauleitplanverfahren zur Regelung von Standorten für bestimmte Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien als Träger öffentlicher Belange beteiligt (Stärkung des Vollzugs, § 11 e KSG BW).

BEBAUUNGSPLAN

In verbindlichen Bebauungsplänen können beispielsweise Standorte für Solarenergie parzellengenau festgesetzt werden. Dazu bietet sich die Festsetzung von Sondergebieten für erneuerbare Energien (Solarthermie und Photovoltaik) an (§ 11 Absatz 2 BauNVO).

Grundsätzlich ermöglicht die Klimaschutzklausel die Berücksichtigung des Klimaschutzes bei der Aufstellung von Bauleitplänen. Folgende Instrumente der verbindlichen Bauleitplanung nach Baugesetzbuch können zur Umsetzung der Maßnahmen aus der lokalen Wärmewendestrategie herangezogen werden:

- Bindung der Erschließung an den Bebauungsplan
- energetische Stellungnahmen zu jedem Bebauungsplan als Bestandteil des Umweltberichts
- Festlegung der Grundlagen für energieeffizientes Bauen und zur Nutzung erneuerbarer Energien
- Sicherung der Flächen für Heizzentralen und Versorgungstrassen für Wärmenetze
- Festsetzungskatalog: Festsetzung von Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Koppelung sowie Verbrennungsverbote. Zudem können bei der Errichtung von Gebäuden oder bestimmten sonstigen baulichen Anlagen jetzt auch technische Maßnahmen festgesetzt werden.

Um Kosten und den Planungsaufwand für die Kommunen möglichst gering zu halten, kommt neben der Aufstellung von Angebotsbebauungsplänen die Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans in Betracht (§ 12 BauGB). Der vorhabenbezogene Bebauungsplan bietet neben anderen diese Vorteile:

- Für die Genehmigung von Solar-Freiflächenanlagen ist in der Regel ein Bebauungsplan erforderlich, da diese Anlagen im Außenbereich grundsätzlich nicht privilegiert sind.
- Die Kommune kann mit den Bauleitplanverfahren die Standorte von Freiflächensolaranlagen selbst bestimmen und eine eigene Abwägung von Belangen vornehmen.
- Die Kommune kann anlassbezogen planen und die schon vorliegenden detaillierten Projektplanungen können in die Abwägung eingestellt und berücksichtigt werden. Zudem kann sich die Kommune finanziell entlasten, indem sie dem Vorhabenträger die Planungs- und Erschließungskosten auferlegt.
- Die Vorhabenträger profitieren ihrerseits von einer auf ihr konkretes Projekt zugeschnittenen Planung und erlangen dadurch für das spätere Genehmigungsverfahren Rechtssicherheit.

Nicht außer Acht gelassen werden sollten mögliche Konfliktpotenziale, die sich durch den zunehmenden Flächendruck ergeben können:

- Naturschutz: ökologischer Wert von Freiflächen, ökologische Aufwertungspotenziale und Ausgleichsmöglichkeiten
- Landwirtschaft: Fortsetzung der landwirtschaftlichen Nutzung, Ausweichflächen
- Gewerbe: direkte Flächenkonkurrenz zur gewerblichen Nutzung

ANSCHLUSS- UND BENUTZUNGSZWANG

Die Gemeindeordnung Baden-Württemberg (GemO BW) räumt Kommunen die Möglichkeit ein, einen Anschluss- und Benutzungszwang für Wärmenetze festzusetzen („Fernwärmesatzung“, § 11 GemO BW). Eine solche Satzung für Neubau- und Bestandsgebiete kann ein wirkungsvolles, wenn auch nicht unumstrittenes Werkzeug der Umsetzung der Maßnahmen aus der lokalen Wärmewendestrategie sein. Als Begründung für den Erlass der Satzung kann auch der Klima- und Ressourcenschutz herangezogen werden.

SATZUNGSRECHTLICHES VERBRENNUNGS- VERBOT FÜR BRENNSTOFFE

Für die Verfeuerung fester und flüssiger Brennstoffe kann ein satzungsrechtliches Verbot verordnet werden, so zum Beispiel die Verordnung der Landesregierung über Betriebsbeschränkungen für kleine Feuerungsanlagen (Luftqualitätsverordnung-Kleinfeuerungsanlagen)⁴⁸. Die Festsetzung dieses Verbrennungsverbots erfolgt dann im Bebauungsplan (§ 9 BauGB).

STÄDTEBAULICHER VERTRAG

Auf kommunalen Flächen kann der kommunale Wärmeplan Grundlage für städtebauliche Verträge sein (siehe Infobox). In diesen kann beispielsweise die Umsetzung einer dezentralen oder zentralen Wärmeversorgung oder Festlegungen bezüglich des Energiestandards der zu errichtenden Gebäude verankert werden (§ 11 BauGB).

