

Kommunaler Wärmeplan der Stadt Herrenberg



Zusammenfassung

Datenerhebung

Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) 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 Kkehrbuch der Bezirksschornsteinfeger zu den bestehenden Heizungen ergänzt. Mithilfe dieser Daten lässt sich ein detailliertes Bild der Beheizungsstruktur in Herrenberg 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.

Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse wurde die Gemeinde- und Gebäudestruktur der Stadt Herrenberg näher untersucht. Ein Großteil der Flächen wird land- oder forstwirtschaftlich genutzt. Der Stadtkern weist dagegen eine deutlich höhere Bebauungsdichte auf. Bei den Gebäuden in Herrenberg handelt es sich größtenteils um Wohngebäude – hierbei sind Einfamilien- bzw. Doppel- und Reihenhäuser die dominierenden Gebäudetypen. Die Beheizungsstruktur ist vorwiegend durch fossile Einzelheizungen geprägt. 46 % der Heizungen wurden im Referenzjahr 2019 primär durch Erdgas befeuert. Mit 37 % machten Ölheizungen den zweitgrößten Anteil aller Heizungen in Herrenberg aus. Bei 11 % der Heizungen wird Strom als Primärenergieträger genutzt – hierbei handelt es sich um Nachtspeicheröfen oder Wärmepumpen. Die Endenergie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Herrenberg zeigt, dass im Basisjahr über 90 % der Emissionen im Wärmesektor durch fossile Einzelheizungen verursacht wurden. Weiterhin ließen sich 5 % des Endenergiebedarfs und die damit einhergehenden Emissionen direkt auf Liegenschaften in kommunaler Hand zurückführen. Hier kann die Gemeinde die Wärmeversorgung ihrer Gebäude direkt beeinflussen und ggf. den Bau von Wärmenetzen initiieren.

Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wurden verschiedene Potenziale zur Wärme- und Stromerzeugung erhoben. Da künftig mit einer stärkeren Elektrifizierung des Wärmesektors zu rechnen ist, müssen diese Potenziale gemeinsam betrachtet werden. Zur Erzeugung von grünem Strom eignen sich in Herrenberg Photovoltaikanlagen auf Dach- und Freiflächen und Windenergieanlagen. Herauszustellen ist der Anteil des bereits genutzten Potenzials der PV-Dachflächen von 12,5 %, sowie eine geplante Nutzung des Windkraftpotenzials mit insgesamt 27 Windkraftanlagen bis zum Jahr 2040. Die Nutzung von Abwasserwärme bietet sich in den Sammlern selbst und im Auslauf der Kläranlage des Zweckverbandes Abwasserreinigung Gäu-Ammer an. Bei der direkten thermischen Verwertung aus regenerativen Quellen kann zusätzliches Energieholz-Potenzial im Herrenberger Forst und Grüngut von Häckselplätzen genutzt werden, im Vergleich zum Gesamtendenergiebedarf sind dies bis zu 4 %. Im Vergleich dazu spielt die Biomassevergärung von Grasschnitt und

Gülle der Viehhaltung wärmemengenmäßig eine untergeordnete Rolle. Ein Potenzial der oberflächennahen Geothermie für Erdwärmesonden ist im gesamten Gemarkungsgebiet nicht vorhanden, da die Gemarkung im Bereich von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten liegt. Erdwärmekollektoren hingegen können unter bestimmten Voraussetzungen Erdwärme nutzen, dies erfordert standortspezifisch eine Einzelfallprüfung. Eignungsgebiete für Wärmenetze können in Herrenberg u.a. für die Gebiete Innenstadt, die Teilorte Affstädt und Kuppingen benannt werden. Die erzeugungsseitigen Potenziale durch Strom und Wärmeerzeugung werden durch Möglichkeiten zur Energieeinsparungen durch Sanierungsmaßnahmen an den Bestandsgebäuden ergänzt. Bei einer angenommenen Sanierungsquote von 2 % der Wohnflächen lassen sich bis zu 10 % des Gesamtwärmebedarfes bis 2040 einsparen. Gebäudesanierungen stellen damit einen wichtigen, aber schwer zu hebenden Baustein der Wärmewende dar. Zur künftigen Verfügbarkeit von Wasserstoff zur Wärmeversorgung wurde, in Abstimmung mit den Stadtwerken, ein hohes Potenzial bis zum Jahr 2040 gesehen. Mit einer Wasserstoff-Versorgung des Großraums Stuttgart durch die Süddeutschen Erdgasleitung ab dem Jahr 2030 besteht die Perspektive einer Umstellung des Gasnetzes auf Wasserstoff in Herrenberg.

Klimaneutrales Zielszenario

Zur Erarbeitung des klimaneutralen Zielszenarios für Herrenberg wurde das Stadtgebiet in 37 Teilgebiete aufgeteilt und diese auf Basis der ermittelten Wärmebedarfsdichten hinsichtlich ihrer Wärmenetzeignung bewertet. Der Begriff Klimaneutralität wurde dahingehend definiert, dass im Zieljahr 2040 keine fossilen Einzelheizungen mehr in Betrieb sind und Wärmenetze ohne fossile Brennstoffe betrieben werden. Im nächsten Schritt wurden Eingangsparameter zur Simulation verschiedener Zukunftsszenarien für den Wärmesektor Herrenbergs bis zum Jahr 2040 diskutiert und festgelegt. Insgesamt wurden drei Szenarien betrachtet. Als Zielszenario wurde das Szenario KLIM I mit Entscheidungskriterium Wirtschaftlichkeit und der Verfügbarkeit grüner Gase ab 2030 festgelegt. Dieses beinhaltet den Ausbau von Wärmenetzen im Stadtgebiet, wo bei einer angestrebten Anschlussquote von mindestens 50 % ein Wärmenetzanteil von rund 23 % an den installierten Heizungen resultiert. Die verbleibenden Heizungssysteme sind Luftwärmepumpen und klimaneutrale Gasttechnologien. Die resultierenden Endenergiebedarfe und CO₂-Emissionen für die Jahre 2019, 2030 und 2040 wurden nach Sektoren und Energieträgern bilanziert. Des Weiteren wurden die Ergebnisse des Zielszenarios auf die ausgewiesenen Teilgebiete heruntergebrochen und die zukünftige Entwicklung der Wärmeerzeugung sowie die verfügbaren regenerativen Potenziale in Teilgebietssteckbriefen dokumentiert. Darüber hinaus wurde dargestellt, wie sich die Entwicklungen des Zielszenarios auf die zukünftige Stromnachfrage und den Betrieb der Gasnetze in Herrenberg auswirken würden.

Wärmewendestrategie

Im Rahmen der Wärmewendestrategie wird der Transformationspfad erläutert an dessen Ende das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2040 steht. Hierfür wurden zunächst Maßnahmen definiert, deren Umsetzung zu Treibhausgasminderungen im Wärmesektor führen soll. Fünf dieser Maßnahmen wurden mit einer hohen Priorität

versehen. Mit ihrer Umsetzung soll im Laufe der nächsten fünf Jahre nach Veröffentlichung begonnen werden. Hierbei handelt es sich einerseits um Maßnahmen, die auf die technische Umsetzung der Transformation abzielen, wie beispielsweise die klimaneutrale Energieversorgung der Quartiere „Aischbachareal“ und „Gartenäcker“ sowie der Bau von Windkraftanlagen auf der Gemarkung. Zum anderen werden diese Aktivitäten durch übergeordnete und organisatorische Maßnahmen begleitet, die die Kommunale Wärmeplanung im Bewusstsein sämtlicher Akteure, wie z.B. Verwaltung und Bürgerschaft, tiefer verankern soll. Um den Fortschritt der Maßnahmenumsetzung zu überwachen, wird die Einführung eines Monitoring- und Controlling-Konzepts empfohlen. So kann schnell auf sich ändernde Rahmenbedingungen, politischer, wirtschaftlicher oder technologischer Art, reagiert werden und die Wärmewendestrategie entsprechend angepasst werden. Der kontinuierliche Verbesserungsprozess, der hinter diesem Konzept steckt, soll die Erreichung des übergeordneten Ziels, der klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2040, sicherstellen.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| ZUSAMMENFASSUNG | 2 |
| ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | 6 |
| 1. EINLEITUNG | 7 |
| 2. DATENERHEBUNG | 9 |
| 2.1 Vorgehensweise und Datenschutz | 9 |
| 2.2 Aufbereitung der Daten | 10 |
| 2.3 Datenqualität | 10 |
| 3. BESTANDSANALYSE | 11 |
| 3.1 Gemeindestruktur | 11 |
| 3.2 Gebäudestruktur | 12 |
| 3.3 Beheizungs- und Versorgungsstruktur | 14 |
| 3.4 Energie- und Treibhausgasbilanz des Wärmesektors 2019 | 21 |
| 3.5 Wärmebedarf | 23 |
| 3.6 Fazit Bestandsanalyse | 25 |
| 4. POTENZIALANALYSE | 26 |
| 4.1 Energetische Sanierung | 26 |
| 4.2 Wärmenetzpotenziale | 30 |
| 4.3 Lokale Potenziale zur Strom- und Wärmezeugung | 32 |
| 4.4 Fazit Potenzialanalyse | 48 |
| 5. ZIELSZENARIO | 50 |
| 5.1 Zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs | 50 |
| 5.2 Wärmebedarfsdichte 2030 und 2040 | 52 |
| 5.3 Eignungsgebiete | 53 |
| 5.4 Klimaneutrales Zielszenario 2040 | 56 |
| 5.5 Darstellung der Versorgungsstruktur im Zielszenario | 72 |
| 5.6 Fazit Zielszenario | 79 |
| 6. WÄRMEWENDESTRATEGIE | 81 |
| 6.1 Beschreibung der prioritären Maßnahmen | 81 |
| 6.2 Begleitende Maßnahmen | 94 |
| 6.3 Anwendung und Weiterentwicklung des kommunalen Wärmeplans | 96 |
| 6.4 Fazit Wärmewendestrategie | 98 |
| 7. AKTEURSBETEILIGUNG | 99 |
| 8. SCHLUSSBETRACHTUNG | 101 |
| 9. QUELLENVERZEICHNIS | 103 |
| ANHANG | 105 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ALKIS..... | <i>Allgemeines Liegenschaftskataster</i> |
| BAU..... | <i>Business as usual</i> |
| BEW..... | <i>Bundesförderung für effiziente Wärmenetze</i> |
| BHKW..... | <i>Blockheizkraftwerk</i> |
| CSV..... | <i>comma-separated-values</i> |
| DH_RH..... | <i>Doppel-/Reihenhaus</i> |
| DWA..... | <i>Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall</i> |
| EFH..... | <i>Einfamilienhaus</i> |
| EL_NSP..... | <i>Nachtspeicheröfen</i> |
| EWärmeG..... | <i>Erneuerbare-Wärme-Gesetz</i> |
| FFH..... | <i>Flora-Fauna-Habitat</i> |
| GAS_ALT..... | <i>Bestehende Gasheizungen</i> |
| GAS_BG..... | <i>Gasheizungen mit beigemischten Biomethan</i> |
| GAS_PV..... | <i>Gasheizungen mit Photovoltaikanlage</i> |
| GAS_STH..... | <i>Gasheizungen mit Solarthermie</i> |
| GHD..... | <i>Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</i> |
| GIS..... | <i>geographisches Informationssystem</i> |
| GMFH..... | <i>großes Mehrfamilienhaus</i> |
| GTP..... | <i>Gasnetzgebietstransformationsplan</i> |
| H2_IND..... | <i>Wasserstoff für industrielle Prozesse</i> |
| HOLZ..... | <i>Holzbeheizte Heizungen (Pellets, Scheitholz, Hackschnitzel)</i> |
| HOLZ_STH ... | <i>Holzbeheizte Heizungen (Pellets, Scheitholz, Hackschnitzel) mit Solarthermie</i> |
| IBV..... | <i>Interessenbekundungsverfahren</i> |
| KlimaG BW..... | <i>Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg</i> |
| KSG BW..... | <i>Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg</i> |
| kW..... | <i>Kilowatt</i> |
| kWh..... | <i>Kilowattstunde</i> |
| KWK..... | <i>Kraft-Wärme-Kopplung</i> |
| KWP..... | <i>Kommunale Wärmeplanung</i> |
| LUBW..... | <i>Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg</i> |
| LWWP..... | <i>Luft-Wasser-Wärmepumpen</i> |
| LWWP_PV..... | <i>Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Photovoltaik</i> |
| m ² | <i>Quadratmeter</i> |
| MAX..... | <i>Maximum, maximal</i> |
| MFH..... | <i>Mehrfamilienhaus</i> |
| MIN..... | <i>Minimum, minimal</i> |
| OEL_ALT..... | <i>Bestehende Ölheizungen</i> |
| PDCA..... | <i>Plan-Do-Check-Act</i> |
| PV..... | <i>Photovoltaik</i> |
| SWWP..... | <i>Sole-Wasser-Wärmepumpe</i> |
| SWWP_PV..... | <i>Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Photovoltaik</i> |
| WEA..... | <i>Windenergieanlagen</i> |
| WGK..... | <i>Wärmegestehungskosten</i> |
| WN..... | <i>Wärmenetz</i> |

1. Einleitung

Für das Gelingen der Wärmewende ist es erforderlich, begleitend zu den Aktivitäten auf Bundes- und Landesebene auch lokale Umsetzungsstrategien zu entwickeln. Mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes des Landes Baden-Württemberg (KSG BW) im Oktober 2019 wurde daher die kommunale Wärmeplanung (KWP) als Planungsinstrument auf kommunaler Ebene auf den Weg gebracht. Stadtkreise und Große Kreisstädte sind gem. § 27 KlimaG BW verpflichtet, bis Ende 2023 einen kommunalen Wärmeplan aufzustellen und diesen spätestens alle 7 Jahre fortzuschreiben. Mit 33.937 Einwohnenden (Stand Mai 2023) zählt Herrenberg zu den verpflichteten Städten.

Die Stadt Herrenberg mit ihren Bürgerinnen und Bürgern hat sich im Rahmen ihres Klimafahrplans [1] bereits intensiv mit den lokalen Chancen zur Erreichung einer Klimaneutralität im Jahr 2045 auseinandergesetzt und dabei umfassend Maßnahmenansätze für die Handlungsfelder Energiewirtschaft, Bauen und Wohnen, Mobilität, Industrie, Wirtschaft, Gewerbe, Landwirtschaft, Ernährung, Konsum, Forstwirtschaft und Landnutzung sowie Klimawandelanpassung identifiziert. Der vorliegende Wärmeplan stellt eine Vertiefung der Untersuchungen im Bereich Energiewirtschaft dar. Um Konsistenz und Vergleichbarkeit zu den Annahmen und Zielen des Klimafahrplans sicherzustellen, wurde für die Kommunale Wärmeplanung ebenfalls das Basisjahr 2019 festgelegt.

Der kommunale Wärmeplan hat zum Ziel, eine flächendeckende Daten- und Informationsbasis für das gesamte Stadtgebiet zu schaffen, welche die Ausgangssituation der Wärmeversorgung im Basisjahr darstellt und den Transformationsprozess zu einer langfristig CO₂-neutralen Wärmeversorgung des Stadtgebiets bis zum Jahr 2040 beschreibt. Dabei geht es einerseits darum, den Wärmeenergiebedarf sukzessive zu reduzieren und andererseits die Wärmeerzeugung bzw. -bereitstellung auf erneuerbare Energien umzustellen.

Um die kommunale Wärmeplanung auf möglichst verlässliche Daten aufzubauen, werden Gemeinden und Städte in Baden-Württemberg über den § 33 des KlimaG BW ermächtigt, bei der Verwaltung, Energieunternehmen, Gewerbe- und Industriebetrieben und Schornsteinfegern vorhandene Verbrauchsdaten einzuholen. Die Regelungen im § 33 des KlimaG BW schaffen dabei einerseits die nach allgemeinem Datenschutzrecht erforderliche Rechtsgrundlage für die Datenübermittlung und legen zudem fest, welche Daten zum Zweck der Wärmeplanung übermittelt werden dürfen und wie damit zu verfahren ist.

Um ein koordiniertes Vorgehen aller lokalen/regionalen Akteure zu forcieren, ist eine enge Verzahnung des kommunalen Wärmeplans mit anderen kommunalen Planungsinstrumenten (z.B. integrierte Stadtentwicklung, Bauleitplanung) erforderlich. Für die fachliche Begleitung bei der Erstellung des kommunalen Wärmeplans hat die Stadt Herrenberg, als zuständige Stelle, die RBS wave GmbH als Ingenieurdienstleister beauftragt.

Im vorliegenden Erläuterungsbericht wird auf die vier Hauptbestandteile des kommunalen Wärmeplans gem. KlimaG BW, Bestandsanalyse (Kapitel 3), Potenzialanalyse (Kapitel 0), Zielszenario 2040 (Kapitel 5) und Wärmewendestrategie (Kapitel 6), näher eingegangen.

Für das methodische Vorgehen bei der Erstellung des kommunalen Wärmeplans wurde der Handlungsleitfaden zur kommunalen Wärmeplanung vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg in der Fassung vom Dezember 2021 genutzt [2]. Der Leitfaden enthält neben konkreten Hinweisen für die Erarbeitung auch detaillierte Informationen zu den Hintergründen und zur Einordnung der kommunalen Wärmeplanung.

2. Datenerhebung

Die Datenerhebung und -verarbeitung erfüllte stets alle Anforderungen des Datenschutzes. Der Umfang der Datenerhebung ist im §33 des KlimaG Baden-Württemberg geregelt. 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 ebenso wichtig zu wissen, wie heute die Wärme erzeugt wird und welche Voraussetzungen damit für eine zukünftige Wärmeversorgung einhergehen.

2.1 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 die Ansprechpersonen der Herrenberger Stadtverwaltung und Stadtwerke, welche die Informationen den Bearbeitenden über eine passwortgeschützte Cloud zur Verfügung stellten.

Energieversorger und Netzbetreiber

Zur Datenabfrage bei den Energieversorgern und Verteilnetzbetreibern wurden jeweils tabellarische Vorlagen mit den benötigten Daten zur Verfügung gestellt. Hier erfolgte die Abfrage bei den Akteuren über die Ansprechpersonen der Stadtwerke Herrenberg. Intern konnte so eine tabellarische Auflistung der adressscharfen Jahresverbräuche der leitungsgebundenen Energieträger Erdgas und Strom für Wärmeanwendungen bereitgestellt werden. Weiterhin wurde eine Auflistung der zentralen Wärmeerzeuger für das Bestandswärmenetz sowie die gebäudescharfen Mengen an abgenommener Wärme zur Verfügung gestellt. Um auch hier Bezug zum Herrenberger Klimafahrplan zu nehmen, wurde dasselbe Basisjahr, nämlich 2019, für sämtliche Verbrauchsdaten festgelegt.

Schornsteinfeger

Das elektronische Kkehrbuch der Bezirksschornsteinfeger wurde eigens für die Datenerlieferung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung mit einer Schnittstelle zum Export von passwortgeschützten CSV-Dateien ausgestattet. Diese wurden über die Stadt Herrenberg 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.

2.2 Aufbereitung der Daten

Bei der Aufbereitung der gelieferten Energiedaten wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Vollständigkeitsprüfung

Generell wurde davon ausgegangen, dass die gelieferten Datensätze vollständig sind. Insofern bezog sich die Vollständigkeitsprüfung auf die Überprüfung der Attribute innerhalb eines Objekts. Fehlende Daten führten, 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 wurde geprüft, ob Wertebereich und Verteilung der gegebenen Werte plausibel sind und ob Ausreißer vorlagen.

3. Fehleranalyse und Datenbereinigung

Hierbei wurden fehlerhafte, unvollständige oder doppelte Objekte identifiziert, bewertet und bei Bedarf gelöscht oder ergänzt.

4. Datentransformation und -anreicherung

In diesem Schritt wurde sichergestellt, dass in den Datensätzen dieselben Dimensionen vorliegen. Dies sind bei Energiedaten insbesondere Energiemengen in Kilowattstunden (kWh), Leistungen in Kilowatt (kW), Flächen in Quadratmetern (m²) sowie CO₂-Emissionen in Kilogramm pro Kilowattstunden (kg/kWh). Aufbauend auf den vorangegangenen Schritten wurden 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 (siehe Anhang 2 und Anhang 3).

2.3 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 verschiedenen Fehlerarten aufgetreten sind, z.B. Adressen ohne Hausnummer, 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 der Gas- und Wärmenetze wurden als im Shape-Dateiformat übermittelt und konnten so direkt ins GIS übertragen werden.

3. 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 Baualterklassen, sowie der aktuellen Versorgungsstruktur. Anschließend werden aus dem aktuellen Wärmeverbrauch die Treibhausgasemissionen ermittelt. Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich auf das gesamte Stadtgebiet und schließt damit Gewerbe- und Industriegebiete ein.

3.1 Gemeindestruktur

Die Flächennutzung der Stadt Herrenberg ist in Tabelle 1 im zahlenmäßigen Überblick und in Abbildung 1 räumlich aufgelöst dargestellt. Das Gemarkungsgebiet ist überwiegend durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und Waldflächen geprägt. Flächen mit Wohnnutzung machen knapp 6 %, Industrie- und Gewerbeflächen knapp 2 % des Gemarkungsgebiets aus.

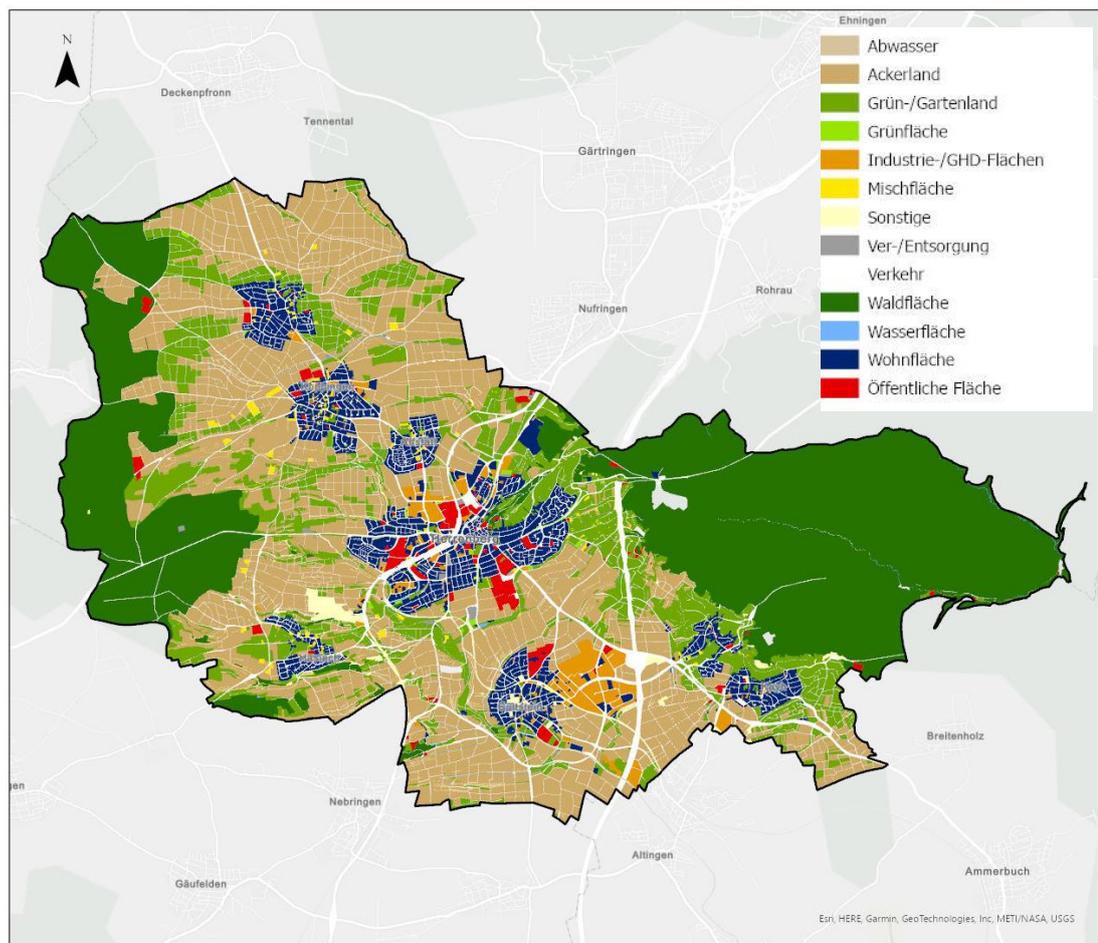


Abbildung 1: Flächennutzung Stadt Herrenberg [3]

Tabelle 1: Relative Anteile der Flächennutzung in Herrenberg [3]

| Nutzung | Relativer Anteil |
|---------------------------------------------------|------------------|
| Landwirtschaft (Ackerland, Grünland, Grünflächen) | 42 % |
| Waldfläche | 41 % |
| Wohnfläche | 6 % |
| Industrie- und GHD-Flächen | 2 % |
| Verkehr | 7 % |
| Öffentliche Flächen | 1 % |
| Sonstige (Wasserflächen, Ver- und Entsorgung) | 1 % |

3.2 Gebäudestruktur

In der Stadt Herrenberg wurden 8.674 beheizte Gebäude identifiziert, welche zu 91 % dem Sektor Wohnen und zu 8 % dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) & Sonstige zugewiesen werden können (siehe Tabelle 2). Im Gemarkungsgebiet liegen insgesamt 126 wärmebedarfsrelevante kommunale Gebäude, was einem Anteil von 1 % an den beheizten Gebäuden entspricht.

Tabelle 2: Aufteilung der Gebäudenutzung Stadt Herrenberg [3], [4]

| Gebäudenutzung | Gebäudeanzahl | Relativer Anteil der beheizten Gebäude an der Gesamtzahl |
|--------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------|
| Wohnen | 7.853 | 91 % |
| GHD & Sonstige | 684 | 8 % |
| Kommunale Gebäude | 126 | 1 % |
| Verarbeitendes Gewerbe | 11 | 0,1 % |
| Beheizte Gebäude gesamt | 8.674 | 100 % |
| Nicht klassifizierte Gebäude * | 9.844 | |

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

Die Struktur der Wohnbebauung in Herrenberg wird aus Abbildung 2 ersichtlich, welche zu großen Teilen durch Einfamilienhäuser (EFH) und Doppel- bzw. Reihenhäuser (DH_RH) geprägt ist. Bei 11 % der Wohngebäude handelt es sich um (große) Mehrfamilienhäuser (MFH bzw. GMFH). Mit Blick auf die Verteilung der Baualtersklassen ist festzustellen, dass die umfangreichsten Bautätigkeiten in Herrenberg in den Fünfziger- und Sechzigerjahren des letzten Jahrhunderts stattfanden.

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 Wärmeplan daher gesondert ausgewiesen, wie Abbildung 3 beispielhaft zeigt. Bei den kommunalen Gebäuden handelt es sich nicht zwangsläufig um öffentlich zugängliche Gebäude – auch Wohngebäude können in kommunaler Hand sein.

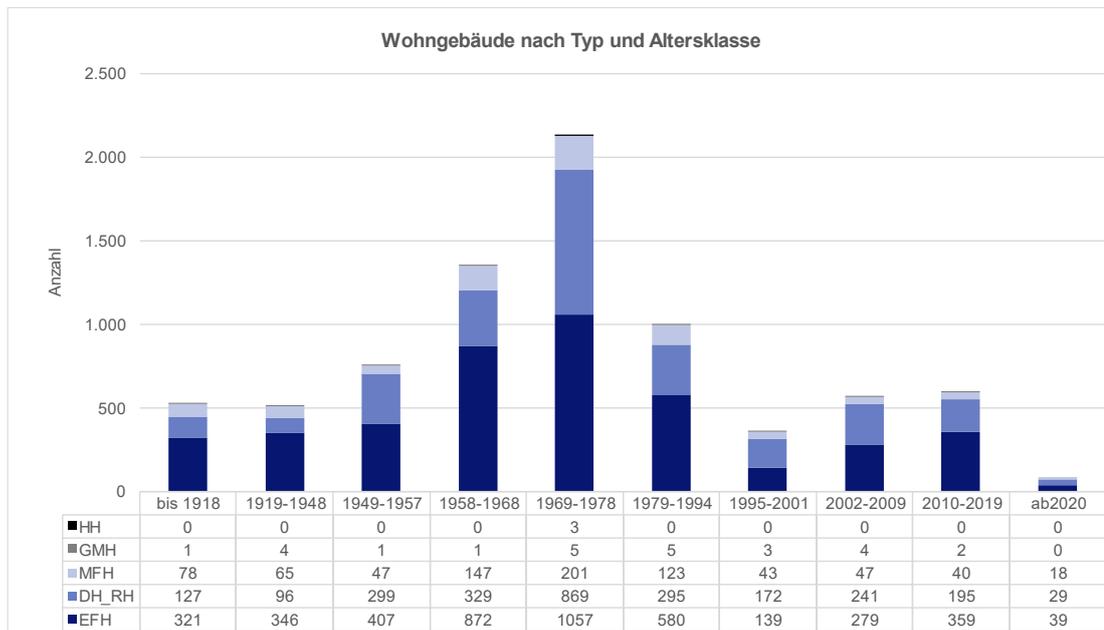


Abbildung 2: Wohngebäude in Herrenberg nach Gebäudetyp und Altersklasse [5]



Abbildung 3: Ausschnitt öffentlicher Gebäude in der Altstadt von Herrenberg mit Kennzeichnung der kommunalen Gebäude [4]

3.3 Beheizungs- und Versorgungsstruktur

3.3.1 Heizungen nach Energieträgern

Die Unterteilung der Heizungen nach Energieträgern wurde anhand von gebäude-scharfen Verbräuchen sowie den Anlagendaten der Bezirksschornsteinfeger vorgenommen. Lagen für ein Gebäude, das aufgrund seiner Nutzung gemäß dem Allgemeinen Liegenschaftskataster (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 beheizten Fläche multipliziert.

Aus Tabelle 3 ist abzulesen, dass die Wärmeversorgung in Herrenberg im Basisjahr 2019 noch stark fossil geprägt war und ca. 83 % der Heizungen mit Erdgas oder Heizöl betrieben wurden. Zu den fossil beheizten Gebäuden lassen sich darüber hinaus noch jene zählen, die an das mit Erdgas befeuerte Wärmenetz im Längenholz angeschlossen sind. 11 % der Heizungen in Herrenberg wurden elektrisch betrieben – hierbei waren Nachtspeicheröfen häufiger vertreten als Wärmepumpen.

Tabelle 3: Eingesetzte Heizungen unterteilt nach Primärbrennstoffen [6]–[9]

| Heizungen nach Primärbrennstoff | Anzahl Heizungen | Relativer Anteil |
|-------------------------------------------|------------------|------------------|
| Erdgas | 3.995 | 46 % |
| Heizöl | 3.184 | 37 % |
| Nachtspeicher | 657 | 8 % |
| Holz (Pellets, Hackschnitzel, Scheitholz) | 538 | 6 % |
| Wärmepumpe | 294 | 3 % |
| Wärmenetze | 6 | 0,1 % |

Da in Tabelle 3 die Heizungen nach ihrem Primärbrennstoff ausgewiesen werden, werden kleinere Holzöfen oder Solarthermieanlagen zur Heizungsunterstützung an dieser Stelle nicht bilanziert.

Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die Altersstrukturen der fossilen Heizungen in Herrenberg im Vergleich zu Deutschland – hierfür wurden sämtliche verfügbaren Datensätze der Bezirksschornsteinfeger ausgewertet [6].

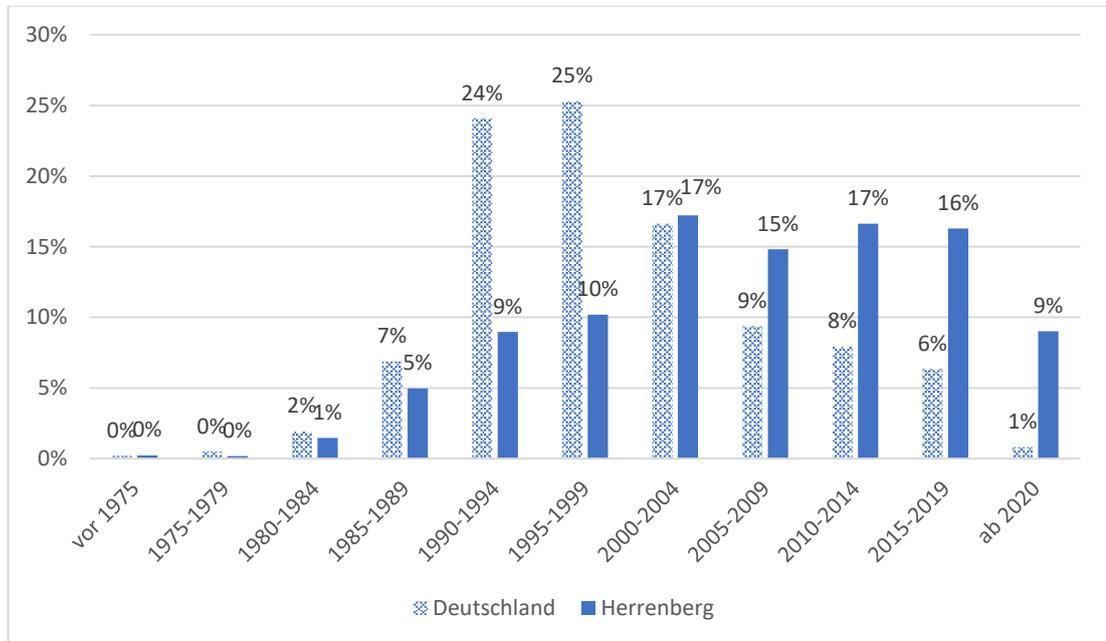


Abbildung 4: Altersstruktur der Gasheizungen in Herrenberg und Deutschland

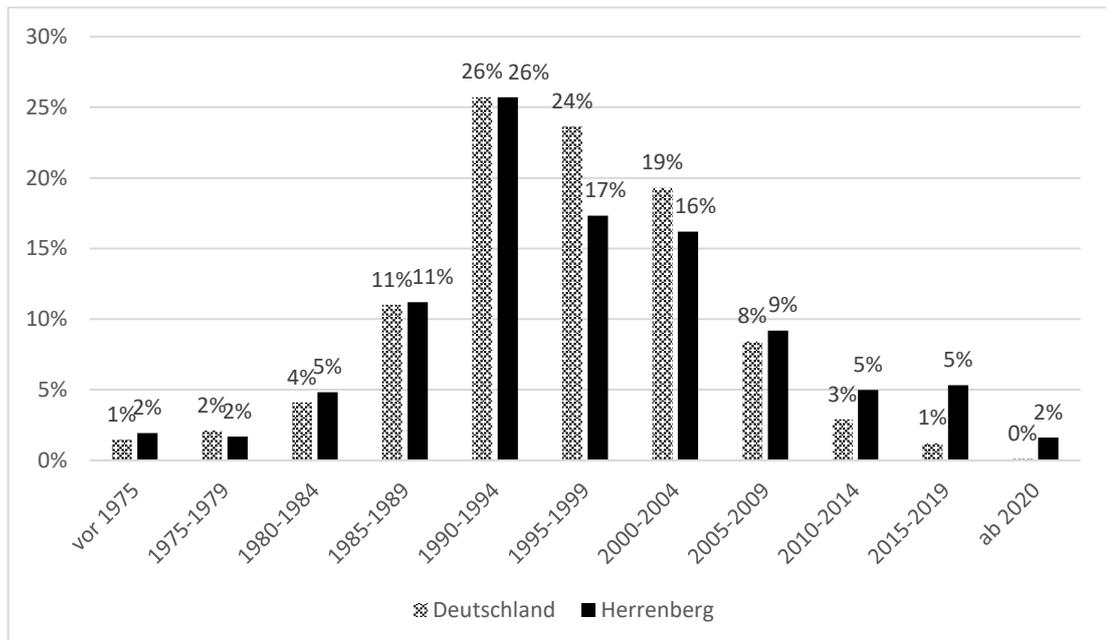


Abbildung 5: Altersstruktur der Ölheizungen in Herrenberg und Deutschland

Es lässt sich ablesen, dass die Ölheizungen in Herrenberg tendenziell älter sind als die Gasheizungen. Im Basisjahr 2019 waren insgesamt knapp 46 % der Ölheizungen in Herrenberg vor 1995 eingebaut worden und waren damit älter als 25 Jahre (Abbildung 5). Die Altersstruktur ist vor allem deshalb von Bedeutung, weil diese älteren Heizungen spätestens nach 30 Jahren ausgewechselt werden müssen – hier bietet sich die Chance, fossile Heizungssysteme durch regenerative zu ersetzen.

Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die Herrenberger Gasheizungen verglichen mit dem Bundesschnitt deutlich jünger sind. 42 % der lokalen Gasheizungen sind nach 2010 installiert worden und waren somit im Basisjahr 2019 maximal 10 Jahre alt. Hier zeigt sich die Herausforderung für die Stadt Herrenberg – die Gasheizungen sind so jung, dass nicht mit einem zeitnahen Wechsel hin zu erneuerbaren Wärmequellen oder dem Anschluss an ein potenzielles Wärmenetz zu rechnen ist.

3.3.2 Gasversorgung

Im Stadtgebiet existiert eine weitreichende Erdgasversorgung. Diese wird in Abbildung 6, aus Gründen des Datenschutzes in einer Aggregation von 100 x 100 Metern mit mindestens fünf Gebäuden, dargestellt. Die Rasterkacheln sind blau markiert, wenn mehr als 50 % der örtlichen Heizungen mit Erdgas befeuert werden. Im Jahr 2019 wurden fast 4.000 Gebäude in Herrenberg mit rund 200 GWh Gas versorgt. Tabelle 4 schlüsselt die Gasabnahme nach Sektoren auf. Nicht berücksichtigt wurden hierbei die Gasmengen, welche in der Heizzentrale für den Betrieb des Wärmenetzes im Längenzholz verfeuert wurden. Die daraus resultierenden Wärmemengen wurden den angeschlossenen Verbrauchern zugeordnet (siehe Kapitel 3.3.3).

