

# Stadt Laupheim

## ABSCHLUSSBERICHT KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG *STADT LAUPHEIM*

**Bearbeiter:**

AutenSys GmbH

RBS wave GmbH

**Erstellungszeitraum:**

Januar 2022 - Juni 2023



## INHALT

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Inhalt .....                                                     | 1  |
| Abkürzungsverzeichnis.....                                       | 3  |
| 1. ZUSAMMENFASSUNG .....                                         | 4  |
| 1.1 Datenerhebung.....                                           | 4  |
| 1.2 Bestandsanalyse .....                                        | 4  |
| 1.3 Potenzialanalyse.....                                        | 5  |
| 1.4 Zielszenario.....                                            | 5  |
| 1.5 Wärmewendestrategie .....                                    | 6  |
| 2. Hintergrund und Zielsetzung .....                             | 7  |
| 3. Dienstleister.....                                            | 8  |
| 3.1 AutenSys GmbH.....                                           | 8  |
| 3.2 RBS wave GmbH.....                                           | 8  |
| 3.3 Zusammenarbeit der Dienstleister.....                        | 8  |
| 4. Datenerhebung.....                                            | 10 |
| 4.1 Vorgehensweise und Datenschutz .....                         | 10 |
| 4.1.1 Online-Umfrage industrielle Abwärme.....                   | 10 |
| 4.1.2 Energieversorger/Netzbetreiber.....                        | 10 |
| 4.1.3 Schornsteinfeger .....                                     | 10 |
| 4.2 Aufbereitung der Daten.....                                  | 11 |
| 4.3 Datenqualität.....                                           | 11 |
| 4.4 Zwischenfazit Datenerhebung.....                             | 12 |
| 5. Bestandsanalyse .....                                         | 13 |
| 5.1 Gemeindestruktur .....                                       | 13 |
| 5.2 Gebäudestruktur .....                                        | 14 |
| 5.3 Versorgungs- und Beheizungsstruktur.....                     | 16 |
| 5.3.1 Heizungen nach Energieträgern .....                        | 16 |
| 5.3.2 Gasversorgung.....                                         | 18 |
| 5.3.3 Wärmenetz.....                                             | 19 |
| 5.3.4 Schwerpunktgebiete Wärmestrom.....                         | 20 |
| 5.4 Energie- und THG- Bilanz 2019 .....                          | 21 |
| 5.4.1 Endenergiebedarf nach Energieträgern und THG- Bilanz ..... | 21 |
| 5.4.2 Endenergiebedarf nach Sektoren und THG- Bilanz.....        | 22 |
| 5.5 Wärmebedarf .....                                            | 23 |
| 5.6 Zwischenfazit Bestandsanalyse .....                          | 24 |
| 6. Potenzialanalyse.....                                         | 26 |
| 6.1 Potenzial der energetischen Sanierung.....                   | 26 |
| 6.1.1 Sanierungspotenzial.....                                   | 26 |
| 6.1.2 Wärmenetzeignung .....                                     | 28 |
| 6.2 Potenzial zur Wärme- und Stromerzeugung.....                 | 29 |
| 6.3 Abwärmepotenziale .....                                      | 31 |
| 6.3.1 Industrielle Abwärme.....                                  | 31 |
| 6.3.2 Abwärme aus Abwasser .....                                 | 31 |
| 6.4 Potenziale Umweltwärme und Geothermie .....                  | 33 |

|       |                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------|----|
| 6.5   | Solarpotenziale auf Freiflächen.....                          | 35 |
| 6.6   | Solarpotenziale Dachflächen.....                              | 37 |
| 6.7   | Windkraftpotenzial .....                                      | 39 |
| 6.8   | Wasserkraftpotenzial .....                                    | 41 |
| 6.9   | Potenziale Biomasse.....                                      | 42 |
| 6.9.1 | Holzartige Biomasse.....                                      | 42 |
| 6.9.2 | Organische Abfälle, Grüngut und Altholz .....                 | 43 |
| 6.9.3 | Biogasanlagen .....                                           | 44 |
| 6.9.4 | Landwirtschaftliche Rohstoffe und Nebenprodukte .....         | 44 |
| 6.10  | Wasserstoffpotenzial.....                                     | 46 |
| 6.11  | Zwischenfazit Potenzialanalyse.....                           | 46 |
| 7.    | Zielszenarien und Eignungsgebiete .....                       | 49 |
| 7.1   | Entwicklung des Wärmebedarfs.....                             | 49 |
| 7.2   | Klimaneutrales Szenario 2040 und Zwischenziel 2030 .....      | 51 |
| 7.2.1 | Versorgungsszenario und Eignungsgebiete im Zielszenario ..... | 51 |
| 7.2.2 | Nutzung der Potenziale im Zielszenario.....                   | 56 |
| 7.2.3 | Energie-Bilanz 2030 und 2040 .....                            | 58 |
| 7.2.4 | Treibhausgas-Bilanz 2030 und 2040 .....                       | 63 |
| 7.3   | Zukunft Gasnetze .....                                        | 65 |
| 7.4   | Zwischenfazit Zielszenario .....                              | 66 |
| 8.    | Wärmewendestrategie mit Maßnahmen .....                       | 67 |
| 8.1   | Teilgebiets-Steckbriefe.....                                  | 67 |
| 8.2   | Transformationspfad und Maßnahmen.....                        | 67 |
| 8.2.1 | Prioritäre und mittelfristige Maßnahmen .....                 | 68 |
| 8.2.2 | Ergänzende Maßnahmen.....                                     | 75 |
| 8.3   | Controlling Konzept .....                                     | 77 |
| 9.    | Zusammenfassung und Ausblick .....                            | 79 |
| 10.   | Quellenverzeichnis .....                                      | 81 |
| 11.   | Anhang .....                                                  | 84 |

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

|                  |                                                                |
|------------------|----------------------------------------------------------------|
| ALKIS            | Allgemeines Liegenschaftskatasterinformationssystem            |
| AutenSys         | AutenSys GmbH                                                  |
| BEW              | Bundesförderung für effiziente Wärmenetze                      |
| BHKW             | Blockheizkraftwerk                                             |
| CAD              | Computer aided design                                          |
| CSV-Format       | Comma-separated values-Format                                  |
| DXF-Format       | Drawing Interchange File Format                                |
| Fm               | Festmeter                                                      |
| GIS              | Geographisches Informationssystem                              |
| GWh              | Gigawattstunde                                                 |
| GHD              | Gewerbe, Handel und Dienstleistung                             |
| ha               | Hektar                                                         |
| kW               | Kilowatt                                                       |
| kWh              | Kilowattstunde                                                 |
| kWh/a            | Kilowattstunde pro Jahr                                        |
| KEA BW           | Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH         |
| KlimaG BW        | Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg |
| KSG BW           | Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg                            |
| kWP              | kommunale Wärmeplanung                                         |
| MWh/a            | Megawattstunde pro Jahr                                        |
| MW <sub>th</sub> | Megawatt thermisch                                             |
| LUBW             | Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg                     |
| PDF              | Portable Document Format                                       |
| PV               | Photovoltaik                                                   |
| THG              | Treibhausgas                                                   |
| UDO              | Umwelt-Daten und -Karten Online                                |

## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Deutschland hat das Ziel Klimaneutralität bis 2045 festgeschrieben, Baden-Württemberg sogar bis zum Jahr 2040. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Reduzierung des Energieverbrauchs mittels energetischer Sanierungen und eine regenerative Energienutzung essenziell. Für die Umstellung der Wärmeversorgung von fossilen Brennstoffen auf regenerative Energien bedarf es einer Transformation der Versorgungsinfrastruktur, die auch mit zusätzlichem Flächenbedarf verbunden ist. Darüber hinaus betrifft der Transformationsprozess nicht nur die Aufgaben der Daseinsvorsorge der Kommunen, sondern auch Gebäude und Stadtentwicklung. Wie die Kommunen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreichen können, wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erarbeitet. Der strategische Planungsprozess soll aufzeigen, wie die Wärmeversorgung der gesamten Kommune bis 2040 klimaneutral werden kann. Das Ziel der Klimaneutralität bezieht sich dabei auf sämtliche Sektoren der Wärmeversorgung, auch auf Unternehmen und private Haushalte. Da dies eine große Aufgabe ist, ist die kommunale Wärmeplanung als langfristiger Prozess angelegt und muss diese alle sieben Jahre fortgeschrieben werden. Im Folgenden werden die Vorgehensweise sowie Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung zusammengefasst.

### 1.1 Datenerhebung

Das Klimaschutzgesetz des Landes Baden-Württemberg ermöglichte den Zugriff auf gebäudescharfe Angaben zur Energie- und Brennstoffverbräuchen, welche durch die Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber auf Anfrage der Kommune bereitgestellt wurden. Diese Daten wurden durch Angaben aus dem elektronischen Kehrbuch der Bezirksschornsteinfeger zu den bestehenden Heizungen ergänzt. Mithilfe dieser Daten lässt sich ein detailliertes Bild der Beheizungsstruktur in Laupheim zeichnen. Für die Ermittlung der Abwärmepotenziale aus Industrie und Gewerbe wurde eine Unternehmensumfrage durchgeführt. In dieser wurde gezielt nach möglichen Abwärmequellen aus Produktionsprozessen und der Bereitschaft zur Auskopplung von Abwärme gefragt.

### 1.2 Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wurde die Gemeinde- und Gebäudestruktur der Stadt Laupheim näher untersucht. Das Gemeindegebiet ist durch eine eher lockerere Bebauung geprägt. Ein Großteil der Flächen wird land- oder forstwirtschaftlich genutzt. Bei den Gebäuden in Laupheim handelt es sich größtenteils um Wohngebäude – hierbei sind Einfamilien- bzw. Doppel- und Reihenhäuser die dominierenden Gebäudetypen. In Laupheim existiert mit Ausnahme einiger Teilorte eine flächendeckende Gasversorgung. Dies spiegelt sich auch in der Beheizungsstruktur wider, die vorwiegend durch fossile Einzelheizungen geprägt ist. 39 % der Heizungen wurden im Referenzjahr 2019 durch Erdgas befeuert. Mit knapp 44 % machten Ölheizungen einen ähnlich großen Anteil der Heizungen aus. Bei den verbleibenden Heizungen handelt es sich zum größten Teil um Stromheizungen, also Nachtspeicheröfen oder Wärmepumpen in den jüngeren Wohngebieten. Das Wärmenetz in der Laupheimer Innenstadt versorgt nur eine geringe Anzahl an Gebäuden mit Wärme. Hierbei handelt es sich zum Teil um öffentliche Gebäude, die sich mitunter auch in kommunaler Hand befinden. Die Endenergie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Laupheim zeigt, dass im Basisjahr über 90 % der Emissionen im Wärmesektor durch fossile Einzelheizungen verursacht wurden. Weiterhin ließen sich 3 % des Endenergiebedarfs und die damit einhergehenden Emissionen auf Liegenschaften in kommunaler Hand zurückführen. Hier kann die Stadt Laupheim die Wärmeversorgung ihrer Gebäude direkt beeinflussen und ggf. den Ausbau von Wärmenetzen initiieren.

## 1.3 Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wurden verschiedene Potenziale zur Strom- und Wärmeerzeugung betrachtet. Da zukünftig mit einer stärkeren Elektrifizierung des Wärmesektors zu rechnen ist, müssen diese Potenziale gemeinsam betrachtet werden.

Zur Erzeugung von grünem Strom würden sich in Laupheim vor allem Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen auf Dächern und in der freien Fläche eignen. Aufdachanlagen stellen in diesem Zusammenhang eine gute Möglichkeit dar, den Eigenbedarf an Strom zum Betrieb einer Wärmepumpe in einem Gebäude anteilig zu decken. Photovoltaik-Freiflächen- und Windenergieanlagen eignen sich dagegen zur Netzeinspeisung von großen Mengen an erneuerbarem Strom.

Als klimaneutrale Wärmequelle bietet sich in Laupheim vor allem die oberflächennahe Geothermie an. Hier können mithilfe von Erdwärmesonden beachtliche Wärmepotenziale erschlossen werden, welche zur Einzelversorgung von Gebäuden aber auch zur anteiligen Speisung von Wärmenetzen genutzt werden können. Für solarthermische Anlagen lässt sich auf Freiflächen ebenfalls ein hohes Potenzial ausweisen. In Kombination mit weiteren Wärmequellen lässt sich Solarthermie in Wärmenetzen zur klimaneutralen Beheizung von Gebäuden nutzen.

Die erzeugungsseitigen Potenziale durch Strom und Wärme werden durch Wärmeenergieeinsparungen durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden in Laupheim ergänzt. Bei einer angenommenen Sanierungsquote von jährlich 1 % der Wohnflächen sowie die Reduzierung der Wärmebedarfe um 20 % bis 2040 in den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe lassen sich bis 2040 15 % des Gesamtwärmeverbrauchs einsparen. Gebäudesanierungen stellen damit einen wichtigen, aber schwer zu hebenden Baustein der Wärmewende dar.

## 1.4 Zielszenario

Die klimaneutrale Wärmeerzeugung 2040 wird sowohl durch die kontinuierliche Reduzierung des gesamten Wärmeverbrauchs als auch durch die Umstellung der fossilen Wärmeerzeuger auf regenerative Energieerzeugung erreicht.

Aufbauend auf den Bestands- und Potenzialanalysen zeigt das Zielszenario auf, wie der Wärmebedarf in Eignungsgebieten vollständig dezentral und zentral durch regenerative Energien gedeckt werden kann. Somit lassen sich in vier ausgewiesenen Wärmenetz-Eignungsgebieten insgesamt 21 % des prognostizierten Wärmebedarfs im Jahr 2040 durch das Wärmenetz decken. Aufgrund des verfügbaren Potenzials wird die Erdwärme die am häufigsten genutzte Wärmequelle (44 % des gesamten Wärmebedarfs) sowohl in zentralen als auch dezentralen Einzugsgebieten sein. Die Voraussetzung für die effiziente Nutzung der oberflächennahen Geothermie bzw. der Umgebungsluft ist in allen Eignungsgebieten eine energetische Gebäudesanierung und Absenkung der Vorlauftemperaturen des Heizsystems. Punktuell werden auch andere regenerative Wärmeerzeuger wie Holzkessel mit Solarthermie eingesetzt.

In vier Gebieten mit dem Schwerpunkt Gewerbe und Industrie wird die Wärmeversorgung mit Hochtemperatur-Wärmepumpen und grünen Gasen, wie Wasserstoff und Biomethan, gedeckt werden. Durch die Reduzierung des Wärmebedarfs und den Umstieg der Wärmeversorgung auf regenerative Energiequellen kann die Stadt Laupheim ihre Treibhausgasemissionen drastisch reduzieren. 2040 werden die Treibhausgasemissionen von 13.500 Tonnen im Jahr 2019 um 85 % sinken. Bilanziell betrachtet ist die Nutzung der grünen Energien 2040 mit geringen Mengen an Treibhausgasemissionen verbunden. Diese entstehen durch die vor- und nachgelagerten Ketten z.B. Abholung, Holzbearbeitung, Transport, Wartung der Anlagen. Zudem wird der aus dem öffentlichen Netz bezogene Strom, der bspw. für Wärmepumpenbetrieb eingesetzt wird, bis 2040 noch nicht zu 100 % aus regenerativen Energiequellen erzeugt werden, da das Ziel der Klimaneutralität bis 2045

auf der Bundesebene gesetzt ist. Die verbleibenden Emissionen, die sich nicht vermeiden lassen, können ggf. durch Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden. Dies ist in der Fortschreibung des Wärmeplanes tiefer zu betrachten.

Das Zielszenario zeigt die möglichen Handlungsoptionen und bildet dabei eine Grundlage für ein zielgerichtetes Vorgehen bei der Entwicklung weiterführender Maßnahmen zur Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale.

## 1.5 Wärmewendestrategie

Für die Wärmewendestrategie in Laupheim wurden konkrete Maßnahmen erarbeitet, die zu dem erarbeiteten klimaneutralen Zielszenario führen sollen. Sie zielen darauf ab, den Einsatz erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung zu erhöhen und somit die Treibhausgasemissionen im Wärmesektor zu reduzieren. Fünf der erarbeiteten Maßnahmen wurden dabei priorisiert und bereits detaillierter ausgearbeitet. Die fünf prioritären Maßnahmen sind:

- Photovoltaik auf kommunalen Liegenschaften ausbauen
- Erneuerbare Energien auf Freiflächen ausbauen
- Sanierungsquote kommunaler Liegenschaften anheben
- Ausbau Wärmenetze planen
- Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im kommunalen Wärmenetz

Für sie wurde ein konkreter Umsetzungszeitraum definiert und Akteure bestimmt, die maßgeblich an der Umsetzung beteiligt sein werden.

Die Wärmeplanung ist ein kontinuierlicher Prozess und erfolgt nicht von heute auf morgen. Der kommunale Wärmeplan wird nach sieben Jahren fortgeschrieben. Zur Messung des Fortschritts sollten deshalb konkrete Ziele und Meilensteine festgelegt werden, die mit geeigneten und messbaren Indikatoren verbunden werden und in definierten zeitlichen Intervallen gemessen und ausgewertet werden können. Anhand der Indikatoren lassen sich die Fortschritte der Wärmewende abbilden. Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung wird somit als ein langfristiger Transformationsprozess verstanden, der erst mit der Erreichung des Ziels der klimaneutralen Wärmeversorgung des Gebäudebestands abgeschlossen ist.

## 2. HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Deutschland hat das Ziel Klimaneutralität bis 2045 festgeschrieben, Baden-Württemberg sogar bis zum Jahr 2040. Die Klimaneutralität bedeutet, dass Treibhausgas-Emissionen bestmöglich durch Einsatz von regenerativen Energieträgern zu reduzieren sind, während nicht vermeidbare THG-Emissionen durch natürliche bzw. technische THG-Senken ausgeglichen werden [1]. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Reduzierung von Energieverbrauch mittels energetischer Sanierungen und eine regenerative Energienutzung essenziell. Der Weg dorthin wird gemeinhin als Energiewende bezeichnet. Im Gegensatz zu Strom, kann Wärme jedoch nur sehr schwer und mit hohen Verlusten über längere Strecken transportiert werden. Deshalb muss die Wärmewende als ein Teil der Energiewende in den Kommunen vor Ort erfolgen. Für die Umstellung der Wärmeversorgung von fossilen Brennstoffen auf regenerative Energien bedarf es einer Transformation der Versorgungsinfrastruktur, die mit einem zusätzlichen Flächenbedarf verbunden ist. Darüber hinaus betrifft der Transformationsprozess nicht nur die Aufgaben der Daseinsvorsorge der Kommunen aber auch Gebäude und Stadtentwicklung.

Wie die Kommunen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreichen können, wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erarbeitet. Der strategischer Planungsprozess soll aufzeigen, wie die Wärmeversorgung der gesamten Kommune bis 2040 klimaneutral werden kann.

Das Ziel der Klimaneutralität bezieht sich dabei auf sämtliche Sektoren der Wärmeversorgung, auch auf Unternehmen und private Haushalte. Da dies eine große Aufgabe ist, ist die kommunale Wärmeplanung als langfristiger Prozess angelegt, und die Aufstellung der Wärmeplanung muss alle sieben Jahre fortgeschrieben werden.

Der Wärmeplan soll dabei nicht nur als Leitfaden für die Umsetzung der Wärmewende selbst, sondern auch als Leitplanke für die Stadtplanung im Allgemeinen dienen. So sollen Synergieeffekte genutzt werden, um eine versorgungssichere und preisstabile klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Die Anforderungen an den kommunalen Wärmeplan sind in § 27 des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) und die Vorgehensweise und inhaltliche Aufstellung sind im Kommunalen Wärmeplanung-Handlungsleitfaden der KEA BW [2] geregelt. Zuerst wird in der Bestandsanalyse der Ist-Zustand des Wärmebedarfs und der energetischen Infrastruktur erfasst. Im nächsten Schritt werden Potenziale regenerativer Energiequellen und Abwärmquellen zur Wärme- und Stromversorgung analysiert. Die Wärmesenken und -quellen werden zusammengestellt und klimaneutrale Versorgungsszenarien ermittelt. Zum Schluss wird eine Wärmewendestrategie mit Maßnahmen ausgearbeitet.

Derzeit sind in Baden-Württemberg alle Stadtkreise, große Kreisstädte und Kommunen mit über 20.000 Einwohnern dazu verpflichtet, einen kommunalen Wärmeplan bis zum 31.12.2023 aufzustellen. Dazu zählt auch die Stadt Laupheim. Diese hat die AutenSys GmbH dazu beauftragt, die kommunale Wärmeplanung durchzuführen. Das Vorgehen folgt dem Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW) [2]. Der vorliegende Abschlussbericht fasst die methodischen und fachlichen Ergebnisse von Datenerhebung, Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenarioentwicklung und Maßnahmen zusammen. Dabei beziehen sich alle methodischen Angaben und zu beachtenden Rahmenbedingungen, sofern nicht anders angegeben, auf den Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung der KEA-BW.

### 3. DIENSTLEISTER

Die von der Stadt Laupheim beauftragte AutenSys GmbH führte gemeinsam mit RBS Wave GmbH die Wärmeplanung zwischen September 2021 und Mai 2023 durch. Nachfolgend werden die Dienstleister kurz vorgestellt.

#### 3.1 AutenSys GmbH

Die AutenSys GmbH ist eine Energie-Ingenieur-Beratung und entwickelt grüne Energielösungen für Industrie, Gewerbe und Kommunen. Unabhängig von Herstellern oder weiteren Interessen erstellt die AutenSys GmbH für ihre Kund\*innen Fahrpläne hin zur Energieeffizienz, CO<sub>2</sub>-Reduzierung oder Energieautarkie in ihrem optimalen Betriebspunkt zwischen Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. Dafür bringt die AutenSys GmbH Ingenieurkompetenz und Beratungsfähigkeiten inklusive BAFA-Zertifizierung mit Klimaneutralitäts- und Energiewirtschaftsaspekten in Einklang. Mit der Priorität hin zu einem grünen Technologiemix orientiert sich die AutenSys GmbH allein an den Interessen ihrer Kund\*innen und bietet klare Orientierung im zunehmend dynamischen Energie-Marktumfeld sowie der Klimaschutzgesetzgebung.

Mission: Gemeinsam mit den Kund\*innen gestaltet die AutenSys GmbH deren klimasichere Energieversorgung: ganzheitlich, nachhaltig und wirtschaftlich.

#### 3.2 RBS wave GmbH

Die RBS wave GmbH arbeitet regional und bundesweit erfolgreich als beratendes Ingenieurunternehmen mit den Arbeitsschwerpunkten Energieversorgung, Wasserversorgung und Infrastruktur. Die RBS wave GmbH beschäftigt aktuell ca. 160 Mitarbeiter und bietet in den Bereichen Energie, Wassertechnik und Infrastruktur in Ettlingen und Stuttgart mit rund 140 technischen Mitarbeitern (Ingenieure, Geologen, Techniker, technische Zeichner) alle Ingenieurleistungen rund um das Thema Quartiersversorgung (Wärme, Kälte, Strom, Gas, Wasser, Abwasser, Breitband) an. In diesem Rahmen hat die RBS wave GmbH in den letzten Jahren u.a. verschiedene Projekte zur Planung von Energieerzeugungszentralen (Wärme/Kälte) sowie von Nah- und Fernwärmeleitungen durchgeführt.

#### 3.3 Zusammenarbeit der Dienstleister

Die Koordination der kommunalen Wärmeplanung erfolgte von Seiten der Stadt über die Stadtwerke und von Seiten der Dienstleister über die AutenSys, die die Projektleitung stellte. Sie stellte eine reibungslose Durchführung der kommunalen Wärmeplanung sicher. Zusammen mit der RBS wave erfasste und verarbeitete die AutenSys die benötigten Daten. Die anschließende Bestandsaufnahme erfolgte, als Experte in diesem Bereich, durch die RBS wave. Darauf aufbauend analysierten RBS wave und AutenSys gemeinsam mögliche Potenziale. Auf Basis dieser entwickelte AutenSys die Zielszenarien und abschließend die eigentliche Wärmewendestrategie. Dieses Vorgehen ist in der nachfolgenden Grafik aufgezeigt (Abbildung 1).

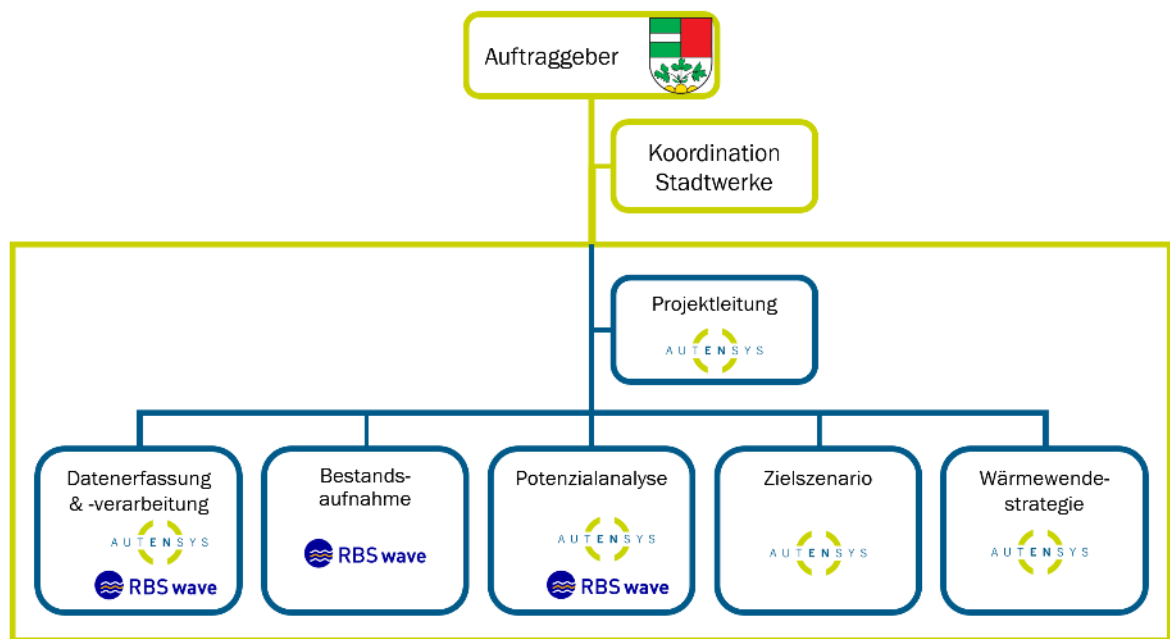


Abbildung 1: Übersicht des Vorgehens

## 4. DATENERHEBUNG

Die Datenerhebung und -verarbeitung erfüllt stets alle Anforderungen des Datenschutzes. Der Umfang der Datenerhebung war zunächst im §7 des Klimaschutzgesetz (KSG BW) und dann im §27 Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz (KlimaG BW) Baden-Württemberg geregelt und bildet somit die notwendige Rechtgrundlage.

Grundlage für eine praxisnahe und umsetzungsorientierte kommunale Wärmeplanung ist eine solide und umfassende Datenlage. Dazu zählen nicht nur die derzeit benötigten Wärmemengen und Energieträger. Darüber hinaus ist es ebenso wichtig zu wissen, wie heute die Wärme erzeugt wird und welche Voraussetzungen damit für eine zukünftige Wärmeversorgung einhergehen.

### 4.1 Vorgehensweise und Datenschutz

Zur Erhebung der Daten wurden vom Auftraggeber Netzbetreiber, Energieversorgungsunternehmen, Schornsteinfeger, Unternehmen und weitere relevante Akteure für die kommunale Wärmeplanung kontaktiert. Die Datenanfrage sowie -übermittlung erfolgte stets über den Ansprechpartner der Stadtwerke Laupheim, welcher die Informationen den Bearbeitenden über eine passwortgeschützte Cloud zur Verfügung stellte.

#### 4.1.1 Online-Umfrage industrielle Abwärme

Zur Identifizierung möglicher Abwärmequellen bei Betrieben der Sektoren Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) wurde ein Online-Fragebogen, basierend auf der KEA-Vorlage „Formular zur Erhebung der Abwärme in Unternehmen“ erstellt [3]. Die relevanten Unternehmen wurden vom Auftraggeber per Postbrief sowie E-Mail mit QR-Code zur Teilnahme an der Fragebogenaktion eingeladen.

Abgefragt wurden die firmenspezifischen Daten Endenergieverbrauch, Wärmeverbrauch nach Energieträgern (inkl. erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung), Abwärmeaufkommen nach Art und zeitlicher Verfügbarkeit sowie die Bereitschaft, Abwärme an Dritte abzugeben.

#### 4.1.2 Energieversorger/Netzbetreiber

Zur Datenabfrage bei den Energieversorgern und Verteilnetzbetreibern wurden jeweils tabellarische Vorlagen mit den benötigten Daten zur Verfügung gestellt. Auch hier erfolgte die Abfrage bei den Akteuren über den Ansprechpartner der Stadtwerke Laupheim.

Abgefragt wurden bei den Energieversorgern die adressscharfen Jahresverbräuche der leitungsgebundenen Energieträger Nahwärme, Erdgas und Strom für Wärmeanwendungen. Die Netzbetreiber stellten Daten zum bestehenden Gasnetz sowie dem Nahwärmenetz in Laupheim zur Verfügung.

#### 4.1.3 Schornsteinfeger

Das elektronische Kkehrbuch der Bezirksschornsteinfeger wurde eigens für die Datenlieferung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung mit einer Schnittstelle zum Export von passwortgeschützten CSV-Dateien ausgestattet. Diese wurden über die Stadtwerke Laupheim abgefragt und den Bearbeitenden weitergeleitet.

Der Umfang des Exports aus dem elektronischen Kkehrbuch umfasst die adressscharfen Feuerstätten nach Art, Brennstoff, Nennwärmeleistung, Baujahr sowie weiteren Informationen zu Brenn- bzw. Heizwert und Zentral- bzw. Einzelraumheizung.

## 4.2 Aufbereitung der Daten

Bei der Aufbereitung der gelieferten Energiedaten wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Vollständigkeitsprüfung:  
Generell wird davon ausgegangen, dass die gelieferten Datensätze vollständig sind. Insofern bezieht sich die Vollständigkeitsprüfung auf die Überprüfung der Attribute innerhalb eines Objekts. Fehlende Daten führen, je nach Relevanz, entweder zur Löschung des betreffenden Objekts oder zur Ergänzung, beispielsweise durch den Mittel- oder Medianwert der anderen Attributausprägungen.
2. Plausibilitäts- und Konsistenzprüfung:  
Hierbei wird geprüft, ob Wertebereich und Verteilung der gegebenen Werte plausibel sind und ob Ausreißer vorliegen.
3. Fehleranalyse und Datenbereinigung:  
Hierbei werden fehlerhafte, unvollständige oder doppelte Objekte identifiziert, bewertet und bei Bedarf gelöscht oder ergänzt.
4. Datentransformation und -anreicherung:  
In diesem Schritt wird sichergestellt, dass in den Datensätzen dieselben Dimensionen vorliegen. Dies sind bei Energiedaten insbesondere Energiemengen in Kilowattstunden (kWh), Leistungen in Kilowatt (kW), Flächen in Quadratmetern (m<sup>2</sup>) sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen in Kilogramm pro Kilowattstunden (kg/kWh). Aufbauend auf den vorangegangenen Schritten werden die Datensätze um weitere sinnvolle Attribute für die nachfolgenden Analysen angereichert. Dies sind zum Beispiel gebäudetyp-spezifische Anteile an Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme oder flächenbezogene Energieverbräuche.

## 4.3 Datenqualität

Zur Weiterverarbeitung der Energiedaten im geographischen Informationssystem (GIS) wurden jeweils adressscharfe Informationen abgefragt. Diese Anforderung wurde bei sämtlichen Datensätzen erfüllt, wobei je nach Datenquelle verschiedene Fehlerarten aufgetreten sind, z.B. Adressen ohne Hausnummer bzw. Dummy-Hausnummern (9999), Energieverbräuche ohne Straßenzuordnung, doppelte Hausnummern. Insgesamt bewegte sich die Quote dieser Fehler im geringen einstelligen Prozentbereich, sodass bei den vorliegenden Datensätzen eine sehr guten Datenqualität festgestellt werden konnte.

Die Leitungsdaten des Wärmenetzes wurde im CAD-Format (DXF) geliefert und konnten somit direkt mittels der verwendeten GIS-Software ArcGIS Pro konvertiert und in den Datenbestand aufgenommen werden. Die Leitungsdaten der Gasnetze wurden im PDF-Format übermittelt, welches in einem weiteren Schritt mit Hilfe von einem frei verfügbaren Geodaten-Converter in das ESRI-Format Shapefile umgewandelt und zur GIS-Datenbank hinzugefügt werden konnte.

## 4.4 Zwischenfazit Datenerhebung

Die Datenerhebung konnte dank des engagierten Einsatzes des Ansprechpartners auf Seiten der Stadtwerke Laupheim in angemessener Zeit eine belastbare Datengrundlage für die kommunale Wärmeplanung liefern. Wünschenswert wäre es gewesen, die Stromverbrauchsdaten differenziert nach Nachtspeicher- und Wärmepumpenstrom zu erhalten. Des Weiteren haben sich auch nach mehrfachem Nachfassen nicht alle Schornsteinfeger mit den Kkehrbuchdaten zurückgemeldet, so dass hier Ansätze zur Ergänzung der fehlenden Informationen durch eigene Annahmen getroffen werden mussten. Die Validierung der Ergebnisse aus der Bestandsanalyse haben jedoch gezeigt, dass die Ergebnisse plausibel sind und somit eine gute Basis für die weiterführenden Arbeitspakete liefern.

## 5. BESTANDSANALYSE

In der Bestandsanalyse erfolgt eine systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmeverbrauchs (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme), einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen sowie der aktuellen Versorgungsstruktur. Anschließend werden aus dem aktuellen Wärmeverbrauch die Treibhausgasemissionen ermittelt. Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich auf das gesamte Gemeindegebiet und schließt damit Gewerbe- und Industriegebiete ein.

### 5.1 Gemeindestruktur

Die Flächennutzung der Stadt Laupheim ist in Tabelle 1 im zahlenmäßigen Überblick und in Abbildung 2 räumlich aufgelöst dargestellt. Das Gemarkungsgebiet wird dabei überwiegend durch Landwirtschafts- und Wald-/Gehölzflächen geprägt. Flächen mit Wohnnutzung machen 6 %, Industrie- und Gewerbeflächen knapp 4 % des Gemarkungsgebiets aus. Der relativ große Anteil an Flächennutzung durch Verkehr lässt sich durch den Militärflugplatz im Osten Laupheims erklären, welcher mit 165 ha einen großen Anteil dieser Nutzungsart ausmacht.

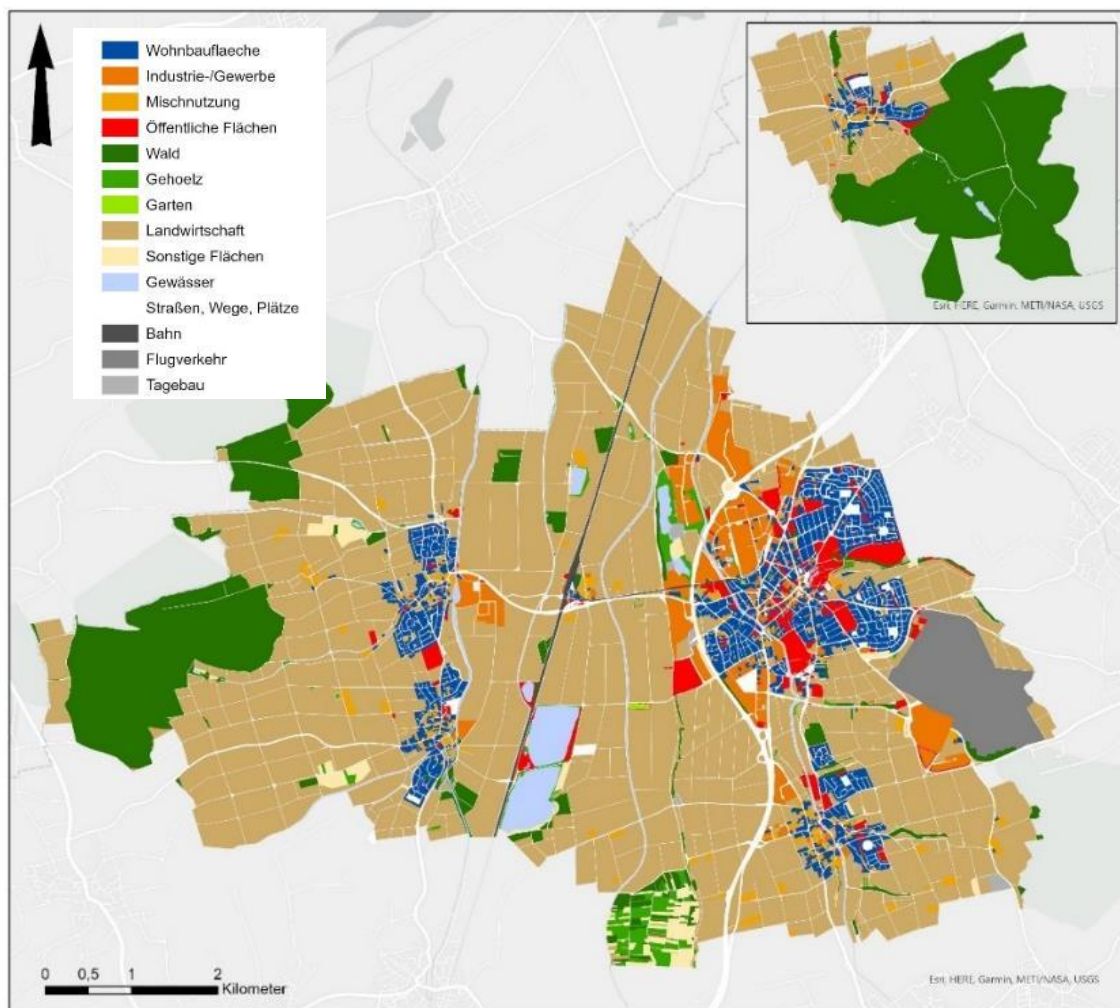


Abbildung 2: Flächennutzung Stadt Laupheim [4]

Tabelle 1: Relative Anteile der Flächennutzung in Laupheim [4]

| Nutzung                  | Relativer Anteil<br>In % | Nutzung         | Relativer Anteil<br>In % |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| Landwirtschaft           | 54 %                     | Wohnen          | 6 %                      |
| Forstwirtschaft / Garten | 16 %                     | Industrie & GHD | 4 %                      |
| Gewässer                 | 3 %                      | Öffentlich      | 2 %                      |
| Verkehr                  | 12 %                     | Mischnutzung    | 1 %                      |
| Sonstige                 | 2 %                      |                 |                          |

## 5.2 Gebäudestruktur

In der Stadt Laupheim sind 6.946 beheizte Gebäude verzeichnet, welche zu 79 % dem Sektor Wohnen und zu 19 % dem Sektor GHD & Sonstiges zugewiesen werden (Tabelle 2). Im Gemarkungsgebiet liegen insgesamt 68 kommunale Gebäude, was einem Anteil von 1 % an den beheizten Gebäuden entspricht.

Tabelle 2: Aufteilung der Gebäudenutzung Stadt Laupheim

| Gebäudenutzung                 | Gebäude-<br>anzahl | Gebäude in % der<br>beheizten Gebäude |
|--------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Wohnen                         | 5.487              | 79,0%                                 |
| GHD, Sonstige                  | 1.333              | 19,2%                                 |
| Kommunale Gebäude              | 68                 | 1,0%                                  |
| Verarbeitendes Gewerbe         | 58                 | 0,8%                                  |
| <b>Beheizte Gebäude gesamt</b> | <b>6.946</b>       | <b>100,0%</b>                         |
| Nicht klassifizierte Gebäude*  | 7.261              |                                       |

\* Gebäude i.d.R. ohne Wärmebedarf, z.B. Garage, Scheune, Stall etc.

Die Struktur der Wohnbebauung in Laupheim wird aus Abbildung 3 ersichtlich, welche zu großen Teilen durch Einfamilienhäuser und Doppel- bzw. Reihenhäuser geprägt ist. Knapp die Hälfte der Wohngebäude ist den Gebäudealtersklassen von 1918 bis einschließlich 1978 zuzuordnen. Im Vergleich zu Baden-Württemberg weist Laupheim daher eine tendenziell jüngere Gebäudealtersstruktur auf [3].