⁴⁸ www.beteiligungportal.baden-wuerttemberg.de



BEISPIEL FREIBURG IM BREISGAU: ENERGIEKONZEPTE UND STÄDTEBAULICHE VERTRÄGE:

Die Stadt Freiburg nutzt die Möglichkeit, durch den Abschluss städtebaulicher Verträge mit Planungsbegünstigten energieplanerische Festlegungen gemäß § 11 und § 12 BauGB verankern zu können. Festlegungen mit Energiebezug lassen sich über die klassischen Raumordnungsinstrumente wie Flächenwidmungs- oder Bebauungsplanung nicht festsetzen. Damit können Klimaschutzziele und langfristig wirksame Energieplanungen in Stadtentwicklungsgebieten unterstützt werden.

In Freiburg gelten für Neubauten und neue Baugebiete politische Grundsätze, die das Planverfahren, die Finanzierung und die Art der Bebauung inklusive der Art der Energieversorgung betreffen. Diese „baulandpolitischen Grundsätze“ wurden vom Gemeinderat der Stadt beschlossen.

In Freiburg wird für Neubauten, die auf Basis einer Änderung im Bebauungsplan errichtet werden, über einen städtebaulichen Vertrag beziehungsweise über den Kaufvertrag für städtische Wohnbaugrundstücke ein besonderer energetischer Gebäudestandard verbindlich vereinbart. Dieser „Freiburger Effizienzhaus-Standard“ ist deutlich ambitionierter als der gesetzliche Mindeststandard.

Festlegungen in Bezug auf die Nutzung der Solarenergie finden derzeit sowohl einen Niederschlag in den städtebaulichen Verträgen als auch über Festlegungen im Bebauungsplan.

Zur Ermittlung des Energiebedarfes und der Art der Energieversorgung werden Energiekonzepte erstellt. Die Konzepte werden zu einem möglichst frühen Zeitpunkt im Planungsprozess der Bauleitplanung auf Kosten der Planungsbegünstigten erstellt. Soweit in dem Baugebiet sinnvoll, wird auch ein Anschluss an ein bestehendes oder als Variante an ein innerhalb des neuen Bebauungsgebiets neu zu errichtendes Wärmenetz geprüft. Voraussetzung ist, dass der Umfang der Bebauung im Plangebiet groß genug ist, um unterschiedliche Energieversorgungsvarianten sinnvoll zu prüfen. Bei neuen Stadtteilen wurden Energiekonzepte oder zumindest Vorschläge zur Energieversorgung auch schon im städtebaulichen Wettbewerbsverfahren verlangt.

Die Umsetzung der Ergebnisse des Energiekonzeptes wird bei privaten Grundstücken im städtebaulichen Vertrag vereinbart. Gleiches gilt für Kaufverträge über die Veräußerung städtischer Grundstücke. Die umweltfreundlichste Versorgungsvariante ist dann umzusetzen, wenn diese wirtschaftlich mindestens gleichwertig mit einer definierten Vergleichsvariante ist beziehungsweise die Mehrkosten in einem angemessenen Bereich liegen. Als angemessen werden Kosten angesehen, die maximal 10 Prozent über der Vergleichsvariante liegen. Bei Baugenehmigungen nach § 34 BauGB können keine städtebaulichen Verträge abgeschlossen werden. In diesen Fällen wird teilweise eine Energieberatung angeboten.

Die Umsetzung der vereinbarten Ergebnisse des Energiekonzeptes (zum Beispiel Aufbau und Betrieb eines Wärmenetzes, Umsetzung von Insellösungen) hat durch den Planungsbegünstigten beziehungsweise dessen Rechtsnachfolger zu erfolgen.

5.5.2 WERKZEUGE AUF EBENE DER REGIONALPLANUNG

Besonders für die Erschließung großer Potenziale, wie beispielsweise der Tiefen Geothermie oder Freiflächen-Solarthermie, kommt der Regionalplanung eine zentrale Rolle zu (siehe Abbildung 29). Diese Planungsebene ist insbesondere bei der landkreisweiten Wärmeplanung zu berücksichtigen. Die genannten Anlagen sind raumbedeutsame Vorhaben, da sie relevante Auswirkungen auf die Raumnutzung mit sich bringen. Zwar sind die Vorgaben an die Regionalplanung oft allgemeiner Natur, dennoch sind die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes zu beachten. Dies schließt ein, dass räumliche Voraussetzungen für den Ausbau erneuerbarer Energien und damit der Versorgung mit Infrastrukturen der Daseinsvorsorge zu schaffen sind. Zu diesem Zweck können geeignete Standorte und Leitungstrassen für Energieversorgungsinfrastruktur räumlich verortet werden. Die betroffenen Kommunen können auf regionaler Ebene darauf hinwirken, dass Ergebnisse aus der jeweiligen kommunalen Wärmeplanung raumplanerisch berücksichtigt werden.

