

Kommunale *Wärmeplanung* Gemeinde Hambrücken



Entwurfsstand 30.01.2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
1 Ziele, Inhalte und Vorgehen	5
2 Gesetzlicher Rahmen	6
3 Bestandsanalyse	7
3.1 Gebäudekategorie und Wohngebäudetyp	7
3.2 Gebäudealtersverteilung	8
3.3 Energieträgerverteilung und Altersstruktur der Heizungsanlagen	10
3.4 Großverbraucher	12
3.5 Leitungsgebundene Infrastruktur	12
3.6 Energie- und Treibhausgasbilanz	13
4 Potenzialanalyse	18
4.1 Endenergieeinsparung und Entwicklung des Wärmebedarfs	18
4.2 Lokale erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung	19
4.3 (Über-)Regionale Potenziale zur Wärmeversorgung	26
4.4 Lokale erneuerbare Energien zur strombasierten Wärmeversorgung	28
4.5 (Über-)Regionale Potenziale zur strombasierten Wärmeversorgung	30
4.6 Kraft-Wärme-Kopplung	30
4.7 Potenzialübersicht erneuerbare Energien	30
5 Projektbeteiligte	32
6 Bild- und Literaturquellen	33

Alle Ergebnisse sind im Folgenden auf die 10er bzw. bei Energieverbräuchen auf die 100er-Stelle gerundet dargestellt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schritte der kommunalen Wärmeplanung	5
Abbildung 2: Bilanzielle Verteilung der Gebäudekategorien für beheizte Gebäude	7
Abbildung 3: Räumliche Verortung der Wohngebäudetypen auf Baublockebene	8
Abbildung 4: Bilanzielle Verteilung der Wohngebäudetypen	8
Abbildung 5: Räumliche Verortung der Gebäudebaujahre auf Baublockebene	9
Abbildung 6: Bilanzielle Verteilung der Gebäudebaujahre	9
Abbildung 7: Räumliche Verortung der Hauptenergieträger auf Baublockebene	10
Abbildung 8: Bilanzielle Verteilung der Hauptenergieträger	11
Abbildung 9: Räumliche Verortung der Feuerstätten-Altersklassen (Baublockebene)	11
Abbildung 10: Bilanzielle Verteilung der bekannten Feuerstätten-Altersklassen	12
Abbildung 11: Wärmeverbrauchsbilanz auf Basis der eingesetzten Energieträger	14
Abbildung 12: Räumliche Verortung des spezifischen Endenergiebedarfs Wärme	15
Abbildung 13: Räumliche Verortung der Wärmeliniedichten	15
Abbildung 14: Stromverbrauchsbilanz auf Basis der eingesetzten Energieträger	16
Abbildung 15: Emissionen der Verbrauchssektoren Wärme, Strom und Kraftstoffe	17
Abbildung 16: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Baualtersklassen für Wohngebäude	18
Abbildung 17: Eigentumsverhältnisse von Waldflächen	20
Abbildung 18: Räumliche Verortung der Dachflächenpotenziale zur Ausnutzung der Solarenergie	21
Abbildung 19: Untergrundtemperatur in 2.500 m Tiefe	22
Abbildung 20: Bergbauberechtigungen auf Erdwärme	23
Abbildung 21: Ausschlussgebiete und Restriktionen zur Erdwärmennutzung	25
Abbildung 22: Räumliche Verortung des theoretischen Maximalpotenzials zur Nutzung von Erdwärmesonden ...	26
Abbildung 23: Ausbauplan Wasserstoffnetz Terranets BW	27
Abbildung 24: Technisches PV-Potenzial auf Gebäudedächern nach Anlagengröße	29
Abbildung 25: Solarpotenzial nach Sektoren	29
Abbildung 26: Potenzialübersicht erneuerbare Energien (Bestand und zusätzliches Potenzial)	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Energie- und Treibhausgasbilanz (Bestand)	17
--	----

Abkürzungsverzeichnis

BICO2 BW.....	<i>kommunales Energie- und CO₂-Bilanzierungstool</i>
BISKO	<i>Bilanzierungs-Systematik Kommunal</i>
BNetzA	<i>Bundesnetzagentur</i>
GEG	<i>Gebäudeenergiegesetz</i>
GHD.....	<i>Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</i>
KlimaG BW	<i>Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg</i>
LDSG BW	<i>Landesdatenschutzgesetz Baden-Württemberg</i>
THG-Emissionen.....	<i>Treibhausgasemissionen</i>
WindBG.....	<i>Windenergieflächenbedarfsgesetz</i>
WPG	<i>Wärmeplanungsgesetz</i>

ENTWURF

1 Ziele, Inhalte und Vorgehen

Um die Klimaschutzziele Baden-Württembergs erreichen zu können, ist die gleichzeitige Umsetzung einer Wärme-, Strom- und Mobilitätswende notwendig. Dabei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass der Wärmesektor mit 58 % den größten Anteil am Gesamtenergiebedarf in Hambrücken aufweist. Anschließend ist der Stromsektor mit 25 % zu nennen, gefolgt vom Verkehrssektor mit 17 %. Die Steuerung dieses Transformationsprozesses auf kommunaler Ebene stellt somit das zentrale Element der kommunalen Wärmeplanung dar. Im Sinne des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes Baden-Württemberg (KlimaG BW) ist dieser Prozess laut § 2 Abs. 16 als „strategischer Planungsprozess mit dem Ziel einer klimaneutralen kommunalen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040“ definiert. In diesem Rahmen werden neben einer Darstellung des Status quo im Bestand auch die Potenziale im Wärmesektor ausgewiesen. Zusätzlich werden Optionen der klimaneutralen Wärmeversorgung im Zieljahr erläutert und entsprechende Maßnahmen zur Zielerreichung ausgearbeitet.

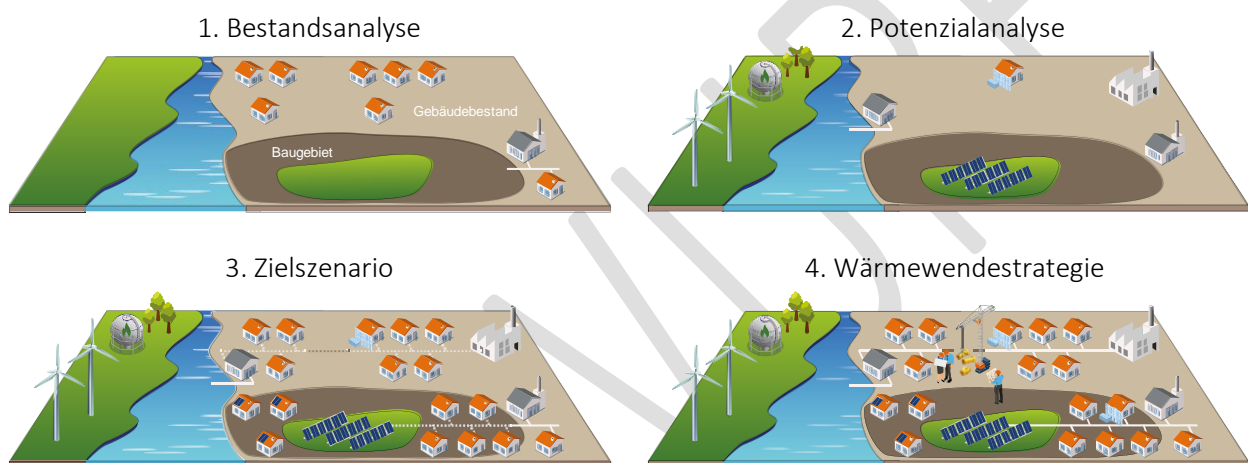


Abbildung 1: Schritte der kommunalen Wärmeplanung (KEA-BW & UM, 2021)

Die kommunale Wärmeplanung stellt keinen finalen Masterplan für die Wärmeversorgung einer Kommune dar. Sie betrachtet lediglich die Gebietsebene und nicht einzelne Gebäude, weshalb auch keine verbindliche Festlegung von Heizungssystemen für die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer getroffen wird. Folglich besteht weiterhin die Möglichkeit selbst zu entscheiden, welches Heizungssystem (z. B. Fernwärme, Wärmepumpe oder Biomasse) eingesetzt werden soll. Die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) sind jedoch zu erfüllen.

Die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung erfolgt seit 2024 in enger Zusammenarbeit zwischen der Gemeindeverwaltung, dem Gemeinderat, der Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe (UEA) sowie weiteren Akteuren.

2 Gesetzlicher Rahmen

Gemäß dem KlimaG BW ist die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans (§ 27 KlimaG BW) für alle Gemeindekreise und Großen Kreisstädte bis zum 31. Dezember 2023 verpflichtend. Für kleinere Kommunen besteht die Möglichkeit einer freiwilligen Erstellung auch zu einem späteren Zeitpunkt. Die vorliegende Ausarbeitung erfolgte entsprechend den zum Zeitpunkt der Erstellung gültigen gesetzlichen Anforderungen und entspricht damit dem Stand eines kommunalen Wärmeplans nach § 27 KlimaG BW. Somit genießt dieser auf Basis von § 5 des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) vom Bund Bestandsschutz nach dem Landesrecht. Eine Anpassung an die Bundesvorgaben ist erst im Rahmen der vorgesehenen ersten Fortschreibung gefordert, spätestens jedoch bis zum 1. Juli 2030. Allgemein wird erwartet, dass das Land Baden-Württemberg im Jahr 2025 das KlimaG BW novelliert und an die Bundesvorgaben anpasst.

In Bezug auf die Erhebung der erforderlichen Daten sieht § 33 Abs. 6 KlimaG BW folgende Regelung vor: „Eine Pflicht zur Information der betroffenen Person gemäß Artikel 13 Absatz 3 der Datenschutz-Grundverordnung durch die zur Datenübermittlung verpflichteten Energieunternehmen und öffentlichen Stellen besteht nicht.“ Auf Grundlage von § 4 Landesdatenschutzgesetz Baden-Württemberg (LDSG BW) werden insoweit zusätzlich zähler- oder gebäudescharfe Wärmeverbrauchsdaten erhoben.

Gemäß § 33 Abs. 5 KlimaG BW ist die Gemeinde Hambrücken nicht befugt, die personenbezogenen Daten für einen anderen Zweck weiterzuverarbeiten als den, für den sie erhoben wurden (Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung gem. § 27 KlimaG BW). Die Art und der Umfang der erhobenen und verarbeiteten Daten sind in § 33 KlimaG BW dargelegt. Im Rahmen der vorgeschriebenen Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans werden keine personenbezogenen Daten oder Daten, die Rückschlüsse auf Einzelpersonen oder Einzelunternehmen ermöglichen, veröffentlicht. Die Daten werden zu diesem Zweck aggregiert. Die personenbezogenen Daten werden nach Verarbeitung bzw. Erstellung der kommunalen Wärmeplanung gelöscht.

Die vorliegende kommunale Wärmeplanung löst nicht den Fall nach § 71 Abs. 8 GEG 2024 („Gebiet zum Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes“) aus, da lediglich Eignungsgebiete ermittelt werden, jedoch keine konkrete Entscheidung über den Bau von Wärmenetzen getroffen wird. Gemäß § 26 WPG ist eine zusätzliche Entscheidung der Gemeinde zur Ausweisung von „Gebieten zum Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes“ unter Berücksichtigung der Ergebnisse des kommunalen Wärmeplans notwendig. Diese zusätzliche Entscheidung durch die Gemeinde könnte nach derzeitiger Einschätzung des Umweltministeriums Baden-Württemberg beispielsweise in Form einer kommunalen Satzung erfolgen. Erst mit dieser Entscheidung würde das Gebäudeenergiegesetz für Bestandsgebäude für die ausgewiesenen Gebiete aktiviert werden. Aus demselben Grund ist auch § 71j GEG 2024 „Übergangsfristen bei Neu- und Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes“ noch nicht anzuwenden. Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer können folglich auch nicht die in § 71j Abs. 4 GEG 2024 beschriebenen finanziellen Ansprüche geltend machen, wenn ein vertraglich zugesicherter Wärmenetzanschluss nicht umgesetzt wird. Eine solche verbindliche Situation kann beispielsweise erst entstehen, wenn sich ein Energieversorgungsunternehmen zum Bau eines Wärmenetzes verpflichtet und entsprechende Verträge mit potenziellen Kunden unterschrieben sind. Weiterhin wäre in diesem Fall noch ein Beschluss des Gemeinderats zur Festlegung eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau eines Wärmenetzes erforderlich.

3 Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse erfolgt eine umfassende Ermittlung des Gebäudebestandes, der Energieinfrastruktur sowie des Wärmeverbrauchs im gesamten Gemeindegebiet. Als Basisjahr für die Analysen dient aufgrund der Datenverfügbarkeit das Jahr 2023.

Die Gemeinde Hambrücken mit rund 5.600 Einwohnern und einer Fläche von 11 km² liegt im nördlichen Landkreis Karlsruhe. Das Gemeindegebiet besteht aus einem namensgebenden Ortsteil, Hambrücken. Dazu kommen leicht außerhalb des Ortes der Spargelhof Simianer, der Vogelpark und die Sportvereine im Süden.

3.1 Gebäudekategorie und Wohngebäudetyp

Die Daten der Gebäudekategorien und Wohngebäudetypen basieren auf dem Datensatz des amtlichen Liegenschaftskatasters der Gemeinde Hambrücken (LGL, 2024). Neben einer Einteilung nach Gebäudekategorien sind im Wohngebäudesektor weitere Detaillierungsgrade verfügbar, welche Aufschluss über den Siedlungskörper geben und in die Energiebedarfsberechnung einfließen.

In der Gemeinde Hambrücken sind 4.601 Gebäude vorhanden, wovon 1.944 beheizt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Gesamtzahl der Gebäude wesentlich höher ist, da hier auch Gebäude von energetisch geringerer Relevanz wie Scheunen oder Garagen mitgezählt werden. Wie Abbildung 2 verdeutlicht, stellen bei den beheizten Gebäuden die Wohngebäude mit einem Anteil von 87 % die dominierende Kategorie dar. Der zweitgrößte Sektor besteht aus gewerblich und industriell genutzten Gebäuden, die einen Anteil von 9 % ausmachen, gefolgt von jenen gemischt wohnlich-gewerblich genutzten Gebäuden mit 3 %. Etwas mehr als 1 % der Gebäude sind öffentlichen Zwecken vorbehalten. Die übrigen Gebäude lassen sich keiner spezifischen Nutzungskategorie zuordnen.

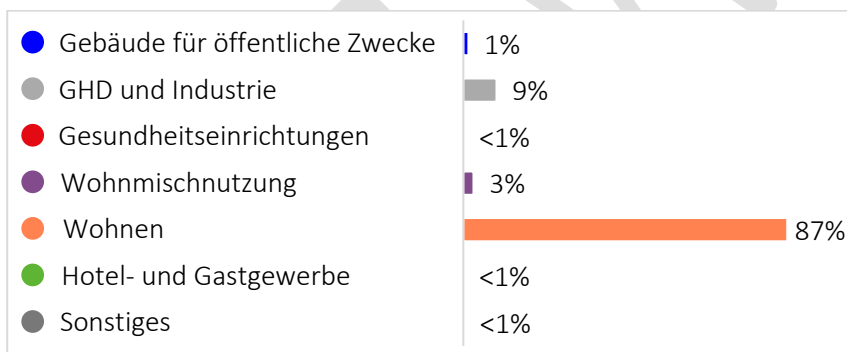


Abbildung 2: Bilanzielle Verteilung der Gebäudekategorien für beheizte Gebäude

Die nachfolgend abgebildeten Wohngebäude sind auf Baublockebene zusammengefasst und repräsentieren die im jeweiligen Baublock am häufigsten vorkommende Gebäudenutzung, vgl. Abbildung 3 und 4. Für Hambrücken mit seinen 1.713 Wohngebäuden zeigt sich, dass weite Teile des Gemeindegebiets von Ein- bis Zweifamilienhäusern sowie Doppel- und Reihenhäusern geprägt sind, gefolgt von Mehrfamilienhäusern sowie Gebäuden mit Mischnutzung. Die übrigen Wohngebäudetypen (Wohnblock und Hochhäuser) gibt es in Hambrücken nicht und spielen somit keine Rolle.



