



Kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Brühl

Abschlussbericht - Entwurf

Mannheim, 13.04.2026

REGIOPLAN |



MVV RegioPlan GmbH
Besselstraße 14b
68219 Mannheim
Projekt-Nr. 78119

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.Sc. Umwelting. Vera Sehn

Projektbearbeitung: M.Sc. Geogr. Patrick Burst

M.Sc. Umwelting. Vera Sehn

Projekt-Nr.: 78119

In Zusammenarbeit mit:

Gemeinde Brühl

Hauptstraße 1

68782 Brühl

INHALTSVERZEICHNIS

1	Wärmeplanung Brühl: Einführung und Aufgabenstellung	1
1.1	Rechtlicher Rahmen	2
1.2	Planungsrechtliche Vorgaben	3
1.3	Sonstige klimapolitische Rahmenbedingungen und Förderkulisse	4
1.4	Ablauf der kommunalen Wärmeplanung	4
1.5	Kommunikation, Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung	6
1.6	Datenschutz	7
1.7	Das Untersuchungsgebiet	8
2	Eignungsprüfung nach § 14 WPG	9
3	Bestandsanalyse	11
3.1	Städtebauliche Struktur und Entwicklung in Brühl	11
3.2	Wärmebezogene Datengrundlagen und Methodik	14
3.2.1	<i>Datengrundlagen</i>	14
3.2.2	<i>Methodik</i>	15
3.3	Beheizungsstruktur	18
3.4	Wärmeerzeugung, -speicherung und Versorgungsstruktur	21
3.5	Abwasserinfrastruktur	26
3.6	Energie- und Treibhausgasbilanz auf Grundlage der Daten von 2021 bis 2023	27
3.6.1	<i>Endenergie</i>	27
3.6.2	<i>Wärmebedarf (Nutzenergie)</i>	29
3.6.3	<i>Wärme- und Wärmeliniendichten</i>	30
3.6.4	<i>Großverbraucher von Wärme</i>	32
3.6.5	<i>Treibhausgas-Emissionen</i>	32
4	Potenzialanalyse	33
4.1	Energieeinsparung und Energieeffizienz	33
4.2	Definition von Gebieten mit erhöhtem Einsparpotenzial	36
4.3	Nutzung der Wärme aus Abwasser (inkl. Betrachtung Kläranlage)	38
4.4	Nutzung industrieller Abwärme	39
4.5	Erneuerbare Erzeugungspotenziale in Brühl	39
4.5.1	<i>Biomasse</i>	40
4.5.2	<i>Oberflächennahe Geothermie</i>	42
4.5.3	<i>Tiefengeothermie</i>	46
4.5.4	<i>Solarthermie</i>	47
4.5.5	<i>Umweltwärme aus Außenluft mittels Wärmepumpe</i>	49

4.5.6	<i>Flusswärme</i>	51
4.5.7	<i>Photovoltaik zur Stromerzeugung</i>	52
4.6	Transformation der Wärmenetze	55
4.7	Transformation der Gasnetze und Einsatz von Wasserstoff	56
4.8	Potenziale zur zentralen Wärmespeicherung	63
4.9	Zusammenfassung der Potenziale	64
5	Zielszenario und Umsetzungsstrategie für Brühl	66
5.1	Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	66
5.1.1	<i>Abgrenzung der Wärmeversorgungsgebiete in Brühl</i>	66
5.1.2	<i>Abbildungen gemäß § 19 Abs. 2 WPG – Darstellungen der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr unter Angaben von Eignungsstufen</i>	70
5.2	Zielszenario	71
5.2.1	<i>Beheizungs- und Versorgungsstruktur</i>	71
5.2.2	<i>Endenergie</i>	74
5.2.3	<i>Treibhausgas-Emissionen</i>	76
5.3	Maßnahmenkatalog	78
5.4	Verstetigungsstrategie, Controlling und Fortschreibung	83
6	Fazit und Ausblick	86
7	Quellenverzeichnis	88

ANHANG

Anhang 1: Steckbriefe Wärmeversorgungsgebiete

Anhang 2: Maßnahmensteckbriefe

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

Anhang 4: Abbildungen gemäß § 19 (2) WPG – Darstellungen der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr unter Angaben von Eignungsstufen

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht über die Arbeitsschritte der kommunalen Wärmeplanung	5
Abbildung 2: Lage der Gemeinde Brühl im Rhein-Neckar-Kreis (Quelle: https://www.rhein-neckar-kreis.de)	8
Abbildung 3: Abgrenzung Teilgebiete der Eignungsprüfung	10
Abbildung 4: Überwiegende Gebäude- und Nutzungstypen auf Baublockebene	12
Abbildung 5: Verteilung Baualtersklassen (Zensus)	13
Abbildung 6: Verteilung der Baualtersklassen auf Baublockebene	13
Abbildung 7: Räumliche Verteilung des Heizungsalters in Brühl	19
Abbildung 8: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger (einschließlich Hausübergabestationen)	20
Abbildung 9: Räumliche Verteilung der dezentralen Heizsysteme auf Baublockebene	21
Abbildung 10: Energieträger, mit dem größten Anteil am Endenergiebedarf je Baublock (Status Quo)	22
Abbildung 11: Wärmenetzgebiete	23
Abbildung 12: Erdgasversorgte Gebiete in Brühl (Status Quo)	25
Abbildung 13: Standort der Kläranlage zwischen Brühl und Ketsch	26
Abbildung 14: Abwassernetz der Gemarkung Brühl	27
Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Energieträgern	28
Abbildung 16: Endenergieverbrauch nach Sektoren	28
Abbildung 17: Wärmebedarf nach Energieträgern	29
Abbildung 18: Spezifische Wärmedichte auf Gebäudeblockebene	30
Abbildung 19: Wärmebedarf nach Straßensegmenten (Wärmelinien-dichte)	31
Abbildung 20: THG-Emissionen nach Energieträgern	32
Abbildung 21: Potenziale für die Wärmebedarfsreduktion bis zum Zieljahr (2040) inklusive Darstellung von Zwischenjahren	34
Abbildung 22: Mögliche Effizienzmaßnahmen und potenzielle Einsparungen im Gebäudebestand	35
Abbildung 23: Räumliche Verteilung der Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial	37
Abbildung 24: Mögliche Gebietsrestriktionen für Potenzialflächen	40
Abbildung 25: Flächennutzung nach Biomassepotenzialarten	41
Abbildung 26: Schematische Darstellungen einer Erdwärmesonde und eines Erdwärmekollektors	42
Abbildung 27: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante	43
Abbildung 28: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Kollektoren	44