Da die Fortschreibung und Änderung eines Flächennutzungsplans dem Regionalverband obliegen, die vorbereitende Bauleitplanung aber ein zentrales Werkzeug zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans ist, werden hier die verschiedenen Planungsebenen der kommunalen Wärmeplanung sehr deutlich:

- **Top-Down:** Implementierung des kommunalen Wärmeplans mit der lokalen Wärmewendestrategie in die vorbereitende Bauleitplanung und Bebauungspläne, sowie Umsetzung mit kommunalrechtlichen Maßnahmen, unter Berücksichtigung der Darstellung des Regionalplans.
- **Bottom-Up:** Implementierung des kommunalen Wärmeplans in den Regionalplan zur strategischen Flächensicherung, Potenzialerschließung und zur Ausweisung von Vorranggebieten.

Auf Seiten der Regionalverbände erfordert die Verpflichtung zur dauerhaften kommunalen Wärmeplanung ein verstärktes und weitsichtiges Engagement. Dies geht einher mit einem größeren Koordinierungsbedarf mit den im Regionalverband versammelten Kommunen und der Berücksichtigung der Planungsgrundlagen eines (inter-)kommunalen Wärmeplans.

STRATEGISCHE ANSÄTZE AUF DER VERBRAUCHSSEITE

Auf der Verbrauchsseite stehen aktuell nur einzelne strategische Ansätze zur Verfügung. Unzweifelhaft sind für eine erfolgreiche Energiewende im Gebäudebestand Sanierungsmaßnahmen in Einzelgebäuden ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Neben geringeren Energiekosten sind für Sanierungswillige der eigene Beitrag zum Klimaschutz, Steigerung des Wohnkomforts sowie der Werterhalt ihrer Immobilie gewichtige Argumente.

Aus kommunaler Sicht kann auf vielfältige Art und Weise die energetische Sanierung unterstützt werden. Neben eigenen vorbildhaften öffentlichen Gebäuden geht es darum, Bürgerinnen und Bürger neutral, kompetent und praxisnah zu informieren. Kostenfreie Informationsmaterialien und Hinweise auf beispielsweise die Angebote von Zukunft Altbau⁴⁹ oder den lokalen Energieagenturen in Kombination mit Hinweisen auf das lokale Expertennetzwerk aus Planerinnen und Planern, Energieberatern und qualifizierten Handwerksunternehmen sind dabei wichtige Aspekte. Durch umfassende und professionelle Beratung können Irrwege oder mittelfristige Lock-in-Effekte vermieden werden.

Eine konkrete rechtliche Handhabe ist für Kommunen in der Regel nicht gegeben. Lediglich das EWärmeG Baden-Württemberg verpflichtet Gebäudeeigentümerinnen und Eigentümer dazu, nachzuweisen, dass nach einem erfolgten Heizungstausch 15 Prozent des Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Ener-

⁴⁹ www.zukunftaltbau.de

gien abgedeckt wird. Alternativ können auch durch Ersatzmaßnahmen, wie eine verbesserte Dämmung oder teilweise auch ein Sanierungsfahrplan, die gesetzlichen Anforderungen erfüllt werden. Allerdings kann die Kommune durch Angebote und Aktionen wie lokale Förderprogramme, Informationsveranstaltungen oder Sanierungsmessen, die Attraktivität und Akzeptanz energetischer Sanierung oder auch des Anschlusses an ein Wärmenetz verbessern. Dabei kann auch auf Synergieeffekte hingewiesen werden, die zum Beispiel entstehen, wenn die

energetische Sanierung eines Daches mit der Installation einer PV-Anlage kombiniert wird. Auch in diesem Punkt kann sich die Kommune in Zusammenarbeit mit dem PV-Netzwerk Baden-Württemberg⁵⁰ als Vorreiter, Motivator und Partner der Stromerzeugung auf dem eigenen Dach positionieren.

⁵⁰ www.photovoltaiik-bw.de/pv-netzwerke

Umsetzung des kommunalen Wärmeplans

🦊 Für die Verwaltung bildet der kommunale Wärmeplan eine zentrale Roadmap für die kommenden Jahrzehnte, um das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu erreichen. Natürlich ist der Wärmeplan in seiner ersten Fassung nicht in Stein gemeißelt, sondern muss regelmäßig aktualisiert werden. Dazu müssen die bisherigen Umsetzungsschritte analysiert und bewertet werden. Dieser Reviewprozess ist im Abschnitt 5.3.2 beschrieben. Wichtig ist jedoch zu starten und Erfahrungen zu sammeln. In der einen Kommune wird der Schwerpunkt auf einer Sanierungskampagne liegen, die nächste startet mit der Planung eines Wärmenetzes und wieder eine andere versucht, ein Solarkollektorfeld zu planen, das in ein bestehendes Wärmenetz einspeist. Vielleicht plant eine Kommune eine Wärmepumpenkampagne für ein Einfamilienhausquartier.

Bis zum Zieljahr 2050 sind es nur noch 30 Jahre. Also muss es jetzt losgehen. Die Begeisterung für ein neues Wärmenetz und die Chance, regionale Wertschöpfung zu steigern, gleich schnelles Internet zu verlegen und die Straße für Rad- und Fußverkehr attraktiver zu machen, helfen mehr als langatmige Diskussionen über CO₂-Preise oder die aufgerissene Straße. Der Verwaltungsspitze kommt dabei eine wichtige Rolle zu. (Ober-)Bürgermeisterinnen und (Ober-)Bürgermeister können das Thema Wärmeplanung zur Chefsache machen und die Aufbruchsstimmung erzeugen, die wir brauchen, um die zu erwartenden Schwierigkeiten zu überwinden.