Abbildung 3: Räumliche Verortung der Wohngebäudetypen auf Baublockebene

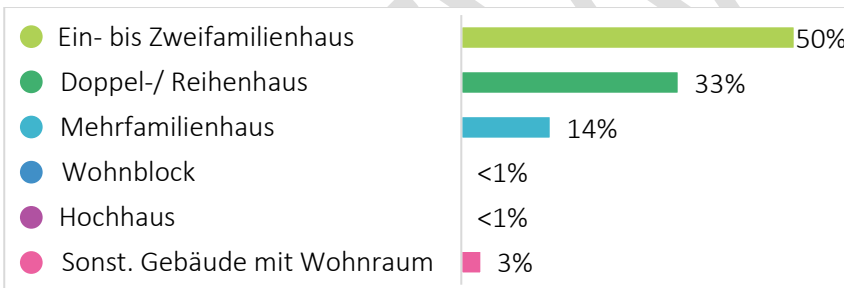


Abbildung 4: Bilanzielle Verteilung der Wohngebäudetypen

3.2 Gebäudealtersverteilung

Die Gebäudealtersverteilung basiert auf den Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters der Gemeinde Hambrücken (LGL, 2024). Die hier dargestellten Baualtersklassen sind auf Baublockebene zusammengefasst und repräsentieren die im jeweiligen Baublock am häufigsten vorkommende Baualtersklasse und folglich indirekt die Siedlungsentwicklung in Hambrücken. Da die Daten von 2023 abgebildet sind, wurde das Neubaugebiet Brühl noch nicht betrachtet. In Abbildung 5 ist die Gebäudealtersverteilung auf Baublockebene dargestellt. Es wird ersichtlich, dass ein Großteil (>61 %) der Gebäude vor der 1. Wärmeschutzverordnung im Jahr 1979 errichtet wurde bzw. nur ein Bruchteil der Gebäude (mit Schwerpunkt in den Ortsrandlagen) aus den Jahren nach 2002 stammt, seitdem entsprechend höhere Anforderungen an die Gebäudehülle gelten. Allerdings ist zu beobachten, dass einige der bestehenden Gebäude zwischenzeitlich teil- oder generalsaniert wurden und

daher eine bessere Energieeffizienz aufweisen, als ihr Baujahr vermuten lässt. Wie die vergangenen Jahre jedoch gezeigt haben, liegt die Sanierungsrate¹ mit weniger als 1 % deutlich unter den Erwartungen des Bundes zur Erreichung der Energieeffizienzziele (BBB, 2023). Innerhalb der Kommune sind nur vier Gebäude als denkmalgeschützt ausgewiesen, jedoch weitere 288 als Denkmalrelevante Gebäude welche bei baulichen Veränderungen geprüft werden müssen.

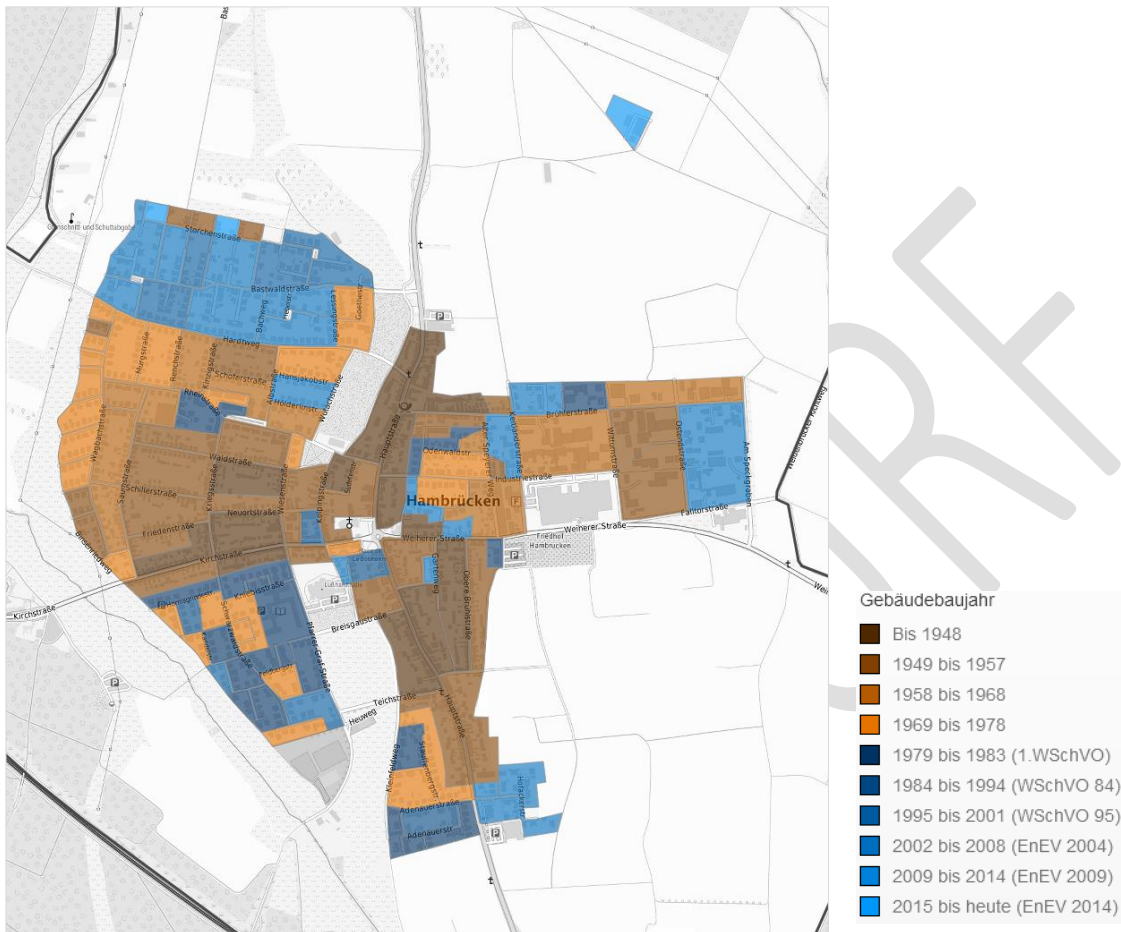


Abbildung 5: Räumliche Verortung der Gebäudebaujahre auf Baublockebene

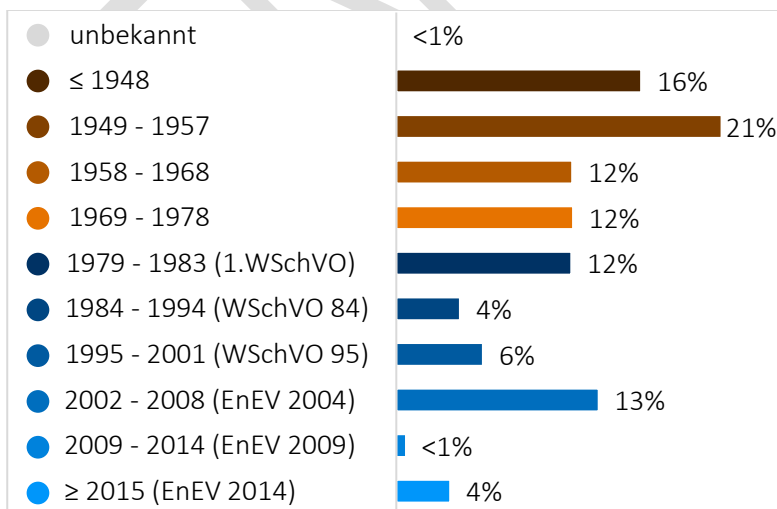


Abbildung 6: Bilanzielle Verteilung der Gebäudebaujahre

¹ Die Sanierungsrate gibt grundsätzlich an, welcher Gebäudeanteil durchschnittlich pro Jahr saniert wird. Eine Sanierungsrate von 1 % bedeutet beispielsweise, dass jährlich eines von 100 Gebäuden saniert wird. Folglich würde es 100 Jahre dauern, bis alle Gebäude saniert wurden.

3.3 Energieträgerverteilung und Altersstruktur der Heizungsanlagen

In Abbildung 7 ist die räumliche Verteilung der Energieträger mit dem quantitativ größten Deckungsanteil im entsprechenden Baublock dargestellt. Als Grundlage für die Erfassung der Heizkessel, Übergabestationen, Öfen usw. dienen Auswertungen der Netzanschlüsse sowie Daten aus den Kkehrbüchern der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger. (Netze-Gesellschaft Südwest mbH, 2023; bBSF, 2022)

In Summe umfassen die Kkehrbuchdaten 2.495 Feuerstätten an 1.944 Adressen. Auch nach manueller Nachbearbeitung der Daten konnte ein Anteil von 5 % aufgrund nicht zuordenbarer Adressdaten keinem Gebäude zugeschrieben werden. Nach einer Ergänzung der Datenbasis um Angaben zu wärmestromversorgten Gebäuden (Wärmepumpen und Stromdirektheizungen) ergibt sich hieraus eine umfassende Darstellung der eingesetzten Energieträger in der Gemeinde Hambrücken.

Die Darstellungen in Abbildung 7 und 8 zeigen, dass Erdgas im Bereich der Wohngebäude und des Gewerbes eine hohe Bedeutung hat. Der Großteil der Gebäude wird hauptsächlich mit Erdgas (41 %) und Öl (33 %) beheizt. Ein weiterer nennenswerter Anteil entfällt auf Gebäude mit elektrischer Wärmeversorgung. Hierbei handelt es sich zum Großteil um alte Nachtstromspeicherheizungen (14 %) und nur zu einem geringen Anteil um neuere Wärmepumpen (7 %).

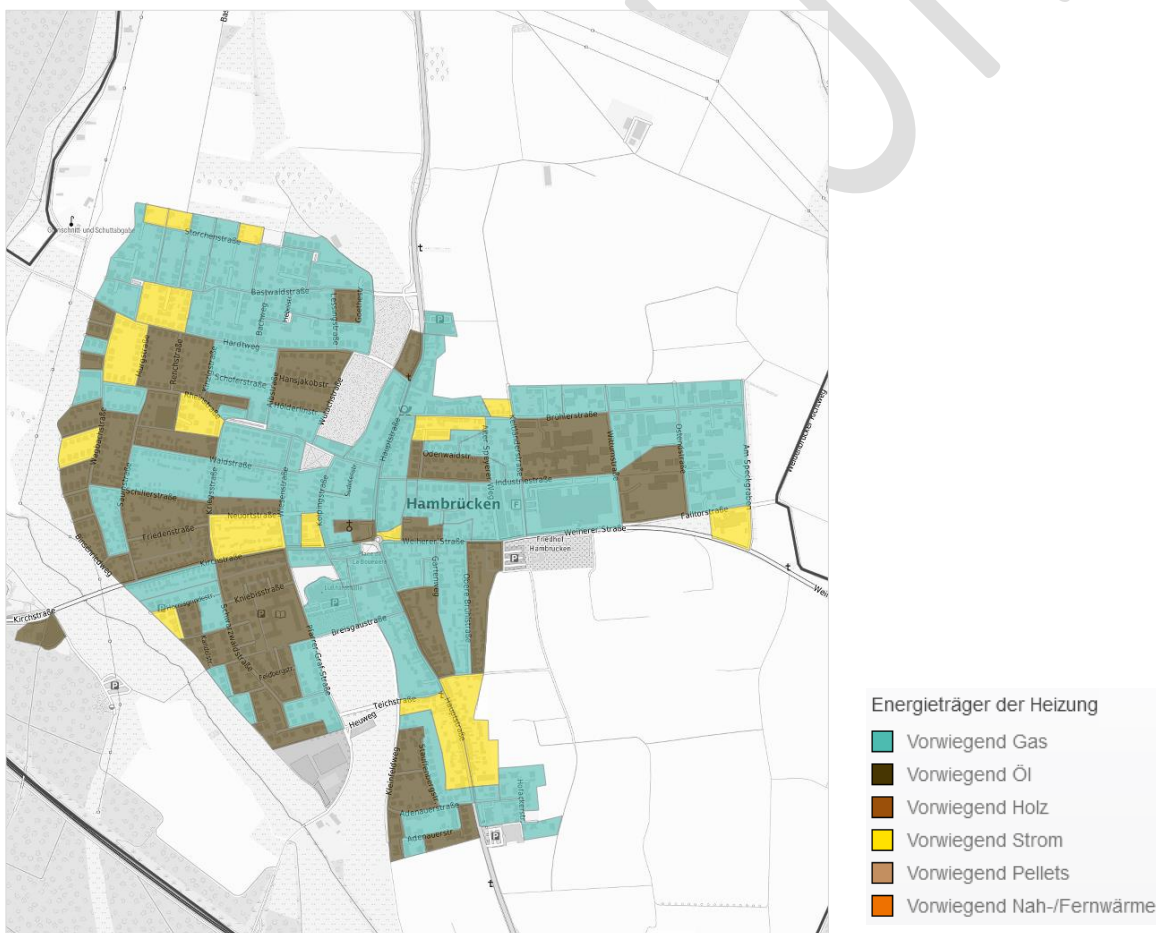


Abbildung 7: Räumliche Verortung der Hauptenergieträger auf Baublockebene

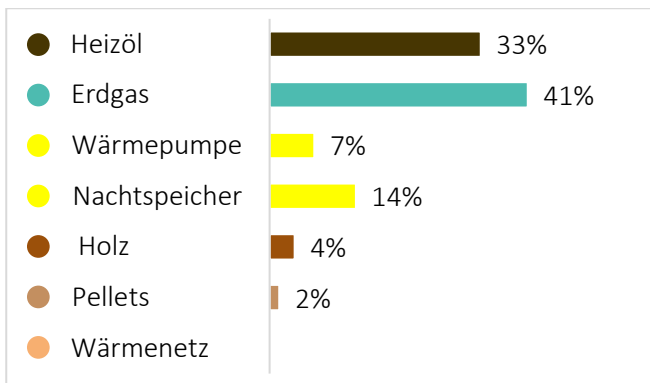


Abbildung 8: Bilanzielle Verteilung der Hauptenergieträger

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde zudem die Altersverteilung der Feuerstätten untersucht. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten ergibt sich für die bekannten Einbaujahre ein mittleres Alter der Hauptheizungsanlagen von ca. 20 Jahren. Dabei sind 48 % der Feuerstätten älter als 20 Jahre, was darauf hinweist, dass in absehbarer Zeit mit einer Erneuerung der Heizungsanlagen zu rechnen ist. Während Erdgasheizungen im Durchschnitt erst 16 Jahre alt sind, sind die Ölheizungen im Durchschnitt bereits rund 26 Jahre in Betrieb. Die Abbildungen 9 und 10 veranschaulichen die räumliche Verteilung der Feuerstätten-Altersklassen über das Gemeindegebiet sowie die bilanzielle Auswertung.