Tabelle 4: Erdgasverbrauch nach Sektoren [7]

| Sektor | Erdgasverbrauch 2019 in MWh | Relativer Anteil |
|------------------------|--------------------------------|------------------|
| Wohnen | 103.800 | 52 % |
| Kommunale Gebäude | 14.200 | 7 % |
| GHD & Sonstige | 76.700 | 38 % |
| Verarbeitendes Gewerbe | 5.300 | 3 % |
| Gesamt | 200.000 | 100 % |

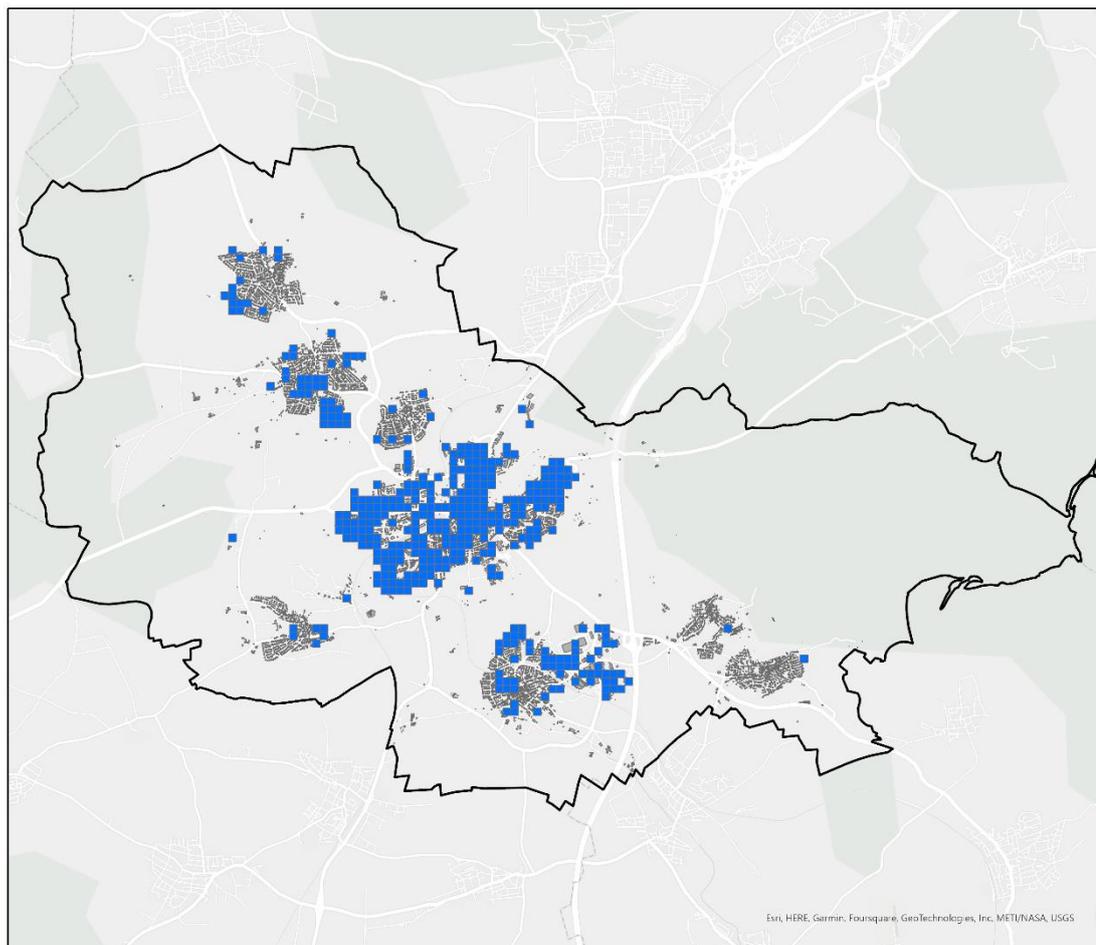


Abbildung 6: Darstellung der mit Gas versorgten Schwerpunktgebiete in Herrenberg

3.3.3 Wärmenetz

In Herrenberg gibt es ein Wärmenetz, an welches unter anderem das Hallen- und Freibad, das Krankenhaus sowie das Schickhardt Gymnasium angeschlossen sind. Im Basisjahr 2019 wurden über das Netz insgesamt 8,7 GWh Wärme verteilt, welche durch drei Blockheizkraftwerke erzeugt wurde. In Tabelle 5 wird die Wärmeabnahme nach Sektoren aufgeschlüsselt. Abbildung 7 zeigt den Verlauf des Wärmenetzes im Längenholz.

Tabelle 5: Wärmeverbrauch Wärmenetze nach Sektoren [9]

| Sektor | Wärmeverbrauch 2019 in MWh | Relativer Anteil |
|------------------------|----------------------------|------------------|
| Wohnen | 0 | 0 % |
| Kommunale Gebäude | 1.900 | 22 % |
| GHD & Sonstige | 6.900 | 78 % |
| Verarbeitendes Gewerbe | 0 | 0 % |
| Gesamt | 8.800 | 100 % |

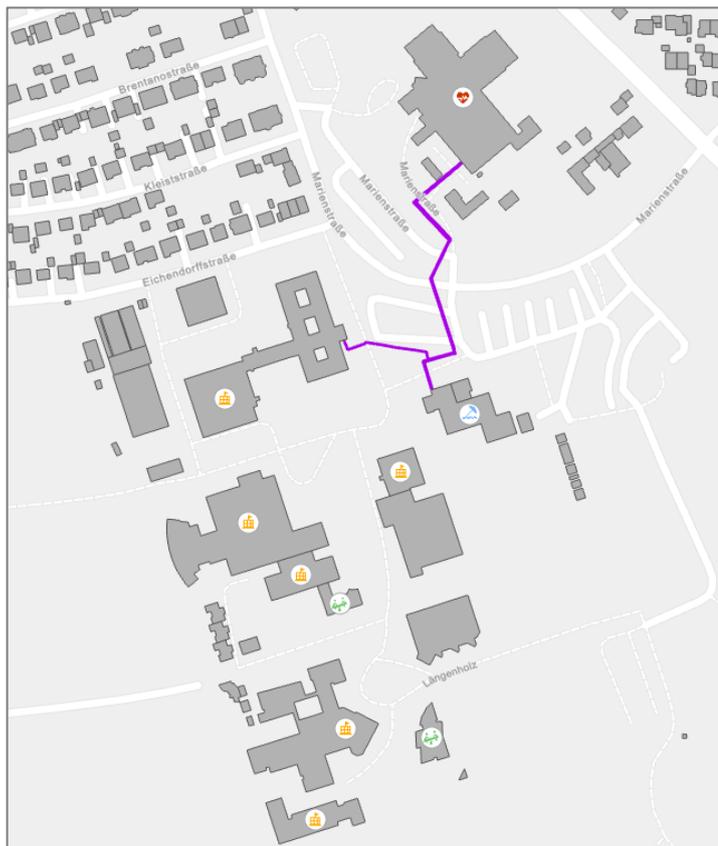


Abbildung 7: Wärmenetz im Längenholz

3.3.4 Schwerpunktgebiete Wärmepumpe

Auf Basis der Stromverbrauchsdaten für Wärmeanwendungen lassen sich Schwerpunktgebiete für Wärmepumpen ausweisen [8]. In diesen Gebieten machen Wärmepumpen mehr als 50 % der Heizungen je Hektar aus. In Abbildung 8 sind diese Gebiete rot eingefärbt. Es handelt sich hierbei meist um Wohngebiete mit jüngerer Bebauung wie z.B. im Neubaugebiet im Stadtteil Affstätt.

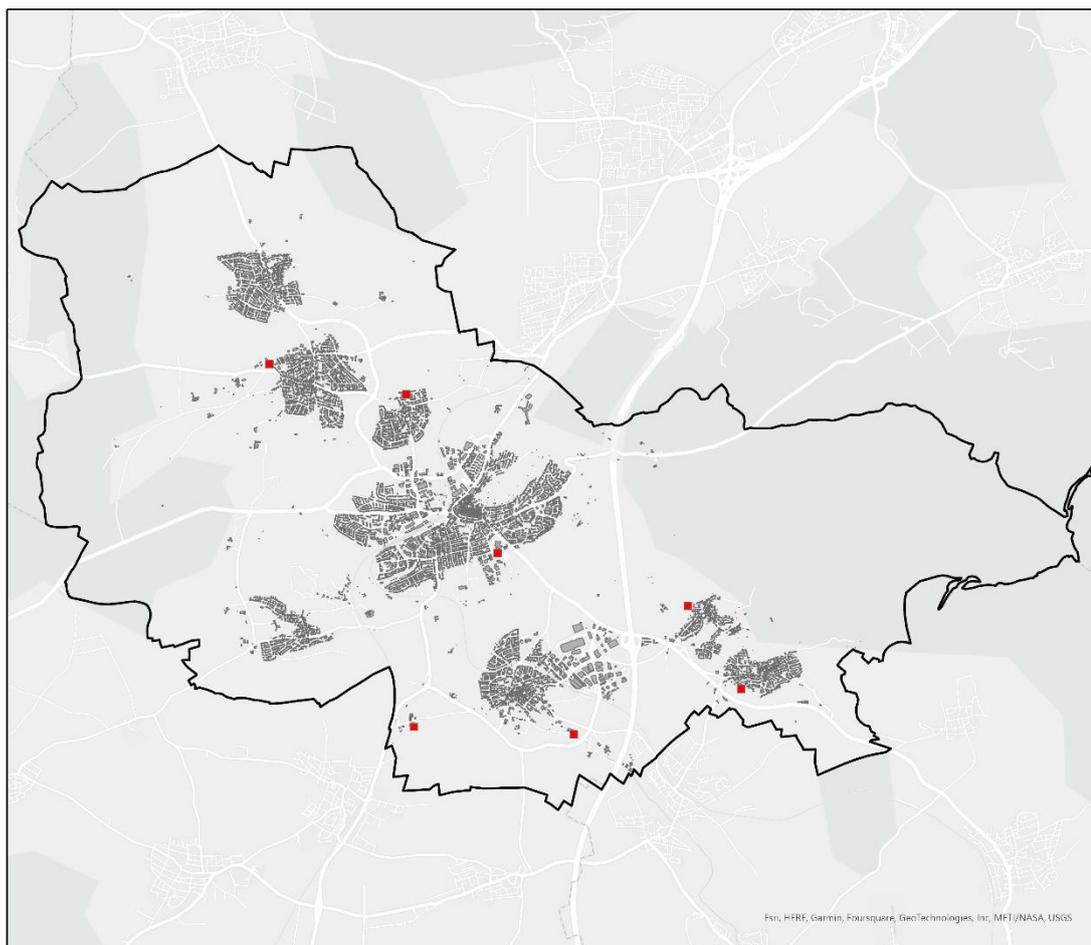


Abbildung 8: Markierte Schwerpunktgebiete mit Wärmepumpen

3.3.5 Schwerpunktgebiete Nachtspeicherheizungen

Schwerpunktgebiete, in denen vor allem Nachtspeicheröfen installiert sind, lassen sich ebenfalls auf Basis der Verbrauchsdaten für Wärmestrom verorten [8]. Diese sind in Abbildung 9 orange markiert, wenn der Anteil der Nachtspeicheröfen an der Gesamtanzahl der Heizungen bei über 50 % liegt. Die Schwerpunktgebiete lassen sich vereinzelt in Wohngebieten mit älterer Bebauung, wie z.B. am Wengertweg oder rund um den Kirchplatz im Teilort Mönchberg verorten.

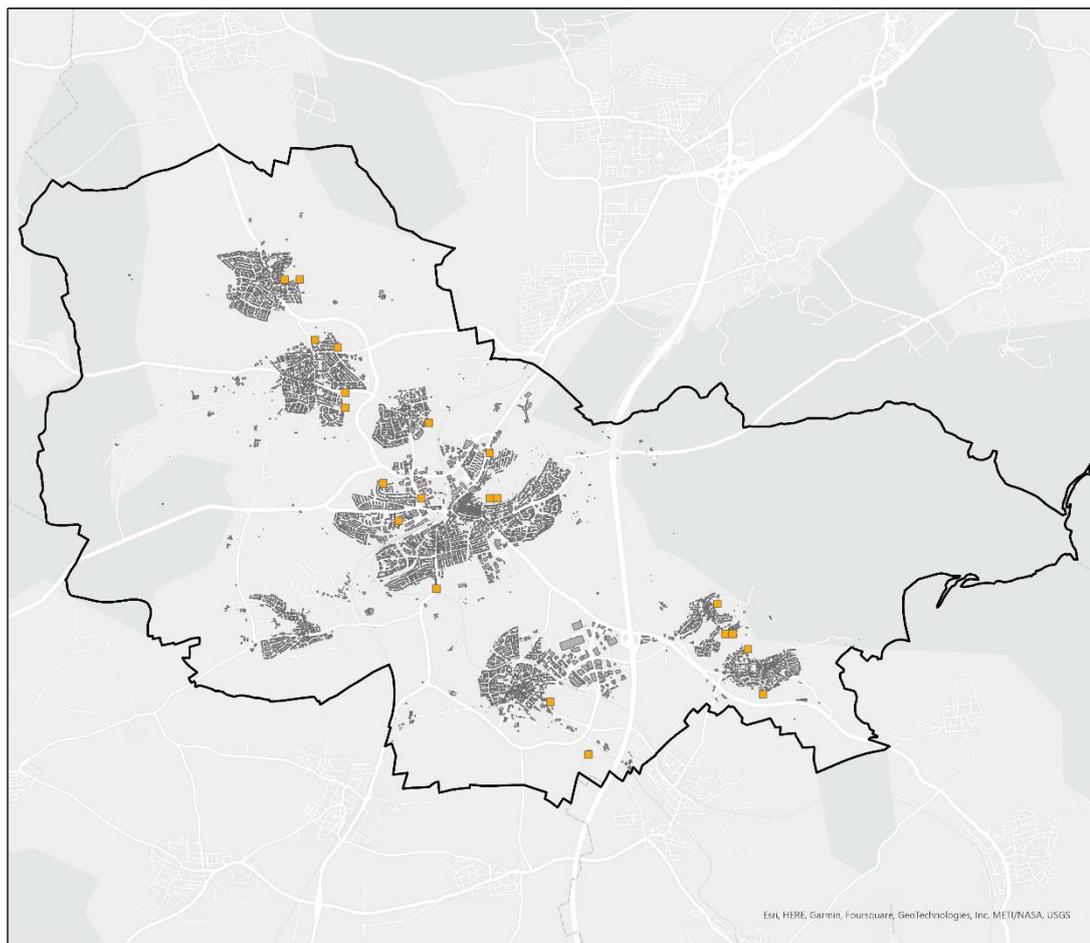


Abbildung 9: Markierte Schwerpunktgebiete mit Nachtspeicheröfen

3.4 Energie- und Treibhausgasbilanz des Wärmesektors 2019

Auf Basis der bereitgestellten Verbrauchsdaten sowie der Anlagendaten aus den elektronischen Kehrbüchern lassen sich sämtliche Endenergiebedarfe für die Herrenberger Wärmeversorgung im Basisjahr 2019 bilanzieren. Durch Multiplikation der Energiemengen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren (siehe Anhang 1) können die dadurch verursachten Treibhausgasemissionen bestimmt werden.

3.4.1 Aufschlüsselung nach eingesetzten Brennstoffen

Abbildung 10 zeigt den Endenergiebedarf im Basisjahr und die dadurch verursachten CO₂-Emissionen der Wärmeversorgung in Herrenberg, aufgeteilt nach eingesetzten Brennstoffen. Es konnte ein Gesamtendenergiebedarf von 348 GWh ermittelt werden. Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, wurde ein Großteil der Gebäude im Basisjahr 2019 fossil beheizt. Das spiegelt sich auch in der Endenergiebilanz wider – 89 % des Endenergiebedarfs lassen sich auf Gas- und Ölheizungen zurückführen. Hinzu kommen noch die Gebäude, die an das mit Erdgas befeuerte Wärmenetz angeschlossen sind – 2 % des Endenergiebedarfs lassen sich auf die Beheizung dieser Gebäude zurückführen. Holzbefeuerte Heizungen, also Scheitholz-, Hackschnitzel oder Pellettheizungen, haben mit 5 % einen vergleichsweise geringen Anteil am Endenergiebedarf. Die verbleibenden 4 % des Endenergiebedarfs können den strombetriebenen Heizungen, also Nachtspeicheröfen und Wärmepumpen, zugeordnet werden.

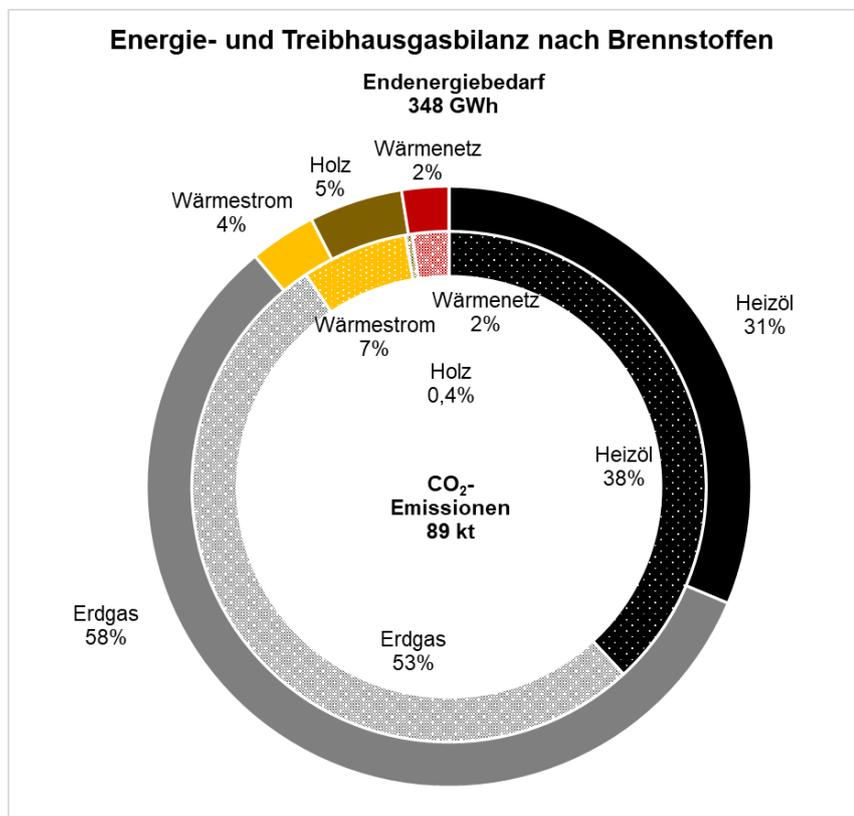


Abbildung 10: Energie- und Treibhausgasbilanz nach eingesetzten Brennstoffen

Die fossilen Brennstoffe Erdgas und Heizöl verursachen mit 91 % den Großteil der 89.000 Tonnen CO₂, die im Basisjahr 2019 im Wärmesektor in Herrenberg anfallen. 38 % der Emissionen werden durch Heizöl, 53 % durch Erdgas verursacht. Holz wird mit einem niedrigen Emissionsfaktor bewertet, da es sich hierbei um einen nachwachsenden Rohstoff handelt (siehe Anhang 1). Deshalb trägt die Verfeuerung von Holz mit nur 0,4 % an den Gesamtemissionen bei. Allerdings kann Holz, je nach Herkunft, mit einem deutlich höheren Emissionsfaktor bewertet werden, beispielsweise dann, wenn dem Wald mehr Holz entnommen wird, als nachwächst.

Die auf Strom basierende Wärmeversorgung verursacht knapp 7 % der CO₂-Emissionen, obwohl nur 4 % des Endenergiebedarfes durch sie bereitgestellt wird. Ursache hierfür ist der hohe Emissionsfaktor für den deutschen Strommix im Basisjahr 2019 von 0,478 kg/kWh – da von einem stetigen Ausbau erneuerbarer Energien auszugehen ist, wird sich auch der Emissionsfaktor des eingesetzten Stroms in den kommenden Jahren deutlich reduzieren. So geht beispielsweise die KEA BW davon aus, dass dieser im Jahr 2030 auf 0,270 kg/kWh und im Jahr 2040 auf 0,032 kg/kWh gesunken sein wird [10].

3.4.2 Aufschlüsselung nach Sektoren

Abbildung 11 zeigt die nach Sektoren aufgeteilten Endenergiebedarfe und die dadurch verursachten CO₂-Emissionen der Wärmeversorgung in Herrenberg. Mit 66 % fallen rund zwei Drittel des Endenergiebedarfs im Sektor Wohnen an. 27 % lassen sich dem Sektor GHD & Sonstige und 1 % dem Sektor des verarbeitenden Gewerbes zuordnen. Auf die kommunalen Liegenschaften lassen sich 6 % des gesamten Endenergiebedarfes in Herrenberg zurückführen – hier wird deutlich, weshalb diese in der kommunalen Wärmeplanung eine Sonderstellung einnehmen. Angesichts der Tatsache, dass die Kommune Eigentümerin ist, kann sie selbst einen Brennstoff- bzw. Heizungswechsel beschließen und realisieren. Sie hat damit ein Vorbildfunktion gegenüber allen anderen Akteuren und Akteurinnen in der Kommune. In Abbildung 11 werden die 89.000 Tonnen CO₂, welche durch die Wärmeversorgung in Herrenberg verursacht werden, auf die einzelnen Gebäudesektoren verteilt. Mit 68 % werden über zwei Drittel der Emissionen dem Sektor Wohnen zugeordnet. Die Sektoren GHD & Sonstige und das verarbeitende Gewerbe emittierten im Basisjahr 25 % bzw. 1 %. Die kommunalen Liegenschaften verursachten ca. 6 % der CO₂-Emissionen.

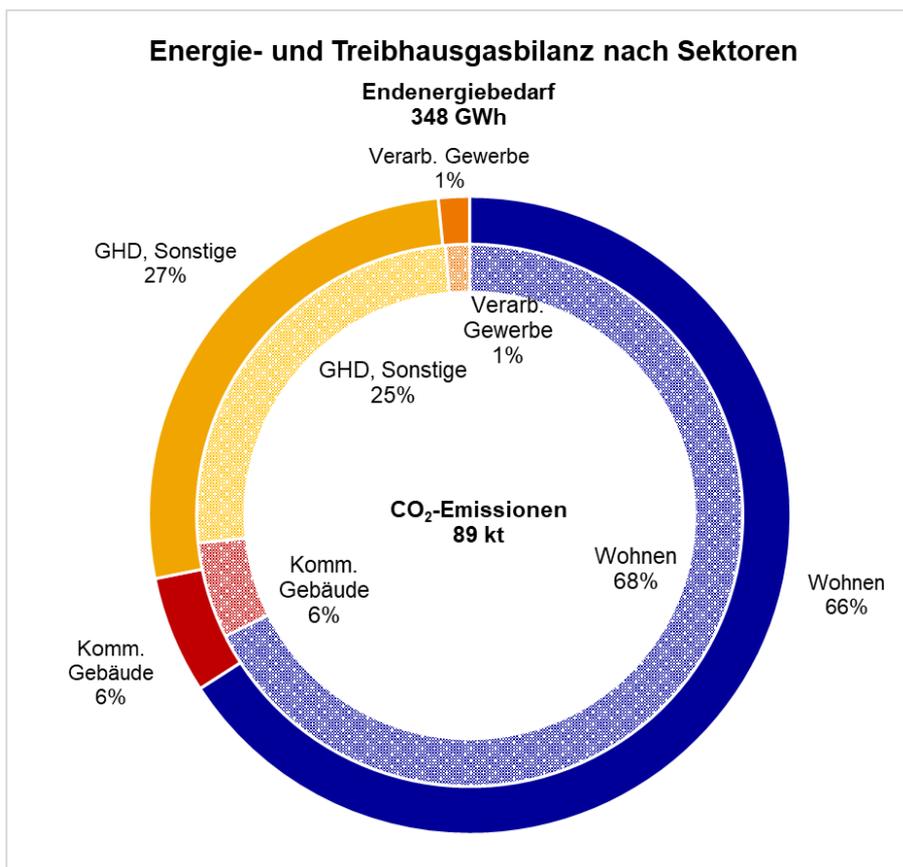


Abbildung 11: Energie- und Treibhausgasbilanz nach Sektoren

3.5 Wärmebedarf

Auf Basis der in Kapitel 3.4 ermittelten Endenergieverbräuche lassen sich die gebäudescharfen Wärmebedarfe (*WB*) gemäß Formel (1) ermitteln. Um die Effizienz der unterschiedlichen Heizungstechnologien abzubilden, wurden für die jeweiligen Bestandsheizungen entsprechende Jahresnutzungsgrade bzw. -arbeitszahlen (η_{Heizung}) angenommen (siehe Der gebäudescharfe Wärmebedarf lässt sich auf den Raumwärme-, Warmwasser- 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 wurden, sind in Anhang 2 und Anhang 3 aufgelistet.

Tabelle 6) und mit den Endenergieverbräuchen (EEV_{2019}) multipliziert. Insgesamt lässt sich somit für das Basisjahr 2019 ein gesamter Wärmebedarf von knapp 307 GWh in Herrenberg feststellen.

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

Der gebäudescharfe Wärmebedarf lässt sich auf den Raumwärme-, Warmwasser- 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 wurden, sind in Anhang 2 und Anhang 3 aufgelistet.

Tabelle 6: Angenommene Jahresnutzungsgrade bzw. -arbeitszahlen für Bestandsheizungen

| Bestandsheizungen | Jahresnutzungsgrad / -arbeitszahl |
|-------------------|--------------------------------------|
| Erdgas | 0,90 |
| Heizöl | 0,80 |
| Wärmenetz | 1,00 |
| Wärmepumpe | 3,00 |
| Nachtspeicher | 0,98 |
| Pelletkessel | 0,80 |

Da für die Kommunale Wärmeplanung in Herrenberg das Basisjahr 2019 betrachtet wurde, sollte im nächsten Schritt dargestellt werden, inwiefern die Witterung den Raumwärmeverbrauch in diesem beispielhaften Jahr beeinflusst hat. Als Berechnungsgrundlage wurde hierfür die vom Deutschen Wetterdienst ermittelten Klimafaktoren (KF) genutzt [11]. Der Klimafaktor für das Jahr 2019 am Standort Herrenberg beträgt 1,06, was bedeutet, dass es in diesem Jahr etwas wärmer war als im gleichen Jahr am Referenzort Potsdam. Um darüber hinaus abzubilden, ob es im Vergleich zu den anderen Jahren ein besonders warmes oder kaltes Jahr in Herrenberg selbst war, wurde der Klimafaktor des Jahres 2019 ins Verhältnis zum Mittelwert der Klimafaktoren der letzten 10 Jahre gesetzt. Schlussendlich ergibt sich damit für die Wärmebedarfsermittlung ein anzusetzender Klimafaktor von 1,04, was bedeutet, dass 2019 ein vergleichsweise warmes Jahr in Herrenberg war und 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:

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

Nach Witterungsbereinigung des Raumwärmebedarfs lässt sich somit ein Gesamtwärmebedarf von durchschnittlich 317 GWh pro Jahr in Herrenberg ermitteln.

3.6 Fazit Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung wurde sowohl die Gemeinde- als auch die Gebäudestruktur in Herrenberg analysiert. Die Flächen außerhalb des Stadtkerns werden vorwiegend land- oder forstwirtschaftlich genutzt und sind deshalb auch lockerer bebaut. Flächen, welche durch Wohngebäude belegt werden, machen 6 % der Gesamtfläche aus und befinden sich vor allem im Stadtkern und in den Zentren der Teilorte Herrenbergs. Die Wohnbebauung wird durch Einfamilien- und Doppel- bzw. Reihenhäuser dominiert, wovon der Großteil in der Mitte des letzten Jahrhunderts erbaut worden ist.

Mit Blick auf die Beheizungsstruktur lässt sich bilanzieren, dass im Basisjahr 2019 der Anteil der fossilen Einzelheizungen bei knapp 83 % lag. Mit Erdgas befeuerte Kessel stellten dabei die dominierende Technologie dar.

Zusammenfassend lassen sich über 90 % der verursachten Emissionen, die dem Wärmesektor zugeordnet werden können, auf fossile Einzelheizungen zurückführen. Mit Blick auf die Sektoren, entfällt mit 66 % mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen auf den Wohnsektor – ihm lassen sich auch knapp 91 % der Gebäude zuordnen. Der Sektor des verarbeitenden Gewerbes macht ca. 1 % des Endenergiebedarfs und ebenfalls 1 % der wärmebedingten Emissionen aus.

Grundsätzlich hat die Stadt Herrenberg eine Vorbildfunktion und kann als Eigentümerin zahlreicher Gebäude ca. 6 % des Endenergieverbrauchs und die damit einhergehenden Emissionen im Wärmesektor direkt beeinflussen. Hinzu kommen noch weitere öffentliche Gebäude, die sich jedoch nicht im Eigentum der Kommune befinden. Kommunale und öffentliche Gebäude können als Keimzellen für Wärmenetze dienen, da die Kommune hier in der Position ist über ihre Wärmeversorgung selbst zu entscheiden.

4. Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse werden einzelne Potenziale der Gebäudesanierung und der regenerativen Strom- und Wärmeerzeugung im Gemarkungsgebiet Herrenbergs untersucht. Bedarfsseitig wird eine Senkung des Wärmebedarfes durch energetische Sanierung der Gebäudehülle berücksichtigt. Erzeugerseitig spielt der Einsatz erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung eine wichtige Rolle. Potenziale zur erneuerbaren Stromerzeugung sind die Photovoltaik auf Dach- und Freiflächen, Windkraft und Wasserkraft. Potenziale zur Auskopplung von Abwärme sind in industriellen Prozessen oft schwierig zu identifizieren und abzuleiten. Eine Unternehmensumfrage zur Verfügbarkeit industrieller Abwärme sorgte für positive Rückmeldungen seitens der Unternehmen. Potenziale zur Wärmeerzeugung stellen z.B. Energieholz zur thermischen Verwertung, Abwasserwärme oder Umweltwärme dar. Eine kombinierte Form der Strom- und Wärmeerzeugung sind Kraft-Wärmekopplungsanlagen (KWK) regenerativer Brennstoffe, wie z.B. Biomethan oder Wasserstoff. Im Folgenden wird auf diese Potenziale eingegangen.

4.1 Energetische Sanierung

Gemäß dem KEA-Leitfaden wird bei der Ermittlung der Einsparpotenziale der Gebäudeenergieeffizienz durch Sanierung zwischen Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden unterschieden. Das Sanierungspotenzial von Wohngebäuden wird in Kapitel 4.1.1 erläutert. Das Einsparpotenzial durch Sanierung von Nicht-Wohngebäuden in den Sektoren des verarbeitenden Gewerbes und GHD wird über einen pauschalen Minderungsfaktor abgebildet.

Der Wärmebedarf kann für Wohngebäude und kommunale Gebäude in Heizwärme und Warmwasser untergliedert werden. In den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe besteht häufig ein Bedarf an Prozesswärme. Die Einsparpotenziale durch Sanierung bei Wohngebäuden beziehen sich auf die Reduktion der Heizwärme, die pauschalen Faktoren der Nichtwohngebäude jeweils auf den gesamten Wärmebedarf.

Das Sanierungs- und Reduktionspotenzial bezieht sich ausschließlich auf die Bestandsgebäude. Für Neubauten, mit einem Baujahr ab 2019, wird kein Einsparpotenzial durch Sanierung angenommen, da diese jeweils den neusten energetischen Sanierungsstandards entsprechen.

4.1.1 Sanierungspotenzial Wohngebäude

Um die Klimaschutzziele Deutschlands und des Landes Baden-Württemberg zu erreichen, sind umfassende Sanierungsmaßnahmen im Gebäudesektor zur Reduktion des Wärmebedarfs nötig. Derzeit beträgt die Sanierungsquote bundesweit ca. 1 %, ein Wert, der als deutlich zu niedrig angesehen wird [12]. 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 gleichem Anteil in diese Quote eingehen. Des Weiteren wird teilweise auch der Heizungstausch als Sanierungsmaßnahme hinzugerechnet. Im Folgenden wird der Begriff Sanierungsquote ausschließlich in Bezug auf Maßnahmen an der Gebäudehülle (Fassadendämmung, Fenstertausch, Dach-/Geschossdeckendämmung), die den Wärmebedarf in einem Gebäude senken, verwendet.

Um abzuschätzen, in welchen Bereichen des Herrenberger Stadtgebiets im Sektor Wohnen ein besonders hohes Potenzial zur Senkung des Wärmebedarfs durch Sanierungsmaßnahmen vorliegt, werden basierend auf den Baualterklassen 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.

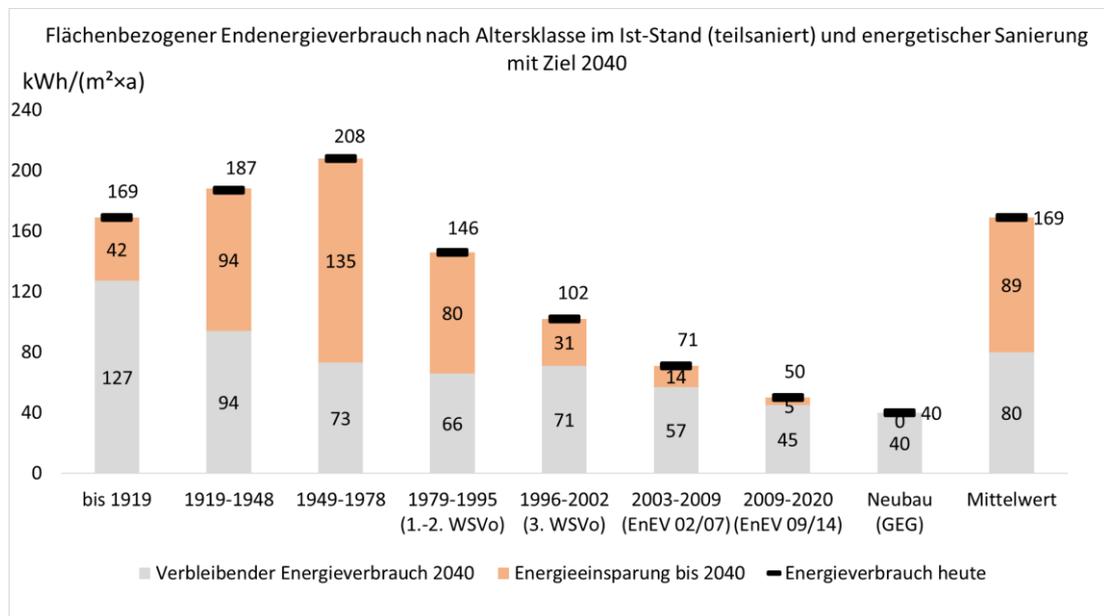


Abbildung 12: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Altersklasse im Ist-Stand (teilsaniert) und energetischer Sanierung mit Ziel 2040 [2]

Für die Ermittlung des maximalen Einsparpotenzials an Wärme, im Weiteren Sanierungspotenzial genannt, wird die im KEA-Leitfaden vorgeschlagene, vereinfachte Bilanzierungsmethode angewendet. Das maximale Sanierungspotenzial eines Gebäudes ergibt sich dabei aus der Differenz zwischen dem Wärmeverbrauchs- bzw. -

bedarfswert im Basisjahr und dem Wärmebedarfs-Zielwert, welcher aus der beheizten Fläche des Gebäudes und dem je Gebäudealtersklasse zu Grunde gelegten minimalen Verbrauchswert (in der Abbildung 12 durch den grauen Balken symbolisiert) gebildet wird.

Die räumliche Verteilung des maximal möglichen Sanierungspotenzials für Wohngebäude im Stadtgebiet Herrenberg ist in der folgenden Abbildung 13 dargestellt. Es können nun Stadtgebiete identifiziert werden, in denen ein hohes Sanierungspotenzial vorliegt.