Abbildung 29: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Sonden	45
Abbildung 30: Solarthermie-Potenzial auf Dachflächen in einer gebäudeblockbezogenen Darstellung	48
Abbildung 31: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie (technisches Potenzial)	49
Abbildung 32: Beispielhafter Ausschnitt des Erzeugungspotenzials für die Errichtung von Luftwärmepumpen im Siedlungsbereich	51
Abbildung 33: Photovoltaik-Potenzial auf Dachflächen in einer gebäudeblockbezogenen Darstellung	53
Abbildung 34: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik (technisches Potenzial)	54
Abbildung 35: Energieträgermix der Fernwärme der MVV Energie AG laut Transformationsplan	56
Abbildung 36: Überblick zur Metastudie Wasserstoff	61
Abbildung 37: Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien	65
Abbildung 38: Einteilung des Gemeindegebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete	68
Abbildung 39: Primäre Heizsysteme nach Energieträgern	72
Abbildung 40: Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2018 bis 2024	73
Abbildung 41: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (ohne Differenzierung der Energieträger für Wärmenetze)	74
Abbildung 42: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (inkl. Aufgliederung der Energieträger für Wärmenetze)	75
Abbildung 43: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren bis zum Zieljahr 2040 (inklusive Darstellung der Zwischenjahre)	76
Abbildung 44: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (ohne Differenzierung der THG-Emissionen für Wärmenetze)	77
Abbildung 45: Strategiefelder Maßnahmenkatalog	78

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Termine des Beteiligungsprozesses	7
Tabelle 2: Betrachtete Datenquellen für die Eignungsprüfung	9
Tabelle 3: Substitutionsfaktoren für sekundäre Heizsysteme ¹³	16
Tabelle 4: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (links) bzw. in Abhängigkeit der Wärmelinienendichte (rechts)	17
Tabelle 5: Emissionsfaktoren nach Energieträger	17
Tabelle 6: Detailinformationen zum Wärmenetzbestand	23

Tabelle 7: Erzeugungsanteile der Wärmenetzeinspeisung (Fernwärmenetz)	24
Tabelle 8: Maßnahmenliste Kommunaler Wärmeplan Brühl	82
Tabelle 9: Akteure der Wärmeplanung der Gemeinde Brühl:	83
Tabelle 10: Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung	85

ENTWURF

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
Abb.	Abbildung
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
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
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 Brühl: 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 drastische 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.

Brühl 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 Brühl bis 2040 zu erreichen. Der Wärmeplan ist das Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung und zeigt räumlich für die Kommune, wo welcher Energieträger in welcher Menge im Gemeindegebiet genutzt wird. Außerdem zeigt er Sanierungspotenziale im Gebäudbereich 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 zentrale bzw. dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen vorgesehen sind. Damit stellt er auch für Gebäudeeigentümer und Energieversorger eine wichtige Orientierung dar, indem er die Planungs- und Investitionssicherheit bei der Realisierung eigener (klimaneutraler) Versorgungssysteme erhöht.

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“.

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

1.1 Rechtlicher Rahmen

Im Februar 2023 hat der Landtag von Baden-Württemberg das KlimaG BW³ 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 Brühl 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 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 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

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

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.

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.

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) 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 Stadt- und Siedlungsstruktur („kompakte

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.

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).

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 wärmerrelevante Gesetze und Verordnungen und die Förderkulisse von Bund und Ländern gesteuert, hier z. B.:

- 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 zur Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze, u. a. Machbarkeitsstudien und Transformationspläne, sowie Optimierung, Konzeption, 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.
- 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 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 Wärmeplanung⁷

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,

⁷ Eigene Darstellung

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“*.⁸ Für die Planung der zukünftigen Energieversorgung 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 Wärmeplanung⁹ des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW).

1.5 Kommunikation, Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung

Parallel zur fachlichen Erarbeitung des kommunalen Wärmeplans hat die Gemeinde Brühl 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 online und analog die entsprechenden Dokumente einsehen und kommentieren.

Beteiligung interner Akteure

Der Wärmeplanungsprozess für Brühl wurde mit den betroffenen Akteuren in einem Beteiligungsprozess auf unterschiedlichen Ebenen begleitet. Zur Abstimmung der wesentlichen Schritte und Beteiligungsformate wurden mit der Verwaltung 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

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

⁹ Vgl. Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*.

(online und telefonisch) mit der Verwaltung und dem Netzbetreiber als wesentliche Akteure der lokalen Wärmewende.

Beteiligung externer Akteure / Beteiligung der Bürgerschaft

Externe Akteure wie die Netzbetreiber wurden über den Lenkungsreis am Wärmeplanungsprozess beteiligt. Die Bürgerschaft wurde durch die Presse und online über die Ergebnisse informiert, sowie in einer Bürgerinformationsveranstaltung mit Möglichkeit zur Diskussion und Stellungnahme am Prozess beteiligt.

Die wichtigsten Termine sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Termine des Beteiligungsprozesses

Datum	Gremium	Inhalte
14.01.2025	Verwaltung, Netzbetreiber	Kick-Off Wärmeplanung
26.05.2025	Verwaltung, Netzbetreiber	Ergebnisse Bestandsanalyse
21.07.2025	Verwaltung, Netzbetreiber	Ergebnisse Potentialanalyse
22.09.2025	Verwaltung, Netzbetreiber	Ergebnisse Zielszenario
09.01.2026	Verwaltung, Netzbetreiber	Ergebnisse Zielszenario Maßnahmenkatalog
12.03.2026	Verwaltung, Netzbetreiber	Prüfung von Realisierungswahrscheinlichkeiten der Prüfgebiete im Entwurf (Zielszenario)
15.04.2026	Bergerinnen und Bürger	Ergebnisse Wärmeplanung

Pressearbeit

Neben der Information im auf der Website der Gemeinde Brühl¹⁰, ist die Öffentlichkeit in Form verschiedener Pressemitteilungen über den aktuellen Stand der Wärmeplanung informiert bzw. zu Veranstaltungen eingeladen worden. Unter dem angegebenen Link der Website werden auch künftige Updates zum Thema bzw. dem Stand der kommunalen Wärmeplanung geteilt.

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 Infrastrukturen¹¹ enthalten. Im Rahmen der Darstellungen der

¹⁰ <https://www.bruehl-baden.de/klimaschutz/>

¹¹ 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-,

Bestandsdaten findet daher eine Aggregation von mindestens drei Hausadressen für dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen bzw. mindestens fünf Hausadressen bei leitungsgebundenen Wärmeversorgungsarten statt.

1.7 Das Untersuchungsgebiet

Brühl (Baden) ist eine Gemeinde im Nordwesten Baden-Württembergs und gehört zum Regierungsbezirk Karlsruhe sowie zum Rhein-Neckar-Kreis. Die Kommune zählt 14.328 Einwohner (Stand 31. Dezember 2024) und umfasst eine Fläche von 10,19 km². Sie liegt in der Metropolregion Rhein-Neckar zwischen den Großstädten Mannheim und Heidelberg und grenzt unmittelbar an Schwetzingen, Ketsch und Mannheim (vgl. Abbildung 2); auf der gegenüberliegenden Rheinseite befindet sich Speyer. Die Lage am Rhein prägt das Landschaftsbild ebenso wie die naturnahen Auenbereiche, zu denen auch die unbewohnte Kollerinsel gehört, die rund 400 Hektar der Brühler Gemarkung ausmacht.