Die Wärmewende kann erhebliche Fördermittel in die Kommune lenken und wird viel Handwerksleistung erfordern. Sie kann also wie ein groß angelegtes Wirtschaftsförderprogramm wirken. Allein die Beheizung der Wohnfläche einer Kommune mit 5.000 Einwohnerinnen und Einwohnern verursacht überschlägig jährliche Heizkosten von 2 Millionen Euro. Zusammen mit den Energiekosten für die öffentlichen und privaten Nichtwohngebäude ergibt dies einen Kapitalstock, der in der Kommune gehalten werden kann, wenn keine fossilen Energien eingekauft werden müssen. Die folgenden Kapitel beschreiben in knapper Form die Rolle der verschiedenen Akteure: Der Gemeinderat, die Bürgerschaft, die Verwaltung, Energieversorger, Handwerkerschaft. Letztlich profitieren alle von einer engagierten Umsetzung des kommunalen Wärmeplans. Der Verwaltung kommt naturgemäß eine Schlüsselrolle bei diesem Prozess zu: Sie managt und koordiniert Einzelaktivitäten und nutzt die planerischen Werkzeuge, die zu einer erfolgreichen Umsetzung nötig sind. Es sei an dieser Stelle nochmals auf § 7c Absatz 2 KSG verwiesen, wonach fünf Maßnahmen zu benennen sind, mit deren Umsetzung innerhalb der nächsten fünf Jahre begonnen werden soll (siehe auch Kapitel 4 dieses Leitfadens).

6.1 WISSENSAUFBAU UND AKTEURS-BETEILIGUNG AUF KOMMUNALER EBENE

Wärmeplanung ist sowohl für die Fachabteilungen innerhalb der kommunalen Verwaltung, den Planungsbetroffenen unter den Trägern öffentlicher Belange, als auch die Energieunternehmen ein neuer Prozess. Das macht einen

Wissens- und Kapazitätsaufbau sowie eine Beteiligung aller Akteure bei der kommunalen Wärmeplanung zur Voraussetzung.

Die hier vorgestellten Ideen zum Kapazitätsaufbau und zur Akteursbeteiligung wurden im Rahmen des Deutsch-Dänischen Dialogs Wärmenetze Baden-Württemberg erarbeitet (Kofoed-Wiuff, et al., 2019).

Bei der kommunalen Wärmeplanung sind regionale Kenntnisse und das Engagement der an der Planung beteiligten Akteure der Schlüssel zu einer erfolgreichen Wärmewendestrategie und Umsetzung in konkreten Projekten innerhalb der Kommune. Um lokale Informationen über den Gebäudebestand sowie aller erneuerbare Wärmequellen und Abwärme-Potenziale zu erhalten, ist eine frühzeitige Akteursbeteiligung anzuraten. Dies hilft auch, die Zustimmung sowie das Engagement aller Akteure zur kommunalen Wärmeplanung zu sichern.

Ein kommunaler Wärmeplan ist zunächst ein fachplanerisches Instrument, welches in rollierender Weise überarbeitet und umgesetzt wird. Der Plan zeigt dabei Möglichkeiten auf, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung im gesamten Gemeindegebiet gelingen kann. Er ist nicht als eine Beschreibung eines unverrückbaren Endzustandes zu verstehen, sondern muss immer wieder an geänderte Rahmenbedingungen angepasst werden.

Umsetzungsorientierte kommunale Wärmeplanung ist immer lokal verankert. Der Aus- und Neubau von Wärmenetzen und der Heizungstausch in Einzelobjekten sowie Dienstleistungsangebote in Form von Wärmeliefercontracting können von existierenden Wärmeversorgern wie Stadtwerken, kommunalen Eigenbetrieben, Energiedienstleistern (Contractoren) und (Bürger-)Energiegenossenschaften mit starker lokaler Unterstützung vorangetrieben werden. Auch können durch kommunale Kampagnen

zum Heizungswechsel Privathaushalte und Handwerker wie Schornsteinfeger zielführend adressiert werden.

Ebenso sollte der Stromnetzbetreiber involviert sein, da die Bedeutung des Stromsektors für die Wärmeversorgung unter anderem auch aufgrund des erwarteten Ausbaus von Wärmepumpen stark zunimmt. Gasnetzbetreiber sind bezüglich der Entwicklung der Gasnetze am Prozess zu beteiligen (siehe Abschnitt 4.2).