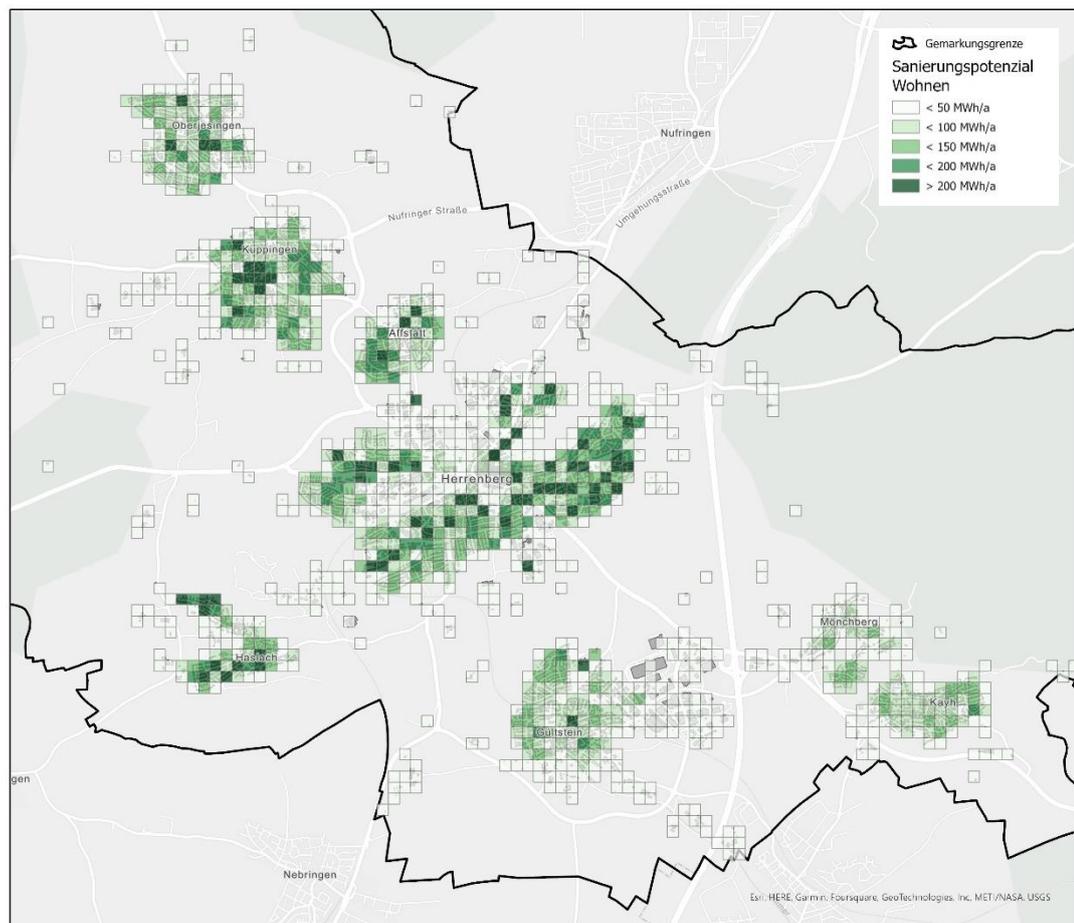


Abbildung 13: Darstellung des maximalen Sanierungspotenzials für Wohngebäude

Im Ortskern des Teilortes Kuppingen ist ein zusammenhängendes Gebiet hohen Sanierungspotenzials zu erkennen. Ein kleineres Gebiet befindet sich ebenfalls im Ortskern von Oberjesingen. In der Stadt Herrenberg selbst finden sich kleine zusammenhängende Sanierungspotenzialgebiete, jedoch verteilt auf Straßenzüge oder gleichartige Gebäudebebauung, wie bspw. Wohnreihenhäuser im Steingraben. Eine ähnliche Situation bezüglich des Sanierungspotenzials besteht auch im Straßenzug Affstätter Tal mit Mehrfamilienhäusern aus den 1960er Jahren. Im Osten von Herrenberg ist weiterhin beispielhaft genannt in der Franz-Schubert-Straße und Straßen ähnlicher Bebauung der Bungalowbauweise aus den 1970/1980er Jahren ein hohes Sanierungspotenzial vorhanden. Gebiete mittleren Sanierungspotenzials finden sich

häufig angrenzend an Sanierungsgebiete hohen Potenzials im Herrenberger Osten oder im südlichen Teil Affstätts.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass das maximale Sanierungspotenzial bis zum Jahr 2040 voll ausgeschöpft werden kann. Gründe hierfür sind z.B. fehlende Kapazitäten im Handwerk und hohe Investitionen der Sanierungsmaßnahmen. Ausgehend von einer Sanierungsrate derzeit von 1 % wurde das Sanierungspotenzial für die Sanierungsraten von 2 % und 3 % für die Wohngebäude ermittelt. Die sich ergebende Reduktion des Wärmebedarfes ist in der folgenden Abbildung 14 dargestellt. Bei einer Sanierungsquote von 2 % wird angenommen, dass in jedem Jahr des Betrachtungszeitraumes zwei Prozent der beheizten Flächen in Wohngebäuden ausgehend von ihrem jeweiligen aktuellen energetischen Zustand, mittels Energetischer Sanierung in den minimal möglichen Zustand, siehe Abbildung 12, überführt wird. Dieser Ansatz impliziert bei der Betrachtung von Einzelgebäuden einen gleitenden Verlauf des Sanierungsprozesses, der in der Realität stufenweise durch Einzelmaßnahmen verlaufen würde. Eine gleichmäßige Reduktion des Wärmebedarfes für die Sanierungsquoten von 1 – 3 % ist in Abbildung 14 zu erkennen, maximal kann der Wärmebedarf um 25 % reduziert werden.

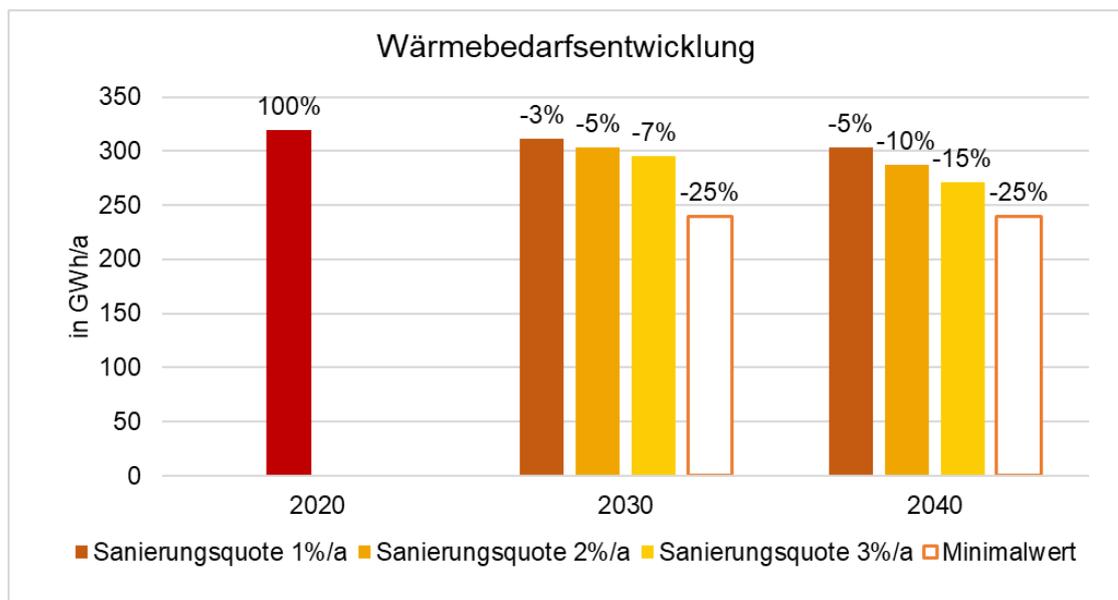


Abbildung 14: Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung Wohnen

Unterstellt man weiterhin, dass die im Basisjahr installierten Heizungssysteme bis 2040 gleichbleiben, so ergeben sich daraus bei 1 % (2 %) jährlicher Sanierungsrate CO₂-Emissionsreduktionen von 9 % (12 %) im Jahr 2030 und 13 % (18%) im Jahr 2040 (siehe Abbildung 14). Die maximal mögliche jährliche CO₂-Einsparung unter sonst gleichen Bedingungen beträgt für das Jahr 2030 31 % und für das Jahr 2040 32 %. Die Gesamtemissionen für das Jahr 2040 sind aufgrund der sinkenden CO₂-Emissionen im deutschen Strommix niedriger als für das Jahr 2030 (vgl. Anhang 1).

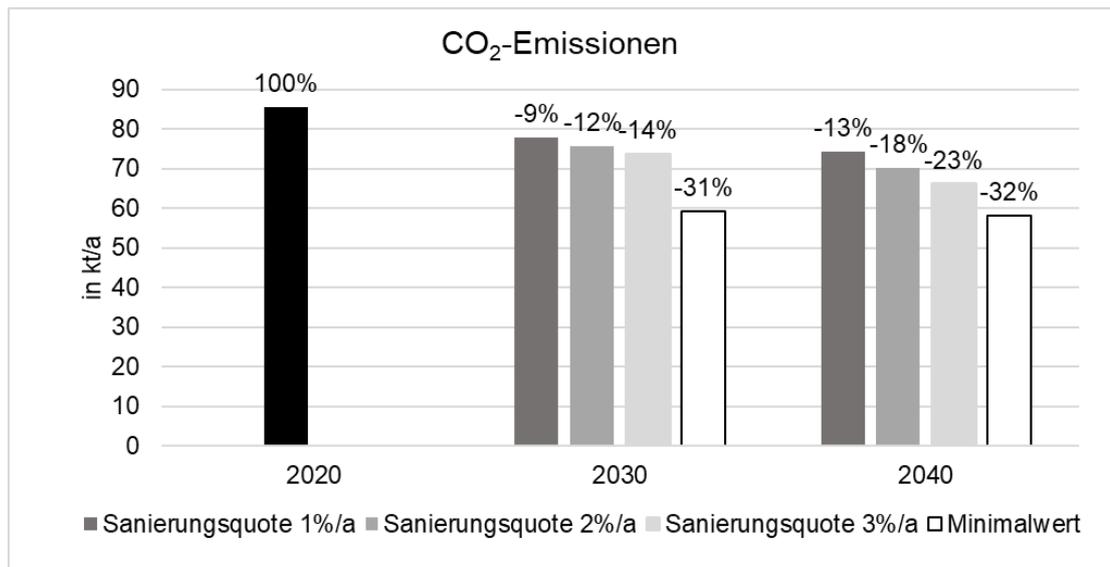


Abbildung 15: Entwicklungspfade der CO₂-Emissionen bis 2040 bei verschiedenen Sanierungs-raten im Sektor Wohnen

4.2 Wärmenetzpotenziale

Um das Potenzial für den weiteren Ausbau von Wärmenetzen in Herrenberg 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 16 dargestellt. Für die Bewertung hinsichtlich der lokalen Wärmenetzsignung wurde die Skala der KEA BW aus Tabelle 7 verwendet.

Anhand der Grenzwerte für die Wärmenetzsignung der KEA lassen sich für Herrenberg folgende Schlüsse ziehen: Aufgrund einer hohen Wärmebedarfsdichte im Zentrum der Altstadt Herrenbergs liegt eine sehr hohe Wärmenetzsignung vor. Diese Eignung findet sich in einzelnen Kacheln wieder, der hohe Wärmebedarf kann hier häufig jedoch auf ein einzelnes Gebäude mit hohem Wärmebedarf zurückgeführt werden. Hohe Wärmebedarfsdichten, die für eine Eignung eines konventionellen Wärmenetzes sprechen, liegen im Stadtgebiet Herrenbergs zusammenhängend und damit teilflächig vor. In den Ortskernen der Teilorte Kuppingen, Affstätt und Gültstein liegen ebenfalls hohe Wärmedichten vor. Diese Gebiete eignen sich deshalb für konventionelle Wärmenetze im Bestand und es könnte ein ausreichend hohes Temperaturniveau für Gebäudebeheizung, Trinkwassererwärmung und ggf. Prozesswärme bereitgestellt werden. In der Regel kann hier von Vorlauftemperaturen von bis zu 90 °C ausgegangen werden.

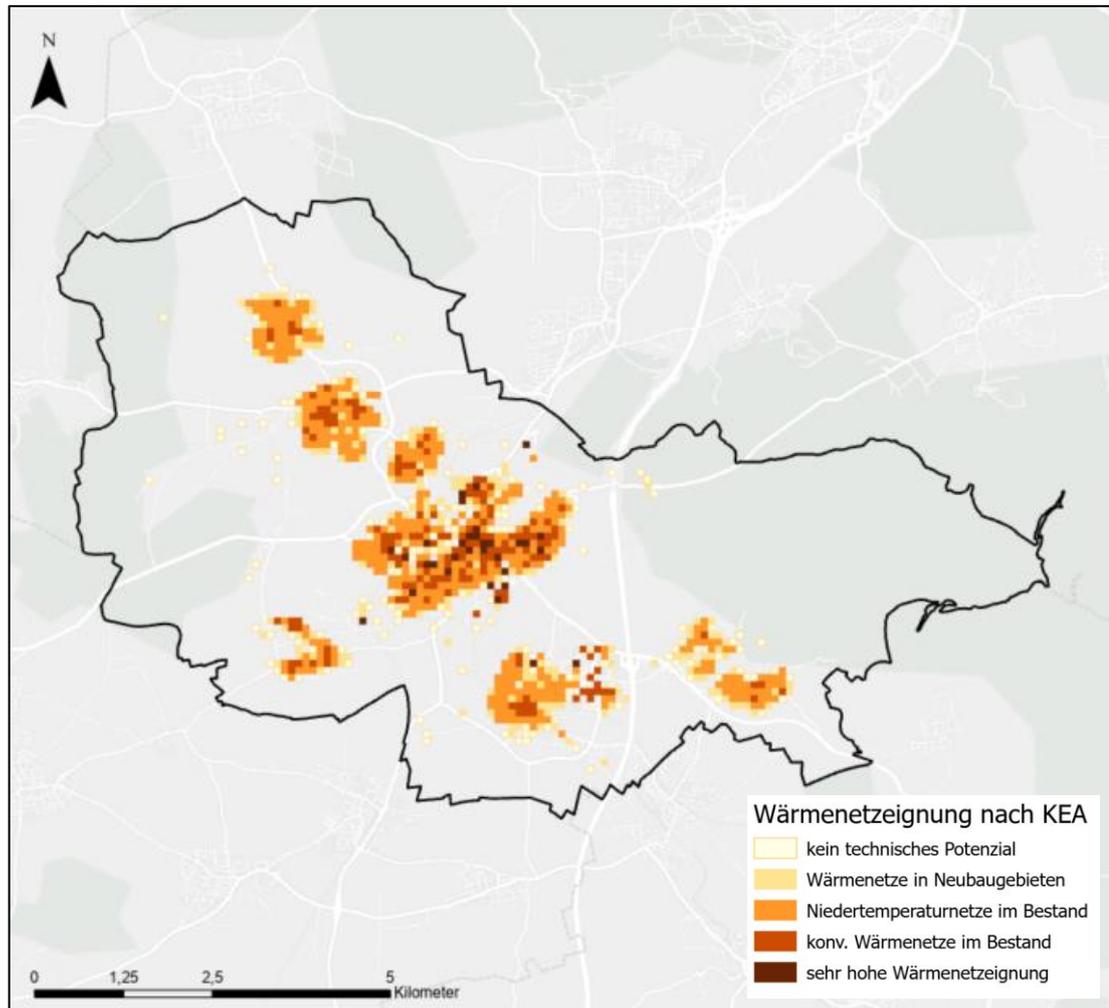


Abbildung 16: Wärmenetzeignung 2019 nach KEA BW

Eignungsgebiete für Niedertemperaturnetze im Bestand liegen bei einer geringeren Wärmedichte vor, diese liegt aufgrund von einer weniger dichten Bebauung in den Stadtrandgebieten Herrenbergs und den Teilorten vor. In diesen Gebieten kann ebenfalls ein ausreichend hohes Temperaturniveau von bis zu 55 °C zur Gebäudebeheizung bereitgestellt werden. Höhere Temperaturen zur Trinkwassererwärmung müssen dezentral erzeugt werden.

Tabelle 7: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichte nach potenzieller Wärmenetzeignung [2]

| Wärmedichte 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 | Empfehlung für Niedertemperaturnetze im Bestand |
| 415 – 1.050 | Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand |
| > 1.050 | Sehr hohe Wärmenetzeignung |

4.3 Lokale Potenziale zur Strom- und Wärmeerzeugung

In den folgenden Abschnitten werden die betrachteten regenerativen Energiepotenziale und das Vorgehen bei der Potenzialermittlung kurz beschrieben. Dabei werden neben den Potenzialen zur Wärmeerzeugung auch Potenziale zur Stromerzeugung betrachtet. Da zukünftig mit einer weiteren Verbreitung von Wärmepumpen und anderen strombasierter Heizanwendungen (z.B. Warmwasserbereitung) zu rechnen ist, besteht ein entsprechend ansteigender Strombedarf.

In Abbildung 17 ist eine Abstufung unterschiedlicher Potenzialbegriffe dargestellt. Diese Potenziale bilden untereinander Schnittmengen. Erläutert werden die Potenzialbegriffe in Tabelle 8.

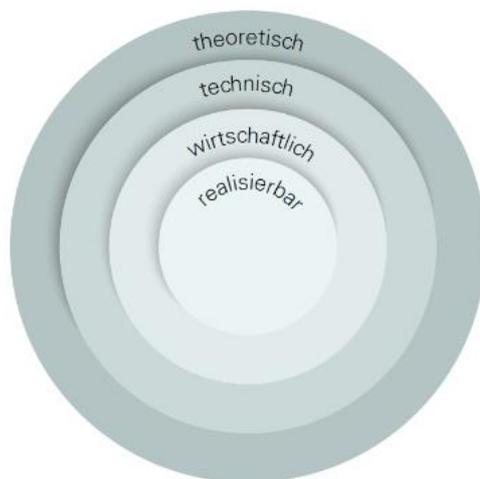


Abbildung 17: Definition der Potenzialbegriffe [2]

Tabelle 8: Definition Potenzialbegriffe [13]

| Potenzialbegriff | Beschreibung |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Theoretisches Potenzial | „Das in einem bestimmten geographischen Raum in einer bestimmten Zeitspanne theoretisch nutzbare physikalische Energieangebot (z.B. Sonneneinstrahlung innerhalb eines Jahres)“ |
| Technisches Potenzial | „Teil des theoretischen Potenzials, das unter Beachtung technischer Restriktionen nutzbar ist“ |
| Wirtschaftliches Potenzial | „Teil des technischen Potenzials, das wirtschaftlich genutzt werden kann und unter volks- oder betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet wurde“ |
| Realisierbares Potenzial | „Potenzial das unter dem Einfluss verschiedener Restriktionen und Hemmnissen (z.B. Flächenrestriktionen) oder Anreizen (z.B. Fördermaßnahmen) tatsächlich erschlossen wird.“ |

4.3.1 Abwasserwärme

Eine weitere wichtige Wärmequelle stellt das kommunale Abwasser dar. Durch den Einbau spezieller Abwasserwärmetauscher kann dem Abwasser entlang der Fließrichtung Wärme entzogen werden. Eine Temperaturerhöhung geschieht mittels einer Wärmepumpe und kann so Wärmeabnehmern zur Verfügung gestellt werden. Laut KEA-Leitfaden sind Abwasserkanäle mit einer Nennweite von mindestens DN 400 grundsätzlich hinsichtlich einer möglichen 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 ein Gefälle von mindestens 1 Promille aufweisen [2].

Im Gemarkungsgebiet Herrenbergs gibt es ein Klärwerk des Zweckverbandes Abwasserreinigung Gäu-Ammer. Das Klärwerk ist auf 80.000 Einwohnergleichwerte, entsprechend einer Größenklasse 4, ausgebaut. Die Abbildung 18 zeigt geeignete Abwasserkanäle in Herrenberg mit einer Nennweite größer DN 400. Ein durchschnittlicher Trockenwetterabfluss von 119 l/s und eine durchschnittliche Mindesttemperatur von 13 °C können pro Jahr, als standortspezifische Daten der Kläranlage, angegeben werden.

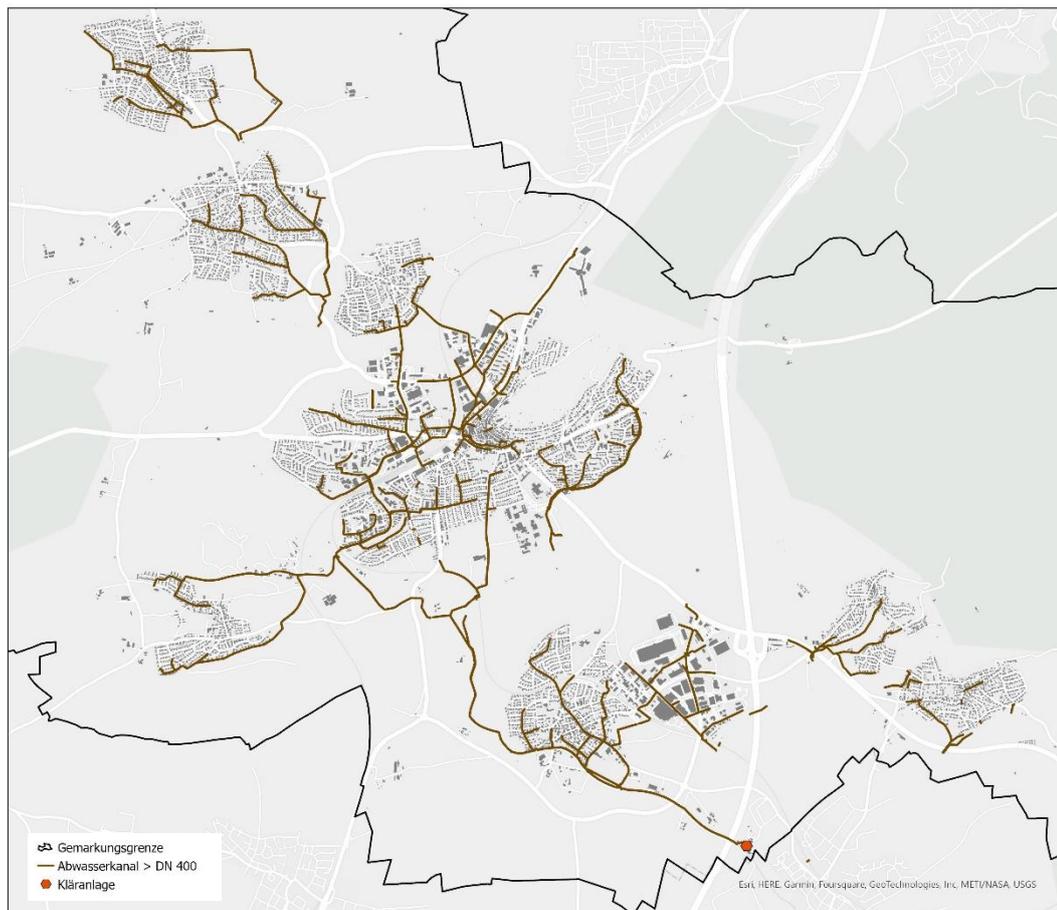


Abbildung 18: Geeignete Abwassersammler zur Nutzung von Abwasserwärme in Herrenberg

Eine Potenzialstudie der DWA, der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, untersuchte die Potenziale der Abwasserwärmenutzung am Auslauf von Kläranlagen in Baden-Württemberg. Das Potenzial wurde für die Kläranlage in Herrenberg mit einer thermischen Wärmeentzugsleistung von 2 MW angegeben. Die Heizleitung kann mittels einer Wärmepumpe angehoben werden, diese beträgt 3,1 MW. Der Abstand zum nächstgelegenen Wärmenetzpotenzialgebiet wird mit ca. 330 m angegeben. [14]

Zusammenfassend ist ein Potenzial in den Abwassersammlern zum Klärwerk in Herrenberg vorhanden. Die Mindestparameter werden für die Durchflussmenge mit 119 l/s und für die Jahresdurchschnittstemperatur von 13 °C deutlich überschritten, somit kann von einem Potenzial im Abwassersammler ausgegangen werden. Bewertet wird die Kläranlage Gäu-Ammer, nach der Potenzialstudie der DWA, mit einem erhöhten Wärmepotenzial. Dieses ließe sich in einem nächstgelegenen Wärmenetzpotenzialgebiet in Ammerbuch nutzen.

4.3.2 Solarenergie

Solarenergie kann in Form von Photovoltaikanlagen zu Strom gewandelt und in Form von Solarthermieanlagen als Wärme nutzbar gemacht werden. Im Folgenden wird die Photovoltaik (PV) als Potenzial der Solarenergie dargestellt. Unterschieden werden kann das PV-Potenzial auf Dachflächen oder auf Freiflächen. Als Datengrundlage für die Potenzialanalyse dient der Energieatlas der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Neben dem LUBW-Energieatlas gibt es weitere Potenzialkarten, wie z.B. die Planhinweiskarten der Regionalverbände Baden-Württembergs. Die folgende Abbildung 19 zeigt einen Ausschnitt der Dachflächenpotenziale in Herrenberg, unterteilt nach unterschiedlicher Eignung anhand der Einstrahlung. Das theoretische Potenzial weist acht Eignungsklassen aus, berücksichtigt wurden für das technische Potenzial die Eignungsklassen 1 - 3.

Die installierte Leistung der PV-Anlagen beläuft sich nach Abfrage des Marktstammdatenregisters (Stand 03/2023) auf 18,5 MW. Dies sind 12,5 % des technischen Potenzials, welches im Energieatlas der LUBW ausgewiesen wird. Durch vollständige Ausnutzung könnten jährlich 145 GWh Strom auf den geeigneten Dachflächen in Herrenberg erzeugt werden. Im Klimafahrplan der Stadt Herrenberg werden für das Jahr 2030 17 ha und für das Jahr 2040 39 ha zu belegende Dachflächen mit Photovoltaik genannt. [1]

Gemäß dem 2 %-Flächenziel für Windkraftanlagen und Freiflächen-Photovoltaik des KlimaG BW, besteht für die Regionen Baden-Württembergs die Pflicht geeignete Flächen in den jeweiligen Regionalplänen bis Ende 2025 auszuweisen [15]. Insbesondere für die Freiflächen-Photovoltaik, nach § 21 des KlimaG BW, sind mindestens 0,2 % der Regionalfläche festzulegen. In diesem Zusammenhang steht die Planungsoffensive der Regionalverbände, welche eine harmonisierte Planung und verlässliche Planungsleitplanken hinsichtlich exklusiver Flächen für Freiflächen-Photovoltaik und Windenergieanlagen schaffen soll.



Abbildung 19: PV-Potenzial auf Dachflächen Herrenberg West gemäß LUBW-Energieatlas [16]

In der folgenden Abbildung 20 sind Potenzialflächen für die Photovoltaik auf der Freifläche dargestellt. Unterschieden werden kann hier zwischen Flächen auf Seitenrandstreifen entlang von Bahnlinien oder Bundesstraßen. Des Weiteren sind Flächen der sogenannten benachteiligten Gebiete dargestellt - diese unterteilen sich in Ackerland und Grünland. Diese jeweiligen Flächentypen können weiter in Flächen mit oder ohne weiche Restriktionen eingeteilt werden. Weiche Restriktionen sind z.B. in FFH-, Natura 2000- und Biosphärengebieten vorhanden. In der Abbildung 20 sind benachteiligte Gebiete mit weicher Restriktion auf der Gemarkung Herrenbergs nicht dargestellt. PV-Freiflächenanlagen stehen generell in Nutzungskonkurrenz zur Grünflächen- und landwirtschaftlichen Nutzung. Eine Ausnutzung des Potenzials ist deshalb nur teilweise möglich.

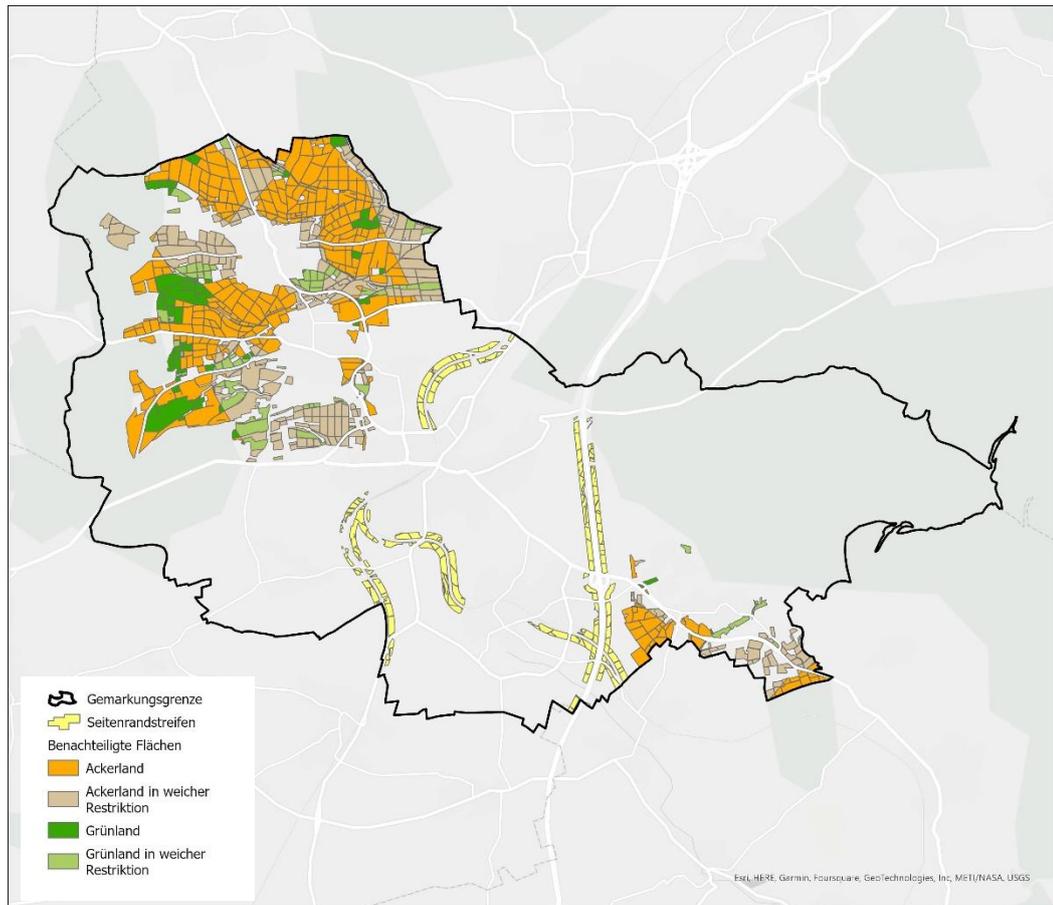


Abbildung 20: PV-Potenzialflächen Seitenrandstreifen und benachteiligte Gebiete [16]

Aus den Potenzialen zur Freiflächen-Photovoltaik wurden folgende Flächen abgeleitet: Benachteiligte Flächen ohne Restriktion wurden in der Potenzialbetrachtung berücksichtigt, Flächen weicher Restriktion nicht. Aufgrund der weichen Restriktionen ist eine Belegung mit Photovoltaik unwahrscheinlich, da naturschutzrechtliche Hürden überwunden werden müssten. Im Klimafahrplan sind konkrete Flächen von 100 ha Agro-Photovoltaik und 110 ha Freiflächen-Photovoltaik entlang der Autobahn benannt [1]. In Tabelle 9 sind die Potenziale der Photovoltaik auf Dach- und Freiflächen zusammengefasst.

Tabelle 9: Installierte PV-Leistung und verfügbares PV-Potenzial

| | Bestand | Potenzial gem. LUBW | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | Ist-Leistung in MW | Leistung in MW | Erzeugung in GWh/a |
| PV-Dachflächen | 18,5 | 148 | 145 |
| PV-Freiflächen (Seitenrand) | - | 73 | 72 |
| PV-Freiflächen (ben. Gebiete) | - | 355 | 349 |
| Gesamt | 18,5 | 576 | 566 |

4.3.3 Windkraft

Zur Erreichung des 2 %-Flächenziels, siehe KlimaG BW § 20, sind die Regionen Baden-Württembergs bis Ende 2025 verpflichtet, 1,8 % der Regionalfläche für Windkraftanlagen auszuweisen [15]. Das Verfahren des Regionalverbandes Stuttgart nimmt sich dieser Aufgabe an. Im Rahmen der regionalen Planungsoffensive werden Teilfortschreibungen für die Nutzung von erneuerbaren Energien bis Q4/2023 erarbeitet [17].

Die Flächen für Herrenberg sind in der nachfolgenden Abbildung in grün dargestellt. Die mögliche installierbare Windkraftleistung und das verfügbare Windkraftpotenzial sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

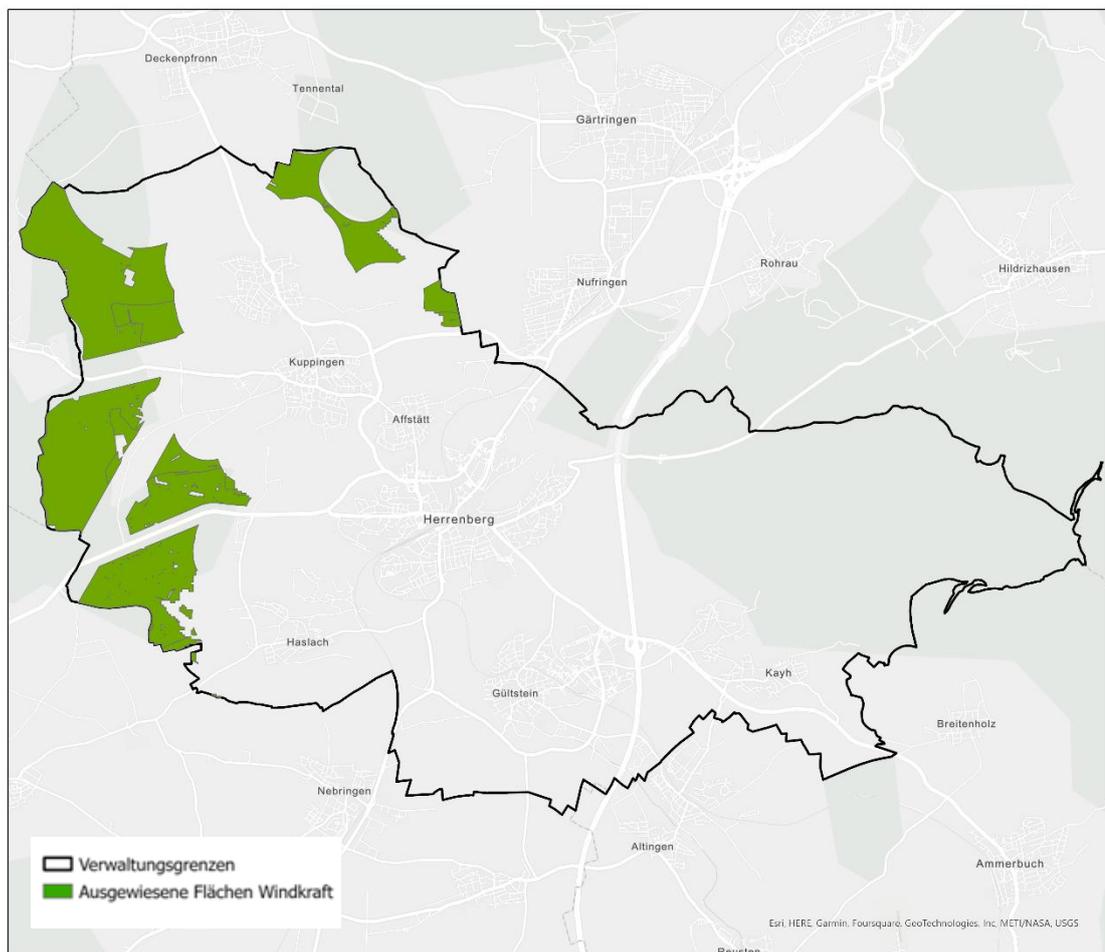


Abbildung 21: Ausgewiesene Flächen für Windkraftanlagen

Bisher sind auf der Gemarkung Herrenbergs keine Windkraftanlagen installiert. Eine theoretisch mögliche Erzeugung von 486 GWh/a lässt sich für die ausgewiesenen Flächen berechnen. Der Klimafahrplan sieht im Zeitraum von 2030 bis 2040 eine Gesamtanzahl von 27 Windkraftanlagen vor. Mit einer installierten Gesamtleistung von 60 MW sollen künftig 90 GWh/a erzeugt werden. [1]

Tabelle 10: Verfügbares Windkraftpotenzial gem. LUBW-Energieatlas und Klimafahrplan [16], [1]

| | Bestand | Potenzial | |
|------------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| | Ist-Leistung in MW | Leistung in MW | Erzeugung in GWh/a |
| Windkraft (gem. LUBW) | - | 324 | 486 |
| Klimafahrplan | - | 60 | 90 |

4.3.4 Wasserkraft

Zur Ermittlung des Wasserkraftpotenzials wurden die Potenzialdaten des LUBW-Energieatlas herangezogen. Zwei der insgesamt drei Wasserkraftanlagen sind derzeit auf der Gemarkung Herrenbergs in Betrieb und werden zur Stromerzeugung genutzt. In der nachfolgenden Abbildung sind die „Gültsteiner Mühle“, die „Kochmühle“ und die „Ammermühle“ am des Fließgewässers Ammer dargestellt. Die installierte Wasserkraftleistung und das noch verfügbare Wasserkraftpotenzial sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

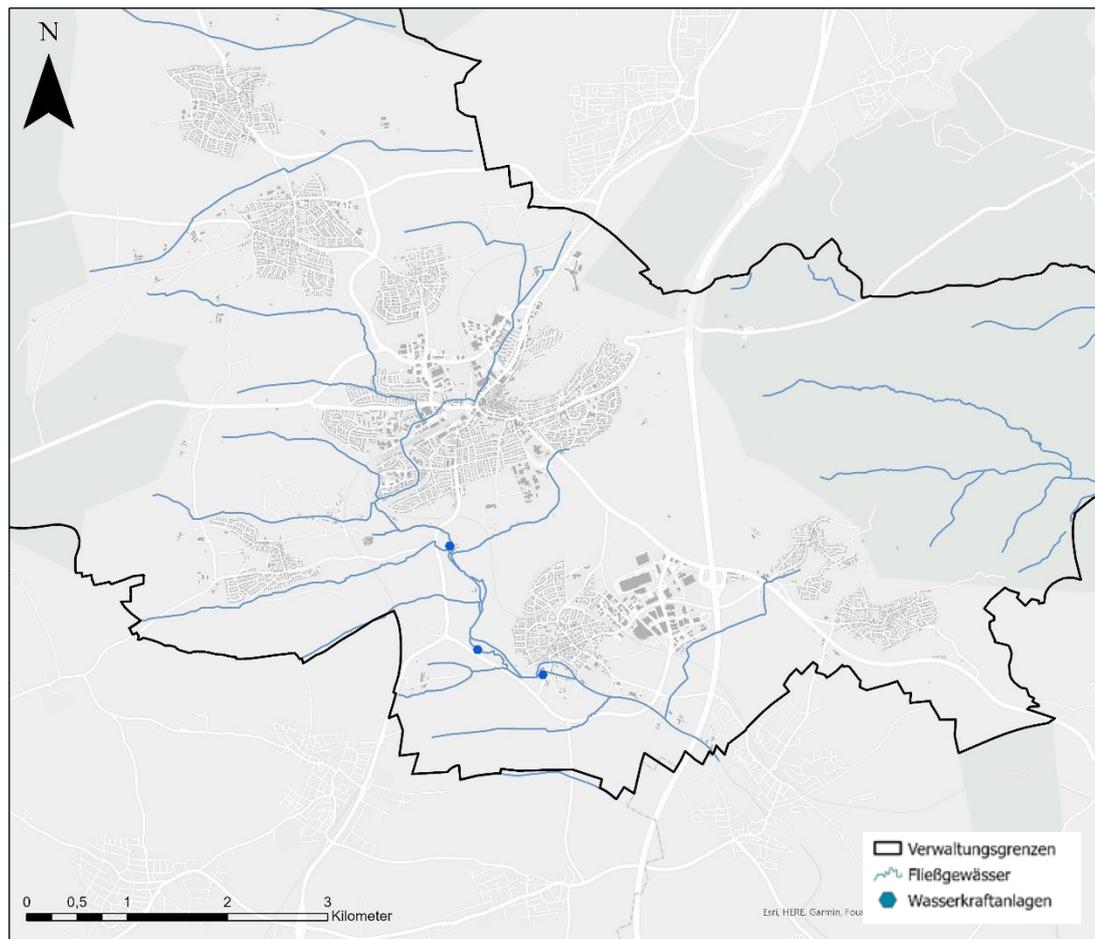
**Abbildung 22: Potenzial Wasserkraftanlagen in Herrenberg [16]**

Tabelle 11: Installierte Wasserkraftleistung und verfügbares Wasserkraftpotenzial [16]

| | Ist-Leistung in kW | Potenzial gem. LUBW | |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | | Leistung in kW | Erzeugung in MWh/a |
| Wasserkraft | 33 | 33 | 14 |

Gemäß LUBW-Energieatlas ist das Potenzial bereits ausgeschöpft. Es wurde jedoch noch die Stadtmühle als möglicher Energieerzeuger ausgewiesen – hier besteht ein installierbares Potenzial von 33 kW, sodass theoretisch insgesamt 14 MWh Strom pro Jahr durch Wasserkraft erzeugt werden könnten.