Abbildung 2: Lage der Gemeinde Brühl im Rhein-Neckar-Kreis (Quelle: <https://www.rhein-neckar-kreis.de>)

Die Gemeinde gliedert sich in zwei Ortsteile, den Hauptort Brühl und den nordwestlich angrenzenden Ortsteil Rohrhof, die historisch getrennt waren, heute jedoch baulich

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.

zusammengewachsen sind. Brühl bildet den zentralen Siedlungskern mit älteren Strukturen und historisch gewachsenen Quartieren, während Rohrhof stärker durch jüngere Wohngebiete und eine eher dörfliche Prägung gekennzeichnet ist. Zwischen beiden Ortsteilen, im Nordosten von Brühl und auf dem ehemaligen Sportplatzgelände entstanden in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Neubaugebiete, die Brühl zu einer attraktiven Wohnortgemeinde in der Region gemacht haben.

Die Gemeindestruktur Brühls ist durch eine Mischung aus historischer Entwicklung, industrieller Vergangenheit und moderner Wohnraumausweitung geprägt. Ursprünglich war Brühl ein landwirtschaftlich geprägtes Dorf mit Fischerei und enger Bindung an den Rhein. Ab dem 19. Jahrhundert kamen industrielle Nutzungen hinzu, darunter Ziegeleien und später Betriebe des Luftschiffbaus und der Metallverarbeitung, die das Wachstum des Ortes beeinflussten. Heute dominieren Wohngebiete, ergänzt durch Gewerbeflächen am Ortsrand, während große Teile der Gemarkung – insbesondere die Kollerinsel und rechtsrheinische Auen – unter Natur- und Landschaftsschutz stehen. Diese Kombination aus naturnaher Lage, guter Verkehrsanbindung und Nähe zu Mannheim und Heidelberg macht Brühl zu einer typischen Pendler- und Wohngemeinde der Metropolregion.

2 Eignungsprüfung nach § 14 WPG

Im Rahmen der Eignungsprüfung nach § 14 WPG wurde 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 Teilgebiete wurden Kategorien „Teilgebiet für Wärmenetze“, „Teilgebiet für die Versorgung durch ein Wasserstoffnetz“ und „geeignetes Gebiet für eine verkürzte Wärmeplanung“ zugeordnet. 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
Lokale Expertise / Ortskenntnisse	Austausch zwischen Fachämtern der Gemeinde, der MVV und dem beauftragten Dienstleister

MVV: Informationen zu bestehenden Fernwärmegebieten

Lage der bestehenden Fernwärmeleitungen und schon geplanten Ausbaugebieten

Da es schon viele bestehende Fernwärmenetzgebiete gibt, werden zuerst alle Fernwärmenetzgebiete in der Karte dargestellt und in der Legende entsprechend gekennzeichnet. Danach wurden die Abgrenzung anhand der Bebauungs- und Siedlungsstruktur vorgenommen und für jedes Gebiet geprüft, ob direkt eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden könnte.

Aus der Prüfung ergibt sich, dass für die in Abbildung 3 dargestellten Teilgebiete in der Gemeinde Brühl eine „normale“, d. h. nicht verkürzte Wärmeplanung durchgeführt wird.

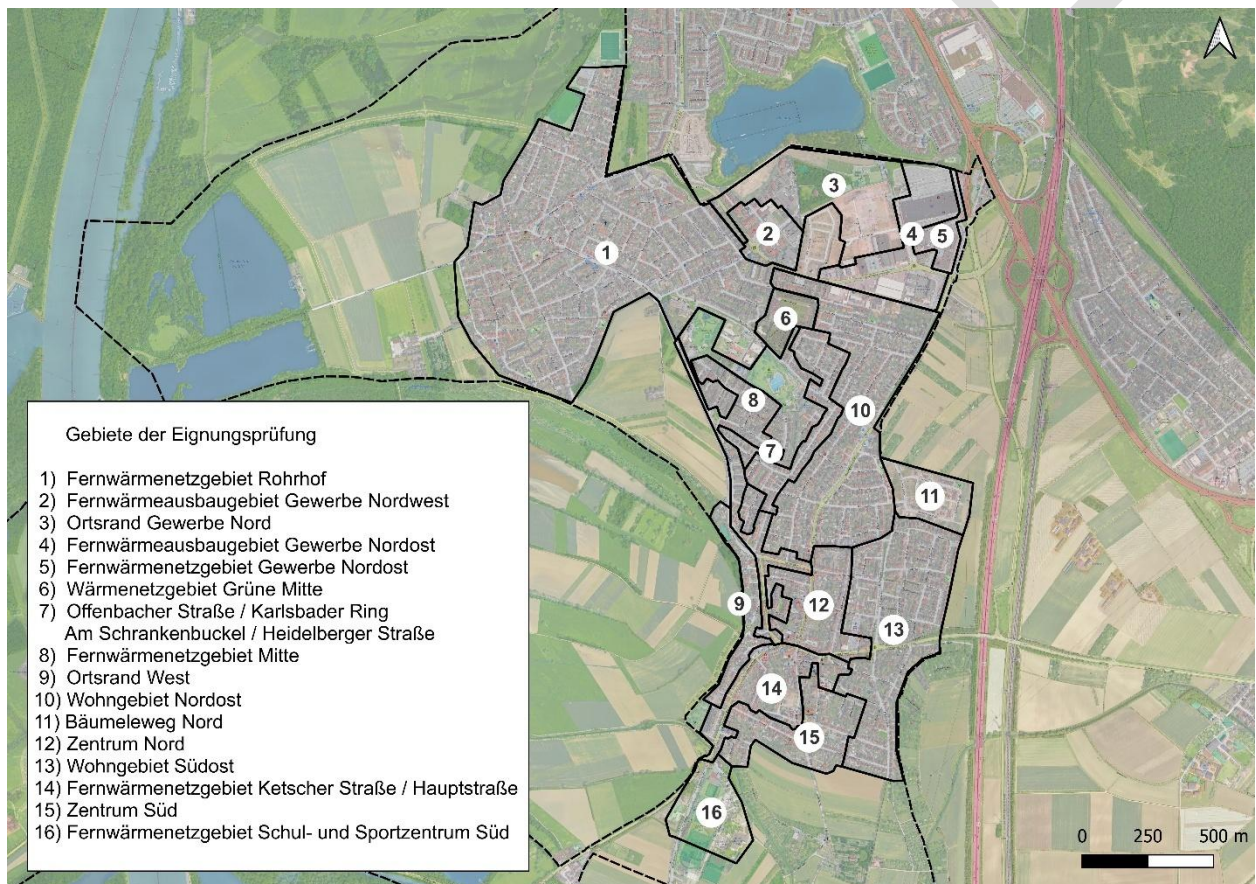


Abbildung 3: Abgrenzung Teilgebiete der Eignungsprüfung

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

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. Neben der leitungsgebundenen Wärmeversorgung Wärmenetze, ist die Versorgung über das Gas- und Stromnetz sowie mit den 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 wichtige Rolle.