Weiterbildung und Kapazitätsaufbau sind immer auch zentrale Punkte der Wärmeplanung. Zu diesem Zweck kann eine kommunale Koordinierungsgruppe oder ein regionales Netzwerk aus Vertreterinnen und Vertretern der Kommunen, des Landkreises, des Regionalverbands, der Wohnungsbaugesellschaften, Energieunternehmen und Netzbetreibern und der regionalen Energieagentur gegründet werden. Die Teilnehmer profitieren von dem direkten Zugriff auf ein umfassendes Wissen und Erfahrung und einem Forum für die Koordinierung der Ziele und Planungsannahmen. Darüber hinaus bieten Koordinierungsgruppen den teilnehmenden Kommunen wirtschaftliche Einsparungen, indem sie die Notwendigkeit reduzieren, Dienstleistungen von Beratungsunternehmen einzeln zu beziehen.

6.2 BETEILIGUNGSFORMATE

Insbesondere bei der Entwicklung von Wärmenetzen müssen Anwohner frühzeitig informiert und eingebunden werden. Nur so können individuelle Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung eines Gebäudes im Einklang mit den kommunalen Planungen zum Ausbau oder Rückzug der Gas- oder Wärmenetze getroffen werden. Aber auch dort, wo perspektivisch keine Wärmenetze entstehen werden, müssen die Bürgerinnen und Bürger über die Planungen der Gemeinde zur Transformation der Wärmeversorgung informiert werden.

Chancen aber auch Bedenken gegenüber verschiedenen Technologien können so frühzeitig vorgebracht werden.

Beteiligungsformate für eine breitere Öffentlichkeit können aus den bekannten Klimaschutzkonzepten auf die kommunale Wärmeplanung übertragen werden. Ziel ist es, die zunächst abstrakt wirkenden Klimaschutzziele für das Jahr 2050 greifbar zu machen. Es empfiehlt sich dabei, Akteure immer gezielt und persönlich anzusprechen.

Ob zum Beispiel Akteure für ein Thema sensibilisiert oder zum eigenen Handeln motiviert werden sollen oder ob die Expertise aus dem Kreis der Akteure eingeholt werden soll, muss bei der Auswahl des entsprechenden Angebots berücksichtigt werden. Formelle Beteiligungsformen sind zum Beispiel in der Bauleitplanung bereits etabliert. Eine gute Übersicht gibt der Leitfaden „Akteure im kommunalen Klimaschutz erfolgreich beteiligen“ (Deutsches Institut für Urbanistik, 2017). Hier sei ein nur ein Auszug informeller Beteiligungsformate aufgeführt:

- Akzeptanz für geplante Klimaschutzmaßnahme schaffen:
 - Informieren und Motivieren (klassische und soziale Medien)
 - Informationsschriften
 - Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen, Kampagnen
 - Ausstellungen/Exkursionen
- Konsultation einholen:
 - Anhörungen
 - runde Tische und Foren
 - Beiräte
 - Arbeitskreise ohne Entscheidungsbefugnis
 - Bürgergutachten

- Kooperation bestärken:
 - Arbeitskreise mit Entscheidungsbefugnis
 - Beteiligungsgesellschaften, wie zum Beispiel Energiegenossenschaften

Die Umsetzung eines kommunalen Wärmeplans wird dann gelingen, wenn die Wärme-wende zu einem gemeinschaftlichen Projekt der Bürgerschaft, den Energieunternehmen und der Verwaltung wird.



Bild: stock.adobe.com | Tadamichi

Angaben zum Datenschutz

Ein kommunaler Wärmeplan kann nur auf Basis einer umfassenden Datengrundlage erstellt werden.

Selbst wenn keine Informationen wie Namen oder Eigentumsverhältnisse übermittelt und verarbeitet werden, sind die zur Wärmeplanung notwendigen, gebäudescharfen Informationen, also Informationen die sich nur auf ein einzelnes Gebäude beziehen, den personenbezogenen Daten zuzuordnen. Im Umgang mit diesen Daten besteht für alle handelnden Akteure eine besondere Sorgfaltspflicht.

Die Regelungen im Paragraph 7e des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg schaffen die nach allgemeinem Datenschutzrecht erforderliche Rechtsgrundlage für die Datenübermittlung, legen fest welche Daten zum Zweck der Wärmeplanung übermittelt werden dürfen und wie damit zu verfahren ist.

UMFANG DER DATENERHEBUNGS- ERMÄCHTIGUNG

Grundsätzlich dürfen nur Daten erhoben und übermittelt werden, die zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans erforderlich sind. Außerdem beschränkt sich die Pflicht zur Datenübermittlung nur auf solche Informationen, die bei den angefragten natürlichen und juristischen Personen bereits vorhanden sind (§ 7e Abs. 1 S. 1 KSG BW).

Energieunternehmen, also die Betreiber von Wärme, Gas- und Stromnetzen sind gemäß § 7e Abs. 2 S. 1 KSG BW verpflichtet, auf Anfrage folgende zähler- oder gebäudescharfe Angaben zur Verfügung zu stellen:

- Energieträger (Gas- oder Wärmelieferung)
- Energieverbrauch
- sofern vorhanden Stromverbrauch für Wärmepumpen und Direktheizungen

Außerdem haben die Netzbetreiber folgende Informationen bezüglich der Wärme-, Gas- und Stromversorgungsnetze zur Verfügung zu stellen:

- Alter
- verbleibende geplante Nutzungsdauer
- Lage
- Leitungslänge
- Temperaturniveau
- Wärmeleistung und jährliche Wärmemenge

Stellen die übermittelten Informationen Betriebs- oder Geschäftsgeheimnisse dar, sind diese entsprechend zu kennzeichnen (§ 7e Abs. 1 S. 2 KSG BW).