4.3.5 Biomasse

Gemäß KEA-Leitfaden werden unter dem Begriff Biomasse verschiedene Formen von fester Biomasse sowie organische Abfallstoffe, Klärgas und Biogas verstanden. Die Wärmebereitstellung durch feste Biomasse, thermische Verwertung, ist von der kombinierten Erzeugung von Wärme und Strom mittels KWK zu unterscheiden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Potenziale der Biomasse erläutert.

Feste Biomasse

Unter fester Biomasse können Potenziale des lokalen Energieholzaufkommens und Restholzaufkommens, beispielsweise aus Industrie oder Grüngutabfälle an Häckselplätzen zusammengefasst werden.

Die derzeitige thermische Nutzung von Energieholz kann in Herrenberg mit der Energiemenge von 16 GWh/a, vgl. Treibhausgasbilanz Kapitel 3.4.1. angegeben werden. Thermisch verwertet werden können ebenfalls Grüngutabfälle der Häckselplätze und Althölzer. Die seitens der Stadt Herrenberg anfallenden Abfallströme belaufen sich auf jährlich 2.916 t Grünabfälle der Häckselplätze und 769 t Altholz. Für das Potenzial der Grünabfälle, in Weiterverarbeitung zu Holzhackschnitzel, und des Altholzes wurde eine reine thermische Verwertung angenommen.

Die durchschnittlich eingeschlagene Holzmenge im Herrenberger Forst beträgt 10.500 FM/a. Davon werden in etwa 50 % als Energieholz genutzt. Eine Nutzung des Waldrestholzes zur Ausweitung des Energieholzpotenzials ist nicht angedacht. Durch eine Umlenkung der Stoffströme von holzartigen Reststoffen kann eine zusätzliche Energieholzmenge von 1.000 FM genutzt werden [1]. Dies entspricht einer Endenergiemenge von knapp 950 MWh/a.

Die Potenziale der erwähnten festen Biomasse sind in Tabelle 12 zusammengefasst. In Summe entspricht das Potenzial der festen Biomasse mit 13,2 GWh/a etwa 4 % des Gesamtendenergiebedarfes des Jahres 2019. Bei gezieltem Einsatz des lokal begrenzten Energieholzaufkommens, aus dem Herrenberger Forst, Althölzern und Grünabfällen der Häckselplätze, in Heizzentralen und Kamineinzelöfen, kann die Wärmeversorgung damit zu einem Teil dekarbonisiert werden.

Tabelle 12: Thermische Verwertung fester Biomasse und Potenzialabschätzung

| | Potenzial Thermische Verwertung in MWh/a |
|------------------------------|------------------------------------------------|
| Grünabfall | 9.700 |
| Altholz | 2.500 |
| Holzartige Reststoffe | 950 |
| Gesamt | 13.150 |

Organische Abfälle

Unter organischen Abfällen fallen biogene Abfälle, wie sie beispielsweise in der Haushaltsbiotonne anfallen, und biologische Grünabfälle, wie Strauch- oder Grasschnitt. In einer Biomassevergärungsanlage kann aus organischen Abfällen Biogas erzeugt und in einem BHKW zu Wärme und Strom umgewandelt werden.

Die jährlich anfallende Menge an biogenen Abfällen beläuft sich auf ca. 2.890 t [18]. Mit einem Erschließungsfaktor von 50 %, gemäß den Annahmen des Klimafahrplans für organische Reststoffe, wird eine zur Verfügung stehende Menge biogener Abfälle von 1.445 t/a angenommen [1]. Die entsprechende Potenzialmenge an Strom- und Wärmeerzeugung sind in der folgenden Tabelle 13 aufgeführt. Mit diesem Potenzial können ca. 0,1 % des Endenergiebedarfes des Basisjahres 2019 wärmeseitig gedeckt werden. Das Potenzial der lokalen Erzeugung von Biogas aus organischen Abfällen ist demnach gering, da keine großen Mengen an organischen Abfallstoffen lokal in Herrenberg anfallen. Die organischen Abfälle aus Herrenberg werden derzeit überregional bei der Abfallwirtschaft Böblingen verwertet.

Tabelle 13: Potenzial organischer Abfälle zur Biomassevergärung

| Potenzial | Menge in t/a | Wärmeertrag in MWh/a | Stromertrag in MWh/a |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Biogener Abfall (Biotonne) | 1.445 | 274 | 300 |

Biogas und Klärgas

Biogas und Klärgas eignen sich zum Einsatz in KWK-Anlagen und können daher zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Im Klärwerk des Zweckverbandes Abwasserreinigung Gäu-Ammer wird derzeit ein Blockheizkraftwerk mit Klärgas zur teilweisen Deckung des Eigenwärmebedarfs und zur Deckung des Stromeigenbedarfs betrieben. Die anfallende Klärschlammmenge, nach Angaben des Zweckverbandes Ammer-Gäu 3.000 t/a, wird nach der Trocknung thermisch verwertet. Die Klärgasnutzung im Bestand ist in der folgenden Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Klärgasnutzung Klärwerk Gäu-Ammer

| | Anzahl | Bestand Wärmeerzeugung in MWh/a | Bestand Stromerzeugung in MWh/a |
|---------------------|--------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Klärgas BHKW | 1 | 4.560 | 923 |

Biogas aus lokaler landwirtschaftlicher Herkunft wird in Herrenberg nicht zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt. Das Potenzial für die Biogaserzeugung mit anschließender Verwertung in einem Blockheizkraftwerk kann anhand der Fläche des Dauergrünlands und der Viehbestände abgeschätzt werden. In Herrenberg gibt es 643 ha Fläche Dauergrünland [19]. Das theoretische Potenzial der Biogaserzeugung aus Gülle kann über den Viehbestand an ca. 920 Rindern, 290 Milchkühen, 2.563 Schweinen und knapp 3.570 Hühnern berechnet werden, siehe Tabelle 15 [20]. Einberechnet ist hier ein Erschließungsfaktor von 30%. Das theoretische Erzeugungspotenzial im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf Herrenbergs beläuft sich auf knapp 1 % des Gesamtwärmebedarfes des Jahres 2019.

Tabelle 15: Potenzialabschätzung Biogas- Energieerzeugung mittels BHKW

| Potenzial | Methanertrag in Nm ³ | Wärmeerzeugung in MWh/a | Stromerzeugung in MWh/a |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Dauergrünland | 560.280 | 2.500 | 2.100 |
| Gülle | 30.940 | 370 | 310 |
| Gesamt | 591.220 | 2.870 | 2.410 |

Zusammenfassend stellt die thermische Verwertung von Energieholz, Holzhackschnitzeln und Resthölzern energiemengenmäßig das größte Potenzial zur Wärmeerzeugung dar. Hier gilt es dieses Potenzial gezielt zu beziehen und einzusetzen. Die Potenziale zur Biomassevergärung von biogenen Abfallstoffen, Grasschnitt oder Gülle der Viehbestände und der anschließenden Verbrennung des Biogases in einem BHKW sind sehr gering und spielen keine nennenswerte Rolle in der lokalen Strom- und Wärmeerzeugung in Herrenberg.

4.3.6 Oberflächennahe Geothermie

Von oberflächennaher Geothermie spricht man in der Regel bis zu einer Tiefe von 150 Metern. Durch Erdwärmekollektoren, in bis zu 1,5 m Tiefe, oder Erdwärmesonden, in bis zu 150 m Tiefe, lässt sich dieses Potenzial mittels einer Wärmepumpe zur Gebäudebeheizung nutzen.

Erdwärmesonden

Das geothermische Potenzial wird im Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG) abgebildet [21]. Für eine spezifische

Wärmeentzugsleistung in 100 m Tiefe und 2.400 Vollaststunden ist auf der Gemarkung Herrenbergs kein geothermisches Potenzial vorhanden, wie Abbildung 23 zeigt.

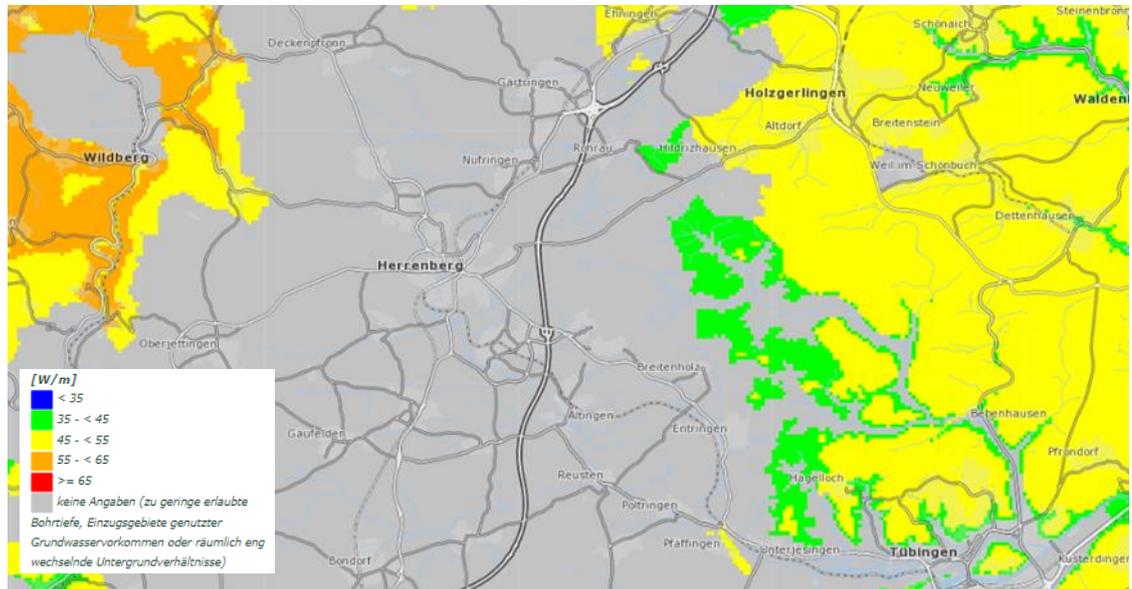


Abbildung 23: Spezifische Wärmeentzugsleistung, Tiefe 100 m, 2.400 h/a [21]

Grund für diesen „weißen Fleck“ in der obigen Karte sind Wasser- und Heilquellenschutzgebiete über die Gemarkung Herrenbergs hinaus, wie die folgende Abbildung 24 zeigt. Der Bau von Erdwärmesonden ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht erlaubt. [21]

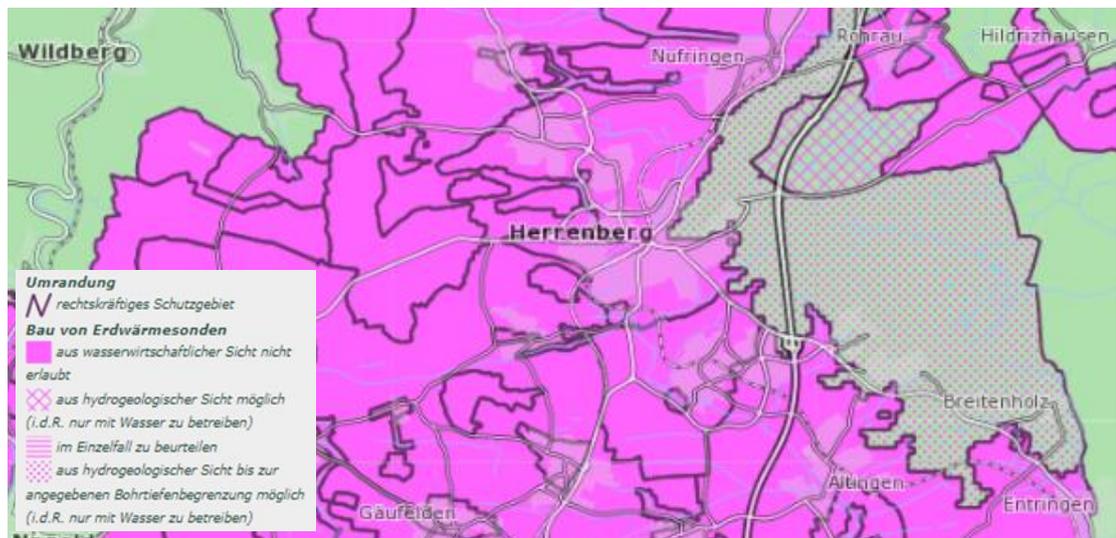


Abbildung 24: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Erdwärmesonden [21]

Erdwärmekollektoren

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 Bodentemperaturen bedarf es einer größeren Fläche für mehrere Erdwärmekollektoren, um den Wärmebedarf eines Gebäudes zu decken. Diese variiert je nach Bodentyp und seiner Beschaffenheit [13]. Das Potenzial von Erdwärmekollektoren lässt sich deshalb nicht genau beziffern und erfordert eine Einzelfallprüfung. Nach Abbildung 25 ist die Nutzung der Erdwärme mittels Erdwärmekollektoren unter bestimmten Voraussetzungen, wie u.a. bspw. eine maximale Tiefe von 5 m und kein Kontakt zum Grundwasser, erlaubt. [22] Dies erfordert standortspezifisch eine Einzelfallprüfung.

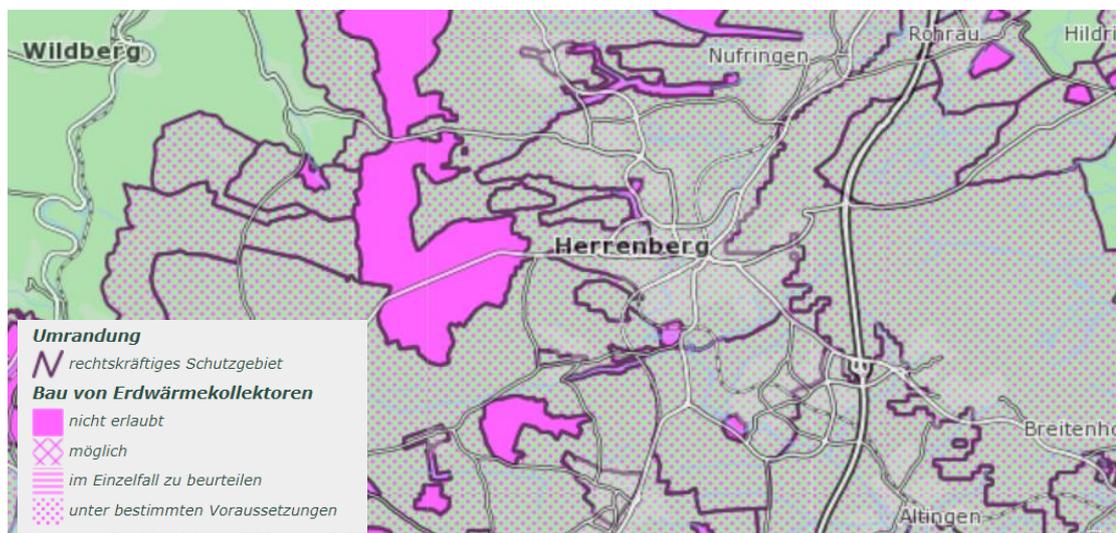


Abbildung 25: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Erdwärmekollektoren [21]

Grundwasser

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 Kommune Herrenberg 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. Wie bei den Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren muss auch hier eine Prüfung hinsichtlich des Wasser- und Heilquellenschutzes erfolgen.

4.3.7 Umweltwärme

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 werden, wo „keine netzgebundene Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien technisch-wirtschaftlich realisierbar ist (Einzelversorgungsgebiete) und [...] keine oberflächennahe geothermische Wärmequelle erschlossen werden kann“ [2]. Weiterhin ist ein ausreichender Platzbedarf für die Aufstellung der Außeneinheit einer Split-Wärmepumpe notwendig. Für Einfamilienhäuser kann von einem Platzbedarf von etwa 2 x 2 Meter ausgegangen werden. Ebenso spielen Anforderungen an den Lärmschutz und der Abstandhaltung zum Nachbargrundstücks bei der Aufstellung der Außeneinheit eine große Rolle.

4.3.8 Oberflächengewässerwärme

Für die Potenzialanalyse wurden sowohl Flüsse als auch Seen in Herrenberg betrachtet. Mittels einer Großwärmepumpe kann die ganzjährig bestehende Umweltwärme des Wassers genutzt und in ein Wärmenetz gespeist 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].

Auf der Gemarkung Herrenberg wurde das Potenzial zur Flusswasserwärmenutzung der Ammer untersucht. Hierzu wurden Pegel- und Temperaturaufzeichnungen der Ammer näher betrachtet. Es wurden öffentlich zugängliche Daten der Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg sowie des interaktiven Diensts UDO der LUBW verwendet [16], [23]. Ausgewertet wurden jeweils die niedrigsten gemessenen Abflusskennwerte der letzten 40 Jahre. Auf Basis der monatlichen Durchschnittstemperaturen der Ammer und unter der Annahme, dass 10 % des Abflusses für die Wärmeerzeugung entnommen werden, kann eine Wärmeentzugsleistung angegeben werden. Eine Abschätzung des Potenzials der Fließgewässernutzung ist in Abbildung 26 dargestellt. Hier wurden Messwerte der nächstgelegenen Messstelle Herrenbergs in Pfäffingen herangezogen. In den Monaten Dezember bis März fällt die Temperatur der Ammer auf durchschnittlich ≤ 4 °C und ist somit zu niedrig für einen effizienten Wärmeentzug durch eine Wärmepumpe, da die Abkühlung des Fließgewässers nahe dem Gefrierpunkt läge [16]. In diesem Zeitraum kann deshalb keine Wärmeleistung genutzt werden. In den Sommermonaten steigt das theoretische Potenzial der minimalen Wärmeleistung der Ammer auf $1,8 \text{ MW}_{\text{th}}$. Da dieses Potenzial aber nicht ganzjährig genutzt werden kann und gerade in den Monaten November bis März, während der Heizperiode, keine Entzugsleistungen möglich sind, werden weitere Untersuchungen der Nutzung der Flusswasserwärme nicht empfohlen.

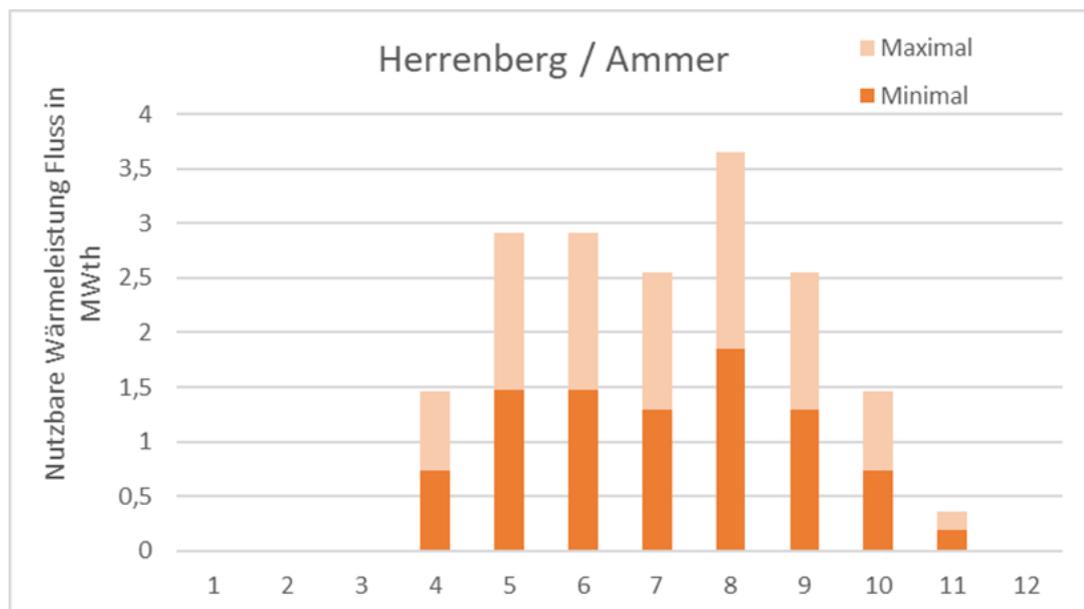


Abbildung 26: Potenzialabschätzung nutzbare Wärmeleistung Fließgewässer Ammer, Messstelle Pfäffingen

Für die Wärmenutzung von Seen gibt es in Herrenberg kein relevantes Potenzial, da hierfür grundsätzlich nur Oberflächengewässer mit einer Größe von über 50 ha und einer Tiefe von mindestens 20 m in Frage kommen [24].

4.3.9 Standorte KWK

Kraft-Wärmekopplungsanlagen stellen eine effiziente Erzeugung von Wärme und Strom dar. Im derzeitigen Energiesystem werden diese KWK-Anlagen meist mit Erdgas oder anderen fossilen Brennstoffen betrieben. Empfohlen wird, KWK-Anlagen zukünftig mit klimaneutralen Energieträgern, wie z.B. Biogas oder Klärgas, zu betreiben. Sind KWK-Anlagen in einem Wärmenetz als Erzeuger eingebunden, kann im Rahmen eines Transformationsplanes innerhalb der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), eine technische und wirtschaftliche Untersuchung klimaneutraler Wärmeerzeugung, erfolgen.

Die Erzeugung von KWK-Anlagen in Herrenberg betrug im Basisjahr 2019 rund 3 GWh Strom und 5 GWh Wärme, knapp 1,5 % des Gesamtwärmeverbrauches. Die Standorte der bestehenden KWK-Anlagen sind in der folgenden Abbildung 27 dargestellt.



Abbildung 28: Darstellung schrittweiser Ausbau der Süddeutschen Erdgasleitung für die künftige Versorgung von Wasserstoff in Baden-Württemberg [25]

Im Gasnetzgebietstransformationsplan des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW) werden die Zeitpunkte der ersten Wasserstoff-Einspeisungen auf Landkreisebene dargestellt. Bis 2040 werden demzufolge alle gasversorgten Regionen in Deutschland, und somit auch der Landkreis Böblingen, mit Wasserstoff versorgt (siehe Abbildung 29). Im Zuge dieser Umstellung sind im Landkreis Böblingen ebenfalls die ersten reinen Wasserstoffnetze mit 100 % H₂ vorgesehen [26].

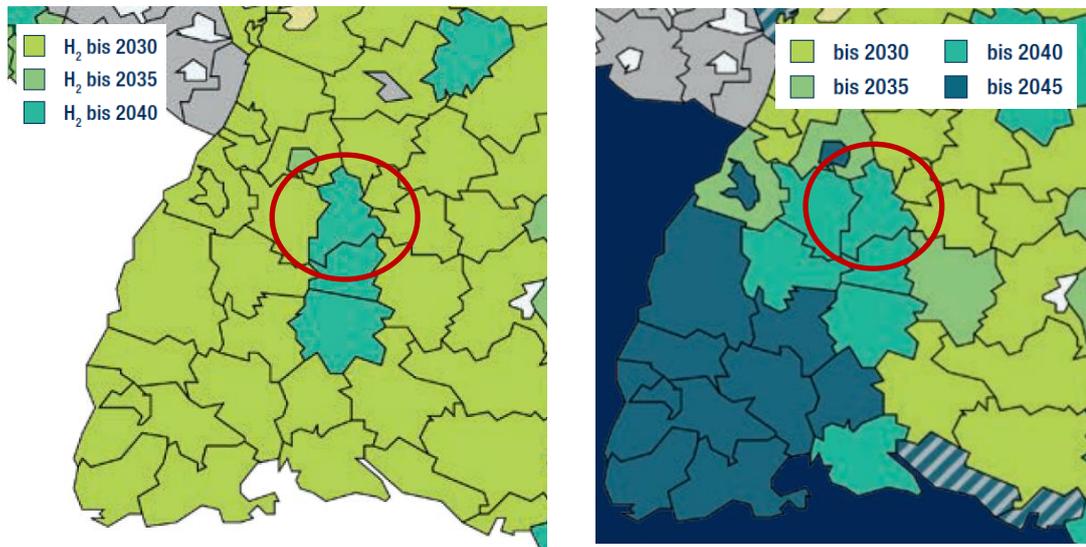


Abbildung 29: Erste H₂-Einspeisungen und erste 100% H₂-Netze Erwartung für die jeweilige Zieljahre [26]

4.4 Fazit Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wurden verschiedene Potenziale zur Strom- und Wärmeversorgung untersucht. Beide Potenziale wurden gemeinsam betrachtet, da künftig mit einer stärkeren Elektrifizierung des Wärmesektors zu rechnen ist.

Durch die energetische Sanierung der Gebäudehülle im Gebäudebestand kann der Gesamtwärmebedarf nur zu einem Teil gesenkt werden. Im Zeithorizont bis zum Jahr 2040 kann, bei einer jährlichen Sanierungsrate von 2 % des Wohngebäudebestands, der Wärmebedarf bis zu 10 % gesenkt werden. Die energetische Sanierung stellt somit einen wichtigen Baustein der Wärmewende dar.

Aufgrund einer hohen Wärmebedarfsdichte liegt im Stadtgebiet Herrenbergs flächendeckend eine Wärmenetzeignung vor. Eine Eignung konventioneller Wärmenetze liegt im Altstadtgebiet sowie in den Ortskernen der Teilorte Kuppingen, Affstädt und Gültstein vor. In Gebieten geringerer Wärmebedarfsdichte, bspw. in den Stadtrandgebieten und Teilorten, eignen sich Niedertemperatur-Wärmenetze.

Die Abwasserwärmenutzung birgt aufgrund von hohen Zuflussmengen und einem hohen Temperaturniveau im Zulauf der Kläranlage in Herrenberg ein großes Potenzial. Dies muss jedoch durch Durchfluss- und Temperaturmessungen an geeigneten Sammlern mit einer Nennweite > DN 400 quantifiziert werden. Es besteht ein Potenzial zur Nutzung von Abwasserwärme mittels einer Wärmepumpe am Auslauf der Kläranlage Gäu-Ammer. Die nächstgelegene Wohnbebauung befindet sich in Ammerbuch, außerhalb der Gemarkung Herrenbergs.

Großes Potenzial bietet die Stromerzeugung durch Photovoltaik auf Dach- und Freiflächen und durch Windenergieanlagen. Zur regenerativen Deckung des künftig steigenden Strombedarfs, u. a. für Wärmeanwendungen, ist ein Ausbau dieses PV-Potenzials und der Windenergieanlagen zu verfolgen und wird im Klimafahrplan der Stadt Herrenbergs bereits konkret adressiert.

Die potenzielle thermische Verwertung des Energieholzes, Restholzes und holzartiger Biomasse der Häckselplätze kann bis zu 4 % des Gesamtwärmebedarfes decken. Gezielt eingesetzt kann dieses Potenzial zur Dekarbonisierung der Wärmeherzeugung beitragen. Eine Biomassevergärung organischer Abfallstoffe, Grasschnitt und Gülle der Viehbestände spielt wärmemengenmäßig eine untergeordnete Rolle.

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie liegt auf der Gemarkung Herrenbergs, nach Auswertung des Informationssystems oberflächennaher Geothermie nicht vor. Grund hierfür ist die Lage Herrenbergs in einem Wasser- und Heilquellenschutzgebiet. Erdwärmekollektoren sind unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt, dies erfordert standortspezifisch eine Einzelfallprüfung.

Das Potenzial der Fließgewässernutzung in der Ammer ist während der Heizperiode von Dezember bis März nach derzeitiger Abschätzung nicht ausreichend vorhanden. Eine weitergehende Untersuchung dieses Potenzials wird daher nicht empfohlen.

Für das Wasserstoffpotenzial wird seitens der Stadtwerke ein Ausbau der Wasserstoffanbindung der Stadt Herrenberg ausgegangen. Gemäß den Prognosen des

Gasnetztransformationsplanes 2022 auf Landkreisebene für Böblingen und dem Ausbau der Süddeutschen Erdgasleitung, wird bis zum Jahr 2040 ein Anteil von 100 % Wasserstoff im bestehenden Gasnetz oder einem neu zu errichtenden Wasserstoff-Netz erwartet.

Schlussendlich ist das Zusammenführen der unterschiedlichen Potenziale, erzeugerseitig, und des Wärmebedarfes, bedarfsseitig, entscheidend für eine effiziente Gestaltung des Wärmesektors.

5. Zielszenario

5.1 Zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs

In Kapitel 4.1 wurde erläutert, wie die zukünftige Wärmebedarfsentwicklung in Herrenberg unter Berücksichtigung einer prozentualen jährlichen Sanierungsquote im Sektor Wohnen abgebildet werden kann. Da die Gebäude in den Sektoren kommunale Gebäude, verarbeitendes Gewerbe sowie GHD & Sonstige bezüglich ihrer typischen Größe, Nutzung und Wärmearten eine sehr inhomogene Zusammensetzung aufweisen und der KEA-Technikkatalog für diese Sektoren keine spezifischen Vorgaben zum flächenbezogenen Endenergieverbrauch enthält, wurden in Zusammenarbeit mit der Stadt und den Stadtwerken Herrenberg plausible Reduktionsraten des Gesamtwärmebedarfs diskutiert und gemeinsam für das Zielszenario festgelegt. Tabelle 16 gibt einen Überblick über die festgelegten Wertebereiche der Sanierungs- bzw. Reduktionsraten in den betrachteten Sektoren.

Tabelle 16: Sanierungs- und Bedarfsreduktionsraten der Sektoren bis zum Jahr 2040

| Parameter | Wertebereich |
|-------------------------------------------------|--------------|
| Jährliche Sanierungsrate Wohngebäude | 1,1 – 2 % |
| Jährliche Reduktionsrate kommunale Gebäude | 1 – 2 % |
| Jährliche Reduktionsrate GHD & Sonstige | 0 – 1 % |
| Jährliche Reduktionsrate verarbeitendes Gewerbe | 0 – 1 % |

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 16 definierten Sanierungs- und Bedarfsreduktionsraten ergibt sich ein minimaler (MIN) sowie ein maximal (MAX) möglicher Entwicklungspfad des Gesamtwärmebedarfs bis zum Jahr 2040.

Im MIN-Fall ergibt sich eine Reduktion des Gesamtwärmebedarf von 6 % bis zum Jahr 2040, im MAX-Fall beträgt die Reduktion über alle Sektoren 17 %. In letzterem Fall tragen die kommunalen Gebäude mit 40 %, Industrie und GHD & Sonstige mit je 20 % und der Sektor Wohnen mit 14 % zur Wärmebedarfsreduktion bei (vgl. Abbildung 30).

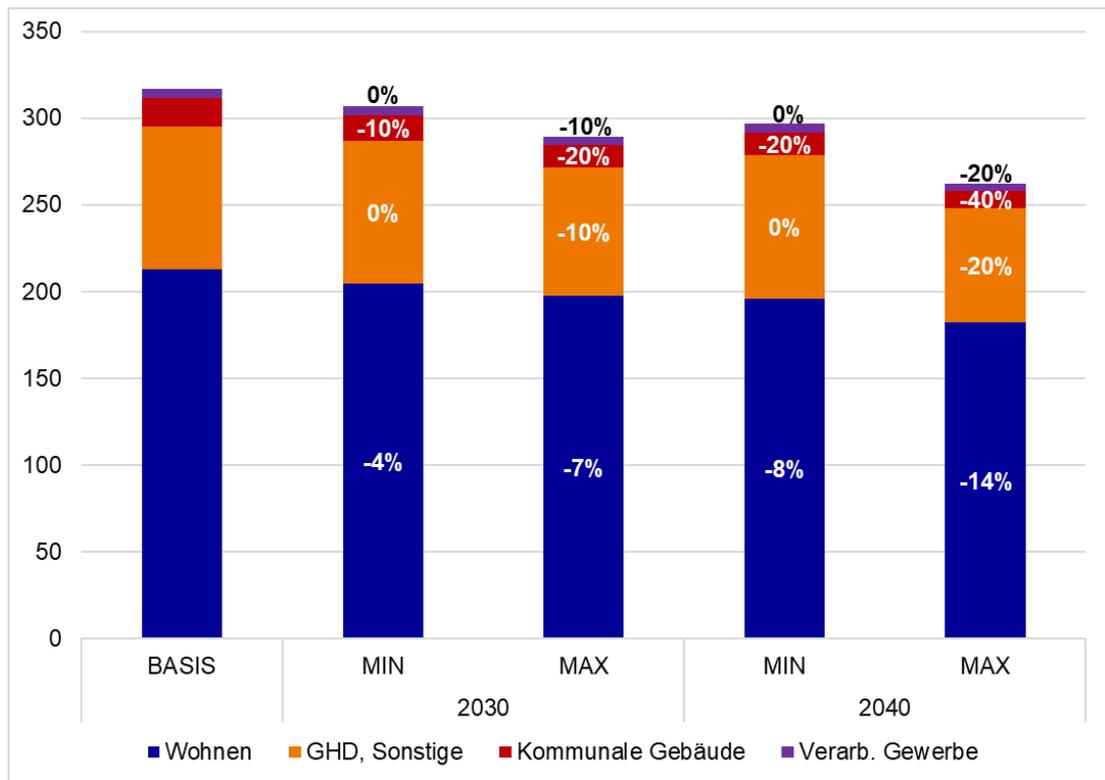


Abbildung 30: Minimaler und maximaler Entwicklungspfad des Gesamtwärmebedarfs

Für das Zielszenario 2040 wurde in Absprache mit der Stadtverwaltung und den Stadtwerken angenommen, dass die Sanierungs- und Bedarfsreduktionsraten des Maximalfalls durch forcierte Anstrengungen in allen Sektoren erreicht werden. Damit ergeben sich die in dargestellten Wärmebedarfswerte.

Tabelle 17: Wärmebedarfsentwicklung in Herrenberg nach Sektoren bis 2040

| Wärmebedarf in GWh/a | 2019 | 2030 | 2040 | Einsparung |
|------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| Wohnen | 213 | 198 | 182 | -14% |
| GHD & Sonstige | 83 | 74 | 66 | -20% |
| Kommunale Gebäude | 16 | 13 | 10 | -40% |
| Verarbeitendes Gewerbe | 5 | 5 | 4 | -20% |
| Gesamt | 317 | 290 | 262 | -17% |

5.2 Wärmebedarfsdichte 2030 und 2040

Basierend auf der im vorangegangenen Kapitel dargestellten Wärmebedarfsentwicklungen bis zum Jahr 2040 für die Stadt Herrenberg lässt sich die in Abbildung 16 dargestellte Wärmedichtekarte für die Jahre 2030 und 2040 fortschreiben. Dies dient in der nachfolgenden Festlegung der Eignungsgebiete dazu, bei der Empfehlung von Wärmenetzzeignungsgebieten sicherzustellen, dass diese auch in Zukunft bei sinkendem Wärmeverbrauch wirtschaftlich betrieben werden können. Die Abbildung 31 und Abbildung 32 zeigen die Wärmebedarfsdichten in Herrenberg für die Zieljahre 2030 und 2040. Es ist erkennbar, dass auch bei fortgeschriebener Wärmebedarfsminde- rung im Stadtgebiet eine flächendeckend mittlere bis hohe Wärmebedarfsdichte und damit Wärmenetzzeignung besteht.

