

Kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Hüffenhardt

Abschlussbericht - Entwurf

Mannheim, 31.07.2026

REGIOPLAN |



MVV Regioplan GmbH
Besselstraße 14b
68219 Mannheim
Projekt-Nr. 80101

Erstellt durch:



MVV Regioplan GmbH

Besselstraße 14b

68219 Mannheim

Tel. 0621 / 87675-0, Fax 0621 / 87675-99

E-mail info@mvv-regioplan.de

Internet www.mvv-regioplan.de

Projektleitung: M. Eng. Annika Litzinger
M.Sc. Geogr. Patrick Burst

Projektbearbeitung: M. Eng. Annika Litzinger
M.Sc. Geogr. Patrick Burst

Projekt-Nr.: 80101

In Zusammenarbeit mit:

Gemeinde Hüffenhardt

Reisengasse 1

74928 Hüffenhardt

Finanziert aus Fördermitteln des Landes Baden-Württemberg

Zuwendungs-Nr.: xxx

INHALTSVERZEICHNIS

1	Wärmeplanung Hüffenhardt Einführung und Aufgabenstellung	1
1.1	Rechtlicher Rahmen	2
1.2	Planungsrechtliche Vorgaben	4
1.3	Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse	4
1.4	Ablauf der kommunalen Wärmeplanung	5
1.5	Kommunikation, Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung	7
1.6	Datenschutz	8
1.7	Das Untersuchungsgebiet	8
2	Eignungsprüfung nach § 14 WPG	10
3	Bestandsanalyse	12
3.1	Datengrundlagen	12
3.2	Methodik	13
3.2.1	<i>Gebäudeinformationen</i>	13
3.2.2	<i>Primäres Heizsystem</i>	14
3.2.3	<i>Sekundäres Heizsystem (Holzöfen)</i>	15
3.2.4	<i>Endenergiebedarf und Wärmebedarf</i>	16
3.2.5	<i>Wärmedichten und Wärmeliniendichten</i>	17
3.2.6	<i>Treibhausgas-Emissionen</i>	18
3.3	Städtebauliche Struktur und Entwicklung in Hüffenhardt	19
3.4	Beheizungsstruktur	22
3.5	Wärmeerzeugung, -speicherung und Versorgungsstruktur	24
3.6	Abwasserinfrastruktur	26
3.7	Energie- und Treibhausgasbilanz	27
3.7.1	<i>Endenergie</i>	27
3.7.2	<i>Wärmebedarf (Nutzenergie)</i>	28
3.7.3	<i>Wärme- und Wärmeliniendichten</i>	29
3.7.4	<i>Großverbraucher von Wärme</i>	30
3.7.5	<i>Treibhausgas-Emissionen</i>	30
4	Potenzialanalyse	32
4.1	Energieeinsparung und Energieeffizienz	32
4.2	Definition von Gebieten mit erhöhtem Einsparpotenzial	35
4.3	Erneuerbare Erzeugungspotenziale in Hüffenhardt	37
4.3.1	<i>Schutzgebiete</i>	39
4.3.2	<i>Biomasse</i>	39

4.3.3	<i>Umweltwärme aus Außenluft mittels Wärmepumpe</i>	40
4.3.4	<i>Oberflächennahe Geothermie</i>	43
4.3.5	<i>Tiefengeothermie</i>	49
4.3.6	<i>Solarthermie</i>	49
4.3.7	<i>Nutzung der Wärme aus Abwasser</i>	52
4.3.8	<i>Industrielle Abwärme / Wärme aus KWK-Anlagen</i>	53
4.3.9	<i>Photovoltaik zur Stromerzeugung</i>	53
4.3.10	<i>Windkraft zur Stromerzeugung</i>	55
4.4	Transformation der Wärmenetze	56
4.5	Transformation der Gasnetze und Einsatz von Wasserstoff	57
4.6	Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung	63
4.7	Zusammenfassung der Potenziale	64
5	Zielszenario und Umsetzungsstrategie für Hüffenhardt	66
5.1	Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	66
5.2	Zielszenario	70
5.2.1	<i>Beheizungs- und Versorgungsstruktur</i>	70
5.2.2	<i>Endenergie</i>	72
5.2.3	<i>Treibhausgas-Emissionen</i>	74
5.3	Maßnahmenkatalog	76
5.4	Verstetigungsstrategie, Controlling und Fortschreibung	79
6	Fazit und Ausblick	80
7	Quellenverzeichnis	82

ANHANG

Anhang 1: Steckbriefe Wärmeversorgungsgebiete

Anhang 2: Maßnahmensteckbriefe

Anhang 3: Verteilung dezentraler Wärmeerzeuger nach Art der Wärmeerzeuger in Form einer baublockbezogenen Darstellung

ENTWURF

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der kommunalen Wärmeplanung	6
Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Einheitlichen Regionalplan Metropolregion Rhein-Neckar	9
Abbildung 3: Abgrenzung Teilgebiete der Eignungsprüfung	11
Abbildung 4: Vorgehen Ermittlung des primären Heizsystems	15
Abbildung 5: Sektorale Verteilung der vorherrschenden Gebäudenutzung auf Ebene von Bebauungsblöcken	20
Abbildung 6: Verteilung des Gebäudebestandes nach Sektoren	21
Abbildung 7: Verteilung der Baualtersklassen	21
Abbildung 8: Verteilung der Baualtersklassen auf Baublockebene	22
Abbildung 7: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger (einschließlich Hausübergabestationen)	23
Abbildung 8: Räumliche Verteilung der dezentralen Heizsysteme auf Baublockebene	24
Abbildung 9: Energieträger, mit dem größten Anteil am Endenergiebedarf je Baublock (Status Quo)	25
Abbildung 11: Lage der über das Gasnetz versorgten Baublöcke	26
Abbildung 12: Abwassernetz der Gemarkung Hüffenhardt	27
Abbildung 13: Endenergiebedarf nach Energieträgern	27
Abbildung 16: Wärmebedarf nach Energieträgern	28
Abbildung 17: Spezifische Wärmedichte auf Gebäudeblockebene	29
Abbildung 18: Wärmebedarf nach Straßensegmenten (Wärmeliniendichte)	30
Abbildung 19: THG-Emissionen nach Energieträgern	31
Abbildung 20: Mögliche Effizienzmaßnahmen und potenzielle Einsparungen im Gebäudebestand	33
Abbildung 21: Potenzielle Wärmebedarfsreduktion bis zum Zieljahr (2040) mit Zwischenjahren	35
Abbildung 22: Räumliche Verteilung der Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial	37
Abbildung 23: Schematische Darstellung der Potenzialarten	38
Abbildung 24: Mögliche Gebietsrestriktionen für Potenzialflächen	39
Abbildung 25: Flächennutzung nach Biomassepotenzialarten	40
Abbildung 26: Beispielhafter Ausschnitt des Erzeugungspotenzials für die Errichtung von Luftwärmepumpen im Siedlungsbereich	43
Abbildung 27: Schematische Darstellungen einer Erdwärmesonde und eines Erdwärmekollektors	44
Abbildung 28: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante	45
Abbildung 29: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Kollektoren	46

Abbildung 30: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Sonden	47
Abbildung 31: Grundwassertemperaturen zur Nutzung von Grundwasserpotenzialen	48
Abbildung 32: Solarthermie-Potenzial auf Dachflächen in gebäudeblockbezogener Darstellung	51
Abbildung 33: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie (technisches Potenzial)	52
Abbildung 35: Photovoltaik-Potenzial auf Dachflächen in gebäudeblockbezogener Darstellung	54
Abbildung 36: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik (technisches Potenzial)	55
Abbildung 37: Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien	65
Abbildung 35: Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	68
Abbildung 36: Primäre Heizsysteme nach Energieträgern	71
Abbildung 37: Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2018 bis 2024	72
Abbildung 38: Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (inkl. Aufgliederung der Energieträger für Wärmenetze)	73
Abbildung 39: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (inkl. Aufgliederung der Energieträger für Wärmenetze)	75
Abbildung 47: Strategiefelder Maßnahmenkatalog	76

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Termine des Beteiligungsprozesses	8
Tabelle 2: Betrachtete Datenquellen für die Eignungsprüfung	10
Tabelle 3: Substitutionsfaktoren für sekundäre Heizsysteme ¹³	16
Tabelle 4: Typabhängige Heizsystem-Effizienzen (Wirkungsgrade)	17
Tabelle 5: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (links) bzw. in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte (rechts)	18
Tabelle 6: Emissionsfaktoren nach Energieträger	18
Tabelle 10: Mindestabstände für Luftwärmepumpenpotenziale	42
Tabelle 11: Maßnahmenliste KWP Hüffenhardt	79

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
DZ	Digitaler Zwilling
DSchG	Gesetz zum Schutz der Kulturdenkmale (Denkmalschutzgesetz)
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EFH	Einfamilienhaus
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohner
EWärmeG	Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GIS	Geoinformationssystem
Kap.	Kapitel
KEA (BW)	KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Förderbank des Bundes)
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale(r) Wärmeplan(ung)
kW	Kilowatt
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
kWh	Kilowattstunde
LoD	Level of Detail (Detailstufen von 3D-Gebäudemodellen)
MFH	Mehrfamilienhaus
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
PV	Photovoltaik
RH	Reihenhaus
THG	Treibhausgasemissionen
UG	Untersuchungsgebiet
WPG	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze

Hinweise:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) stellenweise verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Der folgende Text enthält verschiedentlich Informationen zu Gesetzen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Er gewährleistet weder einen allumfassenden Überblick über die genannten Gesetze und ihre Wechselwirkungen noch handelt es sich hierbei um eine Rechtsberatung.

ENTWURF

1 Wärmeplanung Hüffenhardt Einführung und Aufgabenstellung

Der Klimawandel und die damit zusammenhängenden Folgen gehören zu den größten globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Um den Anstieg der Erderwärmung zu stoppen, muss der Ausstoß von Treibhausgasen drastisch reduziert werden, vor allem in den Bereichen Energie, Verkehr, Industrie und in der Landwirtschaft. Insbesondere bei der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch (Wärme und Strom) gibt es sehr großen Handlungsbedarf, denn etwa die Hälfte des Energieverbrauchs in Deutschland entfällt auf den Wärmesektor¹. Daher hat die Umsetzung der Wärmewende eine große Bedeutung für den Klimaschutz, das Erreichen der Klimaziele und der Treibhausgasneutralität. Die Wärmewende beschreibt den ziel- und umsetzungsorientierten Transformationsprozess zu einer klimaneutralen Versorgung mit Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme, der zunächst eine Reduzierung des Wärmebedarfs der Gebäude erfordert. Doch auch künftig werden noch erhebliche Mengen Energie für Wärme eingesetzt, die nach und nach möglichst vollständig aus verschiedenen Quellen erneuerbarer Energien und Abwärme gedeckt werden sollen. So wird der Gebäudebestand langfristig klimaneutral.² Städte und Gemeinden können und müssen hier ihren wichtigen Beitrag leisten, auch weil Wärme nur eingeschränkt transportfähig ist und lokale erneuerbare Energiepotenziale gehoben werden müssen.

Hüffenhardt stellt sich den Herausforderungen der Klimakrise bereits, übernimmt Verantwortung für das eigene Handeln und wird die Belange und Ziele der Wärmewende und des Klimaschutzes künftig bei wichtigen Entscheidungen noch stärker berücksichtigen

Die kommunale Wärmeplanung ist ein technologieoffener, langfristiger, strategisch und umsetzungsorientiert angelegter Prozess mit dem Ziel eine weitgehend klimaneutrale Wärmeversorgung der Gemeinde Hüffenhardt bis 2040 zu erreichen. Der Wärmeplan ist das Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung und zeigt räumlich für jede Kommune, wo welcher Energieträger in welcher Menge im Gemeindegebiet genutzt wird. Außerdem zeigt er Sanierungspotenziale im Gebäudebereich zur Senkung des Wärmeverbrauchs sowie Potenziale zur Erschließung erneuerbarer Energien und Abwärme auf. Des Weiteren werden Maßnahmenvorschläge für unterschiedliche Themenbereiche erarbeitet und Wärmeversorgungsgebiete benannt, in denen sich wahrscheinlich zentrale bzw. dezentrale Wärmeversorgungslösungen eignen. Damit stellt er auch für Gebäudeeigentümer und Energieversorger eine wichtige Orientierung dar, indem er die

¹ Vgl. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (AEE), „Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2023“.

² Klimaneutralität bedeutet dabei, dass menschliches Handeln das Klima nicht beeinflusst bzw. netto keine negativen Auswirkungen auf das Klima hat. Dies wird erreicht, indem entweder keine Treibhausgase freigesetzt werden oder indem die entstandenen Emissionen durch Kompensationsmaßnahmen wie Aufforstung o.ä. vollständig ausgeglichen werden, vgl Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, „Lexikon der Entwicklungspolitik“.

Planungs- und Investitionssicherheit bei der Realisierung eigener (klimaneutraler) Versorgungssysteme erhöht.

Zur Bearbeitung und Erstellung des kommunalen Wärmeplans für die Gemeinde Hüffenhardt wurde die MVV Regioplan GmbH aus Mannheim beauftragt.

1.1 Rechtlicher Rahmen

Im Februar 2023 hat der Landtag von Baden-Württemberg das **KlimaG BW**³ verabschiedet und damit das Klimaschutzgesetz aus dem Jahr 2013 (sowie dessen Novellierungen 2020/2021) weiterentwickelt. Das Land Baden-Württemberg verfolgt mit der klimaneutralen kommunalen Wärmeversorgung bis 2040 ein ambitionierteres Ziel. Aus diesem Grund werden die Anteile der fossilen Energieträger in der kommunalen Wärmeplanung für Hüffenhardt bereits bis zum Jahr 2040 auf null gesenkt. Der verbleibende Bedarf an Wärme muss demnach durch erneuerbare Energien und Abwärme gedeckt werden.

Am 6. August 2025 wurde das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) erneut novelliert. Hintergrund war die notwendige Anpassung an die bundesrechtlichen Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG). Mit der Novelle wurden u.a. die Regelungen zur kommunalen Wärmeplanung in § 27 KlimaG BW überarbeitet und inhaltlich wie formell an das WPG angeglichen.

Die Novelle des KlimaG BW enthält mehrere landesspezifische Regelungen, die über das WPG hinausgehen oder dieses konkretisieren. So regelt der neu eingefügte § 27 Absatz 1a KlimaG BW den Bestandsschutz für bereits bestehende oder in Erstellung befindliche Wärmepläne. Gemeinden können freiwillige Wärmepläne nach altem Landesrecht noch erstellen, sofern bis spätestens zum 6. August 2025 ein entsprechender Beschluss vorliegt. Danach ist die Wärmeplanung zwingend nach den Vorgaben des WPG durchzuführen. Wärmepläne, die unter den Bestandsschutz nach § 5 WPG fallen, müssen die bundesrechtlichen Anforderungen spätestens ab ihrer ersten Fortschreibung berücksichtigen.

Ein weiterer Unterschied betrifft das Zieljahr für die Klimaneutralität: Während das WPG bundesweit das Jahr 2045 anstrebt, legt § 27a KlimaG BW für Baden-Württemberg, wie oben bereits angeführt, das Zieljahr 2040 fest – sowohl für die Wärmeversorgung insgesamt als auch für die vollständige Klimaneutralität aller Wärmenetze.

In Baden-Württemberg ist gemäß § 27b Absatz 1 KlimaG BW die Gemeinde die planungsverantwortliche Stelle. Sie muss den Wärmeplan fristgerecht beim zuständigen Regierungspräsidium

³ Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG) vom 07.02.2023 (GBl. 2023 S. 26).

einreichen – bis zum 30. Juni 2026 für große Gemeinden und bis zum 30. Juni 2028 für kleinere Gemeinden unter 100.000 Einwohnenden. Zusätzlich müssen die Pläne samt aller Daten innerhalb eines Monats nach der Online-Veröffentlichung digital an die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) übermittelt werden.

Für Gemeinden mit weniger als 10.000 Einwohnenden sieht § 27d KlimaG BW ein vereinfachtes Verfahren vor, das den Kreis der zu beteiligenden Akteure reduziert, jedoch weiterhin eine Stellungnahme der in § 7 Absatz 2 WPG genannten Personen ermöglicht. Darüber hinaus entfallen für diese Gemeinden einige Veröffentlichungspflichten nach Anlage 2 WPG.

Mit Inkrafttreten des **WPG** auf Bundesebene wurden die Grundlagen für die Einführung einer flächendeckenden Wärmeplanung in ganz Deutschland geschaffen. Die Wärmeversorgung soll damit auf Treibhausgasneutralität umgestellt werden, um die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bis 2045 im Wärmesektor zu unterstützen. Das Gesetz verpflichtet die Bundesländer dazu, sicherzustellen, dass in ihrem jeweiligen Gebiet bis zum 30.06.2026 alle Großstädte mit über 100.000 Einwohnern bzw. bis zum 30.06.2028 alle Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern Wärmepläne erstellen. Bereits bis 30.06.2026 bzw. 30.06.2028 nach Landesrecht aufgestellte kommunale Wärmepläne werden durch das Bundesgesetz anerkannt, müssen aber im Rahmen der Fortschreibung – im Zyklus von fünf Jahren – die bundesrechtlichen Regelungen erfüllen.

Das Bundesgesetz legt darüber hinaus das Ziel fest, dass bis zum Jahr 2030 im bundesweiten Mittel die Hälfte der leitungsgebundenen Wärme klimaneutral erzeugt werden soll (§2 (1)). Dazu soll die Nettowärmeerzeugung für jedes Wärmenetz bis 2030 zu einem Anteil von 30 % und bis 2040 zu 80 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus unvermeidbarer Abwärme gespeist werden (§29 (1)). Neu realisierten Wärmenetze müssen ab dem 1. März 2025 verpflichtend mindestens zu 65 % mit erneuerbaren Energien oder Abwärme gespeist werden (§ 30 (1)). Schließlich enthält das Wärmeplanungsgesetz für die Betreiber eines Wärmenetzes eine Verpflichtung zur Erstellung von Wärmenetzausbau- und Dekarbonisierungsfahrplänen.

Mit dem seit November 2020 geltenden **Gebäudeenergiegesetz** (GEG)⁴ soll die Wärmewende in den Gebäuden unterstützt und erreicht werden. Das Gesetz bezieht sich auf alle Gebäude, die beheizt oder klimatisiert werden und enthält im Wesentlichen Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden und an den Einsatz erneuerbarer Energien, indem es beispielsweise Vorgaben zur Heizungs- und Klimatechnik, zu Wärmedämmstandards oder zum sommerlichen Hitzeschutz macht.

⁴ Mit dem Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) wurde die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) abgelöst und deren Inhalte zu einer Vorschrift verbunden.

Zum 01.01.2024 wurde eine Novellierung des GEG beschlossen. Künftig soll möglichst jede neu eingebaute Heizung zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Nähere Informationen zum GEG können den FAQ⁵ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) (ehemals Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)) entnommen werden.

1.2 Planungsrechtliche Vorgaben

Auf die aktuellen klima- und energiepolitischen Entwicklungen hat die Gesetzgebung insbesondere durch die Novellierungen des Baugesetzbuchs (BauGB) 2011 und 2013⁶ reagiert, in dem u. a. Regelungen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel für die Bauleitplanung, die planungsrechtliche Zulässigkeit von Vorhaben oder bei städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen erweitert wurden. Insbesondere zu berücksichtigende Belange bei der Abwägung (vgl. § 1 Abs. 5 S. 2 BauGB) und neue Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten, z. B. für erneuerbare Energien, sollen zur Umsetzung der Energie- und Wärmewende beitragen. Seit der BauGB-Novelle 2013 sind auch die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung bei der städtebaulichen Sanierung zu erfassen und zu gewichten, soweit dies nach den örtlichen Gegebenheiten und Verhältnissen angezeigt ist (§ 136 Abs. 2 S. 2 Nr. 1 BauGB).

Zu den bei der städtebaulichen Planung zu berücksichtigenden Zielen und Gestaltungsmöglichkeiten gehören z. B. die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und Vermeidung von Verkehrsströmen, Förderung einer klimaschonenden Siedlungsstruktur („kompakte Stadt“, günstige ÖPNV-Anbindung, Förderung des Radverkehrs), der Ausschluss fossiler Brennstoffe oder die Berücksichtigung gebäude- und energiebezogener Aspekte (z. B. Ausrichtung der Gebäude).

1.3 Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse

Die aktuell wesentlichen Rahmenbedingungen für die Wärmeversorgung ergeben sich zum einen aus der Entwicklung der Energie- und Rohstoffpreise, der Kosten für Investitionen in Wärmeversorgungstechnologien und der Verfügbarkeit von personellen, materiellen und finanziellen Ressourcen. Zum anderen wird die Entwicklung auch durch energie- und wärmerelevante Gesetze und Verordnungen und die Förderkulisse von Bund und Ländern gesteuert, hier z. B.:

⁵ Erneuerbares Heizen – Gebäudeenergiegesetz (GEG) – Häufig gestellte Fragen (FAQ).

⁶ Vgl. Änderung durch Gesetz zur Stärkung der Innenentwicklung in den Städten und Gemeinden und weiteren Fortentwicklung des Städtebaurechts Art. 1 vom 11.6.2013 (BGBl. I S. 1548, Nr. 29).

- Entwicklung der Fördersätze in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) für Einzelmaßnahmen, Wohn- und Nichtwohngebäude beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
- Bonus für die Modernisierung der energetisch schlechtesten Gebäude („Worst Performing Buildings“ (WPB)-Bonus) der KfW (Programm Nr. 261 und 263).
- Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung“ des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (KfW 432). Förderung für einen klimafreundlichen Umbau von Quartieren mithilfe von integrierten Quartierskonzepten / Sanierungsmanagement.
- Gesetzliche Verschärfung der Anforderungen für den Einsatz erneuerbarer Energien, wie z. B. Pflicht zur Installation von Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung beim Neubau und bei grundlegender Dachsanierung eines Gebäudes mit einer für Solarnutzung geeigneten Dachfläche sowie beim Neubau eines für Solarnutzung geeigneten offenen Parkplatzes mit mehr als 35 Stellplätzen für Kraftfahrzeuge (KlimaG BW § 23).
- Förderung von Machbarkeitsstudien, Planung und Umsetzung neuer Wärmenetze mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien (inkl. kalter Nahwärme) durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW, Modul 1-4) bei der BAFA. Auch Betriebskosten für die neuen Wärmenetze sind teilweise förderfähig.
- Förderung von Planungs-⁷ und Umsetzungsleistungen zur Transformation bestehender Wärmenetze durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW, Modul 1-4) bei der BAFA. Auch Betriebskosten für die dann transformierten Wärmenetze sind teilweise förderfähig.
- Städtebauförderung des Bundes und des Landes; z. B. Förderung der städtebaulichen Erneuerung und Entwicklung für Kommunen in Baden-Württemberg durch das Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen.

1.4 Ablauf der kommunalen Wärmeplanung

Die **Transformation der Wärmeversorgung** zur Klimaneutralität und die kommunale Wärmeplanung als strategischer Steuerungsprozess sind von herausragender Bedeutung für den Klimaschutz. Jede Kommune entwickelt in ihrem kommunalen Wärmeplan einen individuellen Weg, der die spezifische städtebauliche und versorgungstechnische Ausgangssituation sowie vorhandene Potenziale, Strukturen, Prozesse und Zuständigkeiten vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Er dient somit als strategische Grundlage und Fahrplan, um konkrete Entwicklungsziele und

⁷ Die bisherige Förderung von Transformationsplänen als erste Stufe der Planungsleistungen wurde aufgrund der gesetzlichen Verpflichtung aus dem WPG, bis zum 31. Dezember 2026 Wärmenetzausbau- und Dekarbonisierungsfahrpläne vorlegen zu müssen, zum 31. März 2026 eingestellt – außer für industrielle Prozesswärmenetze, die weiterhin antragsberechtigt bleiben.

Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen und die handelnden Akteure in den nächsten Jahrzehnten bei der Transformation der Wärmeversorgung zu unterstützen.

Die kommunale Wärmeplanung gliedert sich nach dem WPG in **fünf wesentliche Arbeitsschritte** (vgl. Abbildung 1):



Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der kommunalen Wärmeplanung⁸

Zunächst wird eine **Eignungsprüfung nach § 14 WPG** durchgeführt, in der anhand einer Reihe von Prüfkriterien Teilgebiete identifiziert werden, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen. Für diese Teilgebiete kann die Gemeinde entscheiden, eine verkürzte Wärmeplanung durchzuführen.

Im nächsten Schritt erfolgt die ausführliche **Bestandsaufnahme und -analyse** (§ 15 WPG) der bestehenden Wärmeversorgung, der Wärmeverbräuche, der daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen sowie u. a. der städtebaulichen Struktur, des Gebäudebestands und der Baualtersklassen.

Darauf folgt die **Potenzialanalyse** (§ 16 WPG), bei der Sanierungspotenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme und Potenziale für lokal verfügbare erneuerbare Energien sowie Abwärme in der Kommune abgeschätzt und bilanziert werden.

Auf Basis der Ergebnisse aus der Eignungsprüfung, Bestands- und Potenzialanalyse folgt die **Entwicklung des klimaneutralen Szenarios** gemäß § 17 WPG, das als Zielszenario für das Jahr 2040 dient. Für das Zielszenario erfolgt eine Einteilung des Untersuchungsgebiets in Wärmeversorgungsgebiete für eine leitungsgebundene Versorgung (Wärmenetzgebiet, Wasserstoffnetzgebiet) bzw. für eine dezentrale Einzelversorgung von Gebäuden ermittelt. Zudem können „Prüfgebiete“ ausgewiesen werden, sofern *„die für eine Einteilung erforderlichen Umstände noch nicht ausreichend bekannt sind, weil ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucher auf andere Art mit Wärme versorgt werden soll“*.⁹ Für die Planung der zukünftigen Energieversorgung

⁸ Eigene Darstellung

⁹ § 3 Abs. 1 Ziff. 10 WPG (BGBl. 2023 I Nr. 394).

sind neben den Klimaschutzzielen insbesondere die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu berücksichtigen.

Neben den Wärmeversorgungsgebieten beinhaltet die **Umsetzungsstrategie** – als Roadmap für die Umsetzung der Wärmewende nach § 20 WPG – einen umfassend beschriebenen Maßnahmenkatalog, mit Hilfe dessen das Ziel der treibhausgasneutralen Versorgung bis zum Zieljahr erreicht werden kann. Dabei ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Verwaltung, Energieversorgern, Netzbetreibern, der Bürgerschaft und weiteren relevanten Akteur:innen erforderlich.

Die Arbeitsschritte der kommunalen Wärmeplanung werden jeweils durch einen Beteiligungsprozess begleitet.

Nähere Informationen zum Ablauf der kommunalen Wärmeplanung enthält der Leitfaden Wärmeplanung¹⁰ des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW).

1.5 Kommunikation, Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung

Parallel zur fachlichen Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans hat die Gemeinde Hüffenhardt die Bürgerschaft und relevante Akteure intensiv in den Prozess eingebunden (Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung) sowie informiert (Pressearbeit). Darüber hinaus wurden die Veröffentlichungspflichten des WPG für die verschiedenen Zwischenschritte der Wärmeplanung (Eignungsprüfung, Bestands- und Potenzialanalyse, Entwurf des Wärmeplans) eingehalten. Interessierte konnten die entsprechenden Dokumente einsehen und kommentieren.

Beteiligung interner Akteure

Der Wärmeplanungsprozess für Hüffenhardt wurde mit den betroffenen Akteuren in einem Beteiligungsprozess auf unterschiedlichen Ebenen begleitet. Zur Abstimmung der wesentlichen Schritte und Beteiligungsformate wurden mit den federführenden Verwaltungsmitarbeiter:innen der Gemeinden Schwarzach, Aglasterhausen, Obrigheim, Haßmersheim, Hüffenhardt und Neckarzimmern regelmäßige Jour Fixes (JF) durchgeführt. Daneben wurden mehrmals fachliche (Zwischen-)Ergebnisse in Lenkungskreisterminen präsentiert und über den Fortschritt der KWP diskutiert. Darüber hinaus erfolgten Abstimmungstermine (online und telefonisch) mit der Verwaltung und dem Netzbetreiber als wesentliche Akteure der lokalen Wärmewende.

Beteiligung externer Akteure / Beteiligung der Bürgerschaft

Die wichtigsten (Beteiligungs)termine sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

¹⁰ Vgl. Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*.

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Termine des Beteiligungsprozesses

Datum	Gremium	Inhalte
16.12.2024	Verwaltung	Auftakt der kommunalen Wärmeplanung; Akteursnetzwerk und Vorgehensbeschreibung
01.07.2025	Verwaltung, Stadtwerke Mosbach GmbH, Abwasser-Zweckverband Elz-Neckar, Netze BW GmbH	Lenkungskreis 1: Erläuterung Vorgehen; Stand des Wärmeplanungsprozesses / der Datenerhebung; Eignungsprüfung
18.03.2025	Verwaltung, Stadtwerke Mosbach GmbH, Abwasser-Zweckverband Elz-Neckar, Netze BW GmbH	Lenkungskreis 2: Entwurf Wärmeversorgungsgebiete; Entwurf Maßnahmenkatalog/Umsetzungsstrategie
xx.xx.xxxx	Öffentlichkeitsbeteiligung (Vor-Ort-Termin)	Informationsveranstaltung zu Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung für die Bürgerschaft und Diskussionsmöglichkeit
xx.xx.xxxx	Politik (Gemeinderat)	Bereitstellung von Informationsfolien über die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung

Pressearbeit

Die Gemeinde informiert auf ihrer Homepage¹¹ über die kommunale Wärmeplanung. Darüber hinaus ist die Öffentlichkeit durch verschiedene Pressemitteilungen regelmäßig über den aktuellen Stand der Wärmeplanung informiert und zur Informationsveranstaltung eingeladen worden.

1.6 Datenschutz

Gemäß den Vorschriften zum Datenschutz gemäß § 12 WPG dürfen die Veröffentlichungen zum Wärmeplan keine personenbezogenen Daten, Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse oder vertrauliche Informationen zu Kritischen Infrastrukturen¹² enthalten. Im Rahmen der Darstellungen der Bestandsdaten findet daher eine Aggregation von mindestens drei Hausadressen für dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen bzw. mindestens fünf Hausadressen bei leitungsgebundenen Wärmeversorgungsarten statt.

1.7 Das Untersuchungsgebiet

Die Gemeinde Hüffenhardt mit rund 2.100 Einwohnern¹³ und einer Gesamtfläche von ca. 1.760 ha liegt im Neckar-Odenwald-Kreis (Regierungsbezirk Karlsruhe) ca. 20 km nördlich von

¹¹ <https://www.hueffenhardt.de/>

¹² Kritische Infrastrukturen (KRITIS) sind Organisationen oder Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden. Kritische Infrastrukturen, hier des Sektors Energie (insb. Strom-, Gas-, Kraftstoff- und Fernwärmeversorgung) und Wasser (Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung) werden nach der „Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz“ (BSI-Kritisverordnung - BSI-KritisV) vom 22.04.2016 (BGBl. I S. 958), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 29.11.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 339), bestimmt. Demnach gelten Infrastrukturen dann als kritisch, wenn Sie bestimmte Schwellenwerte nach Anhang 1 (Sektor Energie) oder Anhang 2 (Sektor Wasser) überschreiten.

¹³ 2.069 (Stand: 31.12.2024), Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

Heilbronn, bzw. 30 km östlich von Heidelberg. Zum Gemeindegebiet gehört, neben Hüffenhardt selbst im Süden der Gemarkung, auch der Ortsteil Kälbertshausen im Norden. Die Bodenfläche von Hüffenhardt verteilt sich auf 11,9 % Siedlungs- und Verkehrsfläche und 88,1 % naturnahe Flächen (darunter 59,2 % landwirtschaftliche Fläche / 27,8 % Wald). Die Bevölkerungsdichte liegt bei 117 Einwohnern pro Quadratkilometer (zum Vergleich: Landeswert 315 EW/km²).

Die Hapterschließung der Gemeinde erfolgt über die von West nach Ost verlaufende Hauptstraße sowie die L 590 von Norden kommend, bzw. die L 530 von Süden kommend. Zudem ist ein Busliniennetz vorhanden, welches unter anderem Verbindungen nach Waibstadt, Neckarelz und zu weiteren umliegenden Gemeinden bereitstellt.

Nach dem Einheitlichen Regionalplan der Metropolregion Rhein-Neckar (Vgl. Abbildung 2) ist im Osten der Gemarkung ein Vorranggebiet für den Rohstoffabbau ausgewiesen (Zementrohstoffe), sonst sind große Teile der Gemarkung durch landwirtschaftliche Flächen geprägt.

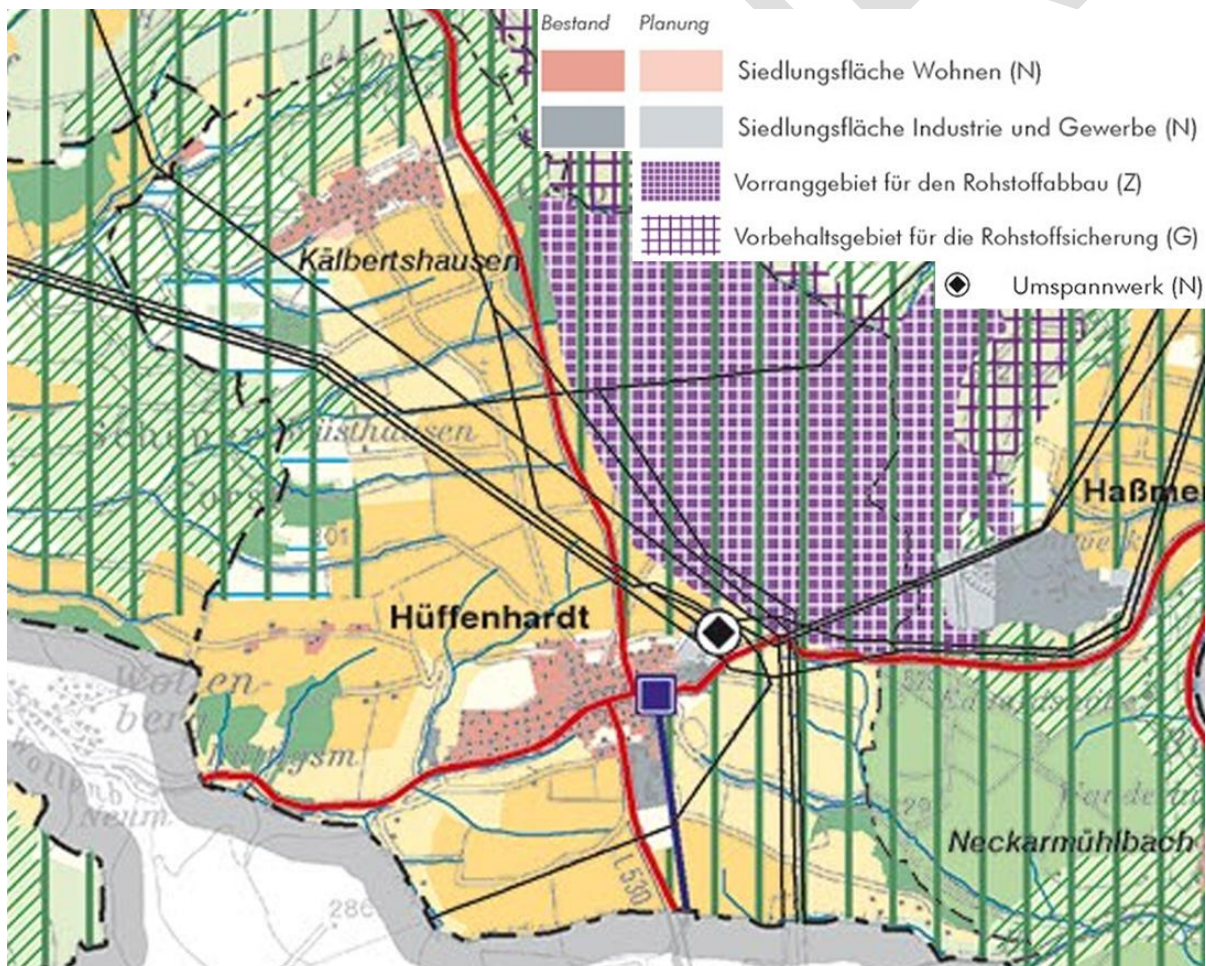


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Einheitlichen Regionalplan Metropolregion Rhein-Neckar¹⁴

¹⁴ Verband Region Rhein-Neckar, *Einheitlicher Regionalplan Rhein-Neckar*.