Des Weiteren ist den Datengrundlagen zu entnehmen, dass ca. 16 % der aktuell eingebauten Hauptheizungsanlagen Einzelraumheizung sind. Diese Einzelraumheizungen führen bei einer Umstellung des Energieträgers bzw. der Heizungstechnologie zu einem höheren Aufwand. Hierbei lässt sich kein geographischer Schwerpunkt für die Einzelraumheizungen in bestimmten Gebieten erkennen.

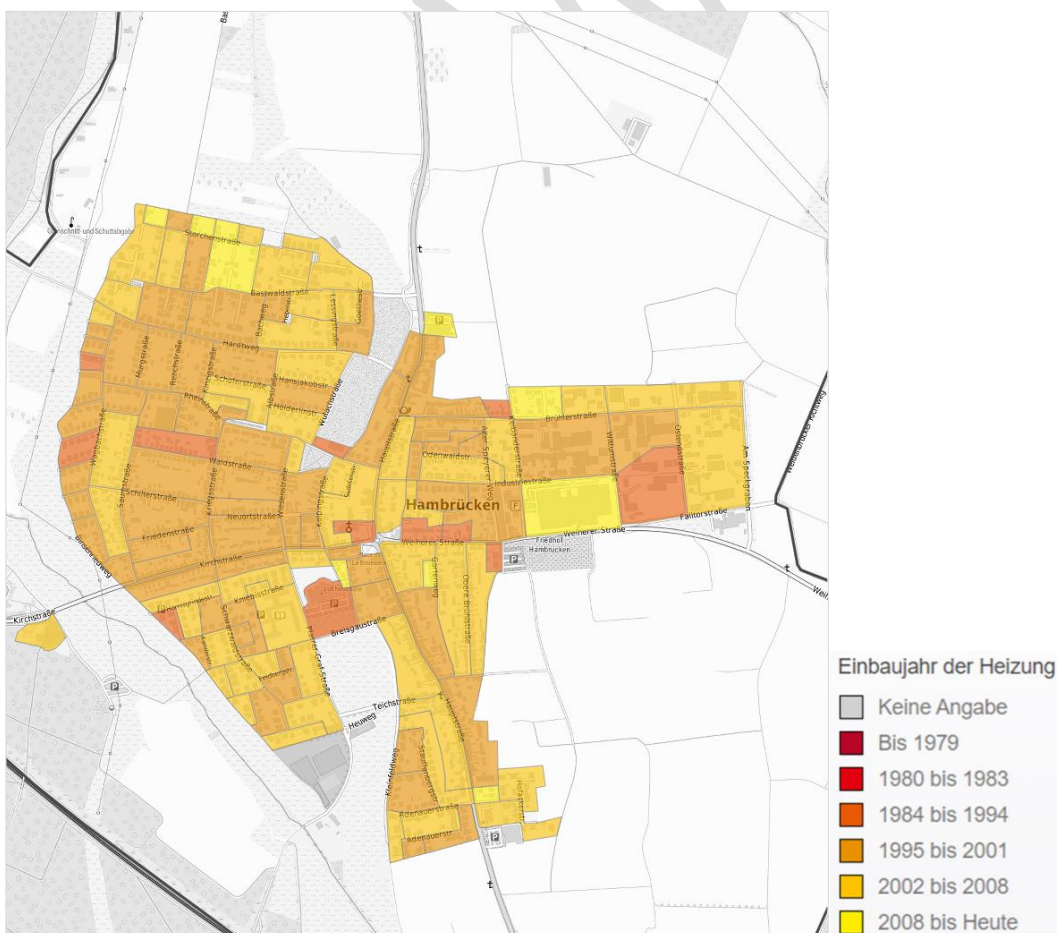


Abbildung 9: Räumliche Verortung der Feuerstätten-Altersklassen (Baublockebene)

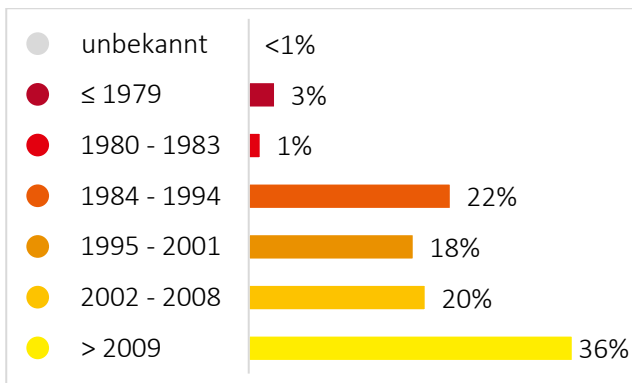


Abbildung 10: Bilanzielle Verteilung der bekannten Feuerstätten-Altersklassen

3.4 Großverbraucher

In Hambrücken gibt es 18 identifizierte Großverbraucher² mit einem Verbrauch von mehr als 100 MWh/a. Aus Gründen des Datenschutzes ist eine genauere Verortung bzw. Benennung der Großverbraucher nicht möglich.

3.5 Leitungsgebundene Infrastruktur

Im Folgenden werden alle vorhandenen leitungsgebundenen Infrastrukturen der Gemeinde Hambrücken dargestellt, welche eine Rolle in der kommunalen Wärmeplanung spielen.

3.5.1 Gasnetz

Das Erdgasnetz in Hambrücken wurde im Schwerpunkt zwischen 1988 und 1993 errichtet. Die Versorgung des gesamten Gemeindegebiets erfolgt gegenwärtig über das weitverzweigte Gasnetz. Derzeit sind rund 670 Gebäude an das Erdgasnetz angeschlossen. Bestehende, geplante oder genehmigte gewerblich betriebene Gasspeicher sind auf der Gemarkung von Hambrücken nicht bekannt (BNetzA, 2024). Im Rahmen der bis 2030 laufenden Konzession ist die Netze-Gesellschaft Südwest mbH für den Betrieb des Erdgasnetzes von Hambrücken zuständig. Transformationspläne, welche durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) geprüft wurden, lagen für dieses Netz im Bearbeitungszeitraum der kommunalen Wärmeplanung nicht vor.

3.5.2 Wärmenetze

In der Gemeinde Hambrücken sind keine Wärmenetze bekannt.

3.5.3 Stromnetz

Das Stromnetz in Hambrücken versorgt heute das gesamte Gemeindegebiet. Im Rahmen der bis 2028 laufenden Konzession ist die Netze BW GmbH für den Betrieb des Stromnetzes der Gemeinde Hambrücken zuständig. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung lagen keine Ausbauplanungen und Schwachstellenanalysen für das betreffende Netz vor.

3.5.4 Abwassernetz

Aktuell wird das Abwassernetz der Gemeinde Hambrücken durch eben diese untersucht. Bedingt dadurch kann das Abwassernetz noch nicht betrachtet werden und wird erst im weiteren Verlauf der Wärmeplanung berücksichtigt, sobald Daten vorhanden sind.

² Die Zuordnung als Großverbraucher wurde in Abstimmung mit der Gemeindeverwaltung definiert.

3.6 Energie- und Treibhausgasbilanz

Für eine fundierte Bewertung der Ist-Situation sowie zur Entwicklung von Klimaschutzziele ist die Ermittlung von Informationen über die aktuelle Wärmeversorgung und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen zwingend erforderlich. Die Bilanzierung einer endenergiebasierten Territorialbilanz³ erfolgt mit Hilfe des Bilanzierungstools BICO2 BW, welches auf dem BSKO-Standard basiert. Zur Ermittlung einer möglichst aktuellen Bilanz werden die Datengrundlagen aus BICO2 BW mit geeigneten Datengrundlagen ergänzt. Diese Bilanz bildet die Grundlage für die anschließende Bewertung und Priorisierung von Maßnahmen zur klimaneutralen Transformation der Wärmeerzeugung sowie für die Planung eines effizienten Ressourceneinsatzes.

3.6.1 Wärmeverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Die Ermittlung des Wärmebedarfs basiert auf den in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Merkmalen wie Gebäudealter, Gebäudetypen und Gebäudenutzfläche, um daraus typische Bauweisen und Bauteile der Gebäude abzuleiten und diese mit energetischen Kennwerten des Instituts für Wohnen und Umwelt zu bewerten. (IWU, 2022)

Bei Gebäuden, die über leitungsgebundene Energieträger (Erdgas, Strom und Fernwärme) versorgt werden, liegen die konkreten Verbrauchswerte seitens der Energienetzbetreiber vor und werden in die Berechnung mit einbezogen (Netze-Gesellschaft Südwest mbH, 2023; Netze BW GmbH, 2023). Die Wärmeverbräuche der kommunalen Liegenschaften basieren auf der Energiedatenerfassung gemäß § 18 KlimaG BW. Zur Abschätzung der Verbräuche in den Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie der Industrie wurden vorausgewählte Unternehmen mittels eines Fragebogens zur Datenerfassung kontaktiert.

Der Wärmeverbrauch der Gemeinde Hambrücken belief sich im Jahr 2023 auf rund 50.000 MWh (witterungsbereinigt⁴ auf 52.000 MWh), vgl. Abbildung 11. Der Anteil der mittels fossiler Energieträger erzeugten Wärme beträgt rund 72 %. Dabei deckt Erdgas mit etwa 43 % den größten Teil des Bedarfs. Der Anteil der mittels Heizöl erzeugten Wärme beträgt 26 %. Die Nutzung erneuerbarer Energien tragen zu einem Anteil von rund 25 % zur Wärmeerzeugung bei. Mit 20 % nimmt die Biomasse den größten Anteil ein. Die restlichen 5 % entfallen auf die Solarthermie und Umweltwärme. Über Strom werden 6 % der Energie zur Wärmeversorgung bereitgestellt. Unter Einbezug des Anteils von Biogas im deutschen Erdgasnetz (0,7 %) und dem erneuerbaren Anteil im deutschen Strommix beläuft sich der relative Anteil der erneuerbaren Energien am Wärmemix in Hambrücken auf 28 % (BNetzA & BKartA, 2023).

³ Per Definition werden bei einer endenergiebasierten Territorialbilanz „alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (Energie, die z. B. am Hauszähler gemessen wird) berücksichtigt und den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden dann die THG-Emissionen berechnet. Graue Energie wird nicht bilanziert.“ (Hertle, et al., 2014, S. 15)

⁴ Witterungsbedingt können Wärmeverbräuche in den Bilanzen von Jahr zu Jahr um bis zu 25 % schwanken. Um diese Effekte zu reduzieren, können die Wärmeverbräuche einer Bilanz witterungsbereinigt werden. So sind auch Fortschreibungen von Bilanzen über einen längeren Zeitraum miteinander vergleichbar. (Gugel, Hertle, Dünnebeil, & Herhoffer, 2020)

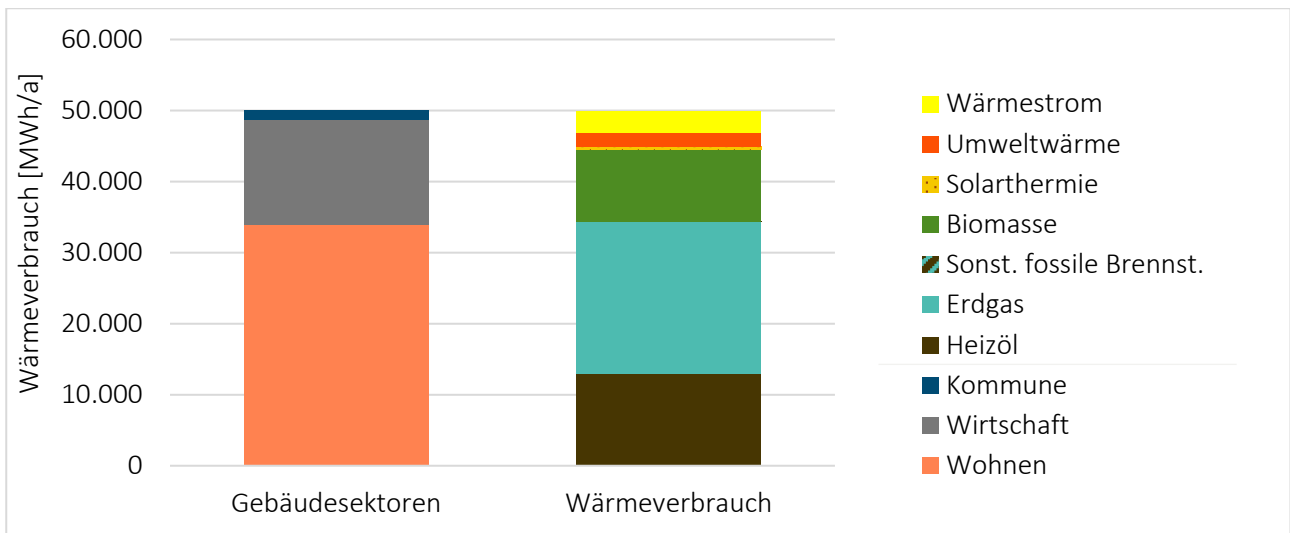


Abbildung 11: Wärmeverbrauchsbilanz auf Basis der eingesetzten Energieträger

Bei genauer Betrachtung der Energieträgerverteilung auf die einzelnen Gebäudesektoren entfallen rund 68 % des Wärmeverbrauchs auf die Wohngebäude, 30 % auf die Sektoren GHD & Industrie sowie 3 % auf die kommunalen Liegenschaften. Auffällig ist hierbei, dass Heizöl vermehrt im Wohngebäudebereich eingesetzt wird, während Erdgas in den Sektoren GHD & Industrie sowie in den kommunalen Gebäuden prozentual den größten Anteil hat. Über die Unternehmensfragebögen wird im weiteren Verlauf der Wärmeplanung freiwillig der Wärmeverbrauch erfasst werden, daher wurde im Folgenden die Schornsteinfegerdaten für das Gewerbegebiet ausgewertet. Als Energieträger werden hauptsächlich Erdgas (50 %) und Strom (24 %), entweder über Wärmepumpen oder Stromdirektheizungen eingesetzt. Hervorzuheben ist auch der hohe Anteil der Wärmeversorgung durch Heizöl (20 %), der Rest entfällt auf Biomasse (6 %).

Eine geografische Verortung von Gebieten mit einem überdurchschnittlichen Wärmebedarf können flächenbezogen der Abbildung 12 und bezogen auf die Wärmedichten⁵ der Abbildung 13 entnommen werden. Die Darstellung dient zur gezielten Identifizierung von Gebieten mit einem hohen Handlungsbedarf.

⁵ Wärmedichten zeigen den Wärmebedarf als Quotient aus Wärmemenge, die innerhalb eines Leitungsabschnitts an die dort angeschlossenen Verbraucher abgesetzt wird, und dem laufenden Straßenmeter auf. Diese dienen z. B. als Planungsgrundlage für den Ausbau von Wärmenetzen.