Öffentliche Stellen, insbesondere die Bezirksschornsteinfeger, sind gemäß § 7e Abs. 2 S. 2 KSG BW zur Übermittlung folgender Informationen verpflichtet:

- Art, Nennwärmeleistung und Alter von Anlagen zur Wärmeerzeugung
- Brennstoff
- Betriebsweise
- Standort und Zuweisung zur Abgasanlage

Es dürfen nur solche Daten angefordert werden, die im elektronischen Kkehrbuch erfasst werden müssen (§ 7e Abs. 2 S. 3 KSG BW).

Gewerbe- und Industriebetriebe und die öffentliche Hand (kommunale und Landeseinrichtungen)

sind gemäß § 7e Abs. 3 KSG BW verpflichtet den Gemeinden folgende Informationen über ihre eigenen Liegenschaften zu übermitteln:

- Endenergieverbrauch
- Wärmeenergieverbrauch oder -bedarf
- Art der Wärmeenergiebedarfsdeckung
- Anteil eingesetzter erneuerbarer Energien
- Abwärmemenge

Oftmals liegen innerhalb der Kommunalverwaltung Informationen vor, die für die Wärmeplanung notwendig sind, aber für einen anderen Zweck erhoben wurden. Auch diese Informationen dürfen auf Grundlage des § 7e, Absatz 4 Klimaschutzgesetz erhoben und verwendet werden. Dabei handelt es sich insbesondere um Angaben zum Baualter von Gebäuden, Sanierungstätigkeiten, Wohnflächen und gegebenenfalls zur Heizungsstruktur.

UMGANG MIT DEN ERHOBENEN INFORMATIONEN, § 7E ABS. 5 KSG BW

Die vorangehend genannten Informationen dürfen ausschließlich zum Zweck der Wärmeplanung erhoben und verwendet werden (Zweckbindung). Die Weitergabe der erhobenen Informationen an nicht mit der Wärmeplanung befasste Dienststellen, kommunale Unternehmen oder andere juristische oder natürliche Personen darf nicht erfolgen. Einzige Ausnahme stellen Unternehmen dar, die von der jeweiligen Gemeinde mit der Erstellung des Wärmeplans beauftragt werden. Dies können wiederum auch Eigenbetriebe oder kommunale Unternehmen sein. Zwingende Voraussetzung dafür ist jedoch der Abschluss eines Vertrags zur Auftragsverarbeitung nach Artikel 28 Absatz 3 Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO). Sobald die Erstellung des kommunalen Wärmeplans abgeschlossen ist, müssen die zu diesem Zweck erhobenen Einzeldaten wieder gelöscht werden.

Sobald personenbezogene Daten zum Zweck der kommunalen Wärmeplanung erhoben wer-

den, müssen die betroffenen Personen darüber informiert werden. Da eine Information aller einzelnen betroffenen Personen aufgrund deren Vielzahl nicht durchführbar ist, kann diese Information auch durch ortsübliche Bekanntmachungen erfolgen (lokale Presse, Amtsblatt, Homepage der Stadtverwaltung) (§ 7e Abs. 6 KSG BW).

VERÖFFENTLICHUNG UND AGGREGATION, § 7d Abs. 3 KSG BW

Es dürfen keine personenbezogenen Daten oder Daten die Rückschlüsse auf Einzelpersonen oder Einzelunternehmen ermöglichen, veröffentlicht werden. Gleichwohl müssen ausreichend aussagekräftige Wärmepläne veröffentlicht werden, die Auskunft darüber geben, wo innerhalb des Stadtgebiets relevante Wärmequellen- und Senken vorliegen.

Um diese Veröffentlichung möglich zu machen, sind jeweils mindestens fünf Einzelgebäude zu einer Gebäudegruppe zusammenzufassen. Unabhängig davon, ob es sich dabei um Wohn- oder Nichtwohngebäude handelt. Die Zuordnung zu einzelnen Gruppen sollte dabei anhand räumlicher Kriterien (wie die Position zueinander), Gebäudeeigenschaften (beispielsweise Denkmalschutzstatus) oder ähnlichem erfolgen. Die Vorgabe, dass mindestens fünf Gebäude zu einer Gruppe zusammenzufassen sind, stellt dabei eine Mindestvorgabe dar. Die Zusammenfassung zu größeren Einheiten kann für den Zweck der Veröffentlichung eines Wärmeplans ausreichend sein.