2 Eignungsprüfung nach § 14 WPG

Im Rahmen der Eignungsprüfung nach § 14 WPG wurde zu Beginn der Bearbeitung des kommunalen Wärmeplans geprüft, in welchen Teilgebieten eine verkürzte kommunale Wärmeplanung, d. h. ohne ausführliche Bestands- und Potenzialanalyse und Untersuchung von Wärmeversorgungsarten, durchgeführt werden kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich ein Teilgebiet weder für ein Wasserstoff- noch für ein Wärmenetz eignet. Für diesen Analyseschritt wurden öffentlich zugängliche statistische Datenquellen ausgewertet (vgl. Tabelle 2) und das Gemeindegebiet vorläufig in einzelne Teilgebiete eingeteilt (vgl. Abbildung 3), deren Abgrenzung sich im weiteren Verlauf der Wärmeplanung noch ändern kann. Die Eignungsprüfung ermöglicht, Gebiete für eine verkürzte Wärmeplanung auszuweisen, um einen unverhältnismäßig hohen Analyseaufwand zu vermeiden.

Tabelle 2: Betrachtete Datenquellen für die Eignungsprüfung

Datenquelle	Beschreibung
ALKIS Datensatz	Betrachtung von Gebäudesektoren
Zensus (Stand: 2022)	Betrachtung von Gebäudealtersklassen
Luftbilder (DOP)	Betrachtung der Bebauungsstruktur
Wärmeatlas BW (Stand: 2025)	Modellierte Daten zum Wärmebedarf

Aus der Prüfung ergibt sich, dass für die in Abbildung 3 dargestellten Teilgebiete eine „normale“, d. h. nicht verkürzte Wärmeplanung durchgeführt wird. Die Anwendung des verkürzten Verfahrens wird als nicht erforderlich erachtet, da keine nennenswerte Reduzierung des Planungsaufwands erwartet wird. Zudem kommt damit allen Teilgebieten eine gleichermaßen ausführliche Betrachtung und Analyse auf Ebene der kommunalen Wärmeplanung zuteil, um eine bestmögliche Ausgangslage für die Entwicklung des Zielszenarios zu entwickeln. Diese Vorgehensweise dient vor allem der Transparenz und der Gleichbehandlung aller Teilgebiete innerhalb der Gemarkung.



Name des Teilgebiets	Nr.
Hüffenhardt Kälbertshausen	21
Hüffenhardt West	22
Hüffenhardt Zentrum	23
Hüffenhardt Gewerbegebiet und Freizeitzentrum	24

Abbildung 3: Abgrenzung Teilgebiete der Eignungsprüfung¹⁵

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung wurden gemäß § 13 Abs. 2 WPG auf der Website der Gemeinde Hüffenhardt veröffentlicht.¹¹

¹⁵ Hinweis: die kommunale Wärmeplanung wurde im Konvoi der Gemeinden Schwarzach, Aglasterhausen, Obrigheim, Haßmersheim, Hüffenhardt und Neckarzimmern durchgeführt, weshalb die Nummerierung nicht bei 1 beginnt und Teilgebiete angrenzender Gemeinden zu sehen sind.

3 Bestandsanalyse

Für das Aufstellen eines Wärmeplans und die Ermittlung des Zielszenarios ist die Erhebung und Beurteilung der Ist-Situation unerlässlich. Die Bestandsanalyse zeigt räumlich auf, wo in der Gemeinde welcher Energieträger in welchem Umfang verbraucht wird. Für Hüffenhardt ist dabei die dezentrale Wärmeversorgung über das Gasnetz sowie das Stromnetz und mit Energieträgern wie Heizöl oder Biomasse relevant.

Weiter spielen städtebauliche Aspekte (wie Bebauungsdichte, Siedlungsstrukturen, Baualtersklassen) und Nutzungsstrukturen (wie Wohnen, Gewerbe) sowie laufende oder geplante städtebauliche Entwicklungen und Projekte (z. B. geplante Neubaugebiete, Sanierungsverfahren, Realisierung von Solarparks) eine Rolle.

3.1 Datengrundlagen

Der Wärmeplan wurde unter Nutzung eines sogenannten digitalen Zwillings (DZ) erstellt. Dieser bildet Gebäude, Flächen und Gebiete, die mit Informationen zu Geometrie und energetisch relevanten Attributen angereichert werden, in einem virtuellen Modell digital ab. Die MVV Regioplan GmbH nutzte hierfür den DZ der Fa. greenventory GmbH mit Sitz in Freiburg. Dabei wurden Daten zum Gebäudebestand mit Angaben zu den Verbräuchen von Energieträgern im Wärmesektor sowie Daten zu Feuerstätten innerhalb der Gemarkung aufbereitet, georeferenziert, miteinander verschnitten und plausibilisiert.

Aus Gründen des Datenschutzes wurden adress- und personenbezogene Daten, insbesondere Verbrauchsangaben der Netzbetreiber und Daten aus Kkehrbüchern der Schornsteinfeger, für die Erhebung, Auswertung und Ergebnisdarstellung datenschutzkonform zusammengefasst.

Geliefert wurden für die kommunale Wärmeplanung vorrangig folgende Daten:

- Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen mit Verbrennungstechnik:
 - Erdgasverbräuche (für drei Jahre)
 - Wärmestromverbräuche (Heizstrom)
 - Art, Brennstoff und Heizleistung der Feuerstätten (elektronisches Kkehrbuch)
- Netz- und Infrastrukturdaten:
 - Gas- und Stromnetze
 - Abwassersystem
- Erzeugerdaten:
 - Erneuerbare und KWK-Anlagen

Des Weiteren wird auf folgende öffentliche Datenquellen zurückgegriffen:

- Gebäudeinformationen
 - Daten des Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)
 - LoD/LoD 2-Daten (LoD steht dabei für das „Level of Detail“ der 3D-Gebäudemodelle)
 - Zensusdaten
 - Ggf. Ergänzungen aus OSM (OpenStreetMap), z. B. zu Stockwerks-Informationen

3.2 Methodik

Für die Bestandsanalyse werden die in Kapitel 3.1 genannten Informationen im DZ zusammengefasst und für die weitere Verarbeitung und Analyse aufbereitet. Im Folgenden sind die wichtigsten Methodiken des DZs erläutert.

3.2.1 Gebäudeinformationen

Zur Beschaffung der Gebäudeparameter, wie die Grundfläche, Brutto-Gesamtfläche, Nutzfläche und Wohnfläche, die als Grundlage der Berechnung verschiedener Bilanzierungswerte dienen, werden unterschiedlichste öffentliche Datenquellen herangezogen. Darunter die Gebäudehöhen-Informationen aus dem ALKIS-Datensatz, 3D-Gebäudemodelle im LoD2, Stockwerks-Informationen aus OpenStreetMap (OSM) sowie Algorithmen aus dem proprietären KI-Modell der Greenventory GmbH mit Sitz in Freiburg.

Zudem wird eine Kategorisierung in die Sektoren Wohngebäude, Industrie & Produktion, GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) sowie öffentliche Gebäude („öffentlicher Dienst“) vorgenommen. Grundlage dafür bildet eine Gebäudekategorie-Systematik, die sich an der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft orientiert (bekannt als NACE Codes)¹⁶ und mithilfe von ALKIS-Gebäudekategorien, OSM-Daten und Corine Land Cover Daten gewonnen wird.

Der Zensus 2022, eine öffentliche Datenerhebung, stellt Baualtersklassen als aggregierten 100 m × 100 m Rasterdatensatz öffentlich zur Verfügung. In jeder 100 m x 100 m Rasterkachel ist für jede der Altersklassen angegeben, wie viele Gebäude in der jeweiligen Zelle zu dieser Altersklasse zählen. Da den Gebäuden nicht einzelne Klassen zugeordnet werden können und der entsprechende Datensatz sehr groß ist, müssen diese nach statistischen Methoden auf die Gebäude im Digitalen Zwilling verteilt werden. Dies bedingt, dass die Zuordnung mit dem realen Gebäudealter nicht zwingend übereinstimmt, im Mittel aber aussagefähige Prognosen ableitbar sind.

¹⁶ Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, *NACE Rev. 2*.

3.2.2 Primäres Heizsystem

Ein primäres Heizsystem bezieht sich auf die natürliche Energiequelle (Primärenergie), die zur Wärmeerzeugung genutzt wird, wie z. B. Erdgas, Öl, Holz oder Solar, und die dann in nutzbare Endenergie umgewandelt wird, wobei Energieverluste entstehen, die im sogenannten Primärenergiebedarf berücksichtigt werden. Moderne primäre Systeme versuchen, diese Verluste zu minimieren, etwa durch Brennwertechnik oder die Kombination mit erneuerbaren Energien, um den Primärenergiebedarf zu senken.

Das Heizsystem, welches den überwiegenden Teil des Wärmebedarfs abdeckt, wird als primäres Heizsystem bezeichnet und entspricht der Hauptheizung in Gebäuden. Das primäre Heizsystem wird nach dem in Abbildung 4 gezeigten Vorgehen für jedes beheizte Gebäude ermittelt. Gestartet wird mit den realen Verbrauchsdaten des lokalen Energieversorgungsunternehmens, welche die höchste Güte ausweisen. Falls diese für ein Gebäude nicht vorhanden sind, werden Ableitungen auf Basis von Schornsteinfegerdaten vorgenommen. Liegen diese ebenfalls nicht vor, wird das primäre Heizsystem über das Flurstück zugewiesen. D.h. wenn auf dem Flurstück weitere Gebäude mit einem bekannten Heizsystem vorliegen, dann wird dieses Heizsystem übertragen. Erst wenn diese Methode nicht greift, wird auf Zensus-Daten zurückgegriffen. Für jede 100 x 100 m Rasterkachel des Zensus liegt eine aggregierte Verteilung der vorhandenen Systeme vor. Entsprechend dieser Verteilung in der Rasterkachel wird den Gebäuden mit unbekanntem System ein Energieträger zugeordnet.

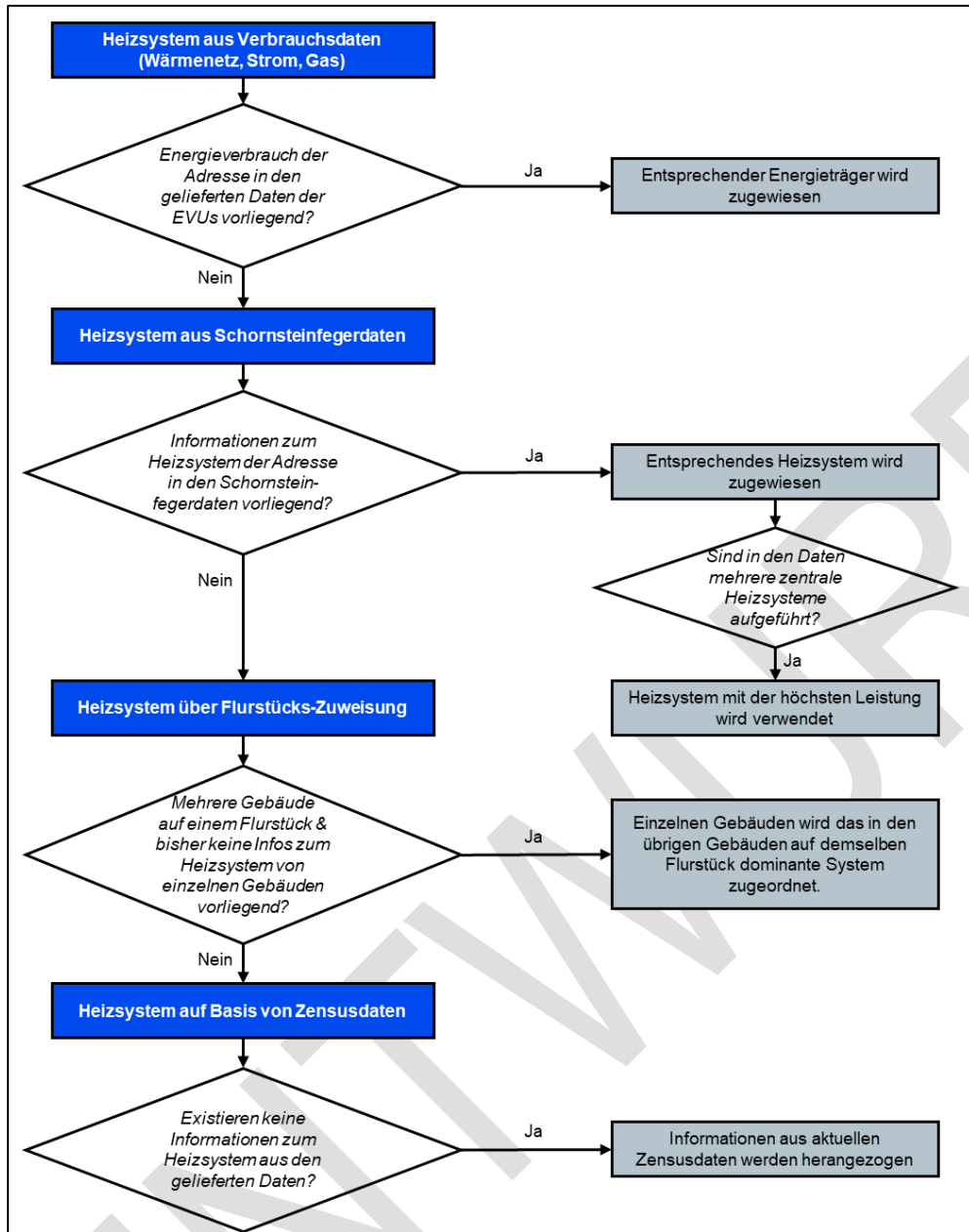


Abbildung 4: Vorgehen Ermittlung des primären Heizsystems¹⁷

3.2.3 Sekundäres Heizsystem (Holzöfen)

Neben dem primären Heizsystem können den Schornsteinfegerdaten Holzöfen als sekundäre Heizsysteme entnommen werden. Für diese liegen i. d. R. keine Verbrauchswerte vor, doch werden diese unter Berücksichtigung der Verbräuche des primären Heizsystems abgeschätzt. Grundlage dafür bietet ein sogenannter Substitutionsfaktor, der den Wärmebedarf des sekundären Holzofens in Abhängigkeit zum primären Energieträger beschreibt. Die Basis dazu bildet die Studie „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“, wobei die Substitutionsfaktoren in Tabelle

¹⁷ Eigene Darstellung auf Basis der Methodik des DZs

3 gelistet sind.¹⁸ Da Holzöfen besonders in städtischen Gebieten oft nur zum Komfort und unregelmäßig betrieben werden, greift diese Methodik nur dann, wenn eine Bebauungsdichte (Anteil der Bedeckung eines Baublocks durch Gebäude) von unter 30 % gegeben ist. Liegt der Wert höher, wird eine pauschale Annahme von 10 % Anteil des Wärmebedarfs zugrunde gelegt.

Tabelle 3: Substitutionsfaktoren für sekundäre Heizsysteme¹⁸

Technik	Heizöl / Diesel	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Strom	Fernwärme
Substitutionsfaktor in %	26,2 %	36,9 %	0,0 %	0,0 %	4,7 %	3,1 %

3.2.4 Endenergiebedarf und Wärmebedarf

Für jedes Gebäude wird der Wärmebedarf, angelehnt an den Heiz-Nutzwärmebedarf, berechnet.

Liegen Verbrauchsdaten vor, erfolgt dies über die jeweiligen brennwertbezogenen Endenergieverbräuche unter Verwendung von typabhängigen Heizsystem-Effizienzen (s. Tabelle 4).

Diese prinzipiellen Effizienzen stehen für den Wirkungsgrad des betreffenden Heizsystems, die sich aus der eingesetzten Energie und den chemischen und physikalischen Verlusten ergeben. Rein mathematisch ist der Wirkungsgrad η der Quotient der Differenzen von nutzbarer zu zugeführter Energie.

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{nutz}}}{\Delta E_{\text{zu}}}$$

Wie auch bei der Heizsystemzuweisung über die Flurstücke (siehe oben) wird auch der gelieferte Verbrauch pro Energieträger und pro Flurstück entsprechend der Gebäudegrundflächen auf die Gebäude mit dem gleichen primären Heizsystem verteilt.

¹⁸ Lauf, Memmler, und Schneider, *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2023*. S. 95

Tabelle 4: Typabhängige Heizsystem-Effizienzen (Wirkungsgrade)

Konventionell	η	Holz basiert	η	Strom basiert	η	Sonstiges	η
Gaskessel & Flüssiggas	0,95	Holzpellets-Kessel	0,90	Luftwärmepumpe	3,10	Gas-KWK	0,50
Ölkessel	0,93	Holzhackschnitzel-Kessel	0,94	Erdwärmepumpe	4,10	Fernwärmeübergabestation	0,95
Kohlekessel	0,90	Holzofen	0,80	Direktheizung & Elektrokessel	1,00	Brennstoffzelle	0,80
<i>Wärmebedarf [kWh/a] = Endenergieverbrauch [kWh/a] * Wirkungsgrad η</i>							

Für Gebäude ohne bereitgestellte Verbrauchsdaten werden gebäudetyp- und flächenspezifische Wärmebedarfswerte¹⁹ verwendet. Mithilfe der so ermittelten Wärmebedarfe und der Heizsystem-Effizienzen aus Tabelle können daraufhin die jeweiligen brennwertbezogenen Endenergie-Verbräuche je Energieträger ermittelt werden.

3.2.5 Wärmedichten und Wärmelinienindichten

Zur Analyse des Gesamtwärmebedarfs werden sogenannte Wärmedichten und Wärmelinienindichten herangezogen. Zur Ermittlung wird der Wärmebedarf auf eine räumlich begrenzte Fläche bzw. Länge bezogen. Bei der Wärmelinienindichte wird der Verbrauch von an die Straße angrenzenden Gebäuden auf Straßensegmente projiziert. Sie gibt damit die absetzbare Wärmemenge (kWh/a) im Verhältnis zur Leitungslänge (m) an.

Hohe Werte können ein wichtiger Indikator dafür sein, dass Wärmenetze wirtschaftlich realisierbar sind (vgl. Tabelle 5). Sogenannte „Ankerkunden“, z. B. Schulzentren oder Verwaltungsgebäude, welche eine langfristig gesicherte, konstante und meist hohe Abnahmemenge gewährleisten, erhöhen das Wärmenetzeignungspotenzial zusätzlich. Bei geringen Wärmebedarfs- bzw. Wärmelinienindichten wie in peripheren Siedlungsgebieten / dörflichen Strukturen sind hingegen i. d. R. dezentrale Lösungen die wirtschaftlichere Option.

¹⁹ Vgl. Langreder u. a., *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung 2024*.

Tabelle 5: Wärmenetzzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (links) bzw. in Abhängigkeit der Wärmelinienindichte (rechts)²⁰

Wärmedichte [MWh/ha*a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen	Wärmelinien- dichte [MWh/m*a]	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0–70	Kein technisches Potenzial	0–0,7	Kein technisches Potenzial
70–175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten	0,7–1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
175–415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand	1,5–2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
415–1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand	> 2	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzzeignung		

3.2.6 Treibhausgas-Emissionen

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt gebäudescharf auf Basis des brennwertbezogenen Endenergieverbrauchs mit Hilfe der energieträgerspezifischen Faktoren.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren nach Energieträger²¹

Energieträger	Emissionsfaktor (tCO ₂ e/MWh, Heizwert)				
	2022	2030	2040	2045	Faktor Heizwert zu Brennwert
Strom (Mix bundesweit)	0,499	0,110	0,025	0,015	1
Strommix (100 % Ökostrom)	0	0	0	0	1
Heizöl	0,310	0,310	0,310	0,310	1,06
Erdgas	0,240	0,240	0,240	0,240	1,11
Flüssiggas	0,270	0,270	0,270	0,270	1,09
Steinkohle	0,400	0,400	0,400	0,400	1,06
Biomasse (z. B. Holz)	0,020	0,020	0,020	0,020	1,1
Biogas	0,139	0,133	0,126	0,123	1,11
Biomethan	0,041	0,036	0,031	0,031	1,11
Solarthermie	0	0	0	0	1
Umweltwärme (Luft, Erde, Wasser)	0	0	0	0	1
Abwärme aus Verbrennung	0,020	0,020	0,020	0,020	1
Prozessabwärme	0,040	0,038	0,036	0,035	1

²⁰ Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*, 54.

²¹ Datengrundlage: Langreder u. a., *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung 2024*.

Dafür werden die heizwertbezogenen Emissionsfaktoren nach Tabelle 6 in einem Zwischenschritt mit den ebenfalls in der Tabelle enthaltenen Faktoren in brennwertbezogene Emissionsfaktoren umgerechnet und anschließend mit den Endenergieverbräuchen multipliziert. Diese Emissionsfaktoren werden anschließend zur CO₂-Bilanzierung verwendet. Die Treibhausgas-Emissionen werden für verschiedene Zwischenschritte (Bestandsanalyse, Zielszenario und Wärmewendestrategie) in der kommunalen Wärmeplanung benötigt, um hieraus grobe Einschätzungen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu ermöglichen.

3.3 Städtebauliche Struktur und Entwicklung in Hüffenhardt

Die Siedlungsstruktur der Gemarkung untergliedert sich in den Kernort Hüffenhardt im Süden sowie die davon separierten Siedlungsbereich Kälbertshausen im Norden. Die beiden Ortsteile verfügen je über historische Ortskerne mit z. T. unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden. Wohngebietserweiterungen fanden insbesondere in der Nachkriegszeit statt, wobei die Einfamilienhausbebauung überwiegt und nur wenige Bereiche mit Mehrfamilienhausbebauung vorliegen. Jüngste Gebietsentwicklungen (nach dem Jahr 2000) nordwestlich des Ortskerns von Hüffenhardt statt.

Gebäudenutzung und Baualtersklassen

Abbildung 5 zeigt die vorherrschenden Gebäudenutzungen auf Baublockebene im Gemeindegebiet nach Sektoren. Die Gebiete sind demnach vor allem durch die Wohnnutzung geprägt, während vereinzelte Gewerbebereiche vorliegen. Zusammenhängende Gewerbegebiete sind dabei im Osten und Südosten von Hüffenhardt vorzufinden.

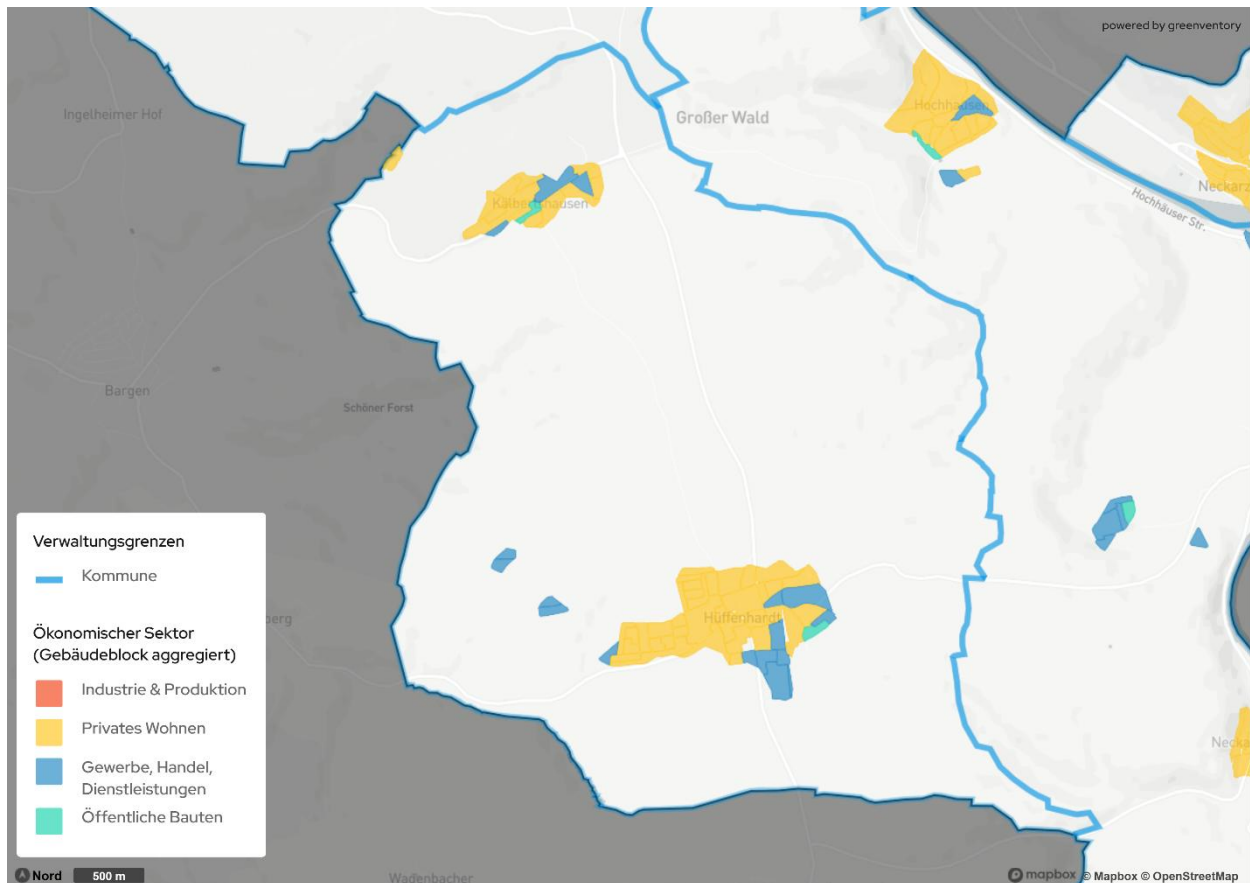
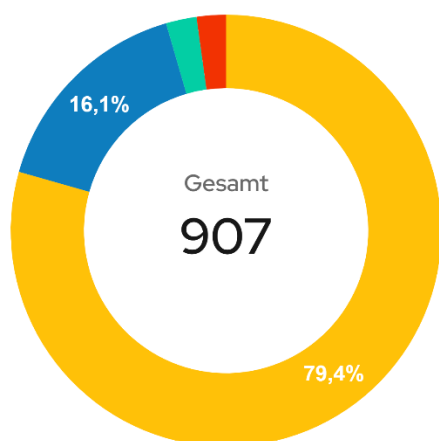


Abbildung 5: Sektorale Verteilung der vorherrschenden Gebäudenutzung auf Ebene von Bebauungsblöcken

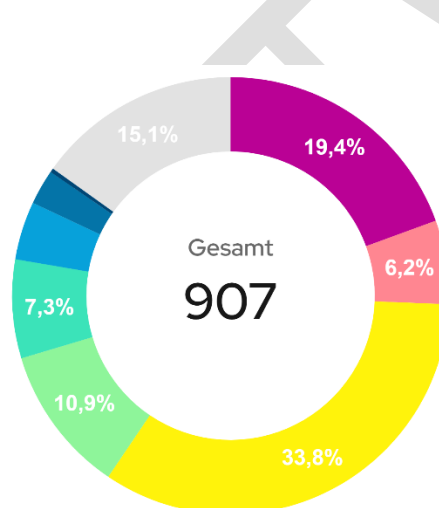
Die Verteilung der Nutzungsart der rund 900 auf der Gemarkung erfassten beheizten Gebäude zeigt das Diagramm in Abbildung 6. Die Wohnnutzung ist mit ca. 79 % erwartungsgemäß der dominierende Sektor, gefolgt von den Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit 16 % sowie Industrie mit 2 % des Gebäudebestands. Öffentlichen Gebäuden und Einrichtungen kommt ebenfalls ein Anteil von 2 % zu (Kategorie „öffentlicher Dienst“, darunter kommunale Liegenschaften sowie z. B. Kirchen und Krankenhäuser). Die innerhalb des öffentlichen Sektors erfassten kommunalen Gebäude spielen in der lokalen Wärmewende eine wichtige Rolle, da ihnen einerseits eine Vorreiterrolle zukommt und sie andererseits ggf. als Ankerkunden für Wärmenetze dienen können.



Wirtschaftssektor	Gebäudebestand	
	%	
Privates Wohnen	79,4%	720
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	16,1%	146
Öffentliche Bauten	2,3%	21
Industrie & Produktion	2,2%	20
Gesamt	100%	907

Abbildung 6: Verteilung des Gebäudebestandes nach Sektoren
(Datenquellen: ALKIS, Zensus 2022)

Ein wichtiges Strukturmerkmal, das für die Berechnung des Sanierungspotenzials im Gebäudebestand verwendet wird, ist die Verteilung der Baualtersklassen in den Gemeinden (vgl. Abbildung 7); siehe dazu auch Kap. 4.1. Gemäß der Datenlage sind insgesamt rund 59 % der Gebäude bis zum Jahr 1978 erbaut worden. Die meisten wurden damit vor der 1. Wärmeschutzverordnung aus dem Jahr 1977 errichtet, knapp 26 % stammen aus der Zeit vor 1949. Die Baualtersklasse, die durchschnittlich und relativ zur Bodenfläche den höchsten Wärmeverbrauch und die höchsten Einsparpotenziale aufweist, nämlich die aus der Nachkriegszeit bis ca. Ende der 1970er Jahre, ist mit über 300 Gebäuden (ca. ein Drittel) am stärksten vertreten.



Baualter	Gebäudebestand	
	%	
vor 1919	19,4%	176
1919 - 1948	6,2%	56
1949 - 1978	33,8%	307
1979 - 1990	10,9%	99
1991 - 2000	7,3%	66
2001 - 2010	4,3%	39
2011 - 2019	2,6%	24
2020 - 2022	0,3%	3
Unbekannt	15,1%	137
Gesamt	100%	907

Abbildung 7: Verteilung der Baualtersklassen
(Quelle: Zensus 2022)

Betrachtet man die räumliche Verteilung der Baualtersklassen auf der Gemarkung (Abbildung 8) fallen insbesondere die Ortskerne mit Gebäuden von vor 1919 ins Auge, an welche sich weitere Baublöcke mit der überwiegenden Altersklasse 1949-1978 angliedern. Auf diese Altersklasse sind auch die größten Wohngebietserweiterungen zurückzuführen, darunter v. a. südliche

Erweiterungen in Hüffenhardt und eine westliche Erweiterung in Kälbertshausen. Jüngste Entwicklung stellt ein Wohngebiet im Nordwesten von Hüffenhardt dar.

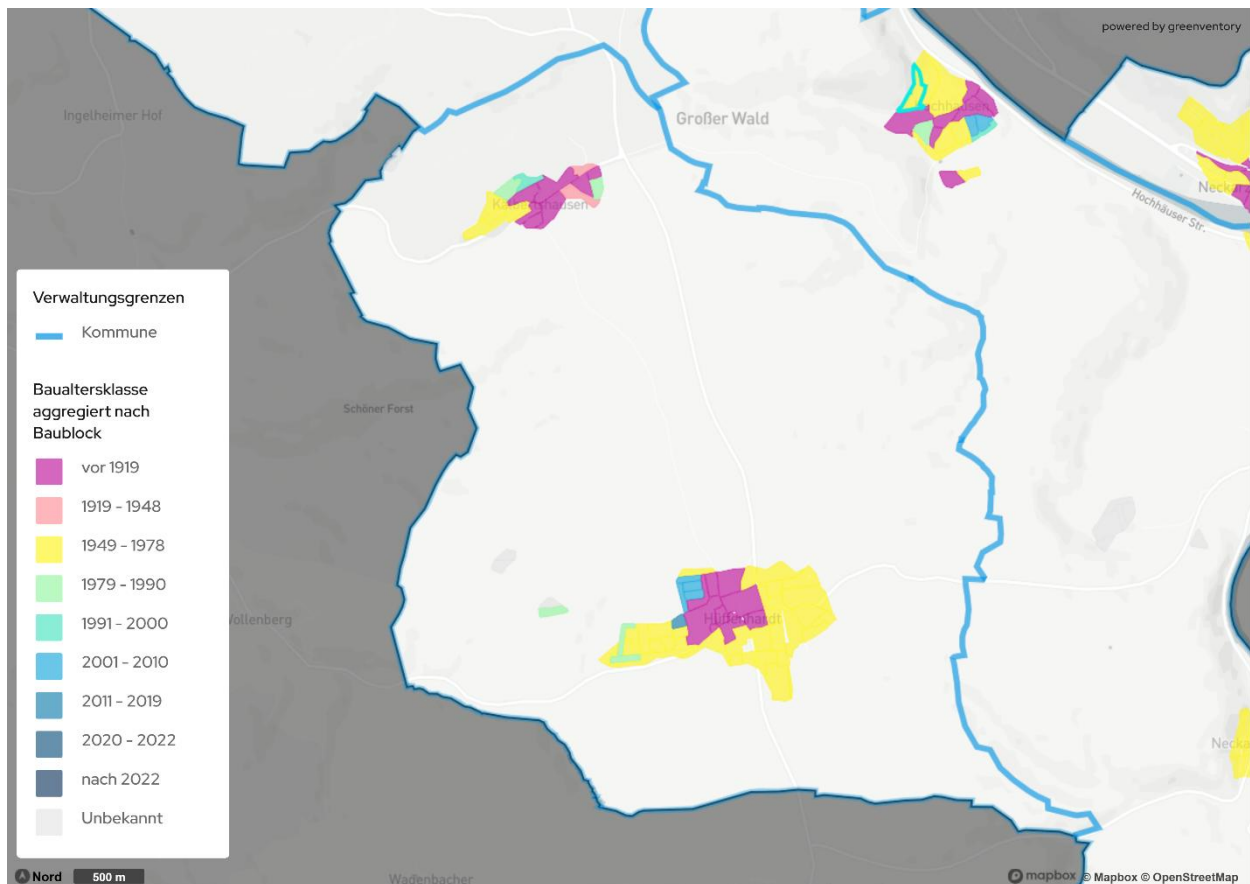


Abbildung 8: Verteilung der Baualterklassen auf Baublockebene
(Datengrundlage: Zensus 2022)

3.4 Beheizungsstruktur

Das GEG²² sieht in § 72 ein Betriebsverbot für ineffiziente, fossil beschickte Heizöl- oder Erdgasheizungen vor, die ihre technische Nutzungsdauer überschritten haben. Im Gesetzestext heißt es:

- (1) *Eigentümer von Gebäuden dürfen ihre Heizkessel, die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und vor dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr betreiben.*
- (2) *Eigentümer von Gebäuden dürfen ihre Heizkessel, die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und ab dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nach Ablauf von 30 Jahren nach Einbau oder Aufstellung nicht mehr betreiben.*

²² Gebäudeenergiegesetz vom 08.08.2020 (BGBl. I S. 1728), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 16.10.2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280).

(3) Die Absätze 1 und 2 sind nicht anzuwenden auf

1. Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel,
2. heizungstechnische Anlagen, deren Nennleistung weniger als 4 Kilowatt oder mehr als 400 Kilowatt beträgt sowie
3. heizungstechnische Anlagen mit Gas-, Biomasse- oder Flüssigbrennstofffeuerung als Bestandteil einer Wärmepumpen-Hybridheizung oder einer Solarthermie-Hybridheizung nach § 71h, soweit diese nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden.