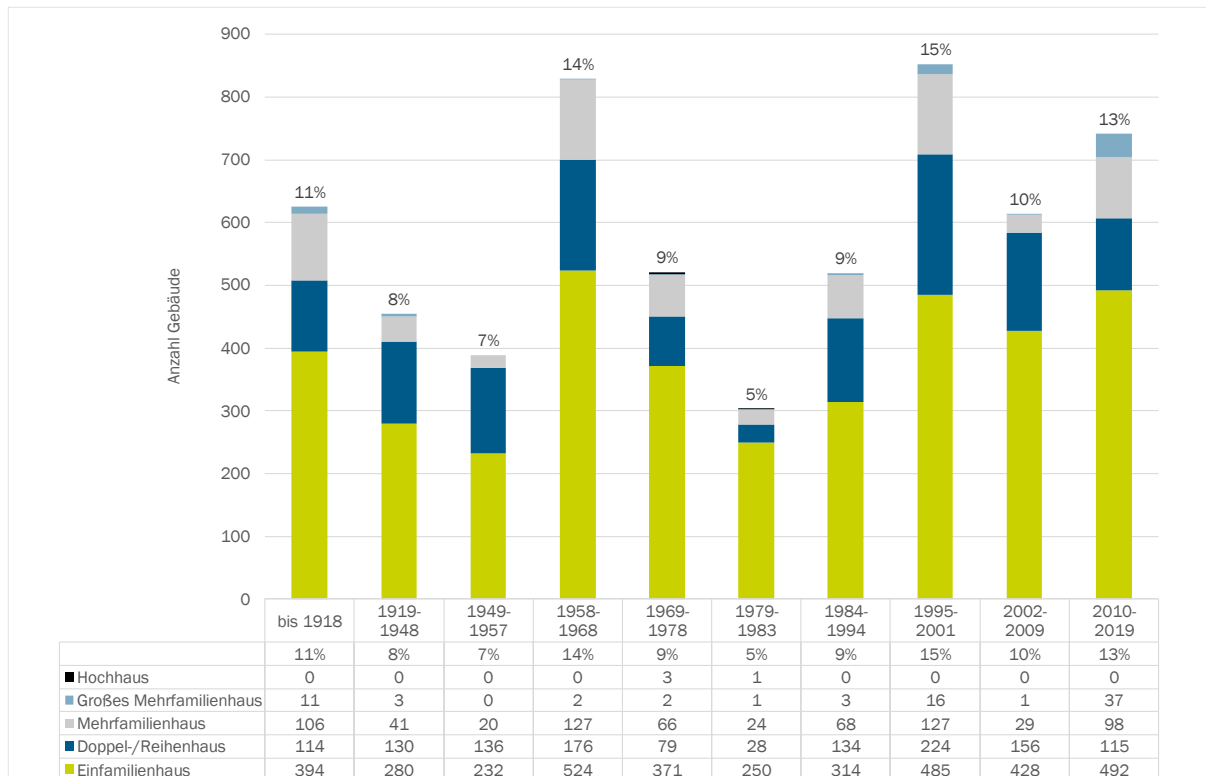


Abbildung 3: Wohngebäude in Laupheim nach Gebäudetyp und Altersklasse

Kommunale Gebäude spielen in der lokalen Wärmewende eine wichtige Rolle, da ihnen einerseits eine Vorreiterrolle zukommt und diese andererseits als Keimzelle für Wärmenetze fungieren können. Kommunale Gebäude werden im kommunalen Wärmeplan daher gesondert ausgewiesen wie Abbildung 4 beispielhaft zeigt. Die kommunalen Gebäude in Laupheim sind zum großen Teil Schul- und Kindergartengebäude (12 bzw. 7 Gebäude) sowie Sporthallen (5 Gebäude) aber auch Wohnhäuser in kommunaler Hand (24 Gebäude).

Tabelle 3: Auflistung der kommunalen Gebäude in Laupheim [7]

| Nutzung               | Gebäudeanzahl | Nutzung              | Gebäudeanzahl |
|-----------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Wohnhaus              | 24            | Geb. für Sportzwecke | 1             |
| Schule                | 12            | Gemeindehaus         | 1             |
| Kindergarten          | 7             | Geschäftsgebäude     | 1             |
| Sporthalle            | 5             | Kirche               | 1             |
| Rathaus               | 3             | Kläranlage           | 1             |
| Veranstaltungsgebäude | 3             | Empfangsgebäude      | 1             |
| Friedhofsgebäude      | 2             | Fabrik               | 1             |
| Wohn- & Geschäftsgeb. | 2             | Feuerwehr            | 1             |
| Bauhof                | 1             | Scheune              | 1             |
| Betriebsgebäude       | 1             | Verwaltungsgebäude   | 1             |
| Freizeitheim          | 1             |                      |               |

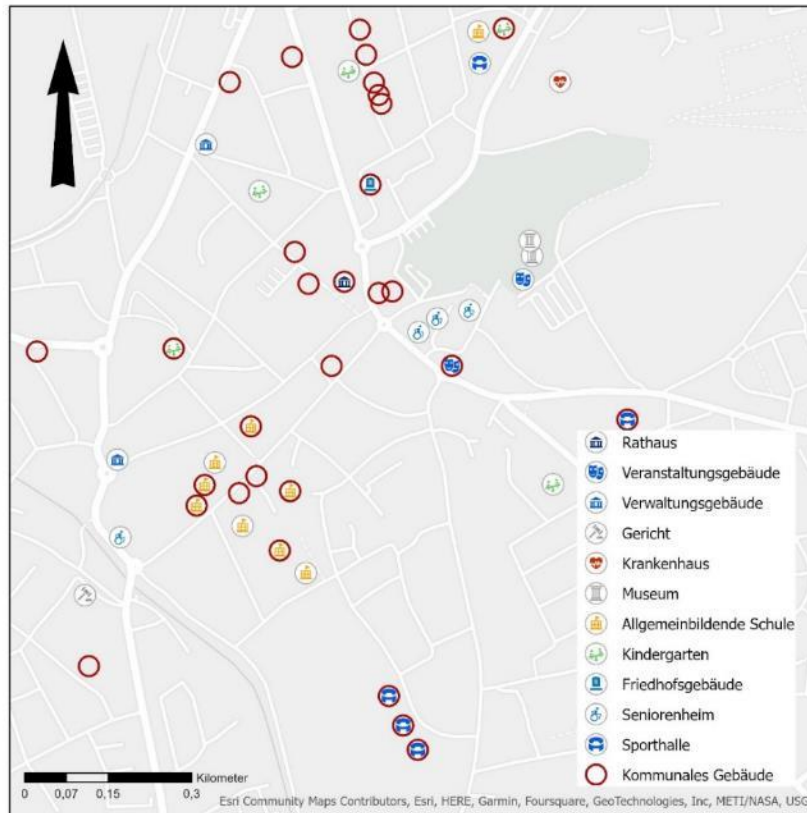


Abbildung 4: Ausschnitt öffentlicher Gebäude in Laupheim mit Kennzeichnung der kommunalen Gebäude [4], [7]

## 5.3 Versorgungs- und Beheizungsstruktur

### 5.3.1 Heizungen nach Energieträgern

Die Unterteilung der Heizungen nach Energieträgern wurde anhand von gebäudescharfen Verbrauchsdaten sowie der Anlagendaten der Bezirksschornsteinfeger vorgenommen. Da jedoch nicht für das gesamte Gemarkungsgebiet Schornsteinfegerdaten vorlagen, wurden Annahmen in Bezug auf die verwendete Heizung getroffen. Lagen für ein Gebäude, das aufgrund seiner Nutzung gem. ALKIS als „beheizt“ einzustufen ist, keinerlei Verbrauchs- oder Anlageninformationen vor, wurde angenommen, dass dieses mit Heizöl beheizt wird. Für jüngere Gebäude, die nach 2010 erbaut wurden, wurde davon ausgegangen, dass diese mit Pellets beheizt werden. Zur Ermittlung des Wärmebedarfs wurden abhängig von Baualtersklasse und Gebäudetyp unterschiedliche flächenspezifische Bedarfswerte verwendet und mit der Energiefläche multipliziert.

Aus Tabelle 4 ist abzulesen, dass die Wärmeversorgung in Laupheim aktuell noch sehr stark fossil geprägt ist und ca. 83 % der Heizungen mit Erdgas oder Heizöl betrieben werden. 0,3 % der Gebäude sind an ein Wärmenetz angeschlossen. Im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt weist Laupheim damit eine deutlich geringere Wärmenetz-Versorgungsquote auf, wobei die Studie des BDEW [8] keine Unterscheidung hinsichtlich der Versorgungsstruktur in kleinen und großen Städten vornimmt. In der 40/40-Studie des AGFW [9] ist dies anders, hier wird für Kleinstädte (bis 20.000 Einwohner) eine durchschnittliche Wärmenetzversorgungsquote von 7 % benannt. Sie liegt damit etwas niedriger als der vom BDEW ausgewiesene Wert.

Tabelle 4: Eingesetzte Heizungen unterteilt nach Primärbrennstoffen [8], [10]–[13]

| Heizungen nach Primärbrennstoff | Anzahl Heizungen (Laupheim) | Anteil in % (Laupheim) | Anteil in % (Deutschland) |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|
| Erdgas                          | 2.301                       | 39,0 %                 | 48,2 %                    |
| Heizöl                          | 2.570                       | 43,6 %                 | 25,6 %                    |
| Nahwärme                        | 16                          | 0,3 %                  | 13,9 %                    |
| Wärmepumpe                      | 173                         | 2,9 %                  | 2,2 %                     |
| Nachtspeicher                   | 670                         | 11,4 %                 | 2,6 %                     |
| Sonstiges *                     | 146                         | 2,8 %                  | 7,5 %                     |

\* z.B. Flüssiggas, Holz/Pellets, Kohle etc.

Insgesamt 13,4 % der Heizungen in Laupheim wurden im Basisjahr 2019 elektrisch betrieben. Da durch den Netzbetreiber keine weitere Unterscheidung nach Wärmepumpe oder Nachtspeicherofen vorgenommen wurde, mussten an dieser Stelle Annahmen getroffen werden. Für Gebäude, die vor 2010 erbaut wurden, wurde eine Beheizung durch Nachtspeicheröfen angenommen. Alle jüngeren Gebäude, würden demnach durch Wärmepumpen beheizt.

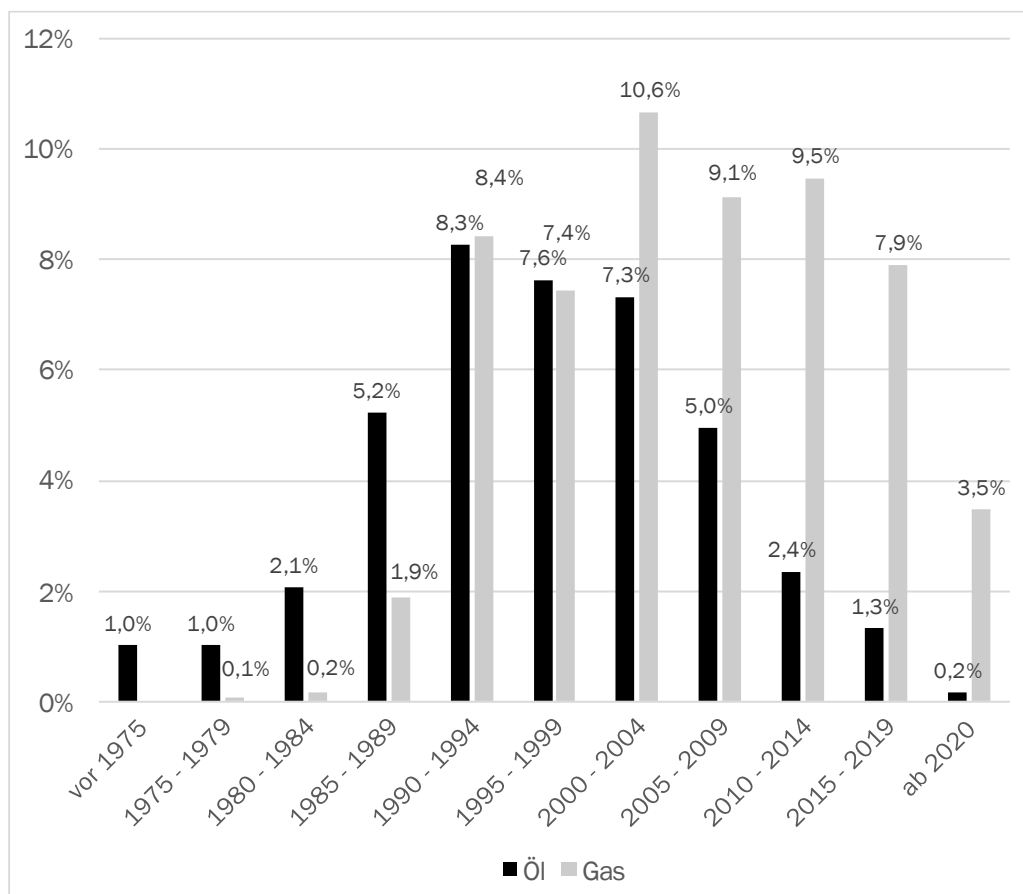


Abbildung 5: Altersstruktur der Öl- &amp; Gasheizungen in Laupheim [13]

Abbildung 5 zeigt die Altersstruktur der fossilen Heizungen in Laupheim – hierfür wurden sämtliche verfügbaren Datensätze der Bezirksschornsteinfeger ausgewertet. Es lässt sich ablesen, dass die Ölheizungen tendenziell älter sind als die Gasheizungen. Insgesamt sind ca. 28 % der Heizungen vor 1995 eingebaut worden und damit älter als 25 Jahre. Das ist vor allem deshalb von Bedeutung,



Tabelle 5: Erdgasverbrauch nach Sektoren

| Sektor                 | Erdgasverbrauch 2019<br>in MWh | Relativer Anteil<br>in % |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Wohnen                 | 62.400                         | 31 %                     |
| Kommunale Gebäude      | 5.500                          | 3 %                      |
| GHD & Sonstiges        | 94.600                         | 47 %                     |
| Verarbeitendes Gewerbe | 39.000                         | 19 %                     |
| <b>Summe</b>           | <b>202.000</b>                 | <b>100 %</b>             |

### 5.3.3 Wärmenetz

In Laupheim gibt es im Stadtzentrum ein Wärmenetz, welches 20 Gebäude mit Wärme aus Erdgas (unter Beimischung von ca. 15 % Biogas), KWK-Anlagen und Holzpellets versorgt. Zu den versorgten öffentlichen Gebäuden zählen beispielsweise die Wielandschule, die Anna v. Freyberg Grundschule, die Mehrzweckhalle oder auch das Frei- bzw. Hallenbad. Weiterhin sind einige Wohngebäude in der Aststraße, in der Biberacher Straße und in der Schmiedstraße an das Netz angeschlossen.



Abbildung 7: Wärmenetz in Laupheim – Verlauf in anonymisierter Darstellung

Tabelle 6: Wärmeverbrauch nach Sektoren

| Sektor                 | Wärmeverbrauch 2019<br>in MWh | Relativer Anteil<br>in % |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Wohnen                 | 168                           | 3 %                      |
| Kommunale Gebäude      | 2.469                         | 47 %                     |
| GHD & Sonstiges        | 2.669                         | 50 %                     |
| Verarbeitendes Gewerbe | 0                             | 0 %                      |
| Summe                  | 5.306                         | 100 %                    |

### 5.3.4 Schwerpunktgebiete Wärmestrom

Die Verbrauchsdaten für den verbrauchten Wärmestrom im Basisjahr weisen keinerlei Unterscheidung hinsichtlich der verwendeten Heizungstechnologie auf. So wurde nicht explizit zwischen Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen unterschieden. Auf Basis des Gebäudealters lassen sich jedoch Annahmen dazu treffen, wie in dem betrachteten Gebäude geheizt wird. Abbildung 8 zeigt die Gebiete, in denen der Anteil der elektrisch beheizten Gebäude über 50 % liegt, in Form eines 100 x 100 m Rasters.

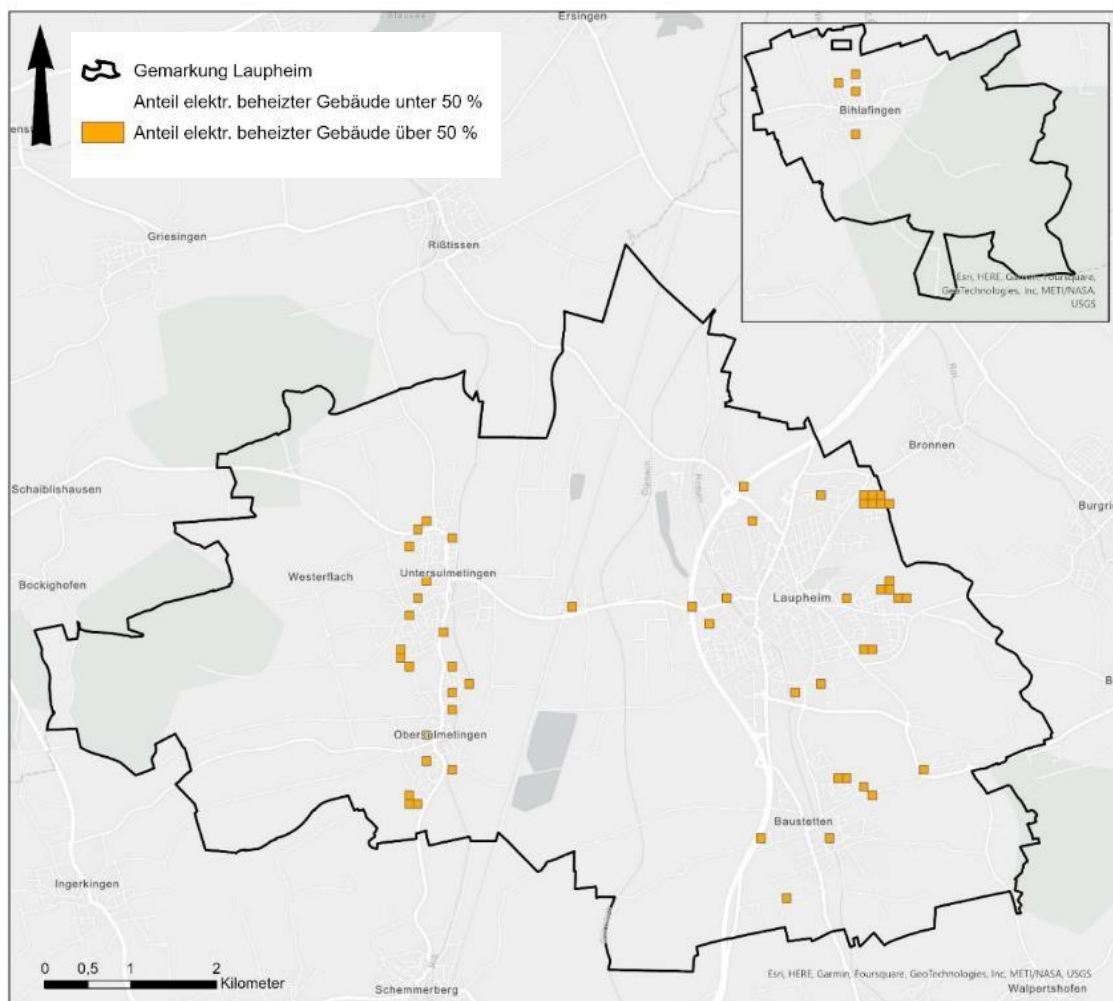


Abbildung 8: Schwerpunktgebiete Wärmestrom

Zusammenhängende Schwerpunktgebiete lassen sich vor allem in den jüngeren Wohngebieten in Ober- und Untersulmtingen, Bihlafingen sowie in Laupheim, östlich der Bronnerstraße und nördlich der Bühler Straße, ausmachen. Hier kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund des Gebäudealters und der damit einhergehenden Bausubstanz hauptsächlich Wärmepumpen installiert wurden.

Bei den vereinzelten eingefärbten Rasterzellen, die auf Abbildung 8 zu sehen sind, kann davon ausgegangen werden, dass es sich um Gebiete handelt, in denen hauptsächlich mit Nachtspeicheröfen geheizt wird. Hierbei handelt es sich um deutlich ältere Gebäude – Nachtspeicheröfen entsprechen in der Regel nicht mehr dem neuesten Stand der Technik und werden somit bei einem anstehenden Heizungsaustausch meist durch eine effizientere und verlustärmere Technologie ausgetauscht (z.B. durch eine Wärmepumpe).

## 5.4 Energie- und THG- Bilanz 2019

Auf Basis der bereitgestellten Verbrauchsdaten sowie der Anlagendaten aus den elektronischen Kehrdatenbüchern lassen sich sämtliche Endenergiebedarfe für die Laupheimer Wärmeversorgung im Basisjahr 2019 bilanzieren. Durch Multiplikation der Energiemengen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren (siehe Anhang 3) lassen sich die dadurch verursachten Treibhausgasemissionen ebenfalls bestimmen.

### 5.4.1 Endenergiebedarf nach Energieträgern und THG- Bilanz

Abbildung 9 zeigt den Status Quo der Endenergiebedarfe und der dadurch verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeversorgung in Laupheim aufgeteilt nach eingesetzten Brennstoffen. Es konnte ein Gesamtendenergiebedarf von 363 GWh erfasst werden. Wie schon in Abschnitt 5.3.1 beschrieben, wurde ein Großteil der Gebäude im Basisjahr 2019 fossil beheizt. Das spiegelt sich auch in der Endenergiebilanz wider – 94 % des Endenergiebedarfs lassen sich auf Gas- u Ölheizungen zurückführen. Mit 1,5 % des Endenergiebedarfs macht die Fernwärmeversorgung einen eher geringen Teil aus. Die Erzeugung erfolgt hier ebenfalls zu einem Großteil durch erdgasbefeuerte Kessel und BHKWs. Da die Erzeuger in der Heizzentrale aber perspektivisch ausgetauscht werden können, wird Fernwärmeversorgung in der Bilanz noch einmal separat aufgeführt. Mit jeweils 2 % macht die auf Holz und Strom basierende Wärmeerzeugung den Rest des Endenergiebedarfes in Laupheim aus.

Die fossilen Brennstoffe Gas und Öl verursachen mit über 90 % den Großteil der 96.000 Tonnen an CO<sub>2</sub>, die im Wärmesektor in Laupheim anfallen. 45 % der Emissionen werden durch Heizöl, 49 % durch Erdgas verursacht. Wie bereits oben erwähnt, wird auch das Wärmenetz derzeit zu einem großen Anteil durch Erdgas befeuert – 1,5 % der Emissionen lassen sich hierauf zurückführen. Mit einem Brennstoffwechsel kann dieser Anteil jedoch zukünftig noch deutlich gesenkt werden. Holz wird in Anhang 3 mit einem niedrigen Emissionsfaktor bewertet, da es sich hierbei um einen nachwachsenden Rohstoff handelt. Deshalb trägt die Verfeuerung von Holz in Form von Pellets, Hackschnittel oder Scheitholz nur zu 0,2 % der gesamten Emissionen bei. Je nach Herkunft des Holzes kann Holz als Brennstoff allerdings auch mit einem deutlich höheren Emissionsfaktor bewertet werden, beispielsweise dann, wenn dem Wald mehr Holz entnommen wird, als nachwächst. Die auf Strom basierende Wärmeversorgung verursacht mehr als 4 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen, obwohl nur 2,4 % des Endenergiebedarfes durch sie bereitgestellt werden. Die Ursache hierfür ist der hohe Emissionsfaktor für den deutschen Strommix im Basisjahr 2019 – da von einem stetigen Ausbau von erneuerbaren Energien auszugehen ist, wird sich auch der Emissionsfaktor des eingesetzten

Stroms in den kommenden Jahren reduzieren. So geht beispielsweise die KEA BW davon aus, dass dieser im Jahr 2030 auf 0,270 und im Jahr 2040 auf 0,151 kg/kWh gesunken sein wird [14].

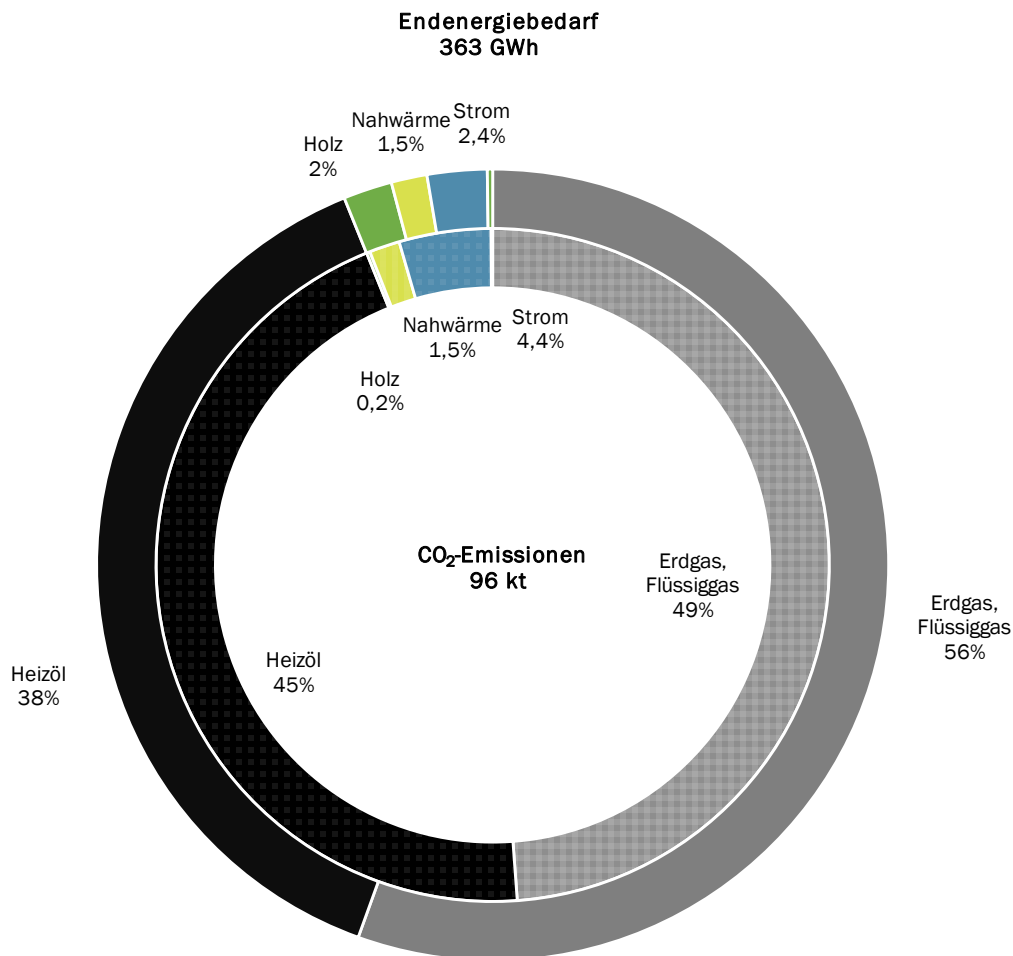


Abbildung 9: Energie- & Treibhausgasbilanz nach eingesetzten Brennstoffen

#### 5.4.2 Endenergiebedarf nach Sektoren und THG- Bilanz

Abbildung 10 zeigt erneut die Endenergiebedarfe und die dadurch verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeversorgung in Laupheim. Sie werden nach Sektoren aufgeteilt dargestellt. Mit 51 % fällt über die Hälfte des Endenergiebedarfs im Sektor „Wohnen“ an. 32 % lassen sich dem Sektor „GHD & Sonstiges“, 14 % dem Sektor „Verarbeitendes Gewerbe“ zuordnen. Auf die 68 kommunalen Liegenschaften lassen sich 3 % des gesamten Endenergiebedarfes zurückführen – hier wird deutlich, weshalb diese in der kommunalen Wärmeplanung eine Sonderstellung erhalten. Da die Stadt Eigentümerin ist, kann sie selbst einen Brennstoff- bzw. Heizungswechsel beschließen und realisieren. Sie hat damit eine Vorbildfunktion gegenüber allen anderen Akteuren in der Stadt.

In Abbildung 10 werden die 96.000 Tonnen CO<sub>2</sub>, welche durch die Wärmeversorgung in Laupheim verursacht werden, auf die einzelnen Gebäudesektoren verteilt. Über die Hälfte der Emissionen lassen sich dem Sektor „Wohnen“ zuordnen. Auf die Sektoren „GHD & Sonstiges“ und „Verarbeitendes Gewerbe“ können 30 bzw. 13 % verteilt werden. Die kommunalen Liegenschaften verursachen im Basisjahr ca. 3 % der Emissionen.

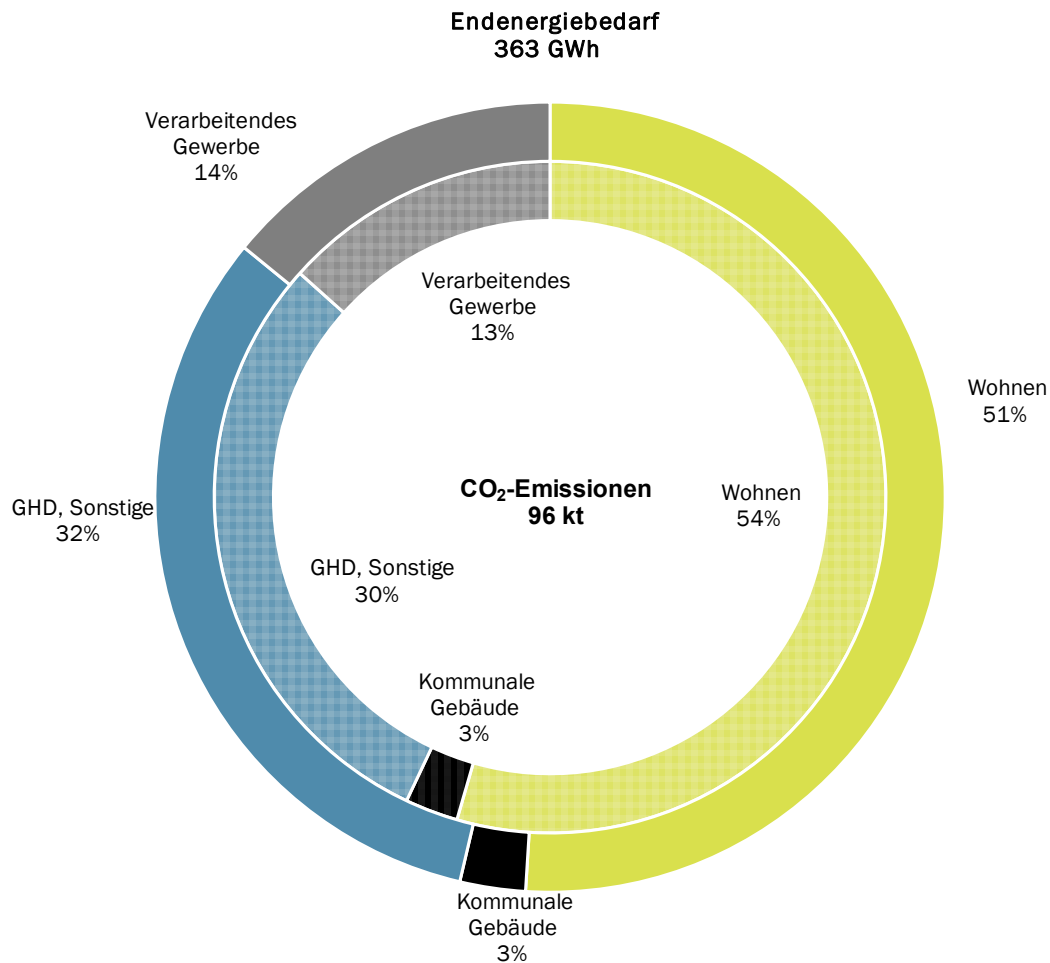


Abbildung 10: Energie- &amp; Treibhausgasbilanz nach Sektoren

## 5.5 Wärmebedarf

Auf Basis der in Abschnitt 5.4 bilanzierten Endenergieverbräuche haben sich die gebäudescharfen Wärmebedarfe ( $WB$ ) gemäß Formel (1) ermitteln lassen. Um die Effizienz der unterschiedlichen Heizungstechnologien abzubilden, wurden für die jeweiligen Bestandsheizungen entsprechende Jahresnutzungsgrade bzw. -arbeitszahlen ( $\eta_{\text{Heizung}}$ ) angenommen (siehe Der gebäudescharfe Wärmebedarf lässt sich auf den Raum-, Trinkwasser- und Prozesswärmebedarf aufteilen. Die Anteile hierfür unterscheiden sich je nach Gebäudenutzung, -typ und Baualtersklasse. So hat beispielsweise ein Bürogebäude einen geringeren Anteil an Warmwasser als ein Wohngebäude. Die Aufteilung des Bedarfs nach Verwendung ist deshalb von Bedeutung, da insbesondere der Raumwärmebedarf stark von der Außentemperatur abhängig ist und deshalb je nach Witterung unterschiedlich hoch ist. Die Annahmen, die für die Aufteilung der Wärmebedarfe getroffen worden sind, sind in Anhang 1 und Anhang 2 aufgelistet.

Tabelle 7) und mit den Endenergieverbräuchen ( $EEV_{2019}$ ) multipliziert. Insgesamt lässt sich somit für das Basisjahr 2019 ein gesamter Wärmebedarf von 328 GWh in Laupheim feststellen.

$$WB_{2019} = EEV_{2019} \times \eta_{\text{Heizung}} \quad (1)$$

Der gebäudescharfe Wärmebedarf lässt sich auf den Raum-, Trinkwasser- und Prozesswärmebedarf aufteilen. Die Anteile hierfür unterscheiden sich je nach Gebäudenutzung, -typ und Baualtersklasse. So hat beispielsweise ein Bürogebäude einen geringeren Anteil an Warmwasser als ein

Wohngebäude. Die Aufteilung des Bedarfs nach Verwendung ist deshalb von Bedeutung, da insbesondere der Raumwärmebedarf stark von der Außentemperatur abhängig ist und deshalb je nach Witterung unterschiedlich hoch ist. Die Annahmen, die für die Aufteilung der Wärmebedarfe getroffen worden sind, sind in Anhang 1 und Anhang 2 aufgelistet.

*Tabelle 7: Angenommene Jahresnutzungsgrade bzw. -arbeitszahlen für Bestandsheizungen in Laupheim*

| Bestandsheizung | Jahresnutzungsgrad / -arbeitszahl |
|-----------------|-----------------------------------|
| Erdgas          | 0,9                               |
| Heizöl          | 0,8                               |
| Fernwärme       | 1,0                               |
| Wärmepumpe      | 3,0                               |
| Nachtspeicher   | 0,98                              |
| Pelletkessel    | 0,9                               |

Da für die kommunale Wärmeplanung in Laupheim lediglich das Basisjahr 2019 betrachtet wurde, musste im nächsten Schritt dargestellt werden, inwiefern die Witterung den Raumwärmeverbrauch in diesem beispielhaften Jahr beeinflusst hat. Als Berechnungsgrundlage wurden hierfür die vom Deutschen Wetterdienst ermittelten Klimafaktoren ( $KF$ ) genutzt [15]. Der Klimafaktor für das Jahr 2019 am Standort Laupheim beträgt 1,02, was bedeutet, dass es in diesem Jahr etwas wärmer war als im gleichen Jahr am Referenzort Potsdam. Um aber abzubilden, ob es im Vergleich zu den anderen Jahren ein besonders warmes oder kaltes Jahr in Laupheim war, wurde der Klimafaktor des Jahres 2019 ins Verhältnis zum Mittelwert der Klimafaktoren der letzten 11 Jahre gesetzt. Schlussendlich ergibt sich damit für die kommunale Wärmeplanung ein anzusetzender Klimafaktor von 1,08, was bedeutet, dass 2019 ein vergleichsweise warmes Jahr in Laupheim war, was darauf schließen lässt, dass der Raumwärmeverbrauch in diesem Jahr entsprechend geringer gewesen ist als in einem durchschnittlichen Jahr.

Für die Berechnung des witterungsbereinigten Wärmebedarfs ( $WB_{kb}$ ) ergibt sich somit in Abhängigkeit von den gebäudespezifischen Anteilen für Raumwärme ( $RW$ ), Warmwasser ( $WW$ ) und Prozesswärme ( $PW$ ) folgende Formel:

$$WB_{kb} = WB_{2019} \times (RW \times \frac{KF_{2019}}{\bar{KF}_{2009-2020}} + WW + PW) \quad (2)$$

Nach Witterungsbereinigung des Raumwärmebedarfs lässt sich somit ein Gesamtwärmebedarf von 329 GWh pro Jahr in Laupheim ermitteln.

## 5.6 Zwischenfazit Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung wurde sowohl die Gemeinde- als auch die Gebäudestruktur in Laupheim betrachtet. Die Flächen werden vorwiegend land- oder forstwirtschaftlich genutzt und sind deshalb insgesamt auch lockerer bebaut. Flächen, welche durch Wohngebäude belegt werden, machen lediglich 6 % der Gesamtfläche aus. Die Wohnbebauung ist vor allem durch Einfamilien- und Doppel- bzw. Reihenhäuser geprägt. Die Altersstruktur ist hierbei durchmisch. Ab Mitte der 1990er Jahre hat die Anzahl der Wohngebäude starken Zuwachs erfahren - 38 % der Gebäude sind seitdem neu gebaut worden.

Mit Blick auf die Beheizungsstruktur lässt sich zusammenfassen, dass im Basisjahr 2019 der Anteil der fossilen Einzelheizungen bei über 80 % lag. Heizöl- und Erdgaskessel waren hierbei ähnlich häufig verteilt. Dem gegenüber gestellt versorgte das Fernwärmenetz in der Laupheimer Innenstadt im selben Jahr etwa 20 Gebäude.

Zusammenfassend lassen sich 91 % der verursachten Emissionen, die dem Wärmesektor zugeordnet werden können, auf fossile Einzelheizungen zurückführen. Das zum Großteil fossil befeuerte Wärmenetz verursacht zusätzliche 1,5 % der Emissionen. Mit Blick auf die Sektoren, entfällt mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen auf den Wohnsektor – ihm lassen sich auch knapp 80 % der Gebäude zuordnen. Der Sektor des verarbeitenden Gewerbes macht ca. 14 % des Endenergiebedarfs und 13 % der wärmebedingten Emissionen aus. Dieser Sektor ist durch energieintensive Unternehmen geprägt, welche lediglich 0,8 % der beheizten Gebäude ausmachen.

Grundsätzlich hat die Stadt Laupheim eine Vorbildfunktion und kann als Eigentümerin zahlreicher Gebäude ca. 3 % des Endenergieverbrauchs und die damit einhergehenden Emissionen im Wärmesektor direkt beeinflussen. Hinzu kommen noch weitere öffentliche Gebäude, die sich jedoch nicht im Eigentum der Stadt befinden. Kommunale und öffentliche Gebäude können als Keimzellen für Wärmenetze dienen, da die Stadt hier in der Position ist über ihre Wärmeversorgung selbst zu entscheiden.

## 6. POTENZIALANALYSE

Nachdem die Wärmebedarfe und Wärmeversorgungsstruktur erfasst wurden, folgt die gebiets-scharfe und strukturierte Ermittlung der regenerativen Energiequellen, der Abwärme sowie des Wärmeeinsparpotenzials für das gesamte Stadtgebiet. Im Rahmen der Potenzialanalyse wird zudem das Potenzial zur Energieeinsparung im Gebäudebestand ermittelt.

In der Potenzialanalyse werden klimaneutrale Wärmeerzeugungsquellen (z.B. Abwärme, oberflächennahe Geothermie, Solarthermie und Biomasse) erhoben. Weiterhin werden Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung (z.B. Windenergie, Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse) für die zukünftige elektrifizierte Wärmebereitstellung erfasst.

Das Ziel der Potenzialanalyse ist es, Möglichkeiten und Grenzen einer Nutzung regenerativer Energiequellen zu ermitteln sowie deren mögliche Erträge zu erfassen. Zudem bietet die gebietsscharfe Potenzialbetrachtung die Grundlage für ein zielgerichtetes Vorgehen bei der Entwicklung des klimaneutralen Zielszenarios und weiterführender Maßnahmen zur Ausschöpfung des vorhandenen Potenzials.

### 6.1 Potenzial der energetischen Sanierung

#### 6.1.1 Sanierungspotenzial

Um die Klimaschutzziele Deutschlands und des Landes Baden-Württemberg zu erreichen, sind umfassende Sanierungsmaßnahmen im Gebäudesektor zur Reduzierung des Wärmebedarfs nötig. Derzeit beträgt die Sanierungsquote bundesweit ca. 1 %, ein Wert, der als deutlich zu niedrig angesehen wird [16].

Problematisch bei der Betrachtung einer Sanierungsquote ist insbesondere die Tatsache, dass es keine einheitliche Definition dieses Terminus gibt. So kann z.B. sowohl eine Teil- als auch eine Vollsanierung zu gleichen Anteilen in diese Quote eingehen. Des Weiteren wird teilweise auch der Heizungstausch als Sanierungsmaßnahme gerechnet. Im Folgenden wird der Begriff Sanierungsquote ausschließlich in Bezug auf Maßnahmen an der Gebäudehülle (Fassadendämmung, Fenstertausch, Dach-/Geschossdeckendämmung) verwendet, die den Wärmebedarf in einem Gebäude senken.