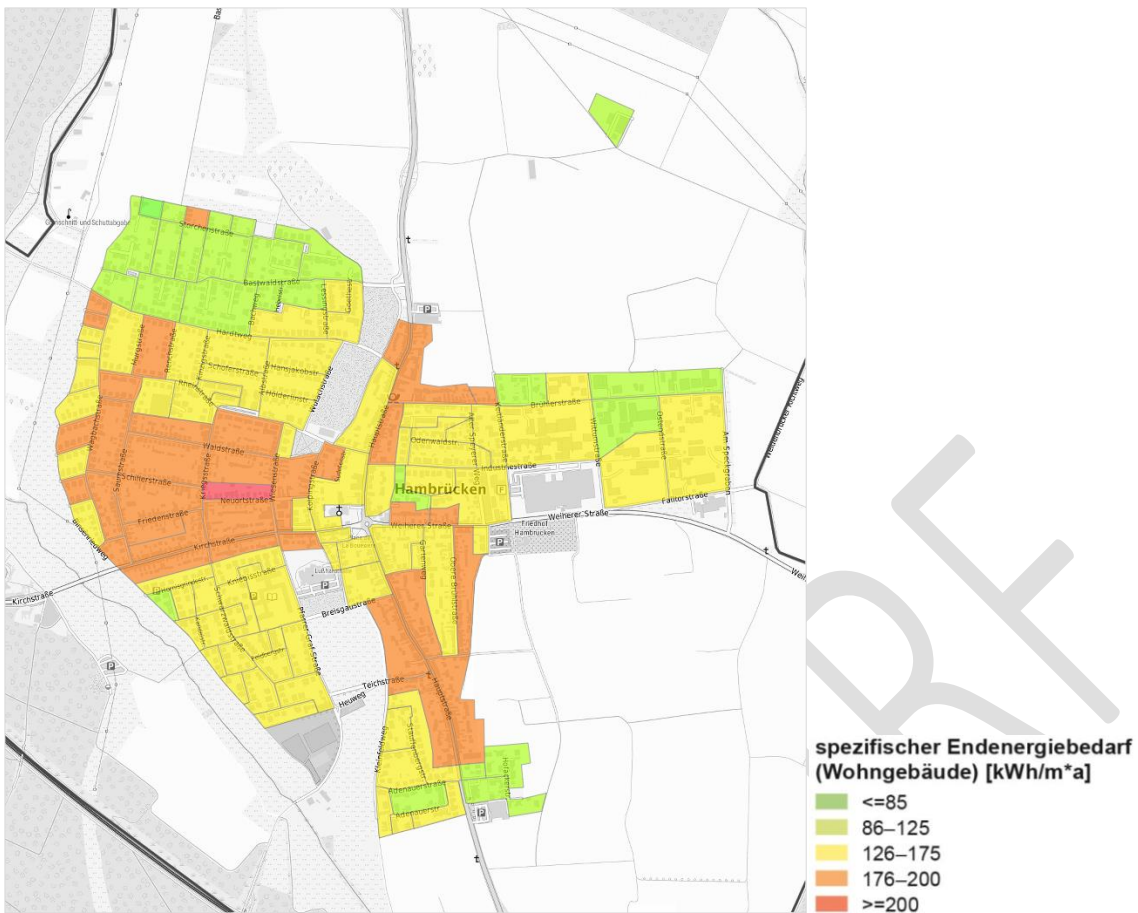


Abbildung 12: Räumliche Verortung des spezifischen Endenergiebedarfs Wärme

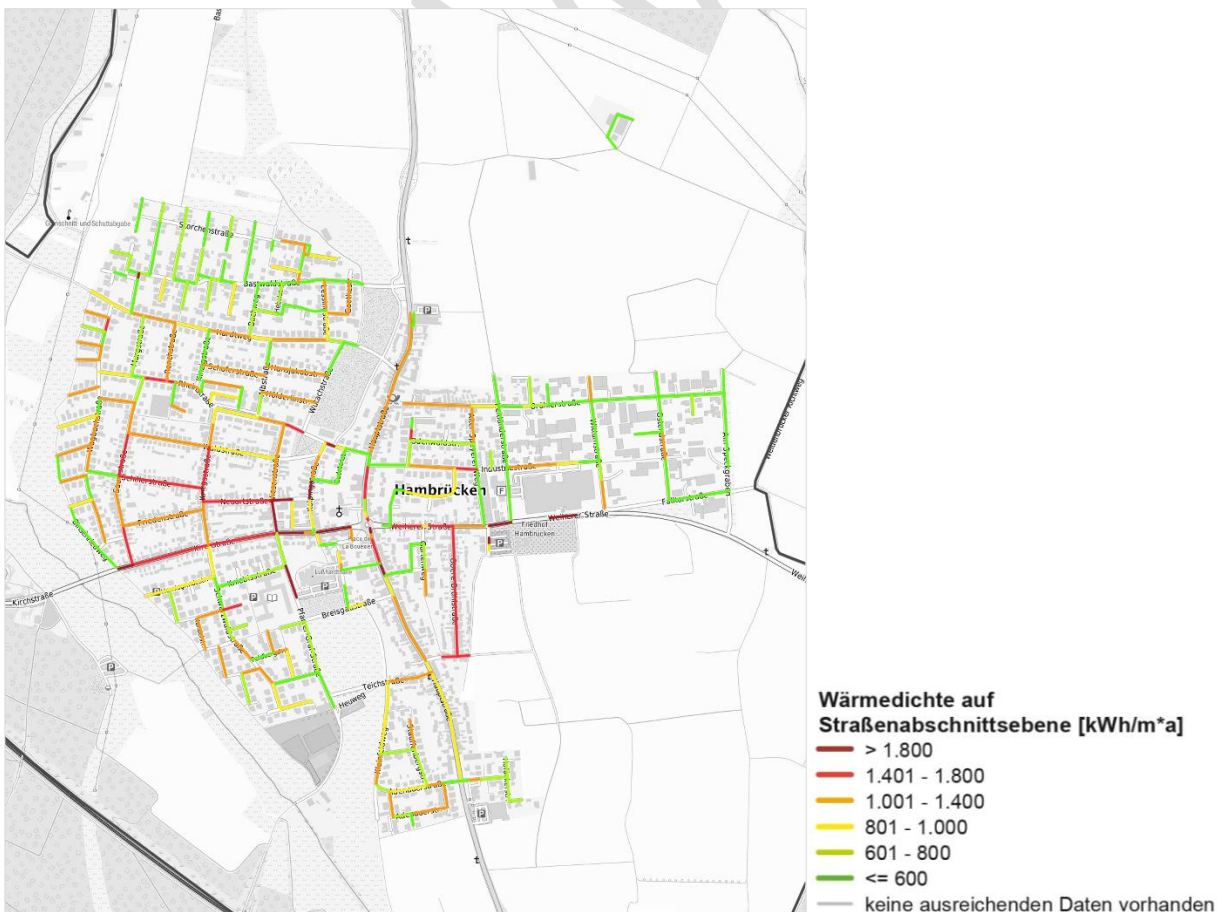


Abbildung 13: Räumliche Verortung der Wärmelinendichten

3.6.2 Stromverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Gesamtstromverbrauch der Gemeinde Hambrücken beträgt im Jahr 2023 ca. 21.500 MWh. Davon entfällt nur ein Drittel (34 %) auf den Wohngebäudesektor. Die Sektoren GHD & Industrie weisen insgesamt mit 60 % einen deutlich größeren Verbrauch auf. Die kommunalen Liegenschaften verbrauchen 1 %, der Rest entfällt auf den Verkehr (5 %). Der relative Anteil des Stroms am Gesamtenergiebedarf der Gemeinde Hambrücken beträgt 25 %.

Die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien trägt heute zur Deckung von ca. 18 % des Strombedarfs der Gemeinde Hambrücken bei und wird vollständig durch Photovoltaik-Anlagen erzeugt. Deponie-, Klär- und Grubengas und Wasserkraft gibt es bisher in Hambrücken nicht. Bei den restlichen 82 % handelt es sich um Strom mit der Zusammensetzung des deutschen Strommixes. Da in diesem wiederum auch ein Anteil von 52 % (Stand 2023) erneuerbar zur Verfügung steht (AGEE-Stat, 2023), beträgt der relative Stromanteil aus erneuerbaren Energien in Hambrücken 61 %.

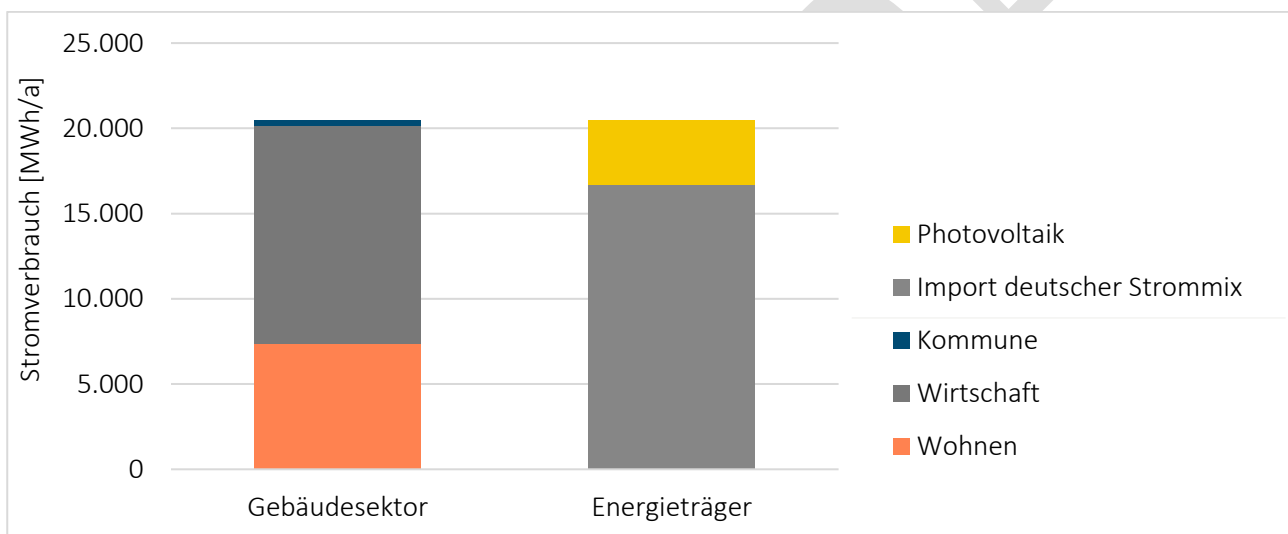


Abbildung 14: Stromverbrauchsbilanz auf Basis der eingesetzten Energieträger

3.6.3 Energieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern

Im Jahr 2023 wurden im Verkehrssektor rund 14.500 MWh Kraftstoff und rund 1.000 MWh Strom verbraucht, was einem Anteil von ca. 18 % am Gesamtenergiebedarf der Gemeinde Hambrücken entspricht. Der Kraftstoff stammt dabei zum Großteil aus fossilen Energieträgern.

3.6.4 Treibhausgasbilanz

Die Berechnung der Treibhausgasbilanz basiert auf den eingesetzten Energieträgern, die mit entsprechenden Emissionsfaktoren aus dem Technikkatalog der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) multipliziert werden, um die resultierenden Treibhausgasemissionen zu ermitteln (KEA-BW, 2023). Die ermittelten Mengen stellen dabei die im Jahr 2023 anfallenden Treibhausgasemissionen dar. Das Ziel einer dekarbonisierten Wärmeversorgung impliziert dabei eine Reduktion der Emissionen auf ein Niveau nahe Null.

Insgesamt ergeben sich für Hambrücken Treibhausgasemissionen im Wärmesektor in Höhe von ca. 10.000 $t_{CO_2-Äq}/a$. Für den Stromsektor ergeben sich Treibhausgasemissionen von ca. 9.000 $t_{CO_2-Äq}/a$ und für den Kraftstoffsektor ungefähr 4.500 $t_{CO_2-Äq}/a$. Die sektorale Verteilung ist in Abbildung 15 dargestellt.

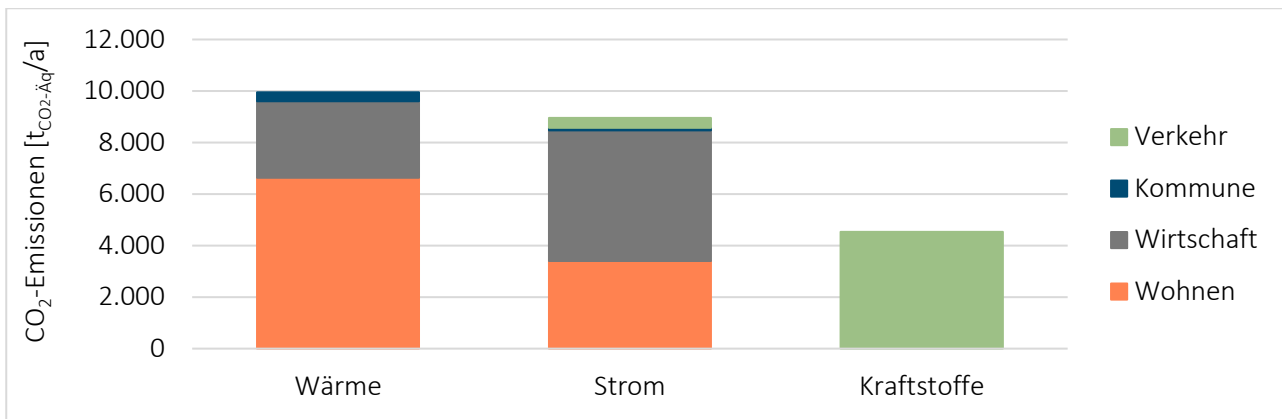


Abbildung 15: Emissionen der Verbrauchssektoren Wärme, Strom und Kraftstoffe

3.6.5 Gesamtenergiebilanz

In der folgenden Übersicht sind sowohl die aktuellen Energieverbräuche als auch die Potenziale erneuerbarer Energien und deren Anteil an der Bedarfsdeckung dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht Energie- und Treibhausgasbilanz (Bestand)

	Wärme	Strom	Verkehr
Energieverbrauch	MWh/a		
Aktueller Verbrauch	50.000	21.500	15.500
Aktueller Verbrauch (witterungsbereinigt)	53.000	23.500	15.500
Treibhausgasemissionen	t _{CO2-Äq} /a		
Aktueller Ausstoß	10.000	9.000	4.500
Energieerzeugung	MWh/a		
Bestand erneuerbare Energien (lokal erzeugt)	13.000	4.000	
Bedarfsdeckung	MWh/a		
Überschuss erneuerbare Energieerzeugung	0	0	
Defizit erneuerbare Energieerzeugung	37.000	17.000	
Deckungsanteil EE-Erzeugung an Energieverbrauch	25 %	18 %	
Deckungsanteil EE-Erzeugung an Energieverbrauch (inkl. deutscher Strommix)	28 %	61 %	

4 Potenzialanalyse

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse erfolgt in der Potenzialanalyse sowohl die Prognose des Energiebedarfs als auch die Ermittlung der für die Wärmeversorgung nutzbaren erneuerbaren Energiemengen.

4.1 Endenergieeinsparung und Entwicklung des Wärmebedarfs

Die Realisierung und Umsetzung von Effizienz- und Einsparpotenzialen im Rahmen der Energiewende ist in allen Energiesektoren technisch möglich. So kann der spezifische Wärmebedarf im Gebäudebestand durch Effizienzmaßnahmen drastisch gesenkt werden. Gerade im Gebäudebereich weichen die Erfolge jedoch stark von den Zielvorstellungen ab. Die Sanierungsrate liegt seit Jahren unter einem Prozent (BBB, 2023). Um die Klimaziele des Bundes bis zum Zieljahr 2045 erreichen zu können, sollte die Rate jedoch auf über 2 % steigen. Das Land Baden-Württemberg weist das Zieljahr 2040 aus und fordert in diesem Zusammenhang gemäß § 10 KlimaG BW eine Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor um 49 % bis 2030 gegenüber 1990. Bis 2022 sanken die Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor in Baden-Württemberg um 26 % (\emptyset 1,2 %/a) (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2023).