Für die Praxis bedeutet das, dass fossil beschickte Kessel, die früher als 1991 eingebaut wurden oder die nach 1991 über 30 Jahre in Betrieb waren, auszutauschen sind.

Mit Hilfe der für die kommunale Wärmeplanung zur Verfügung stehenden Datenbestände aus dem elektronischen Kehrbuch der Schornsteinfeger, lassen sich Aussagen zum Energieträger und dem Alter der nach § 72 GEG relevanten Heizungsanlagen treffen.

Etwa 28 % der Heizkessel sind demnach vor 1995 eingebaut worden, also bereits über 30 Jahre in Betrieb. Darüber hinaus nutzen diese Anlagen auch den Brennwert des Brennstoffs nicht, der sich als Kondensationswärme im Abgas befindet.

Zusammenfassend zeigt Abbildung 9 die Anzahl aller dezentralen Wärmeerzeuger im Untersuchungsgebiet einschließlich des eingesetzten Energieträgers.

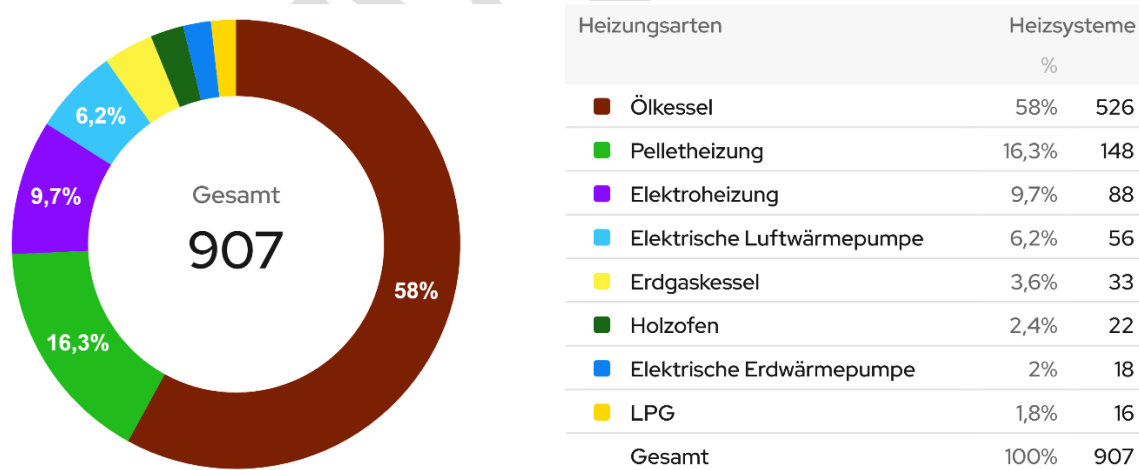


Abbildung 9: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger (einschließlich Hausübergabestationen)

Dabei ist erkennbar, dass der überwiegende Heizsystemtyp Ölkessel sind. Weitere Anteile bilden strom- und biomassebasierte Wärmeversorgungslösungen sowie geringe Anteile Erdgas- und Flüssiggaskessel.

Nachfolgend ist die räumliche Verteilung der Heizsysteme gezeigt (vgl. Abbildung 10). Dabei ist jeweils das am häufigsten im Gebäudeblock vertretene Heizsystem dargestellt. Anhang 3 zeigt zusätzlich die jeweiligen Wärmeerzeugeranteile auf Baublockebene.

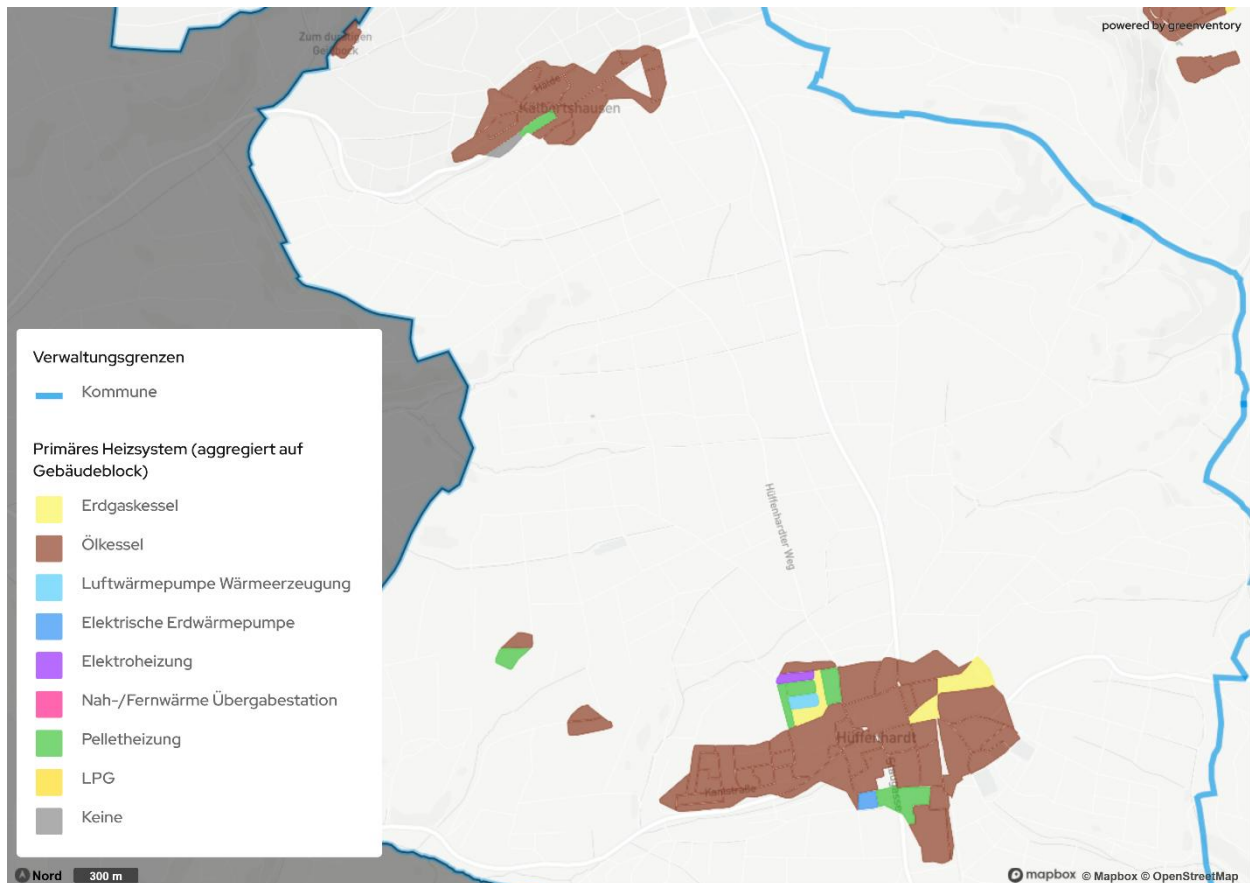


Abbildung 10: Räumliche Verteilung der dezentralen Heizsysteme auf Baublockebene

3.5 Wärmeerzeugung, -speicherung und Versorgungsstruktur

Die Wärme in Hüffenhardt wird im Status Quo vorrangig durch fossile Energieträger erzeugt. Abbildung 11 zeigt die vorherrschenden Wärmeversorgungssituation auf Baublockebene, unterteilt in Gebiete mit Versorgung mit Erdgas und Strom sowie mit Heizöl und Holzpellets. Dabei wird jeweils derjenige Energieträger mit dem höchsten Endenergieanteil pro Baublock gezeigt. Bei Erdgas betrifft dies überwiegend Blöcke im Osten des Kernorts. Die jüngere Wohnbebauung im Bereich Carl-Marie-von-Weber-Straße / Edgar-John-Straße / Käthe-Kollwitz-Straße / Max-Liebermann-Straße hat einen überwiegenden Endenergieeinsatz zur Wärmeversorgung über Holzpellets. Sonst überwiegen weitgehend Baublöcke, in denen Heizöl den größten Anteil des Endenergiebedarfs einnimmt.

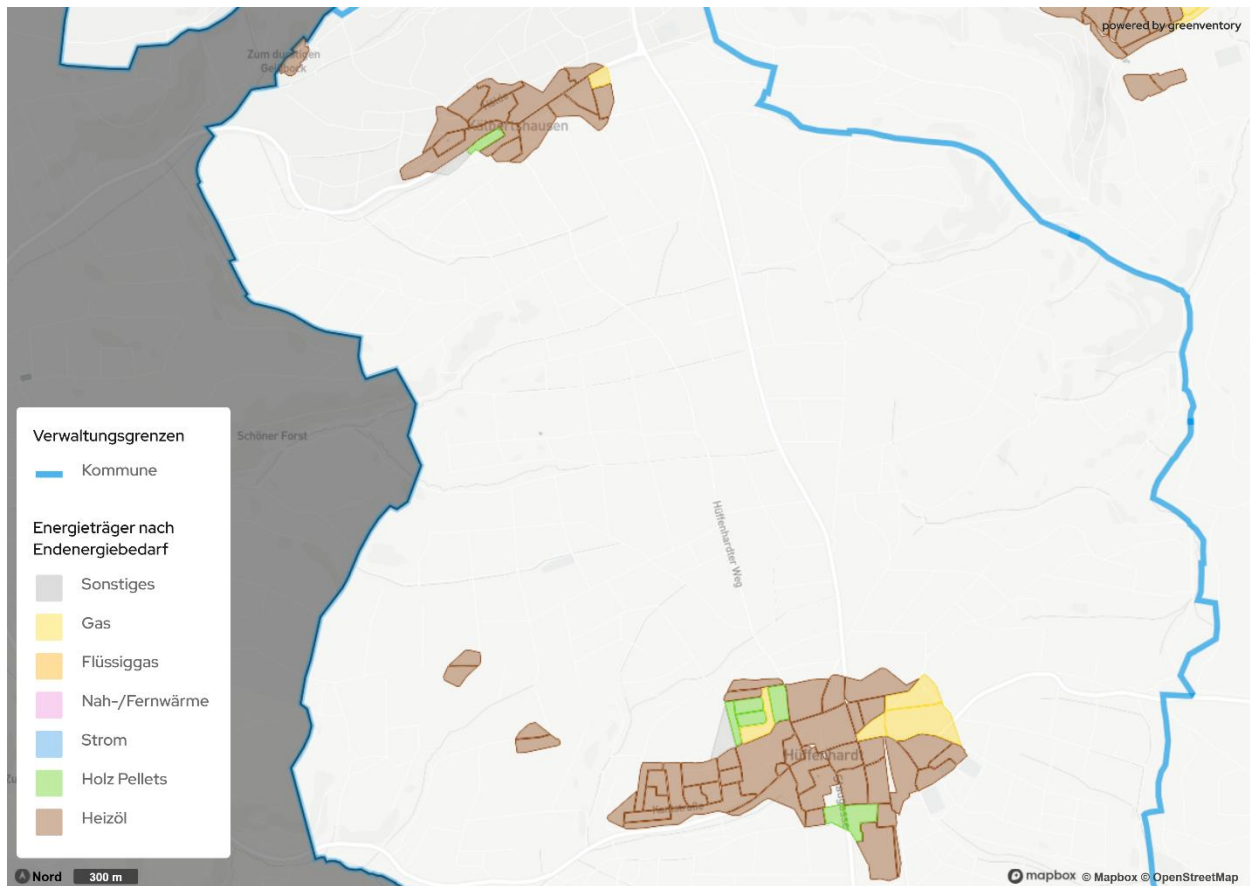


Abbildung 11: Energieträger, mit dem größten Anteil am Endenergiebedarf je Baublock (Status Quo)

In Hüffenhardt gibt es zum Zeitpunkt der Berichterstellung kein Wärmenetz.

Teilbereiche innerhalb der Gemarkung werden bislang über ein bestehendes, zusammenhängendes Gasnetz versorgt.

Eine Übersicht über bestehende Gebiete auf Baublockebene, in denen (zum Teil) eine Erdgasversorgung vorliegt, kann Abbildung 12 entnommen werden. Dabei ist zu beachten, dass Erdgas nicht zwingend der überwiegend genutzte Energieträger der Gebiete ist (vgl. Abbildung 11). Der nördliche Teil des Kernorts Hüffenhardt ist weitestgehend mit dem bestehenden Gasnetz erschlossen.

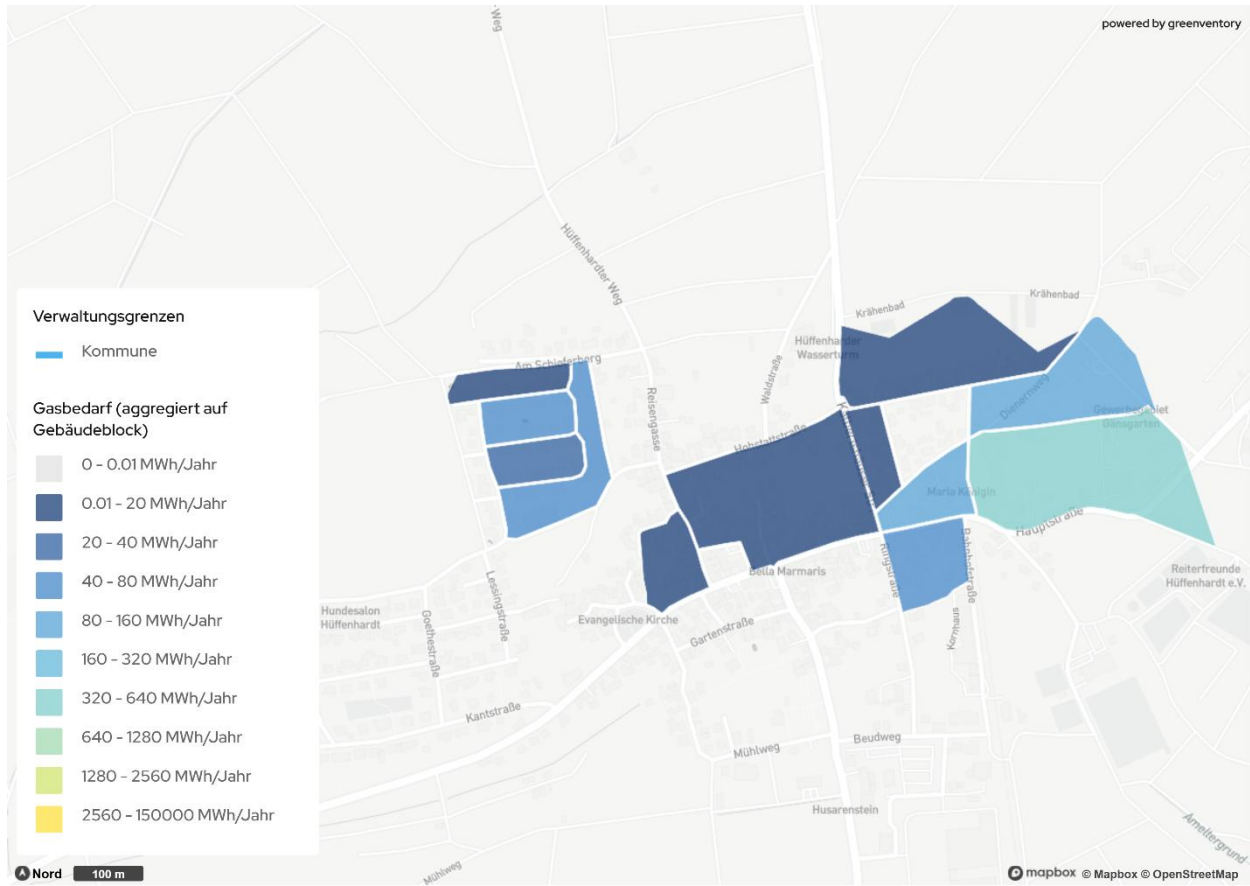


Abbildung 12: Lage der über das Gasnetz versorgten Baublöcke

Auf der Gemarkung bestehen bislang keine Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen. Ebenso liegen keine Informationen zu bestehenden, geplanten oder genehmigten Wärme- und Gasspeichern vor.

3.6 Abwasserinfrastruktur

Auf der Gemarkung Hüffenhardt befindet sich keine Kläranlage. Die Abwasserbeseitigung wird über die Kläranlage des AZV in Waibstadt abgewickelt. Die untenstehende Abbildung zeigt die Abwasserinfrastruktur ab DN 800. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen keine Informationen zum Trockenwetterabfluss vor.

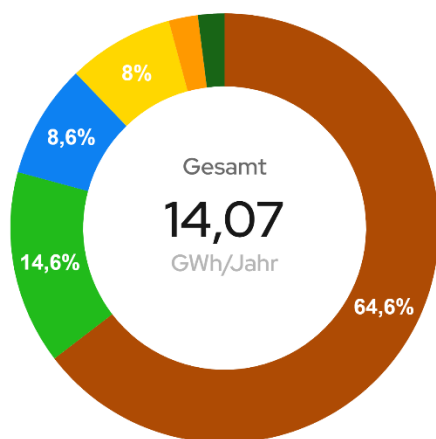


Abbildung 13: Abwassernetz der Gemarkung Hüffenhardt (Mindestnennweite DN 800)

3.7 Energie- und Treibhausgasbilanz

3.7.1 Endenergie

In Summe beträgt der Endenergiebedarf der Gemeinde Hüffenhardt rund 14 GWh/Jahr bzw. 14.000 MWh/Jahr. Abbildung 14 zeigt den gesamten Endenergiebedarf in GWh/a gegliedert nach Energieträgern.



Energieträger	Endenergiebedarf	
	%	GWh/Jahr
Heizöl	64,6%	9,1
Holzpellets	14,6%	2,05
Strom (Mix bundesweit)	8,6%	1,21
Gas (Netz)	8%	1,13
LPG	2,2%	0,31
Holzscheite	2%	0,28
Gesamt	100%	14,07

Abbildung 14: Endenergiebedarf nach Energieträgern

Der Anteil von fossilen Energieträgern in Bezug auf den Endenergieverbrauch liegt im Status Quo bei 78 %. Etwa 22 % der Wärmeversorgung sind bereits als erneuerbar einzustufen, hierzu zählen Holzpellets und Strom, wobei der derzeitige bundesweite Strommix noch nicht vollständig erneuerbar erzeugt wird.

3.7.2 Wärmebedarf (Nutzenergie)

Der jährliche Wärmebedarf (Nutzenergiebedarf)²³ der Kommune beläuft sich insgesamt auf etwa 13,6 GWh/a. In Abbildung 15 ist die Verteilung des gesamten Wärmebedarfs – dargestellt in GWh pro Jahr – differenziert nach den jeweiligen Energieträgern visualisiert.

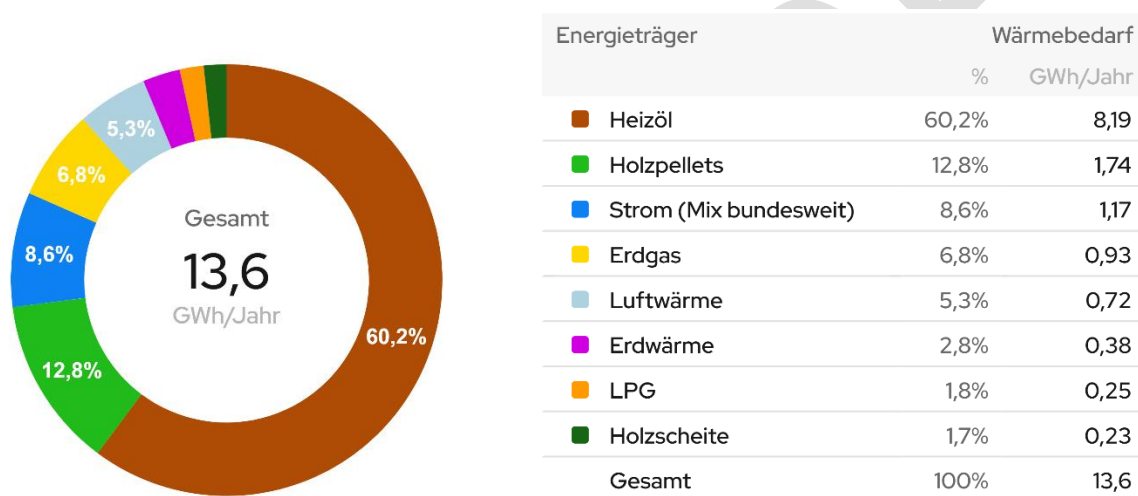


Abbildung 15: Wärmebedarf nach Energieträgern

Vom Gesamtwärmebedarf entfallen ca. 67 % auf das private Wohnen, 29 % auf Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), rund 2 % auf den öffentlichen Sektor und 2 % auf Industrie und Produktion.

Die Analyse des Wärmebedarfs ist in der kommunalen Wärmeplanung von zentraler Bedeutung, weil sie aufzeigt, wie viel Wärme tatsächlich in den Gebäuden ankommt und genutzt wird – unabhängig davon, wie viel Energie ursprünglich bereitgestellt wurde. Nur durch das Verständnis des tatsächlichen Wärmebedarfs lassen sich gezielte Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, zur energetischen Sanierung von Gebäuden und zur Umstellung auf klimafreundliche Heizsysteme entwickeln. Zudem macht die Betrachtung der Nutzenergie die Umwandlungsverluste sichtbar, die zwischen der gelieferten Endenergie und der tatsächlich genutzten Wärme entstehen.

²³ Endenergie ist die Energie, die Haushalte und Betriebe für Heizung und Warmwasser beziehen (z. B. Erdgas, Fernwärme), während Nutzenergie die tatsächlich im Gebäude ankommende Wärme ist – also das, was nach Umwandlungsverlusten effektiv genutzt wird.

Dadurch können Kommunen fundierte Entscheidungen treffen, um Energieverluste zu minimieren, die Versorgung effizienter zu gestalten und ihre Klimaziele wirksam zu verfolgen.

3.7.3 Wärme- und Wärmeliniendichten

Abbildung 16 zeigt den Wärmeverbrauch je ha Bodenfläche pro Jahr auf Baublockebene (Wärmedichte). Die Werte reichen von grünen/gelben Kategorien (geringer Verbrauch pro ha Bodenfläche) bis zu orangenen/rötlichen Kategorien (erhöhter Verbrauch). Die Daten stellen grobe Orientierungswerte dar, die ggf. im Rahmen von Nachprüfungen hinsichtlich einer Wärmenetzeignung näher zu untersuchen sind. Der verdichtete Ortskern vom Kernort Hüffenhardt weist leicht erhöhte Wärmebedarfsdichten auf, ebenso wie die je westlich gelegenen Wohngebiete von Hüffenhardt und Kälbertshausen. Sonst sind weitgehend geringe Wärmebedarfsdichten zu identifizieren.

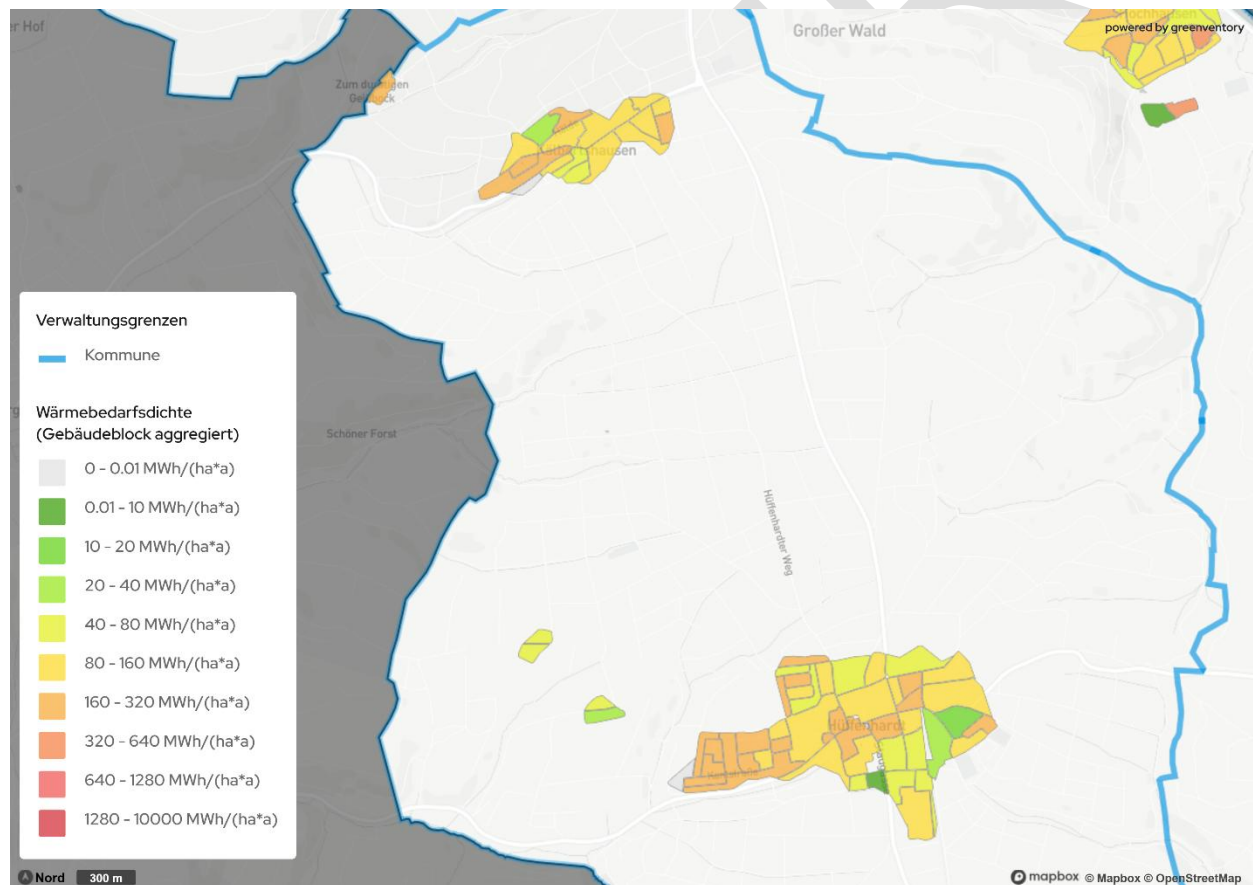


Abbildung 16: Spezifische Wärmedichte auf Gebäudeblockebene



Abbildung 17: Wärmebedarf nach Straßensegmenten (Wärmeliniendichte)

Auch die Wärmeliniendichte (vgl. Abbildung 17) ermöglicht eine spezifische Aussage hinsichtlich potenzieller Wärmeabnahmemengen in Bezug auf vordefinierte Straßenabschnitte (kWh je m²Jahr)²⁴. Sie spiegelt die räumliche Einordnung der Wärmebedarfsdichtendarstellung zuvor wider, wobei lediglich im Ortskern auf einem kurzen Straßenabschnitt eine Wärmeliniendichte über 2.500 kWh/(m²a) vorliegt.

3.7.4 Großverbraucher von Wärme

Das WPG sieht in Anlage 2, Abschnitt I, Nummer 2, Unternummer 7 eine standortbezogene kartographische Darstellung von Großverbrauchern vor. Dies wurde durchgeführt. Jedoch wird aufgrund von Wahrung des Datenschutzes, von Geschäftsgeheimnissen und zum Schutz kritischer Infrastruktur nach der Entscheidung der planungsverantwortlichen Stelle diese Karte nicht veröffentlicht.

3.7.5 Treibhausgas-Emissionen

²⁴ Üblicherweise umfasst ein Straßensegment den Abschnitt zwischen zwei Straßenkreuzungen.

Abbildung 18 zeigt die jährlichen THG-Emissionen im Wärmebereich für den Status Quo, gegliedert nach den einzelnen Energieträgern bzw. Heiztechnologien. In Summe werden demnach rund 3,3 kt CO₂e pro Jahr emittiert.

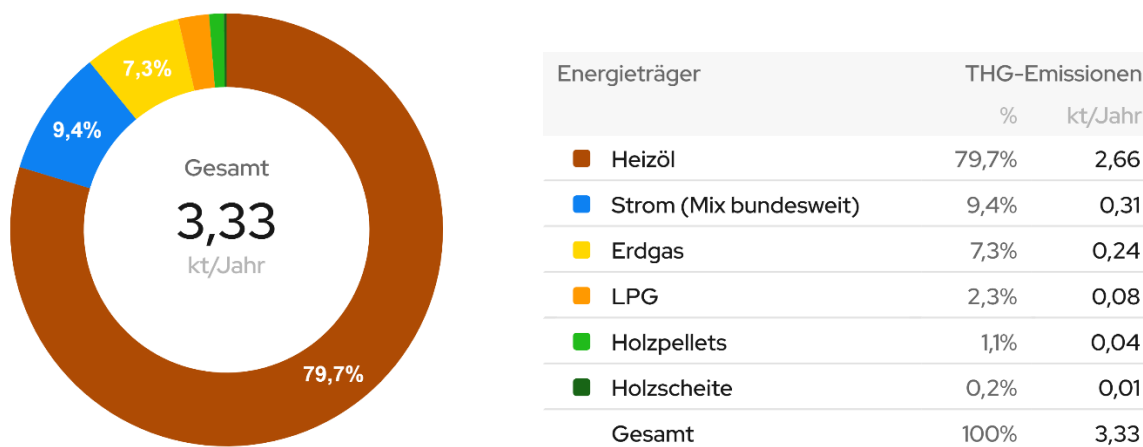


Abbildung 18: THG-Emissionen nach Energieträgern

Die höchsten THG-Emissionen werden mit 80 % durch den Einsatz von Heizöl als Energieträger verursacht. Der THG-Anteil von Heizöl steigt gegenüber dem Verbrauchsanteil (65 %) aufgrund des hohen Emissionsfaktors. Weitere kleine Anteile bilden Erdgas mit 7,3 % und Flüssiggas mit 2,3 %.

Die THG-Emissionen von Biomasse, Stromdirektheizungen und Wärmepumpen (zusammengefasst im Bereich Strom) liegen bei 1,3 % bzw. 9,4 % der Gesamt-Emissionswerte, was mitunter an den äußerst geringen THG-Emissionsfaktoren erneuerbarer Energien sowie am insgesamt geringen Anteil der Energieträger am Gesamtverbrauch liegt.

4 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse ist ein zentraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Sie verfolgt das Ziel, die lokalen Potenziale für eine klimafreundliche Wärmeversorgung systematisch zu erfassen und möglichst genau zu quantifizieren. Dabei werden, neben den Potenzialen der Energieeinsparung und Effizienzsteigerung in den Verbrauchssektoren (insbesondere im Gebäudebestand und Industrie), vor allem die Erzeugungspotenziale durch erneuerbare Energien (z. B. Solarthermie, Geothermie, Biomasse oder Umweltwärme) oder Abwärmequellen analysiert.

Bezugnehmend auf das Wärmeplanungsgesetz geht es insbesondere darum aufzuzeigen, bei welchen Potenzialen eine tiefergehende Betrachtung sinnvoll und zielführend erscheint. Die Potenzialanalyse erfolgte wie auch die Bestandsanalyse u. a. mit Hilfe des DZs.

4.1 Energieeinsparung und Energieeffizienz

Energieeinsparung und Energieeffizienz im Wärmesektor sind ein maßgeblicher Baustein der Wärmewende, um den Wärmebedarf der Gebäude zu senken und somit alternative Heizungs-technologien wie z.B. Wärmepumpen und Fernwärme möglichst effizient einsetzen zu können und schlussendlich die Wärmeversorgung bis 2040 zu dekarbonisieren.

Potenziale zur **Effizienzsteigerung** im Gebäudebestand betreffen neben der Sanierung der Gebäudehülle insbesondere folgende Maßnahmen (vgl. auch Abbildung 19):

- Effizienzsteigerung der Heizsysteme: Für Effizienzsteigerungen von Heizsystemen gibt es verschiedene technische Optionen, z. B. Absenkung der Vorlauftemperatur mittels Einstellung von Anlagenparametern, Nachtabsenkung der Temperaturen, Überprüfung/Berücksichtigung der Anwesenheitszeiten und der anschließenden Anpassung von Zeitplänen der Bewohner und Nutzer. Eine wichtige Rolle spielt auch der Hydraulische Abgleich, bei diesem wird das Heizsystem so eingestellt, dass das warme Heizungswasser bedarfsorientiert auf alle Heizkörper verteilt und die Wunschtemperatur aller Räume erreicht werden kann.²⁵
- Technisches Monitoring und Optimierung von Anlagen: Bei Nichtwohngebäuden (Gewerbe, Industrie oder öffentliche Liegenschaften) kann die Effizienz und Funktionsweise von technischen Anlagen mit Hilfe eines Monitorings, regelmäßigen Kontrollen oder unter Einsatz von Sensorik überprüft und optimiert werden, z. B. durch automatische Einzelraumregelung.
- Einsparung von Prozesswärme: Wesentliche Effizienzpotenziale bestehen beim Verbrauch von Prozesswärme bei Industriebetrieben durch Modernisierungs- und Optimierungsmaßnahmen, z. B. durch energieeffiziente Anlagenkomponenten (wie Pumpen und Ventilatoren) oder

²⁵ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), „Kostet wenig, bringt viel: der hydraulische Abgleich“.

effiziente Umwandlungs- und Erzeugertechnologien. Weitere Potenziale bietet die Wärmerückgewinnung aus Abwärme. Die bisher ungenutzte Abwärme kann für das Heizen von Gebäuden, das Aufbereiten von Warmwasser oder zur Vorwärmung von Verbrennungs- und Trocknungsluft verwendet werden. Die Wärme kann zudem ausgekoppelt und über ein Wärmenetz weitere Gebäude beheizen.

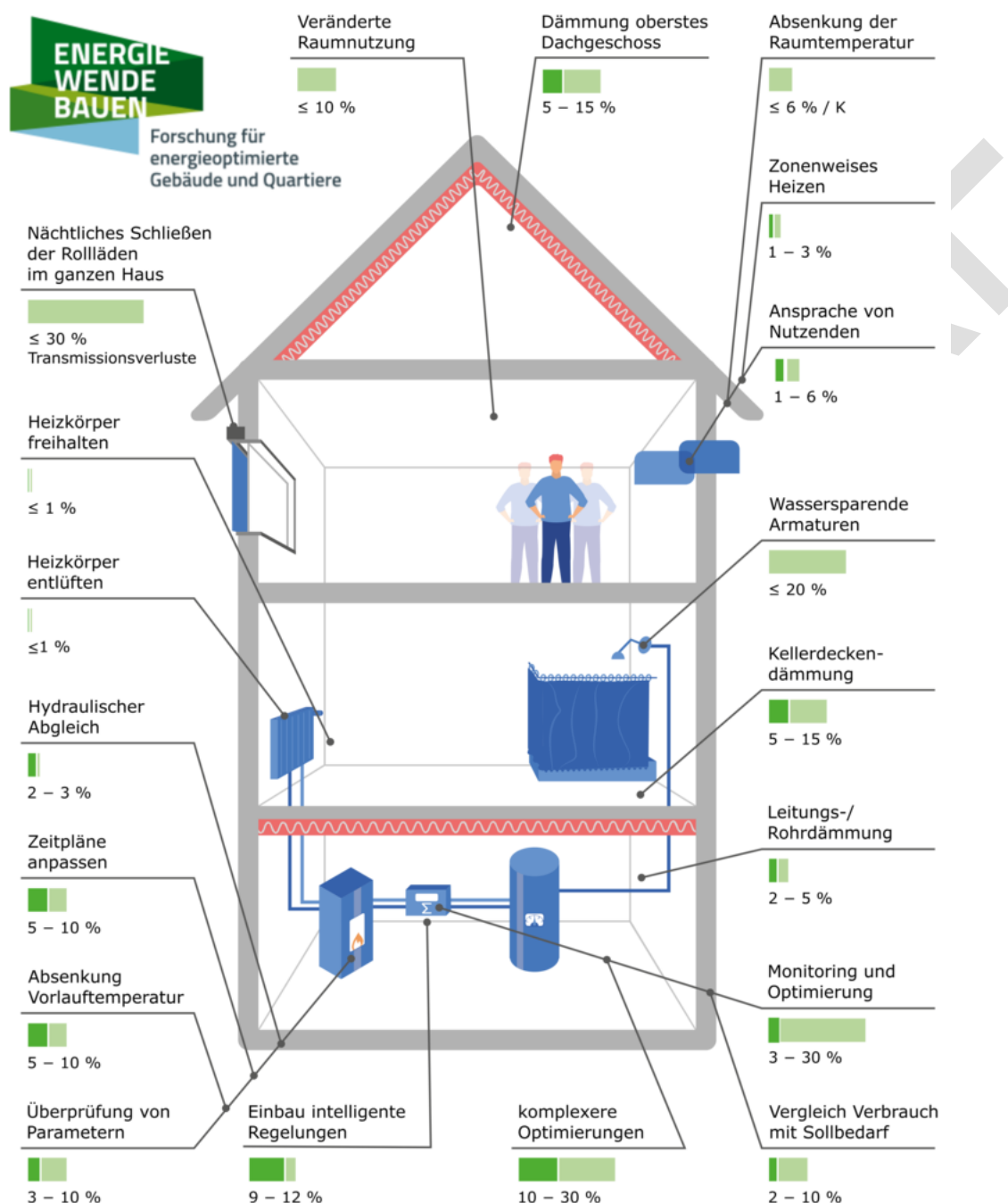


Abbildung 19: Mögliche Effizienzmaßnahmen und potenzielle Einsparungen im Gebäudebestand²⁶

²⁶ Rehmann, Streblov, und Müller, *Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und Quartieren*.