3.1 Städtebauliche Struktur und Entwicklung in Brühl

Brühl gliedert sich in die Ortsteile Brühl und Rohrhof. Der zentrale Stadtkern befindet sich im Ortsteil Brühl, der die wichtigsten öffentlichen Einrichtungen, Einkaufsmöglichkeiten und Verwaltungsgebäude umfasst. Rund um diesen Kern schließen sich gewachsene Wohngebiete an, die im Laufe des 20. Jahrhunderts erweitert wurden. Neuere Wohngebietserweiterungen befinden sich vor allem am Ortsrand und auf dem alten Sportparkgelände in der Mitte von Brühl. Ergänzt wird die Siedlungsstruktur durch Gewerbegebiete, die überwiegend am nördlichen Rand von Brühl liegen und eine Mischung aus Handwerks-, Dienstleistungs- und kleineren Industriebetrieben beherbergen.

Rohrhof ist der zweite Ortsteil der Gemeinde und wurde im Zuge der Siedlungsentwicklung eingemeindet. Er besitzt einen eher wohngepprägten Charakter mit ruhigen Quartieren und kleineren Versorgungsangeboten.

Gebäudenutzung und -typen

In Brühl befindet sich vorwiegend Wohnbebauung. Der überwiegende Gebäudetyp gliedert sich vor allem in die Kategorien Einfamilienhaus (helleres gelb), Reihenhausbauung (orange) und wenige Mehrfamilienhäuser (dunkles gelb), sowie das Gewerbegebiet im Norden, vergleiche Abbildung 4. Es wird der überwiegende Anteil der Gebäude in einem Baublock kategorisiert, daher kann es sein, dass z. B. einzelne Mehrfamilienhäuser in dieser Ansicht nicht dargestellt werden.

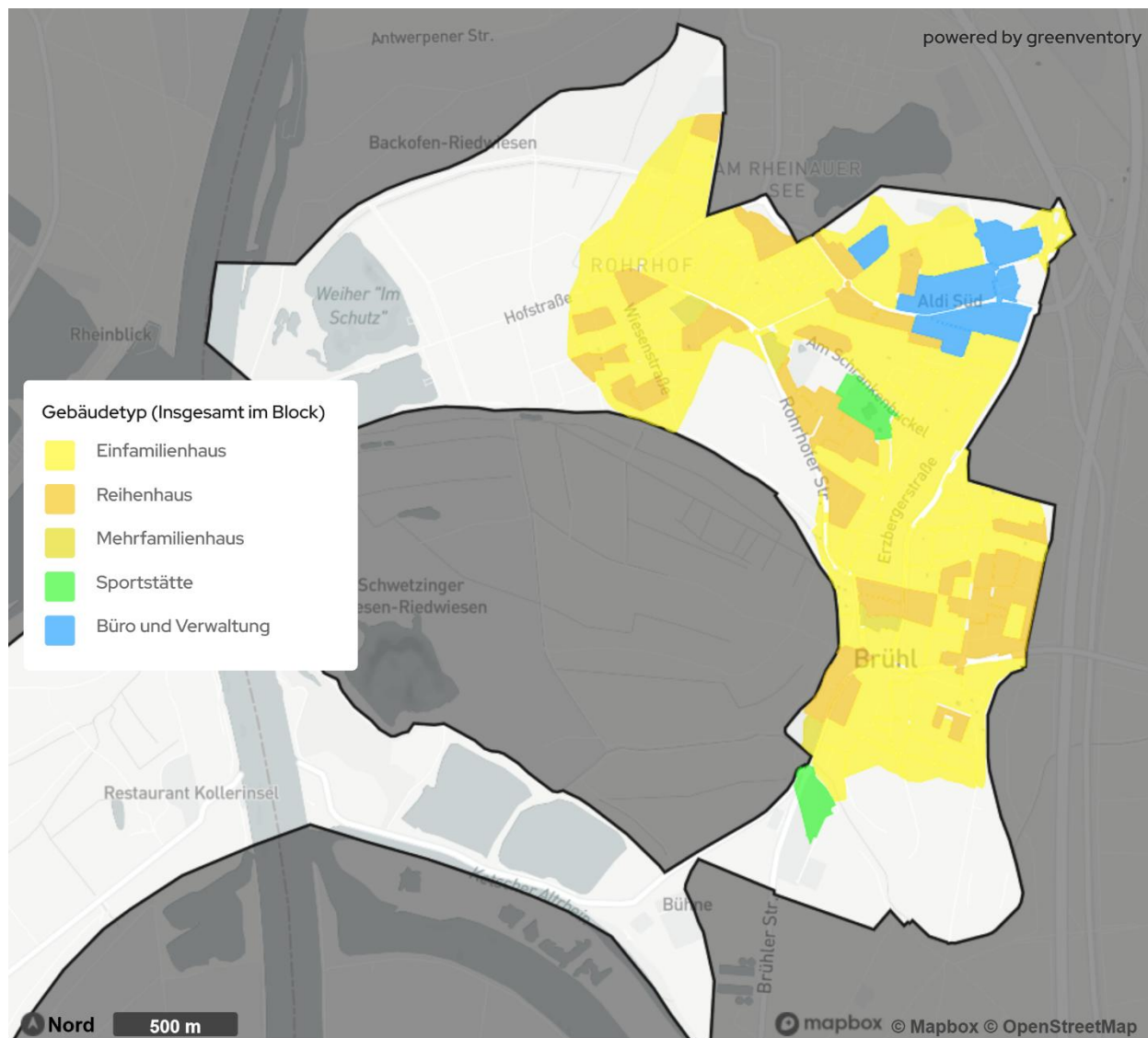
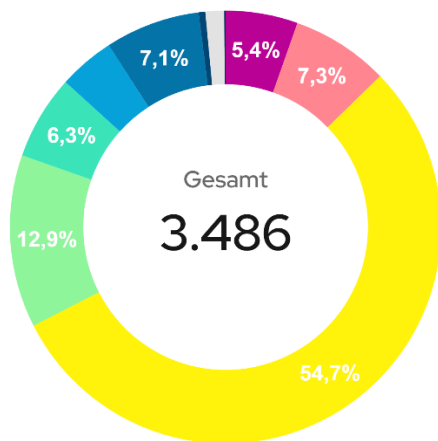


Abbildung 4: Überwiegende Gebäude- und Nutzungstypen auf Baublockebene

Baualtersklassen und Denkmalschutz

Ein wichtiges Strukturmerkmal, das v. a. für die Berechnung des Sanierungspotenzials im Gebäudebestand verwendet wird, ist die Verteilung der Baualtersklassen in der Gemarkung (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6). Gemäß Datenlage sind insgesamt rund 73 % der Gebäude in Brühl bis zum Jahr 1978 erbaut worden. Die meisten wurden vor der 1. Wärmeschutzverordnung aus dem Jahr 1977 errichtet, 14 % stammen aus der Zeit vor 1949.