4.1.1 Wohngebäude

Je nach Gebäudealter und Bausubstanz ergeben sich unterschiedliche Herausforderungen und Möglichkeiten, das eigene Wohngebäude „zukunftsfit“ zu machen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde für jedes einzelne Bestandsgebäude das Einsparpotenzial (nach Bauteilkatalog) berechnet, vgl. Abbildung 16. Dies gibt einen ersten Eindruck, wie groß das Einsparpotenzial in Hambrücken ist. Hieraus können sich in vielen Fällen auch wirtschaftliche Anreize ergeben, die in der Regel eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Umsetzung darstellen. Insbesondere die zukünftig steigende CO₂-Besteuerung, das GEG sowie die für 2025 geplante Novellierung des KlimaG BW werden erheblichen Einfluss auf Investitionen in Energieeffizienz und -einsparung haben.

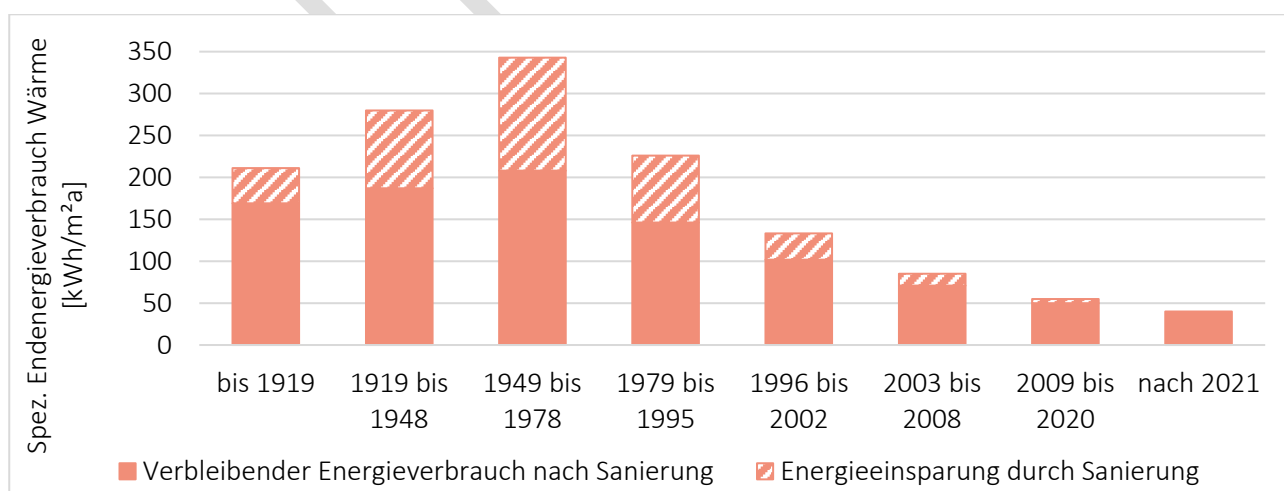


Abbildung 16: Flächenbezogener Endenergieverbrauch nach Baualterklassen für Wohngebäude (KEA-BW & UM, 2021, S. 54)

Die angenommenen Raten für energetische Sanierungen betragen 0,8 %/a (Sanierungsrate in Deutschland in 2023), 2,3 %/a (notwendige Sanierungsrate zur Zielerreichung in Baden-Württemberg) und 1,3 %/a (Sanierungsrate in Baden-Württemberg zwischen 2016 und 2020) (BBB, 2023; ZSW; ifeu; Öko-Institut; ISI; HIR, 2022; KEA-BW, 2022). Bei einer Sanierungsrate von 2,3 %/a wären bis 2040 447 von 1.713 Wohngebäuden energetisch saniert. Unter diesen Annahmen ergibt sich bis 2035 ein Einsparpotenzial von ca. 10.700 MWh/a (31 %

des Gesamtwärmebedarfs). Bei einer Sanierungsrate von 1,3 %/a beträgt das Einsparpotenzial ca. 7.000 MWh/a (20 % des Gesamtwärmebedarfs, 268 von 1.713 Wohngebäuden energetisch saniert) und bei einer Sanierungsrate von 0,8 %/a knapp 4.500 MWh/a (13 % des Gesamtwärmebedarfs, 170 von 1.713 Wohngebäuden energetisch saniert).

Da zu dem Neubaugebiet Brühl noch keine Daten vorliegen wird dieses erst im Laufe der Planung weiter berücksichtigt.

4.1.2 Nichtwohngebäude

Der Wärmebedarf von Nichtwohngebäuden wird im Gegensatz zu Wohngebäuden in der Regel stärker durch die Nutzung als durch die Baualtersklasse und den Sanierungsstand bestimmt. Kommunale Gebäude werden den Wohngebäuden gleichgestellt. Für die Gebäudesektoren Industrie und anteilig auch für GHD ist eine Abschätzung insbesondere hinsichtlich der Entwicklung des Prozesswärmebedarfs schwierig. Dieser steht in direktem Zusammenhang mit der zukünftigen Effizienzsteigerung der technischen Prozesse sowie der wirtschaftlichen Entwicklung. Da hierzu keine allgemeingültigen fundierten Aussagen getroffen werden können, wird angenommen, dass sich die Energieeinsparung durch zukünftige Effizienzsteigerungen und der Anstieg des Prozesswärmebedarfs durch Wirtschaftswachstum die Waage halten. Unter dieser Annahme wird also im Mittel keine Veränderung des Prozesswärmebedarfs erwartet.

4.2 Lokale erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung

Die folgenden Analysen basieren auf Geodaten, Luftbildern und Fachinformationssystemen. Die Auswertung erfolgt hierbei nach definierten und wissenschaftlich anerkannten Methoden. Dabei ist zu beachten, dass es sich grundsätzlich um eine rein technisch-wirtschaftliche Ersteinschätzung auf Basis allgemein gültiger Annahmen handelt. Die kommunalen Potenziale sind im weiteren Verfahren zu konkretisieren und auf ihre grundsätzliche Umsetzbarkeit hin zu überprüfen. Politische Entscheidungen über die Nutzung einzelner Potenziale werden im Rahmen der Potenzialdarstellung erläutert, aber nicht berücksichtigt. Es soll lediglich aufgezeigt werden, welche Potenziale vorhanden und aus heutiger Sicht grundsätzlich nutzbar sind. Eine Aktualisierung dieser Potenziale kann sowohl in Form einer Erhöhung als auch einer Verringerung z. B. im Rahmen weiterer vertiefender Untersuchungen erfolgen. Diese Vorgehensweise orientiert sich am Leitfaden „Kommunale Wärmeplanung“ der KEA-BW (KEA-BW & UM, 2021).

Auf den weiteren Seiten werden folgende lokal verfügbare Potenziale des Wärmesektors betrachtet und kurz dargestellt:

- Abfall
- Biomasse
- Deponie-, Klär- & Grubengas
- ‚Grüne‘ Gase
- Industrielle Abwärme
- Solarthermie
- Tiefengeothermie
- Umweltwärme

4.2.1 Abfall

Auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken findet keine Wärmeerzeugung aus Abfällen in entsprechenden Verbrennungsanlagen statt. Aus heutiger Sicht werden auch keine Potenziale in diesem Bereich gesehen.

4.2.2 Biomasse

Ein weiteres Potenzial zur regenerativen Erzeugung von Strom und Wärme liegt in der Nutzung biogener Reststoffe. Der unter nachhaltigen Gesichtspunkten lokal in den Wäldern auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrü-

cken anfallende energetisch nutzbare Jahreseinschlag an Holz sowie Waldhackgut ermöglicht eine energetische Bereitstellung von ca. 1.750 MWh/a. Grundlage hierfür sind Angaben des Revierförsters der Gemeinde über den Holzeinschlag der letzten Jahre sowie die Größe der Waldflächen (LFV; LGL BW, 2021). Als weiteres Potenzial können vor Ort gesammelte Grünabfälle und Altholzreste angesehen werden. Daraus ergibt sich ein Potenzial von 1.500 MWh/a, welches derzeit über den Landkreis Karlsruhe verwertet wird. Insgesamt ergibt sich ein nachhaltig nutzbares Biomassepotenzial von ca. 3.250 MWh/a und damit eine bilanzielle Überschreitung des lokal genutzten Biomasseanteils. Mit dem ermittelten Potenzial können rechnerisch 20 % des aktuellen Wärmebedarfs gedeckt werden.

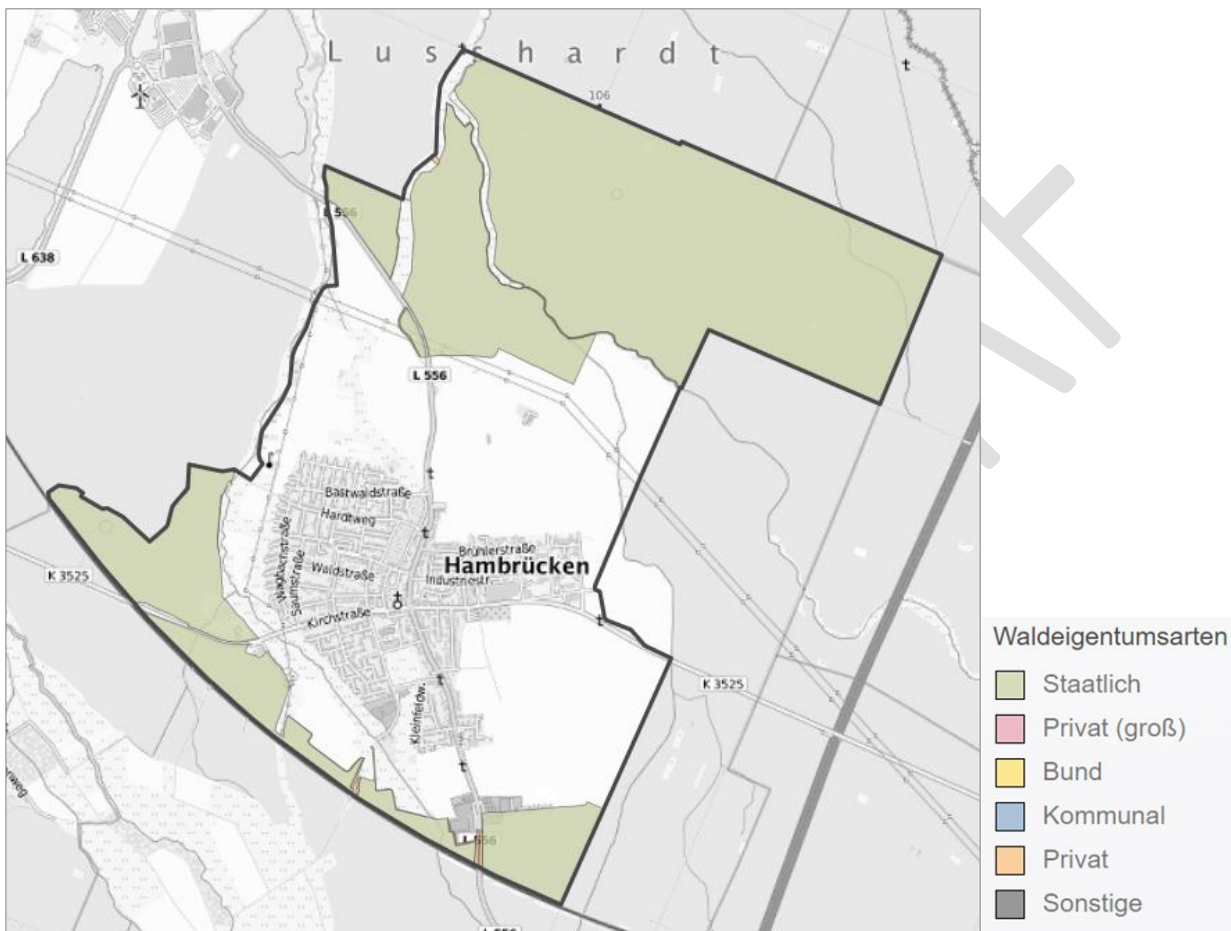


Abbildung 17: Eigentumsverhältnisse von Waldflächen(LFV; LGL BW, 2021)

4.2.3 Deponie-, Klär- & Grubengas

Auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken findet keine Wärmeerzeugung auf Basis von Deponie-, Klär- oder Grubengas statt. Es werden derzeit auch keine Potenziale in diesem Bereich gesehen.

4.2.4 ‚Grüne‘ Gase

Unter den ‚grünen‘ Gasen werden vor allem die Energieträger Biogas, Wasserstoff und synthetische Brennstoffe zusammengefasst. Auf dem Gemeindegebiet von Hambrücken erfolgt zurzeit keine Wärmeerzeugung auf Basis von ‚grünen‘ Gasen. Es werden derzeit auch keine Potenziale in diesem Bereich gesehen.

4.2.5 Industrielle Abwärme

Da im Rahmen der Untersuchungen noch keine konkreten Informationen der Unternehmen vorlagen, wurden pauschale Annahmen aus der Studie zur Abwärmenutzung in Unternehmen in Baden-Württemberg zu Grunde

gelegt (Fraunhofer ISI et. al., 2019). Auf dieser Basis ergibt sich für Hambrücken ein theoretisches Potenzial von rund 1.700 MWh/a. Eine Konkretisierung dieses Potenzials wird im weiteren Projektverlauf angestrebt.

4.2.6 Solarthermie

Die Sonne ist der größte Energielieferant auf der Erde. Seit Ende der 80er Jahre wird diese Energie nicht nur passiv (durch die Erwärmung von Bauteilen), sondern zunehmend auch aktiv durch Solarkollektoren zur Erwärmung des Brauch- und Heizungswassers im Gebäude genutzt.

4.2.6.1.1 Dachflächen

Die derzeitige Nutzung dieses Potenzials beträgt rund 400 MWh/a. Für Hambrücken wurde ein Gesamtpotenzial auf den Dachflächen von knapp 3.300 MWh/a identifiziert, vgl. Abbildung 18. Die überwiegende solare Nutzung erfolgt durch Photovoltaik.