Mit Informationen zur Versorgungsinfrastruktur muss ebenfalls mit einer erhöhten Vorsicht umgegangen werden. Diese Informationen dürfen nicht veröffentlicht werden. Eine flächige Einfärbung der jeweiligen Versorgungsgebiete ist beispielsweise ausreichend, um die Bürgerinnen und Bürger darüber zu informieren, ob und wo beispielsweise ein Wärme- oder Gasnetz vorhanden ist.

Quellenverweise und weiterführendes Material

4DH-KONSORTIUM. Research Center 4th Generation District Heat. <https://www.4dh.eu>

AALBORG-UNIVERSITY. Energy Plan – Smart Energy Systems. <https://www.energyplan.eu/smartenergysystems/>

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEEN. Die kommunale Wärmeplanung – ein wichtiger Treiber der Wärmewende. 2018

AGORA ENERGIEWENDE. Die zukünftigen Kosten strombasierter Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. 2018

BAUMGÄRTNER ET AL. 2014. Integrierte Wärmenutzung der Stadt Baden-Baden

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE. Dialogprozess Gas 2030 – Erste Bilanz. 2019

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE. Sanierungsbedarf im Gebäudebestand – Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude. 2014

BRUUS UND SOERENSEN. 2019. New Thermal Heat Storage in Greater Copenhagen. HOT-COOL 4/2019

BUNDESKARTELLAMT UND BUNDESNETZAGENTUR. Leitfaden Vergabe von Strom- und Gaskonzessionen und zum Wechsel des Konzessionsnehmers. 2. Auflage. 2015

DANISH ENERGY AGENCY (DEA). Technology Data. 2020. <https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/technology-data>

DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK (DIFU) ET AL. Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. 3. aktualisierte und erweiterte Auflage. 2018

DEUTSCHES INSTITUT FÜR URBANISTIK (DIFU). Akteure im kommunalen Klimaschutz erfolgreich beteiligen. 2017

DJOERUP ET AL. 2019. Hotmaps Handbook 1: Definition & Experiences of Strategic Heat Planung. Aalborg: Aalborg University

FORSCHUNGSVERBUND NACHHALTIGE RECHENZENTREN BADEN-WÜRTTEMBERG (ECORZ). Leitfaden Nachhaltige Rechenzentren. 2020

ECOSPEED-AG. ECOSPEED Climate Software Solutions. <https://www.ecospeed.ch/region/de/>

FALLAHNEJAD ET AL. 2018. Impact of distribution and transmission investment costs of district heating systems on district heating potential. ELSEVIER. 2018, Energy Procedia 149

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG. Roadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors. Umweltbundesamt, 2019

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE. <https://basisdaten.fnr.de>

GEOPOTENZIALE DES TIEFEREN UNTERGRUNDS IM OBERRHEINGRABEN (GEORG). <http://maps.geopotenziale.eu/?app=georg&lang=de>

GERHARDT ET AL. 2019. Entwicklung der Gebäudewärme und Rückkopplung mit dem Energiesystem in -95 Prozent Treibhausgas-Klimazielszenarien. Fraunhofer Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik

HEINRICH BÖLL STIFTUNG. Wärmewende in Kommunen – Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. 2015

HOTMAPS. 2020. Hotmaps – The open source mapping and planning tool for heating and cooling. <https://www.hotmaps.eu/map>

IFEU. 2017. CO₂-Bilanzierung mit BICO₂BW. <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung>. ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH

IFEU. 2018. Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende. ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH

INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION FÜR DEN BODENSEE. Bodensee-Richtlinien, Arbeitshilfe mit VwV zu ihrer Einführung in Baden-Württemberg Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee. 2005

INSTITUT FÜR WOHNEN UND UMWELT (IWU). <https://episcope.eu/building-typology/country/de/>

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG. Abwärmenutzung in Unternehmen. Studie für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. 2019

INFORMATIONSSYSTEM FÜR OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIE BADEN-WÜRTTEMBERG (ISONG). <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/oberflaechennahe-geothermie/erdwaermesonden/informationssystem-oberflaechennahe-geothermie-isonig>

KIENZLEN ET AL. 2015. Wissensportal Bauen und Sanieren. <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/wissensportal/bauen-und-sanieren>. KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

KIENZLEN ET AL. 2014. Bedeutung von Wärmenetzen für die Energiewenden. https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Positionspapier_zu_Nahwaerme.pdf. KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

KLIMA-BÜNDNIS. 2019. Klimaschutz-Planer. 2019. <https://www.klimaschutz-planer.de/>