Baualter	Gebäudebestand
	%
vor 1919	189
1919 - 1948	254
1949 - 1978	1.908
1979 - 1990	450
1991 - 2000	220
2001 - 2010	148
2011 - 2019	247
2020 - 2022	17
Unbekannt	49
nach 2022	4

Abbildung 5: Verteilung Baualtersklassen (Zensus)

Die räumliche Verteilung der vorwiegenden **Baualtersklassen auf Baublockebene** ergibt sich aus Abbildung 6. Sie spiegelt die oben beschriebene städtebauliche Struktur und Siedlungsentwicklung räumlich im Gemeindegebiet wider:

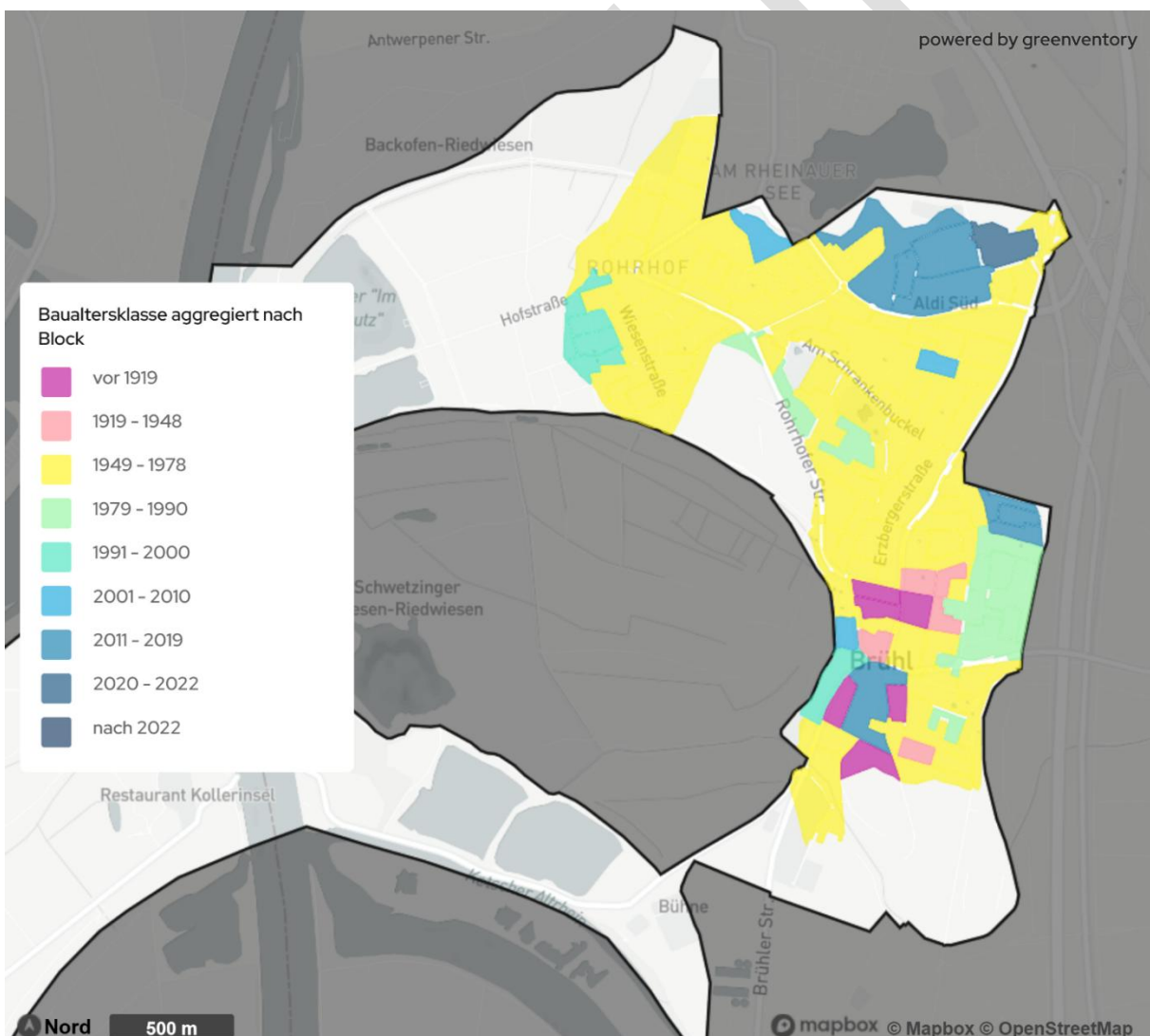


Abbildung 6: Verteilung der Baualtersklassen auf Baublockebene

3.2 Wärmebezogene Datengrundlagen und Methodik

3.2.1 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 leitungsgebundener Gasverbräuche, Verbräuche des Wärmenetzes 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:

- Verbräuche leitungsgebundener Wärmeversorgung (für jeweils drei Jahre):
 - Wärmenetzverbräuche
- Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen mit Verbrennungstechnik:
 - Art, Brennstoff und Heizleistung der Feuerstätten (elektronisches Kkehrbuch)
 - Erdgasverbräuche
 - Wärmestromverbräuche (Heizstrom)
- Netz- und Infrastrukturdaten:
 - Gas- und Stromnetze
 - Wärmenetze
 - Abwassersystem
- Erzeugerdaten:
 - Heizzentralen

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
 - Ergänzungen aus OSM (OpenStreetMap)

3.2.2 Methodik

Für die Bestandsanalyse werden die in Kapitel 3.2.1 genannten Informationen im DZ zusammengefasst und für die weitere Verarbeitung und Analyse aufbereitet. Im Folgenden sind die wichtigsten Methodiken des DZs erläutert.

Gebäudeinformationen

Mithilfe öffentlicher Datenquellen (darunter die Gebäudehöhen-Informationen aus dem ALKIS-Gebäudeumringe-Datensatz, 3D-Gebäudemodelle im LoD2, Stockwerks-Informationen aus OSM) sowie eines proprietären KI-Modells (der greenventory GmbH) werden für Gebäude unterschiedliche Kennwerte ermittelt, wie die Grundfläche, Brutto-Gesamtfläche, Nutzfläche und Wohnfläche.

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)¹² und mithilfe von ALKIS-Gebäudekategorien, OSM-Daten und Corine Land Cover Daten gewonnen wird.

Des Weiteren ist Wohngebäuden ein Wohngebäude-Subtyp zugeordnet. Diese umfassen die Kategorien „großes Mehrfamilienhaus / Block“ (Gebäudegrundfläche > 800 m²), „Mehrfamilienhaus (MFH)“ (Gebäudegrundfläche > 210 m²), „Reihenhaus (RH)“ (> 15 % gemeinsame Außenwände mit Nebengebäude) und „Einfamilienhaus“ (EFH) (übrige Gebäude).