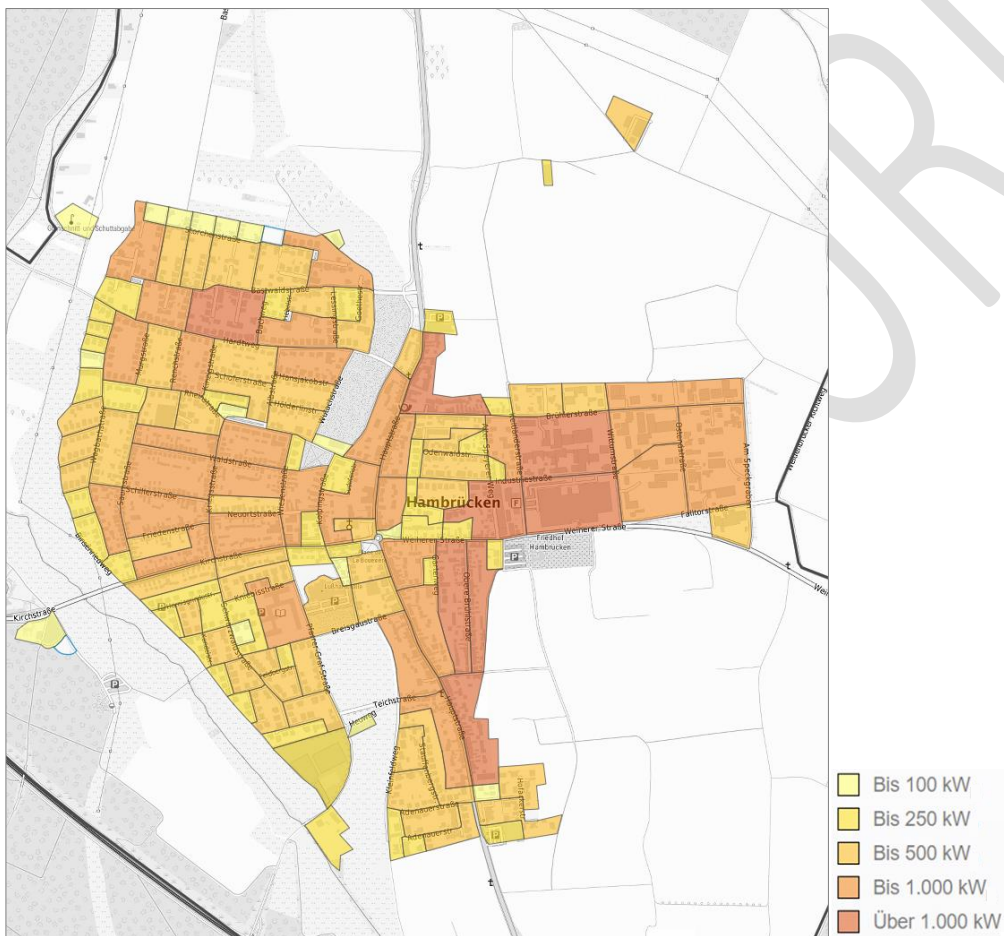


Abbildung 18: Räumliche Verortung der Dachflächenpotenziale zur Ausnutzung der Solarenergie

4.2.6.1.2 Freiflächen

Für die Energiebereitstellung in Wärmenetzen ist die Solarthermie auf Freiflächen in vielen Netzen außerhalb von Hambrücken bereits heute ein wichtiger Baustein und kann vor allem im Sommerhalbjahr die Grundlastwärme bereitstellen. Bei Freiflächenanlagen wird die Wärme über einen Speicher in das Netz eingespeist. In Hambrücken sind aktuell keine Freiflächen solarthermischen Anlagen in Betrieb. Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden auch keine konkreten Flächen durch den RVMO identifiziert. Dies schließt solche jedoch in Zukunft nicht aus, benötigt aber Initiative von der Gemeinde.

Zusammenfassend können die Dach- und ausgewiesenen Freiflächen aufgrund des ermittelten Potenzials rechnerisch 7 % des aktuellen Wärmebedarfs decken.

4.2.7 Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie unterscheidet sich im Vergleich zu der oberflächennahen Geothermie vor allem darin, dass deutlich größere Bohrtiefen (mindestens 400 m) erreicht werden und damit deutlich höhere Energieerträge erzielt werden können. Der Oberrheingraben stellt in diesem Zusammenhang eine geologisch bedeutende Struktur dar, in der der Einsatz von Tiefengeothermie aufgrund der signifikant hohen Untergrundtemperaturen als vielversprechend erachtet wird. Die Gemeinde Hambrücken befindet sich, wie ein Großteil des Landkreises Karlsruhe, im Gebiet des Oberrheingrabens, sodass auch in Hambrücken von einem Potenzial zur Nutzung von Tiefengeothermie auszugehen ist.

Eine Nutzung der tiefengeothermischen Potenziale findet in Hambrücken derzeit jedoch nicht statt.

In Abbildung 19 ist die erwartete Temperatur auf der Gemarkung von Hambrücken in einer Tiefe von 2.500 m dargestellt. Daraus ist zu erkennen, dass eine Untergrundtemperatur im hohen Bereich von etwa 125 °C zu erwarten ist. Dieses Temperaturniveau reicht grundsätzlich für eine reine Wärmeauskopplung in Wärmenetze aus. Auch eine Stromauskopplung ist nicht prinzipiell ausgeschlossen, erreicht aber bei den erwartbaren Temperaturen einen geringen Wirkungsgrad bzw. erfordert eine größere Bohrtiefe zur Erreichung höherer Ausgangstemperaturen. Grundsätzlich ist dieses Potenzial nicht konkret abschätzbar und als nahezu unendlich anzusehen.

Für das Gebiet um Hambrücken verfügen mehrere Akteure über entsprechende rechtskräftige Bergbauberechtigungen auf Erdwärme, vgl. Abbildung 20. Dennoch ist nach aktuellem Stand eine Nutzung dieses Potenzials nicht absehbar und wird deshalb in dieser Untersuchung nicht weitergehend betrachtet.

Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass eine realistische Erschließung der Tiefengeothermie nur durch einen ausreichenden Wärmeabsatz, wobei Großabnehmer (z. B. Industrie) wesentlich sind, und den Aufbau von Wärmenetzen gelingen kann. Die Tiefengeothermie muss daher interkommunal gedacht werden, was in Kapitel 4.3 genauer erläutert wird.

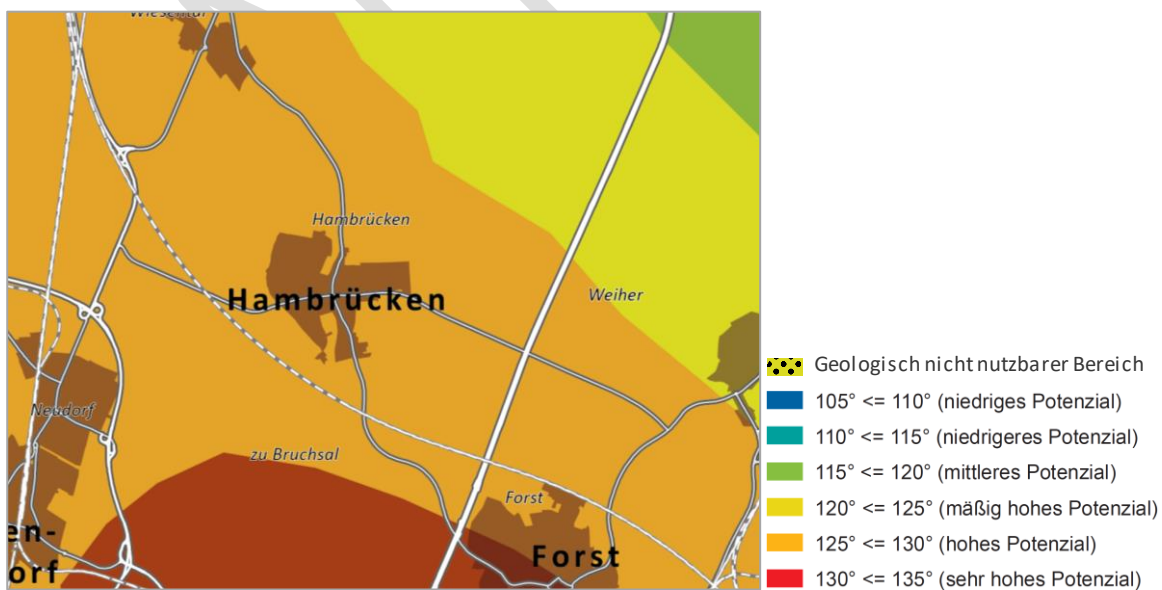
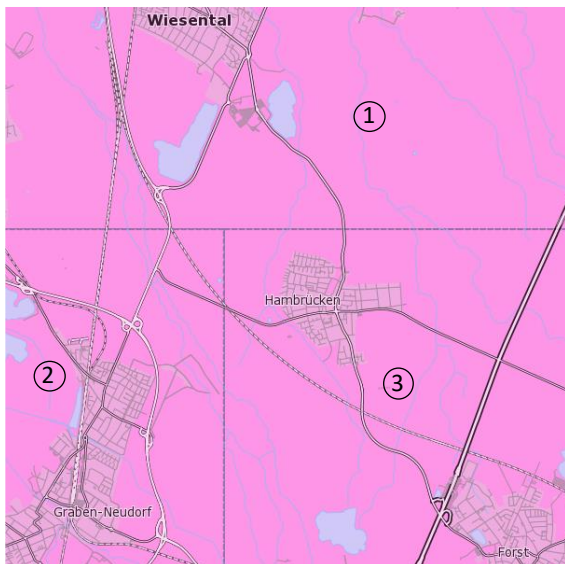


Abbildung 19: Untergrundtemperatur in 2.500 m Tiefe (RP Freiburg; LGRB, 2021)



	Feldname	Inhaber	Befristung
1	Waghäusel-Philippsburg	Deutsche ErdWärme GmbH	30.09.2026
2	Erlich	Deutsche ErdWärme GmbH	28.02.2025
3	Karlsdorf III	EnBW Energie Baden-Württemberg AG	31.08.2026

Abbildung 20: Bergbauberechtigungen auf Erdwärme (RP Freiburg; LGRB, 2021)

4.2.8 Umweltwärme

Als Umweltwärme werden im Folgenden alle Wärmequellen aus Gewässern, dem Erdreich oder der Außenluft zusammengefasst. Diese niederwertige Energieform wird in der Regel mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht. Dabei wird der Umwelt Wärme entzogen und mittels einer Antriebsenergie (in der Regel Strom, aber z. B. auch Gas möglich) auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Bevorzugte Gebäude für den Einsatz von Wärmepumpen sind vor allem Gebäude mit einem guten energetischen Standard und entsprechend niedrigen Vorlauftemperaturen im Wärmeverteilsystem. Dies ist vor allem bei Neubauten und energetisch sanierten Altbauten der Fall. Aber auch unsanierte Altbauten können durchaus mit Wärmepumpen versorgt werden. Hier können jedoch (Teil-)Sanierungen bzw. bauliche Anpassungen z. B. in Form einer Vergrößerung der Heizflächen notwendig sein.

Im Gesamten sind in Hambrücken 116 Wärmepumpen mit einer Gesamtwärmeerzeugung von rund 2.000 MWh/a im Einsatz (Netze BW GmbH, 2023).

Abwasser

Durch die Wassernutzung in allen Gebäudesektoren und die anschließende Einleitung in die Kanalisation fällt relativ kontinuierlich erwärmtes Abwasser auf einem Temperaturniveau von in der Regel über 10 °C an. Um dieses Potenzial nutzbar zu machen, wird davon ausgegangen, dass dem Abwasser die Wärme entzogen und anschließend größeren Gebäudekomplexen oder über entsprechende Wärmenetze zur Verfügung gestellt wird. Die nutzbare Wärmemenge hängt dabei direkt von der Durchflussmenge des Kanalnetzes bzw. der Kapazität der Kläranlage sowie der Abwassertemperatur ab.

Um einen wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmenutzung im Abwasserkanal zu ermöglichen, werden im Rahmen der Netzbetrachtung üblicherweise ein erforderlicher mittlerer Trockenwetterabfluss von ca. 15 l/s sowie ein Mindestkanaldurchmesser von DN 800 angesetzt. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass zur Nutzung der Abwasserwärme aus dem Kanalnetz nur eine geringe Temperaturabsenkung von maximal 0,5 bis 1 Kelvin möglich ist, um die biologischen Prozesse in der Kläranlage nicht negativ zu beeinflussen. Aktuell ist der Generalentwässerungsplan der Gemeinde in Bearbeitung. Sobald weitere Informationen vorliegen, wird dieses Potenzial weitergehend betrachtet. Bedingt dadurch kann das Abwassernetz noch nicht betrachtet werden und wird erst im weiteren Verlauf der Wärmeplanung berücksichtigt, sobald Daten vorhanden sind.

Eine Kläranlage ist auf der Gemarkung von Hambrücken nicht vorhanden, sodass auch hier keine Wärme zur weitergehenden Nutzung entzogen werden kann.

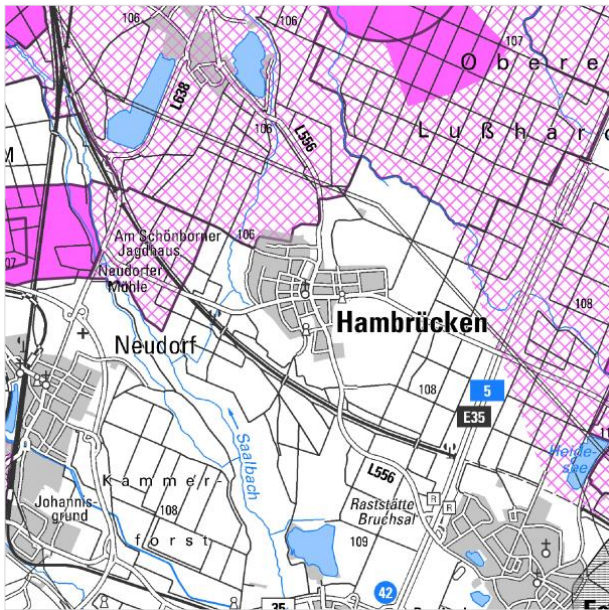
Oberflächengewässer

Auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken findet derzeit keine Wärmeerzeugung aus Oberflächengewässern statt. Betrachtet wurden im ersten Schritt Wagbach und Speckgraben, hierbei ergab sich jedoch, dass diese aufgrund ihrer Durchflussmengen nicht für eine Wärmeentnahme geeignet sind. Das Gleiche gilt für den Ententeich beim Walderholungspark.

Erdreich

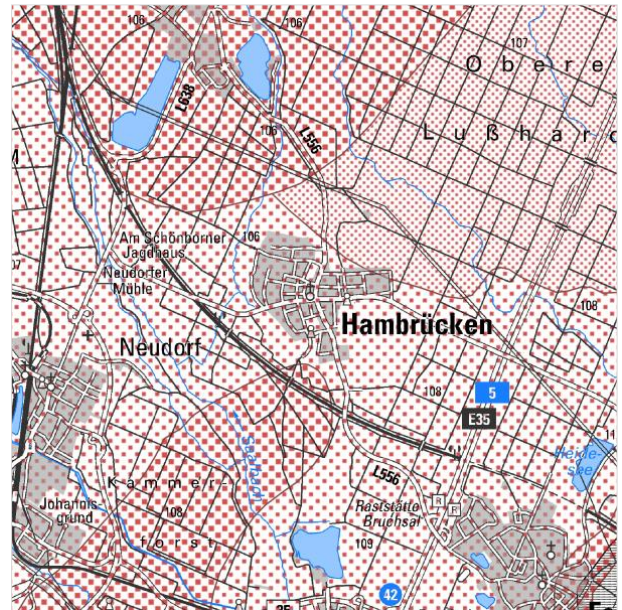
Zur Wärmenutzung aus dem Erdreich, auch als oberflächennahe Geothermie bezeichnet, werden Sonden mit einer maximalen Bohrtiefe von 100 m genutzt. Die Erdwärme kann entweder in ein Wärmenetz eingespeist werden oder dezentral einzelne Gebäude versorgen. Im Idealfall werden die erforderlichen Wärmepumpen mit lokal erzeugtem Ökostrom betrieben. Auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken wurden bisher 158 bekannte Bohrungen für 42 Anlagen zur Nutzung von Grundwasser oder Erdwärmesonden niedergebracht (RP Freiburg; LGRB, 2021).