- KOFOED-WIUFF ET AL. 2019. Erfahrungen mit der Wärmeplanung in Dänemark, Input zur Entwicklung eines Leitfadens zur Wärmeplanung in Baden-Württemberg. https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Experience_with_heat_planning_in_Denmark_-_German_Summary.pdf; Ea Energy Analyses; Viegand and Maagoe
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL). Faustzahlenbuch Landwirtschaft. 15. Auflage. 2018
- LAND NIEDERSACHSEN. Leitfaden Kommunale Wärmeplanung. <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/zielgruppen/kommunen/kommunale-waermeplanung.php>
- LAND SCHLESWIG-HOLSTEIN. Leitfaden Kommunale Wärmeplanung. https://schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/Service/Broschueren/Broschueren_V/Umwelt/pdf/Flyer_KommunaleWaermeplanung.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORD-RHEIN-WESTFALEN (LANUV). LANUV-Fachbericht 40: Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie. 2015
- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB). Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie Rohstoffe und Bergbau. <http://maps.lgrb-bw.de/>
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW). Energieatlas Baden-Württemberg. https://www.energieatlas-bw.de/waerme/waermebedarf_wohnen/waermebedarfsdichte_von_wohngebaeuden
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW). Lärmschutz bei Luft-Wärmepumpen. 2020
- MAASS, CHRISTIAN. 2020. Wärmeplanung: Grundlagen einer neuen Fachplanung. Zeitschrift für Umweltrecht
- MATHIESEN ET AL. 2019. Towards a decarbonised heating and cooling sector in Europe. Aalborg: Aalborg University
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UM-BW). Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen. 2019
- MÖLLER, B. UND PERSSON, U. 2018. Updated Peta atlas for each MS with the final level of district heating recommended in WP6. Aalborg: University
- MÖLLER, B. UND WIECHERS, E. 2019. Wärmeplan Schlesweig-Holstein. Europa Universität Flensburg
- ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE VERBAND (ÖBV). <https://www.biomasseverband.at/biomasse-verband-veroeffentlicht-basisdaten-bioenergie-2019/>
- PAARDEKOOPEL ET AL. 2018a. Heat Roadmap Germany. Aalborg: Aalborg University
- PAARDEKOOPEL ET AL. 2018b. Heat Roadmap Europe 4: Quantifying the Impact of Low-Carbon Heating and Cooling Roadmaps. Aalborg: Aalborg University
- PERSSON ET AL. 2017. Heat Roadmap Europe 4: Methodologies and assumptions used in the mapping. Aalborg University

PETA. Pan European Thermal Atlas Version 4.3. 2018. <https://heatroadmap.eu/peta4/>

SOLITES. Planungs- und Genehmigungsleitfaden für Freiflächen-Solarthermie in Baden-Württemberg. 2016

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT. Leitfaden Energienutzungsplan. 2011

THORSEN ET AL. 2018. „Progression of District Heating – 1st to 4th generation”.
https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/280710833/1_4GDH_progression_revised_May2018.pdf

WAD_2.0. Wärmeatlas 2.0 – Gebäudescharfe Wärmebedarfsinformationen. <https://www.geomer.de/produkte/geodaten/waermebedarfsdaten-waermeatlas-20/index.html>

ZENSUS-2011. Bevölkerungszahl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. 2011.
<https://atlas.zensus2011.de/>

ZSW ET AL. 2017. Energie- und Klimaschutzziele 2030 Baden-Württemberg. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

A) Kommunaler Wärmeplan

Räumlich aufgelöste Darstellung (Planwerk mit Erläuterungen, Fachgutachten):

1. Bestandsanalyse
 - 1.1 Systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs oder -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen
 - 1.2 Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen
 - 1.3 Informationen zur aktuellen Versorgungsstruktur (Wärmenetze, Gasnetze, KWK-Standorte, Heizzentralen) sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude
2. Potenzialanalyse
 - 2.1 Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz
 - 2.2 Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung (Biomasse, Geothermie, PV, Umweltwärme, Solarthermie) sowie Abwärme (Gewerbe, Abwasser) und Kraft-Wärme-Kopplung
 - 2.3 Erneuerbare Stromquellen für Wärmeanwendungen (PV, Windkraft, Wasserkraft)
3. Zielszenario
 - 3.1 Szenario zur zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs
 - 3.2 Flächenhafte Darstellung der zur klimaneutralen Bedarfsdeckung (Wärmepumpe, Biomasse, Solarthermie, synthetische Brennstoffe, Wärmenetz) geplanten Versorgungsstruktur (Eignungsgebiete Wärmenetz, Eignungsgebiete Einzelversorgung) für:
 - 3.2.1 Jahr 2030 als Zwischenschritt
 - 3.2.2 Jahr 2050
4. Kommunale Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

B) Energiekennwerte (zur Lieferung an Datenbank)

5. Jahresendenergiebedarf für die Wärmeversorgung aufgeteilt nach Energieträgern (Erdgas, Erdöl, Strom: Direkt-Strom und Wärmepumpe, Erneuerbare Energien, Wärmenetz, PtX, Wasserstoff) und Sektoren (private Haushalte, GHD, Industrie, Kommune) für:
 - 5.1 das aktuelle Jahr und abgeschätzt für:
 - 5.2 Jahr 2030
 - 5.3 Jahr 2050
6. Genutztes Endenergiepotenzial zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus
 - 6.1 Erneuerbaren Energien (aufgeteilt in verschiedene Quellen wie Biomasse, Geothermie, PV, Umweltwärme, Solarthermie)
 - 6.2 Abwärme (Gewerbe, Abwasser)
 - 6.3 Kraft-Wärme-Kopplung