Die Ermittlung des Sanierungspotenzials erfolgt modellbasiert. Unter dem Begriff des Sanierungspotenzials wird die Differenz des aktuellen Wärmebedarfs im Bestand zum Wärmebedarf in saniertem Zustand verstanden. Dabei wird berücksichtigt, dass die jährlichen Sanierungsraten, d. h. der Anteil des Gebäudebestandes, der im Durchschnitt pro Jahr saniert wird, unter realistischen Annahmen begrenzt sind. Während zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 eine durchschnittliche Sanierungsrate von 1,73 % benötigt wird²⁷, entwickelte sich die Sanierungsrate in Deutschland in den vergangenen Jahren leicht rückläufig. Im Jahr 2024 lag diese bei 0,69 %, im Jahr 2022 noch bei 0,88 %.²⁸ Um die lokalen Klimaziele zu erreichen, wurde für Hüffenhardt eine jährliche Sanierungsrate von 1,0 % festgelegt, wobei von einer Sanierungstiefe nach KfW55-Standard ausgegangen wird.

Für Nichtwohngebäude wird das Potenzial zur Wärmebedarfsreduzierung auf Basis der folgenden Wärmebedarfsreduktionsfaktoren bestimmt. Diese enthalten neben dem Sanierungspotenzial für die Gebäude ggf. auch prozesswärmebezogene Anteile. Dabei wird angenommen, dass sich die Wärmebedarfe der Gebäude bis 2050 um folgende Anteile reduzieren lassen²⁹.

- GHD: 37 %, speziell Kommunale Liegenschaften: 33 %
- Industrie: 29 %

Diese Reduktionsfaktoren werden für das Zieljahr 2040 linear interpoliert.

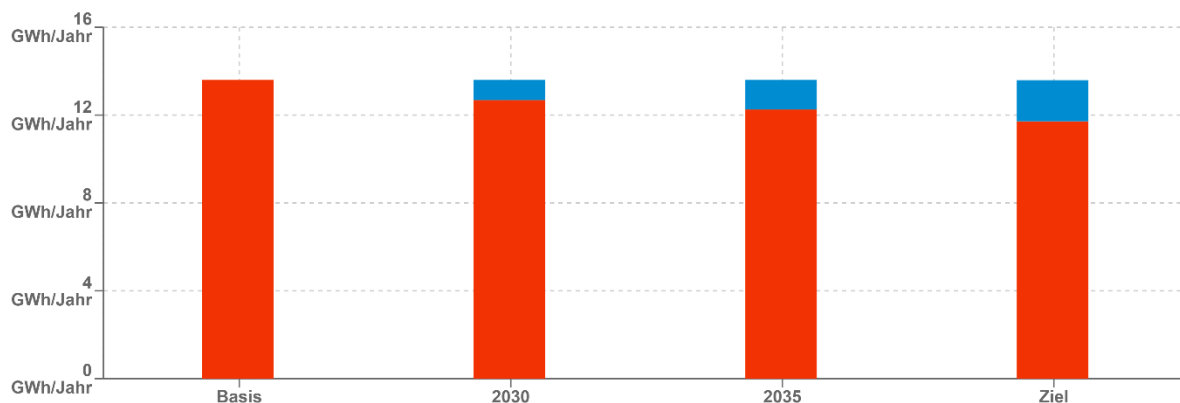
Die sich daraus ergebenden berechneten Einsparpotenziale für den Gebäudebestand werden im nachstehenden Diagramm (Abbildung 20) gezeigt. Dies entspricht einer Senkung von einem aktuellen Wärmebedarf von 13,6 GWh/a auf 11,7 GWh/a im Jahr 2040. Bei der Berechnung des Einsparpotenzials wird davon ausgegangen, dass die Gebäude mit dem größten Sanierungspotenzial zuerst saniert werden.

²⁷ Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*.

²⁸ Vgl. Bundesverband energieeffiziente Gebäudehüllen e.V. (BuVEG), „Sanierungsquote im deutschen Gebäudebestand“.

²⁹ Fuchs u. a., *Energie- und Klimaschutzziele 2030*.

Wärmebedarfsreduktion



Wärmeart	Differenz zw. Basis- und Zieljahr									
	Basis		2030		2035		Ziel		Differenz	
	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr
■ Wärmebedarf	100%	13,6	93,24%	12,68	90,07%	12,25	86,24%	11,72	-13,82%	-1,88
■ Wärmebedarfsreduktion	0%	0	6,76%	0,92	9,93%	1,35	13,76%	1,87	neu	+1,87
Gesamt	100%	13,6	100%	13,6	100%	13,6	100%	13,59	-0,1%	-0,01

Die Werte zeigen die Veränderung in Wärmebedarfsreduktion pro Kategorie und insgesamt vom Ist- zum Zieljahr.

Abbildung 20: Potenzielle Wärmebedarfsreduktion bis zum Zieljahr (2040) mit Zwischenjahren

4.2 Definition von Gebieten mit erhöhtem Einsparpotenzial

Im Rahmen des WPG sind Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial solche räumlichen Bereiche innerhalb einer Kommune, in denen sich durch gezielte Maßnahmen besonders hohe Energieeinsparungen im Wärmesektor erzielen lassen. Diese Gebiete sind von besonderer Bedeutung für die kommunale Wärmeplanung, da sie eine wichtige Rolle bei der Erreichung der Klimaziele spielen.

In Nach dieser Methodik befinden sich auf der Gemarkung Hüffenhardt keine Gebäudeblöcke mit hohem Einsparungspotenzial. Mittlere Einsparungspotenziale umfassen u. a. westliche Teile des Kernorts sowie zentrale Bereiche von Kälbertshausen. In ebenso vielen Baublöcken ist das Wärmereduktionspotenzial als niedrig einzustufen.

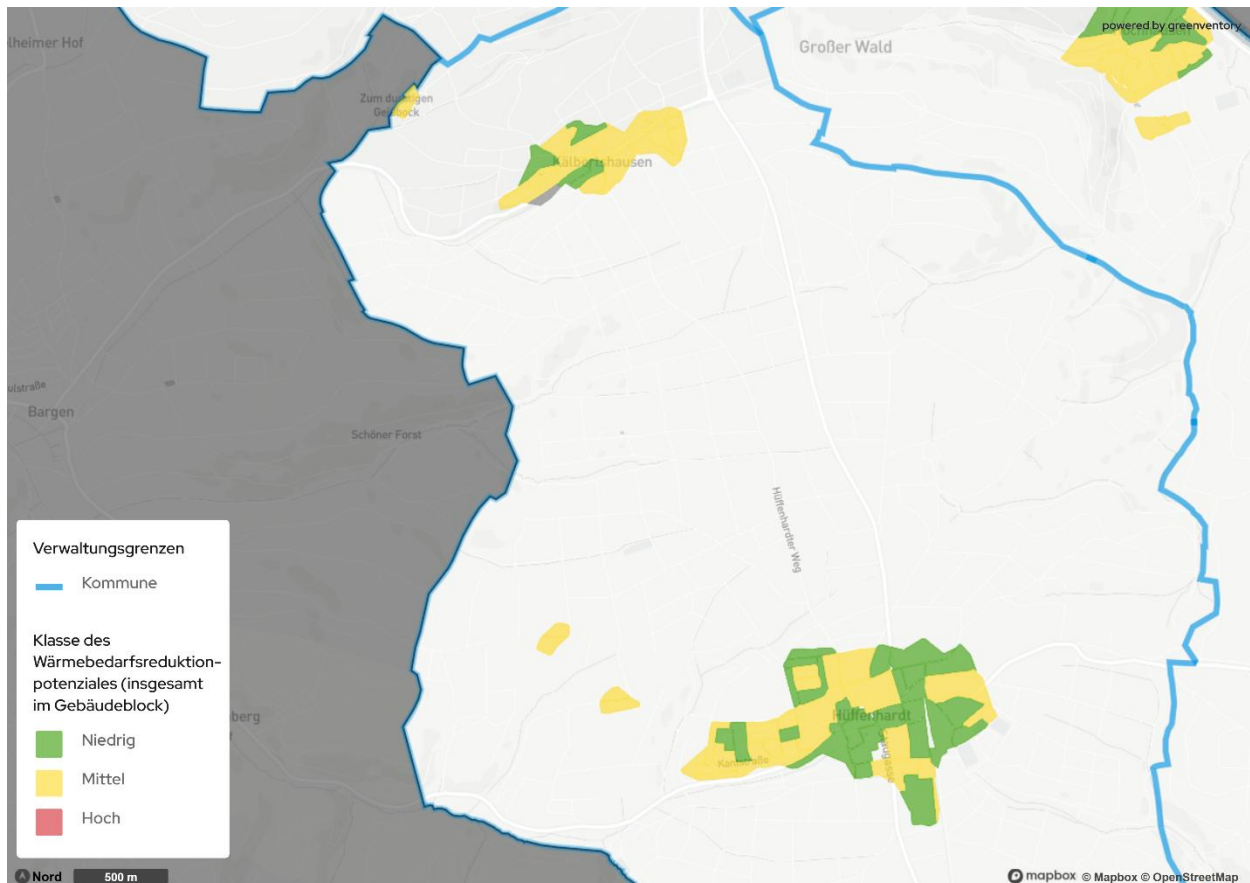


Abbildung 21 sind Teilgebiete mit erhöhten Einsparpotenzialen dargestellt. Die Klassen des Wärmebedarfsreduktionspotenzials für Wohngebäude werden wie folgt ermittelt:

$$D = (q_{ist} - q_{san}) / q_{ist}$$

D: Reduktionsfaktor [%]

*q_{ist}: In der Bestandsanalyse ermittelter spezifischer Wärmebedarf [kWh/(m²*a)]³⁰,*

*q_{san}: Spezifischer Wärmebedarf im sanierten Zustand [kWh/(m²*a)], (je Gebäude entnommen aus TABULA³¹, entspricht in etwa dem Standard kfW EH 55)³²*

Bei einem Reduktionsfaktor von 0 % ist die Gebäudehülle bereits im Zielzustand. Es wird somit keine weitere Reduktion des Wärmebedarfs im DZ für das Gebäude ermittelt. Bei einem Reduktionsfaktor D größer 0 % besteht noch Potenzial zur Reduzierung des Wärmebedarfs durch Sanierung und oder geändertes Nutzerverhalten, das im Berechnungsmodell ausgewiesen wird.

Die Klassen des Wärmebedarfsreduktionspotenzials werden folgendermaßen eingeteilt:

D: >= 67 % → hoch

³⁰ Dieser Bedarf kann auch besondere Verbraucher beinhalten.

³¹ IWU – Institut Wohnen und Umwelt GmbH / Institute for Housing and Environment, „TABULA WebTool“.

³² Bei Annahme eines durchschnittlichen Nutzerverhaltens

D: $33 \% < x < 67 \% \rightarrow$ mittel

D: $\leq 33 \% \rightarrow$ niedrig

Nichtwohngebäude werden basierend auf den in Kapitel 4.1 genannten Reduktionsfaktoren den folgenden Klassen zugeordnet:

- GHD (37 %) $\rightarrow$ mittel, speziell Kommunale Liegenschaften (33 %) $\rightarrow$ niedrig
- Industrie: 29 % $\rightarrow$ niedrig

Nach dieser Methodik befinden sich auf der Gemarkung Hüffenhardt keine Gebäudeblöcke mit hohem Einsparungspotenzial. Mittlere Einsparungspotenziale umfassen u. a. westliche Teile des Kernorts sowie zentrale Bereiche von Kälbertshausen. In ebenso vielen Baublöcken ist das Wärmereduktionspotenzial als niedrig einzustufen.

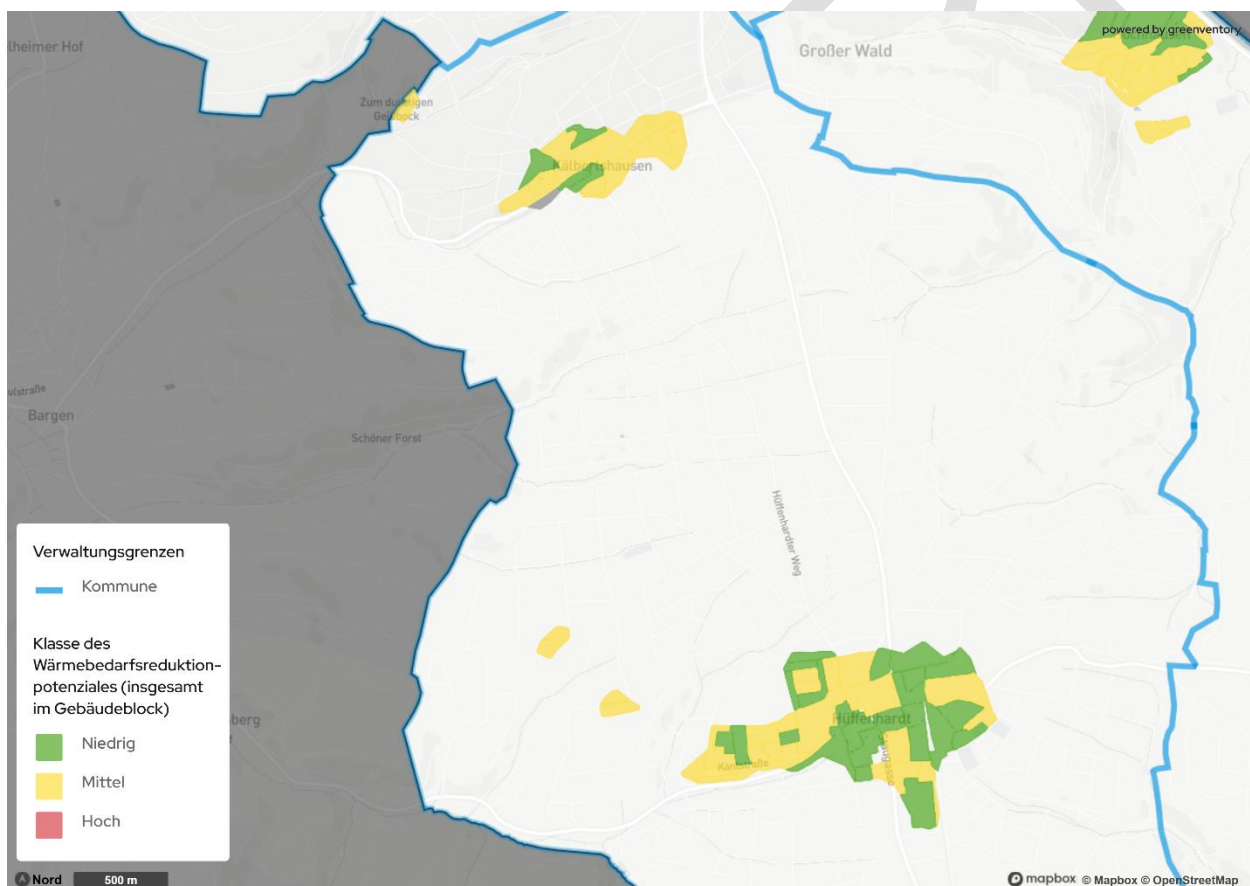


Abbildung 21: Räumliche Verteilung der Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Anhand der räumlichen Verteilung können Gebiete abgeleitet werden, die künftig als Sanierungsgebiete von Interesse sein könnten. Die Ausweisung von Sanierungsgebieten kann Entwicklungsprozesse zur Modernisierung von Gebäuden und Infrastruktur in Gemeindeteilen anstoßen, beispielsweise durch finanzielle Anreize und Steuererleichterungen. Sanierungsgebiete werden durch eine Sanierungssatzung nach § 142 Baugesetzbuch (BauGB) förmlich festgelegt. Der Sanierungsbedarf privater Gebäude ist dabei i. d. R. nicht allein ausschlaggebend für eine mögliche

Ausweisung eines Teilgebietes als Sanierungsgebiet. Voraussetzung für die Durchführung einer städtebaulichen Sanierungsmaßnahme nach § 136 ff. BauGB ist das Bestehen sog. städtebaulicher Missstände³³, zu deren Behebung das Gebiet durch Sanierungsmaßnahmen wesentlich verbessert oder umgestaltet werden soll. Vor der förmlichen Festlegung eines Sanierungsgebietes werden i. d. R. vorbereitende Untersuchungen nach § 141 BauGB durchgeführt.

4.3 Erneuerbare Erzeugungspotenziale in Hüffenhardt

Zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes muss der nach Einspar- und Effizienzmaßnahmen verbleibende Wärmebedarf treibhausgasarm über erneuerbare Energieträger gedeckt werden. Erneuerbare Energien haben gegenüber fossilen Energieträgern deutliche Vorteile: Sie wirken durch ihre sehr geringen THG-Emissionen klimaschonend und zusätzlich stärken sie bei lokaler Verfügbarkeit die lokale Wertschöpfung und reduzieren Importabhängigkeiten für fossile Energieträger.

Die Potenzialanalyse erfolgte wie auch die Bestandsanalyse u. a. mit Hilfe des DZs.

Nach dem Kompetenzzentrum für Kommunale Wärmewende (KWW) können dabei folgende Potenzialebenen definiert werden:

Das **theoretische Potenzial** umfasst das physikalisch vorhandene Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, oder die Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum. Das **technische Potenzial** ist kleiner als das theoretische Potenzial, da es durch rechtliche Rahmenbedingungen und technologische Möglichkeiten eingegrenzt wird. Rechtliche Rahmenbedingungen, die das Potential einschränken können, liefern zum Beispiel die in Kapitel 4.3.1 beschriebenen Schutzgebiete. Weitere relevante Faktoren sind in den jeweiligen Kapiteln zu den einzelnen Potenzialen beschrieben. Das technische Potenzial kann unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit auf das **wirtschaftliche Potenzial** eingegrenzt werden. Durch Einbezug weiterer Faktoren (wie z.B. Akzeptanz, Flächenkonkurrenzen, kommunale Prioritäten) kann daraus das **erschließbare Potenzial** abgeleitet werden. Zusätzlich kann noch das **nachhaltige Potenzial** unterschieden werden. Dabei wird das technische Potenzial hinsichtlich der Nachhaltigkeit bewertet. Es berücksichtigt Umweltaspekte und die gesamte Wertschöpfungskette eines Energieträgers.³⁴

Abbildung 22 fasst die fünf Potenzialebenen zusammen.

³³ Der Begriff des städtebaulichen Missstandes wird in § 136 Abs. 2 S. 2 BauGB gesetzlich bestimmt. Es werden zwei Arten unterschieden, die sich in einem Gebiet überlagern können: (bauliche) Substanzschwächen und/oder Funktionsschwächen (in Bezug auf die Aufgaben, die ein Gebiet nach seiner Lage und Funktion erfüllen soll).

³⁴ Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW) und Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Potenzialanalyse“.

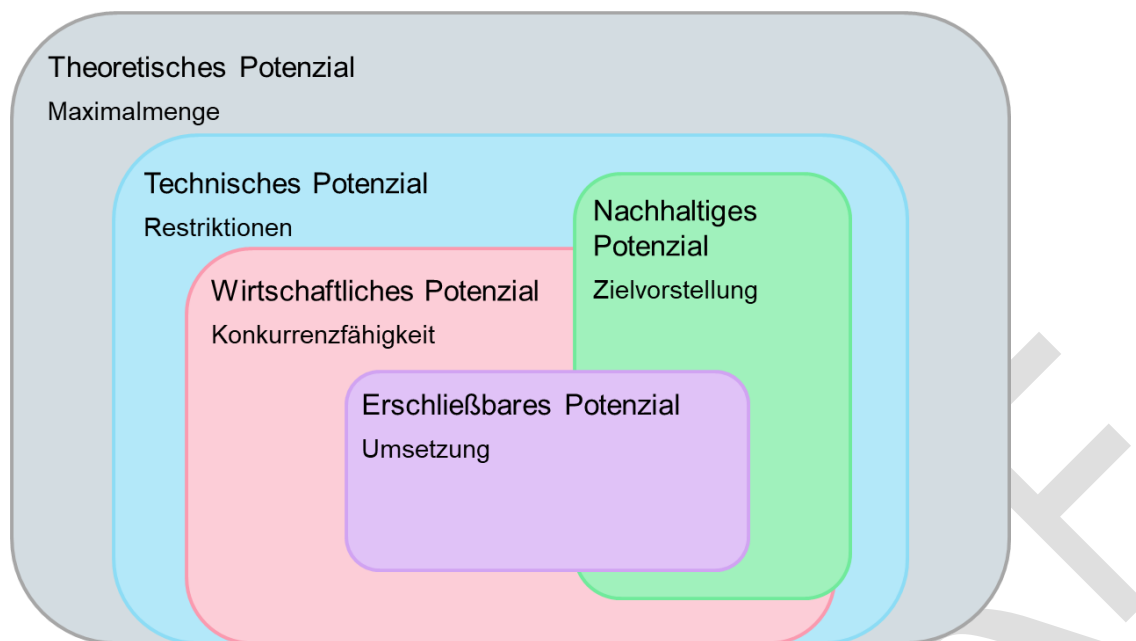


Abbildung 22: Schematische Darstellung der Potenzialarten³⁵

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) fordert, die Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien quantitativ und räumlich differenziert darzustellen (§ 16 WPG). Die Darstellung der Potenziale im Wärmeplan verfolgt das Ziel, Anhaltspunkte zu liefern, welche Energiequellen in vertiefenden, nachgelagerten Analysen genauer untersucht werden können. Nach dem Leitfaden Wärmeplanung des KWW *„bietet es sich an, technische Angebotspotenziale zu erheben und anschließend den Bedarfen gegenüberzustellen. Es kann keine umfassende Analyse der wirtschaftlichen und erschließbaren Potenziale erfolgen. Jedoch ist es sinnvoll bereits bekannte Hemmnisse explizit darzustellen und damit verbundene Unsicherheiten aufzuzeigen.“*³⁶

In den nachfolgenden Kapiteln werden daher zunächst die unterschiedlichen technischen erneuerbaren Energiepotenziale auf Gemarkungsebene quantifiziert.

4.3.1 Schutzgebiete

Einer Potenzialerhebung können, je nach Art des Potenzials, unterschiedliche Flächenrestriktionen entgegenstehen. Die nachfolgende Abbildung zeigt zu beachtende Einschränkungen auf Gemarkungsebene, darunter Wasserschutzgebiete im Nordwesten der Gemarkung, westlich von Kälbertshausen und FFH-Gebiete im Norden der Gemarkung in weiteren kleinräumigen

³⁵Eigene Darstellung nach Thrän und Pfeiffer, *Methodenhandbuch Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte*, sowie Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW) und Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Potenzialanalyse“.

³⁶Ortner u. a., Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche.

Teilbereichen. Die Flächen werden den jeweiligen nachfolgend berechneten Potenzialen, sofern sie in Bezug auf Einschränkungen von Relevanz sind, berücksichtigt.

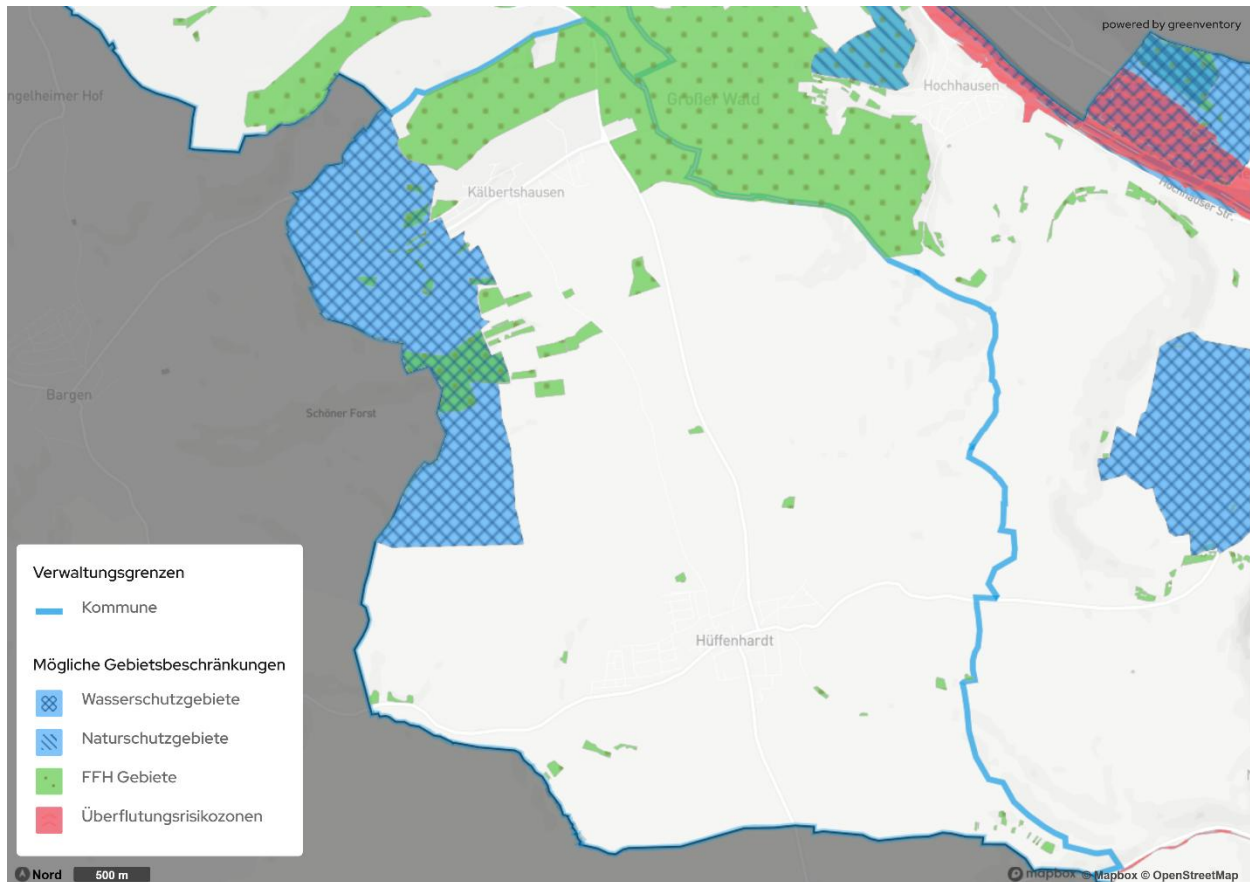


Abbildung 23: Mögliche Gebietsrestriktionen für Potenzialflächen

4.3.2 Biomasse

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die Energieerzeugung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann ein Baustein zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energieressourcen und damit für die Umsetzung der Wärmewende sein. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass derartige Flächen bereits heute einer Nutzungskonkurrenz unterliegen können.

Biomasse aus Holz kann hingegen kurzfristig verfügbar sein und ist erneuerbar. Waldrestholz bietet als Energieträger die Möglichkeit, bei Vergasung und Verbrennung hohe Temperaturen zu erzeugen und lässt sich gut transportieren und lagern, so dass sie überregional und saisonal flexibel verwendet werden kann. Vor dem Hintergrund von Naturschutz, Ressourceneffizienz und mit Rücksicht auf die Bedeutung der stofflichen Verwertung von Holz in u. a. der Bau-, Zellstoff- und Möbelindustrie können generell nur Waldrestholz aus der (nachhaltigen) Forstwirtschaft sowie holzartige Abfälle aus Haushalten, Gewerbe oder der Landschaftspflege für die Wärmeenergieerzeugung verwendet werden.

Die räumliche Verteilung der für Biomasse u. U. relevanten Landnutzungsarten ergibt sich aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

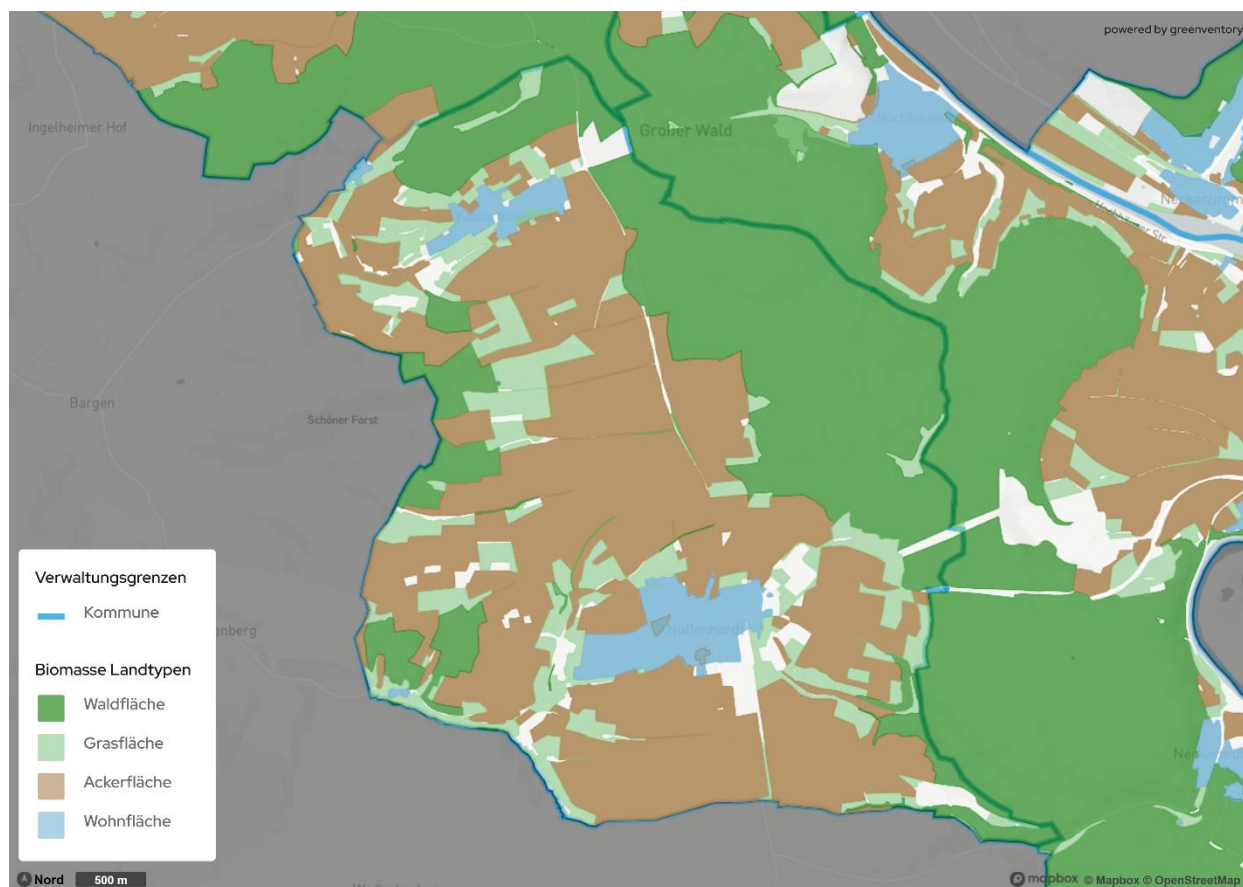


Abbildung 24: Flächennutzung nach Biomassepotenzialarten

In Summe ergibt sich für die Gemarkung Hüffenhardt ein technisches Potenzial zur Wärmege-
winnung durch Biomassenutzung in Höhe von ca. 30 GWh/a, wobei 22 GWh/a auf landwirtschaft-
liche Flächen (Energiepflanzen) sowie Grasflächen und 8 GWh/a auf Waldflächen entfallen.

4.3.3 Umweltwärme aus Außenluft mittels Wärmepumpe

Dezentrale Wärmepumpen werden häufig mit Umgebungsluft als Wärmequelle betrieben, da diese Anwendung nahezu überall möglich ist. Luft kann mithilfe von Luft-Wasser-Wärmepumpen mit einem Vergleich zu Direktstromheizungen deutlich geringeren Stromeinsatz zur effizienten Wärmeerzeugung genutzt werden aufgrund ihrer Jahresarbeitszahl (JAZ, i.d.R. zwischen 2 bis 5), die das Verhältnis von Nutzwärme und meist als Elektrizität zugeführter Energie angibt.³⁷ Die JAZ beschreibt die Effizienz des gesamten Heizsystems, während der COP (Coefficient of Performance) eine Leistungszahl darstellt, welche sich nur auf die Wärmepumpe als Wärmeerzeuger

³⁷ Vgl. Nussbaumer u. a., *Planungshandbuch Fernwärme V1.2*, 31 f.

unter Laborbedingungen bezieht. Der COP berechnet sich aus dem Verhältnis von Nutzwärme zur aufgewendeten elektrischen Energie. Der sogenannte Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) ist eine Erweiterung des COP, bei der die Effizienz der Wärmepumpe an vier unterschiedlichen Betriebspunkten bestimmt wird. Beide Kennzahlen (COP und SCOP) beschreiben die im Labor gemessene Effizienz der Wärmepumpe. Die JAZ ist die aussagekräftigere Kennzahl, da sie die tatsächliche Leistung im konkreten Gebäude unter realen Bedingungen misst.³⁸

Der Strombedarf eines Wärmepumpensystems kann dabei auch über regenerativ erzeugten Eigenstrom (z. B. PV) oder Ökostrom aus dem Stromnetz gedeckt werden. Bei steigenden Preisen für Wärmepumpenstromtarife und sinkenden Kosten für Batteriespeicher werden Komplettlösungen aus Wärmepumpe, PV-Anlage und Batteriespeicher für ein dezentrales Energiemanagement zunehmend wirtschaftlich. Diese Eigenverbrauchsoptimierung ist nicht zuletzt auch aufgrund von gesunkenen EEG-Einspeisevergütungen und gestiegenen Strompreisen attraktiv. Wärmepumpen erfüllen zudem als effiziente Technologie die Anforderungen des GEG³⁹.

Der Einsatz von Wärmepumpen ist besonders effizient in gut gedämmten Gebäuden mit niedrigen Vorlauftemperaturen, etwa bei Flächenheizungen in Neubauten oder sanierten Altbauten. In unsanierten Bestandsgebäuden ist der Betrieb ebenfalls möglich, erfordert jedoch meist Anpassungen an der Heizungstechnik (z. B. größere Heizkörperflächen). Da hier höhere Vorlauftemperaturen nötig sind, arbeitet die Wärmepumpe mit geringerem Wirkungsgrad und höherem Strombedarf⁴⁰. Ob sich der Einsatz ohne Sanierung wirtschaftlich lohnt, ist im Einzelfall zu prüfen.