Ein Ausschluss einzelner Gebiete für die Erdwärmennutzung erfolgt z. B. aufgrund zu geringer zulässiger Bohrtiefen, genutzter Grundwasservorkommen im Einzugsgebiet oder räumlich eng wechselnder Untergrundverhältnisse. Auch können Gebiete mit erforderlicher Einzelfallprüfung ausgewiesen werden. In Hambrücken bestehen, bis auf ein kleines Gebiet im Nord-Westen, keinerlei grundsätzlichen Ausschlussgründe. Eine Einzelfallprüfung ist jedoch nahezu auf dem gesamten bebauten Teil der Gemarkung Hambrücken erforderlich, auch eine Bohrtiefenbegrenzung gilt, vgl. Abbildung 21. Weitere Informationen können dem öffentlich zugänglichen Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG) entnommen werden. (RP Freiburg; LGRB, 2021)



ISONG: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete (ausführliche Legende)
Umrandung
 ▨ rechtskräftiges Schutzgebiet
Bau von Erdwärmesonden
 ■ aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht erlaubt
 ▨ aus hydrogeologischer Sicht möglich (i.d.R. nur mit Wasser zu betreiben)

a) Schutzgebiete



ISONG: Begrenzung der Bohrtiefe
Tiefe [m u.G.]
 ▨ bis 50
 ▨ 50 bis 100
 ▨ 100 bis 200
 ▨ 200 bis 400

b) Bohrtiefenbegrenzung

Abbildung 21: Ausschlussgebiete und Restriktionen zur Erdwärmnutzung (RP Freiburg; LGRB, 2021)

Auf Basis einer landesweiten flurstückscharfen Auswertung der KEA-BW zum Erdwärmesondenpotenzial ergibt sich für die Gemeinde Hambrücken ein theoretisches Gesamtpotenzial im Bereich zwischen 15.000 und 34.000 MWh/a (KEA-BW, 2022).



Abbildung 22: Räumliche Verortung des theoretischen Maximalpotenzials zur Nutzung von Erdwärmesonden (KEA-BW, 2022)

Zusammenfassend können mit Umweltwärme über die ausgewiesenen Potenziale des Abwassers, der Oberflächengewässer sowie des Erdreichs rechnerisch 59 % des aktuellen Wärmebedarfs gedeckt werden. Hinzu kommt das nicht bezifferbare Potenzial der Außenluft.

Außenluft

Eine Ermittlung der Potenziale zur Nutzung von Außenluft erfolgt nicht, da Luft in der Umgebung immer verfügbar ist. Luft kann aus technischer Sicht immer mittels Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Hier können eher rechtliche Rahmenbedingungen und Gebäudespezifika zu Ausschlusskriterien führen.

Abzüglich der 42 Anlagen, welche das Erdreich als Wärmequelle nutzen, verbleiben 74 aktuell in Betrieb befindliche Wärmepumpen mit einer Nutzung der Außenluft.

4.3 (Über-)Regionale Potenziale zur Wärmeversorgung

Unter der Annahme, dass in Zukunft ‚grüne Gase‘ im Gasübertragungsnetz zur Verfügung stehen, sind diese als (über-)regionale Ressource einzustufen. Eine Berücksichtigung von effizient und ressourcenschonend eingesetzten ‚grünen Gasen‘ sollte nur dort erfolgen, wo keine Alternativen zur Wärmeversorgung zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sollte eine Gasinfrastruktur vorhanden sein und industrielle Hochtemperatur-Wärmeanwendungen oder Gasverbrennungsprozesse bzw. ein Bedarf an Spitzenlastversorgung für Großverbraucher und Heizwerke nachgewiesen werden. Eine weitergehende Betrachtung des Einsatzes ‚grüner Gase‘ erfolgt im Rahmen der Erarbeitung der Zielszenarien.

Gemäß den fachlichen Vorgaben der Kommunalrichtlinie sollen grüne Gase nur dort in der Wärmeversorgung berücksichtigt werden, wo geeignete Alternativen fehlen und sie effizient und ressourcenschonend eingesetzt werden können (BMWK, 2022). Unter diesen Voraussetzungen werden grüne Gase im Zielszenario wie folgt berücksichtigt:

- Wenn keine ausreichenden lokalen Potenziale für erneuerbare Energien und Abwärmepotenziale auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken vorhanden sind.
- Wenn Hochtemperatur-Wärmeanwendungen oder Gasverbrennungsprozesse in der Industrie auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken vorhanden sind.
- Wenn eine Spitzenlastbereitstellung für Großverbraucher und Heizwerke erforderlich ist.
- Wenn eine Gasnetzinfrastruktur vorhanden ist.

4.3.1 Wasserstoff

Die sinnhafte Einsatzmöglichkeit von Wasserstoff, wie sie durch die Kommunalrichtlinie definiert wurde, wurde im vorigen Abschnitt erörtert. Die von den vorgelagerten Netzbetreibern vorgestellten Ausbaupläne lassen die Möglichkeit einer Wasserstoffversorgung auf der Gemarkung Hambrückens erkennen. So zeigt die Terranets BW (Gasfernleitungsnetzbetreiber u. a. Baden-Württemberg) mit deren Plan zur Transformation die Cluster zum Ausbau des Wasserstoffnetzes. Unter Berücksichtigung der aktuellen Planungen ist ein Anschluss der Gemeinde Hambrücken frühestens nach 2030 denkbar. Die zentrale Herausforderung beim Thema Wasserstoff liegt neben der Verfügbarkeit der Infrastruktur in der Sicherstellung einer ausreichenden Menge an Wasserstoff. Eine ausreichende Erzeugung innerhalb der Gemarkung Hambrücken ist, wie die Potenzialanalyse zeigt, nicht möglich.

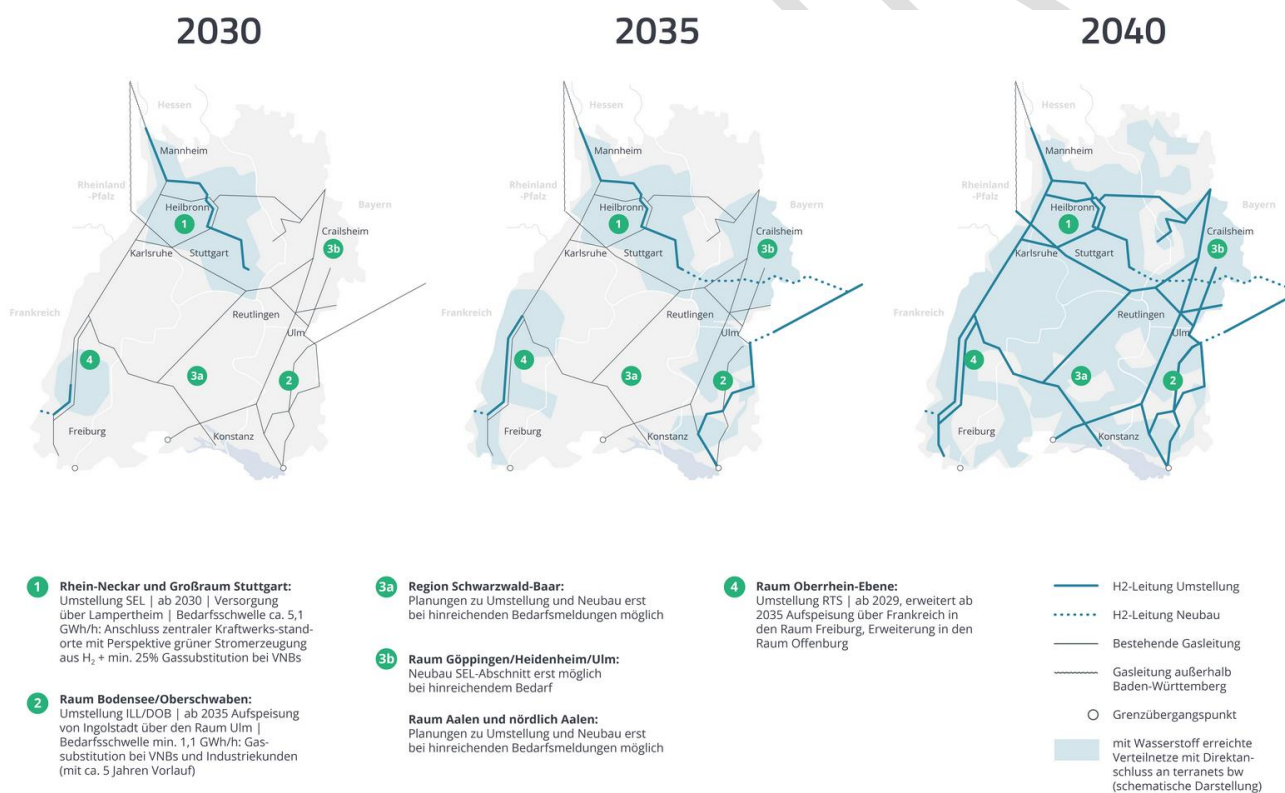


Abbildung 23: Ausbauplan Wasserstoffnetz Terranets BW (TerranetsBW, 2024)

4.3.2 Tiefengeothermie

Grundsätzlich besteht auf der Gemarkung Hambrücken die Möglichkeit, Tiefengeothermie zu nutzen, vgl. Abbildung 19. Auch in den umliegenden Gemeinden ist ein entsprechendes Potenzial gegeben. Weitere Untersuchungen sind zur Hebung der Potenziale essenziell. Eine sinnvolle Nutzung der Tiefengeothermie erfordert die Berücksichtigung der kommunalen Wärmeplanungen der Nachbarkommunen sowie die Identifikation von Möglichkeiten für einen interkommunalen Verbund. Die Anzahl und Dichte von Großabnehmern ist dabei von

entscheidender Bedeutung, da nur durch diese interkommunale Wärmeverbände in dieser Dimension aufgebaut werden können. Der Aufbau eines interkommunalen Wärmeverbundes ermöglicht es auch Städten und Gemeinden ohne eigenen Kraftwerksstandort, von dieser Wärmequelle zu profitieren. Des Weiteren ist zu prüfen, ob ein Zusammenschluss an bestehende Wärmenetze in Nachbargemeinden möglich ist.

4.4 Lokale erneuerbare Energien zur strombasierten Wärmeversorgung

Die zunehmende Nutzung elektrischer Energie im Wärme- und Verkehrssektor trägt dazu bei, dass Strom im Energiesystem der Zukunft eine immer wichtigere Rolle spielen wird. Beispiele hierfür sind im Wärmesektor Wärmepumpen und der erhöhte Kühlbedarf im Sommer, im Verkehrssektor die Elektromobilität. Daher ist es auch bei der Betrachtung des Wärmesektors von großer Bedeutung, die Potenziale der lokalen erneuerbaren Stromerzeugung detailliert zu untersuchen. Darüber hinaus ist im Zuge der Transformation des Energiesystems hin zu einer stärker strombasierten Versorgung darauf zu achten, dass auch die Stromnetze den steigenden Belastungen standhalten und evtl. ausgebaut werden müssen.

Aus diesen Gründen werden im Folgenden ähnlich wie im Wärmesektor Analysen auf Basis von Geodaten, Luftbildern und Fachinformationssystemen durchgeführt. Die Vorgehensweise orientiert sich auch hier am Leitfaden „Kommunale Wärmeplanung“ der KEA-BW (KEA-BW & UM, 2021).

Auf den Folgeseiten werden die lokal verfügbaren Potenziale im Stromsektor betrachtet und kurz dargestellt:

- Biomasse
- Deponie-, Klär- & Grubengas
- Photovoltaik
- Tiefengeothermie
- Wasserkraft
- Windenergie

4.4.1 Biomasse

Derzeit wird auf dem Gebiet der Gemeinde Hambrücken kein Strom aus Biomasse erzeugt. Aufgrund begrenzter Biomasseressourcen wird sich dieser Anteil aus heutiger Sicht in Zukunft nicht weiter erhöhen.

4.4.2 Deponie-, Klär- und Grubengas

Im Gemeindegebiet von Hambrücken wird aktuell kein Strom durch Deponie-, Klär- oder Grubengas erzeugt. Weitere Potenziale sind nicht vorhanden.

4.4.3 Photovoltaik

Das größte Stromerzeugungspotenzial in Hambrücken liegt in der Photovoltaik, welche grundsätzlich auf Gebäudedächern, Freiflächen, Gewerbeflächen und Parkplatzüberdachungen installiert werden kann.

Zum Stand 2023 sind in Hambrücken 465 Anlagen mit einer Netto-Nennleistung von 4.890 kW_p und einer Stromerzeugung in Höhe von 3.800 MWh/a in Betrieb. Diese Anzahl setzt sich aus 439 Dachanlagen (4.855 kW_p) und 24 Balkonanlagen (16 kW_p) zusammen. Zwei Anlagen (20 kW_p) sind nicht zuzuordnen. Freiflächenanlagen gibt es Stand 2023 nicht.

Dächer

Die potenzielle Gesamtleistung auf den Dächern von Hambrücken beträgt ca. 56.500 kW_p. Die grundsätzliche Eignung der Gebäudedächer ist analog zur Solarthermie der Abbildung 18 zu entnehmen. Mit der Ausschöpfung des Solarpotenzials auf den Dächern auf der Gemarkung von Hambrücken können insgesamt ca. 54.000 MWh Solarstrom pro Jahr erzeugt werden. Etwa 41 % der potenziellen Dachanlagen sind hierbei einer Leistungsklasse unter 10 kW_p zuzuordnen. Das daraus abzuleitende realisierbare Potenzial kann z. B. aufgrund statischer Abhängigkeiten der Dachflächen oder dem Denkmalschutz vom ermittelten Potenzial abweichen.

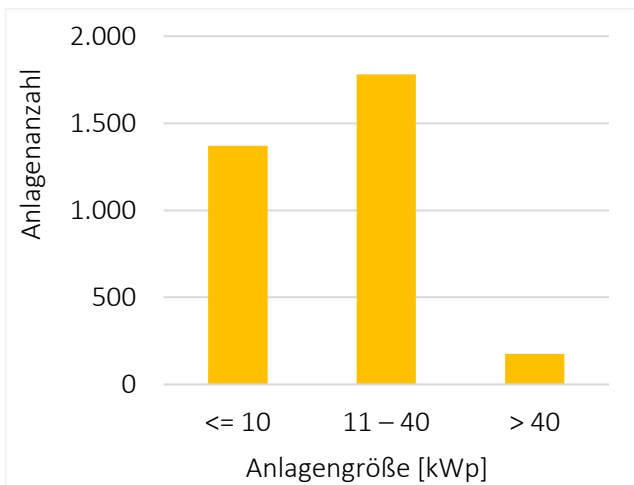


Abbildung 24: Technisches PV-Potenzial auf Gebäudedächern nach Anlagengröße

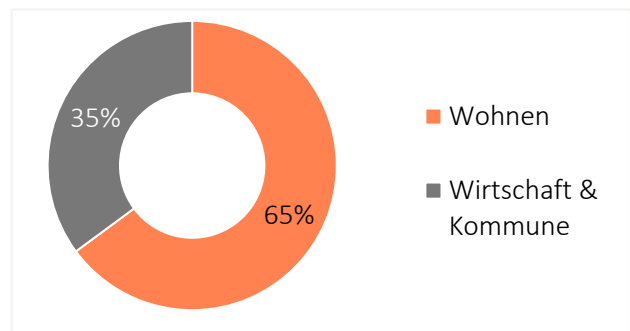


Abbildung 25: Solarpotenzial nach Sektoren

Freiflächen

Unter Berücksichtigung der im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung nach § 12 Abs. 3 Landesplanungsgesetz BW (LplG) zur Teilfortschreibung Solarenergie des Regionalplans (Beteiligungszeitraum 27.12.2023 - 31.03.2024) ermittelten Vorranggebiete ergeben sich für die Gemeinde Hambrücken keine Vorranggebiete für regionalbedeutsame Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Dies ist der aktuelle Stand, dieser kann sich jedoch ändern. Weiter schließt dies keine weitere Initiative der Kommune aus. Da jedoch kein kommunaler Plan zur Errichtung einer Anlage oder Bereitstellung eines Grundstückes bekannt ist, wird kein Freiflächenpotenzial ausgewiesen.