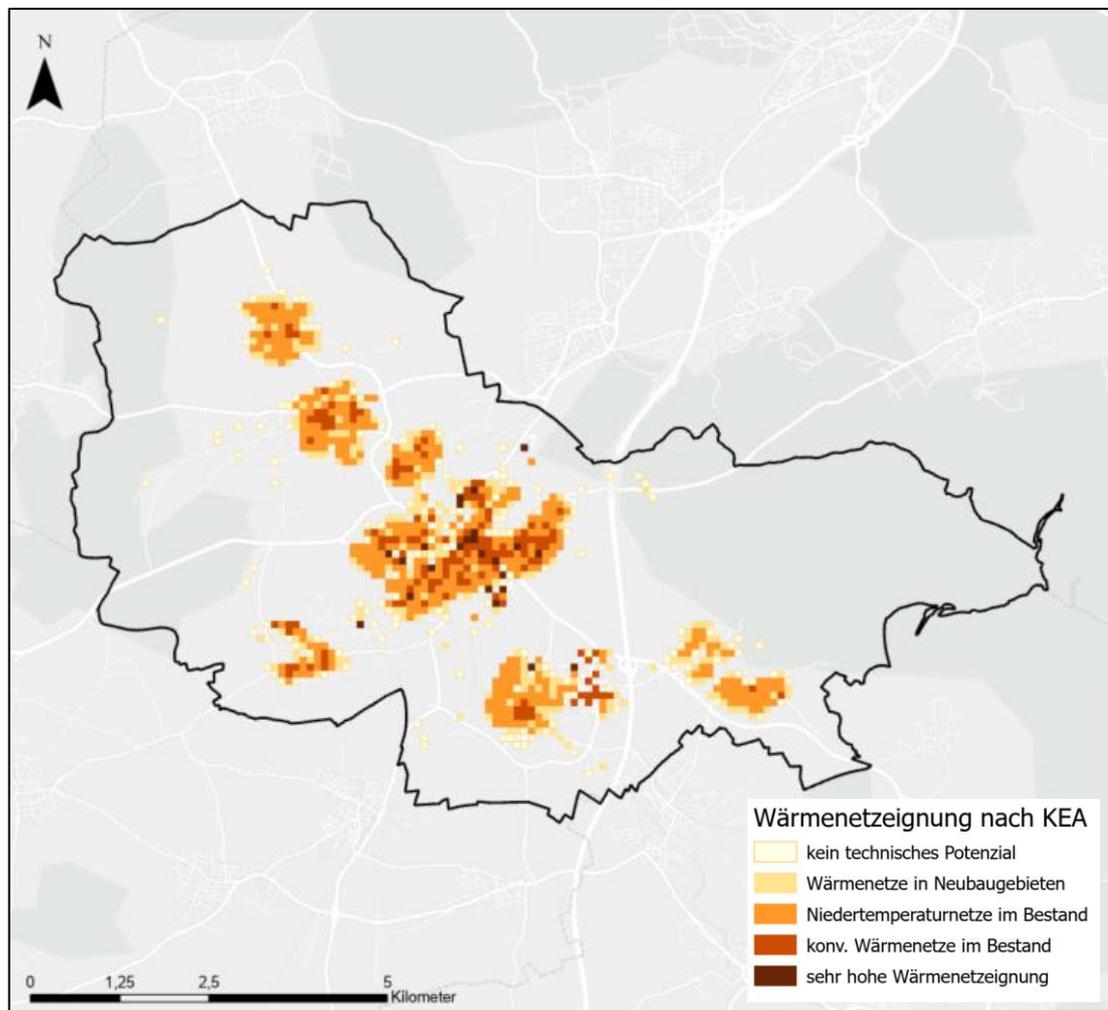


Abbildung 31: Wärmenetzzeignung nach KEA BW im Jahr 2030 im Zielszenario

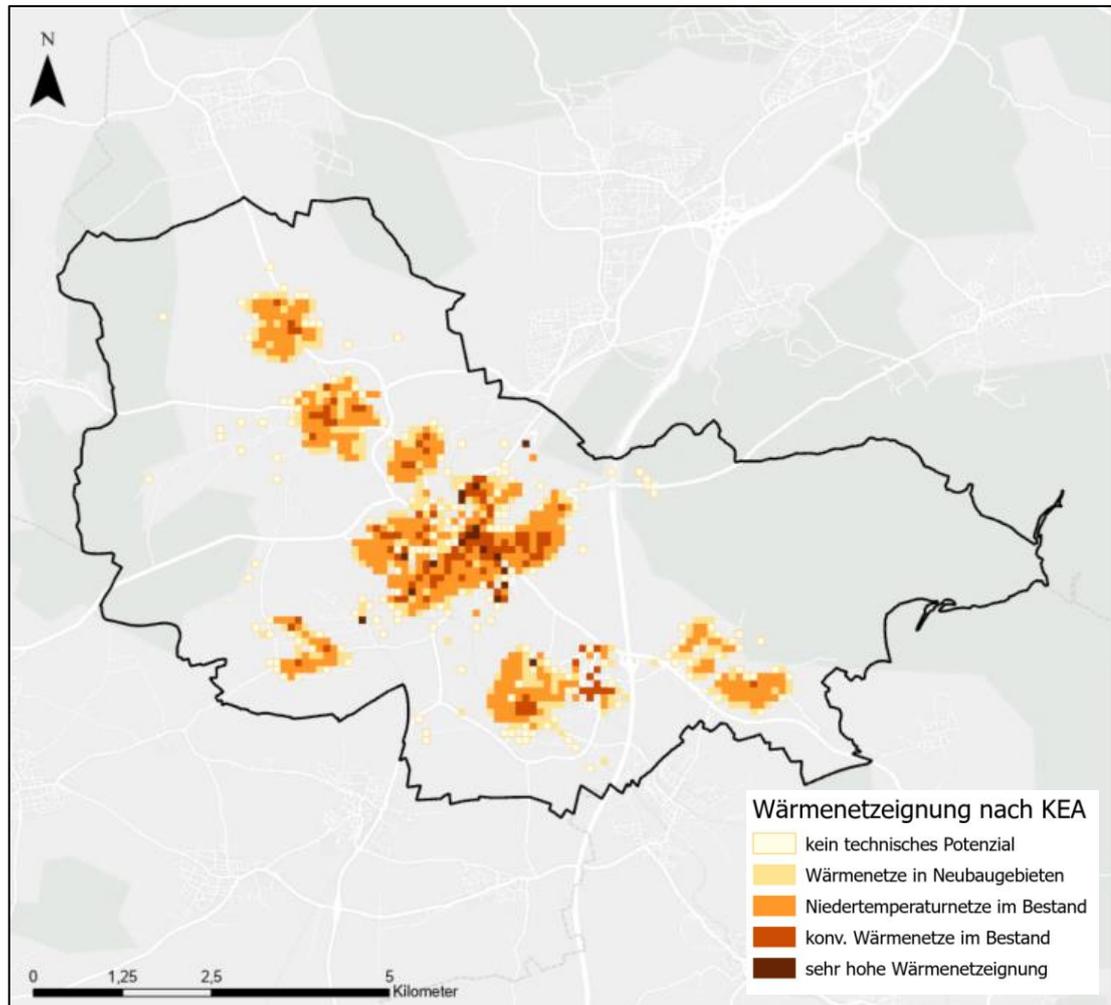


Abbildung 32: Wärmenetzzeignung nach KEA BW im Jahr 2040 im Zielszenario

5.3 Eignungsgebiete

Abgeleitet von den Wärmebedarfsdichten und unter Berücksichtigung der lokalen Rahmenbedingungen wie Flächennutzung und vorhandene Infrastruktur sowie natürlichen Grenzen wurden für Herrenberg 37 Gebiete definiert (siehe Abbildung 33). Im Abgleich mit dem digitalen Geländemodell kann ein Einfluss der zu überwindenden Höhenunterschiede im Betrieb in den Wärmenetz-Eignungsgebieten ausgeschlossen werden. 17 dieser Gebiete wurde auf Basis ihrer Wärmedichte im Basisjahr 2019 – nach KEA BW [2] mindestens 415 MWh/a und Hektar bei 50 % Anschlussquote – die Eignung als Wärmenetzgebiet zugeordnet. Die weiteren 20 Gebiete wurden entsprechend ihrer niedrigeren Wärmedichte als Einzelversorgungsgebiete ausgewiesen.

Anhand dieser Gebietseinteilung erfolgte im nächsten Schritt eine Analyse der Gebäudestruktur, des Wärmebedarfs im Basisjahr, möglicher Ankerkunden und der vorhandenen regenerativen Potenziale zur dezentralen und zentralen Wärmeerzeugung. Die Ergebnisse fanden Eingang in die Teilgebietssteckbriefe, welche der Übersichtlichkeit halber in einem separaten Dokument aufgeführt werden.

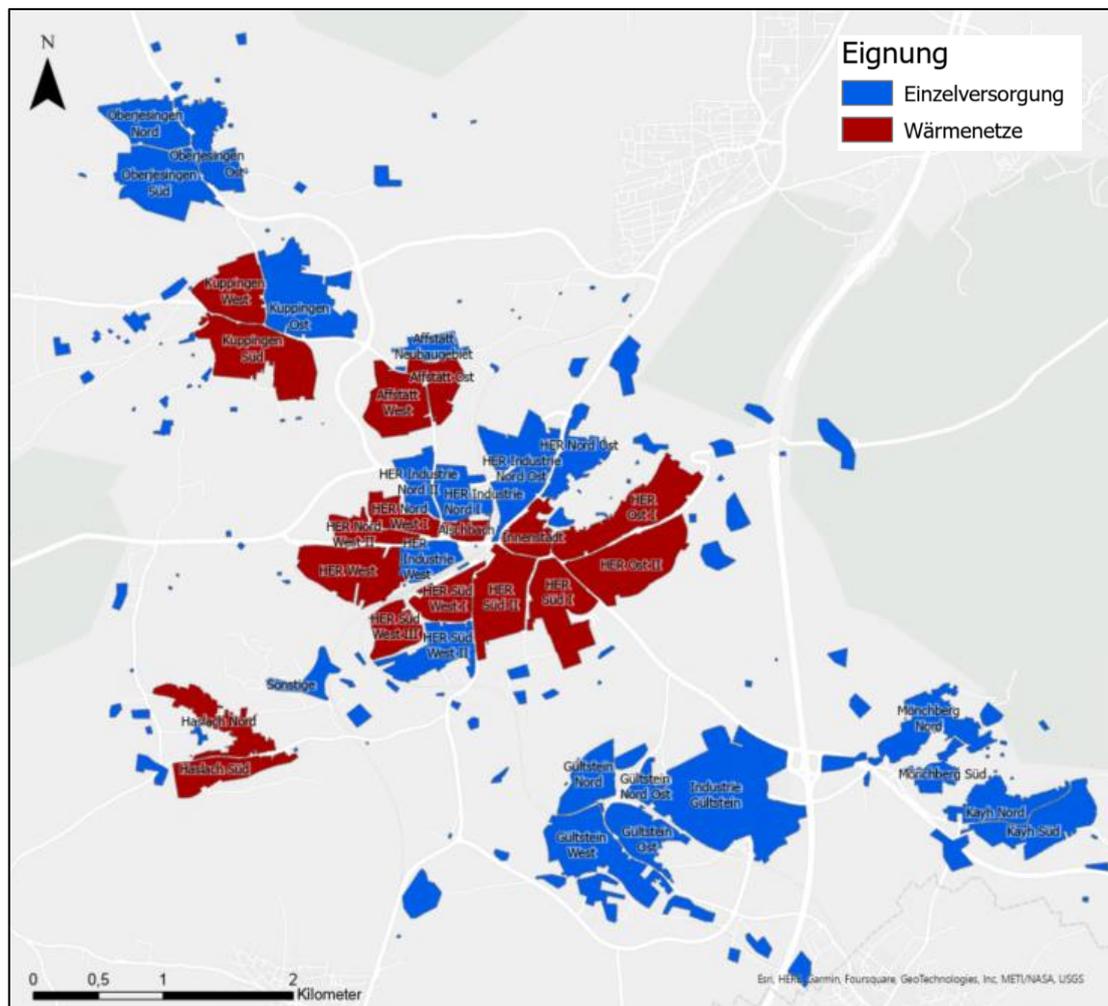


Abbildung 33: Eignungsgebiete in Herrenberg

Die Teilgebiete sind hinsichtlich ihrer Ist-Situation in der folgenden Tabelle 18 dargestellt. Mit Blick auf das zu entwickelnde Zielszenario dienen die festgelegten Eignungsgebiete dazu, unter den zukünftigen Technologieoptionen zur Wärmeherzeugung für jedes Gebäude die theoretische Verfügbarkeit von Wärmenetzen anzuzeigen. Im Bereich der Kernstadt Herrenberg wurde hierbei angenommen, dass bis zum Jahr 2040 ein flächendeckender Ausbau von Wärmenetzen stattfindet und somit die überwiegende Mehrheit der Gebäude in den Eignungsgebieten theoretisch angeschlossen werden könnte. Nach Berechnung des Zielszenarios und der Abschätzung der zukünftigen Wärmegestehungskosten für Einzelversorgung und Wärmenetze können die Eignungsgebiete überprüft in einer weiteren Iteration und die Zuordnung gegebenenfalls angepasst.

Tabelle 18: Eignungsgebiete in Herrenberg mit Ist-Situation

| Name | Gasnetz | Wärmenetz | Anzahl beheizte Gebäude | Vorwiegender Gebäudetyp | Hauptalter Wohngebäude | Vorwiegender Heizungstyp | Hauptalter Heizungen | Wärmebedarf 2020 in MWh | Sanierungspotenzial Wohnen | Eignung |
|-------------------------------|---------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Oberjesingen Ost | x | | 270 | Wohnen | bis 1918 | Heizkessel | 2010-2014 | 5.363 | mittel | Einzelversorgung |
| Kuppingen Ost | x | | 455 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 2000-2004 | 9.965 | hoch | Einzelversorgung |
| Kuppingen West | x | | 256 | Wohnen | 2010-2019 | Erdgaskessel | 1995-1999 | 8.674 | hoch | Wärmenetz |
| Alfstätt West | x | | 346 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 1990-1994 | 7.975 | hoch | Wärmenetz |
| Alfstätt Ost | x | | 159 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 1995-1999 | 4.665 | hoch | Wärmenetz |
| Alfstätt Neubaugebiet | x | | 96 | Wohnen | 2010-2019 | Erdgaskessel | 2010-2014 | 1.912 | hoch | Einzelversorgung |
| Haslach Süd | x | | 227 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 1990-1994 | 6.547 | hoch | Wärmenetz |
| Haslach Nord | x | | 299 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 2000-2004 | 7.043 | hoch | Wärmenetz |
| Herrenberg Süd West III | x | | 144 | Wohnen | 1979-1983 | Erdgaskessel | unbekannt | 7.294 | hoch | Wärmenetz |
| Gültstein Nord | x | | 245 | Wohnen | 1958-1968 | Erdgaskessel | unbekannt | 4.891 | hoch | Einzelversorgung |
| Industrie Gültstein | x | | 89 | GHD, Sonstige | 1969-1978 | Erdgaskessel | unbekannt | 15.033 | niedrig | Einzelversorgung |
| Herrenberg Industrie Nord II | x | | 31 | GHD, Sonstige | 1968-1968 | Erdgaskessel | 2015-2019 | 2.462 | mittel | Einzelversorgung |
| Herrenberg Industrie Nord I | x | | 17 | GHD, Sonstige | 1969-1978 | Erdgaskessel | 1985-1989 | 2.738 | niedrig | Einzelversorgung |
| Herrenberg Nord West I | x | | 165 | Wohnen | 1949-1957 | Erdgaskessel | 2010-2014 | 4.170 | hoch | Wärmenetz |
| Herrenberg Nord West II | x | | 154 | Wohnen | 1958-1968 | Erdgaskessel | 1990-1994 | 4.334 | hoch | Wärmenetz |
| Herrenberg West | x | | 337 | Wohnen | 1958-1968 | Erdgaskessel | unbekannt | 14.811 | mittel | Wärmenetz |
| Herrenberg Industrie West | x | | 54 | Wohnen | 1979-1983 | Erdgaskessel | unbekannt | 3.096 | niedrig | Einzelversorgung |
| Mönchberg Nord | x | | 266 | Wohnen | 2010-2019 | Heizkessel | 2010-2014 | 5.964 | mittel | Einzelversorgung |
| Mönchberg Süd | x | | 113 | Wohnen | 1979-1983 | Heizkessel | 1990-1994 | 2.526 | hoch | Einzelversorgung |
| Kayh Süd | x | | 335 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | unbekannt | 7.211 | hoch | Einzelversorgung |
| Kayh Nord | x | | 218 | Wohnen | 1958-1968 | Heizkessel | unbekannt | 5.118 | mittel | Einzelversorgung |
| Gültstein Ost | x | | 215 | Wohnen | 1949-1957 | Heizkessel | unbekannt | 5.324 | hoch | Einzelversorgung |
| Gültstein West | x | | 416 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | unbekannt | 9.503 | mittel | Einzelversorgung |
| Gültstein Nord Ost | x | | 70 | Wohnen | 1979-1983 | Erdgaskessel | unbekannt | 1.426 | hoch | Einzelversorgung |
| Oberjesingen Nord | x | | 229 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 2010-2014 | 5.426 | hoch | Einzelversorgung |
| Oberjesingen Süd | x | | 415 | Wohnen | 1969-1978 | Heizkessel | 1995-1999 | 9.326 | hoch | Einzelversorgung |
| Kuppingen Süd | x | | 487 | Wohnen | 2010-2019 | Erdgaskessel | 2005-2009 | 12.462 | hoch | Wärmenetz |
| Herrenberg Ost II | x | | 448 | Wohnen | 1969-1978 | Erdgaskessel | 1990-1994 | 18.589 | hoch | Wärmenetz |
| Herrenberg Ost I | x | | 394 | Wohnen | 1979-1983 | Erdgaskessel | 2000-2004 | 13.628 | hoch | Wärmenetz |
| Herrenberg Süd I | x | x | 155 | Wohnen | 1958-1968 | Erdgaskessel | 2010-2014 | 22.403 | mittel | Wärmenetz |
| Herrenberg Nord Ost | x | | 117 | Wohnen | 1958-1968 | Erdgaskessel | 1985-1989 | 4.154 | hoch | Einzelversorgung |
| Herrenberg Industrie Nord Ost | x | | 126 | Wohnen | 1958-1968 | Erdgaskessel | 2015-2019 | 14.582 | niedrig | Einzelversorgung |
| Innenstadt Herrenberg | x | | 294 | GHD, Sonstige | bis 1918 | Erdgaskessel | 2015-2019 | 13.133 | mittel | Wärmenetz |
| Herrenberg Süd II | x | | 389 | Wohnen | 1919-1948 | Erdgaskessel | unbekannt | 15.793 | mittel | Wärmenetz |
| Herrenberg Süd West I | x | | 171 | Wohnen | 2002-2009 | Erdgaskessel | unbekannt | 9.467 | mittel | Wärmenetz |
| Herrenberg Süd West II | x | | 322 | Wohnen | 1949-1957 | Erdgaskessel | unbekannt | 6.020 | hoch | Einzelversorgung |
| Aischbach | x | | 29 | Wohnen | bis 1918 | Erdgaskessel | 2000-2004 | 1.203 | mittel | Wärmenetz |

5.4 Klimaneutrales Zielszenario 2040

5.4.1 Wirkungspfade zur Klimaneutralität

Zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Herrenberg sind zwei grundlegende Wirkungspfade zu berücksichtigen (vgl. Abbildung 34):

1) Nachfrageseite

Der Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung wird nachfrageseitig durch den energetischen Zustand der Gebäude bestimmt. Hier können Maßnahmen zur energetischen Sanierung an der Gebäudehülle (Austausch Fenster sowie Dämmung von Dach, Geschossdecken und Außenfassaden) zur Minderung des Wärme- und Kältebedarfs und dadurch zur Reduktion des Endenergieverbrauchs beitragen.¹

2) Erzeugungsseite

Bei der Bereitstellung der nachgefragten Wärme kann zum einen durch den technischen Fortschritt und daraus resultierend höheren Effizienzen bei den eingesetzten Wärmeerzeugern Endenergie eingespart werden. Zum anderen können durch einen Heizungstausch und damit einhergehenden Energieträgerwechsel die CO₂-Emissionen effektiv reduziert werden.

Um das Zusammenspiel dieser Wirkungspfade mit ihren diversen Einflussgrößen und unterschiedlichen Interventionszeitpunkten gesamthaft betrachten zu können, wurde ein Simulationsmodell zur Berechnung aussagekräftiger Szenarien entwickelt. Es ist dazu geeignet, die Kommunen in der Diskussion zum klimaneutralen Zielszenario durch die Berechnung verschiedener Varianten zu unterstützen.

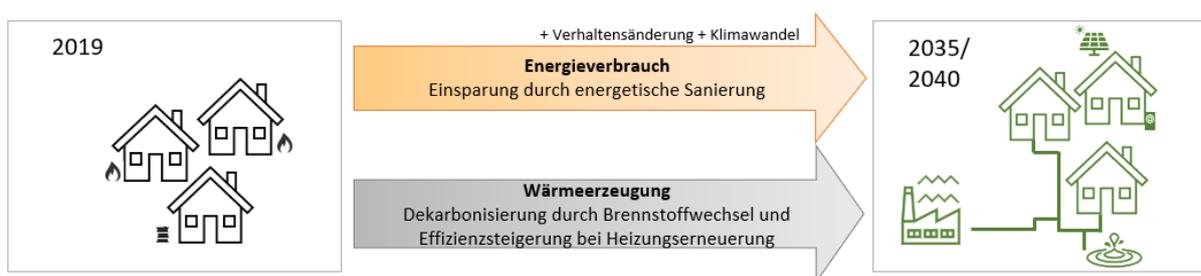


Abbildung 34: Einflusspfade zum klimaneutralen Zielszenario

¹ Zusätzlich können Prozessoptimierungen in der Industrie, Verhaltensänderungen bei den Menschen (z.B. Absenken der Raumtemperaturen) oder auch sich ändernde Witterungsbedingungen durch den fortschreitenden Klimawandel den Energieverbrauch im Wärmesektor beeinflussen. Diese Faktoren sind jedoch schwer zu quantifizieren und werden daher in der folgenden Betrachtung nicht berücksichtigt.

5.4.2 Einflussparameter und Zielgröße Klimaneutralität

Auf dem Weg zur Klimaneutralität im Wärmesektor sind verschiedene Einflussgrößen in ihrem zeitlichen Verlauf bis 2040 zu berücksichtigen. Neben dem Bestand an Gebäuden und Heizungssystemen sind dies insbesondere:

- Sanierungs- und Wärmebedarfsreduktionsraten in den Sektoren
- (zulässige) Betriebsdauern der Bestandsheizungen
- Verfügbare Endenergieträger und deren Preise bis 2040
- Verfügbare Technologien zur Wärmeerzeugung und deren Kosten
- Politische Rahmenbedingungen wie Verbote, Förderungen, Grenzwerte oder CO₂-Abgaben
- Zubau an beheizten Flächen bis 2040
- Hauptentscheidungskriterium bei Heizungswechsel

Diese Parameter bzw. deren Werte(bereiche) wurden zur Erarbeitung des klimaneutralen Zielszenarios mit den Akteuren der Stadt Herrenberg diskutiert und festgelegt. Dabei wurden für die nachfolgende Variantenrechnung die in Tabelle 19 aufgeführten Festlegungen getroffen.

Der Begriff „**Klimaneutralität**“ war zunächst nicht eindeutig definiert und wurde im Kontext der Kommunalen Wärmeplanung mit den Akteuren erörtert und wie folgt festgelegt:

Bis zum Jahr 2040 sind in Herrenberg keine fossil befeuerten Einzelheizungen oder Wärmeerzeuger in Wärmenetzen mehr in Betrieb.

Dabei ist klar, dass die CO₂-Emissionsbilanz auch für das Jahr 2040 den Wert Null nicht erreichen kann, da z.B. der Netzstrom sowie regenerative Energieträger wie Holz auch im Jahr 2040 Emissionen aufweisen werden (siehe Anhang 1). Eine bilanzielle Verrechnung dieser Restemissionen mit vor Ort eingesparten Emissionen durch die Stromerzeugung mit erneuerbaren Quellen wurde nicht vorgenommen.

Tabelle 19: Eingabeparameter zur Szenarioanalyse

| Eingabeparameter Zielszenario | Wertebereich / Festlegung |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Sanierungsrate / Reduktionsraten | |
| Wohnen | 1,1 – 2 %/a |
| Kommunale Liegenschaften | 1 – 2 %/a |
| Gewerbe und Industrie | 0 – 1 %/a |
| Zubau Wohn- und Nutzflächen | |
| Wohnen | 262.100 m ² |
| Kommunale Liegenschaften | 0 m ² |
| Gewerbe | 0 m ² |
| Heizungstausch | |
| Betriebsdauer Bestandsheizungen | Gas: 25 a, Heizöl: 20 a, Nachtspeicher: 30 a, Biomasse: 15 a, Wärmepumpe: 18 a |
| Zulässige Folgeheizungen | Erfüllung EWärmeG / Vorgabe 65 % erneuerbare Energien ab 2024 |
| Entscheidungskriterium Folgeheizung | Wirtschaftlichkeit ² |
| Entwicklung leitungsgebundene Infrastruktur bis 2040 | |
| Festlegungen Wärmenetze | |
| Eignungsgebiete | Grenzwerte Wärmebedarfsdichte KEA BW [2] |
| Anschlussquote | 50 % |
| Festlegungen Gasnetz | |
| Anteil grüne Gase (Biomethan, synth. Methan, Wasserstoff) im Gasnetz | 2030: 10 % 2040: 100 % |

² Entscheidungskriterium Wirtschaftlichkeit: Nach Ablauf der vorgegebene Betriebsdauer wird unter den verfügbaren bzw. zulässigen neuen Heizungen diejenige mit den objektspezifisch niedrigsten Wärmegestehungskosten auf Basis einer Vollkostenrechnung ausgewählt.

5.4.3 Szenariomodell

Das entwickelte Szenariomodell verfolgt einen Bottom-Up-Ansatz, dessen Basis eine Gebäudedatenbank mit sämtlichen wärmerlevanten Gebäuden der Stadt Herrenberg im Basisjahr 2019 bildet. Unter Berücksichtigung zukünftig verfügbarer Wärmeerzeugungstechnologien, hinterlegt in einer Technologiedatenbank, können auf Basis wirtschaftlicher, technischer und politischer Eingabewerte mögliche zukünftige Entwicklungen des Wärmesektors simuliert werden. Die Modellergebnisse wurden zunächst kumuliert für das ganze Stadtgebiet ermittelt. In einem nachgelagerten Schritt wurden Teilbilanzen für die festgelegten Eignungsgebiete ausgewiesen (siehe Kapitel 5.3). Die abgebildeten Eingabewerte wurden im vorangegangenen Kapitel erörtert.

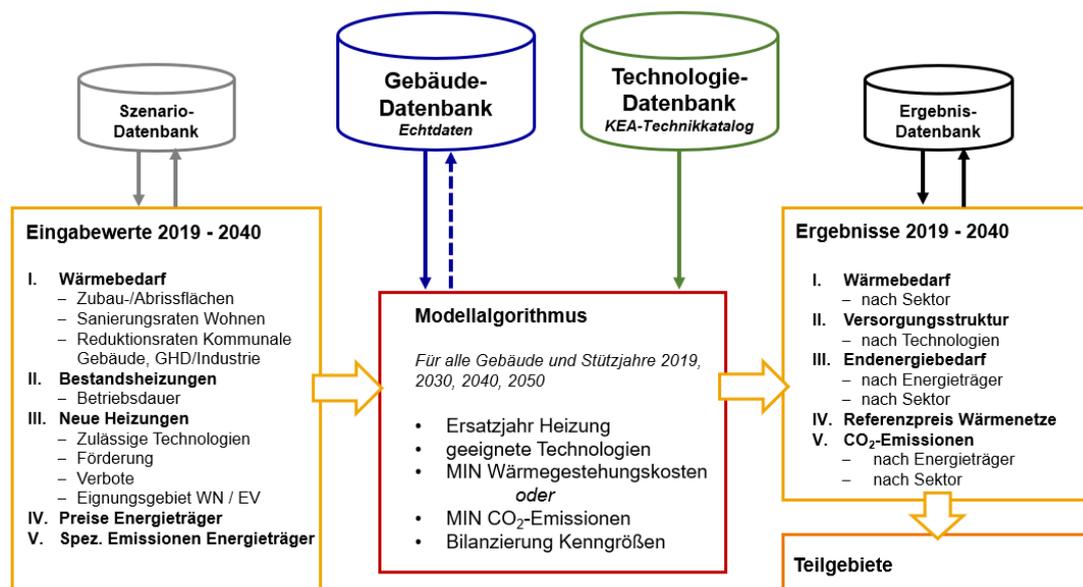


Abbildung 35: Modellstruktur

5.4.4 Szenarioanalyse und Zielszenario

Um ein besseres Verständnis für das abgebildete Energiesystem zu entwickeln und verschiedene Parametrierungen für das klimaneutrale Zielszenario hinsichtlich ihrer Wirkung vergleichen zu können, wurden für Herrenberg drei mögliche Zukunftsszenarien festgelegt und simuliert:

1) Business as usual (BAU)

- fortgesetzt niedrige Sanierungs- und Bedarfsreduktionsraten
- fossile Heizungen weiterhin zulässig, Verbot Ölkessel ab 2026
- hohe Betriebsdauern der Bestandsheizungen
- kein Ausbau der Wärmenetze
- klimaneutralen Gase nicht verfügbar

2) Klimaneutralität I (KLIM I)

- Hohe Sanierungs- und Bedarfsreduktionsraten
- Verbot fossiler Heizungen ab 2024
- begrenzte Betriebsdauern der Bestandsheizungen
- Ausbau klimaneutraler Wärmenetze in den Eignungsgebieten
- klimaneutrale Gase verfügbar

3) Klimaneutralität II (KLIM II)

- Hohe Sanierungs- und Reduktionsraten
- Verbot fossiler Heizungen ab 2024
- begrenzte Betriebsdauern der Bestandsheizungen
- Ausbau klimaneutraler Wärmenetze in den Eignungsgebieten
- klimaneutrale Gase nicht verfügbar

Tabelle 20 fasst die Rahmenannahmen dieser drei Szenarien zusammen.

Tabelle 20: Definition der Szenarien

| | Einheit | BAU | KLIM I | KLIM II |
|----------------------------------------|---------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Sanierungsrate Wohnen | %/a | 1,1 | 2 | |
| Reduktionsrate Kommunale Gebäude | %/a | 1 | 2 | |
| Reduktionsrate Gewerbe und Industrie | %/a | 0 | 1 | |
| Förderungen | - | gemäß BEW / BEG / BAFA | | |
| Betriebsdauer fossiler Bestandsanlagen | A | 25 - 30 | Gas: 25, Heizöl: 20, Nachtspeicher: 30, Biomasse: 15, Wärmepumpe: 18 | |
| Verbot fossiler Heizungen | - | Öl: 2026 | 2024 | |
| Entscheidungskriterium | - | Wirtschaftlichkeit | | |
| Eignungsgebiete Wärmenetze | - | kein Ausbau | gemäß KEA-Eignung | |
| Anschlussquote Wärmenetze | % | - | 50 | |
| Verfügbarkeit grüne Gase | | nicht verfügbar | ab 2030 | nicht verfügbar |
| CO ₂ -Emissionen Wärmenetze | kg/kWh | 2019: 0,233 | 2030: 0,094 | 2040: 0,022 |

Im **BAU**-Szenario ergibt sich unter obigen Annahmen die in Abbildung 36 dargestellte Entwicklung der Heizungssysteme in Herrenberg bis zum Jahr 2040.

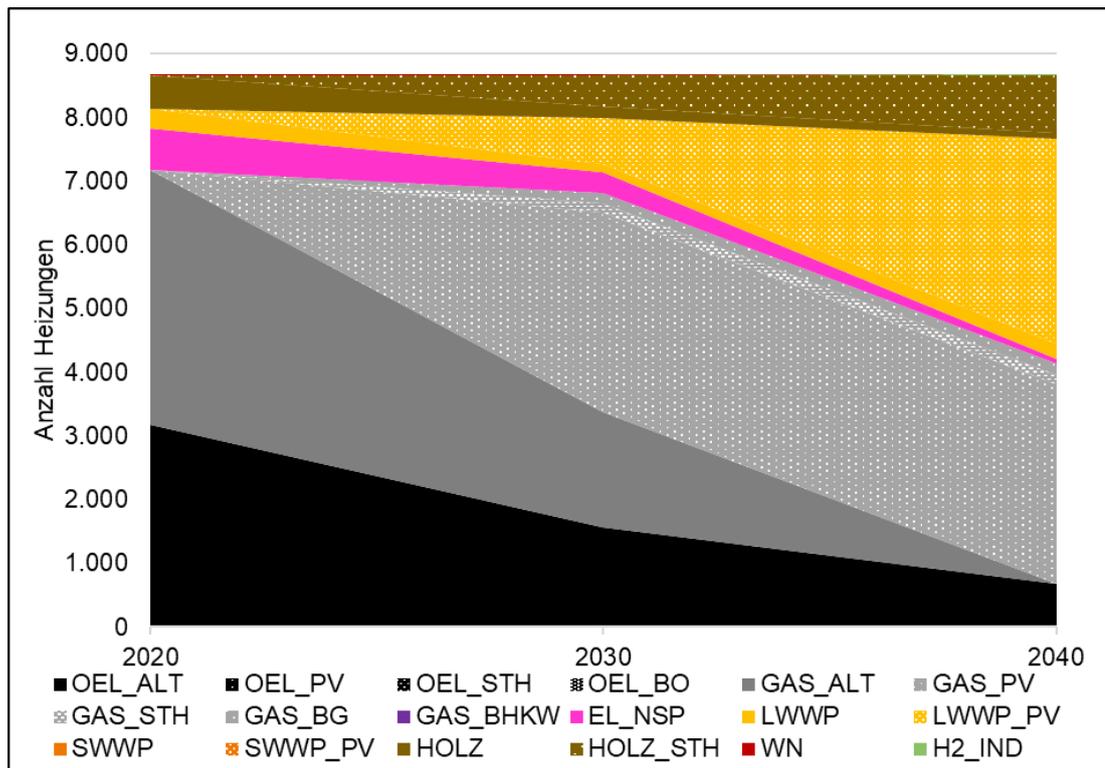


Abbildung 36: Transformation der Heizungssysteme in Herrenberg im BAU-Szenario

Es ist ersichtlich, dass die Klimaneutralität bei Fortsetzung der bisherigen Situation im Wärmesektor im Jahr 2040 deutlich verfehlt wird; fossile Einzelheizungen machen mehr als 50 % der Wärmeerzeuger in Herrenberg aus. Zwar werden ab 2030 zunehmend gas- und ölbefeuerte Anlagen durch Luft-Wasser-Wärmepumpen mit PV-Unterstützung und Pelletkessel mit Solarkollektoren abgelöst, die Transformation hin zu einem CO₂-freien System dauert jedoch ohne weitere Intervention bis über das Jahr 2040 hinaus an. Haupttreiber sind dabei steigende Wärmegestehungskosten bei Gas- und Ölheizungen durch die CO₂-Abgabe sowie sinkende Gestehungskosten bei Wärmepumpen durch geringere Investitionen bei gleichzeitig steigender Jahresarbeitszahl.

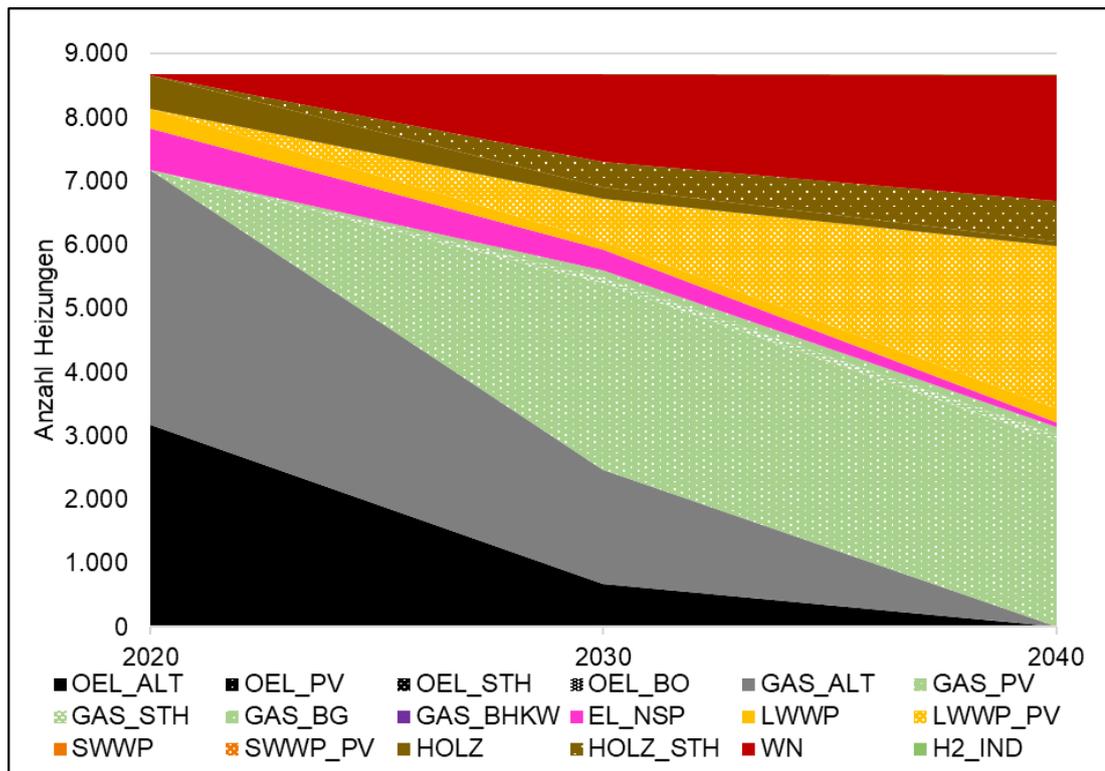


Abbildung 37: Transformation der Heizungssysteme in Herrenberg im KLIM I-Szenario³

Geht man, wie im **KLIM I**-Szenario, von einem flächendeckenden Ausbau der Wärmenetze in Herrenberg, dem Verbot fossiler Heizungen sowie einer Begrenzung der Betriebsdauern bei den Bestandsheizungen aus, ergibt sich der in Abbildung 37 gezeigte Transformationspfad der Heizungssysteme. Hierbei wird die Klimaneutralität unter der Prämisse, dass das Gasnetz und die Wärmenetze dekarbonisiert sind, bis zum Jahr 2040 erreicht. Neben einem Wärmenetzanteil von ca. 23 % an den vorhandenen Heizungssystemen wird die klimaneutrale Wärme im Jahr 2040 durch Luft-Wasser-Wärmepumpen (32 %), Technologien zur Verbrennung grüner Gase (36 %), sowie Pelletkessel mit Solarthermie (8 %) erzeugt. Ein Restbestand an Nachtspeicherheizungen (< 1 %) ist vernachlässigbar.