Zur Ermittlung des Luft-Wärmepumpen-Potenzials innerhalb Hüffenhardts werden folgende Anforderungen an eine Nutzung gestellt: Zunächst werden Flächen ermittelt, die in unmittelbarer Umgebung von Gebäuden liegen, um Wärmeverluste zu vermeiden. Das unten genannte technische Potenzial bezieht sich daher lediglich auf den Siedlungsbereich. Daneben muss auch ein genügender Abstand zu Nebengebäuden gewährleistet sein, um Problemen hinsichtlich Schallemissionen vorzubeugen. Die technische Anleitung (TA) zum Schutz gegen Lärm⁴¹ legt Immissionsrichtwerte für Anlagen je Siedlungstyp fest. In Verbindung mit den Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung ergeben sich daraus die Mindestabstände einer Wärmepumpe zu den Nachbargrundstücken⁴². Die daraus resultierenden Mindestabstände können folgender Tabelle entnommen werden.

³⁸ Vgl. Vaillant, „Effizienz von Wärmepumpen“.

³⁹ Vgl. Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG) vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 394), § 71 Abs. 3.

⁴⁰ Vgl. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, *Die Rolle der Gebäudeeffizienz für die Wärmewende*, 8–9.

⁴¹ Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm).

⁴² Vgl. Anlage der TA Lärm, Annahme Schallleistungspegel einer Wärmepumpe: 56 dB(A)

Tabelle 7: Mindestabstände für Luftwärmepumpenpotenziale

Siedlungstyp (TA Lärm)	Obergrenze	Abstand (ohne Abschirmung)	Abstand (mit Abschirmung)
Industrie	70 dB	0 m	0 m
Gewerbe	50 dB	0,4 m	0 m
Urban- und Mischgebiete	45 dB	0,8 m	0,4 m
Allgemeine Wohngebiete	40 dB	1,4 m	0,8 m
Reine Wohngebiete / Gesundheitswesen	35 dB	2,5 m	1,4 m

Grundsätzlich wird eine Fläche von 8 m um jedes Gebäude als geeignet identifiziert. Mindestabstände zu anderen Gebäuden aus obiger Tabelle basierend auf der TA-Lärm werden berücksichtigt. Zusätzlich werden Flächen auf Dachflächen als geeignet identifiziert, sofern die Dächer in den ALKIS Daten als Flachdächer hinterlegt sind. Weiterhin werden Straßen, Plätze und ähnliche Bereiche als zusätzliche Ausschlussflächen definiert. Potenzielle Installationsflächen für eine Wärmepumpe ergeben sich dann aus den Umgebungsflächen des eigenen Gebäudes, die von den Ausschlussflächen der umliegenden Gebäude und den zusätzlichen Ausschlussflächen unberührt bleiben. Da sich bei Gebäuden mit viel Platz in der näheren Umgebung leicht sehr große Wärmepotenzial-Mengen ergeben, werden diese pro Gebäude am ermittelten Gesamtwärmebedarf des jeweiligen Gebäudes als Obergrenze beschnitten.

Abbildung 25 zeigt einen beispielhaften Ausschnitt der ermittelten Potenzialflächen. Es wird deutlich, dass insbesondere in locker bebauten Siedlungsgebieten Potenziale zur Errichtung von Luftwärmepumpen vorhanden sind. Dichtere Bebauung, wie sie häufig in alten Ortskernen vorzufinden ist, verfügt aufgrund geringerer Flächenverfügbarkeit i. d. R. über geringere Potenziale.

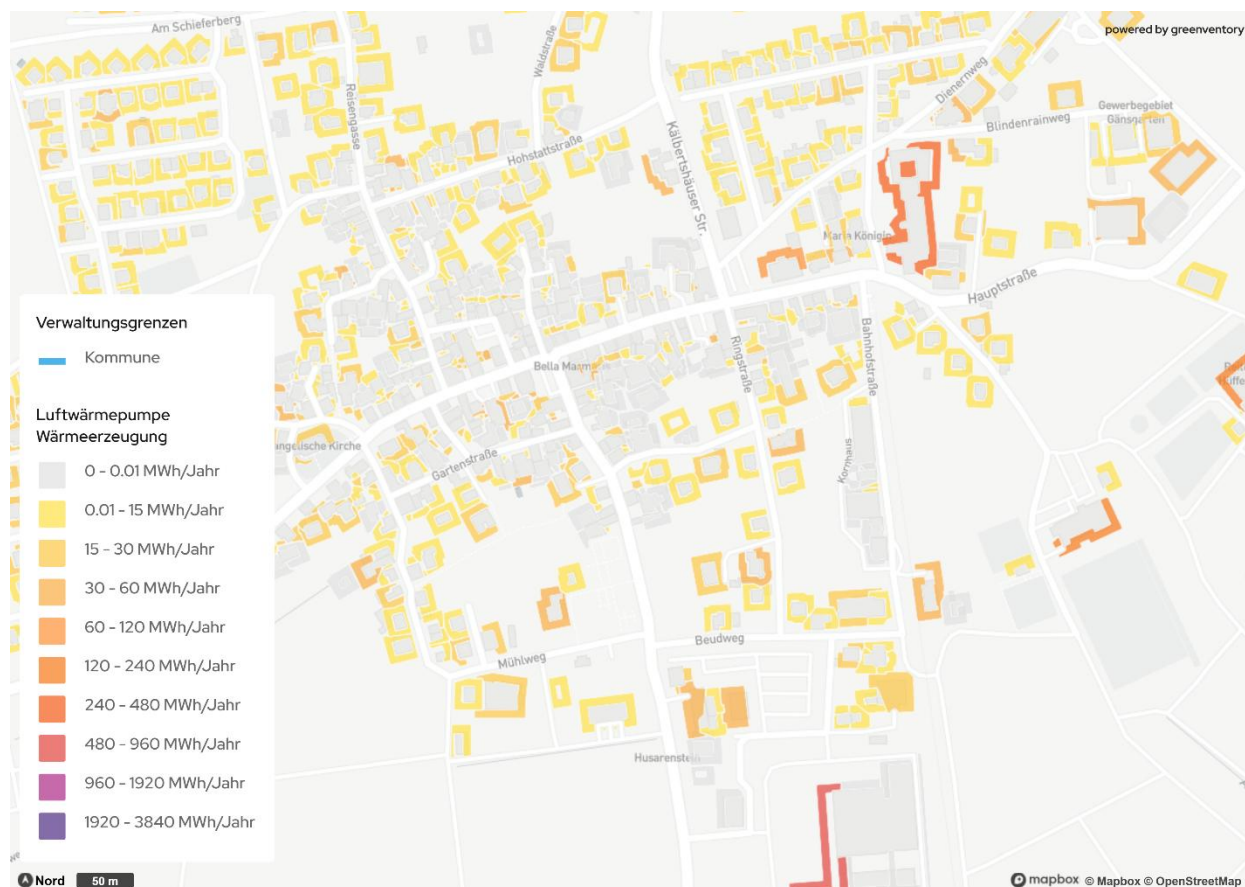


Abbildung 25: Beispielhafter Ausschnitt des Erzeugungspotenzials für die Errichtung von Luftwärmepumpen im Siedlungsbereich

Für die Siedlungsbereiche wird unter den oben getroffenen Annahmen ein technisches Potenzial für Luftwärmepumpen von 14 GWh/a ermittelt. Davon beziehen sich 2,5 GWh/a auf die Wärmeerzeugung in bedingt geeigneten Flächen, 8,5 GWh/a auf geeignete Flächen und 3 GWh/a auf gut geeignete Flächen. Auf Freiflächen können, da Umweltwärme aus der Luft stets als verfügbar anzusehen ist, weitere Potenziale mithilfe von Großwärmepumpen und Wärmenetzen erschlossen werden. Hier ist zu beachten, dass entsprechende Flächen in räumlicher Nähe zur Gebäude-/ Quartiersstruktur sein sollten, um Übertragungsverluste zu vermeiden.

4.3.4 Oberflächennahe Geothermie

Bei der Erdwärme unterscheidet man grundsätzlich zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie (bis 400 m Bohrtiefe).⁴³ Bei der oberflächennahen Geothermie gibt es vorrangig die folgenden Verfahren:⁴⁴

⁴³ Vgl. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), *Erdwärmennutzung in Hessen - Leitfaden für Erdwärmesondenanlagen zum Heizen und Kühlen*.

⁴⁴ Vgl. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz und Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, *Leitfaden zur Geothermie in Rheinland-Pfalz*.

- **Grundwassernutzung:** Über Entnahme- und Schluckbrunnen wird dem Grundwasser Energie i.d.R. mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe entzogen und dieses anschließend wieder zurückgeführt.
- **Erdwärmekollektoren:** Flach verlegte Rohrsysteme o.a. Erdwärmekörbe, die i.d.R. an eine Sole-Wärmepumpe angeschlossen sind.
- **Erdwärmesonden:** Geschlossene Rohrsysteme mit frostsicherer Sole, die Wärme aus größeren Tiefen zur Sole-Wärmepumpe fördern. Bei mehreren Sonden spricht man von Sondenfeldern.

In Abbildung 26 sind schematisch Erdwärmesonde und Erdwärmekollektor abgebildet. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens hängt von Grundstücksgröße, Bodenbeschaffenheit, Lage, Zugänglichkeit, Genehmigungslage (z. B. Wasserrecht) und Investitionsbereitschaft ab. Erdwärmesonden stellen eine Lösung für die Nutzung von Geothermie auf kleineren Grundstücken dar, die für die kostengünstigeren Erdwärmekollektoren keine ausreichend große Fläche bieten. Die gewonnene Wärme kann über klassische Heizkörper oder Fußbodenheizungen genutzt werden.

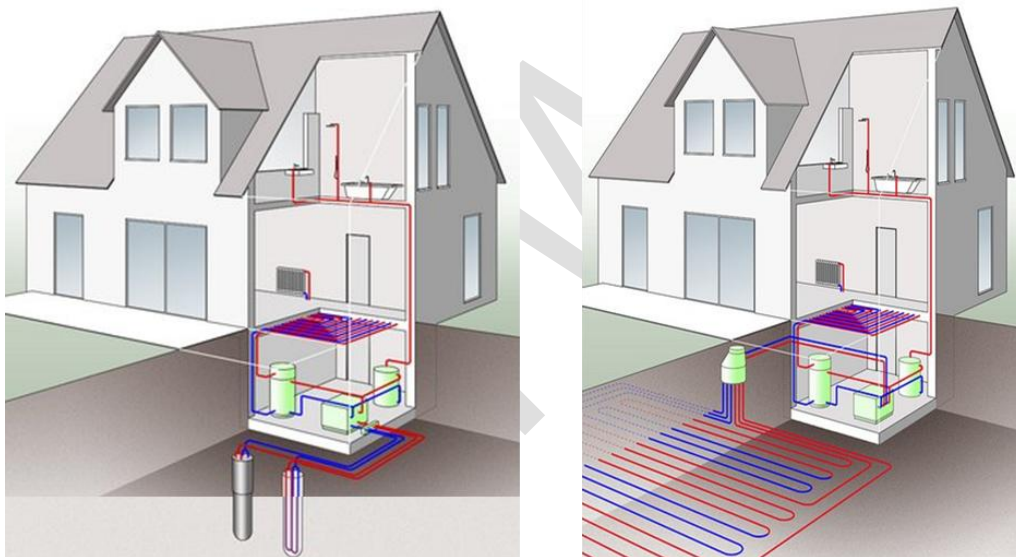


Abbildung 26: Schematische Darstellungen einer Erdwärmesonde und eines Erdwärmekollektors⁴⁵

Während bei geschlossenen Systemen wie Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren ein Wärmeträgermedium in den Rohrleitungen fließt und die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt, fördern offene Systeme Grundwasser über einen Brunnen an die Oberfläche, wo ein Wärmetauscher die Wärme an das Heizsystem übergibt. Ein Schluckbrunnen befördert das abgekühlte Trinkwasser dann zurück ins Erdreich. Sowohl offene als auch geschlossene Systeme nutzen die

⁴⁵ Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP), „Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor & -sonde“.

gewonnene Wärme mit Hilfe einer Wärmepumpe, welche das Wärmeträgermedium dann auf die Vorlauftemperatur des Heizsystems erwärmt.⁴⁶

Wärmepumpen arbeiten effizienter mit einem möglichst geringen Temperaturhub (Differenz der Wärmequellentemperatur und der Vorlauftemperatur des Heizsystems). Abbildung 27 zeigt, dass die Temperaturen mit zunehmender Bohrtiefe ansteigen und in tieferen Erdschichten, ab einer Bohrtiefe von ca. 25 m, über das Jahr hinweg unabhängig von der Außentemperatur der Luft sehr konstant bleiben. Die oberflächennahe Geothermie liefert somit ganzjährig Quellentemperaturen von ca. 8-12°C. In Kombination mit einer Wärmepumpe kann sie auch im unsanierten Gebäudebestand eingesetzt werden. Somit arbeitet eine Sole- oder Wasser-Wärmepumpe mit geothermischer Bohrung bei kalten Temperaturen im Winter deutlich effizienter als eine Luft-Wärmepumpe.

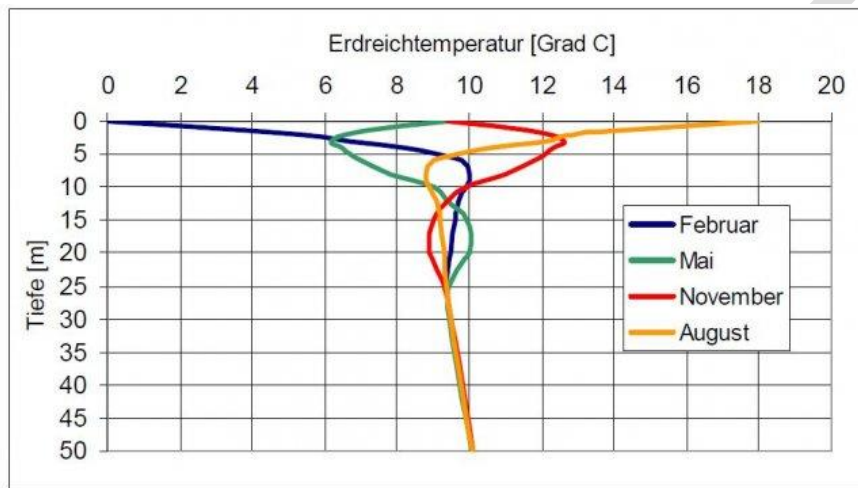


Abbildung 27: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante⁴⁷

Bei der Nutzung von oberflächennaher Geothermie ist das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zu berücksichtigen. Auf der Gemarkung liegt im Westen ein Wasserschutzgebiet der Zone IIIB, welches lediglich die äußersten Gebäude am westlichen Ortsrand von Kälbertshausen einschließt, vergleiche Abbildung 23.

Bei Erdwärmebohrungen ist außerdem das Bundesberggesetz (BergG) zu berücksichtigen.

Weitere Informationen zur Erdwärmenutzung in Baden-Württemberg finden sich in der Broschüre zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden des Umweltministeriums Baden-Württemberg.⁴⁸

⁴⁶ Umweltministerium Baden-Württemberg, *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden*; Umweltministerium Baden-Württemberg, *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen*.

⁴⁷ Hubbuch, „Optimierung von Erdwärmesonden“.

⁴⁸ Vgl. Umweltministerium Baden-Württemberg, *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden*.

Potenzial durch Erdwärmekollektoren

Für das Untersuchungsgebiet wurden im Rahmen der Wärmeplanung die technischen Potenziale unter Berücksichtigung der rechtlichen Einschränkungen für die Wärmegewinnung durch Erdwärmekollektoren bestimmt. Dabei wurde eine wirtschaftliche Eingrenzung getroffen, nach welcher nur Flächen in einem Abstand bis zu 1.000 m zu bestehender Bebauung betrachtet werden.

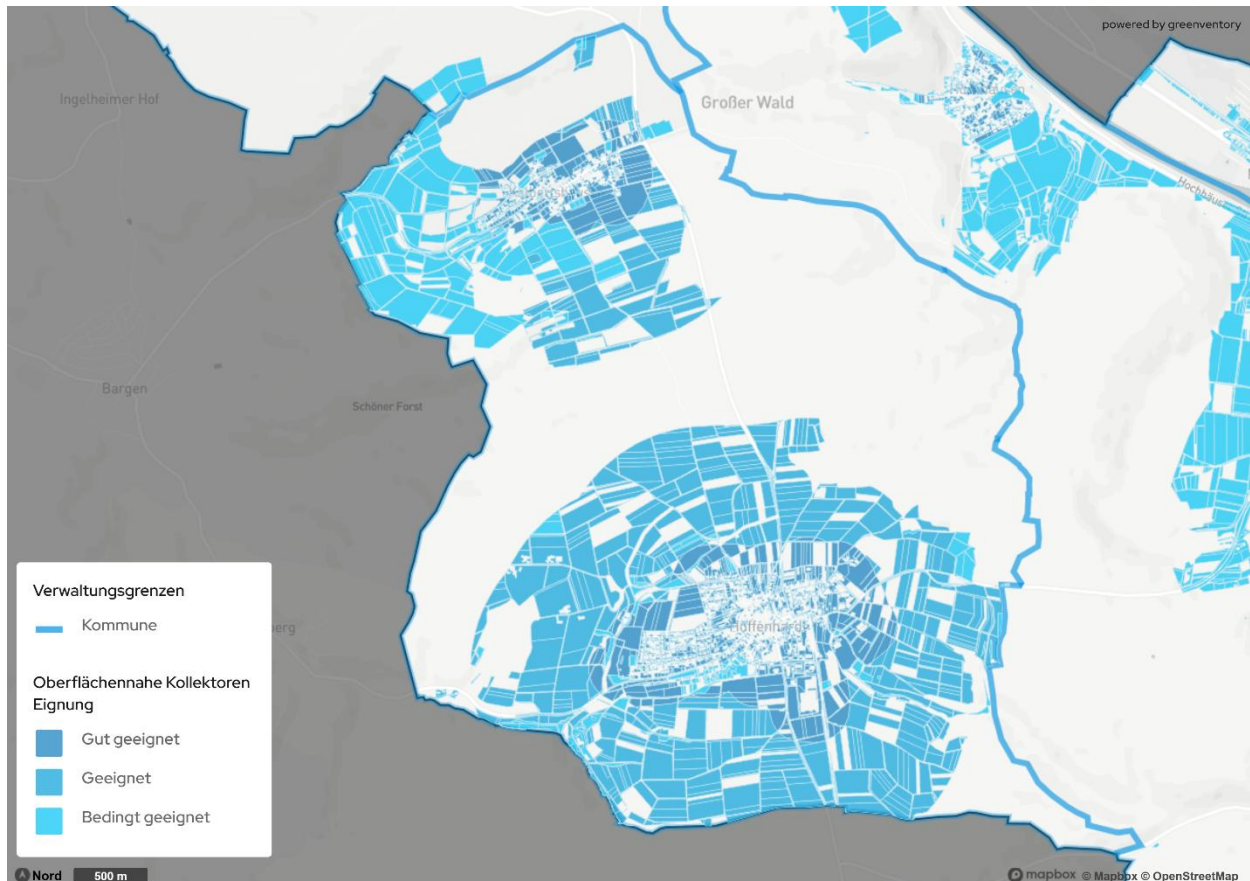


Abbildung 28: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Kollektoren

Zu beachten ist, dass die Flächenpotenziale von Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden in Konkurrenz zueinanderstehen und nicht doppelt genutzt werden. Für die Einschätzung ist an dieser Stelle das gesamte technische Potenzial unter der Prämisse einer vollständigen Nutzung der Flächen durch Erdwärmekollektoren berücksichtigt. Es resultiert ein technisches Potenzial in Höhe von 572 GWh/a für die Nutzung von Erdwärmekollektoren. Davon beziehen sich 104 GWh/a auf die Wärmeerzeugung in bedingt geeigneten Flächen, 365 GWh/a auf geeignete Flächen und 103 GWh/a auf gut geeignete Flächen.

Erdwärmekollektoren, in Form von flach verlegten Rohrsystemen oder horizontal verbauten Flächenerdwärmekollektoren oder auch vollflächig durchströmte Wärmetauscher, welche vertikal in den Boden eingebracht werden, sind unter Einhaltung der Vorgaben der Bundesländer grundsätzlich geeignet, um auch Potenziale in Wasserschutzgebieten zu erschließen. Um die Eignung für Erdwärmekollektoren konkret zu beurteilen ist die Wärmeleitfähigkeit des Bodens in den

oberen 10 m Tiefe entscheidend. Der Flächenbedarf eines Erdwärmekollektors beträgt je nach Wärmeleitfähigkeit des Bodens etwa das 1,5 bis 2,5 fache der beheizten Wohnfläche. Aufgrund des hohen Flächenbedarfs für diese Technologie eignen sich Erdwärmekollektoren überwiegend für die dezentrale Versorgung von EFH mit großen Grundstücken.⁴⁹

Potenzial durch Erdwärmesonden

Für das Untersuchungsgebiet wurden im Rahmen der Wärmeplanung die technischen Potenziale unter Berücksichtigung der rechtlichen Einschränkungen für die Wärmegewinnung durch Erdwärmesonden bestimmt. Dabei wurde eine Bohrlochtiefe von 100 m angesetzt sowie ein Raster, welches ein Bohrloch pro 100 m² Fläche ermöglicht, sofern Flächenpotenziale vorhanden sind. Die erreichbaren Temperaturen wurden mit einem Temperaturgradienten von 0,03 K/m ausgehend von der Oberflächentemperatur abgeschätzt. Zudem wurde dabei, analog zu der Potenzialbestimmung für Erdwärmekollektoren, eine wirtschaftliche Eingrenzung getroffen, nach welcher nur Flächen in einem Abstand bis zu 1.000 m zu bestehender Bebauung betrachtet werden.

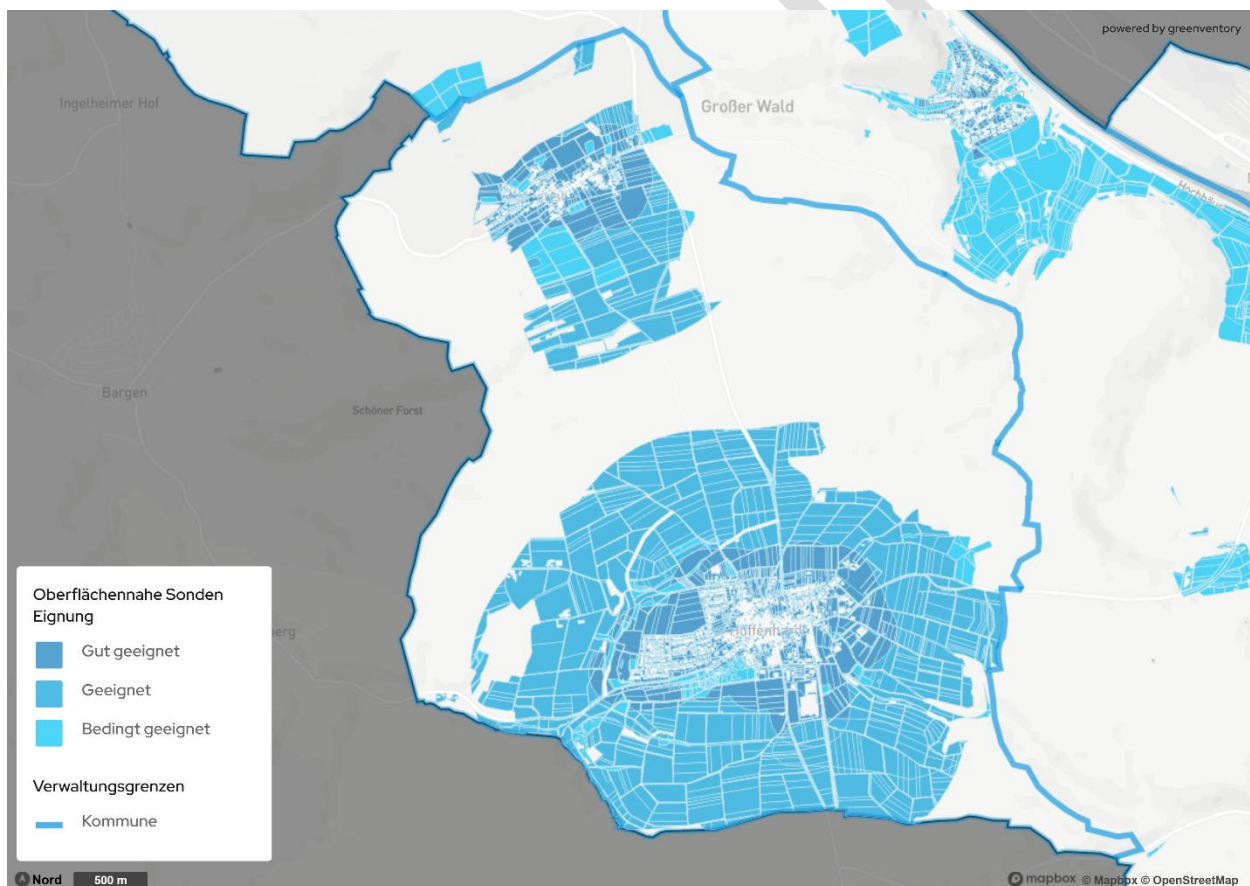


Abbildung 29: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Sonden

⁴⁹ Vgl. Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*.

Für die Einschätzung ist das gesamte technische Potenzial unter der Prämisse einer vollständigen Nutzung der Flächen durch Erdwärmesonden genannt (Flächenkonkurrenz zu Erdwärmekollektoren zu beachten). Es resultiert ein technisches Potenzial in Höhe von 823 GWh/a für die Nutzung von Erdwärmesonden. Davon beziehen sich 54 GWh/a auf die Wärmeerzeugung in bedingt geeigneten Flächen, 586 GWh/a auf geeignete Flächen und 183 GWh/a auf gut geeignete Flächen.

Potenzial durch Grundwasserwärmepumpen

Grundwasserwärmepumpen benötigen geeignete hydrogeologische Verhältnisse. Zudem steht der Schutz von Grundwasservorkommen an oberster Stelle. In Baden-Württemberg ist für eine solche Anlage eine wasserrechtliche Erlaubnis (zunächst für Bohrungen und Pumpversuche und im Anschluss für den Betrieb der Grundwasser-Wärmepumpenanlage) erforderlich. Nach Einordnung des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg liegt eine überwiegend mittlere Ergiebigkeit von Grundwasserwärmepumpen in Hüffenhardt zugrunde. Die Grundwassertemperaturen liegen im Jahresmittel zwischen 11 °C und 12 °C. Damit liegt grundsätzlich eine Eignung vor, wie aus Abbildung 30 hervorgeht.

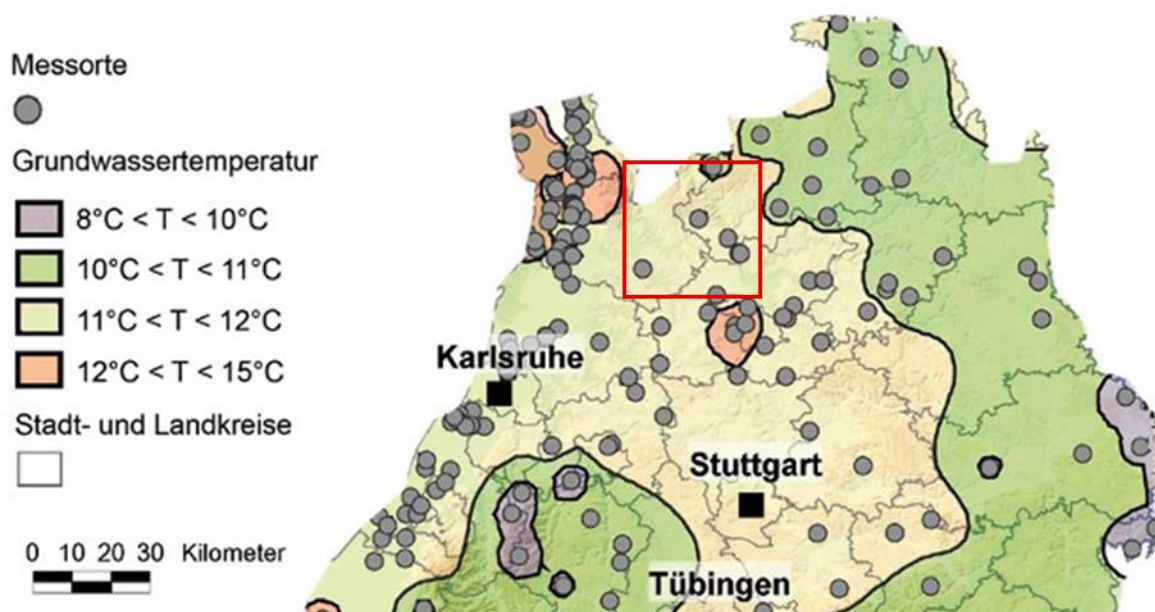


Abbildung 30: Grundwassertemperaturen zur Nutzung von Grundwasserpotenzialen⁵⁰

Für die Berechnung des Potenzials durch Grundwasserwärmepumpen sind Informationen zum verfügbaren, förderbaren Volumenstroms aus dem Grundwasserbrunnen nötig. *„Der förderbare Volumenstrom hängt von den hydrogeologischen Parametern der grundwassererfüllten Mächtigkeit (Abstand der Grundwasseroberfläche zur Grundwasserleitersohle), des Flurabstandes*

⁵⁰ Umweltministerium Baden-Württemberg, *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen*.

(Abstand der Grundwasseroberfläche zur Geländeoberkante), der hydraulischen Durchlässigkeit und der Grundwasserfließgeschwindigkeit und -richtung ab [...] sowie von brunnentechnischen Bedingungen⁵¹. Die Informationen über die Grundwasserbeschaffenheit können durch einen Pumpversuch identifiziert werden. Das Wärmepotenzial kann an dieser Stelle nicht quantifiziert werden.

4.3.5 Tiefengeothermie

Eine Tiefengeothermieanlage kann, unabhängig von Wettereinflüssen und Tages- und Nachtzeiten, nahezu ganzjährig ununterbrochen umweltfreundliche Wärme ggf. Strom liefern. Tiefengeothermie ist als lokale erneuerbare Energiequelle grundlastfähig und kann damit wesentlich zu einer hohen Versorgungssicherheit in einem klimaneutralen Wärmesektor beitragen.⁵² Eine solche Anlage nutzt die Wärme ab mindestens 400 m Tiefe. In diesen Tiefen kann Wärme mit hohen Temperaturen genutzt werden, die dann direkt (fast ohne den Einsatz von zusätzlichem Strom) in ein Wärmenetz eingespeist werden kann.⁵³

Der Realisierung einer tiefengeothermischen Anlage gehen umfangreiche Voruntersuchungen und Genehmigungsverfahren voraus.

In Hüffenhardt gibt es bisher keine Untersuchungen zum Tiefengeothermie-Potenzial. Es bestehen keine öffentlichen Quellen zum Potenzial für Tiefengeothermie. Aus diesen Gründen wird auf eine Quantifizierung des Potenzials im Zuge der Wärmeplanung verzichtet.

4.3.6 Solarthermie

Solarthermieanlagen wandeln Sonnenenergie in thermische Energie um. Solarthermische Kollektoren werden vorwiegend auf privaten oder gewerblichen Gebäudedächern installiert, können jedoch auch als solarthermische Großanlagen in Kombination mit Langzeitspeichern in einer Wärmenetzversorgung eingesetzt werden.

Die Gemeinde liegt in einem Breitengrad, in dem die Strahlungsintensität der Sonne keinen ganzjährigen und vollständigen solarthermischen Heizbetrieb gewährleistet. In der Praxis bedeutet dies, dass in der Übergangszeit (Frühjahrs- und Herbstmonate) nur temporär auf eine Zuschaltung der konventionellen Heizung verzichtet werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei mittlerer Auslegung von solarthermischen Anlagen durchschnittlich 60 % des

⁵¹ Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*.

⁵² Vgl. Moeck, *Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie*, 5.

⁵³ Vgl. Deutsche Umwelthilfe e.V., *Positionspapier Tiefengeothermie - Die unterschätzte Wärmequelle*, 4.

Endenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung⁵⁴ sowie 10 % des Endenergieverbrauchs für die Gebäudeheizung⁵⁵ abgedeckt werden können. Bei größerer Auslegung einer Solarthermieranlage inkl. Pufferspeicher lässt sich die Eigenverbrauchsquote weiter erhöhen. In der Sommer- und teils in der Übergangszeit können solarthermische Anlagen fossile Heizungsanlagen sogar vollständig ersetzen. Solarthermie ist eine Erfüllungsoption für das GEG und bewährt sich insbesondere in klimafreundlichen Hybridsystemen, wie z. B. in Kombination mit Wärmepumpen.

Solarthermie auf Dachflächen

Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden. Die Dachflächenpotenziale für Solarthermie werden im DZ ermittelt. Die Berechnung orientiert sich dabei an einer Methode der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA). Demnach wird eine Potenzialfläche von 25 % der Gebäudefläche aller Gebäude bestimmt, deren Grundfläche über 50 m² groß ist. Die Bestimmung der jährlichen Wärmeerzeugung erfolgt mittels einer spezifischen Wärmeerzeugungsmenge von 400 kWh/(m²*a).⁵⁶

Grundsätzlich sind vor allem große Dachflächen für eine Nutzung mit Solarthermie geeignet. Abbildung 31 zeigt, welche Baublöcke die höchsten quantitativen Potenziale zur Wärmeerzeugung durch Solarthermie aufweisen.

Das für die Gemarkung ermittelte technische Potenzial der Gesamtheit der betrachteten Dachflächen entspricht 16,7 GWh/a. Es kann davon ausgegangen werden, dass künftig für Dachflächen vor allem eine Photovoltaik-Nutzung bevorzugt wird, sodass voraussichtlich nur ein geringer Anteil der Dach-Potenzialflächen tatsächlich auf Solarthermie entfallen wird.

⁵⁴ Vgl. Frahm, „Solaranlagenportal: Auslegung & Dimensionierung einer Solarthermieranlage“.

⁵⁵ Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, *Informationsblatt - Häufig gestellte Fragen zum EWärmeG 2015 (Novelle)*.

⁵⁶

Vgl. Peters, Steidle, und Böhnisch, *Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden (KEA-BW)*, 43.