Um abzuschätzen, in welchen Bereichen des Stadtgebiets Laupheim im Sektor Wohnen ein besonders hohes Potenzial zur Senkung des Wärmebedarfs durch Sanierungsmaßnahmen vorliegt, werden basierend auf den Baualtersklassen sowie den erhobenen bzw. berechneten Endenergieverbräuchen gebäudescharfe Einsparpotenziale errechnet. Diese Potenziale ergeben sich aus dem Abgleich des Ist-Wertes mit den bestmöglich erreichbaren spezifischen Kennwerten nach dem KEA-Technikkatalog.

Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass bis zum Jahr 2040 sämtliche Sanierungspotenziale ausgeschöpft werden, wurde mit der Stadt Laupheim eine angestrebte Sanierungsquote von 2 % pro Jahr festgelegt. Dies bedeutet, dass in jedem Jahr des Betrachtungszeitraums ein Prozent der beheizten Flächen in Wohngebäuden von ihrem aktuellen energetischen Zustand mittels energetischer Sanierung in den maximal möglichen Zustand überführt wird. Dieser Ansatz impliziert bei der Betrachtung von Einzelgebäuden einen gleitenden Verlauf des Sanierungsprozesses, der in der Realität stufenweise durch Einzelmaßnahmen verlaufen würde.

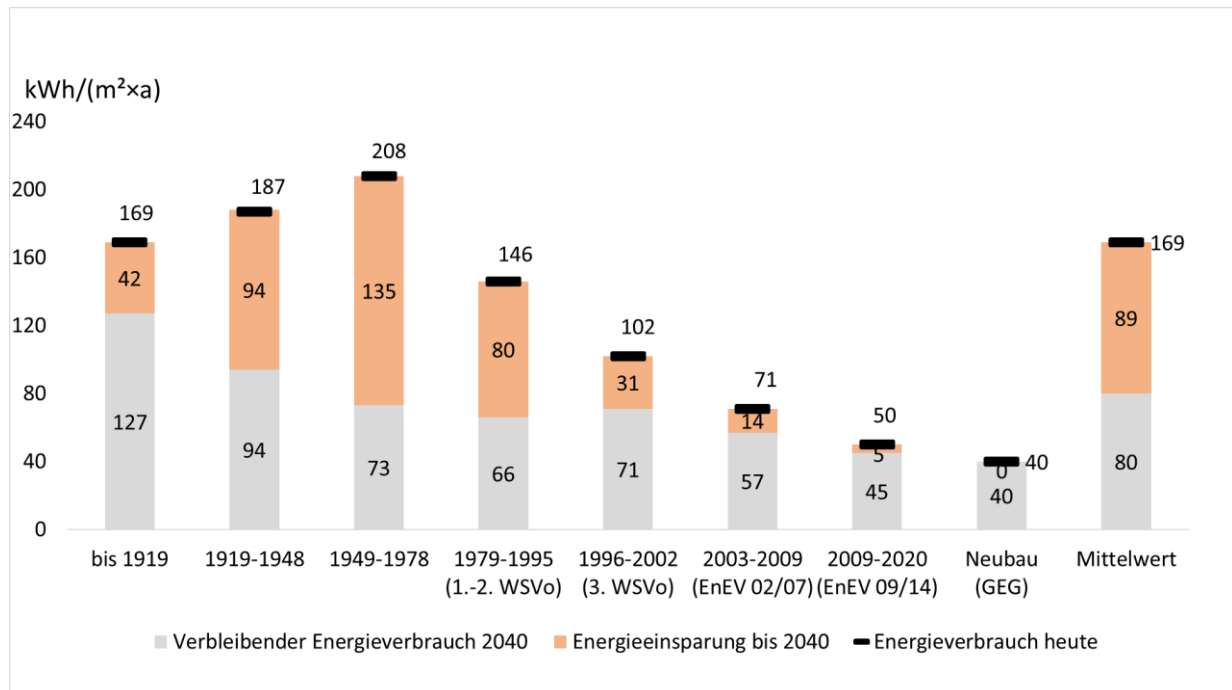


Abbildung 11: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Altersklasse im Ist-Zustand (teilsaniert) und energetischer Sanierung mit Ziel 2040 [2]

In der Gesamtschau des kommunalen Energiesystems wird diese Abbildung jedoch als adäquat erachtet, um die grundsätzlichen Schwerpunkte für zukünftige Sanierungsinitiativen zu identifizieren. Abbildung 12 veranschaulicht die absoluten Wärmemengen, die sich bei einer Sanierungsquote von jährlich 1 % der Wohnflächen bis 2040 pro Hektar einsparen ließen. Es zeigt sich, dass die Schwerpunkte möglicher Sanierungstätigkeiten vor allem im Stadtgebiet Laupheim liegen, und dort zum einen in sehr dicht bebauten Bereichen, zum anderen in Gebieten mit großen Mehrfamilienhäusern aus älteren Baujahren.

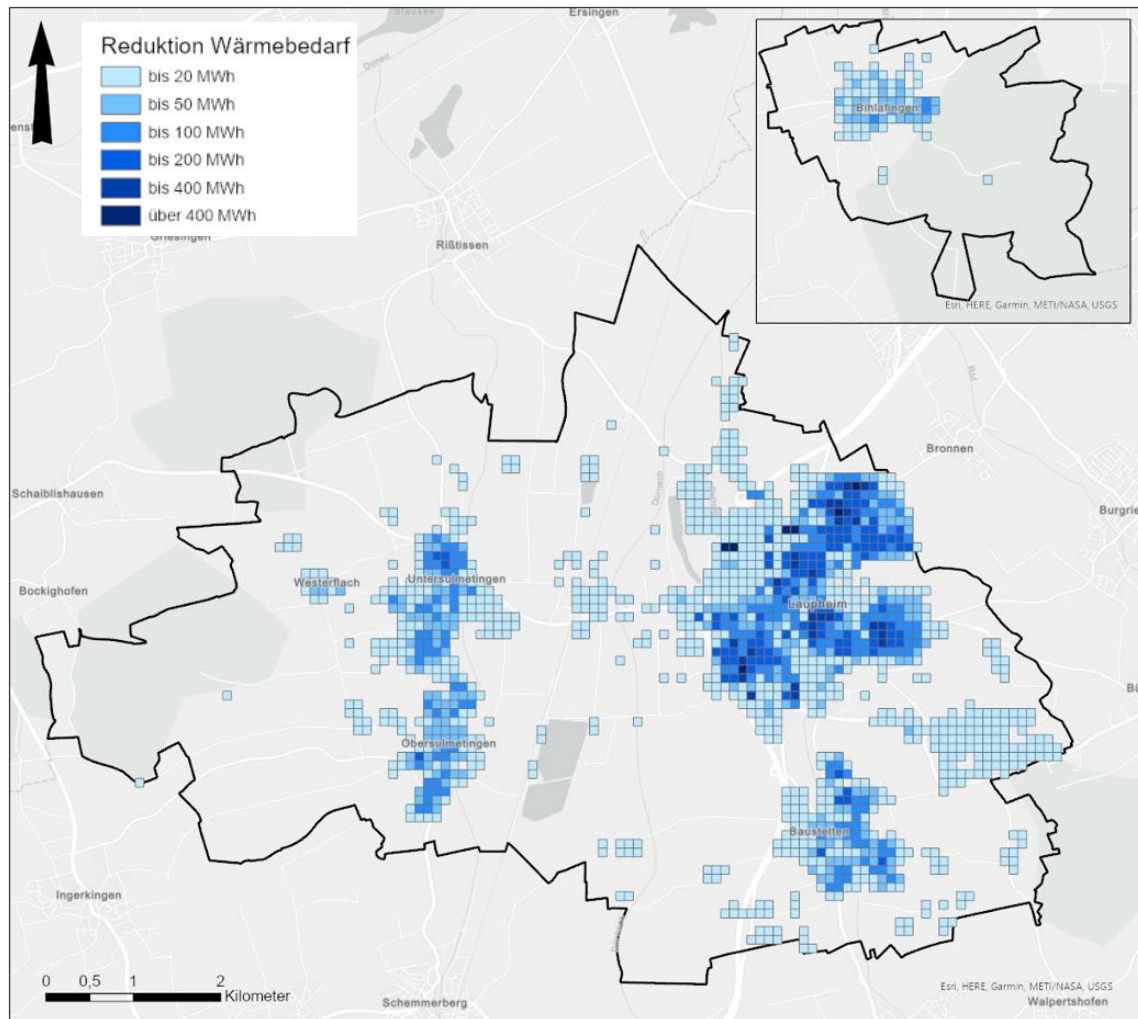


Abbildung 12: Mögliche Reduzierung des Wärmebedarfs bis 2040 je Hektar bei einer Sanierungsquote von 1 % der Wohnflächen pro Jahr

### 6.1.2 Wärmenetzeignung

Um das Potenzial für den weiteren Ausbau von Wärmenetzen in Laupheim zu bewerten, wurden die zuvor ermittelten gebäudescharfen Wärmebedarfe als Grundlage verwendet. Die im GIS verorteten Wärmebedarfe wurden innerhalb eines Rasters von je einem Hektar aggregiert und in Abbildung 13 dargestellt. Für die Bewertung hinsichtlich der lokalen Wärmenetzeignung wurde die Skala der KEA BW aus Tabelle 8 verwendet.

Tabelle 8: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichte nach potenzieller Eignung für Wärmenetze [2]

| Wärmedichte<br>in 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                              |

Aufgrund der dichteren Bebauung lässt sich eine hohe Bedarfsdichte in der Innenstadt Laupheims erkennen. Hier ist auch das bestehende Wärmenetz verortet, welches im rechten Teil der Abbildung 13 auf farbig hinterlegten Rasterzellen dargestellt wird. Hier wird deutlich, dass das Wärmenetz dort liegt, wo die aggregierten Verbräuche dem Richtwert der KEA BW für konventionelle Wärmenetze entsprechen oder sogar überschreiten. In nordöstlicher Richtung besteht demnach sogar noch ein Erweiterungspotenzial des Netzes. In den angrenzenden Teilorten Baustetten, Unter- und Obersulmtingen sowie Bihlafingen. Da dort tendenziell eine lockerere Bebauung herrscht, ist die Bedarfsdichte deutlich geringer. Hier lassen sich nach Einschätzung der KEA BW, wenn überhaupt, lediglich Wärmenetze in Neubaugebieten bzw. Niedertemperaturnetze im Bestand realisieren. Im Industriegebiet lässt sich punktuell eine sehr hohe Wärmenetzseignung verorten – hier liegen hohe Prozesswärmeverbräuche aus Gewerbe und Industrie vor, und es muss geprüft werden, ob und wie diese Bedarfe durch ein Wärmenetz gedeckt werden können.

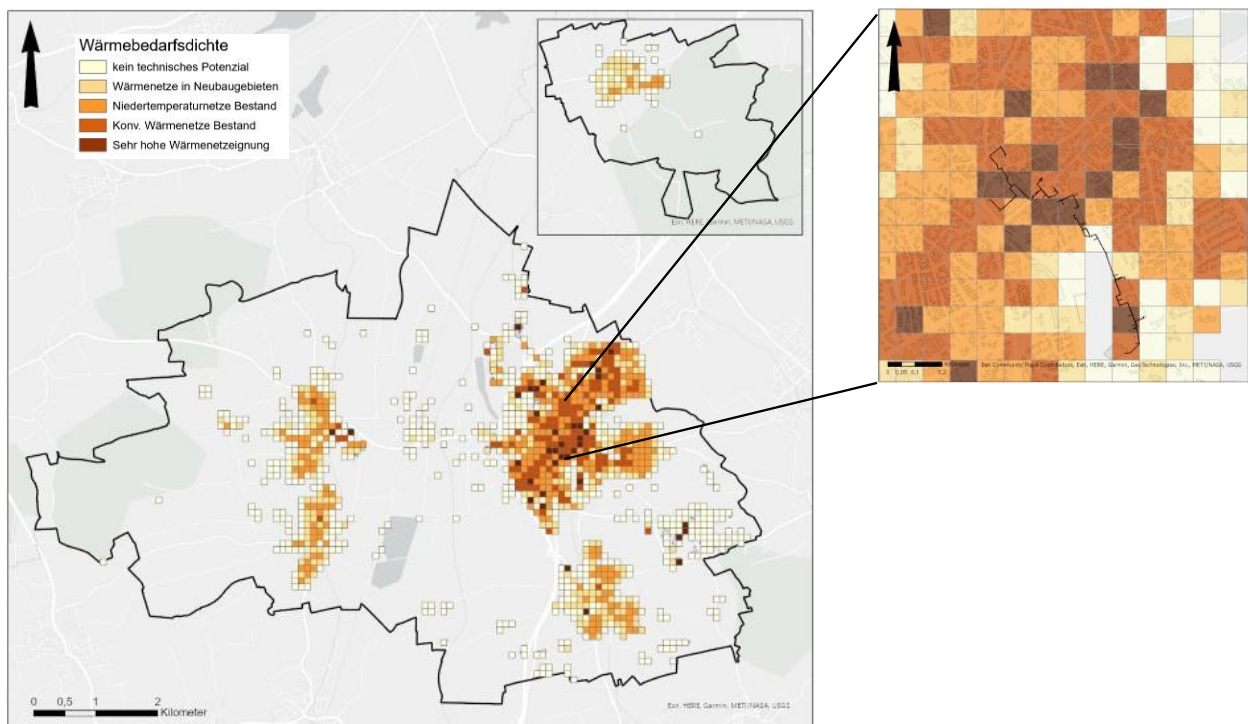


Abbildung 13: Wärmenetzseignung nach KEA BW & Bestandsnetz in Laupheim

## 6.2 Potenzial zur Wärme- und Stromerzeugung

Die Vorgehensweise der Potenzialanalyse orientiert sich am Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung des Landes Baden-Württemberg [2]. Für die Erhebung des Potenzials wurden umfassende, öffentlich zugängliche Datenquellen, Studien und statistische Annahmen herangezogen. Außerdem wurden Experteninterviews und Umfragen durchgeführt.

Die Nutzung des Potenzials regenerativer Energien unterliegt gewissen Restriktionen, und je nach Restriktionen unterscheidet man zwischen theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und realisierbaren (erschließbaren) Potenzialen (Abbildung 14). Unter **theoretischem Potenzial** versteht man die theoretische Obergrenze des physikalischen Angebots der jeweiligen Energiequelle. Das theoretische Potenzial wird von rechtlichen, technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Restriktionen begrenzt. Daraus ergibt sich ein maximales Ausbaupotenzial.

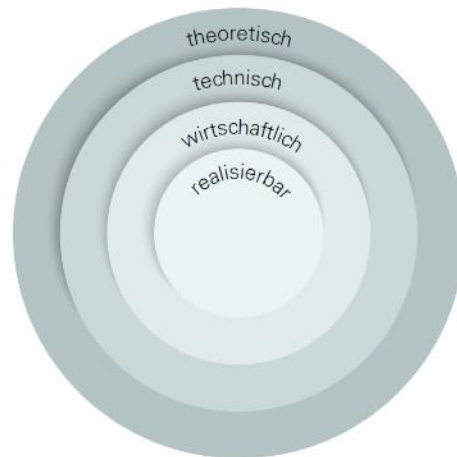


Abbildung 14: Definition der Potenzialbegriffe [2]

Das **technische Potenzial** ergibt sich aus der Betrachtung des theoretischen Potenzials möglicher Energiequellen und Erzeugungsflächen unter Einbeziehung der technologischen Möglichkeiten und genehmigungsrechtlichen Kriterien. Die generelle Verfügbarkeit von Standorten bzw. Rohstoffmengen wird im Kontext von Nutzungskonkurrenzen sowie unüberwindbaren, strukturellen oder ökologischen (z.B. Naturschutzgebiete) Beschränkungen betrachtet.

In der technischen Potenzialanalyse wird zwischen harten und weichen Restriktionskriterien unterschieden. Die harten Restriktionskriterien basieren auf standortspezifischen, technischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen (z.B. Siedlungs-, Infrastruktur-, Naturschutz-, Gewässerflächen). Die weichen Restriktionen lassen sich nicht pauschal quantifizieren bzw. ausschließen (eine Einzelfallbetrachtung ist nötig).

Aus diesem Grund kann bei den Potenzialen zwischen geeignetem und bedingt geeignetem Potenzial unterschieden werden. Geeignetes Potenzial stellt das verbleibende Potenzial von Energiequellen bzw. Erzeugungsflächen nach Abzug aller harten Kriterien dar. Bedingt geeignetes Potenzial betrachtet Energiequellen bzw. Erzeugungsflächen, die sich nicht pauschal ausschließen und quantifizieren lassen.

Das **wirtschaftliche Potenzial** umfasst einen Teil des technischen Potenzials, das unter den derzeit existierenden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ökonomisch rentabel genutzt werden kann.

**Realisierbares Potenzial** bezeichnet einen Teil vom wirtschaftlichen Potenzial, von dem erwartet werden kann, dass es tatsächlich in Anspruch genommen werden kann. Es ist möglich, dass das erschließbare Potenzial größer als das wirtschaftliche Potenzial ist (z.B. aufgrund von Subventionierung).

Für die vorliegende Potenzialanalyse wurden zunächst das theoretische und das technische Potenzial erfasst und gebietsscharf dargestellt. Die Erfassung erfolgt zunächst unabhängig von Versorgungsgebieten. Wie viel vom technischen ausgewiesenen Potenzial in Laupheim genutzt werden kann, zeigt die technisch-wirtschaftliche Betrachtung bei der Ausweisung von Eignungsgebieten für Wärmenetze oder Einzelversorgung und Versorgungsszenario (siehe Kap. 7).

Die Potenzialerfassung bildet für die Wärmeplanung einen maximalen Rahmen der Potenzialnutzung ab, der anschließend bei der Umsetzung abhängig von Interessen der unterschiedlichen Akteursgruppen, rechtlichen Rahmenbedingungen und anschließend Genehmigungsverfahren eingeschränkt wird.

Die Potenzialermittlung basiert überwiegend auf GIS-gestützten Verfahren, sogenannten Indikatorenmodellen. Das Vorgehen lässt sich in folgenden Schritten skizzieren:

- Ermittlung des theoretischen Potenzials der Erzeugungsfläche und der physikalischen Merkmale der Energiequelle aufgrund von örtlichen Gegebenheiten
- Ausschluss der Erzeugungsflächen anhand harter Restriktionskriterien
- Kategorisierung der Erzeugungsflächen bzw. des Energieertrags anhand weicher Restriktionskriterien
- Ermittlung des technischen Potenzials des Energieertrags (Energieerträge) auf Basis von Referenztechnologien und Erfahrungswerten

Im Rahmen der Wärmeplanung wurden die folgenden Energiepotenziale betrachtet:

- Industrielle Abwärme (Kap.6.3.1)
- Abwärme aus Abwasser (Kap.6.3.2)
- Umweltwärme und Geothermie (Kap. 6.4)
- Photovoltaik und Solarthermie auf Freiflächen (Kap. 6.5)
- Photovoltaik und Solarthermie auf Dachflächen (Kap. 6.6)
- Windenergie (Kap. 6.7)
- Wasserkraft (Kap. 6.8)
- Biomasse und Abfall (Kap. 6.9)
- Wasserstoff (Kap. 6.10)

## 6.3 Abwärmepotenziale

### 6.3.1 Industrielle Abwärme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde im Winter 2021/2022 eine Unternehmensumfrage durchgeführt. Diese hatte vor allem das Ziel, lokale Akteure aus Industrie und Gewerbe in das Projekt miteinzubinden und stellte ein wichtiges Element der Akteursbeteiligung dar. Neben Energieverbrauchsdaten der Unternehmen wurden mögliche Abwärmepotenziale aus Produktionsprozessen ermittelt. Hierfür wurden gezielt Abwärmequellen und ihre zeitlichen Verfügbarkeiten abgefragt. Zudem gab es in der Umfrage die Möglichkeit, die jährliche Abwärmemenge und -leistung näher zu quantifizieren, sofern diese Werte den Unternehmen bekannt waren.

An der Umfrage haben 60 Unternehmen aus Laupheim teilgenommen, von denen zwölf angaben, dass in ihren Produktionsprozessen Abwärme anfalle. Zur Bereitschaft eben diese Abwärme auszukoppeln, äußerten sich vier Unternehmen positiv, zwei negativ und sechs gaben keinerlei Auskunft dazu. Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen, um welche Unternehmen es sich hierbei genau handelte.

Für eine weiterführende Potenzialermittlung hat die Stadt Laupheim bereits Gespräche mit den Unternehmen begonnen, welche eine positive Bereitschaft zur möglichen Auskopplung von Abwärme geäußert haben und deren Produktionsstätte in räumlicher Nähe zu einem Netzeignungsgebiet liegt (siehe Kapitel 7.2.1). Gemeinsam kann dann erörtert werden, inwiefern vorhandene Abwärme in einen Wärmeverbund integriert werden kann, oder ob sie nicht zunächst intern genutzt oder sogar vermieden werden kann.

### 6.3.2 Abwärme aus Abwasser

Als weiteres wichtiges Abwärmepotenzial ist das kommunale Abwasser zu betrachten. Laut KEA Leitfaden sind Abwasserkanäle mit einer Nennweite von mindestens DN 400 grundsätzlich in Hinsicht auf eine mögliche Abwärmenutzung relevant. Des Weiteren sollte der Trockenwetterabfluss

dort mindestens 10 - 15 Liter pro Sekunde im Tagesmittel betragen, eine Mindesttemperatur von 10 °C auch im Winter nicht unterschritten werden und das Gefälle mindestens 1 Promille aufweisen [2]. Für die Stadt Laupheim liegen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung die Lage der Abwasserkanäle sowie die Nennweiten vor; weitere Daten wurden im Stadtgebiet bislang nicht erhoben.

Daher kann im Rahmen der Potenzialanalyse an dieser Stelle lediglich die Aussage getroffen werden, dass es in Laupheim grundsätzlich flächendeckend Kanäle mit ausreichend großem Durchmesser gibt. Die tatsächliche Nutzbarkeit der Abwasserströme zur Wärmegewinnung muss jedoch in konkreten Messreihen zu Temperatur und Durchfluss nachgewiesen werden.

Die nachfolgende Abbildung 16 illustriert die geeigneten Abwasserkanäle in Laupheim sowie Puffer mit Radius 100 m, innerhalb derer eine technische Nutzung der Abwärme bei Erfüllung der obigen Parameter auch wirtschaftlich sein kann. Ebenfalls dargestellt ist das im Norden des Stadtgebiets angesiedelte Klärwerk mit 300 m-Puffer, innerhalb dessen jedoch keine nennenswerten Wärmesenken liegen, sodass sich hier nur eine verstärkte interne Nutzung der Abwärme empfehlen lässt.

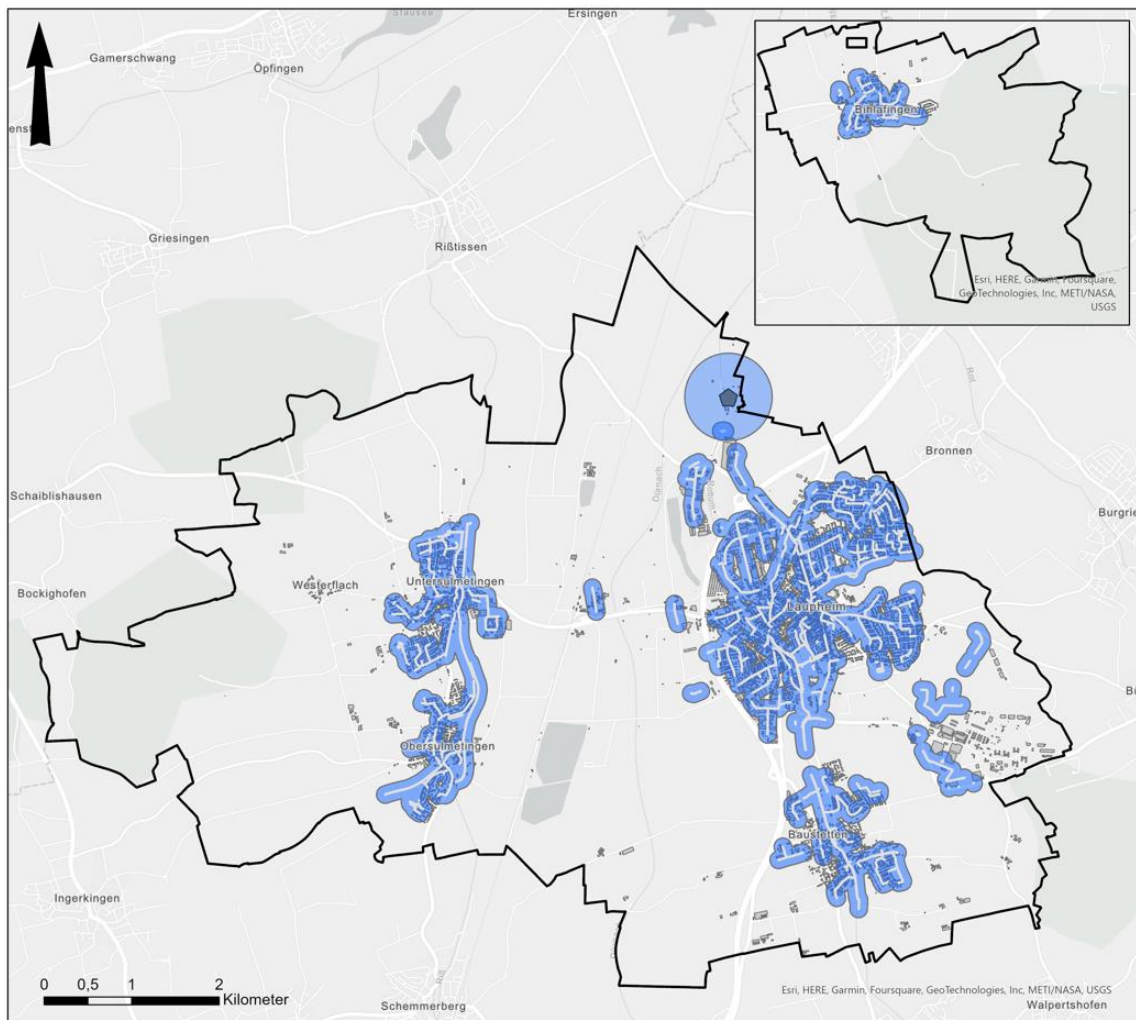


Abbildung 15: Abwasserkanäle mit Nennweite > DN 400 und 100 m-Puffer zur theoretischen Abwärmenutzung

## 6.4 Potenziale Umweltwärme und Geothermie

Zur Ermittlung der Potenziale für Umweltwärme wurden folgende Wärmequellen untersucht:

- Oberflächengewässer
- Oberflächennahe & tiefe Geothermie
- Luft

### Oberflächengewässer

Für die Potenzialanalyse wurden sowohl Flüsse als auch Seen in Laupheim betrachtet. Hier kann mittels Groß-Wärmepumpe die ganzjährig bestehende Umweltwärme des Wassers genutzt und in einem Wärmenetz transportiert werden. Gemäß Handlungsleitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA-BW können „bei geeigneten Durchflussmengen/Reservoirgrößen und Tiefe der Entnahme/Rückgabe in Seen erhebliche technische Potenziale bestehen“ [2].

Für die Potenzialanalyse wurden Pegel- und Temperaturaufzeichnungen der Flüsse Riß und Rottum näher betrachtet. Hierfür wurden öffentlich zugängliche Daten der Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg sowie des interaktiven Diensts UDO der LUBW verwendet [17], [18]. Es wurden jeweils die niedrigsten gemessenen Abflusskennwerte der letzten 40 Jahre zu Grunde gelegt. Auf Basis der monatlichen Durchschnittstemperaturen der Gewässer und unter der Annahme, dass 10 % des Abflusses für die Wärmeerzeugung entnommen werden, kann eine minimale Wärmeentzugsleistung angegeben werden. Diese beträgt für die Riß ca. 2 MW<sub>th</sub> und für die Rottum ca. 0,6 MW<sub>th</sub>. Es handelt sich hierbei um die in den Wintermonaten erzielbaren Entzugsleistungen, welche von großer Bedeutung sind, da zu diesem Zeitpunkt der Bedarf am höchsten ist. Eine technische Nutzung dieses Potenzials erfordert eine detailliertere Einzelfallbetrachtung in ausgewählten Quartieren entlang dieser Gewässer.

Für die Wärmenutzung von Seen gibt es in Laupheim kein nennenswertes Potenzial, da hierfür grundsätzlich nur Oberflächengewässer mit einer Größe von über 50 ha und einer Tiefe von mind. 20 m in Frage kommen [19]. Seen mit einem solchen Ausmaß lassen sich in Laupheim nicht finden.

### Oberflächennahe & tiefe Geothermie

Für die Bewertung des geothermischen Potenzials in Laupheim kann zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie unterschieden werden. Oberflächennah bedeutet in diesem Zusammenhang typischerweise eine Nutzung des Potenzials in einer Tiefe von bis zu 100 Metern [2]. Je nach Beschaffenheit des Bodens und der örtlichen Gegebenheiten, können aber auch Projekte in größeren Tiefen realisiert werden. Mithilfe von Erdwärmesonden, -kollektoren oder Grundwasser-Brunnen lässt sich dieses Potenzial zur Gebäudebeheizung nutzen.

Die geothermische Effizienz innerhalb der Gemarkungsgrenzen wird im ISONG größtenteils als „effizient“ eingestuft [20]. Die KEA BW weist in Ihrer Analyse des Erdwärmesonden-Potenzials eine gesamtheitliche Entzugsleistung von 18 bis 54 MW in Laupheim aus [21]. Die Angaben beziehen sich dabei auf die Installation von einer bzw. der maximal möglichen Anzahl von Erdwärmesonden je Flurstück. Abbildung 16 zeigt, wie hoch die mögliche Entzugsleistung von Erdwärmesonden an unterschiedlichen Orten im Gemarkungsgebiet ist – „Hotspots“ befinden sich am nördlichen Rand von Untersulmetingen, im südwestlichen Teil von Laupheim und im Ortszentrum von Bihlalingen.

Erdwärmekollektoren stellen eine Alternative zu Erdwärmesonden dar – sie werden typischerweise als horizontaler Wärmeübertrager in Tiefen von 1 – 1,5 m, und damit unterhalb der Frostgrenze, im Erdreich installiert. Diese Fläche darf im Anschluss nicht bebaut oder anderweitig versiegelt werden. Aufgrund der geringeren Umgebungstemperaturen in dieser Tiefe haben Erdwärmekollektoren einen deutlich höheren Platzbedarf als Erdwärmesonden, um den Wärmebedarf eines Gebäudes zu decken. Dieser variiert je nach Bodentyp und seiner Beschaffenheit [22]. Das Potenzial

von Erdwärmekollektoren lässt sich deshalb nicht genau beziffern und erfordert eine Einzelfallprüfung.

Grundwasser stellt aufgrund seines ganzjährig gleichbleibenden Temperaturniveaus ein effizientes Potenzial zur Gebäudebeheizung dar. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung kann dieses aber nicht gesamtheitlich für die Stadt Laupheim betrachtet werden. Stattdessen bedarf es punktueller Untersuchungen und hydrogeologischer Gutachten, in welchen die möglichen Auswirkungen von zu erbauenden Grundwasserbrunnen auf das umgebende Ökosystem oder bestehende Anlagen erörtert werden.

Das geothermische Potenzial ab einer Tiefe von 100 Metern wird in der kommunalen Wärmeplanung nicht weiter betrachtet. Laupheim liegt in keinem der Gebiete, die aufgrund ihrer geothermischen Anomalie erforscht sind (wie z.B. der Oberrheingraben oder das Molassebecken). Es ist deshalb nicht von einem leicht zu erschließenden Potenzial in tiefen Gesteinsschichten auszugehen.

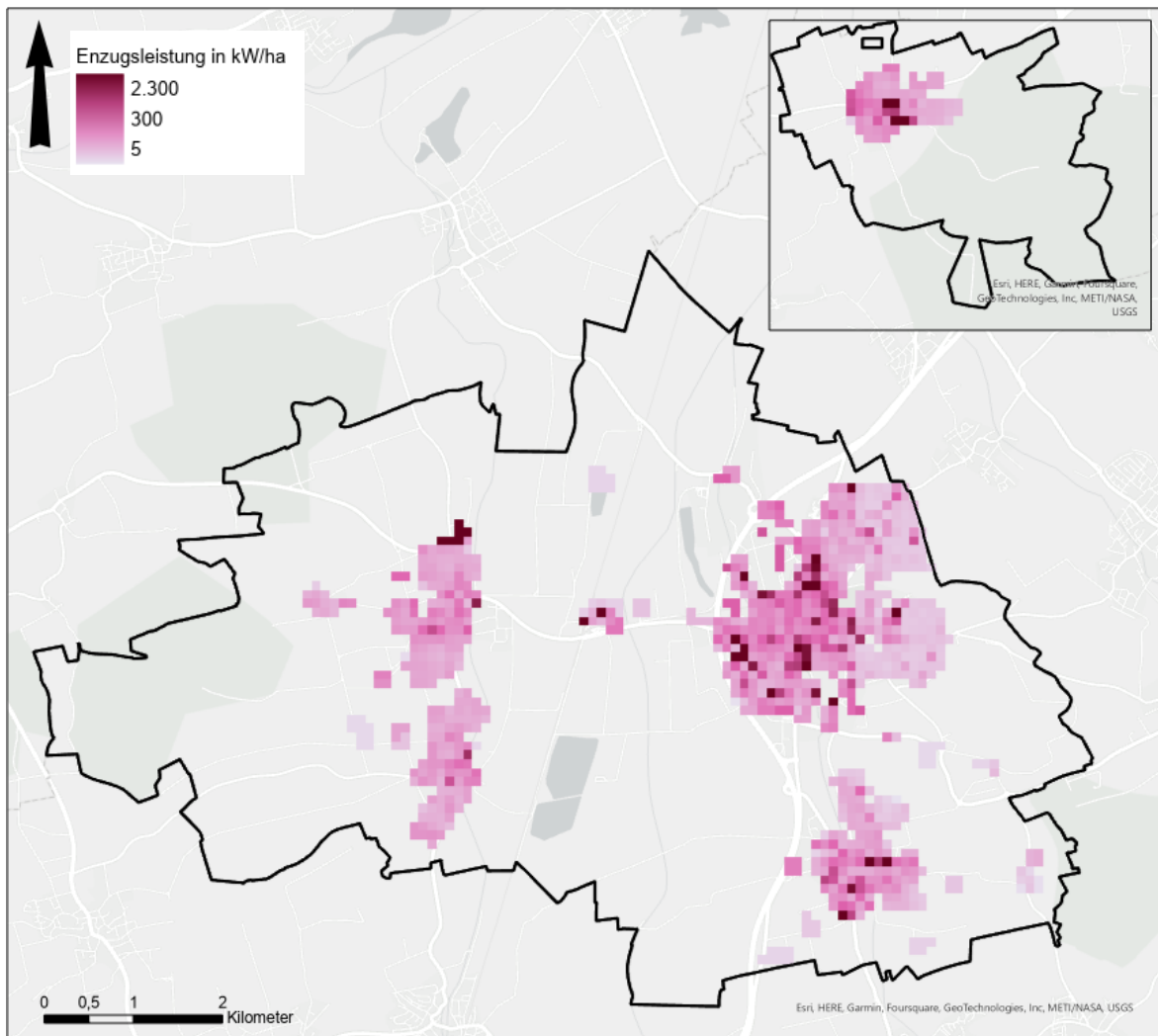


Abbildung 16: Potenzial oberflächennaher Geothermie - Entzugsleistung in kW/ha

#### Luft:

Die Umgebungsluft stellt eine grundsätzlich überall verfügbare Quelle für Umweltwärme dar, welche mittels einer Wärmepumpe einfach genutzt werden kann. Die KEA BW weist im Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung darauf hin, dass andere Quellen der Umweltwärme, wie z.B. Sole oder Wasser, deutlich effizienter zu nutzen sind. Luftwärmepumpen sollten also nur dort installiert wer-

den, wo „keine netzgebundene Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien technisch-wirtschaftlich realisierbar ist (Einzelversorgungsgebiete) und [...] keine oberflächennahe geothermische Wärmequelle erschlossen werden kann“ [2].

## 6.5 Solarpotenziale auf Freiflächen

Mit Sonnenenergie lässt sich mittels Photovoltaikanlagen Strom bzw. mittels Solarthermieranlagen Wärme erzeugen. Die Potenzialanalyse der Solarenergie wurde sowohl auf Freiflächen als auch Dachflächen (siehe Kapitel 6.6) durchgeführt. Zunächst wurde das Potenzial von großflächigen PV- und Solarthermie-Anlagen auf Freiflächen ermittelt.

Die Potenzialanalyse von Freiflächen-PV-Anlagen orientiert sich am Handlungsleitfaden der KEA BW [2] und der Berechnungsmethodik vom Energieatlas [23]. Im Energieatlas wurde die Flächenkulisse nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017 ermittelt und dargestellt. Im Rahmen der Wärmeplanung wurde das Potenzial unter der Berücksichtigung des zu dem Zeitpunkt der Durchführung der Analyse geltenden Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2021 (EEG 2021) für folgende Flächenkulisse ermittelt:

- Seitenrandstreifen von 200 m entlang von Autobahnen und Schienenwegen
- Konversionsflächen (bspw. ehemalige Tagebau, Abfalldeponie) sowie
- Flächenkulisse Acker- und Grünland in sogenannten „benachteiligten Gebieten“ nach Freiflächenöffnungsverordnung – FFÖ-VO 2017

Bestimmte genehmigungsrechtliche und technische Restriktionen, die die Errichtung von PV-Anlagen eingrenzen, wurden anhand harter und weicher Restriktionskriterien gemäß dem Kriterienkatalog der LUBW (siehe Anhang 3) definiert und Geodatenätze zugeordnet. Hierfür wurden öffentlich zugängliche Geodaten des interaktiven Diensts UDO der LUBW verwendet [18]. Im GIS-gestützten Analyseverfahren wurden Kriterien berücksichtigt, die sich anhand der verfügbaren Geodaten abbilden lassen. Aus diesem Grund konnten beispielsweise regionalplanerische Festlegungen sowie militärische Restriktionen nicht berücksichtigt werden.

Zunächst wurden die harten Restriktionsflächen miteinander verschnitten und anschließend mit weichen Restriktionsflächen kategorisiert. Auf Basis der Kriterien ergeben sich geeignete Gebiete, die außerhalb der Ausschluss- und Restriktionsflächen liegen. Die bedingt geeigneten Gebiete liegen zwar außerhalb der Ausschlussflächen aber innerhalb der Restriktionsflächen.

Bei der Bereinigung der Flächen wurden kleinteilige Flächen, die auch als bedingt geeignet klassifiziert wurden, entfernt. Unter Berücksichtigung des Reihenabstands der PV-Anlagen und der flächenbezogenen Leistung und solarer Einstrahlung eines marktüblichen PV-Moduls (950 MWh pro 1 ha Fläche) wurde der mögliche Stromertrag pro Gebiet errechnet. Für die Stadt Laupheim ergibt sich ein theoretisches PV-Freiflächenpotenzial von 102 GWh auf den geeigneten Flächen.