Die Altersklasse der Gebäude ist vom Zensus abgeleitet, wobei ein De-Aggregations-Algorithmus den einzelnen Gebäuden eine konkrete Altersklasse zuordnet. Garagen werden in weiteren Analysen nicht berücksichtigt.

Endenergiebedarf

Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs wird für jedes beheizte Gebäude zunächst das primäre Heizsystem bestimmt. Die Zuteilung unterliegt dabei einem Hierarchiesystem, welches zuerst leitungsgebundene Verbräuche (Wärmenetz) sowie Erdgas und Strom zuordnet. Liegen diese nicht vor, wird das Heizsystem aus den Schornstiefegerdaten zugeordnet. Sollten auch darüber keine Daten vorliegen werden zunächst Flurstücks-Zuweisungen der Gebäude sowie die Nähe zu Versorgungsleitungen geprüft und als letzte Instanz auf Ergebnisse des Zensus 2022 zurückgegriffen.

¹² Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, NACE Rev. 2.

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 Grundlage dazu bildet die Studie „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“, wobei die Substitutionsfaktoren in Tabelle 3 gelistet sind.¹³ 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 Heizsysteme¹³

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

Wärmebedarf (Nutzenergie)

Für jedes Gebäude wird aus dem Endenergiebedarf in kWh/a sowie der Effizienz des genutzten Heizsystems in % der Wärmebedarf in kWh abgeleitet.

Wärme- und Wärmelinieindichten

Zur Analyse des Gesamtwärmebedarfs werden sogenannte Wärmedichten und Wärmelinieindichten herangezogen. Zur Ermittlung wird der Wärmebedarf auf eine räumlich begrenzte Fläche bzw. Länge bezogen. Bei der Wärmelinieindichte 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 4). 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. Wärmelinieindichten wie in peripheren Siedlungsgebieten / dörflichen Strukturen sind hingegen i. d. R. dezentrale Lösungen die wirtschaftlichere Option.

¹³ Lauf, Memmler, und Schneider, *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2023*. S. 95

Tabelle 4: Wärmenetzzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (links) bzw. in Abhängigkeit der Wärmelinien-dichte (rechts)¹⁴

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		

Berechnung der Treibhausgas-Emissionen

Um die Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) auf der Gemarkung in Tonnen CO₂-Äquivalente (CO₂e) pro Jahr zu berechnen, werden die heizwertbezogenen Emissionsfaktoren (siehe nachfolgende Tabelle) in einem Zwischenschritt mit den dazugehörigen Brennwertfaktoren in brennwertbezogene Emissionsfaktoren umgerechnet und anschließend mit den Endenergiebedarfen multipliziert.

Tabelle 5: Emissionsfaktoren nach Energieträger¹⁵

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

¹⁴ Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*, 54.

¹⁵ Datengrundlage: Langreder u. a., *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung 2024*.

Wenn ein Energiemix vorliegt (z. B. bei Wärmenetzen mit unterschiedlichen Energiequellen), werden Netzverluste mit 12,6 % und die jeweiligen Wirkungsgrade der Erzeuger berücksichtigt.¹⁶

3.3 Beheizungsstruktur

Das GEG¹⁷ 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.*
- (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 Kkehrbuch der Schornsteinfeger, lassen sich Aussagen zum Energieträger und dem Alter der nach § 72 GEG relevanten Heizungsanlagen treffen. Die Auswertung der Baualtersklassen der Heizkessel zeigt, dass rund 450 Heizungen ein Alter über 30 Jahre aufweisen. Etwa 1.400 Heizkessel sind älter als 15 Jahre.

Die räumliche Verteilung des Heizsystemalters kann Abbildung 7 entnommen werden. In grau dargestellt sind Gebiete mit Neubebauung, die noch nicht in der Datengrundlage erfasst sind, oder Bereiche, über die keine genaueren Informationen vorliegen.

¹⁶ Deutsche Umwelthilfe, „Netzverluste in Wärmenetzen“.

¹⁷ 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).

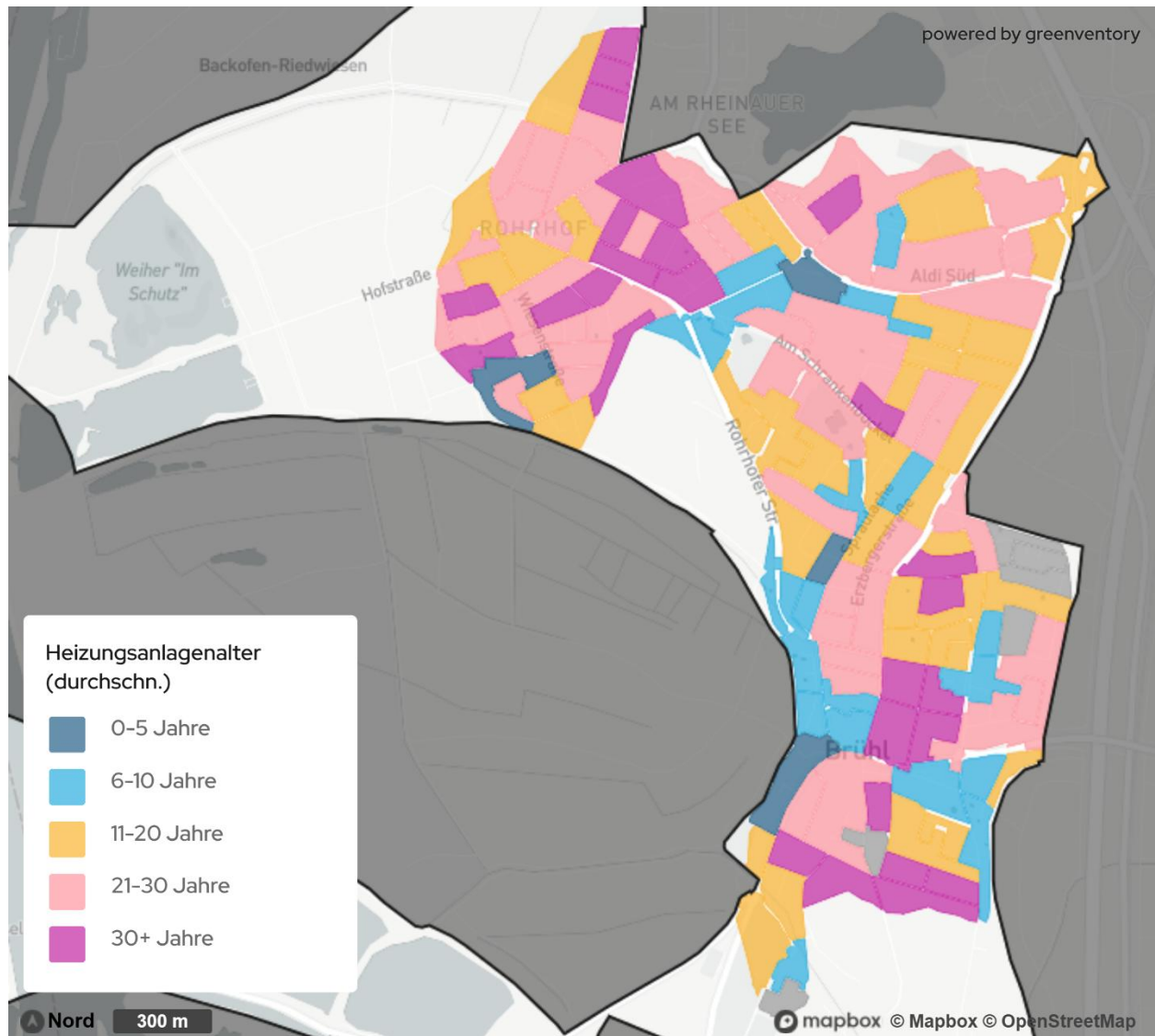
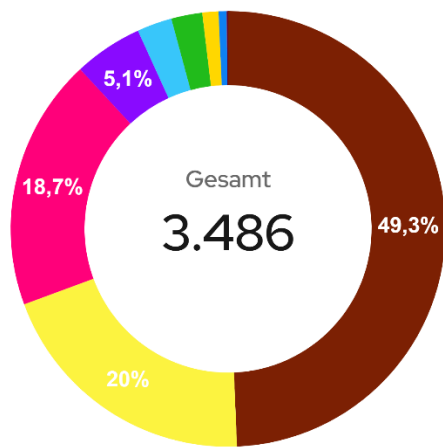