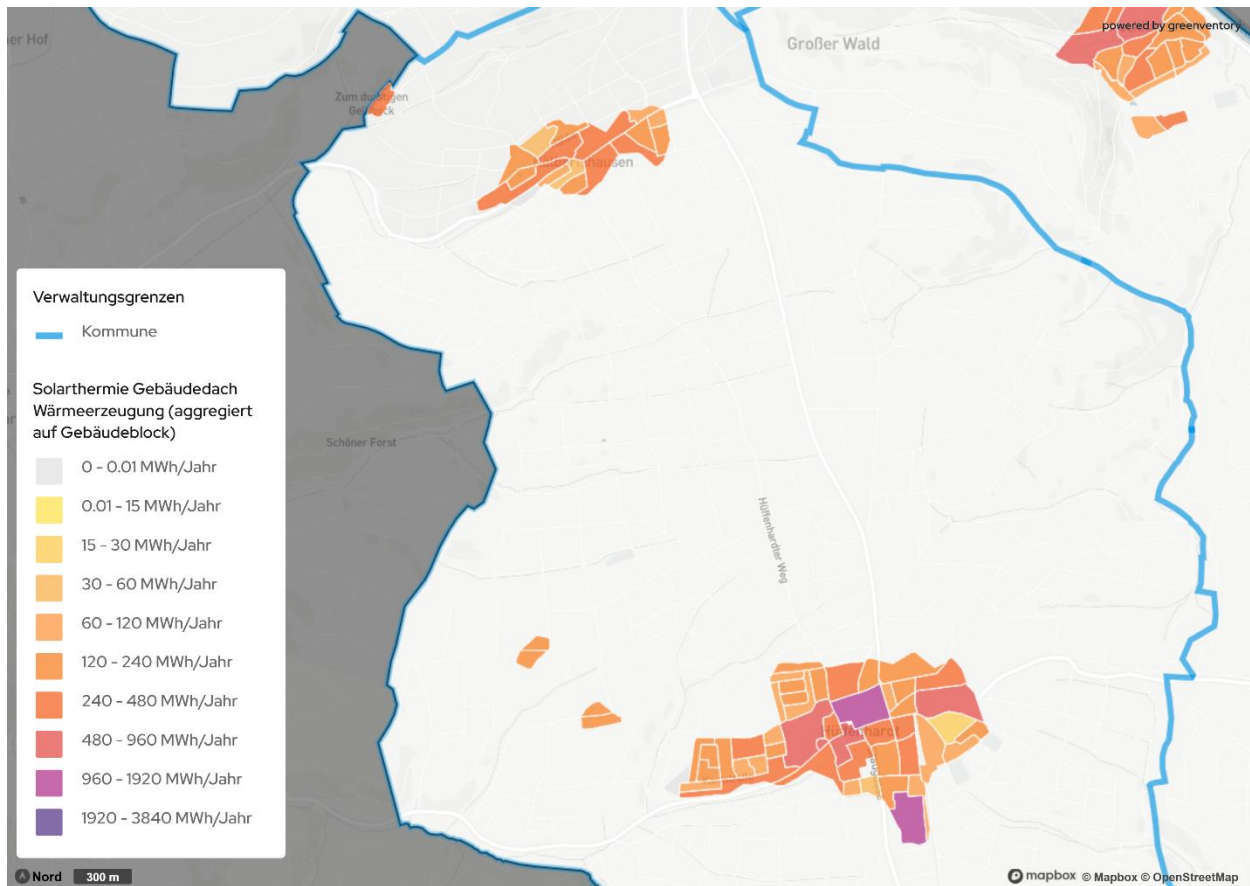


Abbildung 31: Solarthermie-Potenzial auf Dachflächen in gebäudeblockbezogener Darstellung

Solarthermie auf Freiflächen

Für die Flächenauswahl werden zunächst vor allem landwirtschaftliche und Offenlandflächen in Betracht gezogen. Siedlungs- und Infrastrukturflächen, Waldflächen sowie technisch ungeeignete Flächen werden dagegen pauschal ausgeklammert. Ungeeignet sind i. d. R. Areale mit einer zu starken Hangneigung ($> 30^\circ$) oder innerhalb natur- oder artenschutzrechtlicher Schutzgebiete-zonen oder Überschwemmungsgebieten. Zudem sind aus erschließungstechnischen Gründen sehr kleine oder schmale Flächen ausgeschlossen ($< 500 \text{ m}^2$ / 5 m Mindestbreite).

Die Verteilung der daraus resultierenden Potenzialflächen kann Abbildung 32 entnommen werden. Grundsätzlich werden als Annahmen zur Leistungsdichte 3.000 kWp/ha sowie Volllaststunden von 800 h/a zugrunde gelegt. Des Weiteren wird zur Berücksichtigung der Verluste bei der Übertragung und Speicherung ein Reduktionsfaktor von $0,611$ zwischen theoretisch errechneter und praktisch erzielbarer Wärmemenge angelegt. Das daraus resultierende technische Potenzial beträgt 1.120 GWh/a .

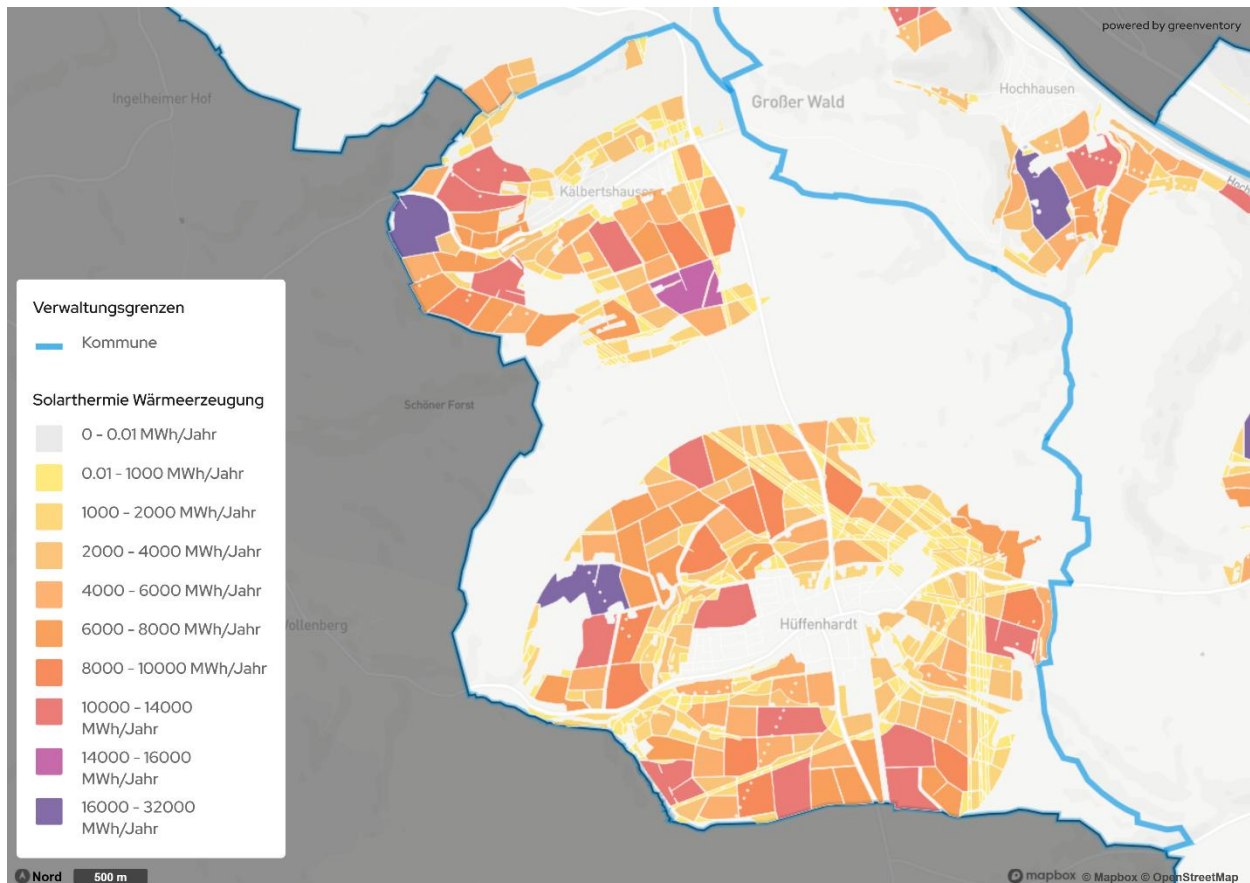


Abbildung 32: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie (technisches Potenzial)

4.3.7 Nutzung der Wärme aus Abwasser

Für die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen stehen neben der oberflächennahen Geothermie und Umgebungsluft auch die Wärmequelle Abwasser zur Verfügung.

Energie liegt im Abwasser in Form organischer Substanz, chemischer Verbindungen und thermischer Energie vor. Beim Gebrauch von Wasser in Haushalten, Industrie und Gewerbe erfolgt i. d. R. eine Erwärmung des Wassers. Ohne Nachnutzung wird die enthaltene Wärme an die Umwelt abgegeben. Es gibt jedoch über Abwasser-Wärmepumpen die Möglichkeit, die thermische Energie des Abwassers für die Wärmeversorgung für Gebäude nutzbar zu machen.⁵⁷

Um das Potenzial der Abwasserwärme im kommunalen Entwässerungssystem beurteilen zu können, sind neben einer ausreichenden Dimensionierung des Abwasserkanals zur Installation von Wärmetauschertechnologien (ab DN 800) vor allem ein ausreichender Trockenwetterabfluss von 10-15 Liter pro Sekunde erforderlich, um eine ausreichende Überströmung bzw. Wärmeabnahme des Wärmetauschers zu gewährleisten, unabhängig davon, ob dieser als Rinnenwärmetauscher im Kanal oder in Kombination mit einer Schachtsieb- und -pumpanlage außerhalb des Kanals

⁵⁷ Vgl. Buri und Kobell, Wärmenutzung aus Abwasser.

installiert wird.⁵⁸ In Hüffenhardt gibt es wie in Kapitel 3.6 beschriebenen Kanäle, die diese Voraussetzungen erfüllen. Da keine Angaben zum Trockenwetterabfluss vorliegen, kann hier kein Potenzial abgeschätzt werden.

4.3.8 Industrielle Abwärme / Wärme aus KWK-Anlagen

Die Nutzbarmachung unvermeidbarer Abwärme für die Wärmeversorgung ist nach der Abwärmevermeidung (Abwärmekaskade) die effizienteste Art mit Abwärme umzugehen. Abwärme kann bspw. bei industriellen Prozessen als „Abfallprodukt“ anfallen. Statt diese Wärme ungenutzt in die Umwelt abzugeben, werden spezielle Wärmerückgewinnungssysteme bzw. -tauscher eingesetzt, um die Abwärme zu erfassen und für weitere wärmerelevante Zwecke zu nutzen.

Im Rahmen des Projekts wurden die größten Unternehmen der Gemarkung identifiziert und bei Verdacht auf Abwärmepotenziale mithilfe eines Fragebogens hinsichtlich einer potenziellen Abwärmeauskopplung angefragt. Zudem wurden Einträge der Plattform für Abwärme des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle geprüft. Für Hüffenhardt liegen nach dieser keine Einträge vor.⁵⁹

4.3.9 Photovoltaik zur Stromerzeugung

Dachflächen

Die Gewinnung von Strom aus erneuerbaren Energien wird nicht nur für die wachsende Anzahl elektrisch betriebener Fahrzeuge, sondern auch für die zunehmend strombasierte Wärmeversorgung wie Luft-/Erdwärme-/Wasserwärmepumpen erheblich an Bedeutung gewinnen.

Die Potenzialberechnung erfolgte nach dem Leitfaden für Kommunale Wärmeplanung der KEA BW.⁶⁰ Nach diesem wird das Wärmeerzeugungspotenzial über die Grundfläche der Gebäude (nur Gebäude mit Grundfläche über 50 m²) ermittelt. Dabei werden 25 % der Grundfläche der Gebäude als Dachfläche für Photovoltaik angesetzt. Das Potenzial zur jährlichen Stromerzeugung wird dann anhand einer spezifischen Erzeugungsleistung von 0,22 kWp/m² sowie einer spezifischen Energieerzeugungsmenge von 1.000 kWh/(kWp*a) errechnet.

Abbildung 33 zeigt die ermittelten Dachflächenpotenziale für Photovoltaik auf Baublockebene. Neben Wohngebäuden bieten insbesondere großflächigere Lagerhallen, bzw. gewerbliche Gebäude hohe Potenziale für Dachflächen-PV.

⁵⁸ Vgl. Buri und Kobell, 2.

⁵⁹ Bundesstelle für Energieeffizienz beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), *Plattform für Abwärme*.

⁶⁰ Vgl. Peters, Steidle, und Böhnisch, *Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden (KEA-BW)*.

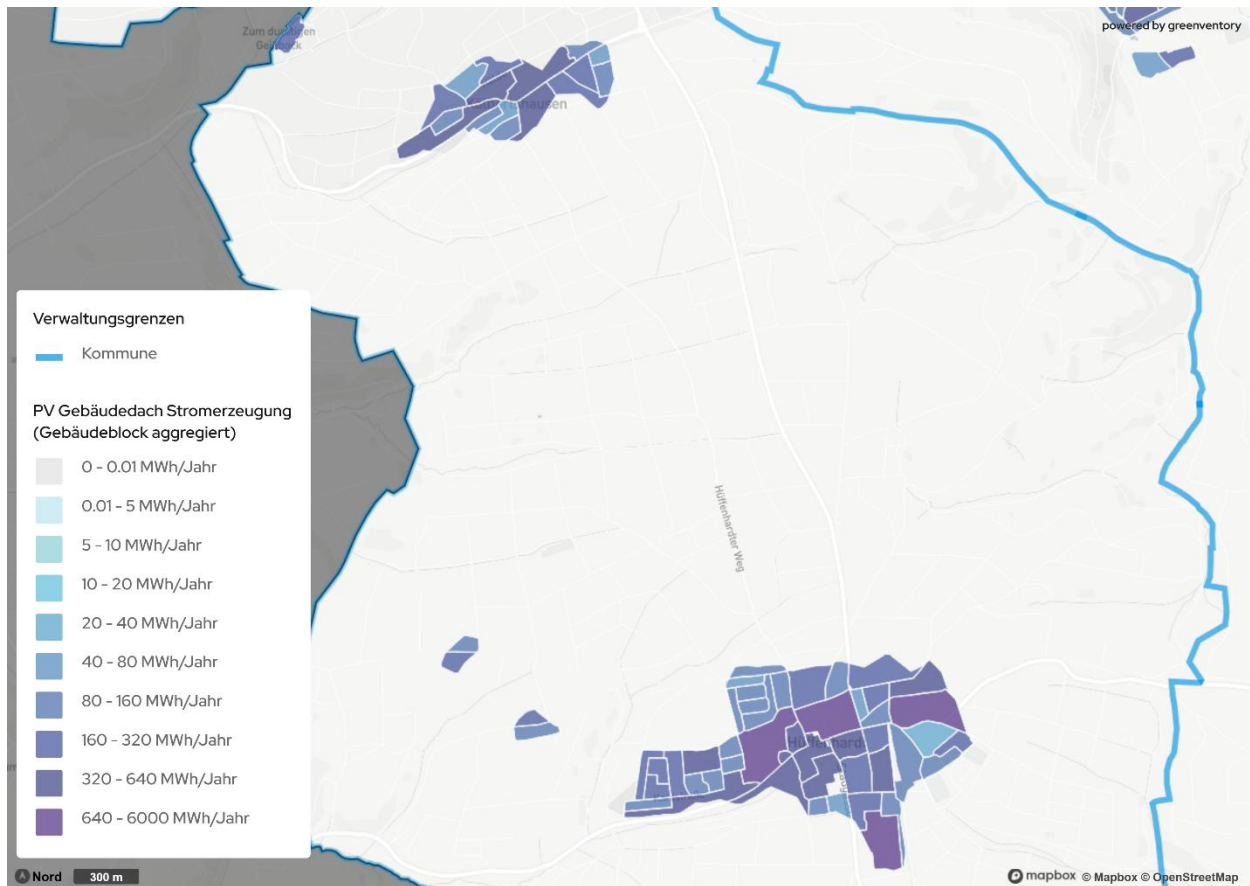


Abbildung 33: Photovoltaik-Potenzial auf Dachflächen in gebäudeblockbezogener Darstellung

Das technische Potenzial für die PV-Stromerzeugung auf Dachflächen liegt demnach bei ca. 18 GWh/a.

Freiflächen

Für die Flächenauswahl werden die gleichen Potenzialflächen wie für die Freiflächen-Solarthermie betrachtet (vgl. Kapitel 4.3.6, Abbildung 32). Entsprechend bestehen auch hier Flächenkonkurrenzen zu bestehenden Nutzungen sowie der Freiflächen-Solarthermie.

Es werden lediglich Flächen berücksichtigt, die nicht unter die Belange des Naturschutzes fallen. Gebiete in Naturschutzgebieten, Natura 2000 Flächen (z. B. FFH) und Biosphärenreservate sind beispielsweise von der Betrachtung ausgeschlossen. Nicht praktikable Flächen unter 500 m², oder Flächen, die sehr schmal sind (weniger als 5 m Breite), werden ebenfalls nicht betrachtet. Die Berechnung des Flächenpotenzials erfolgt auf Basis einer Leistungsdichte von 750 kWp pro Hektar. Die Volllaststunden werden mithilfe von Daten des Global Solar Atlas ermittelt.⁶¹

⁶¹ Vgl. World Bank Group, ESMAP, SOLARGIS, „Global Solar Atlas“.

Das gesamte für die Gemarkung ermittelte technischen Potenzial für Freiflächen-Photovoltaik beträgt demnach ca. 784 GWh/a.

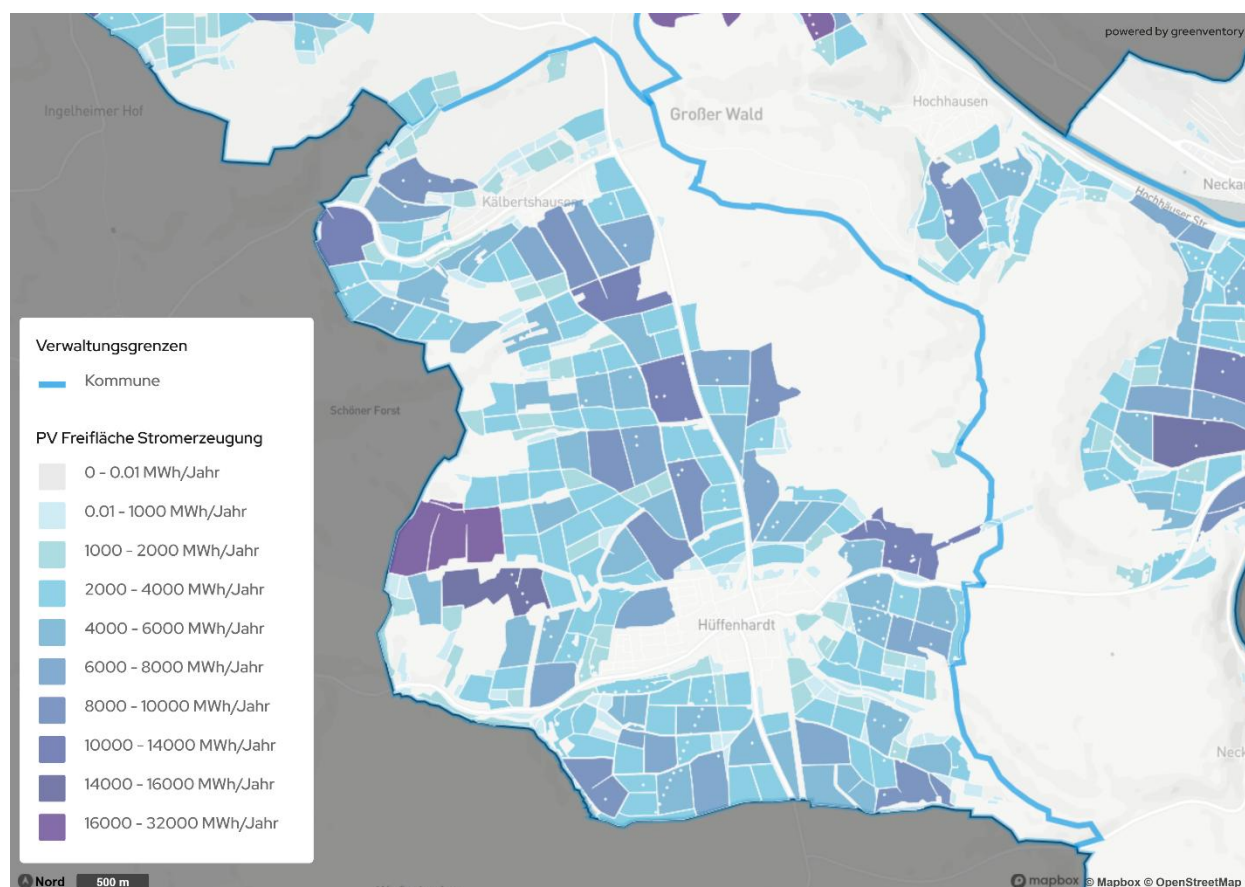


Abbildung 34: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik (technisches Potenzial)

4.3.10 Windkraft zur Stromerzeugung

Mit einer zunehmend strombasierten Wärmeversorgung und durch die im Zielszenario (vgl. Kap.5) angenommenen Deckungsanteile elektrisch betriebener Wärmepumpen stellen Windkraftanlagen zur regenerativen Stromerzeugung, insbesondere in der Heizperiode, auch einen notwendigen Baustein für die Wärmewende dar. Während das Potenzial durch Photovoltaik sein Maximum im Sommerhalbjahr erreicht, liegt dieses für die Windkraft im Winterhalbjahr, sodass Windkraft eine sinnvolle Ergänzung darstellt. Zudem ist Windkraft gegenüber Photovoltaik und Biomasse deutlich flächeneffizienter⁶².

Derzeit befindet sich die Fortschreibung des Teilregionalplans Windenergie zum Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar in seinem Erstellungsverfahren. Dieser verfolgt das Ziel, die Vorgaben des zum 1. Februar 2023 in Kraft getretenen Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG)

⁶² Windkraft ist ca. 20-mal so flächeneffizient wie Photovoltaik und über 300-mal wie Biomasse, vgl. BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN), „FAQ Windkraft: Pro & Contra Windenergie“.

zu sichern. Bis 31.12.2032 sollen in Baden-Württemberg 1,8 % der Landesfläche für die Windenergienutzung gesichert werden. Im aktuellen Entwurf zur zweiten Offenlage und zweiten Anhörung (Stand: Dezember 2025) sind für Hüffenhardt im Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar (Fortschreibung Teilregionalplan Wind) weder „Vorranggebiete für die regionalbedeutsame Windenergienutzung“ noch „Vorranggebiete zur Nutzung der Windenergie“ ausgewiesen.⁶³

Aus diesem Grund wird im Rahmen des Wärmeplans auf eine Darstellung von Potenzialflächen sowie eine Quantifizierung von Potenzialen verzichtet, da neben der Regionalplanung auch keine weiteren Informationen über derzeitige kommunale Planungen zur Windkraft vorliegen.

4.4 Transformation der Wärmenetze

Die §§ 29 - 32 WPG regeln die schrittweise Umstellung von Wärmenetzen auf erneuerbare Energien und Abwärme. Ziel ist die Treibhausgasneutralität der Wärmenetze bis zum Zieljahr 2045. Bestehende Wärmenetze müssen dazu ab dem Jahr 2030 mindestens 30 Prozent ihrer Wärme aus erneuerbaren Quellen oder unvermeidbarer Abwärme gewinnen. Dieser Anteil steigt bis 2040 auf mindestens 80 Prozent. (Neue Wärmenetze, die ab dem 1. März 2025 in Betrieb gehen, müssen von Anfang an mindestens 65 Prozent erneuerbare Energie oder Abwärme nutzen).

Für Baden-Württemberg sind diese Ziele nach Landesrecht weiter verschärft. Das Landesziel ist hier die Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2040. Damit sind nach KlimaG BW § 27a auch alle Wärmenetze bis spätestens 31. Dezember 2040 vollständig mit Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme zu speisen.

Um diese Ziele zu erreichen, sind die Betreiber aller Wärmenetze verpflichtet, bis Ende 2026 einen Fahrplan vorzulegen, in dem sie konkret darstellen, wie sie ihr Netz Schritt für Schritt klimafreundlich umbauen wollen – geregelt in § 32 Abs. 1 WPG: *„Jeder Betreiber eines Wärmenetzes, das nicht bereits vollständig mit Wärme aus erneuerbaren Energien, aus unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus gespeist wird, ist verpflichtet, bis zum Ablauf des 31. Dezember 2026 für sein Wärmenetz einen Wärmenetzausbau- und -dekarbonisierungsfahrplan zu erstellen und der durch Rechtsverordnung nach § 33 Absatz 5 bestimmten Behörde vorzulegen.“*

Zum Zeitpunkt der Erstellung des kommunalen Wärmeplans liegt auf der Gemarkung kein Wärmenetz vor. Die Regelungen betreffen demnach lediglich potenziell künftig entwickelte Wärmenetze.

⁶³ Verband Region Rhein-Neckar, „2. Offenlage der Fortschreibung des Teilregionalplans Windenergie zum Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar“.

4.5 Transformation der Gasnetze und Einsatz von Wasserstoff

Die Nationale Wasserstoffstrategie (NWS), die 2023 umfassend fortgeschrieben wurde, ist ein zentrales Instrument zur Erreichung der Klimaziele und zur Transformation der Energieversorgung in Deutschland⁶⁴. Sie verfolgt das Ziel, Deutschland zu einem Standort für Wasserstofftechnologien zu entwickeln. Dabei steht insbesondere „grüner“ Wasserstoff, hergestellt aus erneuerbaren Energien, im Fokus.

Die Strategie priorisiert den Einsatz von Wasserstoff dort, wo Elektrifizierung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist – beispielsweise in der Stahl- oder Chemieindustrie. Für den Gebäudesektor wird die Rolle des Wasserstoffs als nachgeordnet betrachtet und ausdrücklich nur unter sehr spezifischen Voraussetzungen in Erwägung gezogen.

Gleichzeitig eröffnet insbesondere das Wärmeplanungsgesetz (WPG) Kommunen die Möglichkeit, sogenannte Wasserstoffnetzgebiete auszuweisen. Dies wirft die Frage auf, ob und inwiefern es aktuell sinnvoll ist, solche Wärmeversorgungsgebiete mit Wasserstoff in die kommunale Wärmeplanung zu integrieren.

In Deutschland arbeiten verschiedene Akteure an der Bereitstellung bzw. Erzeugung sowie Übertragung von Wasserstoff. Gleichwohl besteht heute eine unsichere rechtliche Grundlage zum Umgang mit Wasserstoff in der kommunalen Wärmeplanung. Darüber hinaus stellen Studien die Verfügbarkeit von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung in Privathaushalten in Frage. Die planungsverantwortliche Stelle soll gleichzeitig mit dem Instrument der Wärmeplanung gegenüber Bürgerinnen und Bürgern Planungssicherheit im Rahmen der Wärmewende geben. Diese Vorgaben und Entwicklungen gilt es im Rahmen von Wärmeplanungen zu berücksichtigen.

Anmerkung: Die folgende Darstellung bezieht sich auf das aktuell gültige Wärmeplanungsgesetz (WPG) in Verbindung mit der aktuellen Fassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Im politischen Rahmen wurden bereits Änderungen der gesetzlichen Regelungen angekündigt, die zum aktuellen Zeitpunkt allerdings noch ausstehen. Es besteht daher die Möglichkeit, dass sich die Regelungen zukünftig ändern können. Hier sei auf die jeweils aktuelle Fassung der benannten Gesetze und aktuelle Darstellungen der Bundesnetzagentur hingewiesen.

Rechtliche Einordnung

Die Wärmeplanung bleibt eine informelle, strategische Planung ohne direkte rechtliche Außenwirkung. Eine verbindliche Festsetzung findet nur statt, wenn durch zusätzliche, optionale Entscheidung(en) Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffnetzausbaugebiete ausgewiesen werden (§ 26 WPG). Die entsprechenden Regelungen des GEG zum

⁶⁴ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie NWS 2023*.

Heizungstausch und für Übergangslösungen (§ 71 Abs. 8 Satz 3, § 71k Abs. 1 Nr. 1 GEG) gelten in den ausgewiesenen Gebieten ab einem Monat nach diesem zusätzlichen Beschluss durch die Gemeinde. Ab dem 01.07.2028 gilt für alle Kommunen mit weniger als 100.000 Einwohnern die Pflicht zum Einsatz von 65% erneuerbaren Energien beim Austausch der Heizung. Bei Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern gilt die Pflicht mit Ablauf des 30.06.2026.

Kommunen sind nach § 18 WPG verpflichtet, sogenannte Wärmeversorgungsgebiete zu definieren mit dem Ziel *„einer möglichst kosteneffizienten Versorgung des jeweiligen Teilgebiets auf Basis von Wirtschaftlichkeitsvergleichen jeweils differenziert für die Betrachtungszeitpunkte nach Absatz 3 dar[-zustellen], welche Wärmeversorgungsart sich für das jeweilige geplante Teilgebiet besonders eignet. Besonders geeignet sind Wärmeversorgungsarten, die im Vergleich zu den anderen in Betracht kommenden Wärmeversorgungsarten geringe Wärmegestehungskosten, geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und geringe kumulierte Treibhausgasemissionen bis zum Zieljahr aufweisen, wobei die Wärmegestehungskosten sowohl Investitionskosten einschließlich Infrastrukturausbaukosten als auch Betriebskosten über die Lebensdauer umfassen“* (§ 18 Abs. 1 WPG).

Betreibern von Gasverteilnetzen ist es gemäß WPG möglich, einen Vorschlag für die Versorgung eines Teilgebietes z. B. in Form eines Wasserstoffnetzes einzubringen. Hierzu stellt der Gasverteilnetzbetreiber *„die Annahmen und Berechnungen, die dem Vorschlag zu Grunde liegen, nachvollziehbar und transparent dar“* (§ 18 Abs. 4 WPG).

Umstellung der Gasnetzinfrastruktur

Wie bereits skizziert müssen Heizungsanlagen nach 2026 (bei Kommunen mit über 100.000 Einwohnern) bzw. nach 2028 (bei Kommunen unter 100.000 Einwohnern) bei Neueinbau mit 65 Prozent erneuerbaren Energien betrieben werden. Eine Ausnahmeregelung besteht dann, wenn die Gasnetzinfrastruktur transformiert werden soll – die Nutzung beim Endverbraucher erfolgt dann über sogenannte H2-ready-Heizungen.

Um als Anlagenbetreiber diese Ausnahmeregelungen nutzen zu können, muss ein sogenannter Fahrplan für die Umrüstung des Gasnetzes auf Wasserstoff vorliegen (vgl. § 71k GEG). Was diese Fahrpläne enthalten müssen, hat die Bundesnetzagentur im Anschluss an ein Konsultationsverfahren definiert – in der Festlegung FAUNA³⁶: *„Unter bestimmten Voraussetzungen, die in dem Ausnahmetatbestand des §71kGEG geregelt sind, soll es jedoch weiterhin möglich sein, eine Erdgasheizung einzubauen und zu betreiben. Dazu muss allerdings sichergestellt sein, dass spätestens ab dem Jahr 2045 Wasserstoff als Energieträger genutzt wird. Damit Heizungsanlagenbetreiber von dem Ausnahmetatbestand Gebrauch machen können, hat der Verteilnetzbetreiber zusammen mit der für die Wärmeplanung zuständigen Stelle einen Fahrplan zu beschließen.“*

Weiterhin ist definiert, dass die nach Landesrecht für die Wärmeplanung zuständige Stelle (oftmals die Kommune) gemeinsam mit dem Netzbetreiber für einen Fahrplan einreichungsberechtigt sind.

Die Einschätzungen aus dem FAUNA-Gutachten zeichnen ein differenziertes Bild der rechtlichen Verpflichtungen im Zusammenhang mit dem Fahrplan nach § 71k Abs. 1 Nr. 2 GEG. So wird ausdrücklich festgestellt, dass – entgegen der Auffassung eines Teilnehmenden der Konsultation – keine gesetzliche oder untergesetzliche Pflicht zur Beschlussfassung und Einreichung eines solchen Fahrplans besteht. Vielmehr wird klargestellt, dass der Fahrplan lediglich Voraussetzung für die Inanspruchnahme einer Ausnahmeregelung ist. D. h. nur wenn Heizungsanlagenbetreiber im betreffenden Gebiet auch nach dem 30.06.2026 (für Gemeinden ab 100.000 EW) bzw. nach dem 30.06.2028 (für kleinere Gemeinden) weiterhin Erdgasheizungen in Bestandsgebäuden ohne die Einhaltung der 65 %-EE-Vorgabe installieren dürfen sollen, muss ein entsprechender Fahrplan vorliegen und bei der Bundesnetzagentur eingereicht werden.

In der praktischen Konsequenz ergibt sich daraus jedoch faktisch eine Notwendigkeit zur Erstellung eines solchen Fahrplans. Denn wenn beispielsweise das Ziel besteht, das Netz bis zum Jahr 2040 vollständig auf Wasserstoff umzustellen, verbleibt einer Kommune mit weniger als 100.000 Einwohnern ein Zeitraum von zwölf Jahren, in dem alle Netznutzer, die ihre Heizungsanlagen erneuern müssen, die 65-Prozent-Vorgabe für erneuerbare Energien einhalten müssten – sofern kein Fahrplan nach § 71k GEG vorliegt. Da dies ohne H2-Ready-Kessel nicht möglich wäre, ist absehbar, dass viele Nutzer das Netz nicht weiter nutzen könnten. Wer also vermeiden möchte, dass das Netz in der Zwischenzeit stark ausgedünnt oder gar unrentabel wird, wird ein erhebliches Interesse daran haben, frühzeitig einen belastbaren Fahrplan zu beschließen. Ein solcher Plan schafft Planungssicherheit, schützt die Anschlussbasis und stellt die Kontinuität der Netzentwicklung sicher – auch wenn er formell nicht verpflichtend ist.

Weitere Rahmenbedingungen gelten laut Bundesnetzagentur für diese Fahrpläne:

- Die Erstellung eines Fahrplans sollte auf Grundlage der kommunalen Wärmeplanung erfolgen. Die entsprechenden Teilgebiete sollten als Wasserstoffnetzausbaug Gebiet in der Wärmeplanung dargestellt werden (gem. § 26 WPG). *„Der Fahrplan orientiert sich örtlich an den durch die nach Landesrecht für die Wärmeplanung zuständige Stelle innerhalb der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesenen Wasserstoffnetzausbaugebieten (§§26, 27 des Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG)). Diese Vorgabe dient dazu, die Fahrpläne hinsichtlich der Größe des betroffenen Gebiets in sinnvoller Weise übersichtlich zu halten und der Bundesnetzagentur möglichst einheitliche Entscheidungen über die Genehmigung des Fahrplans zu ermöglichen. Dabei ist*

*eine Orientierung an den Teilgebieten, welche durch die für die Wärmeplanung zuständigen Stellen bereits eingeteilt wurden, vorzugswürdig“.*⁶⁵

- Ein Bestandteil der Fahrpläne ist eine Wirtschaftlichkeitsprüfung, die den Umbau der Gasnetze zu Wasserstoffnetzen, sowie eine Produktion und Speicherung des Wasserstoffs vor Ort bzw. den H₂-Bezug über bereits geplante vorgelagerte Netze, als ökonomisch günstigste Lösung für das Versorgungsgebiet nachweist. *„Um diesem umfassenden gesetzlichen Auftrag gerecht werden zu können, sind die wirtschaftlichen Aspekte innerhalb eines Businessplans vollumfänglich hinsichtlich Kostentragung, Finanzierung und sämtlicher Investitionen darzulegen“.*⁶⁶
- Ferner muss nachgewiesen werden, dass der Transport über vorgelagerte Netze sichergestellt sein muss. *„Der Nachweis einer gesicherten Versorgung aus dem vorgelagerten (Transport-)netz ist durch einen aussagefähigen Auszug aus dem jeweils zum Zeitpunkt der Einreichung gültigen Netzentwicklungsplan zu erbringen. Das Verbundnetz ist sehr vermascht und in aller Regel werden Netze nicht lediglich über einen einzigen Netzkoppelpunkt aufgespeist, sondern über mehrere. Zudem ist es nicht selten, dass Netze zwei oder mehr vorgelagerte Netzebenen haben“.*⁶⁷
- Die Bundesnetzagentur stellt ferner dar, warum die Detailtiefe der Fahrpläne hoch ist. Sie dient u.a. dazu sicherzustellen, dass Verbraucher- und Klimaschutz ernstgenommen und verfolgt werden: *„Die Bundesnetzagentur hat die Kritik zahlreicher Konsultationsteilnehmer, die Festlegung enthalte überbordende Bürokratie und einen zu hohen Detailgrad der Fahrpläne, zur Kenntnis genommen. Sie kann aufgrund der hier dargelegten Grundsätze und der Rechtsfolgen des Fahrplans weder die Kritik im Ergebnis nicht nachvollziehen noch dieser folgen. Zusätzlich dazu sind die einreichenden Stellen – die nach Landesrecht für die Wärmeplanung zuständige Stelle und der zuständige Netzbetreiber – in der Entscheidung, einen Fahrplan zu beschließen, vollkommen frei. Für dieses freiwillige Vorgehen entsteht den einreichenden Stellen zwar zusätzlicher Aufwand. Im Hinblick auf Verbraucher- und Klimaschutzinteressen ist dieser zusätzliche Aufwand jedoch vollumfänglich gerechtfertigt. Wer den in der Festlegung verlangten planerischen und darstellerischen Aufwand als zu hoch betrachtet, setzt sich dem Verdacht aus, die nötige intensive Prüfung zu vernachlässigen, ob Anlagenbetreiber oder Mieter durch den Fahrplan*

⁶⁵ Bundesnetzagentur, *Festlegung vom Format der Fahrpläne für die Umstellung der Netzinfrastruktur auf die vollständige Versorgung der Anschlussnehmer mit Wasserstoff gemäß § 71k Gebäudeenergiegesetz (FAUNA)* (Az.: 4.28/1#1), 9.