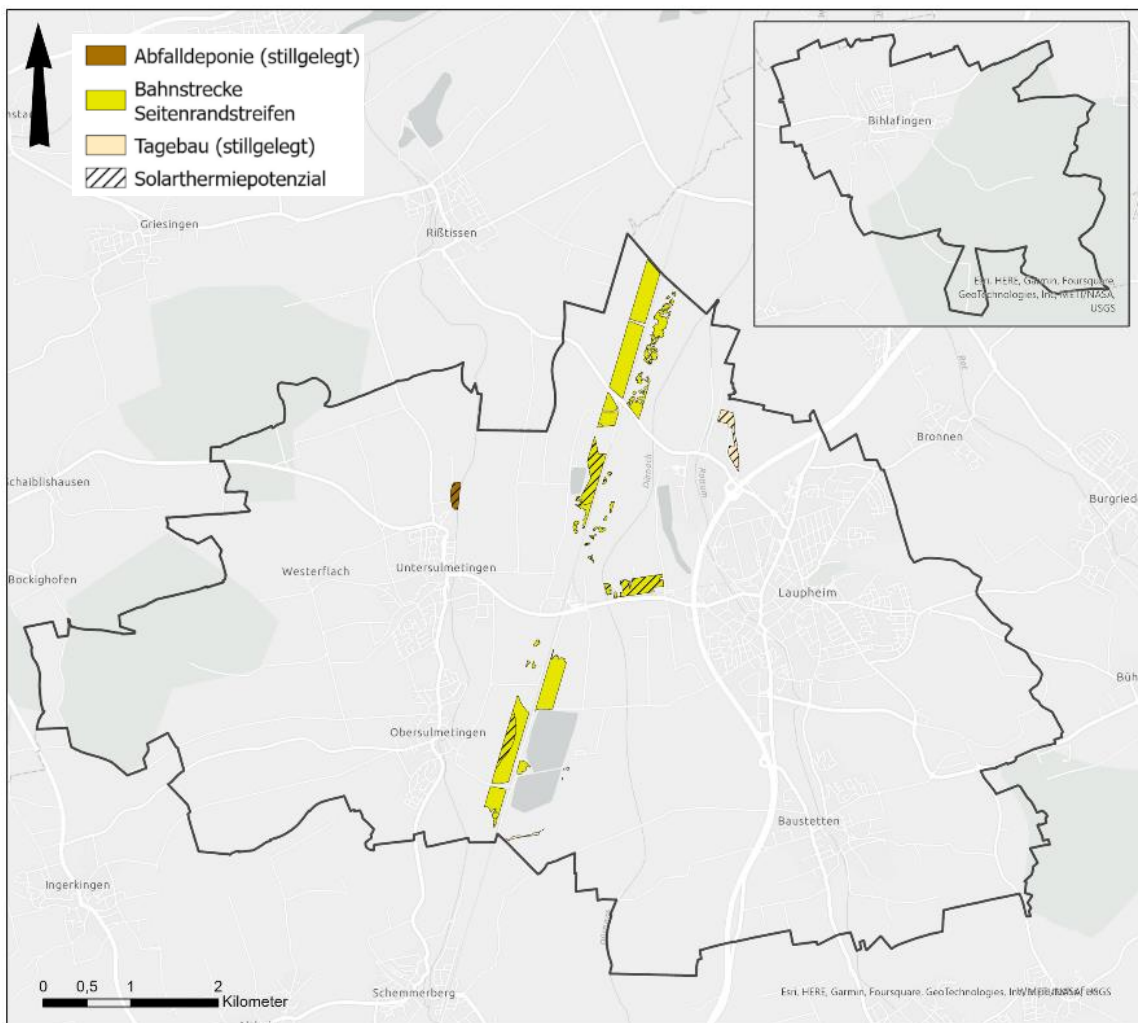
Die berücksichtigten Konversionsstandorte in Laupheim umfassen einen stillgelegten Tagebau und eine stillgelegte Abfalldeponiefläche als mögliche Standorte für PV-Anlagen. Nach dem Energieatlas lässt sich mit PV-Anlagen auf der Deponiefläche ein Jahresertrag von 1,4 GWh erzielen [24]. In der Gemarkung sind keine benachteiligten Gebiete nach FFÖ-VO 2017 vorhanden [25].

Abbildung 17 stellt geeignete Flächen wie Konversionsflächen (Abfalldeponie, Tagebau) und Seitenrandstreifen im Stadtgebiet dar.

Für Solarthermie-Freiflächen gelten die gleichen Flächen wie für PV-Freiflächenanlagen. Großflächige solarthermische Anlagen können zur Wärmeproduktion beitragen. Bei der Solarthermie wird die Sonneneinstrahlung für die Erzeugung von Wärme mit einer Temperatur zwischen 80°C und

150 °C genutzt [26]. Solarthermie ist zwar eine umweltfreundlichere Alternative, aber die Wärme wird hauptsächlich im Sommer erzeugt, wenn der Wärmebedarf gering ist. Eine vollständige Wärmeversorgung mit Solarthermie ist daher sowohl technisch als auch wirtschaftlich nur schwer umsetzbar. Um einen höheren Deckungsgrad zu ermöglichen, werden neben den Kollektoren weitere Systemelemente wie ein Langzeit-Wärmespeicher benötigt, um die Sonnenwärme aus dem Sommer auf die Winterzeit zu verschieben.

Damit die Erschließung der großen Solarthermie-Anlagen über ein Nahwärmenetz wirtschaftlich wäre, sollte die Anlage in unmittelbarer Nähe zu Wohn- und Gewerbeflächen (weniger als 500 m) liegen, damit die Wärmeverluste gering ausfallen (siehe Abbildung 17) [27]. Unter der Annahme eines Flächenenertrags von 4,9 kWh pro ha Kollektorfläche [14] sowie der benötigten Installationsfläche, die das Doppelte der Kollektorfläche beträgt [26], ergibt sich ein technisches Potenzial von ca. 78 GWh pro Jahr.



**Abbildung 17: Freiflächenpotenzial für PV und -Solarthermie innerhalb eines Puffers von 500 m von Gebäuden**

Auf Basis eines Auszugs aus dem Marktstammdatenregister wurde die bereits installierte Freiflächen PV-Anlagenleistung von 1,8 MW<sub>p</sub> erfasst, die außerhalb der ausgewiesenen Freiflächen errichtet wurde [28]. Der hochgerechnete Stromertrag beträgt ca. 1.700 GWh.

Es muss berücksichtigt werden, dass die Anwendung von Photovoltaikanlagen und Solarthermieanlagen in Flächenkonkurrenz zueinanderstehen. Tabelle 9 stellt das gesamte technische Potenzial für Freiflächen-PV-Anlagen sowie die gleichzeitige Belegung der PV-Anlagen und Solarthermie auf Freiflächen dar.

Tabelle 9: Potenzial der Solarenergie in MWh auf geeigneten Freiflächen

| Potenzialart                                                          | Ertrag auf geeignete Flächen<br>in MWh |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| PV - Freiflächenpotenzial                                             | 103.800                                |
| PV – Freiflächenpotenzial außerhalb des Radius von 500 m von Gebäuden | 74.400                                 |
| Solarthermie -Freiflächenpotenzial im Radius von 500 m von Gebäuden   | 78.400                                 |

Auf den gesamten Freiflächen lässt sich 103,8 GWh über PV-Anlagen erzeugen. Unter Berücksichtigung der geeigneten Flächen sowohl für Solarthermie als auch für PV-Anlagen beträgt das technische Potenzial zur Stromerzeugung ca. 73,4 GWh und 78,4 GWh zur Wärmeerzeugung.

Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass das Flächenpotenzial aufgrund von fehlenden Datengrundlagen und technischen Restriktionen (z.B. unzureichender Netzinfrastruktur, regionalplanerische Vorgaben) geringer ausfällt.

## 6.6 Solarpotenziale Dachflächen

Das Dachflächenpotenzial in Laupheim wurde für Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen betrachtet. Die Erhebung der Solarpotenziale auf Dachflächen für die Stadt Laupheim stützt sich auf den Solarkataster des Energieatlas Baden-Württemberg [29]. Im Rahmen einer Potenzialanalyse wurde unter Berücksichtigung der Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solaren Einstrahlung von der LUBW das Dachflächenpotenzial ermittelt. Aspekte wie die Statik der Gebäude wurden nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse stellen eine Grundlage für die Ermittlung des Potenzials für Photovoltaikanlagen auf Gebäudedächern in Laupheim dar. Die Ermittlung des Potenzials für Solarthermie basiert auf der Grundlage des Solarkatasters des Energieatlas.

Abbildung 18 stellt die Eignung der Dachflächen dar. Das Solarkataster ist über den Energieatlas [29] öffentlich zugänglich.

Gemäß Handlungsleitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA BW wurden „verfügbare Dachflächen nur auf Gebäuden mit einer Grundfläche grösser 50 m<sup>2</sup>“ berücksichtigt [2]. Unter Berücksichtigung der Dachflächenkonkurrenz geht KEA BW von einer Potenzialfläche für PV-Anlagen von 50 % der geeigneten Dachflächen und für Solarthermie-Anlagen von 25 % der geeigneten Dachflächen aus. Zudem ist entscheidend für die Solarthermie-Eignung eines Daches, ob in dem betreffenden Gebäude ein relevanter Warmwasserbedarf besteht. Dies ist meistens im Wohnsektor der Fall. Aufgrund des saisonal schwankenden Ertrags der Solarthermie ist eine Kombination mit anderen Energiesystemen oder die Integration saisonaler Speicher notwendig. Der durchschnittliche solare Deckungsgrad der Raumwärme im Wohnsektor beträgt ca. 10 bis 20 % [30]. Nach Erfahrungswerten wird von einer Kollektorfläche von 4 - 6 m<sup>2</sup> je Wohnung für eine Warmwasserbereitstellung und 8 - 12 m<sup>2</sup> je Wohnung für eine Warmwasser- und Heizungsunterstützung ausgegangen [31], [32].



Abbildung 18: Solareignung der Dachflächen. Eigene Darstellung nach [29]

Bezüglich der Dachausrichtung ist die Solarthermie technologisch anspruchsvoller als PV-Module. Für Solarthermie eignen sich vor allem Dächer mit steiler Neigung von mindestens 30 Grad, da dies zu einem regelmäßigeren Ertrag über das Jahr führt. Solarstrom lässt sich im Gegensatz zur Solarthermie auch auf weniger geneigten Dächern und bei einer größeren Südatweichung wirtschaftlich erzeugen [32]. Flachdächer können durch Aufständungen für beide Technologien verwendet werden. Im Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Öffentlichen- und Industriesektor werden überwiegend PV-Anlagen zur Stromerzeugung auf Dachflächen errichtet.

Unter Berücksichtigung des Belegungsszenarios von PV- und Solarthermie-Anlagen sowie der Datengrundlage vom Energieatlas ergibt sich das technische Potenzial für die Nutzung der beiden Technologien (Tabelle 10). Unter Berücksichtigung von 50 % aller geeigneten Dachflächen beträgt das gesamte technische Potenzial für PV-Anlagen 73 GWh. Auf den 25 % der geeigneten Dächer von Wohngebäuden ergibt sich das Solarthermie-Potenzial von 9,2 GWh. Unter Berücksichtigung durchschnittlicher Kollektorflächen auf Wohngebäuden für Warmwasser- und Heizungsunterstützung beträgt das Potenzial ca. 9,7 GWh.

Auf Basis eines Auszugs aus dem Marktstammdatenregister wurde eine gesamte Anlagenleistung von 20,6 MW<sub>p</sub> von ca. 1.240 Aufdach-PV-Anlagen erfasst [28]. Der hochgerechnete Stromertrag beträgt ca. 18.600 MWh. Das bisher benutzte Potenzial im Bereich PV-Anlagen macht 25 % von dem geschätzten technischen Potenzial aus. Auf Basis des Solaratlas lässt sich die gesamte Kollektorfläche von mindestens 4.433 m<sup>2</sup> erfassen, die 1.700 MWh der Wärmeenergie und 18 % vom Potenzial ausmacht [33].

Tabelle 10: Potenzial der Solarenergie in MWh auf geeigneten Dachflächen

| Energieträger | Potenzieller Ertrag in MWh | Zu erschließendes Potenzial in MWh |
|---------------|----------------------------|------------------------------------|
| PV-Anlagen    | 73.000                     | 54.400                             |
| Solarthermie  | 9.700                      | 6.000                              |

Abbildung 19 stellt das Potenzial des Stromertrags auf 50 % der geeigneten Dachflächen nach Sektoren und Größe der PV-Anlagen im Verhältnis zur Dachfläche dar. Es ist ersichtlich, dass der Ausbau von kleinen PV-Anlagen im Bereich bis 40 kW<sub>peak</sub> im Wohnsektor einen signifikanten Beitrag zur klimaneutralen Energieversorgung leisten kann. Die kommunalen Liegenschaften können in ihrer Vorbildfunktion ebenfalls nur kleine Potenziale ausschöpfen. Die Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie das verarbeitende Gewerbe verfügen über viele Dachflächen zum Ausbau großflächiger PV-Anlagen. Für diese Sektoren gilt es deshalb Anreize zum Ausbau von Dachflächen PV-Anlagen zu schaffen, siehe Kap. 8.

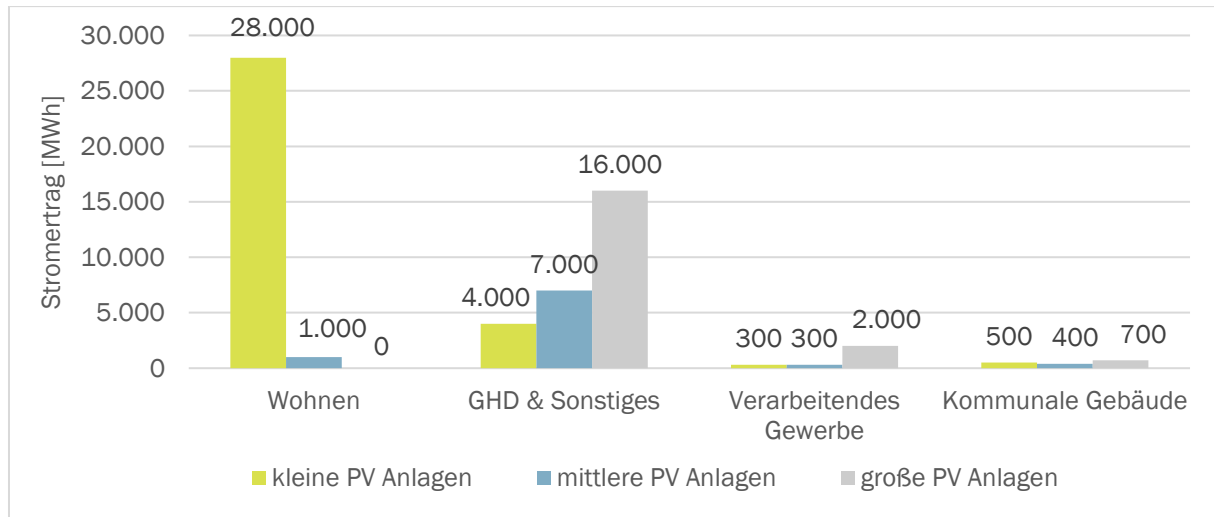


Abbildung 19 Potenzieller Stromertrag in MWh nach Dachpotenzialfläche und Sektoren. Kleine Anlagen: < 40 kW<sub>peak</sub>, mittlere Anlagen: 40 -100 kW<sub>peak</sub> und große Anlagen: >=100 kW<sub>peak</sub>

#### Exkurs für das Zielszenario

Da die Wärmewende durch Einsatz von Wärmepumpen stark elektrifiziert wird, eignen sich in der ersten Linie Aufdach-PV-Anlagen für die Stromversorgung von dezentralen Wärmepumpen. Solarthermie lässt sich durch ihren niedrigen Wärmeerzeugungsdeckungsgrad nur in hybrider Lösung mit Holzkessel bzw. derzeit Erdgas- und Heizölkessel kombinieren und ergänzen.

## 6.7 Windkraftpotenzial

Windenergieanlagen weisen eine hohe Effizienz bei der Stromproduktion bei gleichzeitig geringem Flächenverbrauch und ein großes CO<sub>2</sub>-Reduzierungspotenzial auf. Die Potenzialbetrachtung in Laupheim liefert eine Grundlage, wo und in welcher Größenordnung Potenziale für Windkraft vorhanden sind sowie erste Einschätzungen zu möglichen Erträgen.

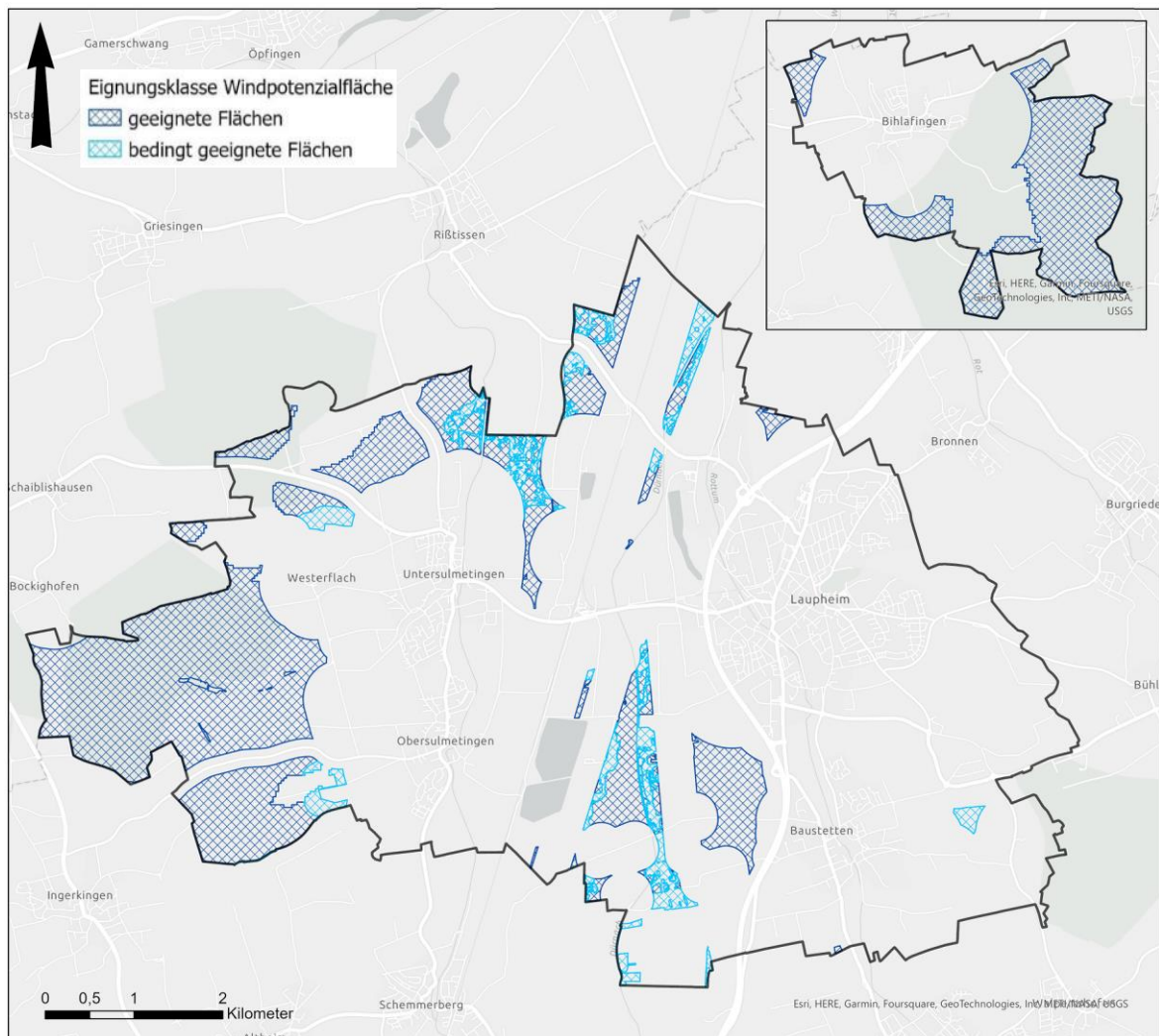
Die Erfassung des Windenergiepotenzials stützt sich auf die Datengrundlage der erfassten Windflächenpotenziale des Energieatlas Baden-Württemberg [34]. Laut dem Energieatlas wurden im GIS-gestützten Analyseverfahren Kriterien berücksichtigt, die quantifiziert und sich anhand der verfügbaren Geodaten abbilden lassen. Aus diesem Grund konnten beispielsweise Denkmalschutz, regionalplanerische Festlegungen, militärische Restriktionen sowie der behördliche und private Richtfunk nicht berücksichtigt werden.

Bei der Methodik der LUBW wurden zunächst die Gebiete berücksichtigt, die ausreichend viel Windleistung<sup>1</sup> bieten, um Windenergieanlagen wirtschaftlich betreiben zu können. Diese Gebiete mit

<sup>1</sup> einer mittleren Windleistung von mindestens 215 W/m<sup>2</sup> in 160 m Höhe

geeignet hoher Windhöffigkeit wurden mit Naturschutzgebieten und anderen ausgeschlossen Gebieten anhand harter und weicher Restriktionskriterien verschnitten.

Damit ergeben sich Flächen in zwei Eignungsklassen: Geeignete (1.224 ha) sowie bedingt geeignete Windpotenzialflächen (140 ha), die innerhalb der weichen Restriktionsflächen liegen [35]. Diese Flächen bieten gute technische Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Windkraftanlagen, wobei bei bedingt geeigneten Flächen einige Naturschutzgebiete inkludiert sind, die im Genehmigungsverfahren genauer untersucht werden müssen. Im Einzelfall muss noch eine Prüfung der Abstände der Windenergieanlagen zu anderen Ausschlussflächen erfolgen. In Laupheim befindet sich ein Militärflugplatz, zu dem ein Abstand, eingehalten werden muss, der sich nicht pauschal bestimmen lässt. Damit ist mit einer zusätzlichen Einschränkung der potenziellen Flächen zu rechnen. Es ist nicht auszuschließen, dass das Flächenpotenzial aufgrund von fehlenden Datengrundlage und technischen Restriktionen (z.B. unzureichender Netzinfrastruktur) geringer ausfällt.



**Abbildung 20: Windpotenzialflächen bzgl. Windhöffigkeit und naturschutzrechtlichen Kriterien. Eigene Darstellung nach [34]**

Für die vom Energieatlas BW ermittelten Flächenkulisse von 1.364 ha wurde eine Anzahl von Windkraftanlagen, deren Leistung und Windenergieertrag ermittelt. In der Gemarkung lassen sich 60 Windanlagen auf geeigneten Flächen und zwei weitere auf bedingt geeigneten Flächen installieren, siehe Abbildung 20. Das gesamte technische Windpotenzial beläuft sich auf ca. 610 GWh, siehe Tabelle 11.

Tabelle 11: Windpotenzialflächen [35]

| Windpotenzial                       | Geeignete Flächen | Bedingt geeignete Flächen |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Mögliche Anlagen [Anzahl]           | 60                | 2                         |
| Möglicher Netto-Stromertrag [MWh/a] | 591.555           | 19.364                    |

## 6.8 Wasserkraftpotenzial

Die Grundlage für die Erfassung des Wasserkraftpotenzials liefert der Energieatlas-BW [36]. Abbildung 21 stellt die Standorte von bestehenden kleinen Wasserkraftanlagen dar.

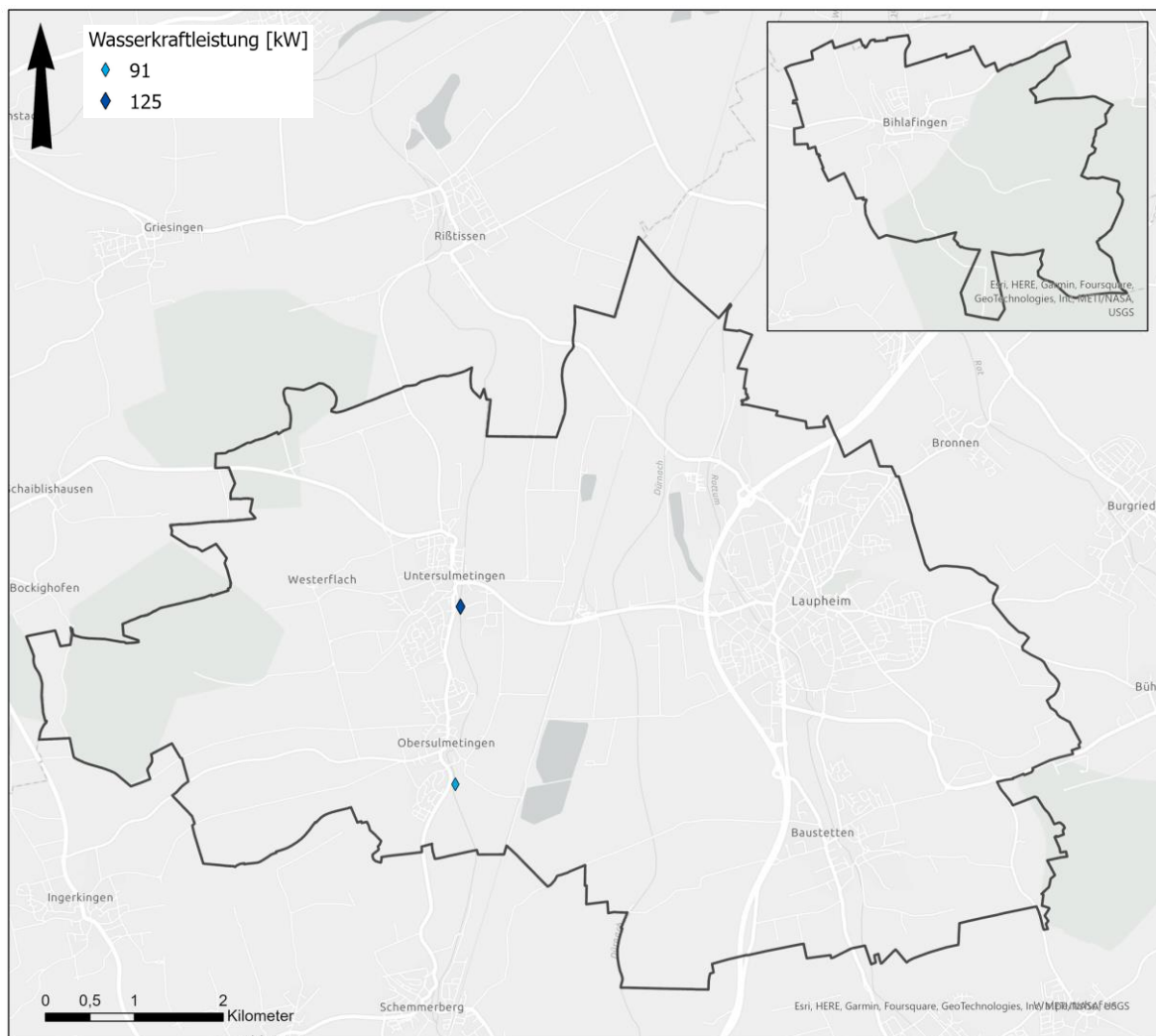


Abbildung 21: Leistung der bestehenden Wasserkraftanlagen in kW. Eigene Darstellung nach [36]

Das technische Potenzial, das zum allergrößten Teil bereits genutzt wird, wird in der Tabelle 12 dargestellt. Aufgrund des geringen Gefälles der Flüsse und der flachen Topologie der Stadt sind keine zusätzliche Potenziale vorhanden.

Tabelle 12: Bestehende Wasserkraftanlagen

| Wasserkraftwerk      | Installierte Leistung in kW | Mögliche Jahresarbeit in MWh/a |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| WKA Obersulmetingen  | 91                          | 431                            |
| WKA Untersulmetingen | 125                         | 423                            |

## 6.9 Potenziale Biomasse

Biomasse umfasst alle organischen Stoffe, die für Energiegewinnung genutzt werden können. Die Stoffe stammen aus der Land-, der Forst- oder der Abfallwirtschaft. Die Biomasse kann je nach Technik vielseitig als Energieträger eingesetzt werden, um Biogas, Strom und Wärme zu erzeugen, oder sie kann in Kraftstoff umgewandelt werden.

Schwerpunkt der Potenzialanalyse der Biomasse ist die Ermittlung des Potenzials von Biomethan, zur Strom- und Wärmeerzeugung sowohl in bestehenden Biogas- und KWK-Anlagen als auch aus in der Gemarkung anfallenden biogenen Reststoffen. Die Ermittlung des Potenzials der holzartigen, gasförmigen Biomasse und Abfälle orientiert sich am Handlungsleitfaden der kommunalen Wärmeplanung der KEA BW. Zunächst wurden die energetisch nutzbaren Biomassemengen je nach Art der Energieträger erhoben:

- durch konkrete Anfragen beim Landwirtschaftsamt, bei der Holzagentur & Dienstleistung und beim Abfallwirtschaftsbetrieb des Landratsamtes Biberach,
- durch Auswertung von Statistiken, Literaturangaben und anderen Quellen und
- durch Auswertung der verfügbaren Geodaten

Für jede anfallende Biomasseart wurde ein technisches Energiepotenzial bestimmt. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Verfügbarkeit und Mengen der Biomasse wurde das Potenzial als geeignet bzw. bedingt geeignet klassifiziert.

### 6.9.1 Holzartige Biomasse

Der Einsatz von fester Biomasse ist dabei umstritten, da teilweise auch Biomasse aus anderen Kontinenten nach Deutschland verschifft wird. Darüber hinaus werden die über Jahrzehnte im Holz eingespeicherte Treibhausgase bei der Verbrennung in kürzester Zeit wieder frei. Das Ziel, die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre zu reduzieren, kann so nicht direkt unterstützt werden. Grundsätzlich sollte nur lokal bereitgestellte feste Biomasse eingesetzt werden, die nicht mehr anders, bspw. als Bauholz, genutzt werden kann. Bei der Verbrennung entstehen allerdings Emissionen und weitere Schadstoffe wie bspw. Feinstaub. Die entstehenden THG-Emissionen sind weitestgehend als treibhausgasneutral einzustufen, da das bei der Verbrennung emittierte CO<sub>2</sub> der Atmosphäre zuvor (in der Wachstumsphase der Hölzer) entzogen wurde. Durch die Verarbeitung und den Transport entstehen bei diesem Energieträger indirekte Emissionen, die nicht treibhausgasneutral sind.

Unter regenerativen Energien ist allerdings die holzartige Biomasse räumlich und zeitlich sehr flexibel einsetzbar und hat gute Transport- und Lagerungsfähigkeiten. Aufgrund dessen und aufgrund der Wirtschaftlichkeit ist der Einsatz von Holz für die Energieerzeugung weit verbreitet.

Die Waldfläche in der Stadt Laupheim beträgt ca. 806 ha, was 13 % der Gebietsfläche ausmacht [37]. Davon sind 67 ha Körperschaftswald [38]. Laut der Einschätzung des Revierleiters des Land-

ratsamtes Biberach (Herr Norbert Schick) lassen sich pro Jahr bis zu 100 Festmeter (Fm) Energieholz aus dem kommunalen Waldflächen gewinnen. Das entspricht einem technischem Waldenergieholzpotenzial von rund 200 MWh. Da Laupheim zu den waldärmsten Gemeinden in Baden-Württemberg gehört, kann die Stadt nur einen kleinen Anteil an Energieholz produzieren und daher von der Erschließung des Wertschöpfungspotenzial nur begrenzt profitieren.

Der Privatwald beträgt ca. 92 % der Gesamtwaldfläche in der Gemarkung. Das Sägeholz wird vermarktet und Restholz in eigenen privaten Holzkesseln verfeuert [39]. Aus den Holzeinschlagsvollzügen der letzten Jahre ist zu entnehmen, dass der Großteil des genutzten Holzes, dass nicht einer stofflichen Verwertung zugeführt wurde, als Brennholz zur Versorgung der i.d.R. örtlichen Bürger verkauft wurde [39].

Die Menge des Energieholzes (Stammholz und Waldrestholz) lässt sich nur schwer erfassen und unterliegt zudem einem Austauschhandel über die kommunalen Grenzen. Aus einer Studie, die das Aufkommen von Energieholzeinschlag im Privatwald untersuchte, ergibt sich ein durchschnittliches spezifisches Energieholzpotenzial von jährlich 1 bis 3,4 Fm je Hektar, abhängig vom Waldgröße und Baumart [40]. Das technische Potenzial ergibt sich aus einem jährlichen Holzzuwachs der einzelnen Baumarten abzüglich Ernteverluste und der Primärnutzung (Industrie- und Bauholz).

Unter Annahmen eines Energieholzangebotes von jährlich 1,5 Fm je Hektar beträgt das hochgerechnete Energieholzpotenzial im Privat- und Staatswald ca. 3,3 GWh und wird als ein bedingt geeignetes Waldenergieholzpotenzial berücksichtigt, da die Mengen derzeit verwertet werden, siehe Tabelle 13.

*Tabelle 13: Waldenergieholzpotenzial in MWh/a*

| Waldenergieholz       | Geeignetes Potenzial | Bedingt geeignetes Potenzial |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| Energiegehalt [MWh/a] | 191                  | 3.330                        |

### Exkurs für das Zielszenario

Da in Laupheim Holz ein knappes Gut darstellt, sollte der Energieträger vorwiegend bei alternativen Prozessen, d.h. zur Wärmeerzeugung von hohen Temperaturniveaus für Hochtemperatur-Industrieprozessen oder in Heizzentralen für eine zentrale Wärmeversorgung eingesetzt werden. Im Vergleich gibt es in dezentralen Wohngebäuden mehr Alternativen zum Holzeinsatz z.B. Wärmepumpe, Solarthermie oder hybride Lösungen mit Holzanteil zur Spitzenlastabdeckung. Im Wohnsektor gibt es dennoch Gebäude, in denen Wärmepumpen weniger geeignet sind und ein Anschluss an ein Wärmenetz nicht in absehbarer Zeit realistisch ist. In diesen Fällen kann das regional bezogene Holz als Brennstoff sinnvoll eingesetzt werden.

### 6.9.2 Organische Abfälle, Grüngut und Altholz

Laut Abfallwirtschaftsbetrieb des Landratsamts Biberach und des Recyclingzentrums Laupheim fallen jährlich folgende grüne Abfallmengen an:

- ca. 1.000 Tonnen/Jahr Grüngut in Containern auf den Häckselplätzen (z.B. Moos, Laub, Gras usw.)
- ca. 350 Tonnen/Jahr Baum- und Strauchschnitt auf den Häckselplätzen
- ca. 800 Tonnen/Jahr energetisch verwendbares Altholz

Die Abfallmengen werden aktuell von verschiedenen Firmen verwertet. Das saftende Grüngut wird über den Biomassehof Zell in Rißegg in einer zweistufigen Behandlungsanlage verwertet. Das holzige Grüngut wird von der Firma GWV GmbH abgefahren, aufbereitet und einer energetischen Verwertung zugeführt. Beim Altholz erfolgt die Verwertung derzeit durch die Firma ALBA Süd GmbH & Co. KG.

Das technische Potenzial des Abfallstoffes bezieht sich auf die gesamte anfallende Menge. Aufgrund der derzeitigen Verwertung der geringen Mengen wird das Potenzial als bedingt geeignet klassifiziert.

Da keine kommunenscharfen Abfallmengen aus dem Haushalt vorlagen, wurde das Potenzial des Biomülls anhand des Verhältnisses der Einwohnerzahlen auf die einzelnen Gemeinden aufgeteilt. Der resultierende Energiegehalt für jeweilige organische Stoffe wird in Tabelle 14 aufgelistet.

*Tabelle 14: Bedingt geeignetes Potenzial von organischen Abfällen, Grüngut und Altholz in MWh*

| Energieträger                                   | Energiegehalt in MWh |
|-------------------------------------------------|----------------------|
| Baum- und Strauchschnitt auf den Häckselplätzen | 700                  |
| Grüngut auf den Häckselplätzen                  | 1.600                |
| Altholz                                         | 3.550                |
| Biomüll                                         | 1.060                |

### 6.9.3 Biogasanlagen

An fünf Biogasanlagen-Standorten werden Biogasanlagen mit BHKW-Anlagen betrieben. Das hochgerechnete Biomethanpotenzial beträgt 52 GWh. In den bestehenden BHKW-Anlagen wird derzeit im Rahmen der EEG-Vergütung aus dem Biogas Strom und Wärme erzeugt. Das hochgerechnete Potenzial<sup>2</sup> beträgt jeweils rund 19 GWh<sub>el</sub> und 20 GWh<sub>th</sub> [28]. Die angrenzenden Wohngebiete sind aufgrund der niedrigen Bebauungs- und Wärmebedarfsdichte eher ungeeignet für ein Wärmenetz.

#### Exkurs für das Zielszenario

In der Zukunft wird Erdgas bei Anwendungen in den industriellen Prozessen mit grünen gasförmigen Brennstoffen teilweise ersetzt. Da in Laupheim mit einem signifikanten Bedarf an Biogas bzw. Biomethan sowohl im Industriebereich als auch für die zentrale Wärmeversorgung zu rechnen ist, wird empfohlen, das Biogaspotenzial über bestehende und künftig errichtete Biogasleitung zu sammeln und in der Stadt weiter an Industriekunden und Heizzentralen zu verteilen, siehe Kapitel 8.2.

### 6.9.4 Landwirtschaftliche Rohstoffe und Nebenprodukte

#### Nachwachsende Rohstoffe

Die auf Grün- und Ackerflächen angebauten Substrate können in Biogasanlagen zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Die Fragestellung bei der Ermittlung des Energiepotenzials ist, wie viel landwirtschaftliche Fläche für die Energieproduktion unter Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz mit der Lebens- und Futtermittelproduktion genutzt werden kann und soll.

<sup>2</sup> Angenommen wurde dabei ein elektrischer Wirkungsgrad von 36 %, ein thermischer Wirkungsgrad von 44 % sowie ein eigener Wärmebedarf der Anlage von ca. 20 %.

Das Potenzial von Silomais und anderen landwirtschaftlichen Rohstoffen beträgt rund 35 GWh und wird teilweise in Laupheim in den bestehenden Biogasanlagen energetisch genutzt. Da das Potenzial durch die Flächenkonkurrenz begrenzt ist, wird dieses Potenzial als bedingt geeignet klassifiziert. Zur Minderung von Flächenkonkurrenzen sollte die energetische Bioenergienutzung stärker auf die Verwertung von Reststoffen ausgerichtet werden [41].

### Reststoffe aus Nutztierhaltung

Eine energetische Nutzung von Reststoffen aus der Nutztierhaltung ist besonders attraktiv für Biogasanlagen. Der Wirtschaftsdünger kann in Biogasanlagen vergoren werden und so zur regenerativen Energieproduktion beitragen. Die Verwendung der tierischen Exkremente in Biogasanlagen löst keine oder nur sehr geringe Nutzungskonkurrenzen aus, da die Reststoffe aus dem anaeroben Vergärungsprozess als Hofdünger genutzt werden können.

Am häufigsten werden anfallende Exkremente in Rinder- und Milchkuhbetrieben für Biogasanlagen energetisch verwertet. Im Vergleich zu Rindergülle liefert Schweinegülle aufgrund des höheren Wassergehaltes kaum Energieertrag für Biogaserzeugung. Von daher wird Schweinegülle in Deutschland zu weniger als 20 % energetisch verwendet [42]. Hühnermist lässt sich aufgrund eines hohen Stickstoffgehalts nur begrenzt in Biogasanlagen verwenden. Es werden jedoch derzeit Lösungen für die Entfernung des Stickstoffs entwickelt und in Biogasanlagen eingesetzt.

Die Datengrundlage zur Erfassung des Reststoffpotenzials in Laupheim stellen die statistischen Daten zur Tierhaltung [43] und Fachwerte [44] dar. Dabei wurde die durchschnittlich anfallende Menge der tierischen Exkremente aus Rinder- und Milchkuhbetrieben sowie jeweils 50 % von Schweinemast- sowie Hühnerbetrieben berücksichtigt [43]. Auf der Basis und daraus resultierendem Heizwert der gesamten Reststoffe ergibt sich ein Potenzial von 22 GWh.

Das Potenzial von anfallendem Wirtschaftsdünger (Mist und Gülle) aus Rinderbetrieben wird bereits bis zu 15 % in bestehenden Biogasanlagen genutzt. Somit beläuft sich das verbleibende Potenzial an Energiegehalt des Wirtschaftsdüngers auf ca. 19 GWh. Das Potenzial ist als bedingt geeignet klassifiziert, da bei der anaeroben Vergärung der Gülle hochkalorische Substrate wie beispielsweise Silomais beigemischt werden. Zudem lässt sich Wirtschaftsdünger ab einer bestimmten Größe der Tierhaltung technisch und wirtschaftlich für die Biogaserzeugung erschließen.

### Stroh

Stroh fällt bei der landwirtschaftlichen Produktion von Getreiden, Ölsaaten und Mais an. Ein großer Teil von anfallendem Stroh wird in der betrieblichen Praxis auf Ackerfeldern für die Erhaltung des Humusgehaltes eingearbeitet oder in der Nutztierhaltungsbetrieben als Einstreu bzw. Futter benutzt. Vor diesem Hintergrund kann von 15 - 30 % des gesamten Strohaufkommens als Energieträger ausgegangen werden. Auf Basis der statistischen Angaben zum Getreideertrag wird die Strohmenge mittels eines Korn-Stroh-Verhältnis je Getreideart hochgerechnet. Das Korn-Stroh-Verhältnis gibt an, wie viel Stroh im Verhältnis zum Korn bei der Ernte anfällt. Daraus ergibt sich das technische Potenzial des Strohaufkommens von 13 GWh pro Jahr. Es ist nicht auszuschließen, dass das erfasste Potenzial aufgrund der logistischen und technischen Restriktionen geringer ausfällt.

Die nachstehende Tabelle 15 fasst das gesamte technische Potenzial aus der Landwirtschaft in Laupheim zusammen.

Tabelle 15: Potenzial von landwirtschaftlichen Rohstoffen und Nebenprodukte in MWh/a

| Energieträger                          | Geeignetes Potenzial | Bedingt geeignetes Potenzial |
|----------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Nachwachsende Rohstoffe [MWh/a]        | -                    | 35.200                       |
| Reststoffe aus Nutztierhaltung [MWh/a] | -                    | 21.900                       |
| Stroh [MWh/a]                          | 13.630               | -                            |

## 6.10 Wasserstoffpotenzial

Wasserstoff soll zukünftig ein wichtiger Baustein hinsichtlich der klimaneutralen Wärmeversorgung sein. Es wird davon ausgegangen, dass der Wasserstoff einen Teil der fossilen Brennstoffe ersetzt. Die Anwendung des Wasserstoffs ist für Prozesse wie die Erzeugung von Hochtemperatur-Prozesswärme oder in der Schwerlastmobilität vorgesehen.