Abbildung 7: Räumliche Verteilung des Heizungsalters in Brühl

Zusammenfassend zeigt Abbildung 8 die Anzahl aller dezentralen Wärmeerzeuger im Untersuchungsgebiet einschließlich des eingesetzten Energieträgers. Dabei ist erkennbar, dass ein Großteil der derzeitigen Heizsysteme den fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas zugeordnet werden können. Hinzu kommen etwa 19 % Fernwärme Übergabestationen durch das bestehende Fernwärmenetz. Hierunter werden auch die Heizsysteme des Nahwärmenetzes Grüne Mitte gezählt. Kleinere Anteile bilden strombasierte Wärmeversorgungs-lösungen (Elektroheizung, Luft-/Erdwärmepumpen) sowie Pelletheizungen.



Heizungsarten	Heizsysteme	
Ölkessel	49,3%	1.720
Erdgaskessel	20%	698
Fernwärme Übergabestation	18,7%	651
Elektroheizung	5,1%	178
Elektrische Luftwärmepumpe	2,6%	92
Pelletheizung	2,3%	80
LPG	1,2%	43
Elektrische Erdwärmepumpe	0,6%	21
Kohleofen	0,1%	3

Abbildung 8: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger (einschließlich Hausübergabestationen)

Nachfolgend ist die räumliche Verteilung der Heizsysteme gezeigt (vgl. Abbildung 9). Dabei ist jeweils das am häufigsten im Gebäudeblock vertretene Heizsystem dargestellt. Anhang 3 zeigt zusätzlich die jeweiligen Wärmeerzeugeranteile auf Baublockebene. Erkennbar ist dabei die Verbreitung von Fernwärme Übergabestationen im Nordwesten von Brühl, während insbesondere südliche Zentralbereiche primär über Erdgaskessel verfügen. Weite Teile des Siedlungsgebiets werden zudem über Ölkessel mit Wärme versorgt. Hierzu sei darauf hingewiesen, dass auch in mit überwiegend durch Ölkessel beheizten Gebieten Anteile von Fernwärme Übergabestationen, Erdgaskessel und strombasierten Heizsystemen vorliegen (vgl. Anhang 3).