⁶⁶ Bundesnetzagentur, 33.

⁶⁷ Bundesnetzagentur, 38.

nahegelegt werden soll, die ökonomischen Risiken des Einbaus fossiler Heizungsanlagen einzugehen.“⁶⁸

Aussagen zur Studienlage

Gleichzeitig sagt die Studienlage, z. B. der HAW Hamburg 2025⁶⁹, dass Wasserstoff in Privathaushalten zur Wärmeversorgung nicht oder nur in Ausnahmefällen zum Einsatz kommen wird; oder wenn, dann nur zu verhältnismäßig hohen Preisen. Die Nutzung von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung ist technisch ineffizient, der Einsatz von Wärmepumpen ist im Vergleich 5- bis 6 mal effizienter. Es ist zu erwarten, dass der Einsatz von Wasserstoff für die Erzeugung von Wärme in zentralen Spitzenlastkraftwerken unter Einbindung weiterer erneuerbarer und nachhaltiger Wärmequellen in einer Nah- oder Fernwärmeversorgung ermöglicht und vorrangig an dieser Stelle eingesetzt werden sollte.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass sich die bisherige Situation der Betreiber von Gasnetzen verändert hat: durch den Vertrieb von Wärmepumpen und Biomasseheizungen durch Dritte ist eine Wettbewerbssituation entstanden. Das bedeutet in Bezug auf die o.g. Umrüstkriterien zum Wasserstoffnetz eine weitere Unsicherheit: selbst, wenn nach heutigem Kenntnisstand eine Umrüstung eines Gasnetzes aufgrund der Wärmedichte als wirtschaftlich erscheint, kann bis zum tatsächlichen Umrüstzeitpunkt eine deutliche Veränderung eingetreten sein, da Verbraucher sich in diesem Zeitraum bspw. für die Installation einer Wärmepumpe entscheiden können.

Eine 2024 veröffentlichte Metastudie⁷⁰ an der Universität Oxford zur Nutzung von Wasserstoff zum Heizen in Gebäuden zeigt auf, dass fast alle enthaltenen, unabhängigen Studien nicht von einer zentralen Rolle des Wasserstoffs in diesem Bereich ausgehen. Die wissenschaftlichen Studien stützen mehrheitlich nicht die Annahme, dass Wasserstoff eine zentrale Rolle in kosteneffizienten Dekarbonisierungspfaden spielen kann. Vielmehr sei sein Einsatz mit höheren Kosten für Energiesysteme und Verbraucher verbunden. In den meisten untersuchten Szenarien werden stattdessen Elektrifizierung – insbesondere über Wärmepumpen – und der Ausbau von Fernwärme als effizientere und kostengünstigere Alternativen angesehen.

Ergebnis und Empfehlung

Im Ergebnis bedeutet das, dass in Bezug auf die durch die Wärmeplanung zu erfüllende Aufgabe der Planungssicherheit eine große und über viele Jahre anhaltende Unsicherheit gegenüber Bürgerinnen und Bürgern entstehen wird, wenn Wasserstoffnetzausbaugebiete zum jetzigen

⁶⁸ Bundesnetzagentur, 8.

⁶⁹ Vgl. Doucet u. a., *Grüner Wasserstoff für die Energiewende: Potentiale, Grenzen und Prioritäten – Teil 6: Wasserstoffanwendungen im Sektorenvergleich*.

⁷⁰ Vgl. Rosenow, „A Meta-Review of 54 Studies on Hydrogen Heating“.

Zeitpunkt als belastbare Planung oder als Prüfgebiet angekündigt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich bei den Wasserstoffnetzausbaugebieten um Gebiete mit vorrangiger Wohnnutzung ohne industrielle Nutzung handelt.⁷¹

Nach Prüfung der vorgenannten Argumentation wird daher folgende Vorgehensweise für die kommunale Wärmeplanung empfohlen:

- Enge Abstimmung mit lokalen Industriebetrieben, die zukünftig auf Wasserstoff angewiesen sein könnten. Hier ist explizit zu erfragen, ob bereits Pläne zur Transformation vorliegen und in welchem Umfang zukünftig Wasserstoff benötigt wird.
- Verzicht auf die Darstellung von Wasserstoffgebieten in der kommunalen Wärmeplanung insbesondere dann, wenn der Wasserstoff auch nicht in industriellem Kontext zukünftig genutzt werden soll.
- Prüfung mit zuständigem Gasnetzbetreiber, inwieweit und für welche Gebiete die Erstellung einer konkreten Transformationsplanung grundsätzlich in Frage kommt (ggf. Aufforderung an den Netzbetreiber, auf Grundlage der im Wärmeplan dargestellten Gebiete einen zunächst vorläufigen, jedoch an den Vorgaben der Bundesnetzagentur orientierten konkreten Transformationsplan vorzulegen).

Sollte die planungsverantwortliche Stelle entscheiden, ein Wasserstoffnetzgebiet in die kommunale Wärmeplanung aufzunehmen, schlagen wir folgenden Maßnahmenablauf vor:

1. Prüfung mit zuständigem Gasnetzbetreiber, inwieweit und für welche Gebiete die Erstellung einer konkreten Transformationsplanung grundsätzlich in Frage kommt. Grundlage sollte der prognostizierte Wasserstoffbedarf in der Industrie sein.
2. Aufforderung an den Netzbetreiber, auf Grundlage der im Wärmeplan dargestellten Gebiete einen zunächst vorläufigen, jedoch an den Vorgaben der Bundesnetzagentur orientierten konkreten Transformationsplan vorzulegen. Dies umfasst auch die Darstellung von wirtschaftlichen Kennzahlen („Businessplan“).
3. Auf Basis des dann gültigen Landesrechts Entscheidung durch die planungsverantwortliche Stelle, per Satzung oder vergleichbar oder in der Fortschreibung der Wärmeplanung Wasserstoffprüf- bzw. -ausbaugebiete verbindlich auszuweisen.
4. Anschließend kann die planungsverantwortliche Stelle gemeinsam mit dem Gasnetzbetreiber einen Fahrplan zur Prüfung bei der Bundesnetzagentur einreichen. Dies bedeutet

⁷¹ Manche industriellen Prozesse müssen mit Wasserstoff transformiert werden, um klimaneutral zu werden, weil Elektrifizierung allein physikalisch, chemisch oder wirtschaftlich an Grenzen stößt. Beispielsweise können hohe Temperaturen durch Elektrifizierung nicht effizient bzw. wirtschaftlich erreicht werden, daher wird hier oft auf die Verbrennung von Wasserstoff zurückgegriffen.

eine Umwandlung des unverbindlichen Transformationsplan zu einem verbindlichen Transformationsplans. Maßgebend sind die hier die durch die Bundesnetzagentur definierten Anforderungen.

5. Ggf. ist durch die planungsverantwortliche Stelle in Einklang mit dem dann gültigen Energiewirtschaftsrecht zu prüfen, inwieweit sich die Verbindlichkeit des Transformationsplans im Rahmen des nächsten Konzessionsverfahrens zum Gasnetz vertraglich zusichern lässt.

Für den aktuellen Stand der Wärmeplanung werden daher keine Wasserstoffgebiete als Wärmeversorgungsgebiete ausgewiesen. Sollte der Gasnetzbetreiber in Zukunft zu dem Ergebnis kommen, dass Wasserstoffgebiete sinnvoll in Hüffenhardt abbildbar sind, können diese Erkenntnisse in einer Fortschreibung der Wärmeplanung aufgenommen werden. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Wahrscheinlichkeit dafür aufgrund der skizzierten Rahmenbedingungen als sehr gering einzuschätzen.

4.6 Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung

Zentrale Wärmespeicher können nach der Länge des Speicherbetriebs in Kurzfristspeicher, mittelfristige Speicher und saisonale Wärmespeicher unterteilt werden. Jede dieser Speicherarten erfüllt unterschiedliche Anforderungen im Energiesystem und trägt auf ihre Weise zur effizienten Nutzung von Wärmeenergie bei.⁷²

Kurzfristige Wärmespeicher speichern Wärme für Stunden bis wenige Tage. Sie dienen vor allem dazu, Lastspitzen zu glätten und den Betrieb von Heizsystemen effizienter zu gestalten. Die Pufferspeicher sind meistens Warmwasserspeicher, in denen Warmwasser in gut isolierten Edelstahltanks gespeichert wird. Sie zeichnen sich durch schnelle Lade- und Entladezeiten sowie geringe Kosten aus, haben jedoch eine begrenzte Speicherkapazität.

Mittelfristige Wärmespeicher überbrücken Zeiträume von mehreren Tagen bis zu wenigen Wochen. Sie sind besonders nützlich, um wetterbedingte Schwankungen auszugleichen oder den Betrieb über Wochenenden zu optimieren. Kombiniert man Wärmepumpen mit mittelgroßen Wärmespeichern, kann die Wärmepumpe in einer auf dynamische Strompreise bzw. dynamischen Netzentgelten optimierten Fahrweise betrieben werden. Dies senkt die Betriebskosten. Kombiniert man den Wärmespeicher mit einer KWK-Anlage, dann kann Stromerzeugung und Wärmenutzung getrennt werden. Die eingesetzten Technologien reichen von gut isolierten Wasserspeichern bis hin zu innovativen Eisspeichern. Wärmespeicher, die kurz- bis mittelfristige Schwankungen ausgleichen können sind standardmäßig in jeder Energiezentrale verbaut.

⁷² Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), *Speicher für die Energiewende*.

Saisonale Wärmespeicher sind darauf ausgelegt Wärme über mehrere Monate hinweg zu speichern – etwa die im Sommer gewonnene Solarwärme, die dann im Winter genutzt wird. Sie kommen vor allem in Fernwärmenetzen oder großen solarthermischen Anlagen zum Einsatz. Weitere Anwendungsfelder für große Wärmespeicher ergeben sich, wenn die Volllaststundenzahl des Wärmeerzeugers erhöht werden soll, beispielsweise in Kombination mit Tiefengeothermie, mit Abwärme aus Rechenzentren oder anderer industrieller Abwärme. Typische Technologien sind Behälter Wärmespeicher, Erdbecken-Wärmespeicher, Erdsonden-Wärmespeicher und Aquifer-Wärmespeicher, die große Mengen an Wärme im Boden oder in (Grund-)Wasser speichern können. Diese Speicher ermöglichen eine saisonale Verschiebung von Energieangebot und -nachfrage, erfordern jedoch viel Platz und hohe Investitionen.

4.7 Zusammenfassung der Potenziale

Der Wärmebedarf muss künftig aus erneuerbaren Energiepotenzialen gedeckt werden, um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Im Nachfolgenden sind, die im Zuge der Potenzialanalyse ermittelten, technischen Potenziale in ihrer Gesamtheit, unterteilt nach Wärmegewinnung und Stromgewinnung, dargestellt. Die Gesamtsumme der Wärmeerzeugung beläuft sich auf ca. 2.610 GWh/a, die der Stromerzeugung auf ca. 820 GWh/a.

Zu beachten ist dabei, dass stets die gesamten Potenziale aller in den Unterkapiteln betrachteten Flächen dargestellt werden, sodass keine Flächenkonkurrenz der Potenziale untereinander berücksichtigt ist (z. B. zwischen Freiflächen-Photovoltaik und Freiflächen-Solarthermie). Es handelt sich bei den gezeigten technischen Potenzialen um eine Obergrenze, welche lediglich die rechtlichen Rahmenbedingungen sowie technologische Möglichkeiten, nicht aber die Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit betrachtet. Sie dienen der Einschätzung der grundsätzlichen Wärme- und Stromgewinnung auf der Gemarkung.

Insbesondere Potenziale für Luftwärmepumpen sowie Dachflächen-Photovoltaik werden künftig eine große Rolle für die Wärmebereitstellung dezentral versorgter Wohngebiete spielen, wobei alternativ auch oberflächennahe Geothermie mittels Wärmepumpen oder Biomassekessel genutzt werden können.

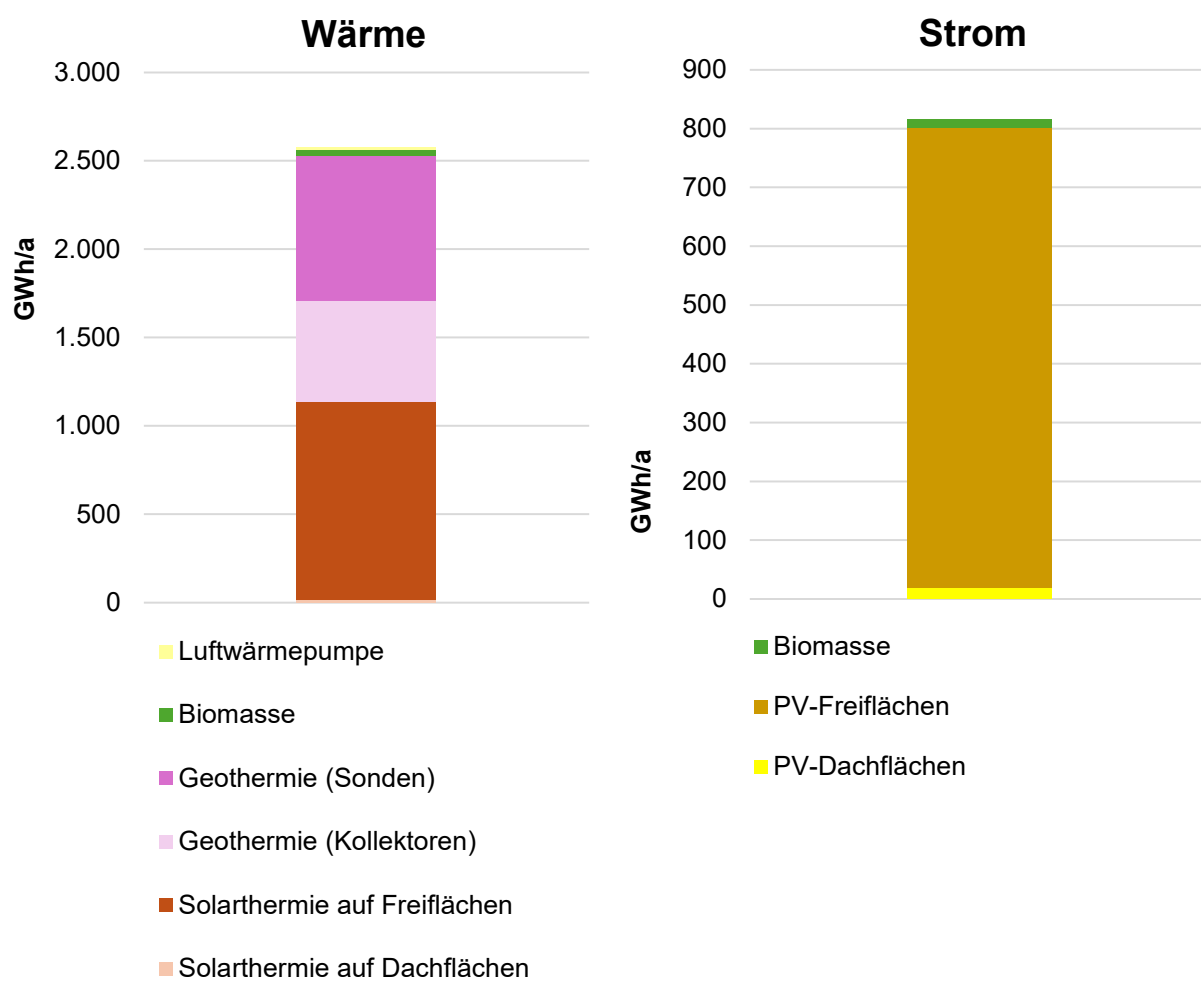


Abbildung 35: Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien

5 Zielszenario und Umsetzungsstrategie für Hüffenhardt

Kapitel 5.1 zeigt die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete, auf deren Basis die in Kapitel 5.2 beschriebenen Energie- und Treibhausgasbilanzen des Zielszenarios für die Jahre 2030, 2035 und 2040 berechnet werden.

Die Umsetzungsstrategie umfasst folgende Bausteine:

- Maßnahmenkatalog (Kap.5.2.1),
- Verstetigungsstrategie, Controlling und Fortschreibung (Kap.5.4).

5.1 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage der untersuchten Potenziale sowie der Bestandsanalyse werden Wärmeversorgungsgebiete für die Gemarkung Hüffenhardt abgegrenzt. Die Wärmeversorgungsgebiete dienen einer zielgerichteten Beschreibung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur für das Zieljahr 2040. Dabei stellen Überlegungen zur künftigen Wärmeversorgung innerhalb der Gebiete das Hauptkriterium für die Grenzziehung der Gebiete dar. Diese erfolgt insbesondere unter Betrachtung der Wärmelinien-dichte, also der potenziellen Abnahme(dichte) von Wärme entlang von Straßenabschnitten. Weitere Einteilungskriterien sind:

- die städtebauliche Struktur unter Betrachtung von Gebäudealtersklassen und damit einhergehenden Einsparungs-/Sanierungspotenzialen,
- Nutzungsarten innerhalb der Gebiete (Wohnen, Gewerbe, Industrie, komm. Liegenschaften, Gemeinwesen),
- die Netzsituation im Bestand, insbesondere die Verfügbarkeit von Gas- und Wärmenetzen,
- verfügbare Erzeugungspotenziale,
- und das Vorhandensein große Verbraucher als Ankerkunden.

Die Abgrenzung der Gebiete erfolgt dabei konzeptionell und verläuft nicht immer gebäudescharf. Die Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete wurde in enger Abstimmung mit der Gemeinde sowie den relevanten Akteuren festgelegt.

Die Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete erfolgt in folgende Gebietskategorien:

- Wärmeversorgungsgebiet für eine dezentrale Versorgung,
- Wärmeversorgungsgebiet für ein Wärmenetz,
- Wärmeversorgungsgebiet für ein Wasserstoffnetz,
- oder Prüfgebiet.

Das WPG sieht in Anlage 2 Abschnitt IV. vor, dass Gebiete, die sich weder für die Versorgung über ein Wärme- noch über ein Wasserstoffnetz eignen, als dezentrale Wärmeversorgungsgebiete dargestellt werden.

Bei „Prüfgebieten“ handelt es sich um Teilgebiete, deren prägende Wärmeversorgungsart noch nicht abschließend feststeht und daher im weiteren Prozess noch zu prüfen ist. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn eine Eignung für ein Wärmenetz besteht, jedoch die Umsetzung aus wirtschaftlichen oder anderen Gründen noch offen ist. Insbesondere über die Entwicklung in den Prüfgebieten sind Akteure und die Bürgerschaft laufend zu informieren, um frühzeitig Handlungs- und Planungssicherheit für die Betroffenen sicherzustellen.

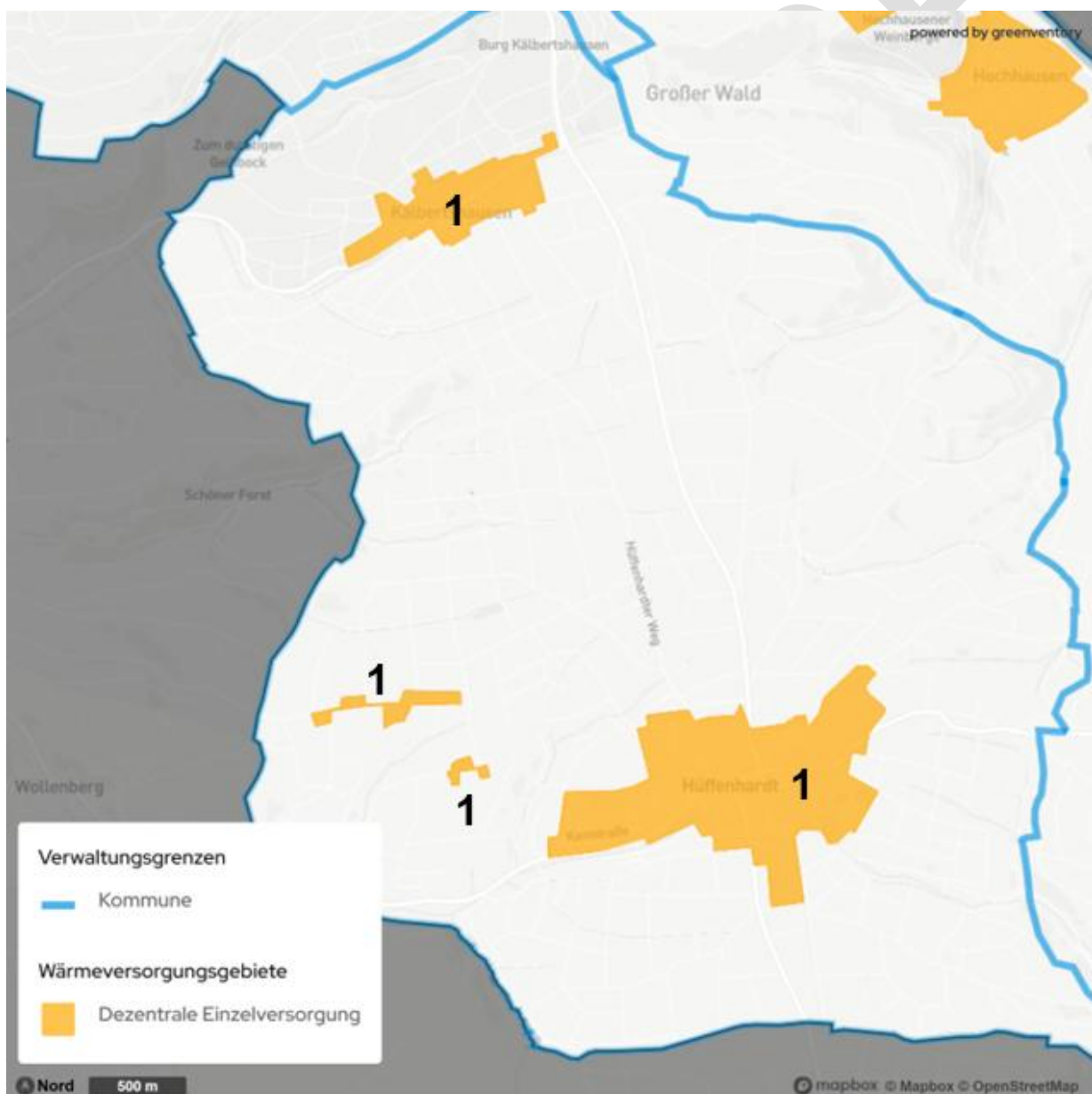
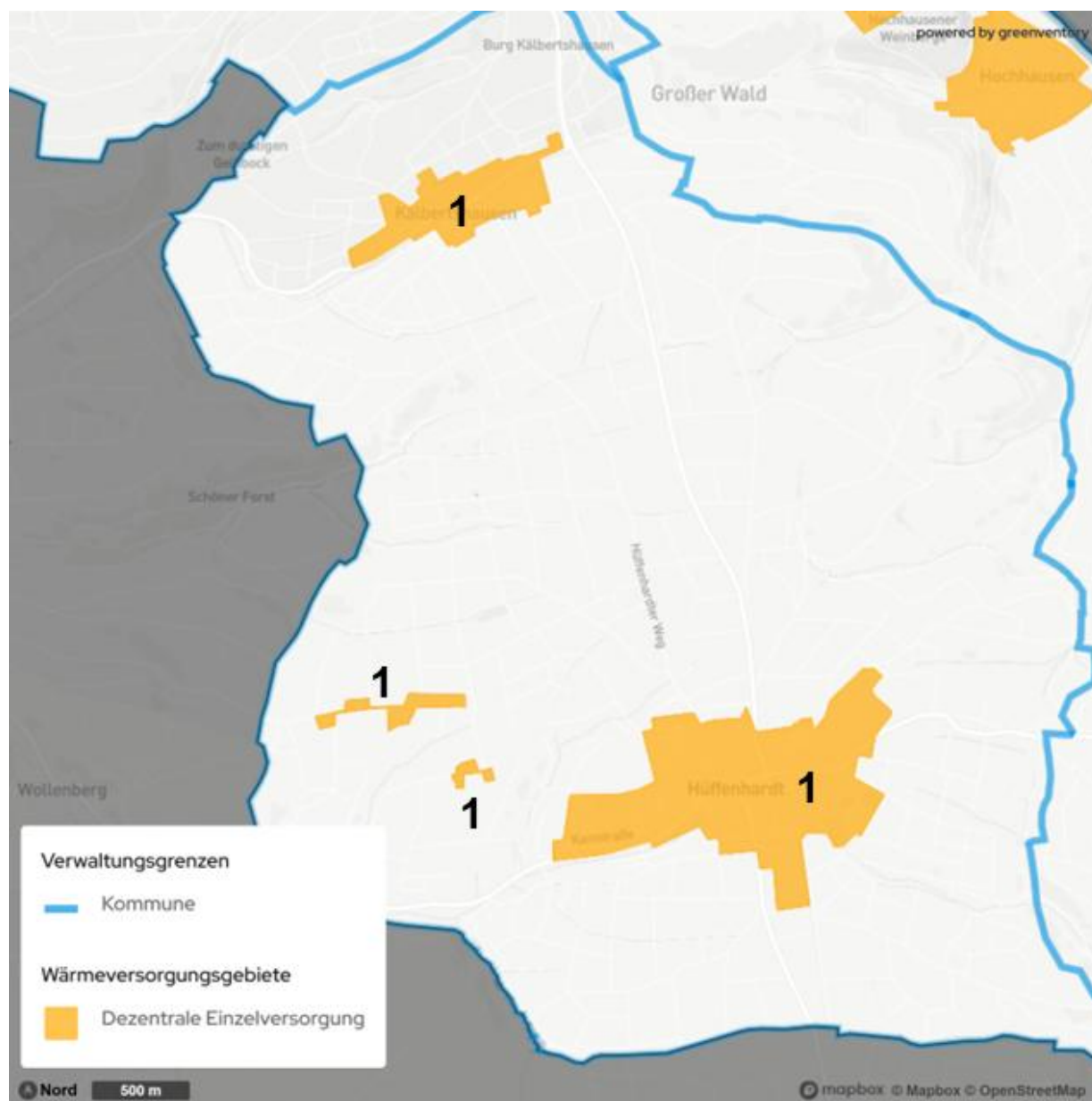


Abbildung 36 zeigt die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete. Diese gilt für die Betrachtungszeiträume der Jahre 2030, 2035 und 2040. Die dezentralen

Gebiete (Einzelversorgungsgebiete) sollen sukzessive auf eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung umgestellt werden, sodass hier lediglich das Zieljahr 2040 greift, bis dieser Pfad abgeschlossen wird. Diese Transformation ist stark abhängig von den gesetzlichen Regelungen (GEG) und der Investitionsentscheidung der Eigentümerschaft.



1 Dezentrale Einzelversorgung

Abbildung 36: Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Für alle Gebäude, die keinem gezeigten Wärmeversorgungsgebiet zugeordnet sind, wird davon ausgegangen, dass sich diese Strukturen individuell mit Wärme versorgen.

Anhang 1 enthält für alle Wärmeversorgungsgebiete Steckbriefe, welche die weiterführende operative Arbeit der Verwaltung mit den Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung erleichtern.

Der Bürgerschaft ermöglichen sie bei Bedarf eine zusammenfassende und übersichtliche Information über die betroffenen Gebiete.

Wie gut ein Gebiet für die dezentrale Versorgung bzw. für ein Wärme- oder Wasserstoffnetz geeignet ist, wird nach den folgenden Kriterien bewertet, welche aus dem Leitfaden Wärmeplanung⁷³ abgeleitet sind:

- (1) voraussichtliche Wärmegestehungskosten,
- (2) Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit,
- (3) kumulierte Treibhausgasemissionen.

(1) Die **voraussichtlichen Wärmegestehungskosten** umfassen sowohl die Investitionskosten einschließlich Infrastrukturausbau als auch Betriebskosten, die sich über die Lebensdauer der Anlagen ergeben. Der Energieträgerpreis bis 2040 ist dabei mit starken Unsicherheiten behaftet, weshalb eine qualitative Einschätzung der genauen Quantifizierung vorgezogen wird. Demnach bilden für die Kostenbetrachtung bzw. die Einschätzung der voraussichtlichen Gestehungskosten folgende Indikatoren die Bewertungsgrundlage:

- Wärmeliniendichte,
- Potenziale erneuerbarer Energien für eine zentrale Wärmeerzeugung,
- Vorhandensein potenzieller Ankerkunden für ein Wärme-/Wasserstoffnetz,
- erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetze, wenn ein Netz vorhanden ist oder erwartet wird,
- langfristiger Prozesswärmebedarf,
- Vorhandensein von Wärme- oder Gasnetzen im Teilgebiet,
- spezifische Investitionskosten für Ausbau/Bau eines Wärmenetzes
- sowie gebäudeseitige Anschaffungs- und Investitionskosten.

Zudem wird davon ausgegangen, dass die Preise und auch die Verfügbarkeit von Wasserstoff nicht für eine Nutzung im Wohn- oder Gewerbesektor geeignet sind. Lediglich Industriebetriebe mit hohem Prozesswärmebedarf sind aus wirtschaftlicher Sicht für eine Betrachtung einer künftigen Wasserstoffversorgung von Relevanz (vgl. Kapitel 4.5). Für eine Wärmenetzeignung sind insbesondere eine hohe künftige Wärmeabnahme (Wärmeliniendichte) oder potenzielle Ankerkunden von Relevanz, die eine konstante Abnahme gewährleisten.

(2) Für das **Realisierungsrisiko und die Versorgungssicherheit** wird eine qualitative Bewertung anhand der folgenden Indikatoren vorgenommen:

⁷³ Ortnner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*.

- Risiken hinsichtlich Auf-/Aus-/Umbau der Bestandsinfrastruktur,
- Risiken hinsichtlich rechtzeitiger Verfügbarkeit von Energieträgern / lokalen Wärmequellen,
- Resilienz gegenüber sich ändernden Rahmenbedingungen.

Aufgrund der Unsicherheiten zur Verfügbarkeit von Wasserstoff wird für diesen lediglich die Bewertung „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ vergeben.

(3) Beim Indikator der **kumulierten Treibhausgasemissionen** werden diejenigen Treibhausgasemissionen betrachtet, die sich aus der Entwicklung des Energiebedarfs und der sukzessiven Umstellung der Wärmeerzeugung in den betrachteten Wärmeversorgungsgebieten ergeben. Dabei spielt die Art der künftigen Wärmeversorgung sowie der Zeitpunkt der jeweiligen Umstellung eine übergeordnete Rolle.

Beispielsweise können die kumulierten fossilen Emissionen bei Wärme- oder Wasserstoffnetzen, die erst nach 2040 umgestellt werden, sehr hoch sein, da die Energiegewinnung durch Verbrennungsprozesse länger anhalten wird als bei dezentralen Gebieten, bei denen die Umstellung auf erneuerbare Optionen potenziell früher erfolgen wird oder bereits erfolgt ist.

5.2 Zielszenario

5.2.1 Beheizungs- und Versorgungsstruktur

Wie Kapitel 4.7 zu entnehmen ist, verfügt Hüffenhardt über ausreichend Potenziale für eine treibhausgasarme Wärmeversorgung. Auf Basis der Ergebnisse aus Bestands- und Potenzialanalyse wird jedem Gebäude der relevante Energieträger für das Zielszenario zugeordnet.

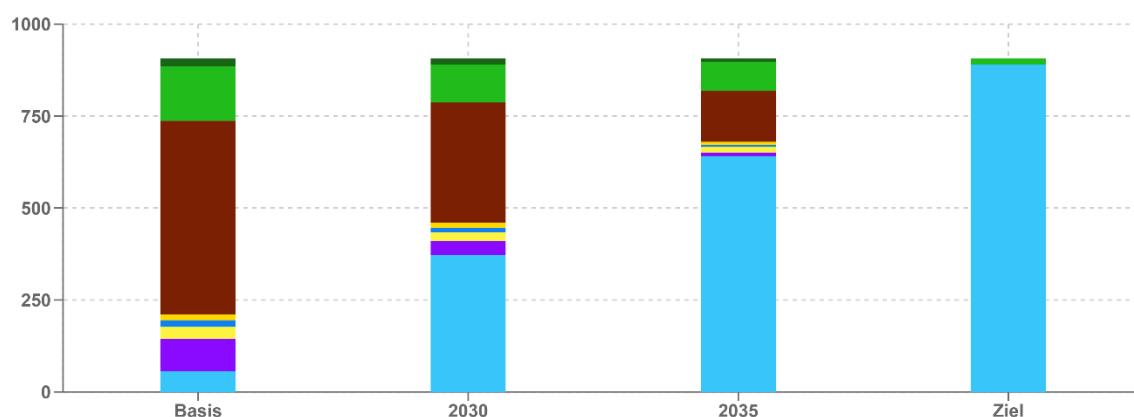
Für alle Gebäude in den Gebieten, in denen die dezentrale Einzelversorgung mit hoher Wahrscheinlichkeit die wirtschaftlichste Lösung darstellt, wird zunächst identifiziert, ob sich das Gebäude für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eignet, wobei insbesondere Abstandsflächen zu umliegenden Gebäuden berücksichtigt werden. Zudem werden Straßen, Plätze und weitere Ausschlussflächen im Siedlungsbereich identifiziert. Nähere Informationen zum Potenzial für dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen finden sich in Kapitel 0.

Eignet sich das Gebäude nicht für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, wird es im nächsten Schritt der Versorgung mit oberflächennaher Geothermie zugeordnet. Hierbei werden zunächst die Erdsonden-Potenziale und im Anschluss die Erdwärmekollektoren-Potenziale geprüft. Sollten auch hierfür Restriktionen vorliegen, die eine Nutzung oberflächennaher Geothermie einschränken, wird dem Gebäude ein Biomassekessel zugeordnet.

Mit dieser Zuteilungslogik ergibt sich Abbildung 37. Deutlich wird dabei der Rückgang in der Anzahl der derzeit dominierenden fossilen Heizungen. Sowohl die Anzahl der Erdgaskessel als

auch der Ölkessel ist im zugrunde gelegten Szenario rückläufig und sinkt bis 2040 auf 0. Dies gilt ebenso für Flüssiggaskessel (LPG) und Holzöfen. Im Zieljahr dominiert die elektrische Luftwärmepumpe als Heizungsart mit einem Anteil von rund 98 % der Heizsysteme. Daneben bilden Pelletheizungen geringe Anteile.

Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern



Heizungsarten	Differenz zw. Basis- und Zieljahr									
	Basis		2030		2035		Ziel		Differenz	
	%		%		%		%		%	
Elektrische Luftwärmepumpe	6,17%	56	41,01%	372	70,67%	641	98,13%	890	+ >1000%	+834
Elektroheizung	9,7%	88	4,19%	38	1,1%	10	0%	0	-100%	-88
Erdgaskessel	3,64%	33	2,65%	24	1,65%	15	0%	0	-100%	-33
Elektrische Erdwärmepumpe	1,98%	18	1,32%	12	0,55%	5	0%	0	-100%	-18
LPG	1,76%	16	1,54%	14	0,99%	9	0%	0	-100%	-16
Ölkessel	57,99%	526	36,05%	327	15,21%	138	0%	0	-100%	-526
Pelletheizung	16,32%	148	11,36%	103	8,82%	80	1,87%	17	-88,51%	-131
Holzofen	2,43%	22	1,87%	17	0,99%	9	0%	0	-100%	-22
Gesamt	100%	907	100%	907	100%	907	100%	907	0%	0

Die Werte zeigen die Veränderung in Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern pro Kategorie und insgesamt vom Ist- zum Zieljahr.

Abbildung 37: Primäre Heizsysteme nach Energieträgern

Bei dezentral versorgten Gebäuden wird mit oben beschriebener Zuteilungslogik die Luft-Wasser-Wärmepumpe als Haupttechnologie zugeordnet. Die Grundannahme, dass weitaus mehr Luft-Wasser-Wärmepumpen installiert werden als Erdwärmepumpen wird durch Abbildung 38 gestützt.

Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2018 bis 2024

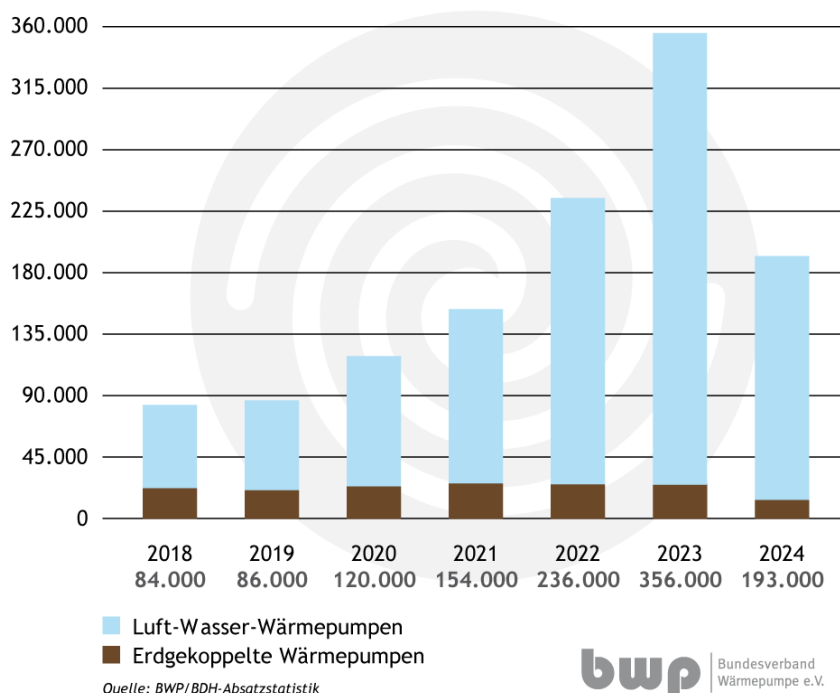


Abbildung 38: Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2018 bis 2024⁷⁴

Zu erkennen sind bei den Heizsystemen im Zieljahr ergänzend auch Pelletheizungen, welche dort zum Einsatz kommen werden, wo keine Wärmepumpenlösungen umsetzbar sind (z. B. wegen fehlender Flächenverfügbarkeit oder Lärmschutzhemmnissen).

Hinweis: Bei den Annahmen handelt es sich jeweils um einen möglichen Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung in den Gebieten. Eine Verpflichtung, z. B. zum Anschluss an ein Wärmenetz oder zur Realisierung einer bestimmten dezentralen Lösung, wird dadurch nicht begründet.

5.2.2 Endenergie

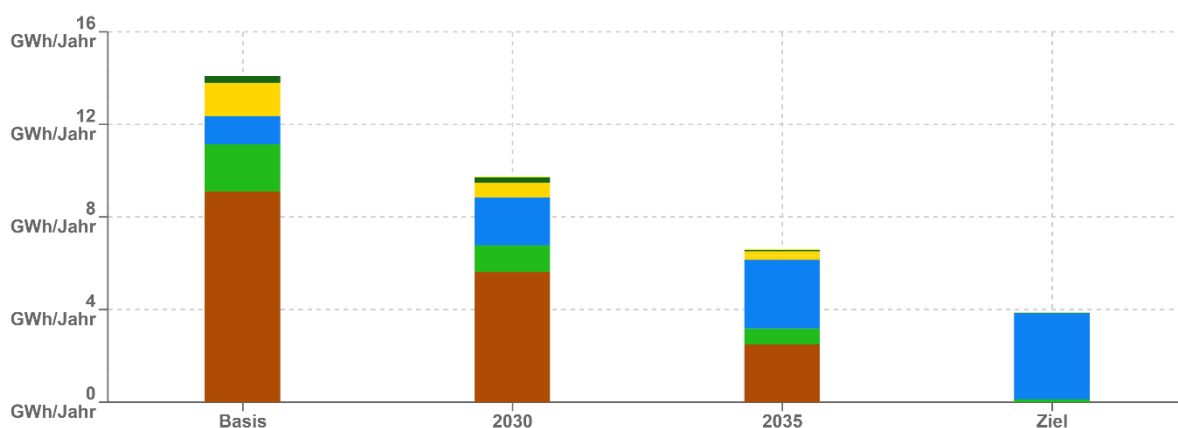
Abbildung 39 enthält den **Endenergiebedarf** für den Wärmesektor (in GWh/a), gegliedert nach Energieträgern bis 2040.

Ziel der Wärmeplanung ist eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040. Dazu ist eine Ablösung der fossilen Energieträger notwendig, weshalb die Anteile von Erdgas und Heizöl in den Szenarien bis 2030 und 2035 zunächst sinken und bis 2040 auf null reduziert sind.

⁷⁴ Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., „Wärmepumpen: Markt geht auf 193.000 Geräte zurück, aber Vertrauen in die Förderung steigt“.

Der Anteil von Strom in der Bilanz des Zielszenarios setzt sich dabei aus den Bestandteilen der Stromdirektheizung, der Luft-Wasser-Wärmepumpen und der Erdwärmepumpen (oberflächen-nahe Erdwärmekollektoren / oberflächennahe Erdwärmesonden) zusammen. Geringe Anteile an Solarthermie werden insbesondere bei mit Pellets beheizten Gebäuden erwartet.

Endenergiebedarf nach Energieträgern



Energieträger	Differenz zw. Basis- und Zieljahr									
	Basis		2030		2035		Ziel		Differenz	
	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr
Heizöl	64,63%	9,1	57,7%	5,62	37,88%	2,5	0%	0	-100%	-9,1
Holzpellets	14,56%	2,05	11,91%	1,16	10,45%	0,69	3,33%	0,13	-93,66%	-1,92
Strom (Mix bundesweit)	8,59%	1,21	21,25%	2,07	44,85%	2,96	95,9%	3,74	+209,09%	+2,53
Gas (Netz)	8,03%	1,13	3,8%	0,37	2,73%	0,18	0%	0	-100%	-1,13
LPG	2,2%	0,31	2,67%	0,26	2,88%	0,19	0%	0	-100%	-0,31
Holzscheite	1,99%	0,28	2,36%	0,23	0,76%	0,05	0%	0	-100%	-0,28
Solarthermie	0%	0	0,31%	0,03	0,45%	0,03	0,77%	0,03	neu	+0,03
Gesamt	100%	14,08	100%	9,74	100%	6,6	100%	3,9	-72,3%	-10,18

Die Werte zeigen die Veränderung in Endenergiebedarf nach Energieträgern pro Kategorie und insgesamt vom Ist- zum Zieljahr.

Abbildung 39: Entwicklung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (inkl. Aufgliederung der Energieträger für Wärmenetze)

Der in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. enthaltene jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen wird zu 100 % durch Erdgas (Methan) gedeckt. Der Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung (Wärmenetze) stellt am Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung aktuell 0 % und wird voraussichtlich auch im Zieljahr etwa 0 % betragen.

5.2.3 Treibhausgas-Emissionen

Zur Berechnung der THG-Emissionen für 2030, 2035 und 2040 wurden die heizungsbezogenen Emissionsfaktoren nach Energieträgern des Technikataloges Wärmeplanung herangezogen.⁷⁵

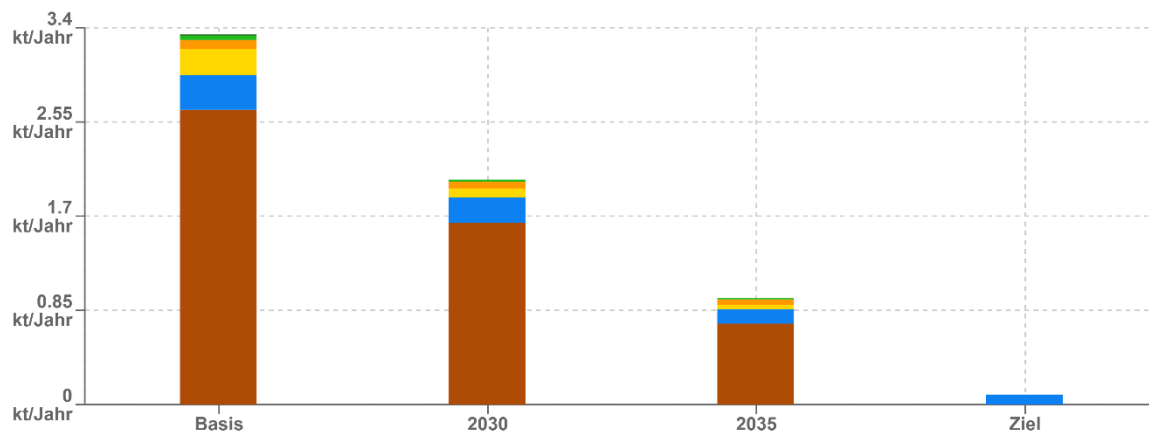
Die Angaben sind in Abschnitt 3.2 dargestellt.

Die insbesondere für dezentrale Gebiete ausgewiesenen Wärmepumpen tragen wegen des zukünftig noch höheren Anteils an erneuerbarem Strom und der – gegenüber einer Direktstrom-Nutzung – erhöhten Effizienz nur in sehr geringem Ausmaß zur THG-Emissionsbelastung bei.

Unter den Annahmen des Zielszenarios ist eine fast vollständige Klimaneutralität für die Gemarkung möglich, wie die nachfolgende Abbildung 40 zeigt. Die fossilen Energieträger tragen bis zum Jahr 2035 trotz bereits geringerer Anteile am Endenergieverbrauch zu einem Großteil der THG-Emissionen bei. Für das Zieljahr verbleiben geringfügige Emissionen durch den Energieträger Strom. Strom wird im bundesweiten Strommix über die Zwischenjahre hinweg stets Anteile erneuerbarer Energieträger hinzugewinnen, sodass dessen Emissionen grundsätzlich je kWh/a sinken werden. Den sinkenden THG-Emissionen durch erneuerbare Anteile im Bereich Strom stehen die erhöhten künftigen Strombedarfe (insbesondere durch elektrische Wärmepumpen) entgegen.

⁷⁵ Langreder u. a., *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung 2024*.

THG-Emissionen nach Energieträgern



Energieträger	Differenz zw. Basis- und Zieljahr									
	Basis		2030		2035		Ziel		Differenz	
	%	kt/Jahr	%	kt/Jahr	%	kt/Jahr	%	kt/Jahr	%	kt/Jahr
■ Heizöl	79,64%	2,66	80,79%	1,64	76,04%	0,73	0%	0	-100%	-2,66
■ Strom (Mix bundesweit)	9,28%	0,31	11,33%	0,23	13,54%	0,13	100%	0,09	-70,97%	-0,22
■ Erdgas	7,19%	0,24	3,94%	0,08	4,17%	0,04	0%	0	-100%	-0,24
■ LPG	2,4%	0,08	2,96%	0,06	5,21%	0,05	0%	0	-100%	-0,08
■ Holzpellets	1,2%	0,04	0,99%	0,02	1,04%	0,01	0%	0	-100%	-0,04
■ Holzscheite	0,3%	0,01	0%	0	0%	0	0%	0	-100%	-0,01
Gesamt	100%	3,34	100%	2,03	100%	0,96	100%	0,09	-97,3%	-3,25

Die Werte zeigen die Veränderung in THG-Emissionen nach Energieträgern pro Kategorie und insgesamt vom Ist- zum Zieljahr.

Abbildung 40: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (inkl. Aufgliederung der Energieträger für Wärmenetze)

Im Wärmebereich wurden zum Status Quo insgesamt THG-Emissionen von 3,3 kt CO₂e/a emittiert. Bis 2040 wird ein Rückgang von ca. 97 % auf dann 0,1 kt CO₂e/a berechnet. Insbesondere ist das auf den Rückgang des Energieverbrauchs der fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl zurückzuführen, deren Anteil aktuell noch bei 87 % der Emissionen liegt.

5.3 Maßnahmenkatalog

Die Umsetzung des Wärmeplans kann nur schrittweise über einen langfristigen Zeitraum erfolgen. Folglich wird auch der Transformationspfad in einzelnen Schritten und durch verschiedene Einzelmaßnahmen beschrieben.

Folgende Strategiefelder wurden dabei definiert:



Abbildung 41: Strategiefelder Maßnahmenkatalog

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden sechs zentrale Strategiefelder identifiziert, die als Leitlinien für die Umsetzung einer erfolgreichen Wärmewende dienen. Jedes dieser Felder adressiert einen wesentlichen Aspekt der Transformation hin zu einer klimaneutralen und resilienten Wärmeversorgung. Grundsätzlich können viele der Maßnahmen nicht ausschließlich einem Strategiefeld zugeordnet werden. Um eine möglichst große Übersichtlichkeit zu gewährleisten, wurden die Maßnahmen dem Strategiefeld zugeordnet, unter das sie am besten einzuordnen sind.

A) Potenzialerschließung und Ausbau Erneuerbarer Energien

Dieses Strategiefeld zielt darauf ab, lokal vorhandene Potenziale für erneuerbare Wärmequellen systematisch zu identifizieren und nutzbar zu machen. Dazu zählen z. B. PV-Freiflächen-Anlagen

oder Umweltwärme. Durch die Nutzung dieser Potenziale kann die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen verringert, regionale Wertschöpfung gesteigert und ein wichtiger Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen geleistet werden. Die Potenzialerschließung schafft die Grundlage für eine strategische Planung weiterer Investitionen und Projekte.

B) Netzausbau und -transformation

Dieses Strategiefeld umfasst die Erstellung eines Gasnetztransformationsplans sowie den Stromnetzdialog mit Netze-BW.

C) Sanierung, Modernisierung, Effizienzsteigerung in Industrie, Gewerbe und öffentlichen Gebäuden

Die energetische Sanierung von Gebäuden sowie die Umstellung veralteter Heizsysteme sind essenziell für eine deutliche Reduzierung des Wärmebedarfs und der THG-Emissionen. Dieses Strategiefeld bündelt Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bestand und zur Integration moderner Heiztechnologien in kommunalen Liegenschaften sowie über Kommunikationsaustausch in Gewerbebetrieben.

D) Kommunikation und Verbraucherverhalten

Technische Maßnahmen allein reichen nicht aus, um die Wärmewende erfolgreich umzusetzen – ebenso entscheidend ist die Mitwirkung der Bürgerinnen und Bürger. Hierbei geht es um neutrale, zielgerichtete Hilfestellungen in Form passender kommunikativer Formate. Dieses Strategiefeld widmet sich daher der Bewusstseinsbildung, der Information und der aktiven Einbindung der Bevölkerung. Der Startschuss dafür hat bereits im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung mit der Bürgerinformationsveranstaltung stattgefunden.

E) Strategische Entwicklung

Dieses übergreifende Strategiefeld befasst sich mit der langfristigen Koordination, Priorisierung und Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung z. B. mit Blick auf die personelle Organisation innerhalb der Verwaltung. Damit schafft dieses Feld die strukturellen Voraussetzungen für eine nachhaltige und zielgerichtete Wärmewende auf kommunaler Ebene.

F) Heizungsumstellung und Transformation in Gebäuden

Die Umstellung veralteter Heizsysteme im Bestand ist ein essenzieller Faktor der Wärmewende. In diesem Strategiefeld geht es um Maßnahmen zur Integration moderner Heiztechnologien. Mittels neutraler, zielgerichteter Hilfestellungen soll die Bevölkerung informiert und in die Wärmewende der Gemeinde eingebunden werden. Eine gezielte Aufklärung der Bevölkerung zu Möglichkeiten der dezentralen Wärmeversorgung sowie über mögliche Gebäudenetze führt zu einer höheren Entscheidungssicherheit.

Insgesamt ergänzen sich diese sechs Strategiefelder gegenseitig und bilden gemeinsam ein ganzheitliches Fundament für die Transformation des kommunalen Wärmesystems hin zu einer klimaneutralen Zukunft.

Grundsätzlich befinden sich viele Kommunen in einer schwierigen finanziellen Situation. Daher ist in vielen Fällen eine Querverbindung zum Fördermittelmanagement bzw. die Akquise von Fördermitteln nötig, um für Einzelmaßnahmen entsprechende Förderzugänge zu nutzen und somit die Eigenmittel möglichst zu reduzieren.

In der Startphase sollte der Fokus insbesondere auf der **Schaffung von handlungsfähigen Strukturen in den Verwaltungen** der Gemeinden bestehen. *„Die KWP ist ein fortlaufender, rollierender Prozess und erfordert langfristige Organisationsstrukturen. Nach der Erstellung des kommunalen Wärmeplans beginnt die Detailplanung und Maßnahmenumsetzung, dazu zählen u. a. das Vorantreiben der energetischen Sanierung, die Koordination der Infrastrukturentwicklung, die Sicherung von Flächen im Rahmen der Bauleitplanung, die Genehmigung von Anlagen zur Erzeugung, Verteilung und Speicherung erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme, das Akquirieren und Bereitstellen von finanziellen Mitteln und ggf. die Vergabe von Leistungen an Externe.“⁷⁶*

Die Maßnahmen sind im Anhang 2 detailliert dargestellt. Aufgrund der Übersichtlichkeit zeigt die folgende Tabelle lediglich die Maßnahmentitel, zugeordnet zum jeweiligen Strategiefeld.

⁷⁶ Erste Schritte in der Kommunalen Wärmeplanung: Die Vorbereitungsphase, 13.

Tabelle 8: Maßnahmenliste KWP Hüffenhardt

Nr.	Strategiefeld/Maßnahme	Priorität	Start	Abschluss
A	Potenzialerschließung und Ausbau Erneuerbarer Energien			
A.1	Prüfung des Ausbaus von PV-Freiflächen-Anlagen	A	2026	2029
A.2	Prüfung zur Nutzung von Erdwärme	A	2026	2028
B	Netzausbau und -transformation			
B.1	Erstellung eines Gasnetztransformationsplans	B	2026	2027
B.2	Stromnetzdialog mit Netze-BW	A	2026	2027
C	Sanierung/Modernisierung/ Effizienzsteigerung/Heizungsumstellung in Industrie und Gebäuden			
C.1	Wärmeverbrauch in kommunalen Liegenschaften reduzieren	A	2026	2040
C.2	Runder Tisch Gewerbe & Industrie	B	2026	fortlaufend
D	Kommunikation / Verbraucherverhalten			
D.1	Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung zur Umsetzung	A	2026	fortlaufend
D.2	„Bürger für Bürger“ - Beispielprojekte	B	2027	fortlaufend
D.3	Energieberatungstage mit lokalen Handwerksbetrieben	C	2027	fortlaufend
D.4	Aufbau einer Beratungsstelle für die Wärmewende	B	2026	fortlaufend
E	Strategische Entwicklung			
E.1	Aufbau handlungsfähiger Strukturen in der Verwaltung zur Umsetzung der Wärmewende	A	2026	2027
E.2	Klimaschutz/Wärmewende in der Bauleitplanung	A	2026	fortlaufend
E.3	Wärmewende interkommunal	A	2026	fortlaufend
F	Heizungsumstellung und Transformation in Gebäuden			
F.1	Bündelungsaktionen für Photovoltaik- und Wärmepumpenausbau in dezentralen Gebieten	A	2027	2028
F.2	Unterstützungsangebot Gebäudenetze	A	2027	fortlaufend
F.3	Energie- und Sanierungsberatung für Private	B	2027	fortlaufend

5.4 Verstetigungsstrategie, Controlling und Fortschreibung

Die für das Klimamanagement der Gemeinde verantwortliche Person sichert die Umsetzung der Maßnahmen rund um den kommunalen Wärmeplan ab. Ihr jährlicher Energiebericht im Gemeinderat wird ergänzt durch einen entsprechenden Statusbericht zum obenstehenden Maßnahmenkatalog. Alle fortlaufenden Maßnahmen zahlen auf eine verstetigte Umsetzung ein. Hüffenhardt wird den kommunalen Wärmeplan innerhalb der gesetzlichen Fristen fortschreiben.

6 Fazit und Ausblick

Die kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Hüffenhardt zeigt, dass die Transformation der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität bis 2040 eine anspruchsvolle, aber zugleich machbare Aufgabe darstellt. Die Analysen haben verdeutlicht, dass sowohl Einsparpotenziale im Gebäudebestand als auch Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien vorhanden sind. Auf dieser Basis wurden Zielszenarien und ein Maßnahmenkatalog entwickelt, die den Weg zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung strukturieren und priorisieren.

Für Hüffenhardt bringt die Wärmewende viele Vorteile, die über den Klimaschutz hinausgehen. Wenn Hüffenhardt vermehrt auf erneuerbare Wärmequellen setzt, kann die Gemeinde unabhängiger von teurem Heizöl und Erdgas werden. Damit sinkt das Risiko, dass die Bürgerschaft und Unternehmen unter geopolitisch beeinflussten, schwankenden Weltmarktpreisen leiden. Zudem wird Heizöl in den nächsten Jahren durch steigende CO₂-Preise immer teurer. Bei Erdgas kommen höhere Netzentgelte hinzu. Erneuerbare Wärme dagegen macht die Energiekosten langfristig planbarer und stabiler. Gleichzeitig bleibt mehr Geld in der Region, es entstehen Arbeitsplätze vor Ort und die Versorgungssicherheit steigt – ein Pluspunkt für eine starke und zukunftsfähige Entwicklung der Gemeinde.

Die Bestandsanalyse hat dabei die Ausgangslage für die Wärmewende in klar umrissen. Etwas über die Hälfte der Gebäude wurden vor 1977 errichtet, was ein hohes energetisches Sanierungspotenzial begründet. Der Gebäudebestand wird stark durch Ein- und Zweifamilienhäuser geprägt. Vereinzelt gibt es zudem Bereiche gewerblicher Nutzung. Die Wärmeversorgung erfolgt aktuell überwiegend auf Basis der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas. Erneuerbare Energien tragen bislang nur in geringem Umfang zur Versorgung bei (u. a. in Form von elektrisch betriebenen Luft- und Erdwärmepumpen sowie Pelletheizungen). Die Energie- und Treibhausgasbilanz macht die bisherige Energieträgerverteilung deutlich. Entsprechend besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Abkehr von fossilen Energien.

Wesentliche Erfolgsfaktoren bilden die Steigerung der Sanierungsquote und die stärkere Nutzung erneuerbarer Wärmequellen sowie die Unterstützung bei der Entwicklung dezentraler Lösungen. Ebenso entscheidend ist die Fortsetzung der Einbindung relevanter Akteure, von der Gemeindeverwaltung über die Energieversorger bis hin zu Gewerbe und privaten Haushalten.

Die Ergebnisse des Wärmeplans bilden die Grundlage für die strategische Ausrichtung der Gemeinde Hüffenhardt im Klimaschutz sowie für die Anpassung an gesetzliche Vorgaben.

Für die kommenden Jahre gilt es, die im Maßnahmenkatalog verankerten Schritte konsequent umzusetzen. Ebenso wichtig ist die verstärkte Kommunikation mit der Bürgerschaft, um

Akzeptanz zu schaffen, Mitgestaltung zu ermöglichen und neutrale Informationen über die Chancen und Herausforderungen der Wärmewende zu übermitteln.

Mit der vorliegenden Wärmeplanung ist ein Fahrplan für die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung geschaffen worden. Nun gilt es, in die Umsetzung zu kommen – im Bewusstsein, dass die Wärmewende nicht nur einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leistet, sondern auch Chancen für regionale Wertschöpfung, Versorgungssicherheit und Lebensqualität eröffnet.

ENTWURF

7 Quellenverzeichnis

- Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (AEE). „Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2023“. Online-Mediathek, 2024. <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/energieverbrauch-in-deutschland-im-jahr-2023-nach-strom-waerme-und-verkehr>.
- Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Hrsg. *NACE Rev. 2: statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft*. Eurostat Reihe: Allgemeine und Regionalstatistiken Thema: Methodologies and working papers. Luxemburg, 2008. <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-ra-07-015>.
- BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN). „FAQ Windkraft: Pro & Contra Windenergie“. Erneuerbare Energien. Zugriffen 5. September 2025. <https://www.bund-naturschutz.de/energie/wende/erneuerbare-energien/faq-windkraft>.
- Bundesamt für Energie Schweiz (BFE). *Abwasserwärmenutzung - Potenzial, Wirtschaft und Förderung*. Juli 2008.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE). „Kostet wenig, bringt viel: der hydraulische Abgleich“. Februar 2025. <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/hydraulischer-abgleich-energieeffizientes-heizen.html>.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Hrsg. *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie NWS 2023*. 2023. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/Dossiers/wasserstoffstrategie.html>.
- , Hrsg. *Speicher für die Energiewende*. 2024. https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/speicher-fuer-die-energie-wende.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. „Lexikon der Entwicklungspolitik“. Zugriffen 24. September 2025. <https://www.bmz.de/de/service/lexikon>.
- Bundesnetzagentur. *Festlegung vom Format der Fahrpläne für die Umstellung der Netzinfrastruktur auf die vollständige Versorgung der Anschlussnehmer mit Wasserstoff gemäß § 71k Gebäudeenergiegesetz (FAUNA) (Az.: 4.28/1#1)*. Bonn, 2024. <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Fahrplaene/start.html>.
- Bundesstelle für Energieeffizienz beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Hrsg. *Plattform für Abwärme*. 2025. https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_no.de.html.
- Bundesverband energieeffiziente Gebäudehüllen e.V. (BuVEG). „Sanierungsquote im deutschen Gebäudebestand“. Zugriffen 20. Juni 2025. <https://buveg.de/sanierungsquote/>.

- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. „Wärmepumpen: Markt geht auf 193.000 Geräte zurück, aber Vertrauen in die Förderung steigt“. 21. Januar 2025. <https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/waermepumpen-markt-geht-auf-193000-geraete-zurueck-aber-vertrauen-in-die-foerderung-steigt/>.
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP). „Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor & -sonde“. Mediengalerie/Grafiken. Zugriffen 29. August 2025. <https://www.waermepumpe.de/presse/mediengalerie/grafiken/>.
- Buri, René, und Beat Kobell. *Wärmenutzung aus Abwasser. Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen*. Energie in Infrastrukturanlagen & BFE, ENET, 2004. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Hrsg. *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*. 2021. <https://www.dena.de/infocenter/dena-leitstudie-aufbruch-klimaneutralitaet-1/>.
- Deutsche Umwelthilfe e.V., Hrsg. *Positionspapier Tiefengeothermie - Die unterschätzte Wärmequelle*. 2024. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Energiewende/2024_DUH_Positionspapier_Tiefengeothermie.pdf.
- Doucet, Felix, Jens-Eric von Düsterlho, Jonas Bannert, Marina Blohm, und Lia Lichtenberg. *Grüner Wasserstoff für die Energiewende: Potentiale, Grenzen und Prioritäten – Teil 6: Wasserstoffanwendungen im Sektorenvergleich*. Hamburg: CC4E/HAW, 2025. https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2025/186826/pdf/2025_03_NRL_AG5_H2_Teil_6_Wasserstoff_im_Sektorenvergleich.pdf.
- DWA-Landesverband Baden-Württemberg. *Abwasserwärmenutzung aus dem Auslauf von Kläranlagen*. 2022. https://www.dwa-bw.de/files/_media/content/PDFs/LV_Baden-Wuerttemberg/Homepage/BW-Dokumente/Abschlussbericht_Abwasserwaermenutzung-BW_final_verkleinert.pdf.
- Erneuerbares Heizen – Gebäudeenergiegesetz (GEG) – Häufig gestellte Fragen (FAQ)*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023. https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faq-gebaeudeenergiegesetz-geg.pdf?__blob=publicationFile&v=37.
- Erste Schritte in der Kommunalen Wärmeplanung: Die Vorbereitungsphase*. With Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). 2023. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/Erste_Schritte_in_der_Kommunalen_Waermeplanung.pdf.
- Frahm, Thorben. „Solaranlagenportal: Auslegung & Dimensionierung einer Solarthermieanlage“. DAA GmbH, 3. Mai 2023. <https://www.solaranlagen-portal.com/solarthermie/kauf/berechnung>.
- Fuchs, Anna-Lena, Tobias Kelm, Nabil Abdalla, Fabian Bergk, Horst Fehrenbach, Marie Jamet, Udo Lambrecht, u. a. *Energie- und Klimaschutzziele 2030*. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), ifeu - Institut für Energie- und

Umweltforschung Heidelberg GmbH, Öko-Institut e.V., Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, HIR Hamburg Institut Research, 2017. https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Aktuelles/2017/20170928_Endbericht_Energie-_und_Klimaschutzziele_2030.pdf.

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Hrsg. *Erdwärmennutzung in Hessen - Leitfaden für Erdwärmesondenanlagen zum Heizen und Kühlen*. 6., Überarbeitete Auflage. Wiesbaden, 2019. https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/geologie/erdwaerme/Leitfaden_Erdwaerme_6._Auflage_gesamt.pdf.

Hubbuch, Markus. „Optimierung von Erdwärmesonden“. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW. Zugriffen 29. November 2024. <https://erdsondenoptimierung.ch/>.

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Hrsg. *Die Rolle der Gebäudeeffizienz für die Wärmewende*. Berlin, 2025.

Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW), und Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). „Potenzialanalyse“. KWP-Prozess: Potenzialanalyse, 24. Februar 2026. <https://www.kww-halle.de/kwp-prozess/durchfuehrung-kommunale-waermeplanung/potenzialanalyse>.

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz. „Kartenviewer“. Zugriffen 5. Februar 2026. https://mapclient.lgb-rlp.de/?app=lgb&view_id=11.

Landratsamt für Geologie und Bergwesen. *Erdwärmennutzung in Sachsen-Anhalt*. Informationsbroschüre. Halle/Saale: Landratsamt für Geologie und Bergwesen, 2012. <https://www.geodaten.lagb.sachsen-anhalt.de/media/43>.

Langreder, Nora, Frederik Lettow, Malek Sahnoun, Sven Kreidelmeyer, Aurel Wunsch, Saskia Lengning, Sebastian Lübbers, u. a. *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung 2024*. Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin: Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held Part-GmbH, Prognos AG, et al., 2024. <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waerme-wende/bundesgesetz-zur-waermeplanung>.

Lauf, Thomas, Michael Memmler, und Sven Schneider. *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2023*. With Umweltbundesamt. Umweltbundesamt, 2025. 173. <https://doi.org/10.60810/OPENUMWELT-7687>.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz. „Leitfaden zur Geothermie in Rheinland-Pfalz“. 2025. https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/erdwaerme/erdwaerme_allgemein/leitfaden_geothermie.pdf.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz und Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Hrsg. *Leitfaden zur Geothermie in Rheinland-Pfalz*. 2025. https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/erdwaerme/erdwaerme_allgemein/leitfaden_geothermie.pdf.

- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Hrsg. *Informationsblatt - Häufig gestellte Fragen zum EWärmeG 2015 (Novelle)*. 2016. <https://www.erneuerbare-waerme-gesetz.de/wp-content/uploads/2019/09/infoblatt-faq-um.pdf>.
- Moeck, Inga. *Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie. Ersatz fossiler Brennstoffe im Bereich Raumwärme und Warmwasser durch Geothermie als unverzichtbarer Bestandteil im Energiesektor Ökowärme bis 2045*. OASYS 207685. Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Hannover, 2022. https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Metastudie_Geothermie__LIAG_2022_.pdf.
- Nussbaumer, Thomas, Stefan Thalmann, Andres Jenni, und Joachim Ködel. *Planungshandbuch Fernwärme V1.2*. Version 1.2. Ittigen: EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie (BFE) Schweiz, 2018. <http://www.qmfernwaerme.ch/>.
- Ortner, Sara, Angelika Paar, Lea Johannsen, Philipp Wachter, Dominik Hering, Martin Pehnt, Yanik Acker, u. a. *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*. Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin: Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al., 2024. https://api.kww-halle.de/fileadmin/PDFs/Leitfaden_Waermeplanung_final_17.9.2024_geschuetzt.pdf.
- Peters, Max, Thomas Steidle, und Helmut Böhnisch. *Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden (KEA-BW)*. Stuttgart: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2020.
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. „Mit Wärmepumpen Tempo machen für die Klimawende“. Mit Erneuerbaren heizen, 16. November 2022. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/archiv-bundesregierung/kanzler-viessmann-2070096>.
- Rehmann, Felix, Rita Streblow, und Dirk Müller. *Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und Quartieren*. Technische Universität Berlin, 2022. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-16045>.
- Rosenow, Jan. „A Meta-Review of 54 Studies on Hydrogen Heating“. *Cell Reports Sustainability* 1, Nr. 1 (Januar 2024): 100010. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2023.100010>.
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) (1998). https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwbund_26081998_IG19980826.htm.
- Staatskanzlei Rheinland-Pfalz. „Landesklimaschutzgesetz schlägt eine Brücke zwischen Ökonomie, Klimaschutz und Sozialverträglichkeit – Landesregierung übermittelt Gesetzentwurf ans Parlament“. Pressemitteilungen, 28. März 2025. <http://www.rlp.de/service/pressemitteilungen/detail/schweitzer-eder-schmitt-landesklimaschutzgesetz-schlaegt-eine-bruecke-zwischen-oekonomie-klimaschutz-und-sozialvertraeglichkeit-landesregierung-uebermittelt-gesetzentwurf-ans-parlament>.
- Thrän, Daniela, und Diana Pfeiffer, Hrsg. *Methodenhandbuch Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte: Methoden zur Bestimmung von Technologiekennwerten*,

Gestehungskosten und Klimagaseffekten von Vorhaben im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“. Version 5 (Juni 2021). Schriftenreihe Energetische Biomassenutzung 4. Leipzig: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, 2021.

Umweltministerium Baden-Württemberg. *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden*. 4. überarbeitete Neuauflage. Freiburg, 2005. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/050506-Leitfaden-Nutzung-von-Erdwaerme.pdf.

———. *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen*. 1. Auflage. Stuttgart, 2009.

Vaillant. „Effizienz von Wärmepumpen: Jahresarbeitszahl und andere Leistungszahlen“. Zugegriffen 24. Oktober 2025. <http://www.vaillant.de/heizung/heizung-verstehen/technologie-verstehen/waermepumpe/jahresarbeitszahl/>.

World Bank Group, ESMAP, SOLARGIS. „Global Solar Atlas“. Zugegriffen 7. Juli 2025. <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.523088,8.4375,3>.