Aufgrund der verstärkten Elektrifizierung der Wärmeversorgung in den nächsten Jahren können witterungsbedingt gleichzeitig Spitzenlasten in der Wärmeversorgung auftreten, wenn der Ausbau der Übertragungskapazitäten des Stromnetzes nicht ausreichend vorangetrieben wird. In solchen Fällen kann Wasserstoff die Deckung der Spitzenlasten des Wärmenetzes im Bestand in den Wintermonaten sinnvoll eingesetzt werden.

Wasserstoff soll künftig aus „überschüssigem“ grünem Strom erzeugt werden. Es wird im Zielszenario davon ausgegangen, dass ein Teil des bilanziellen Überschussstroms aus regenerativen Energien für die Bereitstellung von Wasserstoff aufgewendet wird.

Die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung führte die Maßnahmen und Ziele zur Wasserstoffentwicklung ein. Vorrangig soll der Wasserstoff als alternativer Energieträger in der Luft- und Seeschifffahrt sowie auch in der Industrie etabliert werden. Im Wärmesektor hat Wasserstoff noch keine Priorität.

## 6.11 Zwischenfazit Potenzialanalyse

Die Stadt Laupheim verfügt über einen Mix an regenerativen Energiepotenzialen zur Strom- und Wärmeerzeugung, der zu einer sicheren und klimaneutralen Energieversorgung beitragen kann.

Komplementiert werden diese erzeugungsseitigen Potenziale durch die Möglichkeit der Wärmeeinsparung durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden. Im gesamten Stadtgebiet könnten im Jahr 2040 bei einer jährlichen Sanierungsquote von 1 % im Wohnsektor rund 37 GWh weniger Wärmebedarf anfallen als im Basisjahr 2019. Dies entspricht einem Rückgang von ca. 15 % des derzeitigen Gesamtwärmebedarfs.

Abbildung 22 fasst das ermittelte technische Potenzial der regenerativen Energien und die gegenübergestellte Ist-Nutzung der regenerativen Energiequellen zusammen.

Wie in Kapitel 6.3 beschrieben, lassen sich die Abwärmepotenziale aus Industrieprozessen und Abwasserkanälen nicht in ausreichender Tiefe quantifizieren. Inwiefern sich diese Potenziale technisch und wirtschaftlich nutzen lassen, muss in weiterführenden Untersuchungen vor Ort ermittelt werden. Hierfür bieten sich beispielsweise Temperatur- und Durchflussmessungen in geeigneten Abwasserkanälen oder ein erster Abwärmecheck in ausgewählten Industrieunternehmen in räumlicher Nähe zu Netzeignungsgebieten an.

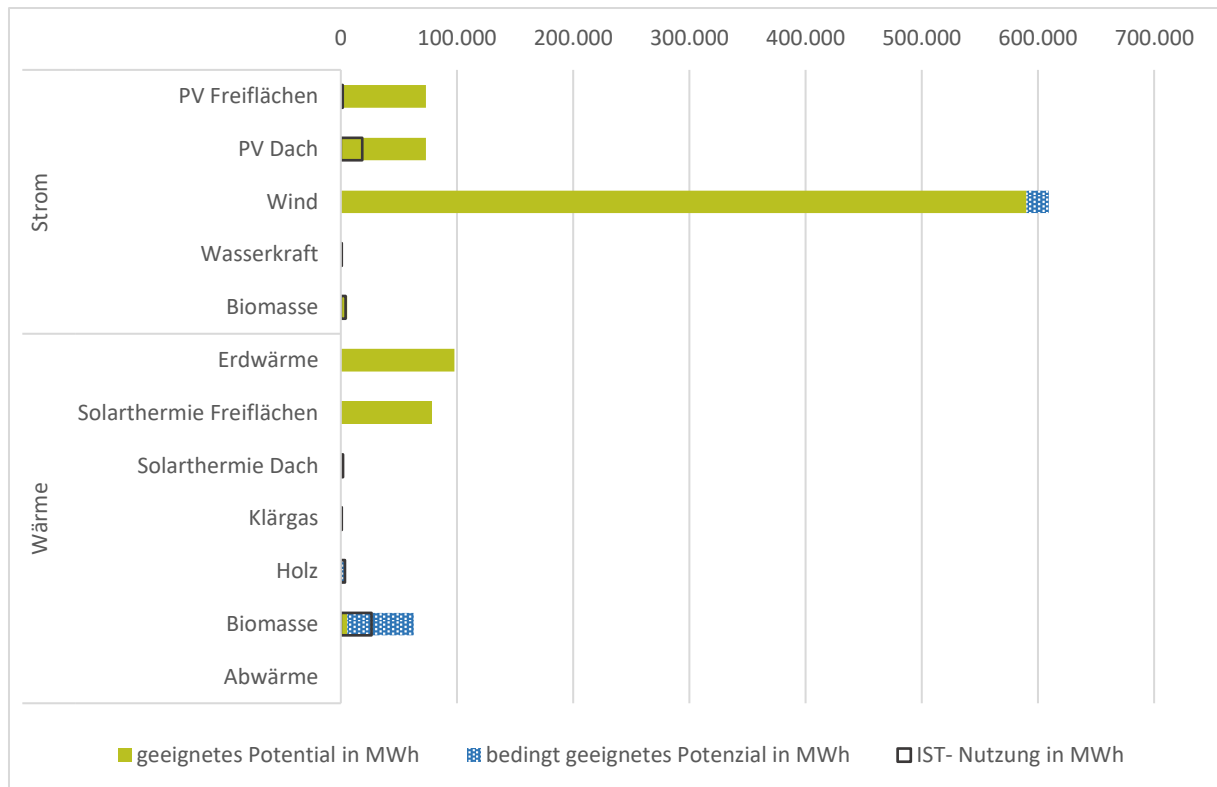


Abbildung 22: Überblick über die derzeitige Nutzung und die technischen Potenziale von regenerativen Energien im Strom- und Wärmesektor. Erdwärmepotenzial ist die entziehbare Energie in kWh/a aus dem Erdreich.

Die Wärmeengewinnung durch Oberflächengewässer bietet aufgrund der natürlichen Gegebenheiten in Laupheim kein nennenswertes Potenzial. So gibt es im Untersuchungsgebiet keine Seen mit einer ausreichenden Größe bzw. Tiefe. Die Flüsse Riß und Rottum weisen jeweils ein theoretisches Potenzial zum Wärmeentzug auf – die technische Ausnutzung dieses Potenzials muss jedoch im Einzelfall betrachtet werden.

Das geothermische Erdwärmepotenzial, das mithilfe von Erdwärmesonden und Wärmepumpen genutzt werden kann, beläuft sich auf maximal 125 GWh im Jahr<sup>3</sup>. Das entspricht mehr als einem Drittel des Wärmebedarfs im Bezugsjahr 2019 und stellt somit eine Chance zur flächendeckenden regenerativen Wärmebedarfsdeckung in Laupheim dar. Die technischen Potenziale für Erdwärmekollektoren lassen sich nicht genauer abschätzen, sollten aber in weiterführenden Untersuchungen (z.B. in energetischen Quartierskonzepten) lokal ermittelt werden. Die Umweltwärme aus der Luft wurde nicht quantifiziert, da diese Quelle praktisch unbegrenzt ist und dadurch können Luft-Wärmepumpen überall betrieben werden.

Unter regenerativen Energien nimmt Biomasse aufgrund ihrer Lagerungs- und Transportfähigkeit eine Sonderstellung für die Wärmeerzeugung ein. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass Laupheim über ein marginales Potenzial des lokalen Waldrestholzes von 3,3 GWh verfügt. Aufgrund von potenziellen Nutzungskonflikten, die sich aus der Nutzung des Biomassepotenzials in Form von landwirtschaftlichen Rohstoffen und Nebenprodukten ergeben können, ist mit einer eingeschränkten Nutzung des technischen Potenzials der landwirtschaftlichen Biomasse zu rechnen. Zudem wird ein Teil der landwirtschaftlichen Rohstoffe und Nebenprodukte in bestehenden Biogasanlagen verwertet. Das technische Biomethanpotenzial von 52 GWh kann im zukünftigen Energiemix eine wichtige Rolle im Bereich Flexibilisierung und Systemdienstleistung spielen.

<sup>3</sup> Unter Annahme von COP = 4,5 beträgt das Erdwärmepotenzial 97 GWh und der Stromverbrauchanteil 28 GWh

Biomasse und Holz spielen eine wichtige Rolle, können aber nur einen kleinen Anteil der klimaneutralen Energieversorgung decken. Das Potenzial von Altholz und Grüngut ist im Vergleich sehr gering und findet derzeit eine Verwertung.

Wasserkraft ist vernachlässigbar und bietet derzeit kein Ausbaupotenzial.

Für die zukünftige Elektrifizierung des Wärmesektors und Erzeugung vom Wasserstoff ist zusätzlich grüner Strom aus regenerativen Energien notwendig. In der Gemarkung gibt es ausreichend gutes Flächenpotenzial, um PV-Freiflächenanlagen und Windenergieanlagen zu errichten und den Strombedarf bilanziell zu decken. Das Flächenpotenzial für PV-Anlagen kann auch für Solarthermie-Freiflächenanlagen eingesetzt werden. Der Wärmeenergieertrag über Solarthermie-Anlagen in einer Entfernung von weniger als 500 m zu Gebäuden ergibt ca. 78 GWh pro Jahr. Das technische Potenzial zur Stromerzeugung auf den restlichen mit PV-Anlagen belegbaren Freiflächen beträgt 73,4 GWh.

Zudem stellen Dachflächen eine wesentliche Option zur zukünftigen Energieversorgung dar. Die Stromerzeugung mittels einer PV-Anlage ist eine relative einfach umsetzbare Alternative, um einen Teil des eigenen Strombedarfs teilweise zu decken.

Beide Sektoren, Wohnsektor sowie GHD und Sonstige, verfügen über ein großes Dachflächenpotenzial für den Ausbau von PV-Anlagen, jeweils in Höhe von 29 GWh bzw. 27 GWh. Auf den Dächern des verarbeitenden Gewerbes und der kommunalen Liegenschaften lassen sich weitere 2,8 GWh und 1,5 GWh erzeugen.

Auf den Dächern lässt sich ein Teil des Wärmeenergiepotenzials über Solarthermie-Anlagen in Höhe von 9,7 GWh decken. Das saisonal verfügbare Potenzial lässt sich ausschöpfen, indem Solarthermie-Anlagen in hybriden Lösungen mit Holzkesseln bzw. bestehenden Erdgas- oder Heizölkesseln kombiniert und ergänzt werden.

Die Potenzialbetrachtung der einzelnen Energiequellen bildet die Grundlage für die Entwicklung des klimaneutralen Zielszenarios und weiterführender Maßnahmen zur Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale.

## 7. ZIELSZENARIEN UND EIGNUNGSGEBIETE

Auf Basis der Bestandsaufnahme und der Potenzialanalyse werden nun Zielszenarien entwickelt. Dabei werden Szenarien entwickelt, wie der Wärmebedarf, der nach energetischen Sanierungen verbleibt, vollständig durch erneuerbare Energien und Abwärme gedeckt werden kann. Dafür werden die im Rahmen der Potenzialanalyse ermittelten Quellen für Wärme (sog. Wärmequellen) mit den verbliebenen Bedarfen für Wärme (sog. Wärmesenken) zusammengeführt. Darauf aufbauend werden die Eignungsgebiete für eine zentrale und dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Zudem wird aufbauend auf dem Zielszenario die Entwicklung des Gasnetzes skizziert. Das Zielszenario bildet eine wesentliche Schnittstelle für die Gestaltung der Wärmewendestrategie im nächsten Kapitel.

### 7.1 Entwicklung des Wärmebedarfs

In Kapitel 6.1.1 wurde erläutert, wie die zukünftige Wärmebedarfsentwicklung in Laupheim unter Berücksichtigung einer prozentualen Sanierungsquote von 1 % der Flächen im Sektor Wohnen abgebildet werden kann. Da die Gebäude in den Sektoren der kommunalen Gebäude und des verarbeitenden Gewerbes sowie GHD & Sonstiges bezüglich ihrer typischen Größe, Nutzung und Wärmearten eine sehr inhomogene Zusammensetzung aufweisen, kann für diese Gebäude kein einheitlicher, aggregierter Ansatz zur möglichen Wärmebedarfsreduktion verwendet werden; die Vorgaben des KEA-Technikkatalogs umfassen die Gebäude dieser Sektoren nicht. Zur Vereinfachung wurde in diesen Sektoren daher eine pauschale Bedarfsreduktion von 1 % pro Jahr angenommen. In den Sektoren der kommunalen Gebäude, GHD & Sonstiges sowie dem verarbeitenden Gewerbe kann demnach mit einer Bedarfsreduktion von 20 % bis 2040 gerechnet werden.

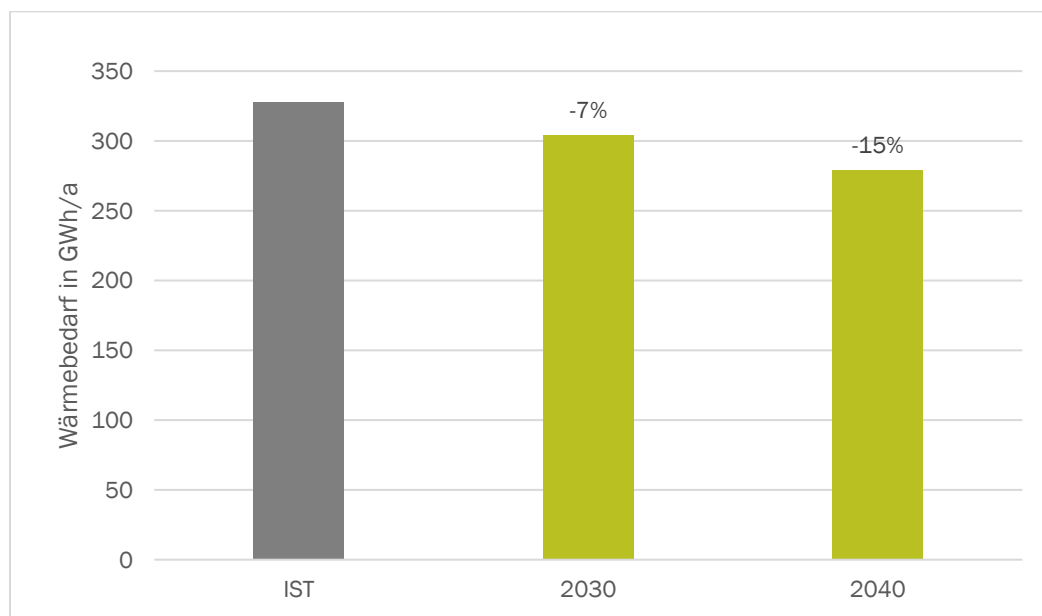


Abbildung 23: Wärmebedarfsentwicklung IST, 2030, 2040

Abbildung 23 zeigt, wie sich der Wärmebedarf unter den angegebenen Prämissen in Laupheim bis zum Jahr 2040 entwickeln wird. Insgesamt kann mit einer Wärmebedarfsreduktion von 7 % bis zum Jahr 2030 und 15 % bis zum Jahr 2040 gerechnet werden, was in absoluten Zahlen einem Wärmebedarf von 304 bzw. 279 GWh entspricht. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die energetische Gebäudesanierung ein wichtiger Baustein der Wärmewende ist, jedoch insbesondere

die große Anzahl und komplexen Entscheidungsprozesse der Akteure im Wohnsektor nahelegen, dass dieses Potenzial nur zu einem geringeren Teil gehoben werden kann.

#### Wärmebedarfsdichten bis 2040

Abgeleitet von den angenommenen Sanierungsquoten im Wohnsektor und der daraus resultierenden Wärmebedarfsreduktion lässt sich die in Kapitel 6.1.2 vorgestellte Wärmedichtekarte für die Jahre 2030 und 2040 fortschreiben. Dies dient in der nachfolgenden Festlegung der Eignungsgebiete dazu, bei der Empfehlung von Wärmenetzeignungsgebieten sicherzustellen, dass diese auch in Zukunft bei sinkendem Wärmeverbrauch wirtschaftlich betrieben werden können. Abbildung 24 zeigt die Wärmebedarfsdichten im Stadtgebiet für das Zieljahr 2040 bei einer Sanierungsquote von durchschnittlich 1 %/a. Es zeigt sich, dass auch bei fortgeschriebener Sanierung im Wohngebäudektor die bereits für das Basisjahr ermittelten Schwerpunktgebiete bestehen bleiben.

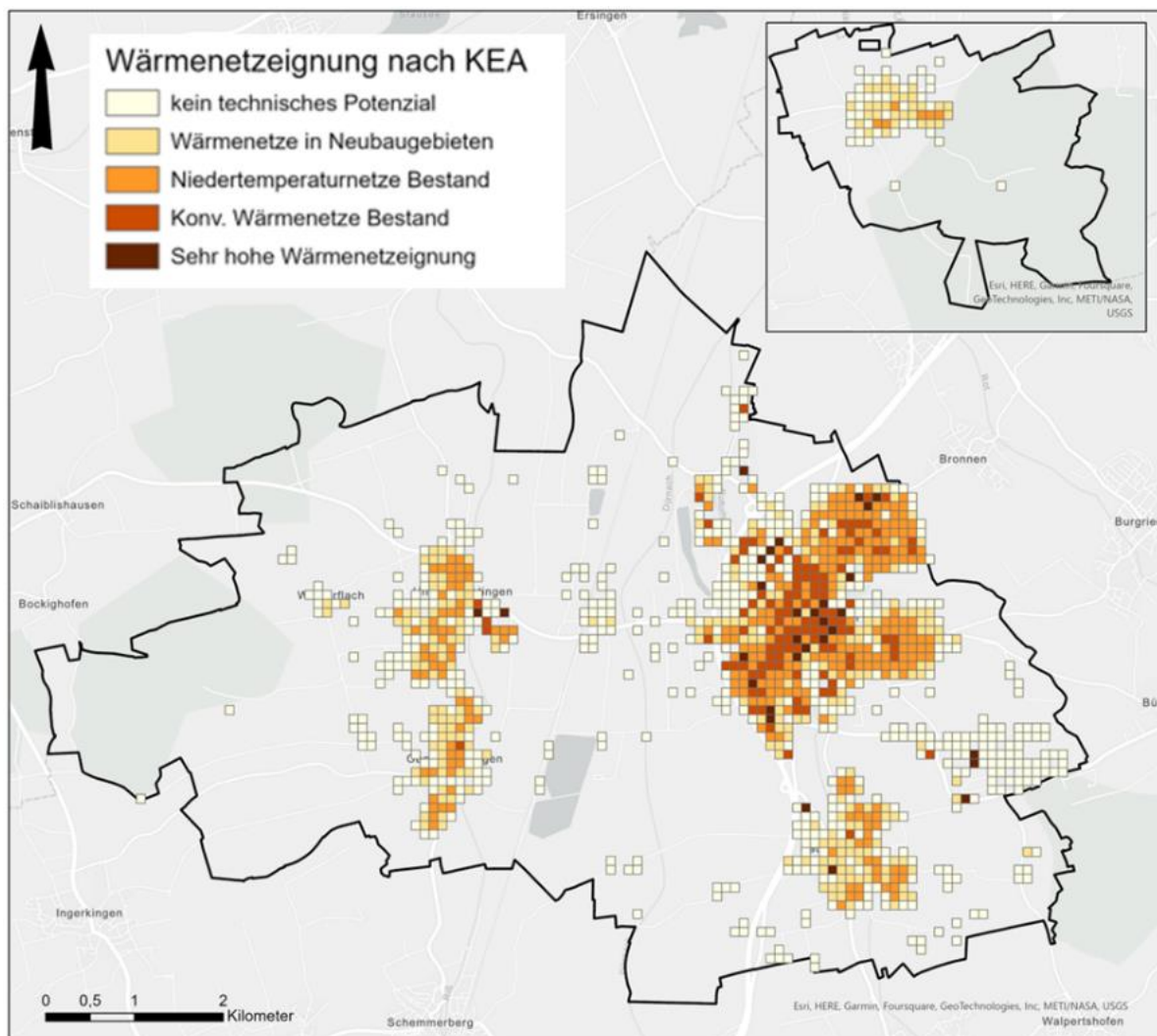


Abbildung 24: Wärmenetzeignung nach KEA BW im Jahr 2040 mit 1 % Sanierungsquote im Wohnsektor

## 7.2 Klimaneutrales Szenario 2040 und Zwischenziel 2030

Die klimaneutrale Wärmeerzeugung 2040 wird sowohl durch die kontinuierliche Reduzierung des gesamten Wärmeverbrauchs als auch durch die Umstellung der fossilen Wärmeerzeuger auf regenerative Energieerzeugung erreicht.

Für die Wärmebereitstellung 2030 und 2040 werden die technischen Potenziale der regenerativen Energien ausgewertet und räumlich in Fokusgebieten mit den Wärmesenken systematisch zusammengeführt. Für die künftige Wärmeversorgungsinfrastruktur wird eine zentrale Versorgung über Wärmenetze eine zentrale Rolle einnehmen. Gemäß des Handlungsleitfadens der kommunalen Wärmeplanung stellen Wärmenetze eine wichtige Systemdienstleistung für ein integriertes Energiesystem bereit.

### 7.2.1 Versorgungsszenario und Eignungsgebiete im Zielszenario

Künftig wird die Wärmeversorgung sowohl dezentral als auch zentral erfolgen. Welche Variante wie und wo zu verfolgen ist, wurde iterativ und methodisch nach dem Handlungsleitfaden der kommunalen Wärmeplanung der KEA-BW und dem Technikkatalog [12] erarbeitet. Das Zielszenario geht auf die Fragestellung ein, in welchen Eignungsgebieten sich welche Versorgungsoptionen eignen. Als grundlegende Entscheidungsparameter für die Bestimmung der Eignungsgebiete wurden dabei die folgenden wesentlichen Kriterien herangezogen:

- Wärmebedarfsdichte je Hektar 2040
- Siedlungsstruktur und Wärmeverbrauchstruktur
- Ankerkunden (große Wärmeverbraucher)
- Bestehende Wärmeversorgungsinfrastruktur
- Gebäudetypologie, -alter, -funktion
- Baujahr Heizungsanlagen
- Anforderungen an Temperaturniveaus
- Technisches Potenzial regenerativer Energien
- Geographische und infrastrukturelle örtliche Gegebenheiten
- Anforderungen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) an Wasserstoff- und Biomassenutzung im Wärmenetz [45]

Die Entwicklung der Versorgungsstrukturszenarien zur Erreichung der Klimaneutralität 2040 in Laupheim basiert sowohl auf der Bestands- und Potenzialanalyse, örtlichen Gegebenheiten als auch auf den bundesweiten und landesweiten Szenarioanalysen. Die sektoralen Transformationspfade von den Studien „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ [16] und „Sektorkonzepte 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ [46] bilden einen Rahmen zur Gestaltung der Versorgungsstrukturszenarien für das Stadtgebiet und für die einzelnen Eignungsgebiete. Auf dieser Basis wurden folgende Leitplanken für die Entwicklung der Versorgungsszenarien gebildet:

- Die zentralen Energieträger in dem klimaneutralen Zielszenario sind erneuerbarer Strom, Umweltwärme, grüner Wasserstoff und nachhaltig erzeugte Biomasse (inkl. Biogas).
- Eine Elektrifizierung der Wärmeerzeugung ist die tragende Säule der Dekarbonisierung des Wärmesystems.
- Zur bilanziellen Deckung des Bedarfs an grünem Strom und zur Elektrifizierung der Wärmeerzeugung wird Photovoltaik und nach Möglichkeit Windenergie ausgebaut.
- Aufgrund des abnehmenden Potenzials holzartiger Biomasse geht der Einsatz der Biomasse für die Wärmeversorgung im Wohnsektor langfristig zurück. In Gebäuden, in denen

Wärmepumpen weniger geeignet sind und die nicht in absehbarer Zeit ans Wärmenetz angeschlossen werden können, kann das regional bezogene Holz sinnvoll eingesetzt werden.

- Die Wärme im Wärmenetz wird zum Großteil über grüne Gase, Holzheizwerke und Großwärmepumpen gedeckt.
- Biogas und grüner Wasserstoff werden als hochwertige und in begrenzter Menge verfügbare Energieträger in Prozessen (z.B. Anforderungen an sehr hohe Temperaturprozesse, Nahwärme) genutzt.
- Der zukünftige Prozesswärmebedarf wird im Temperaturbereich bis etwa 150 °C über Höchsttemperatur-Wärmepumpen gedeckt.
- Sole-Wasser-Wärmepumpen werden in Stadtteilen mit ausgewiesenen technischen Erdwärmesondenpotenzialen zur zentralen und dezentralen Wärmeversorgung beitragen.
- Luft-Wasser-Wärmepumpen kommen bei Einzelversorgungslösungen in Stadtteilen zum Einsatz, in denen das Erdwärmepotenzial als unzureichend klassifiziert wurde oder keine netzgebundene Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien technisch-wirtschaftlich realisierbar ist.

Unter diesen Rahmenbedingungen und auf Basis der oben aufgelisteten Entscheidungsparameter wurden Eignungsgebiete mit zentralen und dezentralen Wärmeversorgungslösungen methodisch ermittelt. Die Ausweisung der zentralen und dezentralen Eignungsgebiete und die Erfassung der Versorgungsschwerpunkte erfolgte wie nachfolgend erläutert:

- (1) Zonierung der zentralen Versorgungsgebiete anhand von Entscheidungsparametern wie den Wärmedichtegrenzwerten, großen Verbrauchern, Siedlungsstruktur
- (2) Grobe Dimensionierung eines Wärmenetzes und Einschätzung der Wärmeverteilungskosten
- (3) Technische- und wirtschaftliche Betrachtung der zentralen hybriden Wärmeversorgungs-lösungen
- (4) Optimierung der Zonierung anhand der Wärmeherzeugungskosten unter Berücksichtigung verschiedenen Anschlussquoten an das Nahwärmenetz und anderen Entscheidungsparametern (siehe Abbildung 25 - Abbildung 28)
- (5) Aufbauend auf den Entscheidungsparametern: Zonierung der dezentralen Versorgungsgebiete (siehe Abbildung 29)
- (6) Entwicklung der Versorgungsszenarien für die gesamte Stadt Laupheim und einzelne dezentrale Eignungsgebiete (siehe Abbildung 30)
- (7) Grobe Einschätzung der durchschnittlichen Wärmeherstellungskosten von dezentralen und zentralen Wärmeversorgungslösungen (siehe Teilgebiets-Steckbriefe im Anhang)
- (8) Räumlicher Abgleich zwischen der künftigen Versorgungsstruktur und dem lokalen Potenzial der regenerativen Energiequellen (siehe Kap. 7.2.2)
- (9) Erstellung von Energie- und THG-Bilanz des zukünftigen Energie- und Wärmebedarfes (siehe Kap. 7.2.3 und 7.2.4)

Das dargestellte Vorgehen erfolgte in mehreren Schleifen. Im Verlauf der kommunalen Wärmeplanung wurden mehrfach Gespräche mit den Stadtwerken Laupheim geführt und die Ergebnisse der Vorgehensweise und Zielszenarien abgestimmt.

Auf der Grundlage lassen sich vier Eignungsgebiete für zentrale Wärmeversorgung ausweisen, siehe Abbildung 29. In einem Gebiet gibt es bereits ein kleines Wärmenetz, das aufgrund der hohen Wärmedichte in benachbarten Quartieren ausgebaut werden kann.

Auf Basis der Vorgaben des Technikcatalogs der KEA-BW wurden für diese vier Gebiete Wärmeherstellungskosten (die Summe von Verteil- und Wärmeherzeugungskosten) für potenzielle Wärmeherzeugungslösungen ermittelt. Die Kosten für die Versorgung mit Wärmenetzen variieren nach den

örtlichen Gegebenheiten. Einen wesentlichen Einfluss auf die Vollkosten bzw. die Verteilkosten hat die Entwicklung der Wärmebedarfsdichte und Anschlussrate der Gebäude im Wärmenetz.

Die Verteilkosten setzen sich aus den Investitionskosten in Hauptleitung, Hausanschlussleitungen und Übergabestationen zusammen. Diese Kosten wurden in Abhängigkeit von pauschalen Anschlussraten (50 %, 70 % und 100 %) und unter Berücksichtigung der Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen bestimmt. Bei der Betrachtung der Wärmeerzeugung wurden die Investitionskosten der Heizungsanlagen, Wärmequellenerschließung sowie Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten berücksichtigt. Die Grundlage für die Betrachtung der Vollkosten liefert der Technikatalog der KEA-BW. Da viele Parameter zu diesem Zeitpunkt auf Annahmen (z.B. Wärmebedarf, Anschlussrate, Investitionen, Betriebs- und Verbrauchskosten etc.) basieren, ist nur eine grobe Einschätzung der Wärmegestehungskosten möglich.

Abbildung 25 bis Abbildung 28 stellen die Wärmekosten für ein Nahwärmenetz in vier Eignungsgebieten in Abhängigkeit von einer Anschlussquote im Vergleich zu den durchschnittlichen Wärmegestehungskosten einer Einzelversorgungslösung mit Luft-Wärmepumpen dar. Eine Voraussetzung für die effiziente Nutzung von Wärmepumpen ist eine energetische Sanierung der Gebäude.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass im Falle einer hohen Anschlussquote an das Wärmenetz eine sehr effiziente und kostengünstige Wärmeversorgung sowohl 2030 als auch 2040 möglich ist. Der Vergleich der Wärmekosten für den Zeitpunkt 2030 lässt vermuten, dass die Nahwärmenetzkosten ab einer Anschlussrate von mindestens 70 % im Vergleich zu einer Luftwärmepumpe konkurrenzfähig sind. Zum Zeitpunkt 2040 liegen die Wärmegestehungskosten für die dezentrale und zentrale Wärmeversorgung sehr nah.

Im Rahmen der groben Wärmekostenanalyse kann lediglich die Aussage getroffen werden, dass in den Nahwärmeversorgungsgebieten für eine ausreichend hohe Anschlussrate der Gebäude an das Wärmenetz gesorgt werden muss, damit die Investitionen in Wärmenetzinfrastruktur und Wärmeerzeuger konkurrenzfähig werden.

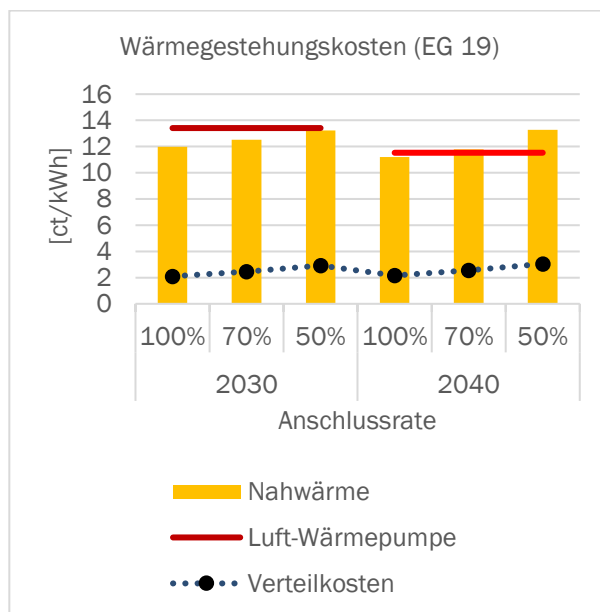


Abbildung 25: Wärmegestehungskosten für zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsgebiete im Eignungsgebiet 19

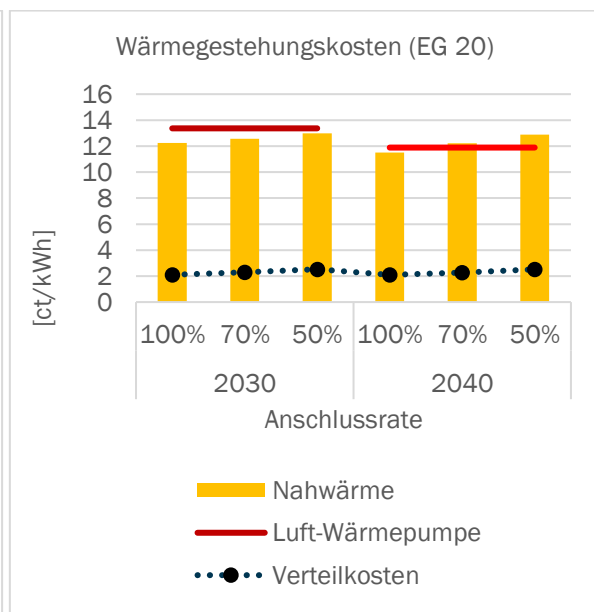


Abbildung 26: Wärmegestehungskosten für zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsgebiete im Eignungsgebiet 20

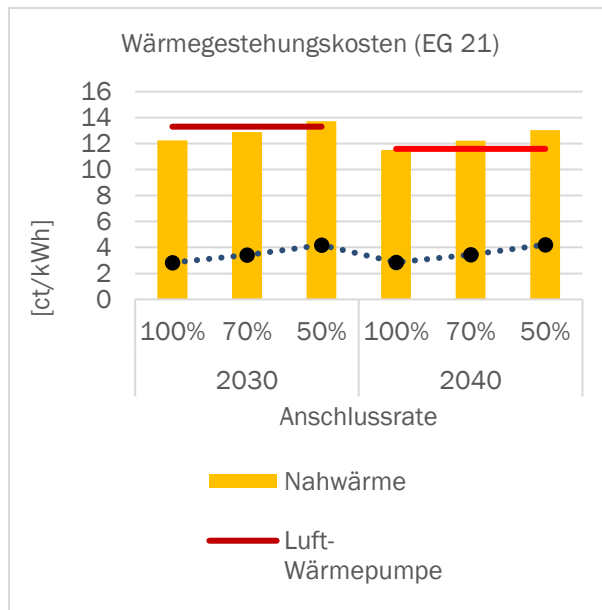


Abbildung 27: Wärmegestehungskosten für zentrale und dezentrale Wärmeversorgungs-lösung im Eignungsgebiet 21

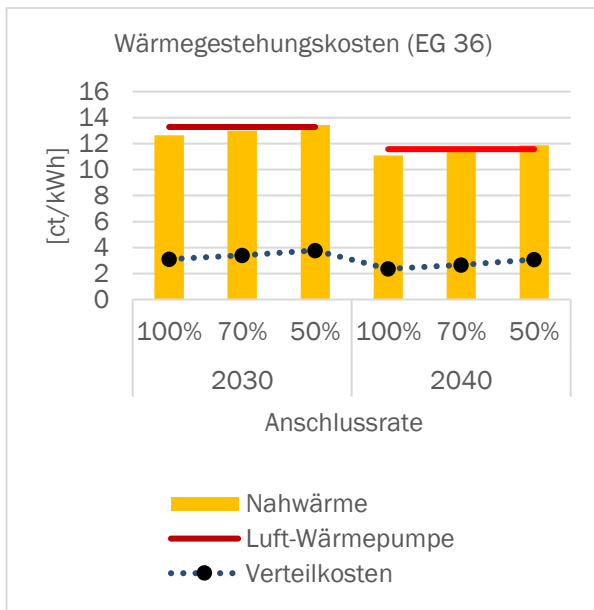


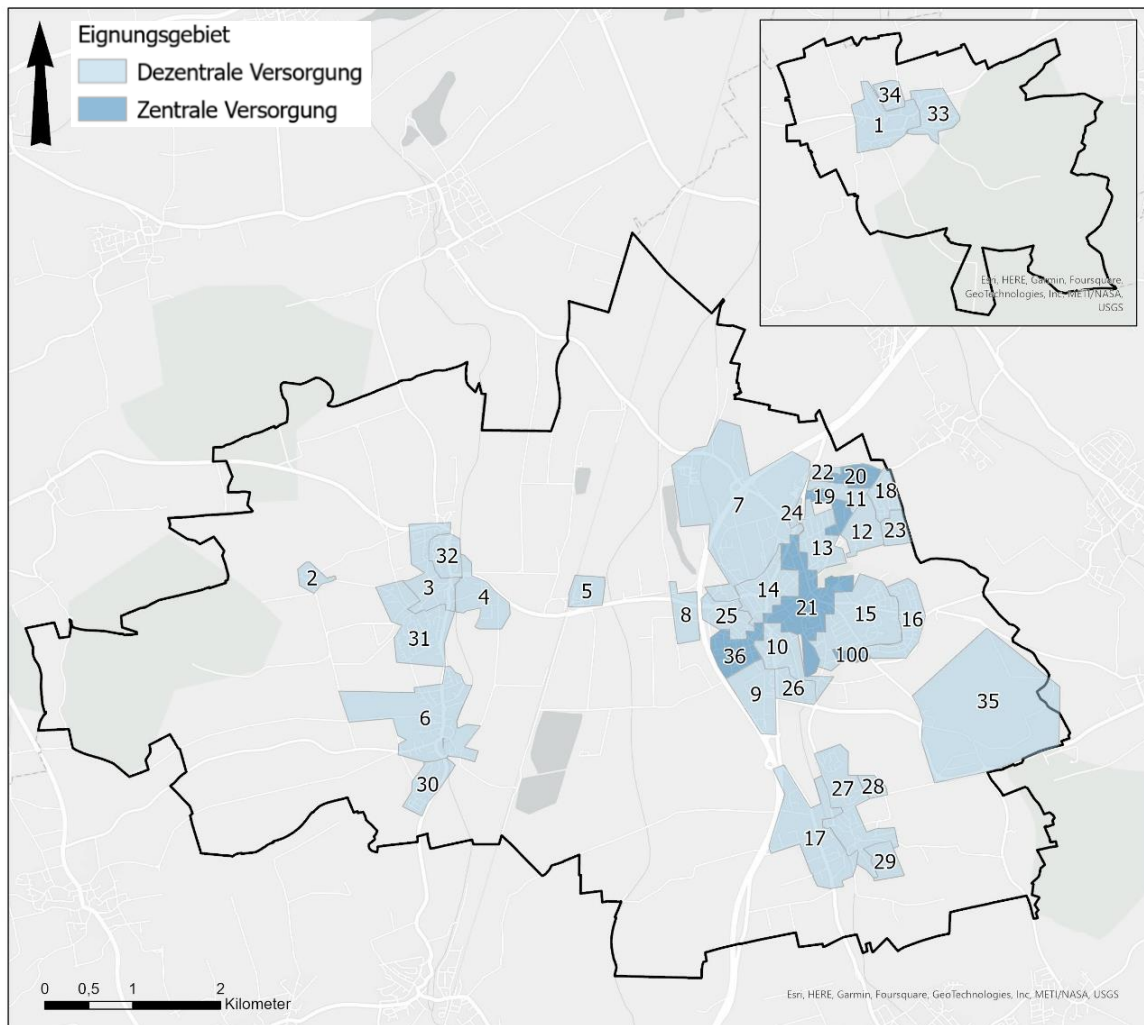
Abbildung 28: Wärmegestehungskosten für zentrale und dezentrale Wärmeversorgungs-lösung im Eignungsgebiet 36

Da ca. 70 % der fossilen Heizungen vor 2010 in den Fokus-Wärmenetzgebieten eingebaut wurden, werden sie zeitnah ausgewechselt werden müssen – hier bietet sich die Chance für einen Wechsel zur Nahwärmenetzversorgung. Um Lock-in Effekte zu vermeiden und hohe Anschlussquoten zu sichern, müssen die Netze zügig geplant werden. Somit müssen die Potenziale und die Realisierbarkeit des Nahwärmenetzes im Rahmen einer Machbarkeitsstudie (z.B. im Rahmen des BEWs) tiefer ermittelt werden. Dabei ist es wichtig, dass die Stadt die Bürgerinnen und Bürger über den geplanten Ausbau von Wärmenetzen frühzeitig und umfassend informiert (siehe Kap. 8.2).

Abbildung 29 stellt das Ergebnis des Zonierungsverfahrens Eignungsgebiete für dezentrale und zentrale Wärmeversorgung dar. Aus der Zusammenführung von technischem Potenzial der regenerativen Energien mit den Wärmesenken (Gebäude) ergeben sich Fokusgebiete für die Wärmeversorgungs-szenarien. Die Wärmeversorgungsgebiete 2040, dargestellt in Abbildung 30, geben eine Orientierung des am stärksten ausgeprägten und zu dem Zeitpunkt quantifizierbaren Potenzials regenerativer Wärmequellen. Sowohl in zentralen als auch dezentralen Versorgungsgebieten kommt ein Mix an regenerativen Energien zum Einsatz.

Die Teilgebietssteckbriefe geben zudem einen Überblick über alle Potenziale in den Eignungsgebieten und deren mögliche Nutzung im Zielszenario 2040.