Mit der Ausschöpfung des gesamten technischen Solarstrompotenzials (Dächer und Freiflächen) besteht ein Potenzial von ca. 54.000 MWh/a. Dieses führt zu einer rechnerischen Deckung des aktuellen Strombedarfs von > 250 %, also einer Überdeckung des aktuellen Bedarfs von 21.500 MWh. Dies beachtet jedoch keine zeitliche Variation.

4.4.4 Tiefengeothermie

In Hambrücken findet derzeit keine Nutzung der Tiefengeothermie statt. Auch Pläne dazu sind nicht bekannt.

4.4.5 Wasserkraft

Im Gemeindegebiet von Hambrücken befindet sich keine Wasserkraftanlage. Es ist kein weiteres Wasserkraftpotenzial bekannt wird aufgrund fehlender Ausbaumöglichkeiten nicht weiter betrachtet (LUBW, LGL, & BKG, 2016).

4.4.6 Windenergie

Auf der Gemarkung der Gemeinde Hambrücken findet derzeit keine Stromerzeugung durch Windkraftanlagen statt.

Nach § 20 KlimaG BW und dem Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) sind die Träger der Regionalplanung aufgefordert, in den Regionalplänen mindestens 1,8 % der Regionsfläche für die Nutzung der Windenergie zu sichern. Ausgehend von Flächen mit ausreichender Windhöffigkeit werden Flächen mit Ausschlusskriterien oder umfangreichen Konfliktpotenzialen aus der Betrachtung genommen. Ausschlusskriterien sind z. B. die Nähe zu Bebauungen, Flughäfen und bedeutenden Kulturgütern als auch Naturschutzgebiete. Konfliktpotenziale können sich aus weniger kritischen Belangen des Umweltschutzes, der Verteidigung etc. ergeben.

Nach derzeitigem Planungsstand (März 2024) ergibt sich hieraus auf der Gemarkung Hambrücken kein Vorranggebiet für Windenergieanlagen (RVMO, 2024).

4.5 (Über-)Regionale Potenziale zur strombasierten Wärmeversorgung

Unter der Annahme, dass der deutsche Strommix in den kommenden Jahren einen steigenden Anteil an erneuerbaren Energien enthält und damit die spezifischen Treibhausgasemissionen weiter sinken werden, ist das deutsche Stromnetz als (über-)regionale Ressource zu betrachten. Eine Abwägung hinsichtlich der Nutzungsmöglichkeiten erfolgt im Rahmen der Ausarbeitung der Zielszenarien.

4.6 Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist ein effizientes Prinzip, das die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme zur Beheizung nutzt. KWK-Anlagen werden derzeit überwiegend mit Erdgas betrieben, können aber bei entsprechender technischer Ausstattung auch mit anderen Brennstoffen betrieben werden.

Im weiteren Transformationsprozess kann die KWK-Technologie als Brückentechnologie im Rahmen regelbarer Erzeugungstechnologien beim Übergang zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung eine wichtige Rolle spielen: Zum einen ermöglicht sie eine relativ gute und schnelle Umsetzung von Erzeugungs- und Verteileinheiten, zum anderen bietet sie die Möglichkeit, flexibel auf Schwankungen im Stromnetz zu reagieren um dieses zu stabilisieren. Sie kann daher in jedem dieser Heizkraftwerke, aber auch als Kleinstanlagen in der Einzelversorgung eingesetzt werden.

Mit Hilfe der Daten des Stromnetzbetreibers, des Marktstammdatenregisters sowie der Kehrbuchdaten können dezentrale KWK-Anlagen identifiziert werden. Demnach gab es in Hambrücken im Jahr 2023 eine KWK-Anlage größer als 6 kW, mit 360 kW. Dazu kamen acht kleine unter 6 kW. Als Energieträger wird hierfür Erdgas eingesetzt. Zukünftige Potenziale können derzeit nicht ermittelt werden (Netze BW GmbH, 2023; BNetzA, 2024; bBSF, 2022).

4.7 Potenzialübersicht erneuerbare Energien

Wie die folgende Abbildung zeigt, liegen die größten Potenziale in Hambrücken zur erneuerbaren Wärmeversorgung in der Nutzung der Umweltwärme. Im Stromsektor liegt Potenzial nur Photovoltaik vor. Hierbei ist zu beachten, dass diese Angaben die Summe aus bereits genutzten (Bestand) und noch zu erschließenden Potenzial und somit das Gesamtpotenzial darstellen.

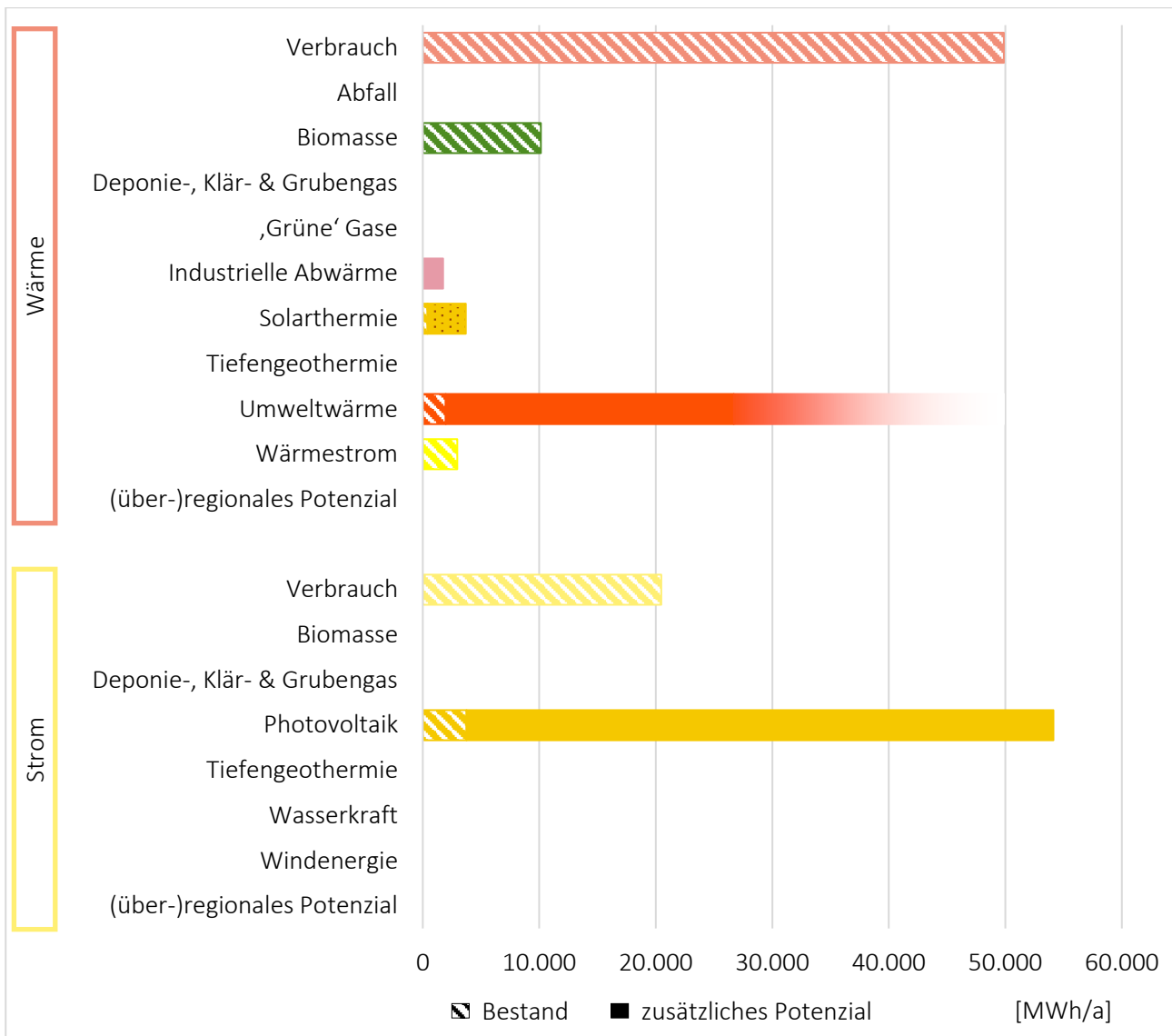


Abbildung 26: Potenzialübersicht erneuerbare Energien (Bestand und zusätzliches Potenzial)

Im Kontext der Umweltwärme ist festzuhalten, dass das theoretische Potenzial für Luft unerschöpflich ist. In der vorliegenden Darstellung wird lediglich der aktuelle Bestand aufgezeigt. Die Bestimmung der durch Luft-Wasser-Wärmepumpen gedeckten Wärmemenge erfolgt im weiteren Projektverlauf.

Der Vergleich mit der Verbrauchsbilanz zeigt, dass der heutige Energieverbrauch im Wärmesektor bilanziell nur mit einem enormen Anteil an Wärmepumpen durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Im Stromsektor ist grundsätzlich eine Überdeckung des heutigen Verbrauchs bei einem 100%igen Ausbau der erneuerbaren Energien bilanziell möglich.

Abschließend gilt anzuführen, dass es sich bei dieser Potenzialübersicht um eine rein bilanzielle Darstellung handelt, die Potenziale an sich aber zum Teil zeitabhängig verfügbar sein können. Die zeitabhängige Darstellung der Potenziale erfolgt im Zielszenario.

5 Projektbeteiligte



Gemeinde Hambrücken
Hauptstraße 108, 76707 Hambrücken
www.hambruecken.de



Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe GmbH
Hermann-Beuttenmüller-Straße 6, 75015 Bretten
www.zeozweifrei.de

0721 – 936 99600
info@uea-kreisaka.de



Smart Geomatics Informationssysteme GmbH
Ebertstraße 8 | 76137 Karlsruhe
www.smartgeomatics.de

0721 – 945 40 590
info@smartgeomatics.de

Fördermittelgeber



Das Vorhaben „Freiwillige kommunale Wärmeplanung in Hambrücken“ wurde unter dem Förderkennzeichen BWKWP 24105 durch Zuwendungen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) im Rahmen der Projektträgerschaft Umweltforschung – Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) gefördert.

6 Bild- und Literaturquellen

- AGEE-Stat. (2023). *Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland*. Abgerufen am 15. Januar 2024 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#ueberblick>
- BBB. (12. Oktober 2023). „Im Schneckentempo“: Sanierungsquote 2023 unter einem Prozent. *BundesBauBlatt*. Abgerufen am 12. Januar 2024 von <https://www.bundesbaublatt.de/news/sanierungsquote-2023-unter-1-tendenz-absteigend-4017943.html>
- bBSF. (2022). *Datenabgabe der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger nach §33 Abs. 2 KlimaG BW*.
- BMWK. (2022). *Technischer Annex der Kommunalrichtlinie: inhaltliche und technische Mindestanforderungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)*. vom 22. November 2021 mit Änderung vom 18. Oktober 2022. Abgerufen am 28. Mai 2024 von <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie>
- BNetzA. (2024). *Markstammdatenregister (MaStR)*. Abgerufen am 20. März 2024 von <https://www.markstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/ErweiterteOeffentlicheEinheitenuebersicht>
- BNetzA, & BKartA. (2023). *Monitoringbericht 2023 von Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt*. Abgerufen am 23. Mai 2024 von <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Monitoringberichte/start.html>
- Fraunhofer ISI et. al. (2019). *Abwärmenutzung in Unternehmen. Studie für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg*. Fraunhofer ISI, IKEM, Becker Büttner Held Consulting AG, Öko-Institut, Karlsruhe.
- Hertle, H., Dünnebeil, F., Gebauer, C., Gugel, B., Heuer, C., Kutzner, F., & Vogt, R. (2014). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg. Abgerufen am 13. 06 2024 von <https://www.ifeu.de/publikation/empfehlungen-zur-methodik-der-kommunalen-treibhausgasbilanzierung-fuer-den-energie-und-verkehrssektor-in-deutschland/>
- IWU. (2022). *Gebäudetypologie und Daten zum Gebäudebestand*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/gebaeudetypologie/>
- KEA-BW. (2022). *Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg*. (KEA-BW, Hrsg.) Karlsruhe.
- KEA-BW. (2022). *Statusbericht kommunaler Klimaschutz in Baden-Württemberg. Zweite Fortschreibung - 2022*. Karlsruhe. Abgerufen am 21. Juni 2024 von <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/wissensportal/statusbericht-kommunaler-klimaschutz>

KEA-BW. (Juni 2023). Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung. *Version 1.1*. Abgerufen am 09. Februar 2024 von <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikkatalog>

KEA-BW, & UM. (2021). *Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden*. (UM, Hrsg.) Stuttgart.

LFV; LGL BW. (10. Juni 2021). Waldeigentumsarten.

LGL. (2024). Open GeoData. Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL). Abgerufen am 21. Juni 2024 von <https://www.lgl-bw.de/Produkte/Open-Data/>

LUBW, LGL, & BKG. (2016). Bestehende Wasserkraftanlagen und deren Ausbaupotenziale. Abgerufen am 29. November 2023

Netze BW GmbH. (2023). EEG-Anlagen.

Netze BW GmbH. (2023). Energieverbrauch nach Gebäuden gem. Klimaschutzgesetz § 7e.

Netze-Gesellschaft Südwest mbH. (2023). Datenübermittlung zur Erstellung kommunaler Wärmepläne nach § 7e KSG BW.

RP Freiburg; LGRB. (2021). LGRB-Kartenviewer – Layer BRS: Bergbauberechtigungen auf Erdwärme, rechtskräftig. (L. f. Regierungspräsidium Freiburg, Hrsg.) Abgerufen am 20. November 2024 von <https://maps.lgrb-bw.de>

RP Freiburg; LGRB. (2021). LGRB-Kartenviewer – Layer GEOTH: Untergrundtemp. 2500 m u. Gelände. (L. f. Regierungspräsidium Freiburg, Hrsg.) Abgerufen am 24. Mai 2024 von <https://maps.lgrb-bw.de>

RP Freiburg; LGRB. (2021). LGRB-Kartenviewer – Layer ISONG Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg. (L. f. Regierungspräsidium Freiburg, Hrsg.) Abgerufen am 24. Mai 2024 von <https://maps.lgrb-bw.de>

RVMO. (2024). Teilfortschreibung Windenergie sowie Grundsätze und Anlagen der Energieversorgung. Beteiligung der Öffentlichkeit. Abgerufen am 25. Januar 2024

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (13. Juli 2023). Klimabilanz 2022: Treibhausgas-Emissionen um 0,4 % gesunken. Wiederanstieg im Energiesektor durch die erhöhte Stromerzeugung aus Steinkohle, deutliche Rückgänge im Sektor Industrie. Abgerufen am 22. Mai 2024 von <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2023157>

TerranetsBW. (2024). Abgerufen am 19. November 2024 von <https://www.terranets-bw.de/unsere-netze/wasserstoff>

ZSW; ifeu; Öko-Institut; ISI; HIR. (2022). *Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040. Teilbericht Sektorziele 2030*. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung; Hamburg Institut. Abgerufen am 21. Juni 2024 von <https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/forschungsvorhaben-sektorziele-2030-und-klimaneutrales-baden-wuerttemberg-2040.html>

ENTWURF