³ Die verwendeten Abkürzungen werden im Abkürzungsverzeichnis erläutert.

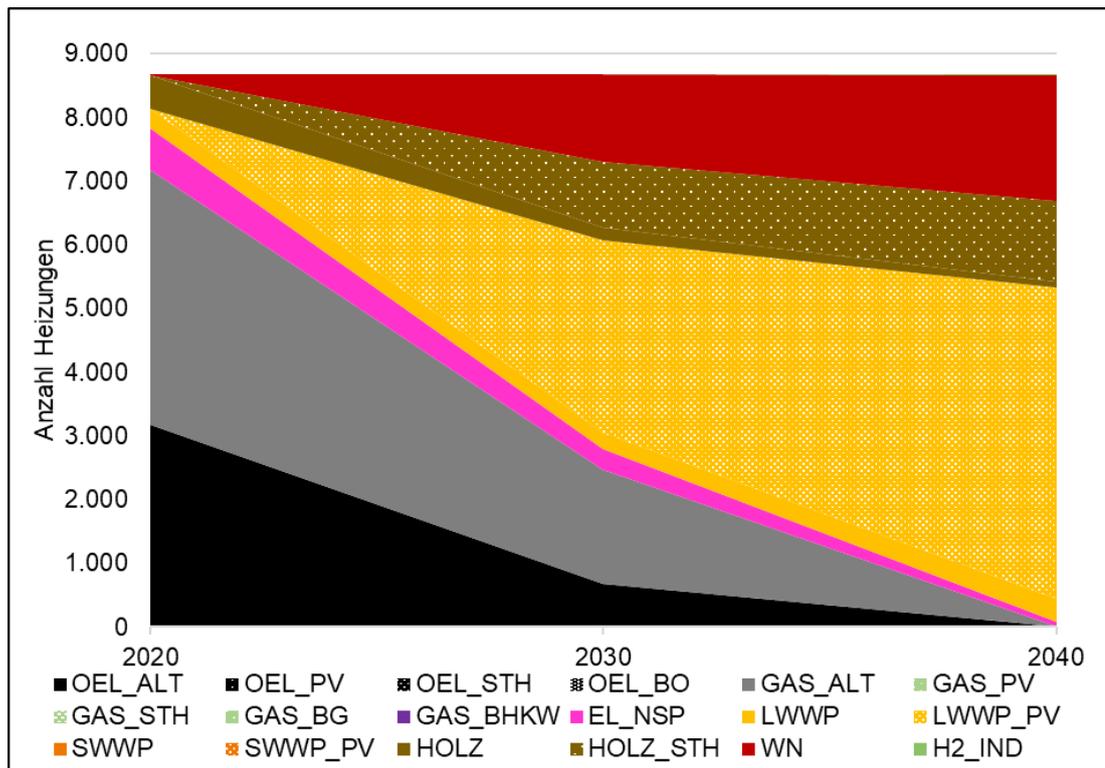


Abbildung 38: Transformation der Heizungssysteme in Herrenberg im KLIM II-Szenario

Im dritten betrachteten Szenario, **KLIM II**, wird die Klimaneutralität wie im KLIM I-Szenario im Jahr 2040 erreicht (siehe Abbildung 38). Da in diesem Szenario grundsätzlich diejenige Technologie mit den geringsten spezifischen CO₂-Emissionen beim Heizungsersatz gewählt wird, kommen im Vergleich zum KLIM I-Szenario mehr Wärmepumpen und Pelletkessel⁴ zum Einsatz; diese machen rund 60 % bzw. 16 % der installierten Heizungen im Jahr 2040 aus.

Tabelle 21: Anteile Heizungen im Zieljahr in den Szenarien KLIM I und KLIM II

| Anteil an Heizungssystemen | KLIM I | KLIM II |
|-------------------------------|--------|---------|
| Wärmenetz | 23 % | 23 % |
| Luft-Wasser-Wärmepumpe | 32 % | 60 % |
| Grüne Gase | 36 % | < 1 % |
| Pelletkessel mit Solarthermie | 8 % | 16 % |
| Nachtspeicherheizungen | 1 % | 1 % |

⁴ Der Einbau eines neuen Pelletkessels ist im verwendeten Modell nur zulässig, wenn die Bestandsheizung ebenfalls ein Biomasse- oder Ölkessel war. Es wird davon ausgegangen, dass nur in solchen Gebäuden ausreichend Speicherraum für den Pellettank vorhanden ist. Des Weiteren wird angenommen, dass ein Pelletkessel immer mit einer Solarthermieanlage kombiniert wird, sofern eine ausreichend dimensionierte Dachfläche vorhanden ist.

Neben der Analyse der zukünftigen Beheizungsstruktur wurden die Szenarien auch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Endenergiebedarf (Abbildung 39) sowie die Entwicklung der CO₂-Emissionen (Abbildung 40) gegenübergestellt. Es ist ersichtlich, dass im BAU-Szenario bis zum Jahr 2040 deutlich mehr Endenergie im Wärmesektor eingesetzt werden muss, und dass diese für deutlich höhere CO₂-Emissionen verantwortlich ist. Die Kurve des Endenergiebedarfs verläuft im KLIM II-Szenario deutlich niedriger als im KLIM I-Szenario, was insbesondere auf die technologiespezifisch hohe Jahresarbeitszahl bei den Wärmepumpen (> 3) im Vergleich zum Jahresnutzungsgrad von ca. 1 bei den mit klimaneutralen Gasen befeuerten Heizungen zurückzuführen ist. Die eingesetzte Umweltwärme (Umgebungsluft) ist in dieser Darstellung nicht bilanziert. Insgesamt beträgt die Reduktion des Endenergiebedarfs im BAU-Szenario rund 33 %, im KLIM I-Szenario rund 55 % und im KLIM II-Szenario rund 71 %.

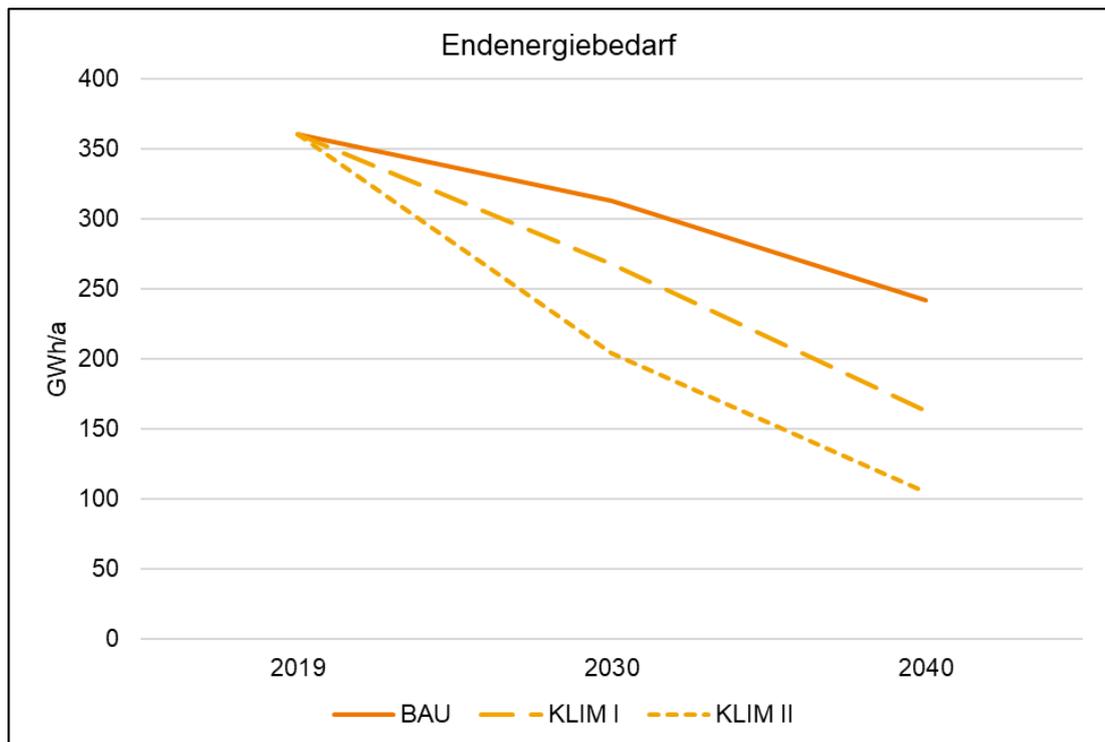


Abbildung 39: Entwicklung des Endenergiebedarfs in den berechneten Szenarien

Neben der Analyse der zukünftigen Beheizungsstruktur wurden die Szenarien auch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Endenergiebedarf (Abbildung 39) sowie die Entwicklung der CO₂-Emissionen (Abbildung 40) gegenübergestellt. Es ist ersichtlich, dass im BAU-Szenario bis zum Jahr 2040 deutlich mehr Endenergie im Wärmesektor eingesetzt werden muss, und dass diese für deutlich höhere CO₂-Emissionen verantwortlich ist. Die Kurve des Endenergiebedarfs verläuft im KLIM II-Szenario deutlich niedriger als im KLIM I-Szenario, was insbesondere auf die technologiespezifisch hohe Jahresarbeitszahl bei den Wärmepumpen (> 3) im Vergleich zum Jahresnutzungsgrad von ca. 1 bei den mit klimaneutralen Gasen befeuerten Heizungen zurückzuführen ist. Die eingesetzte Umweltwärme (Umgebungsluft) ist in dieser

Darstellung nicht bilanziert. Insgesamt beträgt die Reduktion des Endenergiebedarfs im BAU-Szenario rund 33 %, im KLIM I-Szenario rund 55 % und im KLIM II-Szenario rund 71 %.

Die Kurven der CO₂-Emissionen bis 2040 weisen eine geringere Abweichung der beiden KLIM-Szenarien auf. Im KLIM I-Szenario wird eine Emissionsreduktion von ca. 89 % bis 2040 erreicht; im KLIM II-Szenario beträgt die Reduktion des jährlichen CO₂-Ausstoßes rund 95 % bis zum Zieljahr.

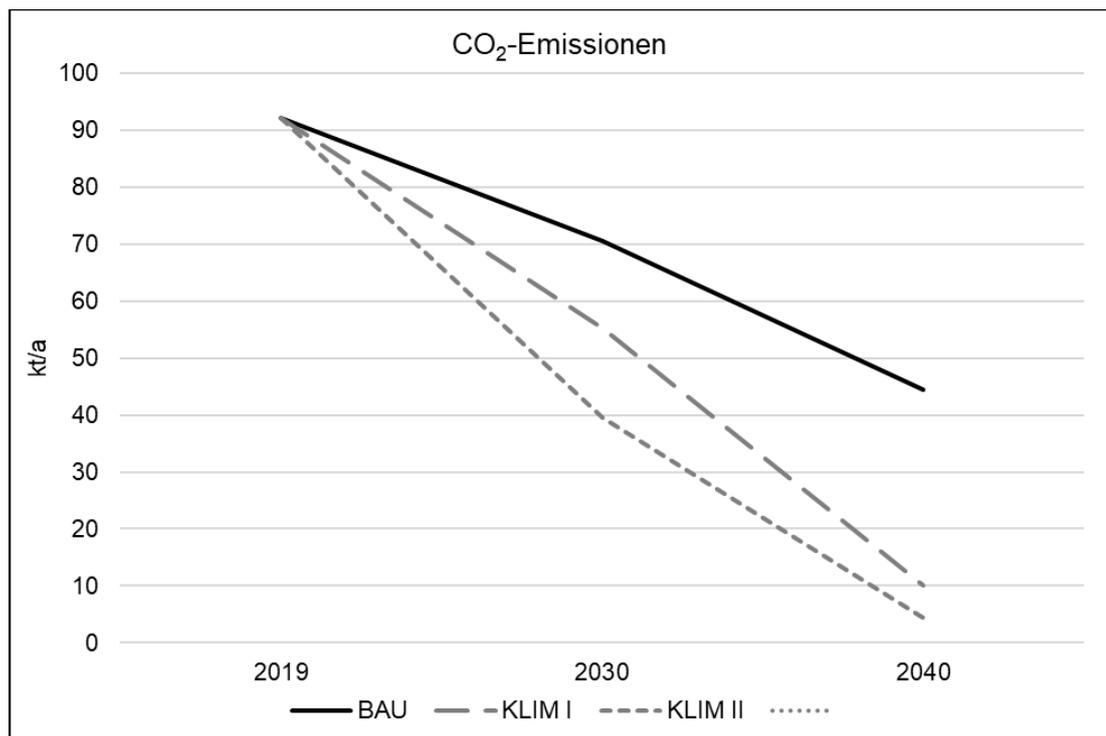


Abbildung 40: Entwicklung der CO₂-Emissionen in den berechneten Szenarien

Die drei erarbeiteten Szenarien wurden hinsichtlich ihrer Prämissen und Ergebnisse mit den Ansprechpersonen der Stadt und Stadtwerke Herrenberg diskutiert und bezüglich ihrer Relevanz für das klimaneutrale Zielszenario bewertet. Dabei wurden folgende grundlegenden Rahmenannahmen festgelegt:

- Das Entscheidungskriterium „Wirtschaftlichkeit“ beim Heizungsersatz entspricht mehrheitlich den Handlungsansätzen der Akteure im Wärmesektor.
- Ein flächendeckender Ausbau der Wärmenetze in den Eignungsgebieten ist darstellbar und wird von den Stadtwerken angestrebt.
- Eine ausreichende Verfügbarkeit von klimaneutralen Gasen ist nach derzeitigem Informationsstand für Herrenberg zu erwarten.

Auf Basis dieser Eckpunkte wurde für Herrenberg das Szenario **KLIM I als Zielszenario 2040** festgelegt.

5.4.5 Energie- und Treibhausgasbilanzen

Aus dem festgelegten Zielszenario ergibt sich für das Stadtgebiet Herrenberg für die Zieljahre 2030 und 2040 folgende Beheizungsstruktur:

Tabelle 22: Beheizungsstruktur 2030 nach Sektoren und Energieträgern

| Anteil Heizungen 2030 in % | Heizöl | Erdgas/ grünes Gas | Wärmenetz | Ergänzend: Solarthermie ⁵ | Biomasse | Wärmepumpe | Direktstrom |
|----------------------------|--------|--------------------|-----------|--------------------------------------|----------|------------|-------------|
| Private Haushalte | 8 | 56 | 16 | 6 | 7 | 9 | 4 |
| GHD & Sonstige | 7 | 66 | 13 | 3 | 4 | 8 | 1 |
| Kommunale Gebäude | 9 | 46 | 34 | 2 | 4 | 7 | 0 |
| Verarbeitendes Gewerbe | 9 | 55 | 18 | 0 | 0 | 18 | 0 |

Tabelle 23: Beheizungsstruktur 2040 nach Sektoren und Energieträgern

| Anteil Heizungen 2040 in % | Heizöl | Grünes Gas | Wärmenetz | Ergänzend: Solarthermie ⁷ | Biomasse | Wärmepumpe | Direktstrom |
|----------------------------|--------|------------|-----------|--------------------------------------|----------|------------|-------------|
| Private Haushalte | 0 | 42 | 22 | 9 | 9 | 26 | 1 |
| GHD & Sonstige | 0 | 45 | 22 | 3 | 5 | 27 | 1 |
| Kommunale Gebäude | 0 | 28 | 52 | 2 | 2 | 18 | 0 |
| Verarbeitendes Gewerbe | 0 | 55 | 18 | 0 | 0 | 27 | 0 |

Unter der Annahme, dass kommunale Gebäude als Ankerkunden in den Wärmenetz-eignungsgebieten grundsätzlich beim Heizungstausch an ein Wärmenetz angeschlossen werden, ergibt sich in diesem Sektor ein Anschlussgrad von 52 % aller Gebäude bis zum Jahr 2040. Bei den privaten Haushalten wird ein Anschlussgrad von 22 % erreicht, im Sektor GHD & Sonstige und im verarbeitenden Gewerbe liegen die Anteile bei 22 % bzw. 18 %. Neben den Wärmenetzen kommen vor allem klimaneutrale Gase und Wärmepumpen im zukünftigen Heizungssystem zum Einsatz. Die sektorspezifischen Anteile betragen bei Ersteren zwischen 28 und 55 % und bei Letzteren zwischen 18 und 27 % der Wärmeerzeuger.

⁵ Wärmeerzeugung aus Solarthermie nur in Kombination mit Erdgas- oder Pelletkesseln; nicht in der Summe aller Heizungen berücksichtigt.

Die folgende Abbildung 41 illustriert die Zusammensetzung des Wärmebedarfs in Herrenberg nach Sektoren und Endenergieträgern im Basisjahr 2019. In allen vier Sektoren dominiert Erdgas als Energieträger, wobei die sektorspezifischen Anteile zwischen 48 % (private Haushalte) und 100 % (verarbeitendes Gewerbe) liegen. Heizöl stellt mit 39 % bei den privaten Haushalten, 19 % bei den kommunalen Gebäuden und 10 % im Sektor GHD & Sonstige den zweithäufigsten Endenergieträger dar.

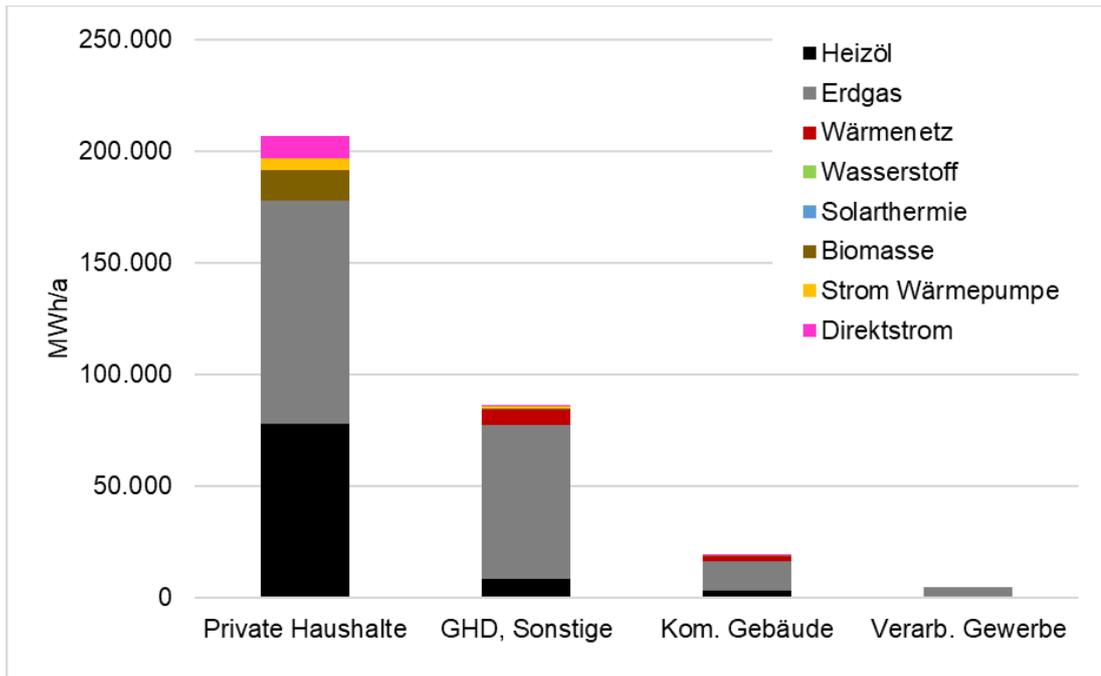


Abbildung 41: Wärmebedarf im Basisjahr 2019 nach Sektoren und Energieträgern

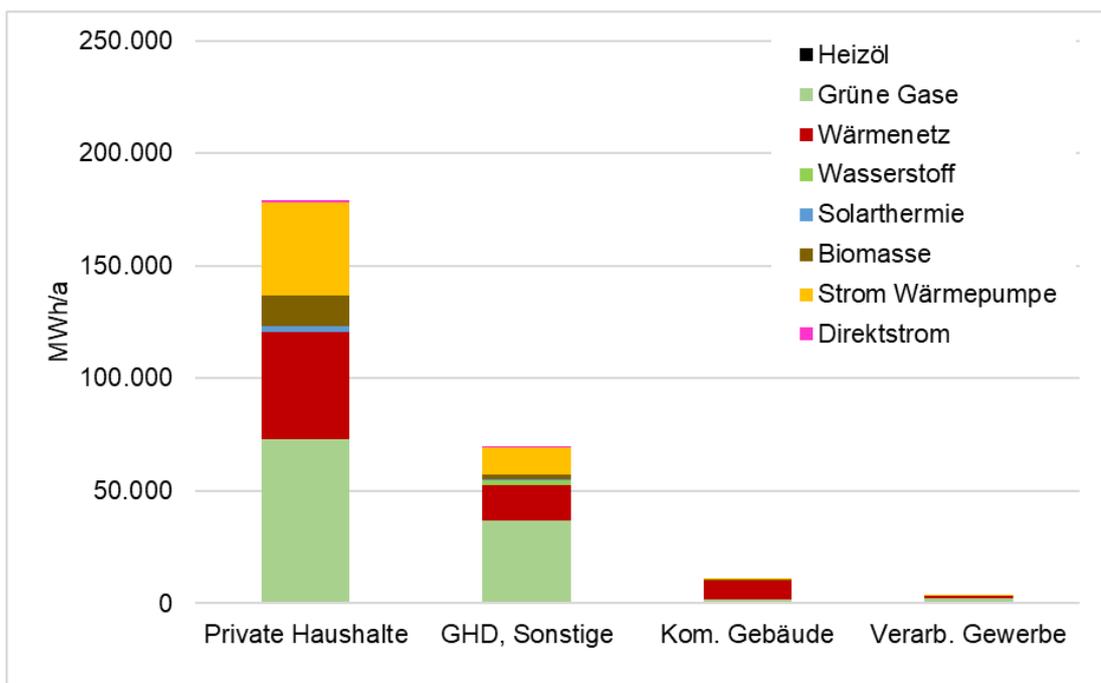


Abbildung 42: Wärmebedarf im Jahr 2040 nach Sektoren und Energieträgern

Nach der Transformation des Wärmesektors in Herrenberg stellt sich die Wärmebereitstellung im Jahr 2040 wie in Abbildung 42 ersichtlich dar. Als häufigster Endenergieträger kommen im Zieljahr grüne Gase zum Einsatz. Der sektorspezifische Anteil beträgt zwischen 9 % bei den kommunalen Gebäuden und 55 % beim verarbeitenden Gewerbe. Strom für Wärmepumpen (13 % kommunale Gebäude bis 30 % private Haushalte) und klimaneutrale Wärmenetze (22 % GHD & Sonstige bis 76 % kommunale Gebäude) stellen im Zieljahr einen ähnlich hohen Gesamtanteil am Endenergiebedarf. Die detaillierte Entwicklung des Endenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Herrenberg in den Jahre 2019, 2030 und 2040 ist Tabelle 24 zu entnehmen.

Tabelle 24: Endenergiebilanz in MWh/a für die Jahre 2019, 2030 und 2040 nach Sektoren

| | Wärmenetze | Heizöl, fossil | Erdgas, fossil | Wasserstoff, inkl. Beimischung zu Erdgas | Synt. Brennstoffe (Synth. Methan im Erdgasnetz) | Solarthermie | Biomasse | Luft-Wärmepumpe (inkl. WP-Strom) | Erdwärmepumpe (inkl. WP-Strom) | Gewässer-Wärmepumpe (inkl. WP-Strom) | Direktstrom | Feste fossile Brennstoffe | GESAMT |
|-------------------|---------------|----------------|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|---------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------|
| 2019 | | | | | | | | | | | | | |
| Private Haushalte | 0 | 97.800 | 110.800 | 0 | 0 | 1.900 | 16.900 | 5.400 | 0 | 0 | 10.300 | 0 | 243.100 |
| GHD, Sonstige | 7.000 | 10.800 | 76.400 | 0 | 0 | 0 | 800 | 600 | 0 | 0 | 500 | 0 | 96.100 |
| Kom. Gebäude | 2.000 | 4.400 | 14.600 | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21.400 |
| Verarb. Gewerbe | 0 | 0 | 5.600 | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.000 |
| GESAMT | 9.000 | 113.000 | 207.400 | 0 | 0 | 1.900 | 18.500 | 6.000 | 0 | 0 | 10.800 | 0 | 366.600 |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | |
| Private Haushalte | 35.400 | 18.600 | 104.500 | 5.800 | 5.800 | 1.900 | 15.500 | 16.000 | 0 | 0 | 4.600 | 0 | 208.100 |
| GHD, Sonstige | 14.500 | 3.200 | 53.500 | 3.000 | 3.000 | 0 | 1.200 | 3.700 | 0 | 0 | 200 | 0 | 82.300 |
| Kom. Gebäude | 5.600 | 800 | 8.200 | 500 | 500 | 0 | 300 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.300 |
| Verarb. Gewerbe | 1.100 | 0 | 2.500 | 100 | 100 | 0 | 0 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.600 |
| GESAMT | 56.600 | 22.600 | 168.700 | 9.400 | 9.400 | 1.900 | 17.000 | 20.900 | 0 | 0 | 4.800 | 0 | 311.300 |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | |
| Private Haushalte | 47.300 | 300 | 0 | 57.900 | 6.400 | 2.600 | 16.500 | 52.700 | 0 | 0 | 1.100 | 0 | 184.800 |
| GHD, Sonstige | 15.300 | 0 | 0 | 30.500 | 3.200 | 400 | 2.200 | 19.000 | 0 | 0 | 100 | 0 | 70.700 |
| Kom. Gebäude | 8.700 | 0 | 0 | 1.000 | 100 | 0 | 100 | 1.500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.400 |
| Verarb. Gewerbe | 1.000 | 0 | 0 | 2.100 | 200 | 0 | 0 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.100 |
| GESAMT | 72.300 | 300 | 0 | 91.500 | 9.900 | 3.000 | 18.800 | 74.000 | 0 | 0 | 1.200 | 0 | 271.000 |

Im Jahr 2019 wurden das Herrenberger Wärmenetz ausschließlich durch Erdgas, in drei Blockheizkraftwerken, als Endenergieträger in den Erzeugungsanlagen gespeist.

Unter Berücksichtigung der lokal verfügbaren erneuerbaren Ressourcen wurde ein möglicher Erzeugungsmix für die Transformation des Bestandnetzes sowie die Wärmeerzeugung in neuen Wärmenetzen abgeschätzt. Dabei orientiert sich die Kombination der möglichen Energieträger an der Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze (BEW) [27], sowie den aus Praxisbeispielen abgeleiteten realisierbaren Anteilen der verschiedenen Wärmeerzeuger (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: Annahmen zu Anteilen regenerativer Energieträger in klimaneutralen Wärmenetzen

| | Anteil Wärmeerzeugung in % |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Industrielle Abwärme | 5 |
| Abwärme aus Abwasserkanälen | 15 |
| Große Solarthermie | 15 |
| Oberflächennahe Geothermie | 20 |
| Tiefe Geothermie | 30 |
| Feste Biomasse | Begrenzt durch lokale Verfügbarkeit |
| Großwärmepumpe (Luft) | nach Einbindung aller sonstigen Quellen verbleibender Anteil |
| Grüne Kraft-Wärme-Kopplung | 15 |
| Grüner Spitzenlastkessel (synthetisches Methan oder Wasserstoff) | 10 |

Nach Abgleich mit den in den festgelegten Teilgebieten vorhandenen Potenzialen ergibt sich für die zukünftigen Wärmenetze in Herrenberg der in Abbildung 43 dargestellte Energiemix zur Wärmebereitstellung. Nach Ausschöpfen der regenerativen Quellen aus Abwärme und Solarthermie könnten 30 % durch Biomasse-/Biogasanlagen, 27 % durch große Luft-Wärmepumpen und 25 % der Wärme durch grüne Gase bereitgestellt werden.

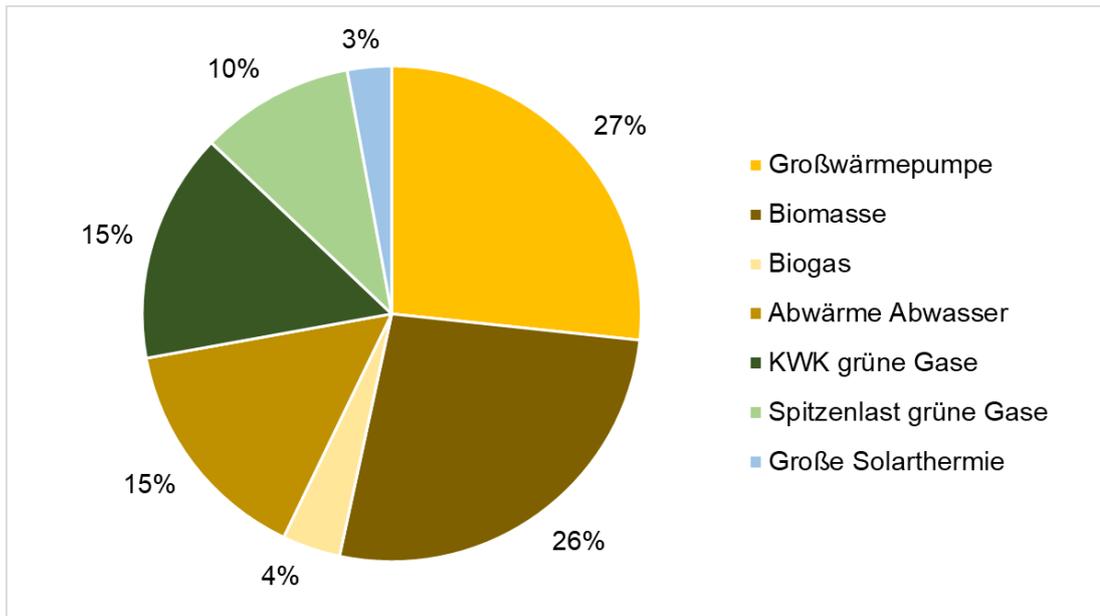


Abbildung 43: Wärmebereitstellung nach Energieträger in den Wärmenetzen im Zieljahr 2040

Der resultierenden Endenergiebedarf ergibt sich unter der Annahme typischer technologiespezifischer Nutzungsgrade, die in Tabelle 26 aufgeführt sind.

Tabelle 26: Technologiespezifische Nutzungsgrade und Endenergiebedarf in Wärmenetzen 2040 [10]

| Endenergieträger | Nutzungsgrad | Endenergiebedarf 2040 in MWh/a |
|------------------------------|--------------|--------------------------------|
| Strom Wärmepumpe Abwasser | 3,40 | 3.500 |
| Strom Luft-Wasser-Wärmepumpe | 4,10 | 5.200 |
| Grüne Kraft-Wärme-Kopplung | 0,90 | 13.200 |
| Spitzenlast grüne Gase | 0,94 | 8.500 |
| Biomasse | 1,02 | 20.800 |
| Biogas | 0,90 | 3.300 |
| Solarthermie | 1,00 | 2.300 |
| Gesamt | | 56.800 |

Unter Berücksichtigung dieses Erzeugungsmix sowie der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren lassen sich die Treibhausgasemissionen der Herrenberger Wärmenetze im Zeitverlauf ableiten. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass der Emissionswert des Basisjahrs von 0,233 kg/kWh bis zum Jahr 2030 auf einen Wert von 0,094 kg/kWh und bis zum Jahr 2040 auf 0,022 kg/kWh sinkt.

Für das gesamte Stadtgebiet Herrenberg, unter Einbeziehung sämtlicher Gebäude und der ermittelten Beheizungsstruktur, ergeben sich schließlich die in Tabelle 27 aufgeführten jährliche CO₂-Emissionen bzw. Emissionsminderungen für die Jahre 2019, 2030 und 2040 in den vier Sektoren. Wie in Tabelle 27 ersichtlich, kann unter den angenommenen Rahmenbedingungen in allen Sektoren eine Minderung von

ca. 89 % der ursprünglichen Emissionen erreicht werden, sodass die Gesamtemissionen des Wärmesektors im Jahr 2040 noch 9,7 Kilotonnen CO₂ betragen.

Tabelle 27: CO₂-Emissionen nach Sektor in den Jahre 2019, 2030, 2040

| in t/a | 2019 | 2030 | 2040 | Minderung 2019 – 2040 |
|------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------------------|
| Private Haushalte | 62.400 | 36.100 | 5.000 | -92% |
| GHD & Sonstige | 23.200 | 15.300 | 4.100 | -82% |
| Kommunale Gebäude | 5.300 | 2.700 | 290 | -95% |
| Verarbeitendes Gewerbe | 1.300 | 800 | 300 | -77% |
| GESAMT | 92.200 | 54.900 | 9.690 | -89% |

5.5 Darstellung der Versorgungsstruktur im Zielszenario

5.5.1 Wärmeversorgung in den Teilgebieten

In Kapitel 5.1 wurde eine erste Einteilung der Stadt Herrenberg in Teilgebiete vorgestellt und eine grundsätzliche Eignung für Wärmenetze bzw. Einzelversorgung ausgewiesen. Nach Festlegung der Rahmenbedingungen für das klimaneutrale Zielszenario kann nun die gebietsspezifische Entwicklung der Wärmeversorgung simuliert und dargestellt werden. Diese ist für sämtliche Gebiete den Teilgebietssteckbriefen in einem separaten Dokument zu entnehmen.

Unabhängig von der zugewiesenen Wärmenetzeignung können für die zukünftig verfügbaren Einzelversorgungstechnologien Wärmegestehungskosten für die Jahre 2030 und 2040 abgeschätzt werden: Für jedes Gebäude wird bei Heizungersatz unter den individuell verfügbaren Technologien diejenige mit den niedrigsten spezifischen Wärmegestehungskosten nach Vollkostenberechnung ausgewählt. Der Mittelwert der Wärmegestehungskosten aller Gebäude in einem Wärmenetzeignungsgebiet bestimmt den Referenzpreis der Einzelversorgung. Er kann als Anhaltspunkt für die Wettbewerbsfähigkeit eines geplanten Wärmenetzes dienen.

Zur Veranschaulichung sind in der nachfolgenden Tabelle 28 beispielhaft typische Wärmegestehungskosten (WGK) der Einzelversorgungsoptionen auf Basis des KEA-Technikkatalogs in einem Einfamilienhaus aus dem Gebäudebestand dargestellt. Dabei wird der im Zielszenario vorgesehene, zukünftig verfügbare Anteil klimaneutraler Gase im Gasnetz berücksichtigt.

Tabelle 28: Typische Wärmegebungskosten bei Neuinstallation verschiedener Einzelversorgungsoptionen in einem Einfamilienhaus

| Einzelversorgungsoption | WGK 2020 in ct/kWh inkl. MwSt. | WGK 2030 in ct/kWh inkl. MwSt. | WGK 2040 in ct/kWh inkl. MwSt. |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Gas-Brennwert mit Photovoltaik | 10 | 26 | 24 |
| Gas-Brennwert mit Solarthermie | 14 | 29 | 28 |
| Luft-Wasser-Wärmepumpe | 16 | 20 | 22 |
| Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Photovoltaik | 16 | 20 | 21 |
| Sole-Wasser-Wärmepumpe | 22 | 30 | 36 |
| Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Photovoltaik | 21 | 28 | 33 |
| Feste Biomasse | 12 | 14 | 16 |
| Feste Biomasse mit Solarthermie | 13 | 17 | 19 |

Dem Referenzpreis der Einzelversorgung können geschätzte Wärmegebungskosten für Wärmenetze gegenübergestellt werden. Dabei werden die lokal verfügbaren regenerativen Potenziale mittels typischer Deckungsanteile in effizienten Wärmenetzen in den möglichen zukünftigen Erzeugungsmix integriert und mit durchschnittlichen Wärmegebungskosten für je eine 1 MW-Anlage auf Basis eines Vollkostenansatzes nach [10] bewertet⁶.

Tabelle 29: Geschätzte Wärmeerzeugungskosten regenerativer Quellen in Wärmenetzen

| Wärmequelle | WGK 2030 in ct/kWh inkl. MwSt. | WGK 2040 in ct/kWh inkl. MwSt. |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Industrielle Abwärme | 12 | 12 |
| Abwärme Abwasser | 10 | 10 |
| Oberflächennahe Geothermie | 14 | 15 |
| Tiefe Geothermie | 5 | 5 |
| Solarthermie Freifläche | 7 | 7 |
| Biomasse Heizwerk | 8 | 9 |
| Großwärmepumpe Luft-Wasser | 11 | 11 |
| KWK Wasserstoff | 26 | 21 |
| KWK synth. Methan | 39 | 19 |
| Spitzenlast Wasserstoff | 24 | 20 |
| Spitzenlast synth. Methan | 37 | 18 |

⁶ Eine detaillierte Berechnung der tatsächlichen, lokalen Deckungsanteile muss unter Berücksichtigung von unterjährigen Lastprofilen auf Nachfrage- und Erzeugungsseite und tatsächlich nutzbaren Flächen in nachfolgenden Machbarkeitsstudien oder Energiekonzepten bestimmt werden und ist nicht Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung.

Da die zum Zeitpunkt der Wärmeplanerstellung geltenden Förderungen sowohl für Einzelheizungen als auch für Wärmenetze bzw. deren Komponenten in der Simulation des Zielszenarios fortgeschrieben wurden, sind diese auch in den abgeschätzten Wärmekosten beinhaltet. Bei zukünftigen Änderungen der Förderschemata müssen die Gestehungskosten entsprechend neu berechnet werden.