Vier große Eignungsgebiete mit insgesamt 21 % des prognostizierten Wärmebedarfs im Jahr 2040 wurden als geeignet für den Ausbau eines Wärmenetz identifiziert. Je nach Gebietsgegebenheiten und je nach lokalem Potenzial kommt in Wärmenetzgebieten ein Energieträgermix aus Erdwärme sowie Holz, Biogas sowie Erdgas als redundante Quelle bis 2040 zum Einsatz. Der Wärmebedarf nach Energieträger und die gesamte Menge von den eingesetzten Energieträgern in den Nahwärmenetzgebieten werden in Abbildung 34 und Abbildung 36 dargestellt.



**Abbildung 29: Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung**

Aus der Karte, Abbildung 30, kann abgelesen werden, dass in sechs Ortsteilen aufgrund des ausreichenden technischen Potenzials die Einzelversorgung überwiegend mit Sole-Wasser-Wärmepumpen gedeckt werden wird. In diesen Gebieten kommen zudem auch punktuell andere regenerative Wärmequellen wie Biogas oder Umgebungsluft zum Einsatz. In zwei Eignungsgebieten (nummeriert 2 und 5) besteht bereits ein lokaler Wärmenetzanschluss an Biogasanlagen und BHKW-Anlagen.

In vielen Gebieten, in denen das Erdwärmepotenzial weniger als 50 % des gesamten Wärmebedarfs im Eignungsgebiet decken kann, wird die dezentrale Wärmebereitstellung zum Großteil über Luft-Wasser-Wärmepumpen gedeckt.

In diesen Eignungsgebieten werden Erdwärmequellen nach Verfügbarkeit des technischen Potenzials über Sole-Wasser-Wärmepumpen erschlossen werden. Je nach energetischem Gebäudesanierungspotenzial werden punktuell auch andere regenerative Wärmeerzeuger (z.B. Holzkessel mit Solarthermie) eingesetzt.

Aufgrund der verfügbaren technischen Potenziale wird die Erdwärme hier die am häufigsten genutzte Wärmequelle (45 % der gesamten Wärmebedarf 2040) sein. Die Voraussetzung für die effiziente Nutzung der oberflächennahen Geothermie bzw. der Umgebungsluft ist in allen Eignungsgebieten eine energetische Gebäudesanierung und Absenkung der Vorlauftemperaturen des Heizsystems.

In vier Gebieten mit dem Schwerpunkt Gewerbe und Industrie wird die Wärmeversorgung mit Hochtemperatur-Wärmepumpen und grünen Gasen wie Wasserstoff und Biomethan gedeckt werden.

Allerdings kann Wärme aus Bioenergie nur eingeschränkt nachhaltig erzeugt werden und sollte daher nur ausgewählten Anwendungsbereichen zugutekommen, in denen andere Wärmeerzeugungsoptionen nicht möglich sind.

In vereinzelt Wohngebäuden wird die Wärme über Luft- bzw. Sole-Wasser-Wärmepumpen gedeckt. Zudem ist in allen Versorgungsgebieten ein Mix aus regenerativen Energieträgern und hybriden Wärmeerzeugungslösungen möglich.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung des Zielszenarios die Potenziale der Abwärme aus Industrieprozessen und Abwasserkanälen noch nicht in ausreichender Tiefe quantifiziert werden konnten, wurden diese Potenziale bei Wärmeversorgungszenarien und Energiebilanz nicht mitberücksichtigt.

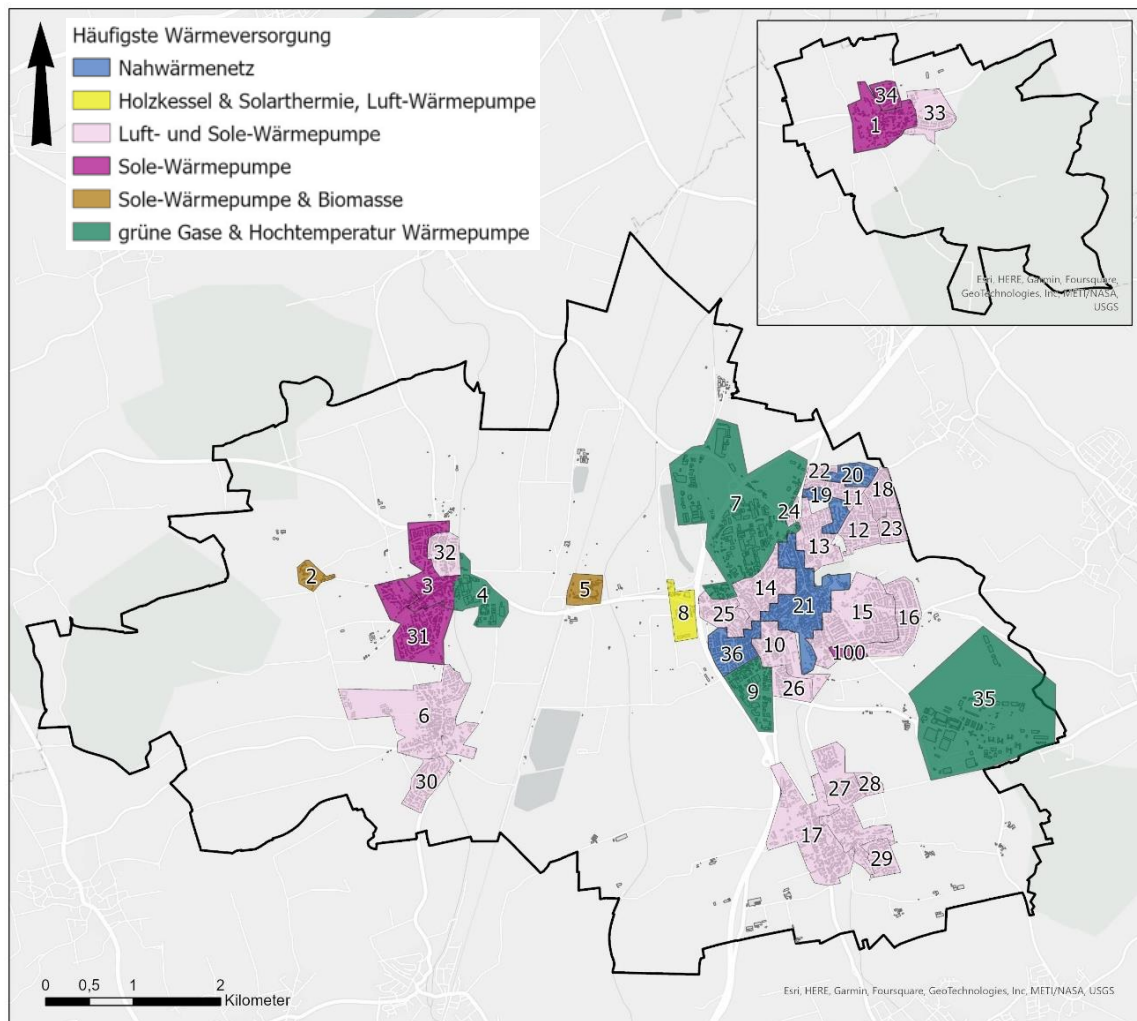


Abbildung 30: Häufigste Schwerpunkttechnologie zur Gebäudebeheizung der Eignungsgebiete

### 7.2.2 Nutzung der Potenziale im Zielszenario

Das Potenzial der regenerativen Energien, das im Wärmeversorgungsszenario dargestellt wurde, lässt sich anhand der Abbildung 31 zusammenfassen.

Die dezentrale und zentrale Wärmebereitstellung lässt sich größtenteils über Erdwärme-Wärmepumpen decken, und somit wird das technische Potenzial der Erdwärmesonden zu 70 % ausgeschöpft. Zudem kann ein Teil des erforderlichen Strombedarfs von rund 25,8 GWh für den Betrieb von dezentralen Wärmepumpen über PV-Anlagen auf Dachflächen gedeckt werden.

Die Ausschöpfung des technischen Potenzials der Solarthermie auf Dachflächen wird aufgrund der Saisonalität nur punktuell erfolgen und überwiegend in Kombination mit dezentralen Holz- bzw. Pelletkesseln sowie bestehenden Heizöl- oder Gaskesseln. Die Dachflächen werden überwiegend

für PV-Anlagen eingesetzt, da der Strom flexibler auch zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden kann.

Aufgrund der großen Entfernung zu Wärmenetzgebieten wurde das Potenzial der großflächigen Solarthermie im Zielszenario nicht mitberücksichtigt.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass die Stadt über ein marginales Potenzial des lokalen Waldrestholzes verfügt. Von daher kann das derzeitige technische Waldrestholzpotenzial den Bedarf im Zielszenario bis zu 60 % abdecken. Rund 3,3 GWh des Holzbedarfs wird in der Nahwärmeversorgung zur Spitzenlastabdeckung benötigt, und ca. 3,4 GWh werden punktuell in dezentralen Wärmeerzeugern zum Einsatz kommen.

In der Zukunft werden Erdgas und Heizöl bei Hochtemperaturanwendungen, besonders in den Gewerbe- und Industriegebieten, durch grüne gasförmige Brennstoffe ersetzt. Zudem besteht der Bedarf an Biogas bzw. Biomethan in multivalenten Wärmeversorgungs-lösungen für Nahwärme. Der gesamte Bedarf an Biomethan von 36,8 GWh könnte mit der bereits im Stadtgebiet erzeugten Biogasmenge gedeckt werden (siehe Abbildung 33 und Abbildung 35).

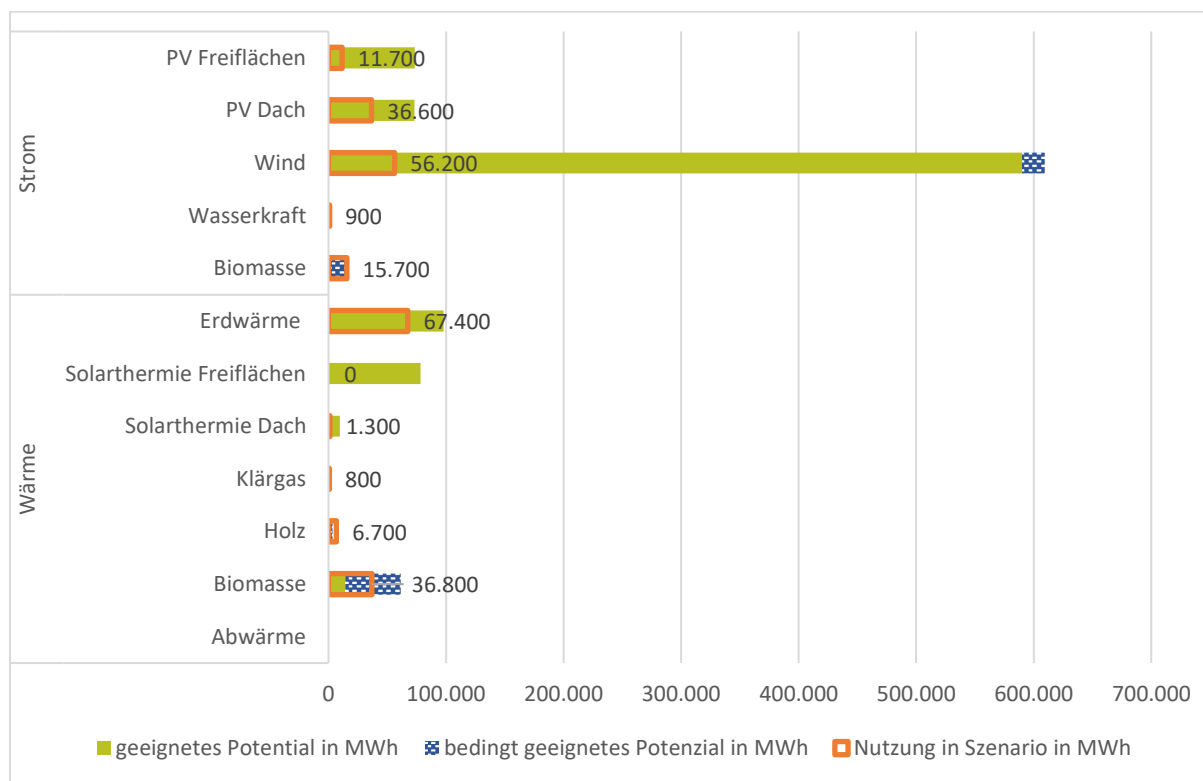


Abbildung 31: Überblick über die technischen Potenziale von regenerativen Energien und die Nutzung im Zielszenario 2040. Erdwärmepotenzial ist die entziehbare Energie in kWh/a aus dem Erdreich ohne Strombezug.

Für die zukünftige Elektrifizierung des Wärmesektors und Bilanzierung der Erzeugung von Wasserstoff ist zusätzlich grüner Strom aus regenerativen Energien von 72 GWh notwendig (siehe Abbildung 32). Um den Bedarf zu decken, kann das Flächenpotenzial genutzt werden.

Mit dem Klimaschutzgesetz hat sich Baden-Württemberg verpflichtet, zwei Prozent der Landesfläche für Windenergie und Freiflächenphotovoltaik auszuweisen. Daher wurde im Bereich Stromerzeugung eine theoretische Annahme getroffen, dass 0,2 % der Gemarkungsfläche mit PV-Freiflächenanlagen und 1,8 % der Gemarkungsfläche mit Windkraftanlagen belegt werden. Die Größenordnung für die Windkraftanlagen erscheint zum jetzigen Zeitpunkt unwahrscheinlich, weshalb hier verstärkt nach Alternativen im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung gesucht werden muss. So könnten im Jahr 2040 ca. 67 GWh grüner Strom erzeugt werden und somit 93 % des

Strombedarfs bilanziell gedeckt werden. Ein Teil des Strombedarfs für dezentrale Wärmepumpen lässt sich zudem über das Dachflächenpotenzial für PV-Anlagen decken.

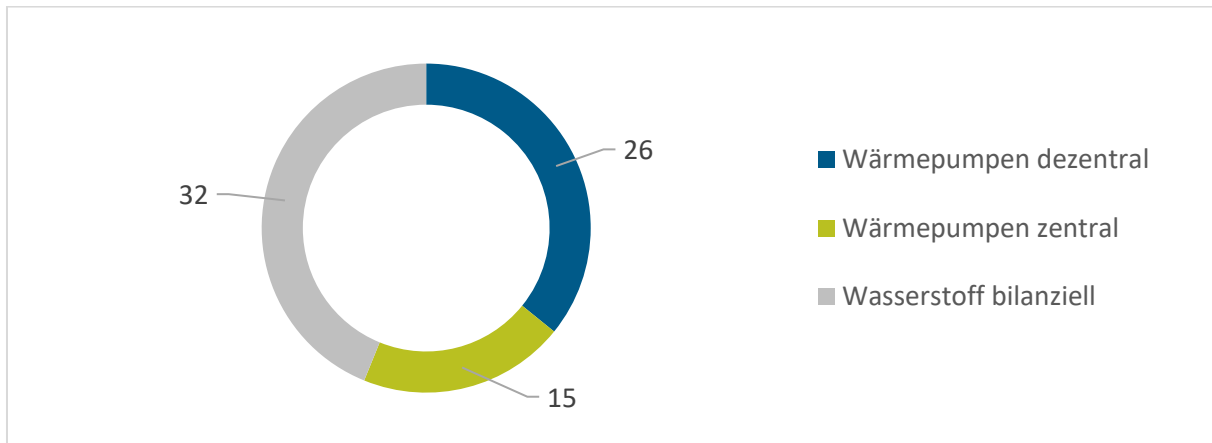


Abbildung 32: Überblick über den Bedarf an regenerativen Energien für Deckung der elektrifizierten Wärmeerzeugung in GWh im Zielszenario 2040

### 7.2.3 Energie-Bilanz 2030 und 2040

Bis 2030 wird in vier der Fokus-Wärmenetzgebieten durchschnittlich 70 % des Wärmebedarfs über Heizungsanlagen bereitgestellt, die vor 2010 eingebaut wurden. Daher wurde eine Annahme für das Zwischenszenario getroffen, dass diese Gebäude ans Nahwärmenetz 2030 angeschlossen werden und somit wird der Anteil des Wärmebedarf von 70 % über Nahwärmenetze energetisch bilanziert wird. 2040 wird in vier Eignungsgebieten für einen Wärmeverbund die Anschlussrate von 100 % angenommen.

Basierend auf der Wärmeverbrauchsreduktion, dem Baujahr der bestehenden Wärmerzeuger und der künftigen Wärmeversorgungsstruktur in den Eignungsgebieten (siehe Abbildung 30) wurde eine Energie- und THG-Bilanz für das Zielszenario (2040) und das Zwischenszenario (2030) erstellt.

Der gesamte Wärmebedarf sowie der benötigte Endenergiebedarf nach Energieträger für 2019 (Ist-Zustand) sowie 2030 und 2040 werden anhand der Abbildung 33 und Abbildung 34 abgebildet. Für KWK-Anlagen, die Strom und Wärme erzeugen, wurde dabei der Anteil des Endenergiebedarfs der Brennstoffe bilanziert, der zur Wärmeerzeugung verbraucht wird.

Es ist ersichtlich, dass der Bedarf an fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas kontinuierlich sinkt und bis 2040 durch regenerative Energien vollständig ersetzt werden kann.

Aus der Abbildung 33 ist abzulesen, dass in den Einzelversorgungsgebieten Luft- und Erdwärmepumpen eine dominierende Rolle spielen werden. Ein Drittel der dezentralen Wärmebereitstellung wird 2040 über Luft-Wasser-Wärmepumpen und ein Drittel über Sole-Wasser- Wärmepumpen gedeckt.

Der Bedarf an Holz in den dezentralen Wärmerzeugern sinkt von 2019 bis 2040 kontinuierlich um ca. 60 %. Infolge der energetischen Sanierung und einer möglichen Absenkung der Systemtemperatur werden Holzkessel durch Wärmepumpen ersetzt. Der verbleibende Einsatz von Holz in Holzkesseln wird teilweise reduziert, da ein Teil der Wärmeenergie im Sommer und in Übergangszeiten von Solarthermie (in hybriden Wärmeversorgungslösungen) gedeckt werden kann.

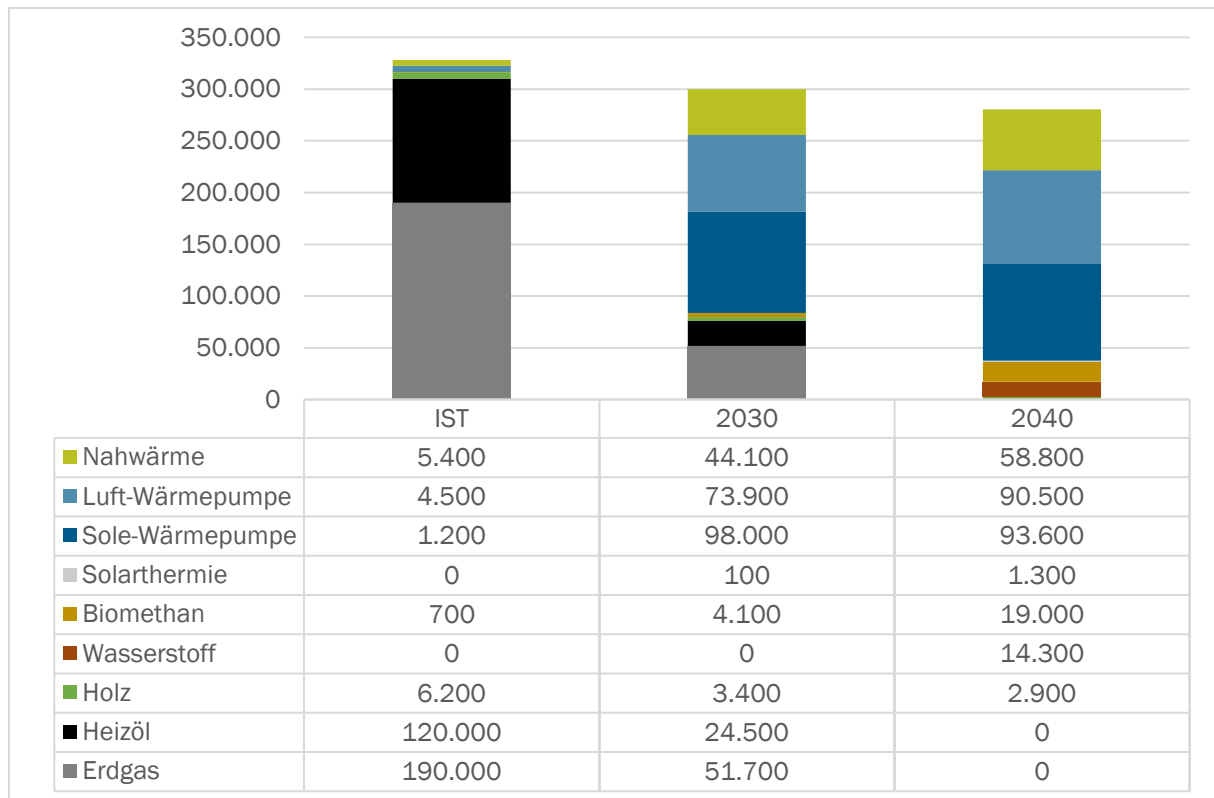


Abbildung 33: Wärmebedarf in MWh/a nach Energieträger für IST, 2030 und 2040

Abbildung 34 stellt den gesamten Wärmebedarf nach Energieträger in den Wärmenetzgebieten dar. Im Gegenteil wächst der Bedarf an Holz für die zentrale Wärmeversorgung, wie Abbildung 34 zeigt. Für die Grundversorgung werden große Wärmepumpen eingesetzt. Biogas bzw. Biomethan werden für die Abdeckung der Spitzenlast benötigt, um einen Teil der Nahwärme besonders in den Wintermonaten bereitzustellen.

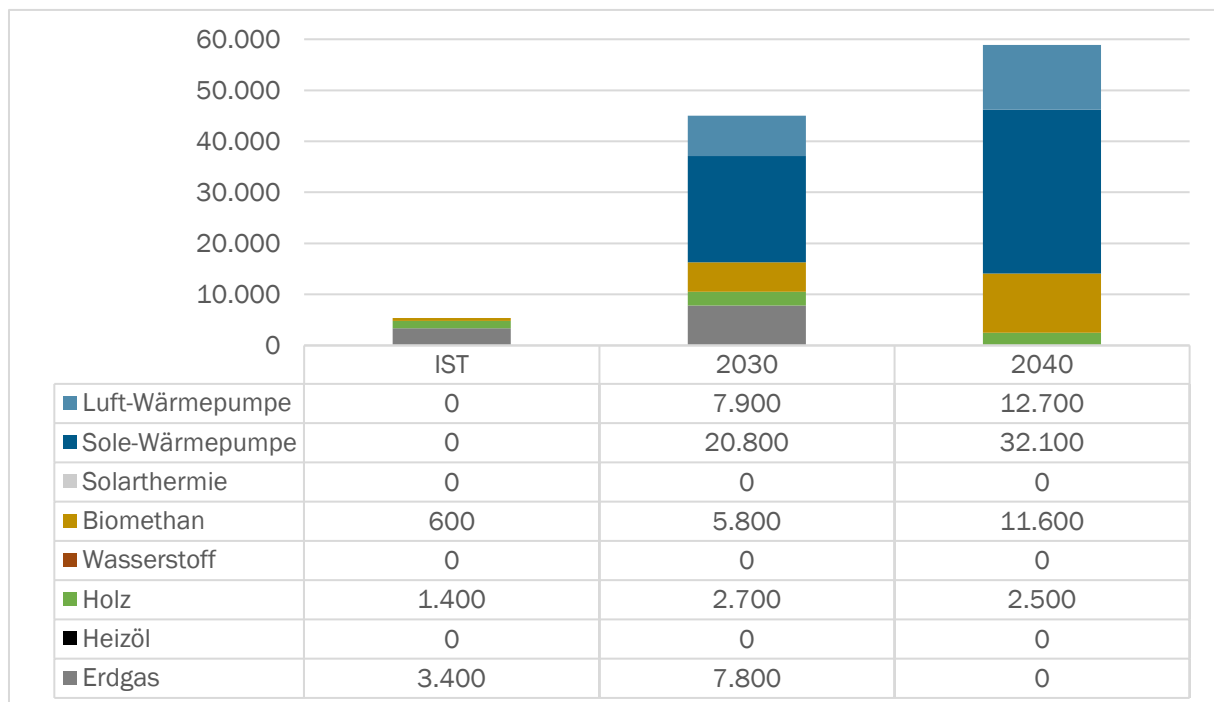


Abbildung 34: Wärmebedarf im Nahwärmenetz in MWh/a nach Energieträger für IST, 2030 und 2040

Der Endenergiebedarf für die gesamte Wärmebereitstellung ist in Abbildung 35 abgebildet. Es ist ersichtlich, dass sich der gesamte Energiebedarf bis 2040 um ca. 60 % reduziert, was in absoluten Zahlen einem Endenergiebedarf von 363 und 127 GWh entspricht. Die Entwicklung lässt sich dadurch erklären, dass der Wärmebedarf im Zuge der energetischen Sanierung sinkt und die Wärmepumpen mit einer hohen Effizienz Wärme aus dem Strom bereitstellen.

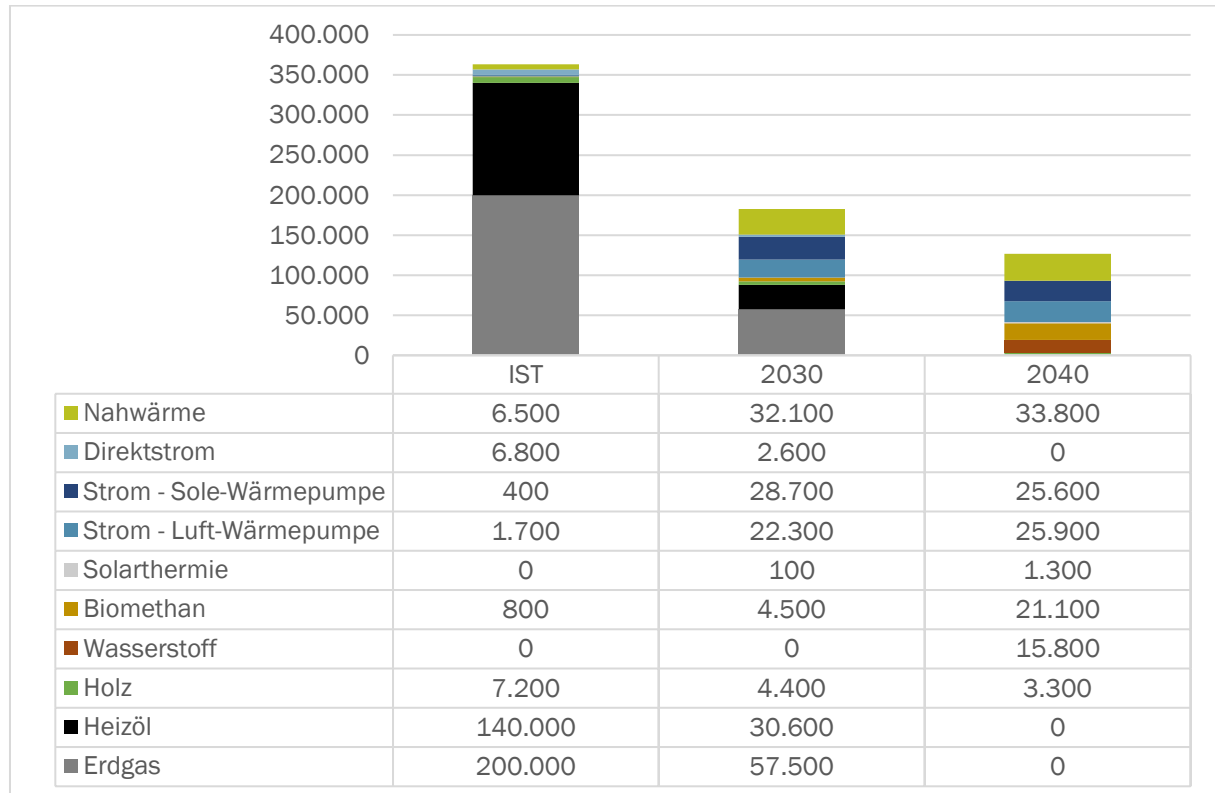


Abbildung 35: Endenergiebedarf für Wärmeerzeugung in MWh/a nach Energieträger für IST, 2030 und 2040

Der Bedarf an regenerativen Energieträgern im Nahwärmenetzgebieten wächst kontinuierlich wie in Abbildung 36 dargestellt ist. Der Erdgasbedarf wird perspektivisch durch Biomethan und andere regenerative Quellen verdrängt.

Abbildung 37 und Abbildung 39 zeigen den Bedarf an Energieträgern und den Wärmebedarf 2030 aufgeschlüsselt nach Sektoren. Die fossilen Brennstoffe werden 2030 in allen Sektoren eingesetzt. Allerdings werden die fossilen Heizungen durch klimafreundliche und zukunftsfähige Wärmeerzeuger ersetzt.

Den Bedarf an Energieträgern und den Wärmebedarf 2040 aufgeschlüsselt nach Sektoren wird in Abbildung 39 und Abbildung 40 dargestellt.

Biomethan und Wasserstoff werden punktuell für die Erzeugung von Hochtemperaturwärme in industriellen Betrieben und im Nahwärmenetz benötigt, siehe Abbildung 39 und Abbildung 40.

Die Anwendung von Wärmepumpen (inkl. Hochtemperatur-Wärmepumpen) steigt und findet in allen Sektoren statt. Im Wohnsektor wird die Wärme überwiegend über Nahwärmenetze und Wärmepumpen bereitgestellt, siehe Abbildung 40. Es ist ersichtlich, dass kommunale Liegenschaften und GHD-Sektor von dem Ausbau der Nahwärmeversorgung energetisch profitieren.

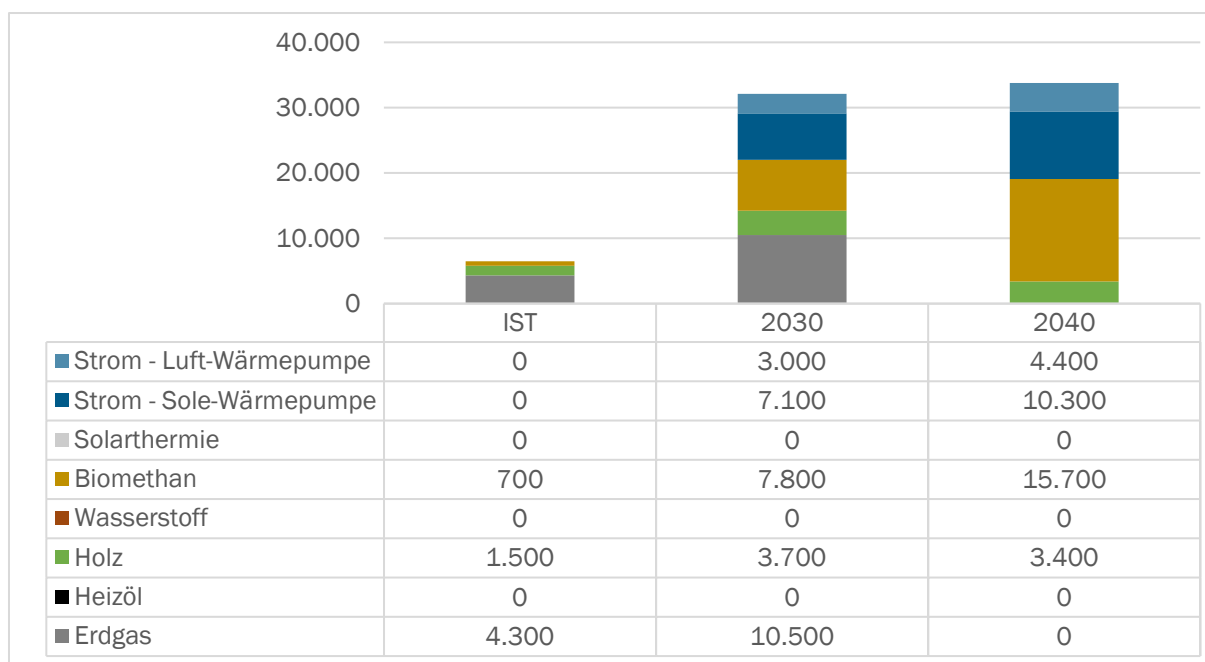


Abbildung 36: Endenergiebedarf nach Energieträger im Nahwärmeversorgungsnetz in MWh/a für IST, 2030 und 2040

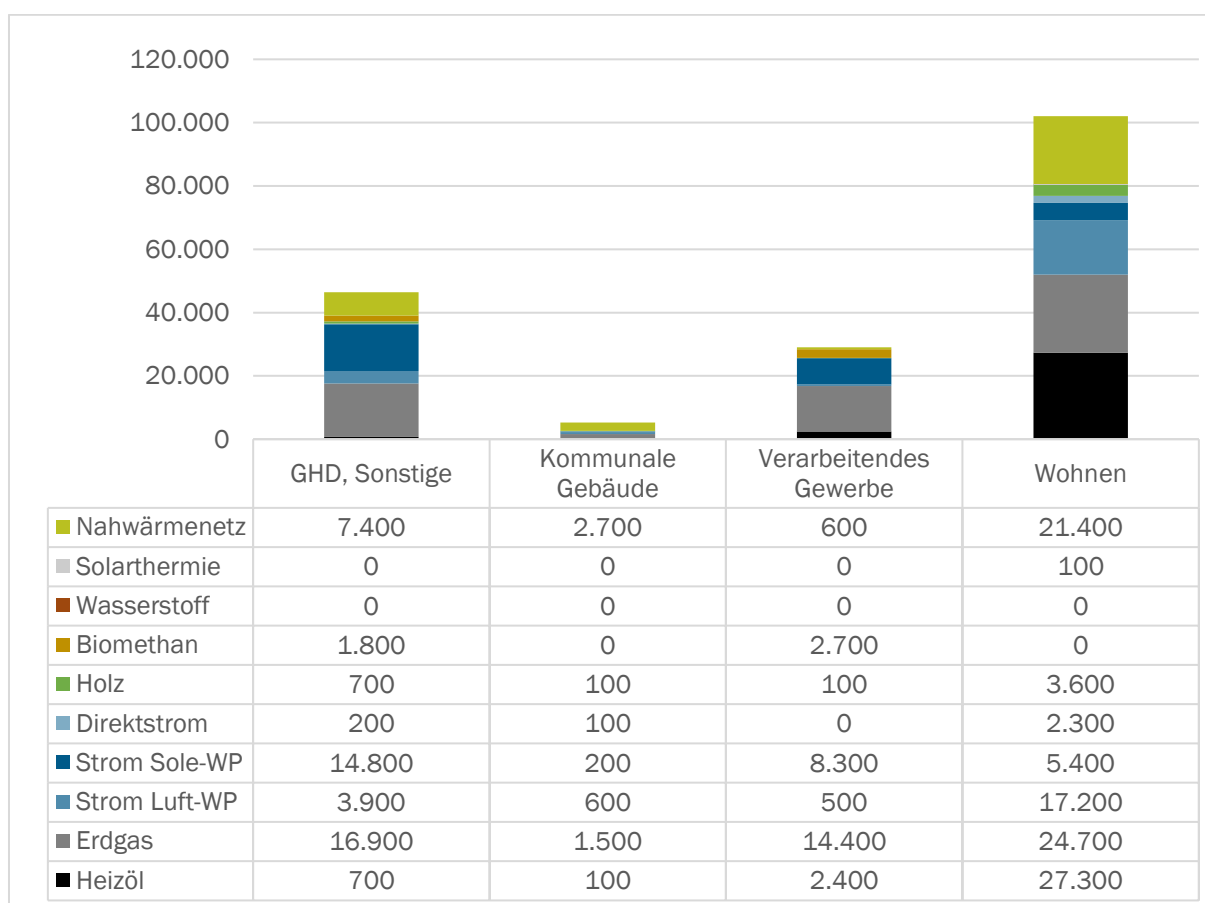


Abbildung 37: Endenergiebedarf nach Energieträger in MWh/a und Sektoren 2030

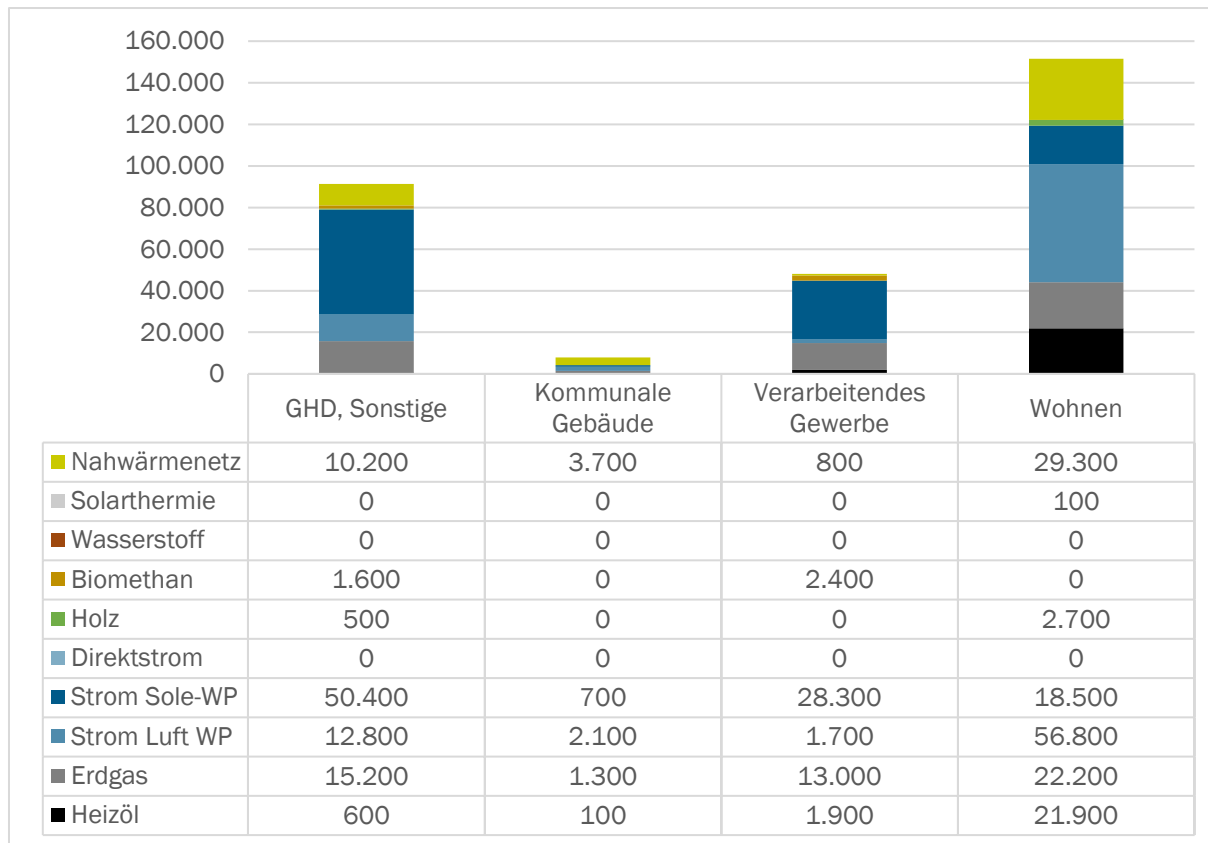


Abbildung 38: Wärmebedarf nach Energieträger in MWh und Sektoren 2030

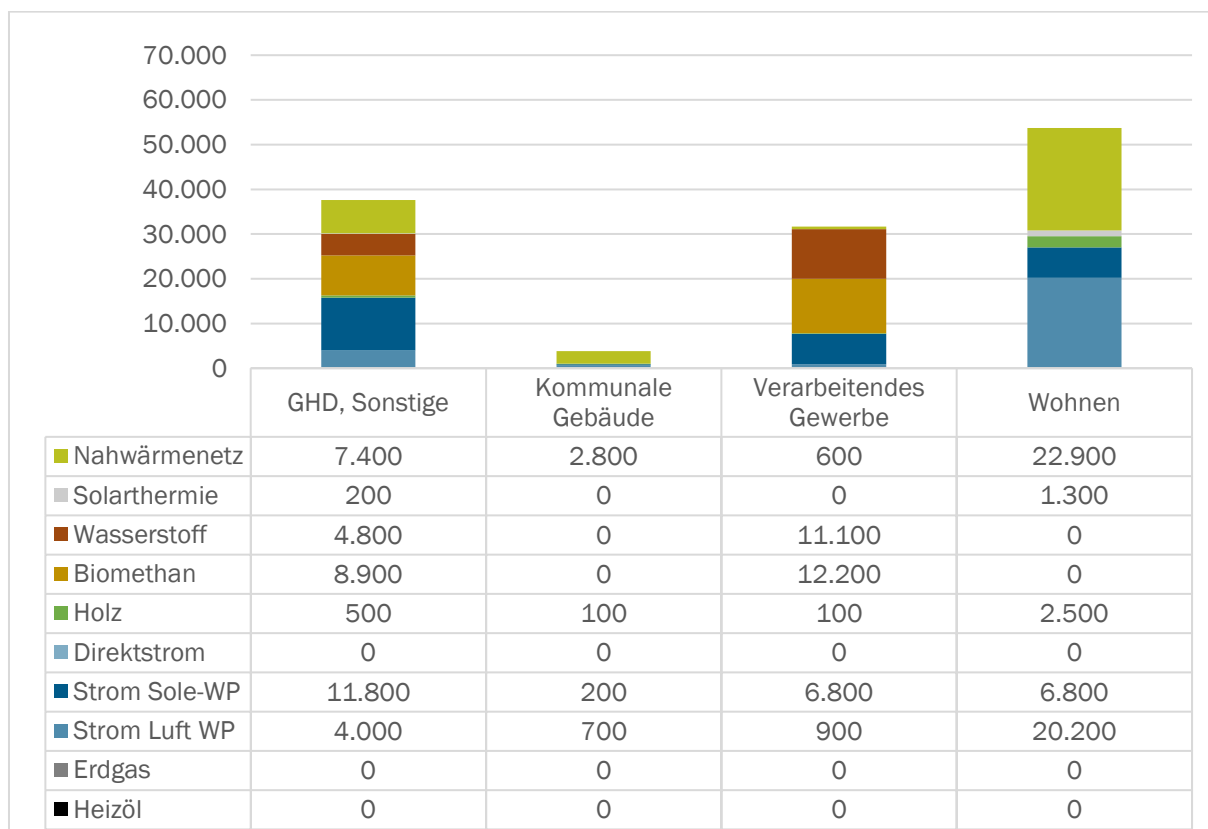


Abbildung 39: Endenergiebedarf nach Energieträger in MWh und Sektoren 2040

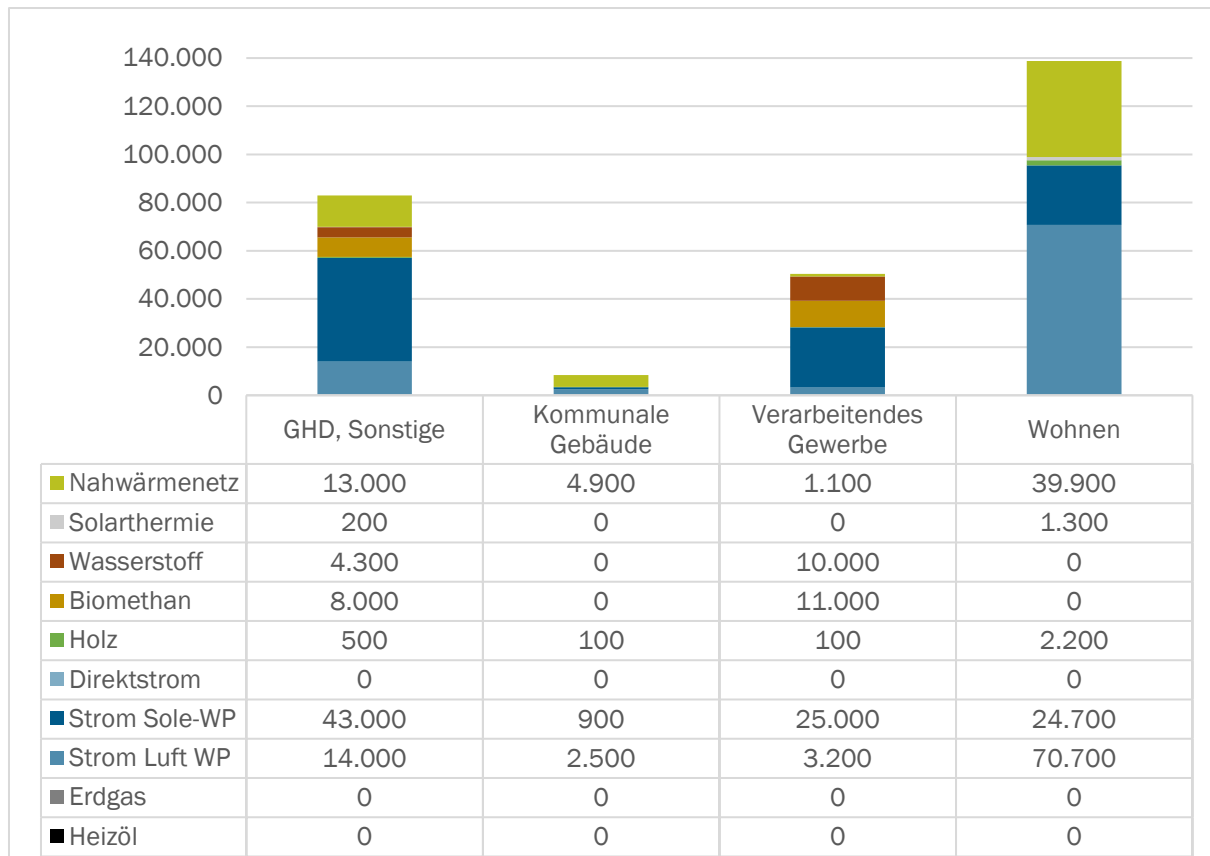


Abbildung 40: Wärmebedarf nach Energieträger in MWh und Sektoren 2040

#### 7.2.4 Treibhausgas-Bilanz 2030 und 2040

Durch die Umstellung der Wärmeversorgungssysteme von fossilen auf regenerative Energieträger kann die Klimaneutralität der Stadt Laupheim verwirklicht und damit ihre Treibhausgasemissionen drastisch reduziert werden.

Bilanziell betrachtet ist die Nutzung der grünen Energien 2040 mit geringen Mengen an Treibhausgasemissionen verbunden. Die Emissionen entstehen durch die vor- und nachgelagerten Ketten z.B. Abholzung, Holzbearbeitung, Transport, Installation und Entsorgung der Anlagen etc. Während des Betriebs von Anlagen kommt es zudem zu indirekten Emissionen von Treibhausgasen, bspw. durch den Einsatz von Energie zur Wartung und zum Betrieb der Anlage sowie zur Integration in das Energiesystem (z.B. Stromnetz, Wärmenetz, dezentrales Heizungssystem). Darüber hinaus haben regenerative Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen im Laufe ihrer Lebensdauer eine viel geringere Treibhausgasemission pro Einheit erzeugter Energie als herkömmliche fossilbetriebene Anlagen. Zudem wird der aus dem öffentlichen Netz bezogene Strom, der bspw. für Wärmepumpenbetrieb eingesetzt wird, bis 2040 noch nicht zu 100 % aus regenerativen Energiequellen erzeugt werden, allerdings soll das bundesweite Ziel der Klimaneutralität der Stromerzeugung spätestens 2045 erreicht sein. Die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger sind in Anhang 3 aufgelistet.

Abbildung 41 stellt die THG-Bilanz für 2019 (IST), 2030 und 2040 nach Energieträger aufgeteilt dar. Es ist ersichtlich, dass die Nutzung von fossilen Brennstoffen (Erdgas und Heizöl) überwiegend die THG-Emissionen verursacht. Durch den Umstieg auf alternative Energiequellen lassen sich 2040 die THG-Emissionen um 13.200 Tonnen (85 %) senken im Vergleich zu 2019 (IST).

Abbildung 42 stellt die Treibhausgas (THG)-Bilanz für 2019 (IST), 2030 und 2040 nach Sektoren aufgeteilt dar. Im Jahr 2040 fallen 46 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Sektor Wohnen an. 33 % der Emissionen lassen sich dem Sektor GHD & Sonstiges, 18 % dem Sektor verarbeitendes

Gewerbe zuordnen. Auf die kommunalen Liegenschaften lassen sich 3 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen zurückführen.

Die verbleibenden Emissionen, die sich nicht vermeiden lassen, können ggf. durch Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden. Dies ist in der Fortschreibung des Wärmeplanes tiefer zu betrachten.

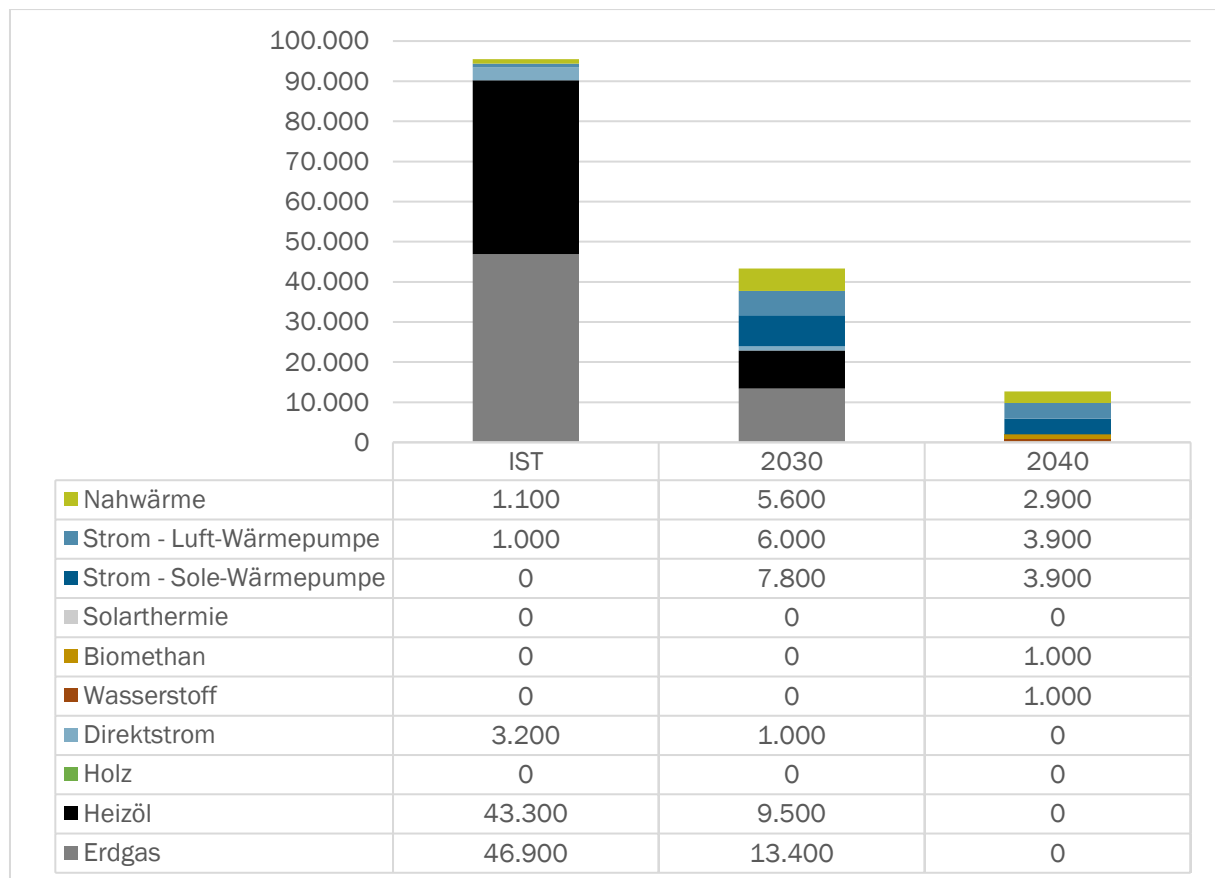


Abbildung 41: THG-Emissionen nach Energieträgern in Tonnen CO<sub>2</sub> IST, 2030 und 2040

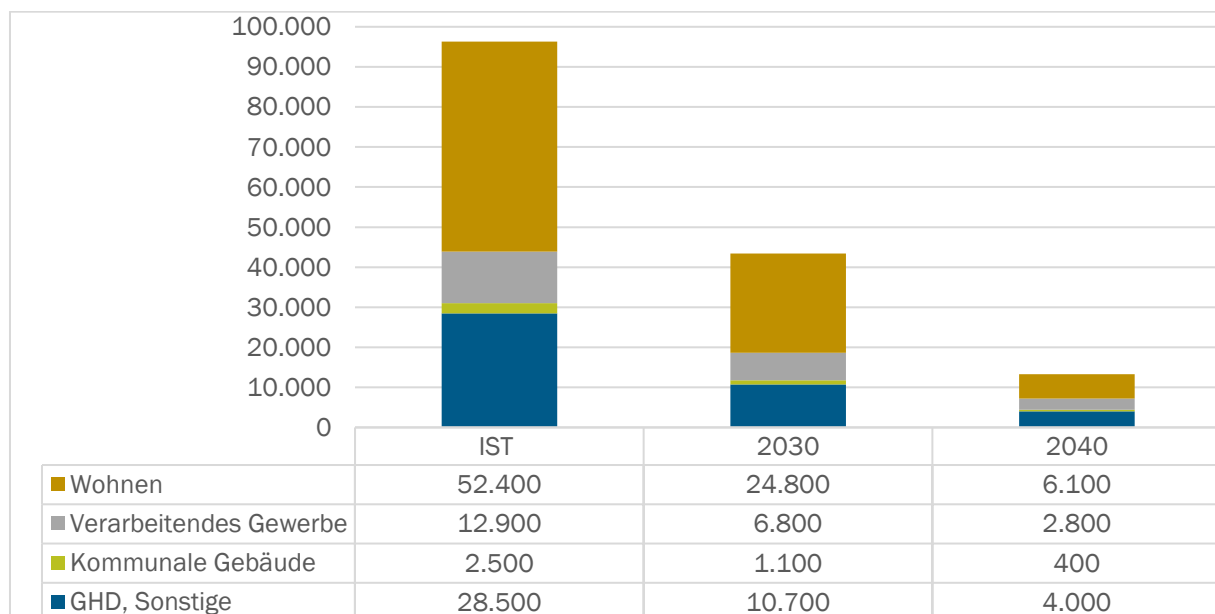


Abbildung 42: THG-Emissionen nach Sektoren in Tonnen CO<sub>2</sub> IST, 2030 und 2040

### 7.3 Zukunft Gasnetze

Sowohl die Entwicklung der Gesetzgebung als auch die Umsetzung des Wärmeversorgungszenarios zur Erreichung der Klimaneutralität in der Stadt Laupheim wird Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Gasnetze haben. Unabhängig von der Umsetzung des spezifisch erarbeiteten Wärmeplans werden die Gebäude sukzessiv saniert. Durch das Gebäude-Energie-Gesetz sowie Erneuerbare-Wärme-Gesetz wird zudem die Wärmeversorgung spätestens ab 2024 vermehrt auf regenerative Energien umgestellt werden. Die individuell für Laupheim entwickelten Zielszenarien sehen dabei bis 2030 einen sinkenden Gasverbrauch vor. Allerdings wird es 2030 eher noch keine Gebiete geben, in denen die Gasversorgung vollständig substituiert sein wird. Damit wird die Gasversorgungs-Infrastruktur bis dahin weiter bestehen bleiben, auch wenn in einigen Eignungsgebieten bereits Nahwärmenetze eingesetzt werden.

Jedoch werden die Gasnetze aufgrund der fortschreitenden Dekarbonisierung des Wärmesektors bis 2040 voraussichtlich nicht mehr zur dezentralen Wärmeversorgung in Wohngebieten benötigt werden. Lediglich zur Versorgung von Gewerbe, Industrie und Nahwärmenetzen bei alternativlosen Anwendungen kann weiterhin Gas erforderlich sein. Um die Klimaneutralitätsziele dabei einzuhalten, muss es sich hierbei um klimaneutrales Gas wie Biogas, Biomethan oder Wasserstoff handeln.

Der Einsatz von Biomethan und Wasserstoff als Erdgas-Ersatz wird derzeit politisch und wissenschaftlich noch stark diskutiert. Umstritten ist beispielsweise, wie knapp Biomethan und Wasserstoff künftig sein werden und ob sie auch im Wärmemarkt eingesetzt werden sollen. Laut der Studie „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ [46] ist „eine Umstellung breiter Teile der Gasnetze für die Gebäudeversorgung auf synthetische Energieträger (insbesondere Wasserstoff) mit einem hohen organisatorischen und zeitlichen Aufwand verbunden, der angesichts des absehbaren Auslaufens des Bedarfs kaum zu rechtfertigen ist“ [46]. Wasserstoff kann aber einen Beitrag in zentralen Anlagen im Wärmenetz leisten und dadurch indirekt zur Gebäudeversorgung beitragen.

Außerdem stellt der Transport des Wasserstoffs eine Herausforderung dar. Derzeit gibt es zahlreiche Ansätze, um den Wasserstoff mit einer Menge von 1 % - 30 % dem Erdgas im Netz beizumischen [47]. Zudem ist für die Zukunft des Wasserstoffs die Beschaffenheit des grünen Wasserstoffes sowie das Design von Erdgasverbrennungsanlagen ausschlaggebend [48].

Die Nationale Wasserstoffstrategie stellt Ziele und Rahmen für den bundesweiten Aufbau einer Netz- und Speicherinfrastruktur für Wasserstoff dar [49]. Unter anderem soll ein Teil der bestehenden Verteilerdgasleitungen umgerüstet werden. Unter technischer und wirtschaftlicher Betrachtung kann davon ausgegangen werden, dass die Umrüstung bestehender Erdgasnetze für den Transport von reinem Wasserstoff nur unter hohem Aufwand möglich wäre. Derzeit kann aber keine validierbare Aussage auf die Frage getroffen werden, ob und in welchem Ausmaß die Erdgasnetze in Laupheim mit Wasserstoff technisch und wirtschaftlich betrieben werden können.

Eine weitere Möglichkeit ist, einen Teil der bestehenden Gasinfrastruktur für bereits in Laupheim erzeugte Biogasmengen weiter zu nutzen und in Wärmeversorgung zu integrieren. Allerdings gibt es auch Herausforderungen bei der Umstellung von Erdgasleitungen auf Biogasleitungen. Darüber hinaus ist die Verfügbarkeit von Biogas begrenzt und hängt von der Verfügbarkeit von organischen Abfällen, Reststoffen oder Energiepflanzen ab.

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die zukünftige Entwicklung der Gasnetze von vielen Faktoren abhängt einschließlich politischer Entscheidungen, Technologieentwicklungen und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen. In jedem Fall wird die Umstellung auf erneuerbare Energien und eine Dekarbonisierung der Wärmeherzeugung eine große Herausforderung darstellen und erfordert eine umfassende Strategie, die auch den Umgang mit bestehenden Gasnetzen einschließt.

## 7.4 Zwischenfazit Zielszenario

Aus dem Zielszenario geht hervor, dass der klimaneutrale Gebäudebestand 2040 durch die Senkung des Wärmebedarfs sowie durch die Umstellung der Wärmeerzeugung auf alternative Energieträger wie Umweltwärme (Erdwärmesonden und Außenluft für Wärmepumpen), grüne Gase, Holz und Biomasse erreicht werden kann. Dabei spielt ein Ausbau von Wärmenetzen eine wichtige Rolle, da damit rund 21 % der klimafreundlichen Wärmeversorgung gedeckt werden können.

In Laupheim kann der Wärmebedarf zum Großteil über Wärmepumpen gedeckt werden. Aufgrund des verfügbaren technischen Potenzials wird die Erdwärme in der zentralen und dezentralen Wärmeversorgung die am häufigsten genutzte Wärmequelle sein und ca. 44 % des gesamten Wärmebedarfs decken. Allein auf die dezentrale Wärmeversorgung beträgt der Deckungsanteil der Erdwärme ca. ein Drittel. In Eignungsgebieten, in denen der Wärmebedarf das Erdwärmepotenzial übersteigt, wird die Wärmebereitstellung über Luft-Wasser-Wärmepumpen erfolgen. Der Deckungsanteil der Luft-Wärmepumpe an der dezentralen Wärmebereitstellung beträgt 2040 ebenfalls ein Drittel. Je nach dem energetischen Gebäudezustand werden punktuell auch andere dezentrale regenerative Wärmeerzeuger wie Holzkessel mit Solarthermie eingesetzt.

In der Dekarbonisierung der Prozesswärmebereitstellung in Gewerbebetrieben werden zudem Hochtemperatur-Wärmepumpen und grüne Gase eine dominierende Rolle spielen.

Für die steigende Elektrifizierung der Wärmewende wird der Strombedarf bilanziell durch grünen Strom gedeckt. Dafür wird der Ausbau der Wind- und Sonnenenergie in der Stadt erforderlich.

Ein wichtiger Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität ist die energetische Gebäudesanierung, um den Wärmebedarf zu senken und viele unsanierte Gebäude für einen effizienten Betrieb von Wärmepumpen vorzubereiten. Unter der Annahme einer jährlichen Sanierungsrate von 1 % und der Reduzierung des Wärmebedarfs in anderen Sektoren lässt sich der Gesamtwärmebedarf bis 2040 um 15 % gegenüber dem Basisjahr 2019 senken.

Die Umsetzung des Zielszenarios bis 2040 führt zur drastischen Reduzierung der Treibhausgasemissionen um ca. 85 % gegenüber dem Basisjahr 2019. Die verbleibenden Emissionen, die sich nicht vermeiden lassen, können ggf. durch Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden. Dies ist in der Fortschreibung des Wärmeplanes tiefer zu betrachten.

Zusammenfassend gibt das Zielszenario einen Überblick, wo und welche regenerativen Energieträger am stärksten ausgeprägt sind und in welcher Größenordnung diese den Wärmebedarf decken können. Zudem bildet das Zielszenario einen Rahmen für die Entwicklung der Wärmewendestrategie und weiterführende Maßnahmen zur Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale. Aufbauend darauf kann die Kommune vertiefende Planungen und stadtplanerische Maßnahmen anstoßen. Darüber hinaus stellt das Zielszenario eine wichtige Informationsgrundlage dar, um Akteure der Wärmewende sowie die Bevölkerung frühzeitig von der avisierten Zukunft der Wärmeversorgung in Kenntnis zu setzen.

## 8. WÄRMEWENDESTRATEGIE MIT MAßNAHMEN

Nachdem im vorherigen Kapitel der strategische Rahmen und die möglichen Handlungsoptionen für einzelne Eignungsgebiete aufgezeigt wurden, geht es nun darum, einen konkreten Pfad für die Umsetzung der Wärmewendestrategie abzuleiten. Der kommunale Wärmeplan gilt als eine Schnittstelle zwischen der gesamtstädtischen Wärmeplanung und energetischen Quartierskonzepten. Deshalb wurden für sämtliche Eignungsgebiete in der Stadt Laupheim Teilgebiets-Steckbriefe erstellt. Sie enthalten zum einen Informationen über die energetischen Gegebenheiten der Gebäude, lokal verfügbare Potenziale und mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die Transformation der lokalen Wärmeversorgung. Weiterhin werden Empfehlungen für das jeweilige Eignungsgebiet ausgesprochen.

Die Wärmewendestrategie beschreibt den Transformationspfad zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans mit ausgearbeiteten Maßnahmen, Umsetzungsprioritäten und einem groben Zeitplan. Der Transformationspfad zieht sich über den gesamten Umsetzungszeitraum hinweg. Um dabei möglichst zielorientiert vorgehen zu können, werden die dafür notwendigen Maßnahmen priorisiert und in eine Reihenfolge gebracht. Mindestens fünf der Maßnahmen sollen dabei innerhalb der ersten fünf Jahre umgesetzt werden. Die definierten Maßnahmen stellen einen möglichen Weg dar, wie der Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Im Folgenden wird auf das Vorgehen zur Erstellung von Teilgebietssteckbriefen sowie auf die konkreten Maßnahmen im Rahmen der Wärmeplanung eingegangen.

### 8.1 Teilgebiets-Steckbriefe

Die Teilgebiets-Steckbriefe beschreiben die energiebezogene Situation in den Eignungsgebieten. Sie bieten einen Überblick über den aktuellen Wärmebedarf des Gebäudebestands und dessen Entwicklung unter der Annahme einer jährlichen Sanierungsrate von 1 % der Wohnflächen, über die Potenziale für den Ausbau der Strom- und Wärmeerzeugung sowie über das Zielbild der Wärmeversorgung. Die Teilgebiets-Steckbriefe dienen als Grundlage für die Identifikation von Handlungsbedarf und Potenzialen für die Entwicklung nachhaltiger Wärmeversorgung. Auf dieser Basis wurden Empfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien in den Teilgebieten identifiziert und skizziert. Der Übersichtlichkeit halber werden die Steckbriefe in einem separaten Dokument dargestellt, welches mit diesem Bericht zur Verfügung gestellt wird. Die Steckbriefe werden durch die Maßnahmen, die sich durch die Definition der Wärmewendestrategie von Laupheim ergeben haben, ergänzt und werden im folgenden Abschnitt und im Anhang dargestellt.

### 8.2 Transformationspfad und Maßnahmen

Der Transformationspfad beschreibt den konkreten Pfad für die schrittweise Umsetzung der Wärmewendestrategie. Die in diesem Zusammenhang erarbeiteten Maßnahmen sind die Grundlage für die weitere Ausarbeitung von konkreten Quartiers- bzw. Infrastrukturprojekten, wie z.B. den Ausbau von Wärmenetzen. Aus den zahlreichen gemeinsam mit der Stadt definierten Maßnahmen wurden fünf priorisiert und in übersichtlicher Steckbrief-Form dargestellt, siehe Kap. 8.2.1.

Die Stadt Laupheim hat in der kommunalen Wärmeplanung eine Sonderstellung. Um mit gutem Beispiel voranzugehen, startet die Transformation mit der Prüfung möglicher Photovoltaik-Anlagen auf kommunalen Gebäuden zur Verbesserung der gemeindeeigenen CO<sub>2</sub>-Bilanz durch erneuerbar erzeugten Strom. So wird die Stadt ihrer Vorbildfunktion als Kommune gerecht. Diese Maßnahme

soll bereits 2025 abgeschlossen sein, sodass die Installation auf den ausgewählten kommunalen Gebäuden nahtlos anschließen kann.

Im Weiteren wird eine planungsrechtliche Grundlage für die Ausweisung der Vorranggebiete für den Ausbau von Wind- und Solarenergie aufgestellt. Hierzu wird die Vergabe einer vertiefenden Potenzialanalyse empfohlen, um die weiteren Aspekte wie Einrichtungen der Bundeswehr sowie planerische Vorgaben zu berücksichtigen. Anschließend sind Flächennutzungspläne aufzustellen, bzw. bestehende Pläne anzupassen.

Die weitere fortlaufende Maßnahme ist die Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes zur energetischen Verbesserung der kommunalen Gebäude inkl. einzuführendem Energiemanagement. Auf Basis dieses konkreten Fahrplans werden Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale mit anschließender Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen abgeleitet und realisiert.

Eine weitere Maßnahme, die die Kommune in die Hand nimmt, ist die Erstellung der Machbarkeitsstudien zur nachhaltigen Wärmeversorgung in Eignungsgebieten für Nahwärmenetze. Nach erfolgter Konzeption ist mittelfristig die Umsetzung der erstellten Studie vorgesehen.

Zusätzlich wird ein Transformationsplan im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) für die bestehende kommunale Heizzentrale erarbeitet. Die Förderung wurde bereits beantragt. Je nach eingesetztem Brennstoff kann Laupheim ihre CO<sub>2</sub>-Bilanz weiterhin verbessern, da die Versorgung momentan zum Großteil über fossil befeuerte BHKW-Anlagen stattfindet.

Die hier aufgeführten prioritären Maßnahmen werden durch eine Reihe von weiteren Maßnahmen begleitet. Es handelt sich hierbei um Maßnahmen, für die eine detaillierte Planung noch aussteht, siehe Kap. 8.2.2.

### 8.2.1 Prioritäre und mittelfristige Maßnahmen

Im folgenden Kapitel sind Maßnahmen ausgearbeitet, die hohe oder mittlere Priorität haben.

Die mittel priorisierten Maßnahmen werden nachträglich spätestens bei der Fortschreibung der Wärmeplanung betrachtet. Die fünf prioritären Maßnahmen werden fortlaufend bzw. zeitnah umgesetzt.

| Maßnahme 1: Photovoltaik auf kommunalen Liegenschaften ausbauen |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung               | Die kommunalen Liegenschaften sind im Rahmen der jeweiligen Möglichkeiten zur Erzeugung von Erneuerbarer Energie zu nutzen. Die Eignung der einzelnen Liegenschaften lässt sich mit Hilfe des Solaratlas der Energieagentur und den Daten des Amtes für Bautechnik abschätzen. Nach erster Sichtung stehen hierfür bis zu 16.000 m <sup>2</sup> Dachfläche zur Verfügung. Es wird empfohlen, eine Reihenfolge für die Umsetzung an den geeigneten Standorten unter Berücksichtigung der mittelfristig geplanten Sanierungs-, Umbau- und Neubauvorhaben aufzustellen. Ergebnis soll ein Fahrplan zur schrittweisen Realisierung der Potenziale sein. Anschließend sind die Potenziale gemäß Fahrplan zu realisieren. |
| Geplantes Ergebnis                                              | Umfassende Planung von PV-Anlagen auf den kommunalen Liegenschaften. Anschließend schrittweise Realisierung der Anlagen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                                  | Amt für Bautechnik, Stadtwerke, ggf. BEG Laupheim als Investor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Nächste Schritte                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl der geeigneten Liegenschaften</li> <li>• Erstellung eines Fahrplanes für die Reihenfolge der Umsetzung</li> <li>• Erstellung bepreister Leistungsverzeichnisse zur Ausschreibung der einzelnen Teilmaßnahmen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                             |                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energieeinsparung           | -                                                                                                                                                    |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | Beim Einsatz von PV-Anlagen können CO <sub>2</sub> -Einsparungen stromseitig erreicht werden                                                         |
| Förderungen                 | Aktuell keine Förderprogramme für Aufdachanlagen; für die Überdachung von Parkflächen ist eine Förderung möglich.<br><br>Einspeisevergütung gem. EEG |
| Kosten                      | Abhängig von Standort und Ausführung weiteres Invest für Anlagen abhängig vom Ergebnis der Potenzialanalyse                                          |
| Priorität                   | hoch                                                                                                                                                 |
| Umsetzungszeitraum          | 2023 – 2030 (bis 2025 Ausbaustrategie definieren, 2025-2030 Potenziale realisieren)                                                                  |

#### Maßnahme 2: Erneuerbare Energien auf Freiflächen ausbauen

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | Vorranggebiete für die Erzeugung von Solar- und Windenergie sind zu identifizieren und konkrete Flächen sind auszuweisen. Dazu wird die Vergabe einer Potenzialanalyse empfohlen.<br>Basierend auf den Ergebnissen dieser Potenzialanalyse sind Flächennutzungspläne aufzustellen, bzw. bestehende Pläne anzupassen. |
| Geplantes Ergebnis                                | Ausweisung von Vorranggebieten, für den Ausbau Erneuerbare Energien durch die Stadt. Errichtung von Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien bspw. durch die Stadtwerke oder Dritte.                                                                                                                              |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Stadtplanung für das Aufstellen/Bearbeiten von Flächennutzungsplänen<br>Stadtwerke oder Dritte für die Errichtung und den Betrieb entsprechender Anlagen                                                                                                                                                             |
| Nächste Schritte                                  | Vergabe einer Potenzialanalyse für Solar- und Windenergie                                                                                                                                                                                                                                                            |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung                       | Die Maßnahmen selbst führen zur indirekten Reduktion der Nutzung der fossilen Energieträger durch anschließende Realisierung der Potenziale der Erneuerbaren Energien                                                                                                                                                |
| Förderungen                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Kosten                                            | Für die Potenzialanalyse: Ein Betrag im 5stelligen Bereich<br>Weitere Kosten für die Errichtung oder den Betrieb von Anlagen sind optional                                                                                                                                                                           |
| Priorität                                         | hoch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Umsetzungszeitraum                                | ab 2023 bis 2026 (Aufstellung vom FNP)                                                                                                                                                                                                                                                                               |

#### Maßnahme 3: Sanierungsquote kommunaler Liegenschaften anheben

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | Empfohlen wird eine Bestandsanalyse der Bestandsgebäude auf Basis der gesetzlich notwendigen Energieausweise zusammen mit der durch das einzuführende Energiemanagement geförderten Gebäudebewertungen. Anschließend Erarbeitung von Kosten-Nutzen-Vergleichen bezüglich Energie- und CO <sub>2</sub> -Einsparpotenzialen mit anschließender Priorisierung der Sanierungsmaßnahmen. Der Fokus wird auf die „worst performance buildings“ gelegt und muss mit den geltenden gesetzlichen Regelungen (national und EU-weit) abgeglichen werden.<br>Maßnahmen nur umsetzungsfähig mit neuem Personal ab 2023. |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geplantes Ergebnis             | Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle der kommunalen Liegenschaften mit anschließender Umsetzung.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Mögliche Akteure / Initiatoren | Amt für Bautechnik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Nächste Schritte               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personaleinstellung wie geplant</li> <li>• Analyse der Bestandsgebäude (Energiemanager) und Aufarbeitung der Energieausweise (Gebäudemanager)</li> <li>• Kostenschätzungen erstellen (EM, GM, Hochbau), Priorisierung der Maßnahmen wie dargestellt</li> <li>• Fördermittel klären, Gremienbeschlüsse einholen, Haushaltsmittel bereitstellen</li> </ul> Schrittweise Umsetzung der Maßnahmen |
| Energieeinsparung              | Reduzierung des Energiebedarfs hängt von eingesetzten Sanierungsmaßnahmen ab                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung    | CO <sub>2</sub> -Einsparung hängt von eingesetzten Sanierungsmaßnahmen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Förderungen                    | Die BAFA-Bundesförderung für Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle kann bei Sanierungsmaßnahmen in Anspruch genommen werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kosten                         | Für die Bestandsanalyse Ein Betrag im 5stelligen Bereich.<br>Die Sanierung wird je nach Ergebnis im Millionenbereich liegen                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Priorität                      | hoch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Umsetzungszeitraum             | Kurzfristig und fortlaufend mit zusätzlichem Personal ab 2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

#### Maßnahme 4: Ausbau Wärmenetze planen

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | <p>Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden Eignungsgebiete für den Bau oder Ausbau von Nahwärmenetzen identifiziert. Diese Gebiete sind detaillierter auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu untersuchen.</p> <p>Empfohlen wird die Durchführung einer geförderten Machbarkeitsstudie im Rahmen der Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW). Im Rahmen dieser sind sinnvolle Ausdehnung und Art der klimaneutralen Wärmeversorgung genauer zu beleuchten.</p> <p>Wo sinnvoll, sind die Wärmenetze durch das BEW gefördert bspw. durch die Stadtwerke oder Dritte zu errichten und zu betreiben. Parallel sind Maßnahmen zu ergreifen, um eine möglichst hohe Anschlussquote im Nahwärmenetz zu erreichen. Dazu ist bspw. frühzeitig eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit notwendig, um Log-In-Effekte zu vermeiden.</p> |
| Geplantes Ergebnis                                | Bau von klimaneutralen Nahwärmenetzen mit hohen Anschlussquoten in den Eignungsgebieten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Amt für Tiefbau, Stadtwerke, Dritte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Nächste Schritte                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenschätzung für Machbarkeitsstudie einholen</li> <li>• Fördermittel für Machbarkeitsstudie im Rahmen des BEW beantragen</li> </ul> Nach positivem Förderbescheid: Ausschreibung und Vergabe der Machbarkeitsstudie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energieeinsparung           | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung | Bei Einsatz erneuerbarer Energieträger im Wärmenetzen können massive CO <sub>2</sub> -Einsparungen erreicht werden                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Förderungen                 | BEW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Kosten                      | Für die Detailanalyse zu prüfen<br><br>Die Investitionen zur Errichtung des Wärmenetzes und zur Erschließung der Wärmequelle werden in Höhe eines 7-stelligen Betrags geschätzt. Für die Maßnahme kann eine investive Förderung von bis zu 40 % der Investitionskosten beantragt werden (z.B. Bundesförderung Effiziente Wärmenetze BEW). Die Investitionen sind vom Wärmenetzbetreiber zu tragen. |
| Priorität                   | hoch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Umsetzungszeitraum          | 2024 bis 2029 (bis zur Fortschreibung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

#### Maßnahme 5: Dekarbonisierung der Wärmeversorgung im kommunalen Wärmenetz

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | <p>Bestehende kommunale Heizzentrale und KWK-erzeugt Wärme und Strom überwiegend aus Erdgas.</p> <p>Empfohlen wird die auf fossilen Energieträgern basierende Wärmeversorgung der bestehenden Heizzentrale und KWK-Anlagen durch Formen der klimaneutralen Wärmeversorgung zu ersetzen. Dazu gilt es für die entsprechende Heizzentrale detailliert zu untersuchen, welche Art der Wärmeversorgung möglich, klimaneutral und wirtschaftlich attraktiv ist. Dies kann ggf. im Rahmen eines durch die Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW) geförderten Transformationsplans erfolgen. Die Förderbedingungen sind im Einzelfall zu prüfen. Die Ergebnisse dieses Transformationsplans sind entsprechend zu realisieren.</p> |
| Geplantes Ergebnis                                | Die Heizzentrale erzeugt Wärme (und Strom) auf Basis der regenerativen Energien.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Stadtwerke, Dritte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Nächsten Schritte                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenschätzung für Transformationsplan einholen</li> <li>• Förderbedingungen im Einzelfall prüfen</li> <li>• Fördermittel für Transformationsplan im Rahmen des BEW beantragen</li> </ul> <p>Nach positivem Förderbescheid: Ausschreibung und Vergabe des Transformationsplans.</p> <p>Nach negativem Förderbescheid: Ausschreibung und Vergabe vergleichbarer Leistung ohne Förderung.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Energieeinsparung                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung                       | 800 tCO <sub>2</sub> /a                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Förderungen                                       | Transformationsplan BEW (Förderbedingungen im Einzelfall zu prüfen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kosten                                            | Für die Detailanalyse zu prüfen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Priorität                                         | hoch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Umsetzungszeitraum                                | 2026 bis 2038                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

**Maßnahme 6: Kommunales Gebäudeenergiemanagement aufbauen**

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | Empfohlen wird die Durchführung einer Bestandsaufnahme inkl. Ausarbeitung eines Konzeptes zur schrittweisen Einführung eines kommunalen Gebäudeenergiemanagements (KEM). Dabei sollten die Liegenschaften auf Basis der Verbrauchswerte und Energiekosten priorisiert werden. Anschließend ist das KEM schrittweise einzuführen. |
| Geplantes Ergebnis                                | Digitalisierung der Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften<br>Steigerung der Transparenz, wo wieviel Energie benötigt wird und welcher Effekt durch die Umsetzung von Maßnahmen erreicht wurde.                                                                                                                         |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Amt für Bautechnik                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Nächste Schritte                                  | Ausarbeitung eines Konzeptes zur schrittweisen Einführung eines KEM<br>Beantragung Fördermitteln (Personalkosten, Software, Hardware, Vorbildung, Gebäudebewertung)                                                                                                                                                              |
| Energieeinsparung                                 | 10 - 20 % werden aus Erfahrungswerten erwartet                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CO2-Einsparung                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Förderungen                                       | Kommunalrichtlinie                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Kosten                                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Priorität                                         | Mittel bis hoch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Umsetzungszeitraum                                | Förderung ist beantragt, danach schrittweise Umsetzung                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**Maßnahme 7: Klärung Energieberatung für private Haushalte und lokale Förderprogramme**

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | Private Haushalte sollten zu Gebäude- und Wärmeerzeugersanierung motiviert werden. Dazu sollte im Austausch mit der Energieagentur geklärt werden, welche Leistungen bereits vergünstigt oder kostenfrei für private Haushalte erbracht werden können. |
| Geplantes Ergebnis                                | Kostenfreie oder vergünstigte Angebote zur Energieberatung und zur Sanierung der Gebäudehülle bzw. der Wärmeerzeuger werden angeboten.                                                                                                                 |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Amt für Bürgerengagement                                                                                                                                                                                                                               |
| Nächste Schritte                                  | Organisation von Vorträgen bspw. bei der Volkshochschule                                                                                                                                                                                               |
| Energieeinsparung                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CO2-Einsparung                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Förderungen                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kosten                                            | Zu klären mit der Energieagentur Ravensburg                                                                                                                                                                                                            |
| Priorität                                         | mittel                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Umsetzungszeitraum                                | Fixe Anzahl an Terminen zur Energieberatung über Energieagentur bereits kostenfrei verfügbar. Ausweitung des Kontingentes aktuell nicht möglich. Kurzfristige Organisation von Vorträgen zur Bürgerinformation                                         |