Neben den Wärmeerzeugungskosten wird bei der Grobkostenschätzung für Wärmenetze ein flächenbezogener Ansatz zur Abschätzung der Verteilkosten gewählt [28] und in die Kostenrechnung integriert. Es ergeben sich unter Berücksichtigung der historischen und prognostizierten Teuerungsraten die in nachfolgender Tabelle 30 dargestellten Verteilkosten für Wärmenetze in Abhängigkeit der Wärmedichten. Die Wärmegestehungskosten der Wärmenetze ergeben sich schließlich als Summe der Erzeugungskosten inkl. Planungskosten abzgl. Förderungen und der Wärmeverteilungskosten bezogen auf die erzeugte Wärmemenge inkl. 10 % Wärmeverlusten durch das Verteilnetz.

Tabelle 30: Abschätzung der Verteilkosten von Wärmenetzen nach [28]

| Wärmedichte in MWh/ha | Wärmeverteilungskosten 2020 in EUR/MWh | Wärmeverteilungskosten 2030 in EUR/MWh | Wärmeverteilungskosten 2040 in EUR/MWh |
|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 100 | 72 | 100 | 153 |
| 200 | 36 | 51 | 78 |
| 300 | 27 | 39 | 59 |
| 400 | 22 | 32 | 49 |
| 500 | 19 | 27 | 42 |
| 600 | 17 | 24 | 37 |
| 700 | 15 | 22 | 33 |
| 800 | 14 | 20 | 30 |
| 900 | 13 | 18 | 28 |
| 1000 | 12 | 17 | 26 |
| 1100 | 11 | 16 | 24 |
| 1200 | 10 | 15 | 23 |

Durch den Vergleich der abgeschätzten Wärmegestehungskosten von Einzelversorgung und Wärmenetzen sowie die aus der Szenariosimulation resultierende Marktdurchdringung der Wärmenetze kann die Festlegung der Eignungsgebiete angepasst werden. Aufgrund der großen Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie Energiepreise, Emissionsabgaben oder Förderschemata wird empfohlen, eine ausgewiesene Wärmenetzeignung erst bei einer Abweichung von mehr als +50 % der Wärmegestehungskosten grundsätzlich auszuschließen. Dies ist bei den in Herrenberg ausgewiesenen Wärmenetzgebieten nicht der Fall, sodass keine weitere Anpassung der Gebietseinteilung vorgenommen werden musste. Eine genauere Kostenberechnung der

regenerativen Wärmenetze ist Bestandteil nachfolgender Studien wie Transformationsplänen oder Machbarkeitsstudien nach BEW.

Die vollständige Darstellung der Eignungsgebiete mit spezifischen Maßnahmenempfehlungen bieten die Teilgebietssteckbriefe im separaten Dokument. Eine Übersicht der Hauptenergieträger im Jahr 2040 für alle Gebiete ist dem Zielfoto in Abbildung 44 zu entnehmen. Hierbei gilt, dass in den Wärmenetzeignungsgebieten eine minimale Anschlussbereitschaft von 50 % aller beheizten Gebäude beim Heizungstausch (100 % bei kommunalen Gebäuden) angenommen wurde. Die nicht angeschlossenen Gebäude werden demnach über Einzelheizungen, mehrheitlich Wärmepumpen oder klimaneutrale Gaskessel, versorgt.

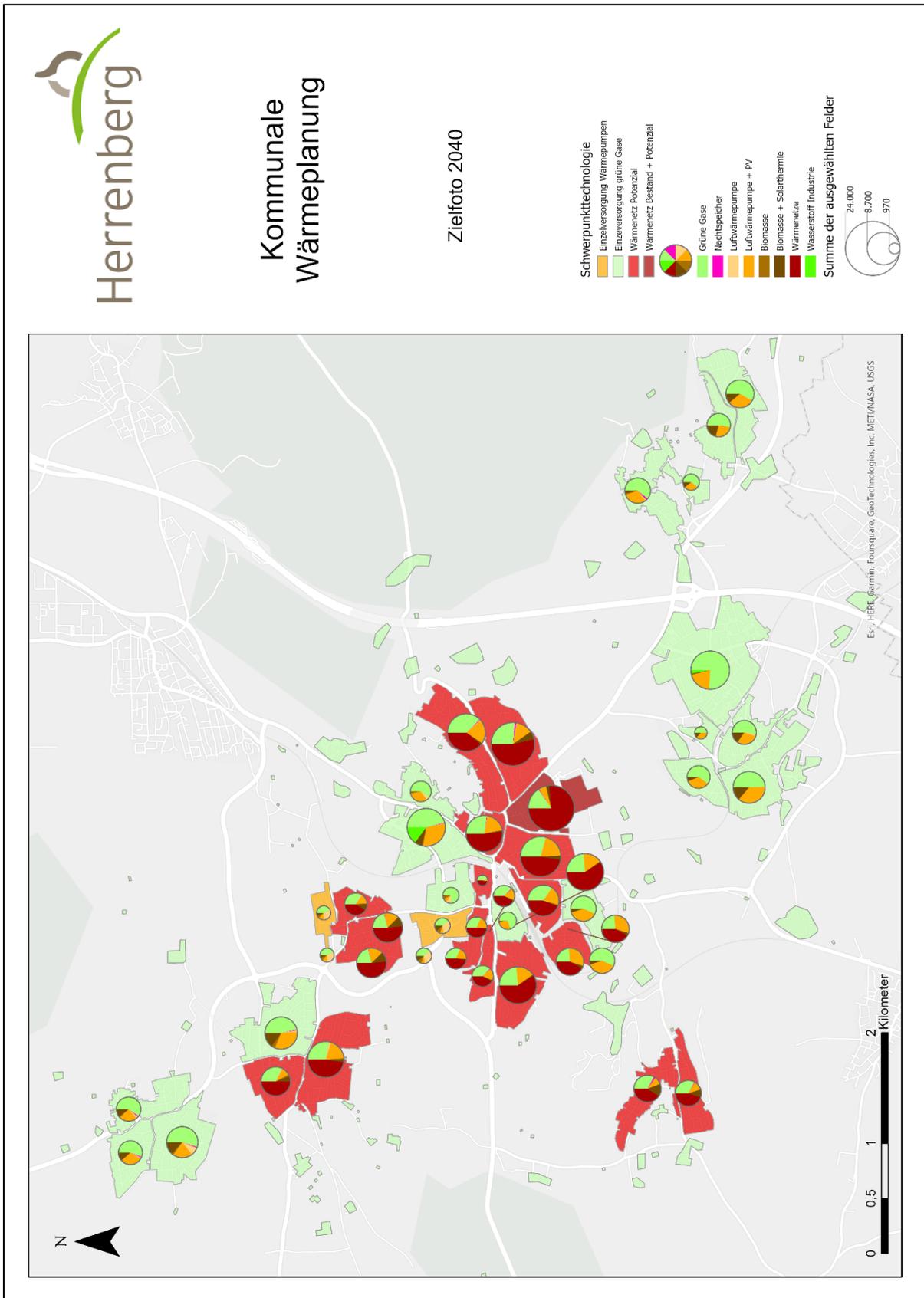


Abbildung 44: Zielfoto 2040

5.5.2 Entwicklung der Gasversorgung

Aus der Bestandsanalyse geht hervor, dass die Wärmebereitstellung in Herrenberg zu einem großen Anteil durch den Einsatz von Erdgas erfolgt. Auffällig dabei ist, dass die Altersstruktur der im Einsatz befindlichen Heizungsanlagen deutlich vom Bundesdurchschnitt abweicht und vornehmlich nach 1999 in Betrieb gegangen sind. Darüber hinaus zeigt die Auswertung der Gebäudetypen und deren Altersklassen, dass nach 1994 der Zubau von Gebäuden spürbar rückläufig ist. In Verbindung bedeutet das, dass die Struktur in Herrenberg relativ viele ältere Gebäude mit geringeren Energieeffizienzstandards als es der Stand der Technik ist vorweist, und dabei mit recht jungen Heizungsanlagen die Wärmebereitstellung erfolgt. Insbesondere hinsichtlich der Gebäudehüllen ist demnach von einem erheblichen Sanierungsbedarf auszugehen, sollten hier moderne umweltfreundliche Technologien platziert werden müssen. Bedingt durch den Umstand, dass sich dieses Bild nicht auf einzelne Teilgebiete beschränkt, sondern über die gesamte Gemarkung erstreckt, wird flächendeckend auf die Versorgung über das Erdgasverteilnetz der Stadtwerke Herrenberg zurückgegriffen.

Als Entscheidungsansatz des gewählten Zielszenarios für die klimaneutrale Bereitstellung von Wärme sind wirtschaftliche Beweggründe unterstellt. Die erforderlichen Gebäudesanierungen bedeuten hohe investive Anforderungen an die Eigentümer, welche sicherlich die finanzielle Leistungsfähigkeit überstrapazieren. Es bedarf alternativer Lösungen, welche dennoch die Erreichung der Klimaneutralität ermöglichen. „Grüne Gase“ können hier eine Möglichkeit darstellen, wenngleich klar sein muss dass die Gasversorgung nicht im bisherigen Maß für den Hausbrand als Energieträger in Frage kommen wird. Festzuhalten ist auch, dass sich die Gasversorgung nicht ausschließlich auf die Bereitstellung von gasförmigen Brennstoffen aus dem vorgelagerten Netz beschränken wird. So ist für Herrenberg die Möglichkeit der Biomethan-Erzeugung auf den Prüfstand zu stellen. Frühere Untersuchungen (2009 und früher) wurden mangels Wirtschaftlichkeit aufgrund der aufwändigen Gasaufbereitung nicht weiterverfolgt. Vor dem Hintergrund der völlig veränderten Rahmenbedingungen, ist erneut zu prüfen, ob und falls ja in welcher Menge Biomethan direkt im Herrenberger Netz umgesetzt werden kann. Die Hindernisse aufgrund der Wirtschaftlichkeit haben fallen zwischenzeitlich deutlich weniger gewichtig an, als dies noch vor 15 Jahren der Fall war. Die Preisentwicklungen für Erdgas in der jüngsten Zeit in Verbindung mit den künftig zu erwartenden weiter steigenden Preisen aufgrund höherer Preisbestandteile für den CO₂ Ausgleich und der Tatsache, dass LNG als Ersatz für Pipelinegas aus russischen Gasfeldern schlichtweg teurer ist, ermöglichen neue Spielräume bei der Biomethan-erzeugung und Einspeisung. Außerdem ist davon auszugehen, dass sich die Technologie zur Erzeugung und Bereitstellung von Wasserstoff oder synthetischem Methan weiterentwickeln wird. Die derzeitigen Herstellungskosten können nicht auf lange Sicht projiziert werden.

Ferner gilt es zunächst, die Tauglichkeit des Herrenberger Gasnetzes zur Verteilung von alternativen Gasen zu überprüfen. Die Stadtwerke Herrenberg als örtlicher Verteilnetzbetreiber werden hierzu im Jahr 2024 entsprechende Untersuchungen abschließen und den erforderlichen Gasnetztransformationsplan aufstellen.

Wie benannt lässt sich die Versorgungsstruktur in Herrenberg nicht in einzelnen Gebieten so voneinander abgrenzen, als dass bereits heute abgeleitet werden kann in welchen Gebieten eine Gasversorgung mit grünen Gasen auch künftig zur Verfügung stehen könnte. Aus diesem Grund gilt es einen ganzheitlichen Ansatz zu verfolgen und die oben benannten Untersuchungen auf das gesamte Netz anzuwenden.

In der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung gilt es dann zu erörtern, in welchen Teilgebieten die Versorgung mit grünen Gasen tatsächlich eine Rolle spielen wird. Auf Grundlage der derzeit vorliegenden Datenbasis kann nicht festgesetzt werden, welche Technologie in welchen Bereichen zur Verfügung steht. Mit dem Ausschluss grüner Gase zur Wärmebereitstellung würde zum jetzigen Zeitpunkt eine Festlegung erfolgen, welche jegliche Entwicklung und die damit entstehenden Möglichkeiten für Gebäudeeigentümer in Herrenberg ausschließt. Die aufgezeigten erforderlichen Maßnahmen, insbesondere die Untersuchung zur Bereitstellung von Biomethan und die Aufstellung des Gasnetztransformationsplans, halten alternative Wege offen ohne dabei den Ausschluss von beispielsweise Wärmenetzen oder individuellen Einzellösungen wie Wärmepumpen zu verbieten.

5.5.3 Auswirkung der Wärmewende auf den Stromsektor

Die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ geht davon aus, dass die Energiewende in Deutschland zu einem signifikanten Anstieg des Strombedarfs auch im Verkehrs- und Wärmesektor führen wird [29]. Neben dem im Zielszenario berechneten Pfad zum zukünftigen Strombedarf durch Wärmepumpen sind für eine Gesamtbetrachtung Annahmen zur Entwicklung des Haushalts- und Industriestroms sowie durch die Elektromobilität zu berücksichtigen. Abbildung 45 zeigt den zukünftig zu erwartenden zusätzlichen Strombedarf durch Wärmepumpen und Direktstrom in Herrenberg. Ausgehen von rund 6 GWh Strom für Wärmeerzeugung im Jahr 2019 könnte dieser Wert durch den zunehmenden Einsatz von dezentralen und Großwärmepumpen bis zum Jahr 2040 auf rund 27 GWh ansteigen. Je nach Verfügbarkeit grüner Gase könnte sich diese Energiemenge durch einen höheren Anteil von Wärmepumpen in den Wärmenetzen und Elektrokesseln zur Spitzenlastabdeckung noch weiter erhöhen.

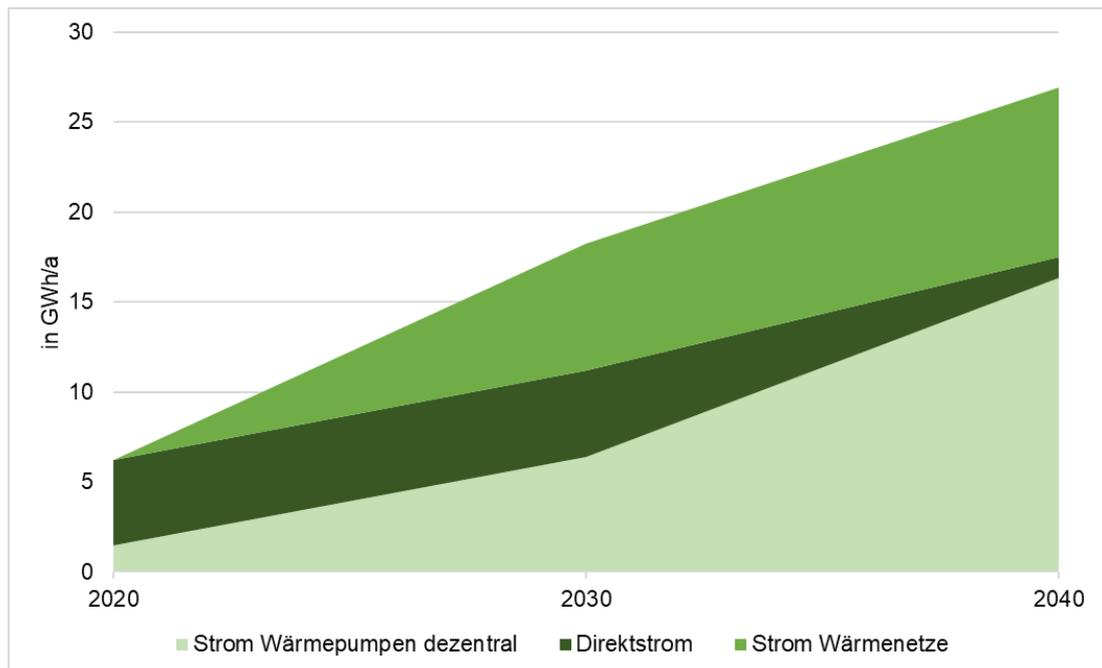


Abbildung 45: Zunahme des Strombedarfs durch Wärmerzeuger im Zielszenario

Es wird ersichtlich, dass die Stromnetze in Herrenberg aufgrund des zunehmenden Strombedarfs einer steigenden Auslastung ausgesetzt sein werden. Neben den im Rahmen dieses Wärmeplans räumlich verorteten Strombedarfen für Haushaltsstrom durch Wärmepumpen können für eine weiterführende Analyse der Netzstabilität auch Untersuchungen zur zukünftigen Ladeinfrastruktur für Elektromobilität und dem Ausbau von Photovoltaikanlagen im Stadtgebiet durchgeführt werden. Durch einen Abgleich mit den vorhandenen Stromnetzen können sich dann im Rahmen einer Stromnetzsimulation Strategien zu Ausbau und Ertüchtigung der vorhandenen Stromnetzinfrastruktur ergeben.

5.6 Fazit Zielszenario

Zur Erarbeitung des klimaneutralen Zielszenarios für Herrenberg wurde das Stadtgebiet in 37 Teilgebiete aufgeteilt und diese auf Basis der ermittelten Wärmebedarfsdichten hinsichtlich ihrer Wärmenetzeignung bewertet. Der Begriff Klimaneutralität wurde dahingehend definiert, dass im Zieljahr 2040 keine fossilen Einzelheizungen mehr in Betrieb sind und Wärmenetze ohne fossile Brennstoffe betrieben werden. Im nächsten Schritt wurden Eingangsparameter zur Simulation verschiedener Zukunftsszenarien für den Wärmesektor Herrenbergs bis zum Jahr 2040 diskutiert und festgelegt. Insgesamt wurden drei Szenarien betrachtet. Das Business-As-Usual-Szenario (BAU) zeigte auf, dass unter Fortführung der bisherigen Rahmenbedingungen die definierte Klimaneutralität im Zieljahr nicht erreicht werden kann. Zwei weitere Klimaneutralitäts-Szenarien (KLIM I und KLIM II) zeigten mögliche Pfade zur Zielerreichung auf. Die Transformation der Beheizungsstruktur basierte in KLIM I auf der Annahme, dass die Gasnetze bis 2040 sukzessive klimaneutrale Gase zu den Gebäuden transportieren werden. In KLIM II wurde unterstellt, dass zukünftig

keine grünen Gase im Gasnetz verfügbar sein werden. Als Zielszenario wurde nach eingehender Diskussion der Ergebnisse mit den Akteuren das Szenario KLIM I festgelegt. Dieses beinhaltet den Ausbau von Wärmenetzen in den ausgewiesenen Eignungsgebieten, wo bei einer angestrebten Anschlussquote von mindestens 50 % ein Wärmenetzanteil von rund 23 % an den installierten Heizungen resultiert. Die verbleibenden Heizungssysteme sind Einzelheizungen, davon ca. 32 % Luftwärmepumpen, 36 % Gasttechnologien und ca. 8 % Pelletheizungen mit Solarthermieunterstützung. Die resultierenden Endenergiebedarfe und CO₂-Emissionen für die Jahre 2019, 2030 und 2040 wurden nach Sektoren und Energieträgern bilanziert. Des Weiteren wurden die Ergebnisse des Zielszenarios auf die ausgewiesenen Teilgebiete heruntergebrochen und die zukünftige Entwicklung der Wärmeerzeugung sowie die verfügbaren regenerativen Potenziale in Teilgebietssteckbriefen dokumentiert. Eine Grobschätzung zukünftiger Wärmegestehungskosten für klimaneutrale Einzelversorgungstechnologien und regenerative Erzeuger in Wärmenetzen wurde beispielhaft durchgeführt und zur Plausibilisierung der vorgenommenen Gebietseinteilung herangezogen. Darüber hinaus wurde dargestellt, wie sich die Entwicklungen des Zielszenarios auf die zukünftige Stromnachfrage und den Betrieb der Gasnetze in Herrenberg auswirken würden. Die steigende Stromnachfrage durch Wärmepumpen kann zu einer steigenden Belastung des Stromnetzes führen, sodass hier weiterführende Analysen empfohlen wurden. Ebenso sollten Wärmenetzausbau und Gasnetzstillegungen vorausschauend geplant und aufeinander abgestimmt werden.

6. Wärmewendestrategie

In der Wärmewendestrategie der Stadt Herrenberg wird der Pfad zur Erreichung des im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Zielfotos erläutert. Hierfür wurden Maßnahmen ausgearbeitet, die „die erforderlichen Treibhausgasminderungen zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung sicherstellen“ sollen [30]. Mit der Umsetzung der als prioritär eingestuften Maßnahmen soll gem. §27 KlimaG BW innerhalb der nächsten fünf Jahre nach Veröffentlichung des Wärmeplans begonnen werden, weshalb diese bereits in einem hohen Detaillierungsgrad ausgearbeitet wurden. Die begleitenden Maßnahmen haben einen mittel- bis langfristigen Umsetzungshorizont und wurden in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst. Schlussendlich ist die kommunale Wärmeplanung nicht mit Veröffentlichung dieses Berichts abgeschlossen – die Stadt Herrenberg ist vielmehr dazu verpflichtet sie alle sieben Jahre fortzuschreiben. Um die Fortschritte der Zielerreichung in Hinblick auf die Umsetzung der Wärmewendestrategie zu überwachen, ist es sinnvoll, ein Monitoring und Controlling Konzept zu etablieren (siehe Kapitel 6.3). Bei Bedarf können auf Basis der Erkenntnisse aus diesem Prozess Maßnahmen angepasst oder neu entwickelt werden, sodass die Wärmeplanung weiterhin den aktuellen Rahmenbedingungen entspricht.

6.1 Beschreibung der prioritären Maßnahmen

In enger Abstimmung mit der Stadtverwaltung und den Stadtwerken Herrenberg wurden sieben prioritäre Maßnahmen erarbeitet, welche den Weg zur Klimaneutralität des Wärmesektors im Jahr 2040 ebnen sollen und einen kurzen bis mittelfristigen Umsetzungshorizont haben. Die definierten Maßnahmen lassen sich in verschiedene Maßnahmenfelder einordnen.

So sollen in Maßnahme 1 und 2 Wärmeversorgungskonzepte für die neu zu erschließenden Baugebiete Gartenäcker und Aischbach erstellt werden. Im Vordergrund steht hier die Machbarkeit einer **zentralen Wärmeversorgung** mit erneuerbaren Energien.

In Maßnahme 3 geht es um den **Ausbau von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung** in Herrenberg. Da künftig mit einer zunehmenden Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors gerechnet werden kann, soll der Ausbau der Windenergie in Herrenberg in den kommenden Jahren vorangetrieben werden. Mit der Installation von erneuerbaren Energieanlagen kann die Stadt Herrenberg ihrer Vorbildfunktion gerecht werden.

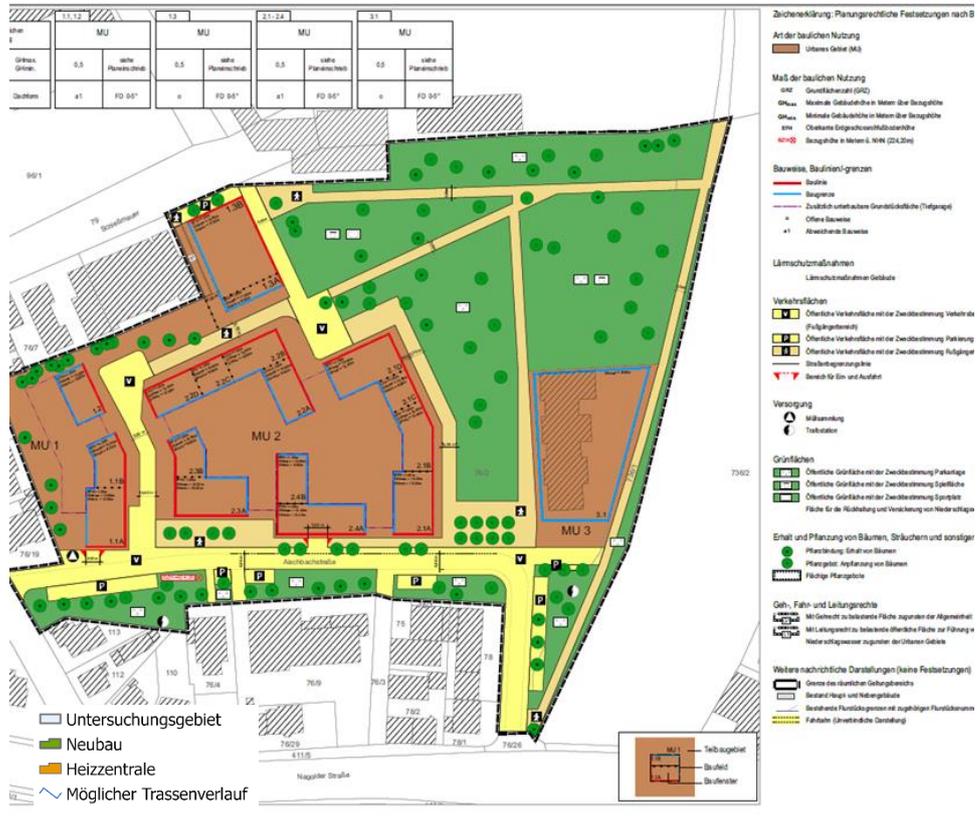
Mit der Maßnahme 4 gilt es, eine **Strategie für die Zukunft des Herrenberger Gasnetzes** zu entwickeln. Konkret soll ein Gasnetzgebietstransformationsplan aufgestellt werden, in welchem ein Pfad zur Dekarbonisierung des Netzes aufgezeigt wird.

Die Maßnahmen 5 – 7 lassen sich allesamt dem Maßnahmenfeld für **Organisatorisches und Übergeordnetes** zuordnen. Mit Maßnahme 5 soll ein

Prozess entwickelt werden, wie die kommunale Wärmeplanung auch nach Veröffentlichung dieses Abschlussberichts langfristig in die Stadtentwicklungsprozesse verankert werden kann. Mit Maßnahme 6 und 7 sollen die Bürgerinnen und Bürger sowie Industrie und Gewerbe aus Herrenberg stärker in die Wärmewende involviert werden. Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung sollen auf Stadtteilebene erläutert und gemeinsam diskutiert werden, um sämtliche lokale Akteure ins Handeln zu bringen (z.B. durch Sanierungsmaßnahmen von Wohngebäuden oder die Installation von PV-Anlagen auf Gewerbedächern).

Im Folgenden werden die wichtigsten Rahmendaten der prioritären Maßnahmen im Steckbriefformat dargestellt.

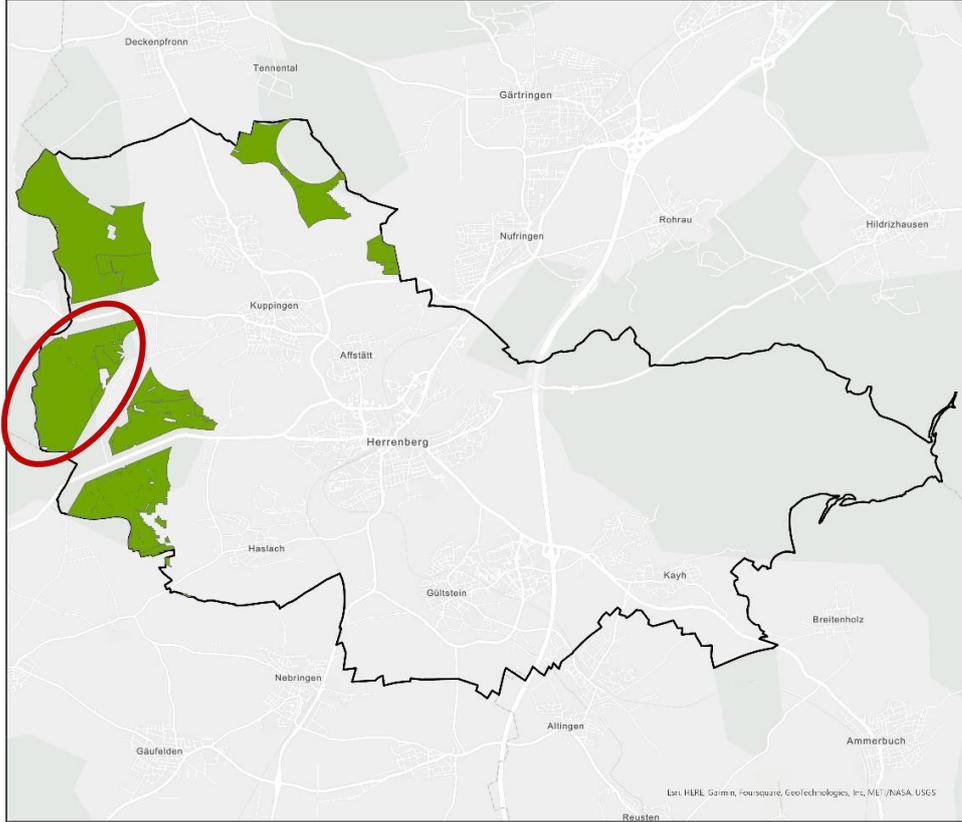
Maßnahme 1: Versorgungskonzept Aischbachareal

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ziel | Für das Baugebiet „Areal Aischbachstraße“ soll die Möglichkeit einer zentralen Versorgung auf Basis regenerativer Energiequellen für die Neubebauung und den Bestandskindergarten geprüft werden. |
| Kartenmaterial |  <p style="text-align: center;">Ausschnitt Bebauungsplan „Areal Aischbachstraße“</p> |
| Beschreibung der Situation | Neben der bereits bestehenden Kindertagesbetreuung Aischbachstraße werden dort ein Quartiershub sowie sechs Mehrfamilienhäuser, teilweise inkl. Gewerbeflächen im Erd- und teilweise 1. Obergeschoss entstehen. Für den Quartiershub ist neben einer Fahrradgarage inkl. Fahrradwerkstatt Räumlichkeiten für die örtlichen Vereine vorgesehen. Das Gebiet wird sich zu einem mehrheitlich durch Wohnen geprägten Quartier entwickeln. |
| Beschreibung der Maßnahme | <p>Es soll eine Lösung zur Quartiersversorgung des Aischbachareals entwickelt werden. Parallel zu den laufenden Erschließungsplanungen soll das Versorgungskonzept konkretisiert und mit dem Ergebnis für eine Versorgungsvariante in die weiterführende Fachplanung überführt werden.</p> <p>Mögliche Potenziale zur Wärmebereitstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Luft-Wasser-Wärmepumpe - Eisspeicher - Elektrische Spitzenlastdeckung - Kältebereitstellung aus Eisspeicher <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Luft</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Eisspeicher</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Grüner Strom</p> </div> </div> |

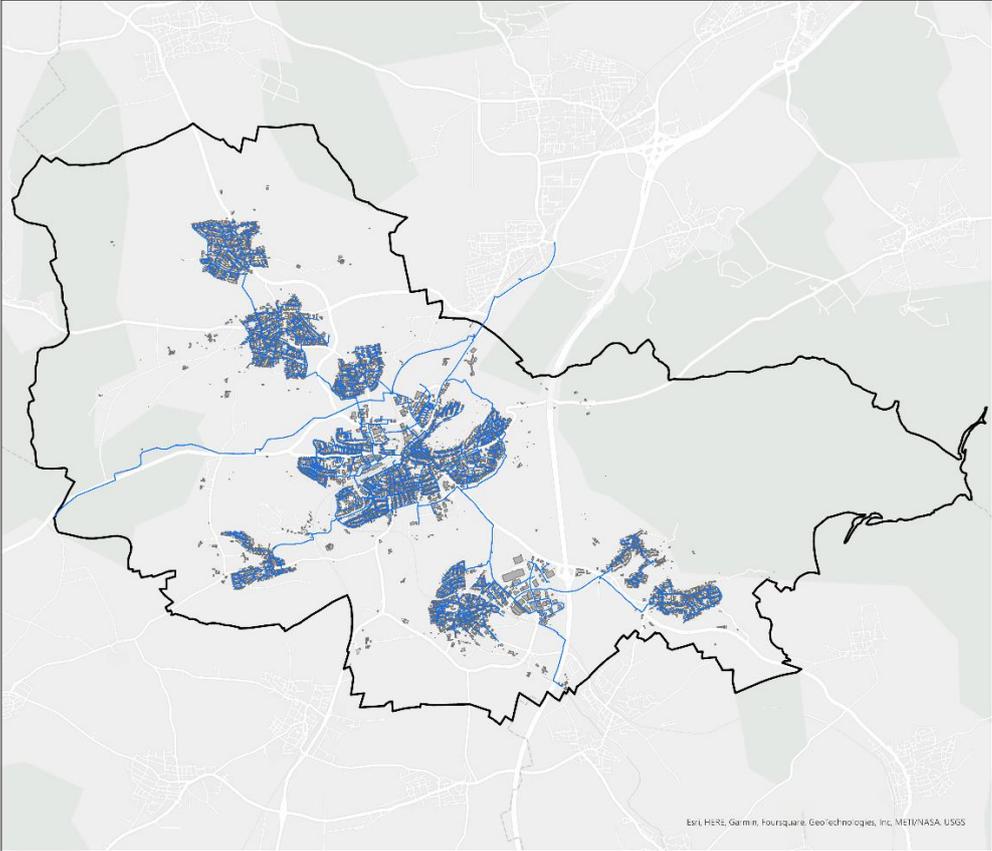
| | |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geschätzte Kosten & Förderung | Ca. 21.000 € für die Konzeption |
| Nächste Schritte | <ul style="list-style-type: none">- Gemeinderatsbeschluss zu weiterführenden Planungsschritten bzgl. der Versorgung des Aischbachareals mit Nahwärme durch die Stadtwerke Herrenberg- Temperatur- und Durchflussmessung in den angrenzenden Kanälen- Weiterführende Planungsschritte nach HOAI durch externen Dienstleister- Schaffung der städtebaulichen Voraussetzungen (z.B. Leitungsrecht)- Schaffung der Voraussetzungen für eine hohe Anschlussquote |
| Umsetzung | Priorität: Hoch Zeitraum: Maßnahme ist bereits angelaufen |

| Maßnahme 2: Versorgungskonzept Baugebiet Gartenäcker | |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ziel | Für das Baugebiet „Gartenäcker“ soll die Möglichkeit einer zentralen Versorgung auf Basis regenerativer Energiequellen für die Neubebauung und den Bestandskindergarten geprüft werden. |
| Kartenmaterial |  <p style="text-align: center;">Zukünftige Bebauung „Gartenäcker“</p> |
| Beschreibung der Situation | <p>Gemäß Bebauungsplan-Entwurf und Rücksprache mit der Stadt Herrenberg (Juli 2022) lagen folgende Angaben zu Grunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Areal mit ca. 50.000 m² Fläche - Städtische und private Bauplätze (insgesamt 42 Baufelder) - Bebauungsplan-Entwurf mit Angabe der Grundflächenzahl und Vorgabe der maximalen bzw. zwingenden Anzahl an Vollgeschossen |
| Beschreibung der Maßnahme | <p>Es soll eine Lösung zur Quartiersversorgung des Gartenäckers entwickelt werden. Parallel zu den laufenden Erschließungsplanungen soll das Versorgungskonzept konkretisiert und mit dem Ergebnis für eine Versorgungsvariante in die weiterführende Fachplanung überführt werden.</p> <p>Mögliche Potenziale zur Wärmebereitstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abwasserwärme - Elektrische Spitzenlastdeckung <div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center; gap: 20px;">   </div> |

| | |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geschätzte Kosten & Förderung | ca. 26.000 € für die Konzeption |
| Nächste Schritte | <ul style="list-style-type: none">- Gemeinderatsbeschluss zu weiterführenden Planungsschritten bzgl. der Versorgung des Gartenäckers mit Nahwärme durch die Stadtwerke Herrenberg- Temperatur- und Durchflussmessung in den angrenzenden Kanälen- Weiterführende Planungsschritte nach HOAI durch externen Dienstleister- Schaffung der städtebaulichen Voraussetzungen (z.B. Leitungsrecht)- Schaffung der Voraussetzungen für eine hohe Anschlussquote |
| Umsetzung | Priorität: Hoch Zeitraum: Maßnahme ist bereits angelaufen |

| Maßnahme 3: Ausbau von Windenergieanlagen | |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ziel | Da in den kommenden Jahren mit einem deutlich höheren Strombedarf im Wärme- und Verkehrssektor zu rechnen ist, gilt es, die erneuerbare Stromerzeugung in Herrenberg auszubauen. Ziel der Maßnahme ist der Zubau von Windenergieanlagen (WEA) auf geeigneten Flächen im westlichen Teil Herrenbergs. |
| Kartenmaterial |  <p>Windpotenzialflächen in Herrenberg gem. LUBW – Standort für geplante WEA in rot markiert</p> |
| Beschreibung der Situation | In Herrenberg sind zum aktuellen Zeitpunkt keine WEA installiert. Im Klimafahrplan der Stadt Herrenberg wird von einem schrittweisen Ausbau der Windkraft bis 2040 ausgegangen. Insgesamt ließen sich demnach auf den Potenzialflächen 27 WEA mit einer Gesamtleistung von 60 MW realisieren. |
| Beschreibung der Maßnahme | Auf den in der Abbildung markierten Flächen westlich vom Teilort Kuppingen sollen 5 WEA installiert werden. Hierfür soll durch ein Interessenbekundungsverfahren (IBV) ein Projektierer gefunden werden, dessen Angebot den bereits vom Gemeinderat beschlossenen Kriterienkatalog am besten erfüllt. |
| Geschätzte Kosten & Förderung | Keine – Kosten werden durch den Investor übernommen |
| Nächste Schritte & Zuständigkeit | Durchführung des IBV → Stadtverwaltung Herrenberg Verpachtung der Flächen an Investor → Stadtverwaltung Herrenberg Planung & Errichtung des Windparks → Projektierer |
| Umsetzung | Priorität: Hoch Zeitraum: IBV ist bereits angelaufen |