### Maßnahme 8: Förderanreize anbieten

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | Empfohlen wird die Ausarbeitung eines Konzeptes, wie mit möglichst wenig städtischen Geldern möglichst hohe Anreize für private Investitionen für die Transformation der Wärmeversorgung im Sinne der kommunalen Wärmeplanung gesetzt werden können. Dabei kann es sich bspw. um Informationsveranstaltungen oder Wettbewerbe handeln. Dabei sind Log-In-Effekte zu beachten. Maßnahmen dieses Konzeptes sind entsprechend umzusetzen. |
| Geplantes Ergebnis                                | Mobilisierung von privatem Kapital zur Transformation der Wärmeversorgung im Sinne der kommunalen Wärmeplanung. Bspw. durch Sanierung von Gebäuden oder dem Tausch von Wärmeerzeugern.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Finanzdezernat, Stadtwerke, Amt für Bürgerengagement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Nächste Schritte                                  | Ausarbeitung eines Konzeptes für Anreize privater Investitionen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Energieeinsparung                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Förderungen                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kosten                                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Priorität                                         | niedrig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Umsetzungszeitraum                                | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

### Maßnahme 9: Dekarbonisierung der Wärmeversorgung kommunaler Liegenschaften

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | <p>Die kommunalen Liegenschaften werden aktuell überwiegend erdgasbasiert mit Wärme versorgt.</p> <p>Empfohlen wird, die auf fossilen Energieträgern basierende Wärmeversorgung durch Formen der klimaneutralen Wärmeversorgung zu ersetzen. Dazu gilt es, für die entsprechenden Liegenschaften detailliert zu untersuchen, welche Art der Wärmeversorgung möglich, klimaneutral und wirtschaftlich attraktiv ist. Dies kann im Rahmen einer durch die Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG) geförderten Energieberatung Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme erfolgen. Die Ergebnisse dieser Energieberatung sind entsprechend zu realisieren.</p> |
| Geplantes Ergebnis                                | Kommunale Liegenschaften sind auf klimaneutrale Wärmeversorgung umgestellt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Stadt, Stadtwerke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Nächsten Schritte                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenschätzung für Energieberatung einholen</li> <li>Fördermittel für Energieberatung Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme beantragen</li> </ul> <p>Vergabe der Energieberatung</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Energieeinsparung                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Förderungen                                       | Energieberatung Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| Kosten             | für die Detailanalyse zu prüfen |
| Priorität          | mittel                          |
| Umsetzungszeitraum | 2026 bis 2038                   |

#### Maßnahme 10: Energieberatung für Gewerbebetriebe bewerben und koordinieren

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | <p>Die Sektoren Gewerbe und Industrie haben einen relevanten Einfluss auf die Energieverbräuche der Stadt.</p> <p>Empfohlen wird, die Gründung von lokalen Energieforen oder Austauschformaten auf kommunaler Ebene anzuregen und zu unterstützen. Verschiedene Dienstleister bieten die Organisation und Durchführung solcher Plattformen an und organisieren Gastvorträge. Zusätzlich wird empfohlen, die Anreize für die Durchführung spezifischer Energieberatungen für Unternehmen über die Kompetenzstelle Energieeffizienz (KEFF), Umwelttechnik BW oder KEA BW zu setzen.</p> |
| Geplantes Ergebnis                                | Gewerbetreibende werden über Einsparmöglichkeiten informiert und können sich gegenseitig über Erfahrungen austauschen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Wirtschaftsförderung, Umwelttechnik BW, Kompetenzstelle Energieeffizienz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Nächsten Schritte                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontaktaufnahme mit Dienstleistern zur Durchführung entsprechender Formate</li> <li>• Kontaktaufnahme mit Gewerbetreibenden zur Interessensabfrage</li> <li>• Begleitung und Unterstützung des Dialoges von Gewerbetreibenden und Dienstleistern zur Gründung entsprechender Formate</li> </ul> <p>Kontaktvermittlung zwischen Gewerbetreibenden und bspw. der KEFF, der Umwelttechnik BW oder der KEA BW</p>                                                                                                                                |
| Energieeinsparung                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CO2-Einsparung                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Förderungen                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Kosten                                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Priorität                                         | mittel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Umsetzungszeitraum                                | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

#### Maßnahme 11: Industrielles Abwärmepotenzial ermitteln

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | <p>Eine Umfrage im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung hat potenzielle Abwärmequellen aus industriellen Prozessen identifiziert. Allerdings waren die Daten nicht ausreichend aussagekräftig, um sie umfänglich in der Wärmeplanung berücksichtigen zu können.</p> <p>Empfohlen wird, potenziellen Abwärmelieferanten auf einen kostenlosen Abwärmecheck des Kompetenzzentrums Abwärme aufmerksam zu machen.</p> |
| Geplantes Ergebnis                                | Die industriellen Abwärmepotenziale sind ermittelt und dokumentiert und stehen einer Fortschreibung der Wärmeplanung zur Verfügung.                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                              |                                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Mögliche Akteure / Initiatoren                               | Kompetenzzentrum Abwärme, Stadt, Gewerbe- und Industriebetriebe mit Abwärme |
| Nächsten Schritte                                            | Informationsverteilung über Angebot des Kompetenzzentrums Abwärme           |
| Energieeinsparung                                            | -                                                                           |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung                                  | -                                                                           |
| Förderungen                                                  | -                                                                           |
| Kosten                                                       | -                                                                           |
| CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten (Kosten/CO <sub>2</sub> ) | -                                                                           |
| Priorität                                                    | mittel                                                                      |

#### Maßnahme 12: Messung Abwasserwärme zur Potenzialermittlung

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschreibung der Maßnahme und Handlungsempfehlung | Abwässer stellen eine mögliche Quelle zur Wärmerückgewinnung dar. Aktuell sind nur ungenügende Daten verfügbar, wo entsprechende Potenziale bestehen. Somit waren die verfügbaren Daten nicht ausreichend aussagekräftig, um sie umfänglich in der aktuellen Wärmeplanung berücksichtigen zu können. Empfohlen wird die repräsentative Ermittlung des Potenzials im Bereich Abwasser verteilt über die Gemarkung. |
| Geplantes Ergebnis                                | Die Wärmepotenziale der Abwässer sind ermittelt und dokumentiert und stehen einer Fortschreibung der Wärmeplanung zur Verfügung.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Mögliche Akteure / Initiatoren                    | Stadtwerke, Dritte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Nächsten Schritte                                 | Planung von Standorten zur repräsentativen Messung des Abwärmepotenzials verteilt über das Gemarkungsgebiet.<br>Durchführung der Messung und Dokumentation der Ergebnisse                                                                                                                                                                                                                                         |
| Energieeinsparung                                 | Abhängig vom Potenzial – daher noch nicht bekannt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| CO <sub>2</sub> -Einsparung                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Förderungen                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Kosten                                            | Ca. 20.000 €                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Priorität                                         | mittel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Umsetzungszeitraum                                | 2024 -2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 8.2.2 Ergänzende Maßnahmen

Im folgenden Kapitel sind zusätzliche Maßnahmen abgeleitet, für die eine detaillierte Planung noch aussteht bzw. nachträglich bei der Fortschreibung betrachten werden können.

### 8.2.2.1 Verteilnetze für Rohbiogas von örtlichen Erzeugern aufbauen

Die Potenzialanalyse hat mehrere Biogasanlagen gezeigt, die den im Zielszenario ermittelten Bedarf an grünen Gasen bereitstellen könnten. Da es sich hierbei um Rohbiogas handelt, muss dieses

entweder separat vom bestehenden Gasnetz zu den Verbrauchern gebracht oder aufbereitet werden. Wie das Biogas in der Wärmeversorgung von Laupheim künftig zielgerichtet verteilt und eingesetzt werden kann, bedarf einer näheren Untersuchung.

#### 8.2.2.2 Power-to-Heat Potenziale in Verbindung mit den örtlichen PV-Anlagen aktivieren

Power-to-Heat-Lösungen können eingesetzt werden, wenn erneuerbare Energiequellen wie Sonne überschüssigen Strom produzieren, der nicht direkt ins Stromnetz eingespeist werden kann. Dies kann zukünftig öfter vorkommen, wenn der Ausbau der Übertragungskapazitäten des Stromnetzes nicht ausreichend vorangetrieben wird.

Eine Power-to-Heat-Lösung kann für einzelne Gebäude oder Nahwärmenetze eingesetzt werden. Die Umwandlung des Stroms in Wärmeenergie kann mithilfe einer elektrischen Heizung oder eines Wärmepumpensystems erfolgen. Die Wärme kann in Wärmespeicher oder in Nahwärmenetz eingespeist werden.

Insbesondere bei städtischen Liegenschaften können die Power-to-Heat Potenziale zukünftig aktiviert werden. Dies kann in Verbindung mit den örtlichen PV-Anlagen erfolgen.

#### 8.2.2.3 Energieberatung für private Haushalte und lokale Förderprogramme klären

Damit die energetische Sanierung vorangebracht wird, sollten private Haushalte zu Gebäude- und Wärmeerzeugersanierung aufgeklärt und motiviert werden.

Zunächst empfiehlt sich, eine umfassende und professionelle Beratung über Energieberater anzubieten. Dabei sollen die privaten Haushalte über lokale Förderprogramme und Zuschüsse informiert werden. Für die Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen kann ein lokales Förderprogramm aufgesetzt werden. Dazu sollte im Austausch mit der Energieagentur geklärt werden, welche Leistungen bereits vergünstigt oder kostenfrei für private Haushalte erbracht werden können.

#### 8.2.2.4 Über Erschließung oberflächennaher Geothermie aufklären

Die Potenzialanalyse erfasst ein erhebliches Potenzial der Erdwärmesonden. Die Wärmeenergie kann effizient über Erdwärmesonden bzw. -kollektoren in Kombination mit Sole-Wasser-Wärmepumpen erschlossen werden. Die Erdwärmenutzung soll dort, wo technisch sinnvoll und wasserrechtlich verträglich, ausgebaut werden. Die Nutzung der Wärmepumpen eignet sich in energetisch sanierten Gebäuden sowie Neubauten, die mit niedrigeren Vorlauftemperaturen beheizt werden können.

Um private Haushalte und andere Sektoren zur Ausschöpfung des Potenzials zu motivieren, kann die Kommune Informationsveranstaltungen durchführen, um die Vorteile und Möglichkeiten der oberflächennahen Geothermie zu erklären. Die Kommune kann eine unabhängige Energieberatung anbieten, um Fragen zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie zu beantworten und Hilfestellungen bei der Umsetzung zu geben.

#### 8.2.2.5 Informationsveranstaltung Aufdach-PV für Bürger\*innen anbieten

Die Potenzialanalyse stellt ein erhebliches Dachpotenzial zur Nutzung von Solarenergie dar, die ausgeschöpft werden soll. Bei der individuellen Versorgung von Gebäuden mit Photovoltaikanlagen sollten kombinierte Lösungen mit Wärmepumpen eingesetzt werden. Die Aktivierung dieser Potenziale hängt von den Entscheidungen der privaten Haushalte ab. Um private Haushalte zum Ausbau von PV zu motivieren, können Informationsveranstaltungen genutzt werden, auf welchen die Vorteile erläutert und dadurch die Bürger überzeugt werden, bspw. auch über monetäre Anreize und Förderprogramme informiert wird.

#### 8.2.2.6 Informationsveranstaltung für Energieberater und Fachfirmen anbieten

Die Umsetzung der Wärmewende erfordert ein koordiniertes Vorgehen und die Beteiligung und Akzeptanz verschiedener Akteure wie Energieberater, Fachbetriebe und die Bevölkerung.

Da die Energieberater und Fachbetriebe wichtige Multiplikatoren und Umsetzer der Wärmewende sind, sollen sie über die Ziele, Herausforderungen und Vorteile der Wärmewende informiert werden. Der Austausch zur Wärmeplanung sollte die Bedeutung und die Vorteile einer Wärmeplanung erklären und sicherstellen, dass Wärmeplanung und die Maßnahmen bei den Akteuren Akzeptanz finden.

#### 8.2.2.7 Fachkompetenzen in der Stadt aufbauen

Die Wärmeplanung ist ein komplexes Thema und ihre Umsetzung erfordert ein systematisches und koordiniertes Vorgehen. Daher müssen entsprechende Kompetenzen in der Stadtverwaltung erfasst und gestärkt werden. Die Stadt kann die verantwortlichen Personen benennen, die die einzelne Maßnahmenumsetzung koordinieren und vorantreiben. Zudem sollen Arbeitsgruppen errichtet werden, in denen Fachleute aus der Stadtverwaltung und anderen Bereichen, z.B. aus dem Bau- und Planungsamt oder der Energieversorgung, zusammenarbeiten und gemeinsam Umsetzungsprojekte von Maßnahmen erarbeiten und koordinieren. Die verantwortlichen Fachleute können sich an Netzwerken und Verbänden beteiligen, die sich mit den Themen Klimaschutz und Wärmewende auseinandersetzen.

Zudem kann der Aufbau von Fachkompetenzen über das Förderprogramm Klimaschutz-Plus gefördert werden. Die Klimaschutz- und Energieagenturen unterstützen bei der Umsetzung von Wärmewende-Maßnahmen und dem Aufbau von Fachkompetenzen.

#### 8.2.2.8 Ausbau von Wärmenetzen in ausgewiesenen Eignungsgebieten koordinieren

Wärmenetze müssen nicht nur ausgebaut werden, sondern dieser Ausbau muss auch entsprechend koordiniert werden, um Synergien nutzen zu können. Hierfür sollten die bereits angesprochenen Machbarkeitsstudien und Quartierskonzepte zeitnah erstellt werden. Daraus sollten dann Synergiepotenziale mit anderen Wärmenetzen oder Baumaßnahmen abgeleitet werden. Diese Maßnahmen müssen ganzheitlich koordiniert und organisiert werden und in ein gemeinsames Konzept integriert werden.

### 8.3 Controlling Konzept

Wärmewendestrategie und Wärmeplan müssen kontinuierlich weiterentwickelt, das heißt, an sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst und um neue konkrete Maßnahmen ergänzt werden. Bei Bedarf müssen zudem neue Maßnahmen entwickelt oder bestehende Maßnahmen angepasst werden. Gleichzeitig ist es wichtig, dass der kommunale Wärmeplan auch zu den übrigen Zielen der Stadtentwicklung passt. Daher ist ein kontinuierlicher Abgleich mit formulierten Zielen und Maßnahmen der Stadt-, Energie- und Infrastrukturplanung erforderlich. Zur Messung des Fortschritts sollten konkrete Ziele der Wärmeplanung festgelegt werden, zum Beispiel die Anhebung einer jährlichen Sanierungsrate von Gebäuden oder die Steigerung des Anteils von erneuerbaren Energieanlagen an der Strom- und Wärmeerzeugung. Diese Ziele sollten mit geeigneten Indikatoren (z.B. Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch, Anzahl Anschlüsse an Gas- und Wärmenetzen) verbunden werden, die in definierten zeitlichen Intervallen gemessen und ausgewertet werden können. Anhand der Zahlen lassen sich die Fortschritte der Wärmewende abbilden und nachvollziehen.

Um den Umsetzungsfortschritt der einzelnen Maßnahmen zu messen, können für jede Maßnahme Erfolgsindikatoren bzw. Meilensteine definiert werden. Die zeitliche Abarbeitung sollte ebenso kontrolliert und gesteuert werden, wie die angegebene Wirksamkeit zur Erreichung der Klimaschutzziele und des Energie- und Ressourcenverbrauchs. Dazu dienen auch die abgeleiteten Erfolgsindikatoren.

Die kontinuierliche Evaluierung und Anpassung des Wärmeplans können in einen umfassenden Prozess der Planung, der Umsetzung, des Monitorings und des Reviews integriert werden. Der Prozess lässt sich in folgenden Schritten darstellen:

1. **Planung:** Die Wärmeplanung erfasst Ziele und strategische Maßnahmen für die weitere Entwicklung detaillierter Pläne. Dazu gehören zum Beispiel die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Verbesserung der Energieeffizienz oder der Ausbau erneuerbarer Energien. Die vorliegenden skizzierten Maßnahmen dienen als eine strategische Grundlage für die Entwicklung der Detailplanungen für konkrete Quartiere bzw. Infrastrukturprojekte wie den Ausbau von Wärmenetzen.
2. **Umsetzung:** In der Umsetzungsphase werden Maßnahmen mit Detailprojekten durchgeführt. Wichtig ist hierbei, dass die Umsetzung der Maßnahmen systematisch dokumentiert wird.
3. **Monitoring:** In der Überprüfungsphase (Monitoring) werden die Ergebnisse der Umsetzung gemessen und anhand der festgelegten Indikatoren (z.B. Energiebilanz, Anteil von regenerativen Energien) bewertet. Dabei müssen die zu dem Zeitpunkt geltenden gesetzlichen, technologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen mitberücksichtigt werden. Weitere gesellschaftliche, klimatische und planerische Veränderungen sind zu beachten und in die geplanten Maßnahmen-Pläne zu integrieren.
4. **Review:** In der Abschlussphase werden auf Basis der Erkenntnisse aus der Überprüfung Anpassungen und Verbesserungen umgesetzt. Hierzu können zum Beispiel neue Maßnahmen geplant oder bestehende Maßnahmen aktualisiert und optimiert werden. Ziel ist es, den Wärmeplan kontinuierlich zu verbessern und die Ziele zu erreichen.

Der rollierende Prozess des Wärmeplans soll dazu beitragen, dass die Maßnahmen effektiver umgesetzt werden, um langfristig eine sichere und treibhausneutrale Wärmeversorgung in der Kommune zu gewährleisten.

## 9. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der vorliegende kommunale Wärmeplan zeigt ein umfassendes Bild der Infrastruktur zur Wärmeversorgung, Siedlungsstrukturen, dem energetischen Zustand der Gebäude sowie der Potenziale zur Einsparung von Wärmeenergie und zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung für das gesamte Stadtgebiet. Daraus ergeben sich Handlungsoptionen, wie die Wärmewende auf der lokalen Ebene vorangetrieben werden kann, um den Wärmebedarf in Gebäuden klimafreundlich und ressourceneffizient zu decken.

Die Wärmeplanung zeigt, dass durch die Reduzierung des Wärmebedarfs, den Umstieg der Wärmeversorgung auf regenerative Energiequellen z.B. Erdwärme, Umgebungsluft, Solarenergie, Holz, Biomethan sowie den Ausbau der Nahwärmenetze die Stadt ihre Treibhausgasemissionen drastisch reduzieren kann.

Der Wärmeplan bietet zudem eine umfassende Grundlage für die Energieplanung und Orientierung für zukünftige Investitionsentscheidungen in die Wärmeversorgungsinfrastruktur. Die Wärmeplanung ist nun der erste Schritt in Richtung treibhausgasneutrale Wärmeversorgung, der über eine reine strategische Planung hinausgehen muss. Die skizzierten Maßnahmen sollen dabei in Detailplanung für konkrete Quartiere bzw. Infrastrukturprojekte wie den Ausbau von Wärmenetzen entwickelt werden. Der gemeinsam mit der Stadt entwickelte Transformationspfad zeigt die konkreten Schritte der kurz- und langfristigen Wärmewendestrategie. Zu den prioritären kurzfristigen Maßnahmen zählen 1) die Prüfung möglicher Photovoltaik-Anlagen auf kommunalen Gebäuden, 2) Aufstellung der planungsrechtlichen Grundlage für die Ausweisung der Vorranggebiete für den Ausbau von Wind- und Solarenergie, 3) die Erstellung der Machbarkeitsstudien zur nachhaltigen Wärmeversorgung in Eignungsgebieten für Nahwärmenetze, 4) Erstellung eines geförderten Transformationsplan für die bestehende kommunale Heizzentrale und 5) die Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes zur energetischen Verbesserung der kommunalen Gebäude inkl. einzuführendem Energiemanagement.

Die Ausarbeitung und Realisierung vieler Maßnahmen berührt dabei die Interessen verschiedener Schlüsselakteure, und daher ist deren Erfolg von verschiedenen Akteuren wie Stadtverwaltung, Energieversorger, Energieberater, Fachwerkbetriebe und private Privateigentümer\*innen abhängig. Ein Engagement und eine koordinierte Zusammenarbeit aller Schlüsselakteure ist notwendig, um die Wärmewende erfolgreich voranzutreiben, vorausgesetzt es gilt das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung des Gebäudebestands nicht nur als abstrakte Zielgröße, sondern als akzeptierter Handlungsrahmen nachhaltiger Stadtentwicklung. Die Stadt kann dabei selbst viele Maßnahmen realisieren wie energetische Sanierung von kommunalen Gebäuden oder die Nutzung von Dachflächen für Solarenergieerzeugung und damit eine Vorbildfunktion gegenüber allen anderen Akteuren einnehmen.

Die Stadt Laupheim spielt vor allem eine leitende und koordinierende Rolle. Es müssen mittel- und langfristige, räumlich abgestimmte Umsetzungspläne entwickelt werden. Hierzu sollte die Wärmeplanung in die Stadtentwicklung eingebettet sein und mit anderen stadtplanerischen Instrumenten und Verfahren verknüpft werden. Es ist wichtig, die Wärmeplanung bei aktuellen Entwicklungsprojekten und stadtpolitisch wichtigen Themen zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass sie mit bereits formulierten Zielen und Maßnahmen sowie der Energie- und Infrastrukturplanung übereinstimmt. Der Handlungsleitfaden der KEA-BW betont die Schnittstelle zwischen kommunaler Wärmeplanung und planerischen Instrumenten und empfiehlt, die Auswirkungen von politischen Beschlüssen auf die Wärmeplanung kontinuierlich zu prüfen.

Die Fortschreibung der Wärmeplanung findet alle 7 Jahre statt. Bis zur Fortschreibung sollte der Wärmeplan und die Umsetzung der Wärmewendestrategie regelmäßig überprüft, aktualisiert und

angepasst werden, um sicherzustellen, dass sie den aktuellen Rahmenbedingungen und Entwicklungen entsprechen. Bei Bedarf müssen neue Maßnahmen entwickelt oder bestehende Maßnahmen angepasst werden. Ein integraler Bestandteil dieses rollierenden Prozesses ist das Monitoring der Umsetzung der Maßnahmen und die regelmäßige Überprüfung. Wenn Fehleinschätzungen oder veränderte Rahmenbedingungen auftreten, müssen die Maßnahmen angepasst und der Transformationspfad neu ausgerichtet werden. Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung wird somit als ein langfristiger Transformationsprozess verstanden, der erst mit der Erreichung des Ziels der klimaneutralen Wärmeversorgung des Gebäudebestands abgeschlossen ist.

## 10. QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 7. Februar 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/page/bsbawueprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-KlimaSchGBW2023rahmen&doc.fnopen=fn->
- [2] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden“, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publicationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf)
- [3] KEA BW, „Formular zur Erhebung der Abwärme in Unternehmen“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/formular-zur-erhebung-der-abwaerme-in-unternehmen>
- [4] LGL Baden-Württemberg, „ALKIS-Liegenschaftsdaten für das Stadtgebiet Laupheim“, n.D.
- [5] geomer GmbH, „FullHAUS-Gebäudedatensatz (Baujahresklasse, Gebäudetyp, Wohn-, Nutz- & Energiefläche)“.
- [6] infas 360 GmbH, „Hauskoordinaten mit Gebäudeparameter (Baujahresklassen, Gebäudetyp)“.
- [7] Stadt Laupheim, „Auflistung der städtischen Liegenschaften“. 2021.
- [8] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, „Wie heizt Deutschland 2019?“ 2019. Zugegriffen: 3. Januar 2023. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bdew.de/media/documents/Pub\\_20191031\\_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf)
- [9] M. Blesl u. a., „40/40-Strategie - Unser Konzept für die Wärmewende“, AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V, 2018.
- [10] Stadtwerke Laupheim, „Verbrauchsdatenübersicht Wärmenetze 2019“.
- [11] Netze-Gesellschaft Südwest mbH, „Verbrauchsdatenübersicht Erdgas 2020“.
- [12] NetzeBW GmbH, „Verbrauchsdatenübersicht Wärmestrom 2019“.
- [13] Bezirksschornsteinfeger der Kehrbezirke in Laupheim, „Auszüge aus dem elektronischen Kehrbuch“. n.D.
- [14] Dr. Max Peters u. a., „Technikkatalog kommunale Wärmeplanung - Version 1.0“, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2022.
- [15] Deutscher Wetterdienst, „Klimafaktoren (Jan 2009 - Jul 2020)“. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html> (zugegriffen 9. Januar 2023).
- [16] Luderer, G., Kost, C., Sörgel, D., und Benke, F., „Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich | Ariadne“, 11. Oktober 2021. <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/> (zugegriffen 19. Juli 2022).
- [17] Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg, „HVZ-Pegelkarten Bühlertann / Bühler“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/map\\_peg.html](https://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/map_peg.html)
- [18] LUBW, „Daten- und Kartendienst der LUBW“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/>
- [19] H. Kammer, *Thermische Seewassernutzung in Deutschland: Bestandsanalyse, Potenzial und Hemmnisse seewasserbetriebener Wärmepumpen*. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Vieweg, 2018. doi: 10.1007/978-3-658-20901-8.
- [20] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (ISONG) <https://isong.lgrb-bw.de/>“, 2022.
- [21] Dr. Max Peters, Dr. Johannes Miocic, Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff, und Dr. Volker Armbruster, „Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg“. 2022.
- [22] Wolfgang Streicher, Felix Ziegler, und Martin Kaltschmitt, „Physikalische Grundlagen“, in *Erneuerbare Energie. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte.*, Berlin: Springer Vieweg.
- [23] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Berechnungsmethodik PV-Potenzial auf Freiflächen in Baden-Württemberg“. 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/freiflaechen/potenzial/berechnungsmethodik>

- [24] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Ermitteltes PV-Potenzial auf Deponien“, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/sonderflächen/ermitteltes-pv-potenzial-auf-deponien>
- [25] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS)“. Zugegriffen: 20. Januar 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/>
- [26] LEA Hessen, „IMPULSPAPIER SOLARTHERMIE, Solare Nahwärme“. LEA LandesEnergie-Agentur Hessen GmbH.
- [27] Trier, D., Skov, C. K., Sørensen, S. S., Bava, F., „Solar District Heating Trends and Possibilities.“, Bd. PlanEnergie, Nr. Copenhagen, 2018.
- [28] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister“. 11. Februar 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>
- [29] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Solarpotenzial auf Dachflächen in Baden-Württemberg“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen>
- [30] SolnetBW, „Solare Wärmenetze für Baden-Württemberg Grundlagen. Potenziale. Strategien“. 2015. [Online]. Verfügbar unter: [https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/77171-Solnet\\_BW\\_II.pdf](https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/77171-Solnet_BW_II.pdf)
- [31] Verbraucherzentrale, „Solarthermie: Solarenergie für Heizung und Warmwasser nutzen“. 14. Juli 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/solarthermie-solarenergie-fuer-heizung-und-warmwasser-nutzen-5568>
- [32] Schabbach, T. und Leibbrandt, P., *Solarthermie. Wie Sonne zu Wärme wird*. Springer Berlin, Heidelberg.
- [33] „Solaratlas“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.solaratlas.de/>
- [34] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Ermittelte Windpotenzialflächen in Baden-Württemberg“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wind/ermittelte-windpotenzialflächen>
- [35] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Kriterienkatalog zur Bestimmung der Windpotenzialflächen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieatlas-bw.de/documents/24384/24629/Kriterienkatalog+Windpotenzial/f6d437f4-472f-4738-ba3c-b5407e58f06b>
- [36] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Ermitteltes Wasserkraftpotenzial - Energieatlas“. <https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial> (zugegriffen 30. Januar 2022).
- [37] Stadt Laupheim, „Stadtplanung Leupheim“. [Online]. Verfügbar unter: <http://stadtplanung.laupheim.de/LPL/lpl.html>
- [38] Stadt Laupheim, *Revierbuch*. Laupheim, 2016.
- [39] Landratsamt Biberach, „Holzagentur&Abfall“, 2022.
- [40] M. Wilnhammer, Schumann, C., Hansbauer, M., Wittkopf, S., und Rothe, A., „Wie viel Energieholz kann der (Privat-) Wald nachhaltig liefern?“, Bd. 24 AFZ-Der Wald, Nr. 5/2015. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.hs-rottenburg.net/fileadmin/user\\_upload/Forschung/Forschungsprojekte/Forst/WEW/WEW-Wilnhammer.pdf](https://www.hs-rottenburg.net/fileadmin/user_upload/Forschung/Forschungsprojekte/Forst/WEW/WEW-Wilnhammer.pdf)
- [41] Bundesamt für Naturschutz, „BIOENERGIE UND NATURSCHUTZ. Synergien fördern, Risiken vermeiden“. Bundesamt für Naturschutz, 2010. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/positionspapiere/bfn\\_position\\_bioenergie\\_naturschutz.pdf](https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/positionspapiere/bfn_position_bioenergie_naturschutz.pdf)
- [42] Siekmann, Amelia, „Biogasproduktion: So effizient lässt sich Schweinegülle verwerten“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agrarheute.com/energie/biogasproduktion-so-effizient-laesst-schweineguelle-verwerten-596872>
- [43] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., „Basisdaten Bioenergie“. [Online]. Verfügbar unter: <https://basisdaten.fnr.de/>
- [44] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, „Vieh-wirt-schaft. Betriebe und Tiere nach Tierarten“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statistik-bw.de/>
- [45] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)“. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermenetze/effiziente\\_waermenetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html)

- [46] Kelm, T., Bickel, P., Jachmann, H., und Liebhart, L., „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“. <https://www.ifeu.de/publikation/sektorziele-2030-und-klimaneutrales-baden-wuerttemberg-2040/> (zugegriffen 11. September 2022).
- [47] Frash, A., „Heizen mal anders: Wasserstoff im Öhringer Erdgas“. SWR, 30. Juni 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/heilbronn/test-versuch-mit-wasserstoff-im-erdgas-in-oehringen-100.html>
- [48] „Beimischung von Wasserstoff in Erdgas | Emerson LI“. <https://www.emerson.com/de-li/esg/environmental-sustainability/hydrogen-value-chain/blending> (zugegriffen 9. März 2023).
- [49] BMWK, „Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie“. 3. Juni 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/News/2022-06-03-fortschrittsbericht-zur-umsetzung-der-nationalen-wasserstoffstrategie-online.html>
- [50] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Kriterienkatalog für die Bestimmung des Potenzials für PV-Freiflächenanlagen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieatlas-bw.de/documents/24384/131240/Kriterienkatalog+PV-Freifl%C3%A4chenpotenzial/91272bce-aac1-4010-87fd-92da0854d28f>

## 11. ANHANG

### Anhang 1: Aufteilung Wärmebedarfe von Wohngebäuden

| Gebäudetyp            | Anteil Warmwasser | Anteil Raumwärme |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| <b>EFH bis 1918</b>   | 9%                | 91%              |
| EFH 1919_1948         | 9%                | 91%              |
| EFH 1949_1957         | 10%               | 90%              |
| EFH 1958_1968         | 10%               | 90%              |
| EFH 1969_1978         | 10%               | 90%              |
| EFH 1979_1983         | 12%               | 88%              |
| EFH 1984_1994         | 12%               | 88%              |
| EFH 1995_2001         | 12%               | 88%              |
| EFH 2002_2009         | 12%               | 88%              |
| EFH 2010_2019         | 17%               | 83%              |
| EFH ab 2020           | 53%               | 47%              |
| <b>DH_RH bis 1918</b> | 19%               | 81%              |
| DH_RH 1919_1948       | 21%               | 79%              |
| DH_RH 1949_1957       | 16%               | 84%              |
| DH_RH 1958_1968       | 21%               | 79%              |
| DH_RH 1969_1978       | 21%               | 79%              |
| DH_RH 1979_1983       | 26%               | 74%              |
| DH_RH 1984_1994       | 26%               | 74%              |
| DH_RH 1995_2001       | 26%               | 74%              |
| DH_RH 2002_2009       | 26%               | 74%              |
| DH_RH 2010_2019       | 32%               | 68%              |
| DH_RH ab2020          | 69%               | 31%              |
| <b>MFH bis 1918</b>   | 13%               | 87%              |
| MFH 1919_1948         | 8%                | 92%              |
| MFH 1949_1957         | 13%               | 87%              |
| MFH 1958_1968         | 17%               | 83%              |
| MFH 1969_1978         | 19%               | 81%              |
| MFH 1979_1983         | 22%               | 78%              |
| MFH 1984_1994         | 22%               | 78%              |
| MFH 1995_2001         | 22%               | 78%              |
| MFH 2002_2009         | 22%               | 78%              |
| MFH 2010_2019         | 33%               | 67%              |
| MFH ab 2020           | 86%               | 14%              |
| <b>GMH bis 1918</b>   | 13%               | 87%              |
| GMH 1919_1948         | 12%               | 88%              |
| GMH 1949_1957         | 15%               | 85%              |
| GMH 1958_1968         | 17%               | 83%              |
| GMH 1969_1978         | 17%               | 83%              |
| GMH 1979_1983         | 23%               | 77%              |

|               |     |     |
|---------------|-----|-----|
| GMH 1984_1994 | 23% | 77% |
| GMH 1995_2001 | 30% | 70% |
| GMH 2002_2009 | 30% | 70% |
| GMH 2010_2019 | 35% | 65% |
| GMH ab 2020   | 54% | 46% |
| HH bis 1918   | 22% | 78% |
| HH 1919_1948  | 22% | 78% |
| HH 1949_1957  | 22% | 78% |
| HH 1958_1968  | 22% | 78% |
| HH 1969_1978  | 25% | 75% |
| HH 1979_1983  | 26% | 74% |
| HH 1984_1994  | 26% | 74% |
| HH 1995_2001  | 33% | 67% |
| HH 2002_2009  | 33% | 67% |
| HH 2010_2019  | 34% | 66% |
| HH ab 2020    | 72% | 28% |

#### Anhang 2: Aufteilung Wärmebedarfe von Industrie & GHD sowie von öffentlichen Gebäuden

| Gebäudedefunktion            | Anteil<br>Raumwärme | Anteil<br>Warmwasser | Anteil<br>Prozesswärme |
|------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Allgemeinbildende Schule     | 69%                 | 31%                  | 0%                     |
| Bauhof                       | 83%                 | 17%                  | 0%                     |
| Bibliothek, Bücherei         | 91%                 | 9%                   | 0%                     |
| Feuerwehr                    | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Friedhofsgebäude             | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Gebäude für Sportzwecke      | 71%                 | 29%                  | 0%                     |
| Gemeindehaus                 | 86%                 | 14%                  | 0%                     |
| Gericht                      | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Hallenbad                    | 72%                 | 28%                  | 0%                     |
| Hochschulgebäude             | 91%                 | 9%                   | 0%                     |
| Kapelle                      | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Kindergarten                 | 74%                 | 26%                  | 0%                     |
| Kirche                       | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Krankenhaus                  | 50%                 | 32%                  | 18%                    |
| Museum                       | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Polizei                      | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Rathaus                      | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Sanatorium                   | 73%                 | 27%                  | 0%                     |
| Seniorenheim                 | 73%                 | 27%                  | 0%                     |
| Sporthalle                   | 76%                 | 24%                  | 0%                     |
| Veranstaltungs-<br>gebäude   | 87%                 | 13%                  | 0%                     |
| Verwaltungsgebäude           | 88%                 | 12%                  | 0%                     |
| Wohn- und<br>Betriebsgebäude | 75%                 | 25%                  | 0%                     |

|                               |     |     |      |
|-------------------------------|-----|-----|------|
| Wohn- und Bürogebäude         | 86% | 14% | 0%   |
| Wohn- und Geschäftsgebäude    | 86% | 14% | 0%   |
| Wohn- und Verwaltungsgebäude  | 88% | 12% | 0%   |
| Wohn- und Wirtschaftsgebäude  | 75% | 25% | 0%   |
| Betriebsgebäude               | 0%  | 0%  | 100% |
| Bürogebäude                   | 86% | 14% | 0%   |
| Fabrik                        | 0%  | 0%  | 100% |
| Gaststätte                    | 50% | 50% | 0%   |
| Gebäude für Vorratshaltung    | 0%  | 0%  | 100% |
| Gebäude zur Energieversorgung | 0%  | 0%  | 100% |
| Geschäftsgebäude              | 86% | 14% | 0%   |
| Hotel                         | 36% | 64% | 0%   |
| Jugendherberge                | 55% | 45% | 0%   |
| Kiosk                         | 88% | 12% | 0%   |
| Post                          | 86% | 14% | 0%   |
| Tankstelle                    | 86% | 14% | 0%   |
| Werkstatt                     | 0%  | 0%  | 100% |
| Wirtschaftsgebäude            | 0%  | 0%  | 100% |

## Anhang 3: Verwendete Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung [14]

| Sektor | Brennstoff                                                      | Emissionsfaktor in kg CO <sub>2</sub> /kWh |        |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|--------|
|        |                                                                 | 2020                                       | 2030   | 2040   |
| Wärme  | Heizöl                                                          | 0,311                                      | 0,311  | 0,311  |
|        | Erdgas                                                          | 0,233                                      | 0,233  | 0,233  |
|        | Holz                                                            | 0,022                                      | 0,022  | 0,022  |
|        | Strommix                                                        | 0,478                                      | 0,270  | 0,151  |
|        | Wasserstoff                                                     | 0,385                                      | 0,385  | 0,385  |
|        | Biomethan                                                       | 0,041                                      | 0,038  | 0,037  |
|        | Fernwärme                                                       | 0,180*                                     | 0,170* | 0,085* |
|        | *bezogen auf den eingesetzten Energieträger-Mix im Nahwärmenetz |                                            |        |        |
| Strom  | Wasserstoff                                                     | 0,047                                      | 0,047  | 0,047  |
|        | Photovoltaik                                                    | 0,04                                       | 0,036  | 0,033  |
|        | Windkraft                                                       | 0,1                                        | 0,009  | 0,0045 |

## Anhang 4: Kriterienkatalog für die Bestimmung des Potenzials für PV-Freiflächenanlagen [50]

| Kriterium Art                 | Kategorie                | Bezeichnung                                | Abstand in m |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------|
| Potenziell geeignete Fläche   | Benachteiligte Gebiete   | Ackerland in benachteiligten Gebieten      | 0            |
|                               | Benachteiligte Gebiete   | Grünland in benachteiligten Gebieten       | 0            |
|                               | Seitenrandstreifen       | Seitenrandstreifen an Autobahnen (200 m)   | 0            |
|                               | Seitenrandstreifen       | Seitenrandstreifen an Bahnstrecken (200 m) | 0            |
|                               | Konversionsflächen       | Abfalldeponien (stillgelegt)               | 0            |
|                               | Konversionsflächen       | Tagebau/Grube/Steinbruch (stillgelegt)     | 0            |
|                               | Konversionsflächen       | Truppenübungsplätze (stillgelegt)          | 0            |
| Hartes Restriktionskriterium  | Siedlungsflächen         | Ortslageflächen, Gebäude                   | 10           |
|                               | Siedlungsflächen         | Freizeitflächen Sportanlagen               | 10           |
|                               | Siedlungsflächen         | Weitere bebauten Flächen                   | 0            |
|                               | Straßen                  | Bundesautobahnen                           | 40           |
|                               | Straßen                  | Weitere Straßen                            | 20           |
|                               | Straßen                  | Wege                                       | 0            |
|                               | Schienenstrecken         | Bahnstrecken                               | 20           |
|                               | Schienenstrecken         | Bahnverkehrsanlagen                        | 0            |
|                               | Flughäfen und Flugplätze | Flächen für Flugverkehr                    | 0            |
|                               | Gewässer                 | Fließgewässer                              | 10           |
|                               | Gewässer                 | Weitere Fließgewässer                      | 10           |
|                               | Gewässer                 | Stehende Gewässer                          | 10           |
|                               | Wald- und Forstflächen   | Wald                                       | 30           |
|                               | Wald- und Forstflächen   | Gehölz                                     | 30           |
|                               | Naturschutzgebiete       | Naturschutzgebiete                         | 0            |
|                               | Nationalpark             | Nationalpark                               | 0            |
|                               | Biosphärengebiete        | Kernzonen                                  | 0            |
|                               | Biotop                   | Biotop                                     | 0            |
|                               | Überschwemmungsgebiete   | Überflutungsflächen HQ100                  | 0            |
|                               | Naturdenkmale            | Flächenhafte Naturdenkmale                 | 20           |
|                               | Wasserschutzgebietszonen | Zone I                                     | 0            |
|                               | Moorkataster             | Moorboden                                  | 0            |
| Weiches Restriktionskriterium | Biotopverbund            | Trockene, feuchte und mittlere Standorte   | 0            |
|                               | Biotopverbund            | Generalwildwegeplan                        | 1000 m       |
|                               | Landschaftsschutzgebiete | Landschaftsschutzgebiete                   | 0            |
|                               | Biosphärengebiete        | Entwicklungszonen, Pflegezonen             | 0            |
|                               | Wasserschutzgebietszonen | Zone II                                    | 0            |



# Kommunaler Wärmeplan

## **Impressum**

Nach § 7 KSG Baden-Württemberg für die Kommunale Wärmeplanung verpflichtet:

Große Kreisstadt Laupheim  
Marktplatz 1  
88471 Laupheim

## **Inhaltliche Erarbeitung:**

AutenSys GmbH

**in Zusammenarbeit mit**

RBS Wave GmbH