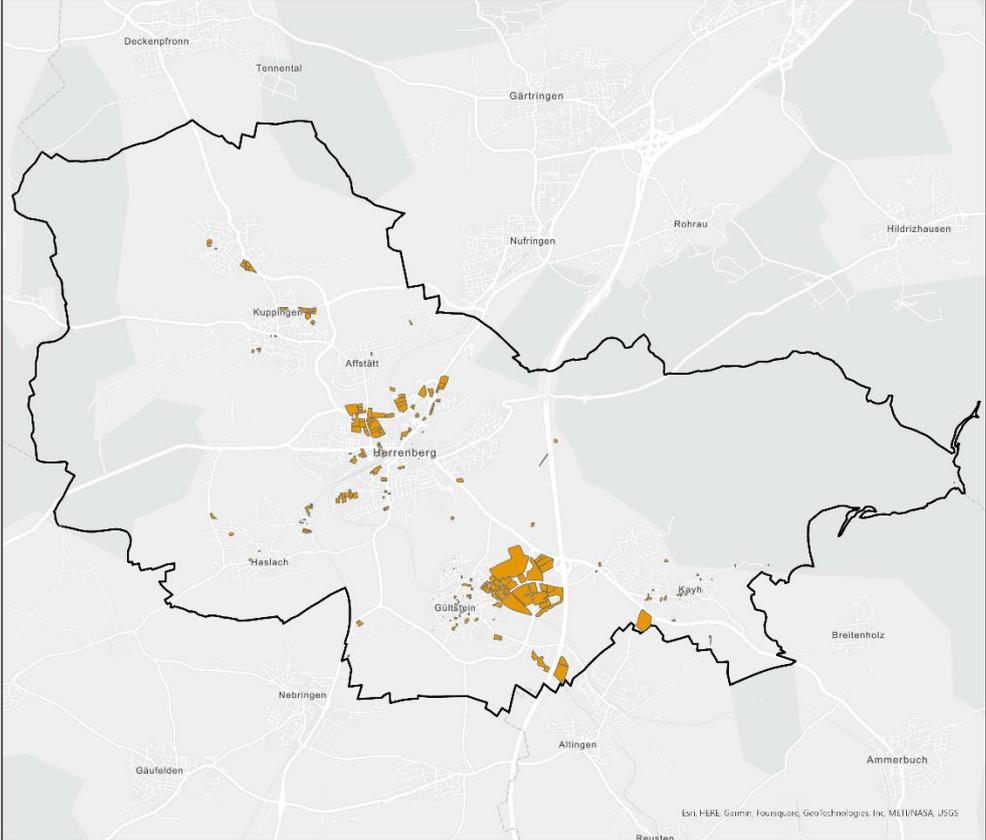
Maßnahme 4: Entwicklung eines Gasnetzgebietstransformationsplans

| | |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ziel</p> | <p>Ziel der Maßnahme ist es, einen Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) für das bestehende Gasnetz im Gemarkungsgebiet aufzustellen.</p> |
| <p>Kartenmaterial</p> |  <p>Gasnetz in Herrenberg</p> |
| <p>Beschreibung der Situation</p> | <p>Im Basisjahr 2019 wurden etwa 199 GWh Erdgas an knapp 4.000 Anschlussnehmer in Herrenberg verteilt. Das Gasnetz wird nicht mehr erweitert und in zukünftigen Neubaugebiete werden keine Gasanschlüsse mehr verlegt.</p> |
| <p>Beschreibung der Maßnahme</p> | <p>Im Rahmen des GTP wird ein Transformationspfad für das Herrenberger Gasverteilnetz vom Status Quo hin zur Klimaneutralität erarbeitet. Hierbei werden vier Analysepfade durchlaufen:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Einspeiseanalyse → dezentrale Einspeisung von klimaneutralen Gasen (z.B. Biomethan) ins bestehende Netz 2 Kapazitätsanalyse → Aufteilung des Gasnetzes in Umstellzonen und Ermittlung von benötigten Kapazitäten 3 Kundenanalyse → Untersuchung, ob und wann eine Umstellung auf Wasserstoff kundenseitig möglich ist (z.B. bei Industriekunden) 4 Technische Analyse → Analyse der Netzkomponenten, Prüfung einer Sektionierung der Umstellzonen in Teilnetze und netzhydraulische Analyse |

| | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Ziel ist es, „die Transformation der Gasverteilnetze zu beschleunigen und die Einzelplanungen der Netzbetreiber in ein kohärentes Zielbild für ganz Deutschland einzubetten“ [26] |
| Geschätzte Kosten | Kostenschätzung GTP: abhängig von Netzlänge und verfügbaren Netzdaten |
| Nächste Schritte & Zuständigkeit | Erarbeitung eines GTP → Stadtwerke Herrenberg, Dienstleister |
| Umsetzung | Priorität: Hoch Zeitraum: Fertigstellung bis 2024 |

| Maßnahme 5: Strategische Verankerung der kommunalen Wärmeplanung in Stadtentwicklungsprozesse | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ziel | Ziel der Maßnahme ist die strategische Verankerung der kommunalen Wärmeplanung in künftige Stadtentwicklungsprozesse. |
| Beschreibung der Situation | Gem. KlimaG BW sind mind. fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans folgenden fünf Jahre begonnen werden soll. Weiterhin gilt, dass der Wärmeplan alle sieben Jahre fortgeschrieben werden muss. Für Herrenberg steht demnach eine Fortschreibung spätestens im Jahr 2030 an. |
| Beschreibung der Maßnahme | Die Stadt Herrenberg strebt eine nachhaltige Verankerung der kommunalen Wärmeplanung in die Stadtentwicklungsprozesse an. <ul style="list-style-type: none"> 1. Verantwortlichkeit für KWP an Personalie vergeben 2. Monitoring und Controlling des Umsetzungserfolgs 3. Frühzeitige Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans |
| Geschätzte Kosten | Verwaltungsinterne Kosten sind noch zu beziffern |
| Nächste Schritte & Zuständigkeit | <p>Koordinierung von Veranstaltungen → Stadtverwaltung, Stadtwerke in den Stadtteilen</p> <p>Information von Anwohnerinnen und Anwohnern → Stabstelle Klima- und Umweltschutz</p> |
| Umsetzung | <p>Priorität: Hoch</p> <p>Zeitraum: Nach Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans</p> |

Maßnahme 6: Beratungskampagne für Industrie & Gewerbe

| | |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ziel</p> | <p>Ziel der Maßnahme ist es, Akteure aus Gewerbe und Industrie stärker in die kommunale Energieplanung Herrenbergs einzubinden.</p> |
| <p>Kartenmaterial</p> |  <p>Industrie- und Gewerbegebiete in Herrenberg</p> |
| <p>Beschreibung der Situation</p> | <p>Die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung hat gezeigt, dass insgesamt 25 % der Treibhausgasemissionen des Wärmesektors in Industrie und Gewerbe anfallen - hinzu kommen noch jene aus Strom und Mobilität.</p> |
| <p>Beschreibung der Maßnahme</p> | <p>Betriebe aus Industrie und Gewerbe sollen motiviert werden, erneuerbare Energien selbst zu erzeugen und einzusetzen. Hierbei liegt der Fokus vor Allem auf der Installation von PV-Anlagen auf Gewerbedächern oder Parkplatzüberdachungen und erneuerbarer Wärmeerzeuger wie z.B. Wärmepumpen. Weiterhin sollen Industrieunternehmen angehalten werden, anfallende Abwärme für interne Prozesse zu nutzen oder sie, falls möglich, auszukoppeln.</p> |

| | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Im Rahmen einer Beratungskampagne soll über Chancen, Umsetzungsmöglichkeiten und -hindernisse sowie über mögliche Förderungen informiert werden. Die Wirtschaftsförderung stellt dabei als Schnittstelle zur lokalen Wirtschaft einen wichtigen Akteur dar. Es soll ein Format geschaffen werden, in dem lokale Betriebe über gelungene Energieprojekte berichten können und so zum Nachahmen anregen. Dies kann in Form von regelmäßig stattfindenden Veranstaltungen geschehen, welche sich unterschiedlichen Themengebieten widmen. Durch den Erfahrungsaustausch können Bedenken ausgeräumt und Unternehmen animiert werden, entsprechende Investitionen zu tätigen.</p> |
| Geschätzte Kosten und Finanzierung | Veranstaltungskosten |
| Nächste Schritte & Zuständigkeit | <p>Interne Abstimmung → Stadtverwaltung, Wirtschaftsförderung</p> <p>Gezielte Ansprache und Information der Industrie- und Gewerbebetriebe → Stadtverwaltung, Dienstleister / Energieagentur / Netzwerk</p> |
| Umsetzung | <p>Priorität: Hoch Zeitraum: Ab 2024</p> |

6.2 Begleitende Maßnahmen

Im vergangenen Abschnitt wurden die sieben priorisierten Maßnahmen vorgestellt, mit deren Umsetzung innerhalb der nächsten fünf Jahre nach Veröffentlichung dieses Wärmeplans begonnen werden soll. Bei den begleitenden Maßnahmen handelt es sich eher um Projekte mit einem mittel- bis langfristigen Zeithorizont, welche aber in Hinblick auf ihre Bedeutung für die Herrenberg Wärmewende den prioritären Maßnahmen in nichts nachstehen.

Im Folgenden werden diese Maßnahmen in tabellarischer Form dargestellt:

| | | |
|------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potenziale heben | M8 | Durchführung von Abwassermessungen in den neu zu erschließenden Baugebieten Aischbach und Gartenäcker Temperatur- und Durchflussmessungen zur Abschätzung des lokalen Abwasserwärmepotenzials |
| | M9 | Synergieeffekte in Gewerbegebieten nutzen: → gemeinsamer Fahrzeugpool, Auskopplung von industrieller Abwärme in ein Wärmenetz, übergreifende Nutzung von lokal erzeugtem PV-Strom in Areal Netzen |
| Wärmenetze | M10 | Umsetzung eines Wärmeverbunds zwischen Polizeihochschule und Liegenschaften der Stadtwerke Herrenberg → Wärmeerzeugung in einer gemeinsamen Heizzentrale durch Waldrestholz aus dem Herrenberger Forst: lokale Verwendung des stadteigenen Hackrohholz in unmittelbarer Nähe verringert CO ₂ -Emissionen beim Transport. Potenzial zur Wärmeerzeugung ca. 1 GWh/a. |
| Ausbau EE | M11 | Ausbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Herrenberg auf geeigneten Flächen (siehe Kapitel 4.3.2) |
| | M12 | Überdachung von geeigneten städtischen Parkplätzen mit Photovoltaikanlagen |
| | M13 | Erzeugungs- und Lastschwerpunktanalyse im Herrenberger Stromnetz → Ermittlung potenzieller Stromnetzengpässe und Berechnung zukünftiger Netzanschlusslasten |
| Organisatorisch | M14 | Definition eines Planungsprozesses in der Stadtverwaltung zur Einbindung der Energieversorgung in die Erschließung von neuen Baugebieten |
| | M15 | Ausweisung von energetischen Sanierungsgebieten im Herrenberger Stadtgebiet |

In der nachfolgenden Abbildung 46 sind die organisatorischen und übergeordneten Maßnahmen in den Kategorien Verwaltungskompetenz, Information und Akzeptanz und lokale Wertschöpfung zusammengefasst. Die kommunalen Liegenschaften ermöglichen der Stadt Herrenberg sowohl die technische Umsetzung der lokalen Wärmewende als auch begleitende Maßnahmen anzugehen. Die organisatorischen und übergeordneten Maßnahmen haben insgesamt das Ziel, Maßnahmen zur Energieeinsparung und die Umrüstung auf emissionsfreie bzw. -arme Technologien möglichst gezielt voranzutreiben.

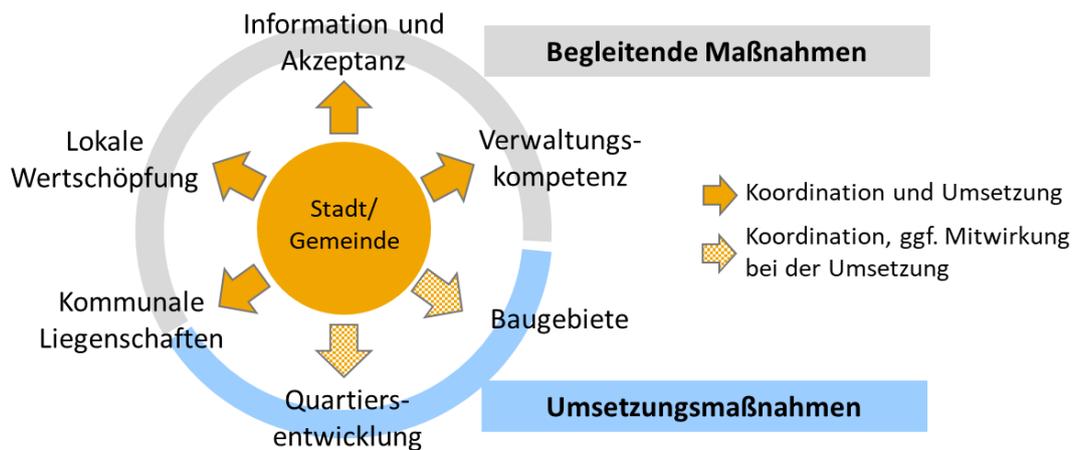


Abbildung 46: Schematische Darstellung der kommunalen Handlungsfelder

Insgesamt gilt es, die kommunale Wärmeplanung nachhaltig zu verankern – nur so kann sichergestellt werden, „dass nach Erstellung des kommunalen Wärmeplans die zum Zielszenario 2040 ausgearbeiteten Maßnahmen mit der lokalen Wärmewendestrategie Einzug in die Fachplanung der Kommune finden“ [2]. Es wird deshalb dringend empfohlen, die nötigen Strukturen innerhalb der Stadtverwaltung zu schaffen und Verantwortlichkeiten zu benennen, sodass die kommunale Wärmeplanung und die daraus abgeleiteten Maßnahmen in allen Ebenen der Stadtentwicklungsplanung Eingang findet. Hierbei kann es förderlich sein, einen regelmäßig stattfindenden Informationsaustausch zwischen den beteiligten Fachabteilungen und den Stadtwerken zu etablieren. In diesem Lenkungskreis der Herrenberger Wärmeplanung kann über die Umsetzungsfortschritte der definierten Maßnahmen und ggf. über notwendige Aktualisierungen beraten werden.

Der kommunale Wärmeplan der Stadt Herrenberg soll spätestens im Jahr 2030 fortgeschrieben werden. An dieser Stelle wird empfohlen, schon vorher eine Zwischenevaluation durchzuführen. In Anbetracht von politischen und technologischen Veränderungen muss die die Kommune dazu in der Lage sein, zeitnah darauf zu reagieren und ihre Wärmewendestrategie ggf. anzupassen. Hierfür empfiehlt sich die Einführung eines Monitoring- und Controlling Konzepts, dessen Prinzip im folgenden Kapitel erklärt wird.

6.3 Anwendung und Weiterentwicklung des kommunalen Wärmeplans

Die formulierten Maßnahmen, die elementarer Teil der Wärmeplanung sind, zeigen, dass die Wärmewende nicht von heute auf morgen erfolgen kann und wird. Ihre Umsetzung ist vielmehr in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess eingebettet und kann mit dem Demingkreis oder auch PDCA-Zyklus beschrieben werden. Dieser umfasst folgende vier Phasen, welche in Abbildung 47 abgebildet sind.

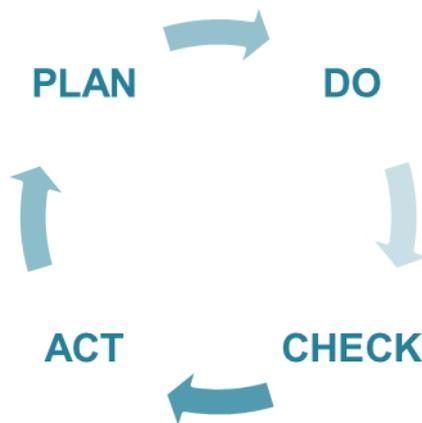


Abbildung 47: Schematische Darstellung des Demingkreises

Diese vier Phasen des Demingkreises werden im Folgenden in Hinblick auf die Kommunale Wärmeplanung der Stadt Herrenberg näher erläutert:

Plan – Planung:

Im kommunalen Wärmeplan der Stadt Herrenberg werden strategische Maßnahmen festgelegt, welche bis zum Jahr 2040 zum Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung führen sollen. Hierzu gehören z.B. der Ausbau von Windenergieanlagen in Herrenberg zur Erzeugung von grünem Strom oder die Entwicklung von Wärmeversorgungskonzepten. Die erarbeiteten Maßnahmenskizzen stellen hierbei die Grundlage für folgende Detailplanungen zukünftiger Wärmewendeprojekte dar.

Do – Umsetzung:

In dieser Phase des Zyklus erfolgt die Umsetzung der geplanten Maßnahmen durch die genannten Akteure. Hierbei wird darauf geachtet, die vorgesehene Kosten- und Zeitplanung weitestgehend einzuhalten.

Check – Überprüfung:

Der Umsetzungsstatus der Maßnahmen wird anhand von vorher festgelegten Erfolgsindikatoren in regelmäßigen Abständen gemessen. Diese Indikatoren können sich je nach Maßnahme unterscheiden und können z.B. in Form von einer zu installierenden Leistung, einer zu erzielenden Sanierungsrate im Wohnsektor oder einer binären Abfrage, ob eine Machbarkeitsstudie durchgeführt wurde oder nicht,

dargestellt werden. Eine Bewertung des Umsetzungserfolges der Maßnahmen sollte neben den zu Beginn ausgewählten Erfolgsindikatoren auch noch die zum Zeitpunkt der Bewertung geltenden politischen und technologischen Rahmenbedingungen miteinbeziehen.

Act - Handlung

In der letzten Phase des Demingkreises werden die Erkenntnisse, die aus der Überprüfungsphase gewonnen werden konnten, auf die Weiterentwicklung des Wärmeplans angewendet. So können bestehende Maßnahmen erweitert oder an neue Rahmenbedingungen, wie z.B. neue Gesetze und Förderrichtlinien oder Effizienzsteigerungen von einzusetzenden Technologien, angepasst werden. Ziel dieser Phase ist es, den kommunalen Wärmeplan durch kontinuierliche Anpassungen an aktuelle Gegebenheiten zu verbessern und somit das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2040 sicherzustellen.

Der hier beschriebene Zyklus sollte mit der Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans der Stadt Herrenberg starten. Das Monitoring und Controlling des Wärmeplans sollten sinnhaft in einen Zuständigkeitsbereich der Stadt Herrenberg integriert und in einem regelmäßigen Turnus durchgeführt werden. Aufgrund des kurzen Zeithorizonts der kommunalen Wärmeplanung bis ins Zieljahr 2040 und der dynamischen politischen Entwicklung, empfiehlt es sich, diesen Abstand nicht zu groß zu wählen, um den Transformationspfad rechtzeitig an etwaige Änderungen von externen Faktoren anpassen zu können.

Schon vor der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans im Jahr 2030 sollte eine Zwischenevaluation erfolgen. Diese kann beispielsweise durch die Erstellung einer aktuellen Energie- und Treibhausgasbilanz des Wärmesektors erfolgen (siehe Kapitel 3.4). So können die gesamtheitlichen Fortschritte des Wärmeplans auch mit ausschlaggebenden Zahlen, nämlich den verursachten Treibhausgasemissionen und Endenergieverbrauchsdaten, belegt und die Fortschritte der Wärmewende in Herrenberg verfolgt werden.

6.4 Fazit Wärmewendestrategie

Nachdem im Zielszenario definiert wurde, *was* bis 2040 in Herrenberg erreicht werden soll, wurde in der Wärmewendestrategie erörtert, *wie* es erreicht werden kann. Hierfür stellte die Findung von Maßnahmen und deren Priorisierung einen ersten Schritt dar. Es wurden Akteure benannt, die zu beteiligen sind und ein klares Ergebnis je Maßnahme definiert.

Die prioritären und begleitenden Maßnahmen lassen sich in fünf Maßnahmenfelder einordnen: Heben von Potenzialen, Ausbau von Wärmenetzen, Ausbau von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung, Konzepte und Strategien sowie Organisatorisches und Übergeordnetes. Nach Anforderungen des KlimaG, soll mit der Umsetzung der prioritären Maßnahmen innerhalb der nächsten fünf Jahre nach Veröffentlichung des Wärmeplans begonnen werden, was die Zusammenarbeit sämtlicher Akteure in Herrenberg erfordert. Die in Kapitel 6.2 definierten Maßnahmen haben in der Regel einen langfristigeren Umsetzungszeitraum, stehen den prioritären Maßnahmen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Wärmewende in Herrenberg aber in nichts nach.

Um das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung in Herrenberg bis ins Jahr 2040 sicherzustellen, sollte der Fortschritt der Wärmewende fortlaufend evaluiert werden. Dies kann zum einen durch die regelmäßige Kontrolle der Maßnahmenumsetzungen anhand von ausgewählten Erfolgsindikatoren erfolgen. So kann schnell auf Änderungen der politischen, wirtschaftlichen oder technologischen Rahmenbedingungen reagiert werden und einzelne Maßnahmen können ggf. angepasst werden. Gesamtheitlich kann der Erfolg der Wärmeplanung durch das Fortschreiben der Energie- und Treibhausgasbilanz aus Kapitel 3.4 bewertet werden. Hiermit sollte nicht erst zum Zeitpunkt der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung im Jahr 2030 begonnen werden, sondern schon früher, um den Transformationspfad ggf. durch das Hinzufügen von weiteren Maßnahmen in der Wärmewendestrategie zu beschleunigen.

7. Akteursbeteiligung

Die KEA BW empfiehlt in ihrem Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung eine frühzeitige Einbindung sämtlicher lokaler Akteure. Ihre „regionalen Kenntnisse und das Engagement“ seien „der Schlüssel zu einer erfolgreichen Wärmewendestrategie und Umsetzung in konkreten Projekten innerhalb der Kommune“ [2]. Für die Erstellung des kommunalen Wärmeplans wurden deshalb folgende Instrumente der Akteursbeteiligung ausgewählt und umgesetzt:

Regelmäßige Arbeitsgruppentreffen

Im Februar 2022 fand ein interner Auftaktermin mit den Vertretern und Vertreterinnen der Stadt, den Stadtwerken Herrenberg und des beauftragten Ingenieurdienstleisters RBS wave statt. In diesem Termin wurden eine Arbeitsgruppe benannt und ein Rahmenterminplan für das Projekt festgelegt. Im Anschluss daran erfolgten über die gesamte Bearbeitungsphase regelmäßige Arbeitstreffen, die weitestgehend über Videokonferenz stattfanden, in denen über den aktuellen Bearbeitungsstatus beraten wurde. Sämtliche Entscheidungen, die in diesen Arbeitstreffen getroffen wurden, wurden durch Präsentationsfolien oder Protokolle dokumentiert.

Klimabeirat

Während der Bearbeitungsphase der kommunalen Wärmeplanung erfolgte im Juni 2023 eine Zwischenpräsentation im Herrenberger Klimabeirat. Hier wurde die Bestands- und Potenzialanalyse kurz zusammengefasst und gemeinsam mit den Vertreterinnen und Vertretern der Stadtverwaltung und des Klimabeirats über die möglichen Wirkungspfade zur klimaneutralen Wärmeversorgung in Herrenberg diskutiert.

Informationsveranstaltung für Bürgerinnen und Bürger

Im Herbst 2023 wird eine Informationsveranstaltung zur kommunalen Wärmeplanung für interessierte Bürgerinnen und Bürger stattfinden. Bei dieser Informationsveranstaltung gilt es, auf Fragen und Bedenken der Bürgerinnen und Bürger einzugehen, um sie für die Wärmewende in Herrenberg zu gewinnen. Nur durch das Mitwirken einer engagierten Bürgerschaft kann die Transformation zur klimaneutralen Wärmeversorgung gelingen, denn sie ist der Schlüsselakteur, wenn es um die notwendige Sanierung von Wohngebäuden oder den Austausch von fossilen hin zu regenerativen Brennstoffen geht.

Öffentliche Gemeinderatssitzung

Zum Abschluss der Bearbeitungsphase der kommunalen Wärmeplanung im Herbst 2023 soll eine öffentliche Gemeinderatssitzung stattfinden, an welcher die interessierte Bürgerschaft teilhaben kann. Hier soll noch einmal über alle vier Phasen, die Bestands- und Potenzialanalyse, das Zielszenario und die Wärmewendestrategie,

berichtet und ein Ausblick auf Folgeprojekte gegeben werden, die sich durch die kommunale Wärmeplanung herauskristallisiert haben. Ende 2023 ist eine weitere Gemeinderatssitzung geplant, in der die kommunale Wärmeplanung beschlossen werden soll.

Ausblick

Spätestens mit Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans beginnt der Umsetzungsprozess der definierten Maßnahmen aus der Wärmewendestrategie. Hierbei sollte eine kontinuierliche Kommunikation mit den relevanten Akteuren erfolgen. Ein erster Schritt stellt dabei die Veröffentlichung dieses Abschlussberichts und die Berichterstattung durch die Lokalpresse dar.

Weiterhin können sämtliche Daten, die in diesem Bericht in Kartenform abgedruckt werden, in einem sogenannten Bürger-GIS veröffentlicht und mit weiteren Informationen angereichert werden. Ziel ist es, dass sich Bürgerinnen und Bürger über die Versorgungsperspektiven in ihrem Viertel informieren können. Gerade beim Bau von Wärmenetzen ist es unabdingbar, eine entsprechend hohe Anschlussquote sicherzustellen. Nur so kann die wirtschaftliche Darstellbarkeit des Bauvorhabens und des zukünftigen Betriebs gewährleistet werden. Eine frühzeitige Information von Anwohnenden über Bauvorhaben dieser Art ist hierfür in jedem Fall förderlich, da sie ihnen eine Perspektive bietet und die Beteiligten damit Einfluss auf den künftigen Heizungstausch nehmen kann.

Grundsätzlich wird empfohlen, sämtliche Akteure in Herrenberg stärker in die Maßnahmenumsetzung zu involvieren, sie regelmäßig über Fortschritte auf dem Transformationspfad zu informieren und sie zur Mitarbeit zu animieren. Es gilt eine Aufbruchstimmung hin zur klimaneutralen Wärmeversorgung zu vermitteln, denn der Erfolg der Wärmewende kann nicht ausschließlich durch die Stadtverwaltung und die Stadtwerke gewährleistet werden, sondern liegt in den Händen aller Bürgerinnen und Bürger der Stadt Herrenberg.

8. Schlussbetrachtung

Der vorliegende Erläuterungsbericht zur kommunalen Wärmeplanung der Stadt Herrenberg hat die vier Hauptbestandteile gemäß KlimaG BW – Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenario 2040 und Wärmewendestrategie – hinsichtlich der verwendeten Daten und Methodiken sowie der erzielten Ergebnisse dargelegt. Darüber hinaus wurden die durchgeführten Maßnahmen im Bereich der Akteursbeteiligung skizziert.

In der **Bestandsanalyse** wurde die Gemeinde- und Gebäudestruktur in Herrenberg betrachtet. Die Beheizungsstruktur wies im Basisjahr 2019 einen Anteil fossiler Einzelheizungen von 83 % aus. 91 % der verursachten Emissionen, die dem Wärmesektor zugeordnet werden konnten, sind auf diese Heizungen zurückzuführen. Mit Blick auf die Sektoren entfielen rund zwei Drittel des Endenergiebedarfs und der damit einhergehenden Treibhausgasemissionen auf den Wohnsektor. Die Stadtverwaltung Herrenberg nimmt eine Vorbildfunktion ein und kann mit den kommunalen Gebäuden ca. 6 % des Endenergieverbrauchs und damit ca. 6 % der Emissionen im Wärmesektor direkt beeinflussen.

In der **Potenzialanalyse** wurden Potenziale zur Strom- und Wärmeversorgung untersucht. Im Zeithorizont bis zum Jahr 2040 könnte, bei einer Verdopplung der jährlichen Sanierungsrate auf 2 % im Wohnsektor, der Wärmebedarf um bis zu 10 % gesenkt werden. Aufgrund einer hohen Wärmebedarfsdichte liegt im Kernstadtgebiet Herrenberg und weiteren Teilgebieten eine Wärmenetzeignung vor. Großes Potenzial bietet die Stromerzeugung mittels Photovoltaik auf Dach- und Freiflächen sowie durch Windkraftanlagen. Das lokale Potenzial der thermischen Verwertung von Energie- und Restholz kann zur Dekarbonisierung der Wärmeherzeugung im einstelligen Prozentbereich beitragen. Potenzial zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden ist in Herrenberg nicht vorhanden, Erdwärmekollektoren können im Einzelfall genutzt. Es wird erwartet, dass die Wärmeherzeugung durch Wasserstoff ab 2030 eine große Rolle spielen wird. Die geplante Versorgung des Großraumes Stuttgart durch die Süddeutsche Erdgasleitung ab dem Jahr 2030 mit Wasserstoff lässt auf eine Umstellung des Gasnetzes auf Wasserstoff schließen.

Zur Erarbeitung des klimaneutralen **Zielszenarios** für Herrenberg wurde das Stadtgebiet in 37 Teilgebiete aufgeteilt und diese hinsichtlich ihrer Wärmenetzeignung bewertet. Das festgelegte Zielszenario beinhaltet den Ausbau von Wärmenetzen im Stadtgebiet mit einer angestrebten Anschlussquote von mindestens 50 %. Daraus resultiert im Zielszenario 2040 ein Wärmenetzanteil von rund 23 % an den installierten Heizungen. Die verbleibenden Heizungssysteme sind Einzelheizungen, überwiegend Luftwärmepumpen und klimaneutrale Gastechnologien. Die Ergebnisse des Zielszenarios wurden auf die ausgewiesenen Teilgebiete heruntergebrochen und die zukünftige Entwicklung der Wärmeherzeugung sowie die verfügbaren regenerativen Potenziale in Teilgebietssteckbriefen dokumentiert. Abschließend wurde dargestellt, wie sich die Entwicklungen des Zielszenarios auf die zukünftige Stromnachfrage und den Betrieb der Gasnetze in Herrenberg auswirken können.

Der Bestandteil **Wärmewendestrategie** erörterte die Festlegung von konkreten Umsetzungsmaßnahmen und deren Priorisierung. Bei den Maßnahmen wurde ein strategischer Fokus auf die klimaneutrale Wärmeversorgung neu geplanter Quartiere gelegt. Ein weiteres Feld der Maßnahmen stellt die Erschließung von erneuerbaren Energiepotenzialen dar. Dazu soll insbesondere der Bau von Windenergieanlagen auf der Gemarkung Herrenberg vorangetrieben werden. Schließlich wurde auch der Verankerung der Kommunalen Wärmeplanung in die Stadtverwaltungsprozesse sowie durch Öffentlichkeitsbeteiligung in der Bürgerschaft Herrenbergs ein besonderes Gewicht zugemessen. Nach Anforderungen des KlimaG BW soll mit der Umsetzung der prioritären Maßnahmen innerhalb der nächsten fünf Jahre nach Veröffentlichung des Wärmeplans begonnen werden, was die Zusammenarbeit sämtlicher Akteure in Herrenberg erfordert. Um das Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung in Herrenberg bis ins Jahr 2040 sicherzustellen, sollte der Fortschritt der Wärmewende fortlaufend evaluiert und die Planungen angepasst werden.

Die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans sollte durch eine kontinuierliche Kommunikation mit den relevanten **Akteuren** begleitet werden. Diese wurden bereits im Projektverlauf identifiziert und in verschiedenen Beteiligungsformaten in die Wärmeplanung miteinbezogen. Darüber hinaus wurde empfohlen, sämtliche Akteure in Herrenberg stärker in die Maßnahmenumsetzung zu involvieren, sie regelmäßig über die Fortschritte auf dem Transformationspfad zu informieren und zur Mitarbeit zu animieren.

9. Quellenverzeichnis

- [1] Stadt Herrenberg, „Klimafahrplan der Stadt Herrenberg - Version 1.0“. 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.herrenberg.de/tools/partPlat/projects/pdfs/132/MuCNN3>
- [2] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, „Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf
- [3] LGL Baden-Württemberg, „ALKIS-Liegenschaftsdaten für die Stadt Herrenberg“. n.D.
- [4] Stadt Herrenberg, „Auflistung der kommunalen Liegenschaften“. 2022.
- [5] infas 360 GmbH, „Hauskoordinaten mit Gebäudeparametern (Baujahresklassen, Gebäudetyp)“. n.D.
- [6] Bezirksschornsteinfeger der Kehrbezirke in Herrenberg, „Auszüge aus dem elektronischen Kehrbuch“. n.D.
- [7] Stadtwerke Herrenberg, „Erdgasverbrauchsdaten 2019“. 2022.
- [8] Stadtwerke Herrenberg, „Wärmestromverbrauchsdaten 2019“. 2022.
- [9] Stadtwerke Herrenberg, „Wärmeverbrauchsdaten 2019“. 2022.
- [10] Dr. Max Peters u. a., „Technikkatalog kommunale Wärmeplanung - Version 1.0“, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2022.
- [11] Deutscher Wetterdienst, „Klimafaktoren (Jan 2009 - Jul 2020)“. Zugegriffen: 9. Januar 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>
- [12] G. Luderer, C. Kost, und Dominika, „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich“, 2021, doi: 10.48485/PIK.2021.006.
- [13] Martin Kaltschmitt, Wiese Andreas, und Streicher Wolfgang, *Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*, 3. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York, 2003.
- [14] J. Keller, „Wärmepotenzial am Ablauf der Kläranlage Gäu-Ammer“, Deutsch Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Landesverband Baden-Württemberg, Apr. 2023.
- [15] *Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW)*. 2023.
- [16] LUBW, „Daten- und Kartendienst der LUBW“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/>
- [17] Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, „Vorrang für erneuerbare Energien“. Zugegriffen: 25. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://mlw.baden-wuerttemberg.de/de/landesentwicklung/regionale-planungsoffensive>
- [18] „Datenlieferung Abfallstoffe Stadt Herrenberg“. 2022.
- [19] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, „Landwirtschaftlich genutzte Fläche seit 1979 nach Hauptnutzungsarten Stadt Herrenberg“. 2021.
- [20] Viehbestandserhebung, „Viehhaltung der Landwirtschaftlichen Betriebe“. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021.
- [21] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (ISONG) <https://isong.lgrb-bw.de/>“, 2022.
- [22] „Leitfaden zur Nutzung der Erdwärme mit Erdwärmekollektoren“, Umweltministerium Baden-Württemberg, 2008.
- [23] Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg, „HVZ-Pegelkarten“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/map_peg.html
- [24] H. Kammer, *Thermische Seewassernutzung in Deutschland: Bestandsanalyse, Potential und Hemmnisse seewasserbetriebener Wärmepumpen*. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Vieweg, 2018. doi: 10.1007/978-3-658-20901-8.

- [25] terranets bw, „Wir bringen Wasserstoff nach Baden-Württemberg und Hessen“. Zugegriffen: 28. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.terranets-bw.de/unsere-netze/wasserstoff#:~:text=Den%20Aufbau%20des%20Wasserstoff%2DNetzes,als%2095%20%25%20bestehende%20Gasleitungen%20nutzt.>
- [26] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V., „Der Gasnetzgebietstransformationsplan - Ergebnisbericht 2022“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.h2vorort.de/fileadmin/Redaktion/Bilder/Publikationen/Ergebnisbericht_2022_des_GTP_A4.pdf
- [27] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“. 15. September 2022.
- [28] Erdmann, Georg & Dittmar, Lars, *Technologische und energiepolitische Bewertung der Perspektiven von Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland*. 2010.
- [29] prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut, „Klimaneutrales Deutschland 2045 - Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann“. 2021.
- [30] KEA BW, „Muster-Leistungsverzeichnis zur Vergabe und Ausschreibung von kommunalen Wärmeplänen“. 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/LV_KWP_KEA_BW.docx

Anhang

Anhang 1: Verwendete Emissionsfaktoren für die Wärmeerzeugung [10]

| Brennstoff | Emissionsfaktor in kg CO ₂ / kWh | | |
|--------------------------|---------------------------------------------|-------|-------|
| | 2019 | 2030 | 2040 |
| Heizöl | 0,311 | 0,311 | 0,311 |
| Erdgas | 0,233 | 0,233 | 0,233 |
| Holz | 0,022 | 0,022 | 0,022 |
| Biogas | 0,090 | 0,086 | 0,083 |
| Abwärme | 0,040 | 0,038 | 0,037 |
| Wärmenetze Herrenberg | 0,233 | 0,094 | 0,022 |
| Strommix | 0,478 | 0,270 | 0,032 |

Anhang 2: Aufteilung Wärmebedarfe von Wohngebäuden

| Gebäudetyp | Anteil Warmwasser | Anteil Raumwärme |
|-----------------|-------------------|------------------|
| EFH bis 1918 | 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 2019 | 53% | 47% |
| DH_RH bis 1918 | 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 ab2019 | 69% | 31% |
| MFH bis 1918 | 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 2019 | 86% | 14% |
| GMH bis 1918 | 13% | 87% |
| GMH 1919_1948 | 12% | 88% |
| GMH 1949_1957 | 15% | 85% |

| Gebäudetyp | Anteil Warmwasser | Anteil Raumwärme |
|---------------|-------------------|------------------|
| 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 2019 | 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 2019 | 72% | 28% |

Anhang 3: Aufteilung Wärmebedarfe von Industrie und GHD sowie von öffentlichen Gebäuden

| Gebäudefunktion | Anteil Raumwärme | Anteil Warmwasser | Anteil 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% |
| Veranstaltungsgebäude | 87% | 13% | 0% |
| Verwaltungsgebäude | 88% | 12% | 0% |
| Wohn- und 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 | 100% | 0% | 0% |
| Bürogebäude | 86% | 14% | 0% |
| Fabrik | 0% | 0% | 100% |
| Gaststätte | 50% | 50% | 0% |
| Gebäude für Vorratshaltung | 100% | 0% | 0% |
| 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 | 100% | 0% | 0% |
| Wirtschaftsgebäude | 100% | 0% | 0% |