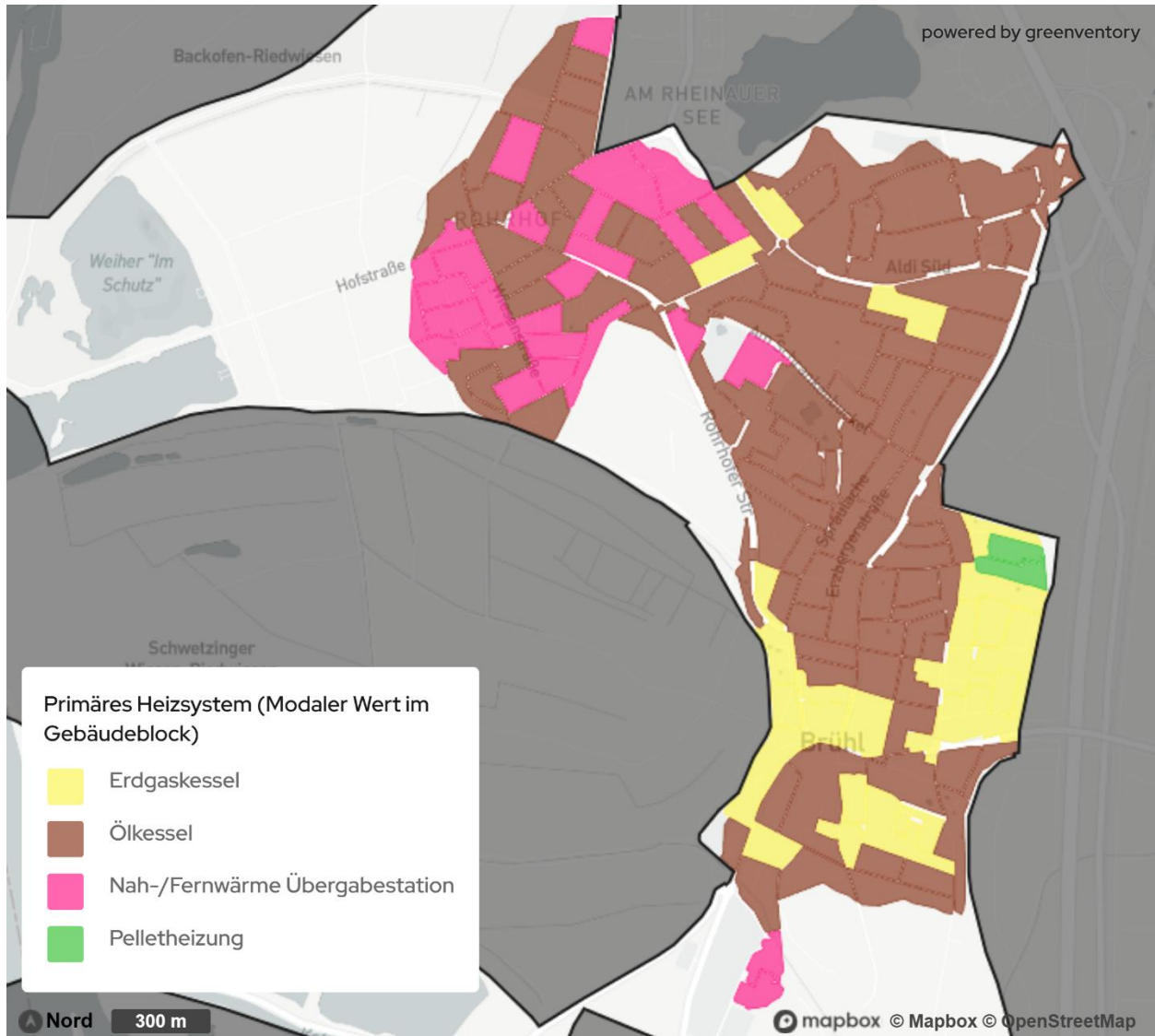


Abbildung 9: Räumliche Verteilung der dezentralen Heizsysteme auf Baublockebene

3.4 Wärmeerzeugung, -speicherung und Versorgungsstruktur

Die Wärme in Brühl wird im Status Quo vorrangig durch fossile Energieträger erzeugt. Abbildung 10 zeigt die vorherrschenden Wärmeversorgungssituation auf Baublockebene, unterteilt in Gebiete mit Wärmenetz, Versorgung mit Erdgas und Strom sowie mit Heizöl, Holzpellets. Dabei wird jeweils derjenige Energieträger mit dem höchsten Endenergieanteil pro Baublock gezeigt. Das Fernwärmenetzgebiet befindet sich im Ortsteil Rohrhof, im Gewerbegebiet und am westlichen Ortsrand von Brühl. Das Gasnetz befindet sich fast flächendeckend im Ortsteil Brühl und im Gewerbegebiet.

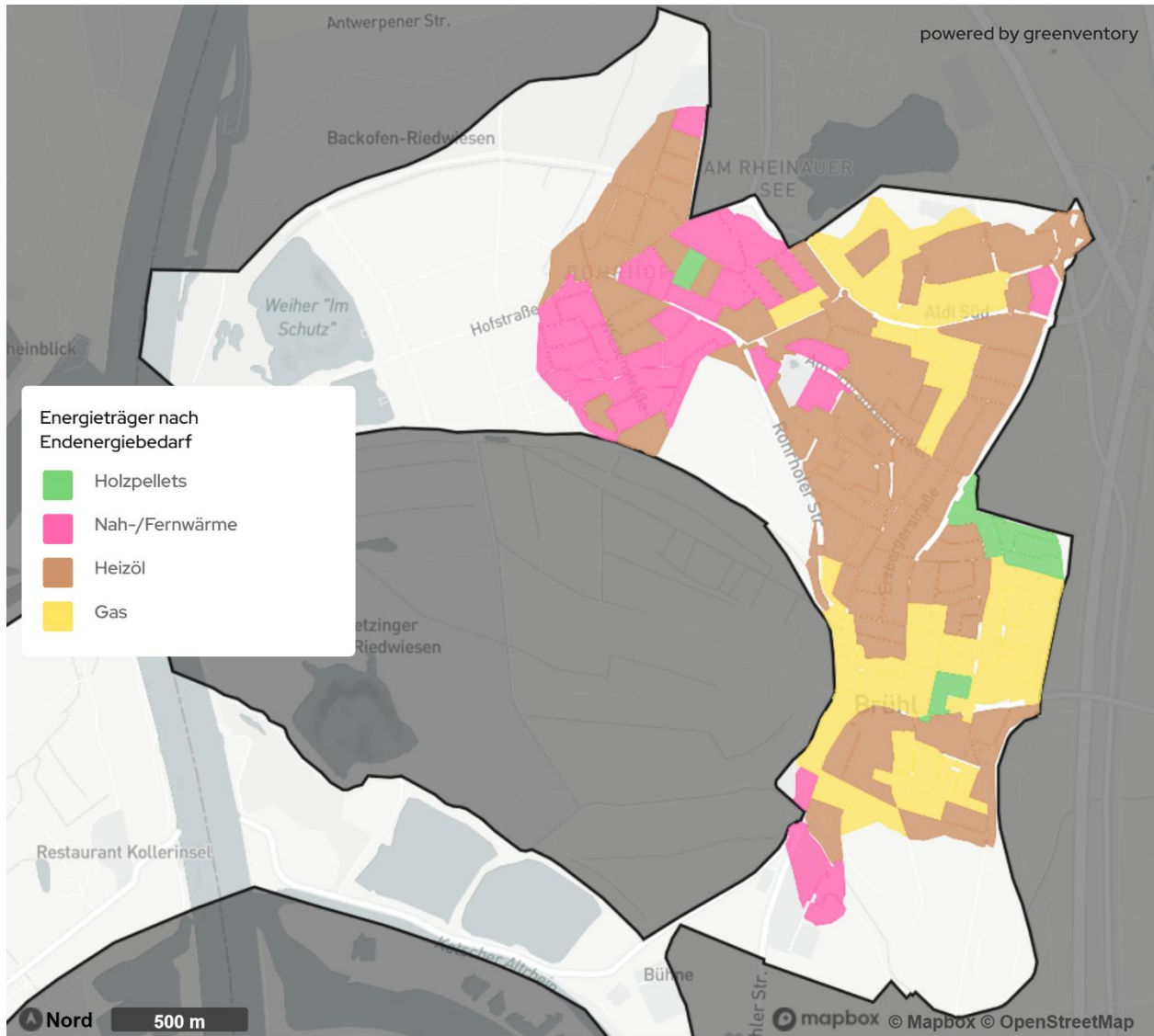


Abbildung 10: Energieträger, mit dem größten Anteil am Endenergiebedarf je Baublock (Status Quo)

In Brühl gibt es zum Zeitpunkt der Berichterstellung ein Fernwärmenetz der MVV und ein Nahwärmenetz in dem Neubaugebiet grüne Mitte (vgl. Gebäudeblöcke mit Bezeichnung „Nah-/Fernwärme“ in Abbildung 10).

Tabelle 6 zeigt einen Überblick zu den wichtigsten Kennzahlen der Wärmenetze. Aufgrund des Neubaus des Wärmenetzes Grüne Mitte, sind einige Angaben nicht bekannt. In der darauffolgenden Abbildung sind die räumlich verorteten Wärmenetzgebiete zu sehen.

Tabelle 6: Detailinformationen zum Wärmenetzbestand

Name	Art	Jahr der Inbetriebnahme	Temperatur	Trassenlänge in m (Abschnitt Brühl)	Anzahl Anschlüsse (Status Quo)
MVV Energie AG FW-Netz	Fernwärme (Heißwassernetz)	Ab 1991 von Rohrhof aus beginnend (Norden von Brühl). Im Jahr 2009 Ausbau Transportleitung südwärts. Ab 2010 Verdichtungen.	Max. 130 °C	Summe Transportleitung und Anschlussleitungen: Ca. 60 km	Ca. 775
Nahwärmenetz Grüne Mitte	Nahwärme (Niedertemperatur - zentrale Wärmepumpen mit Heiz- und Kühlfunktion)	Ab 2025	n. bekannt	n. bekannt	Ca. 40

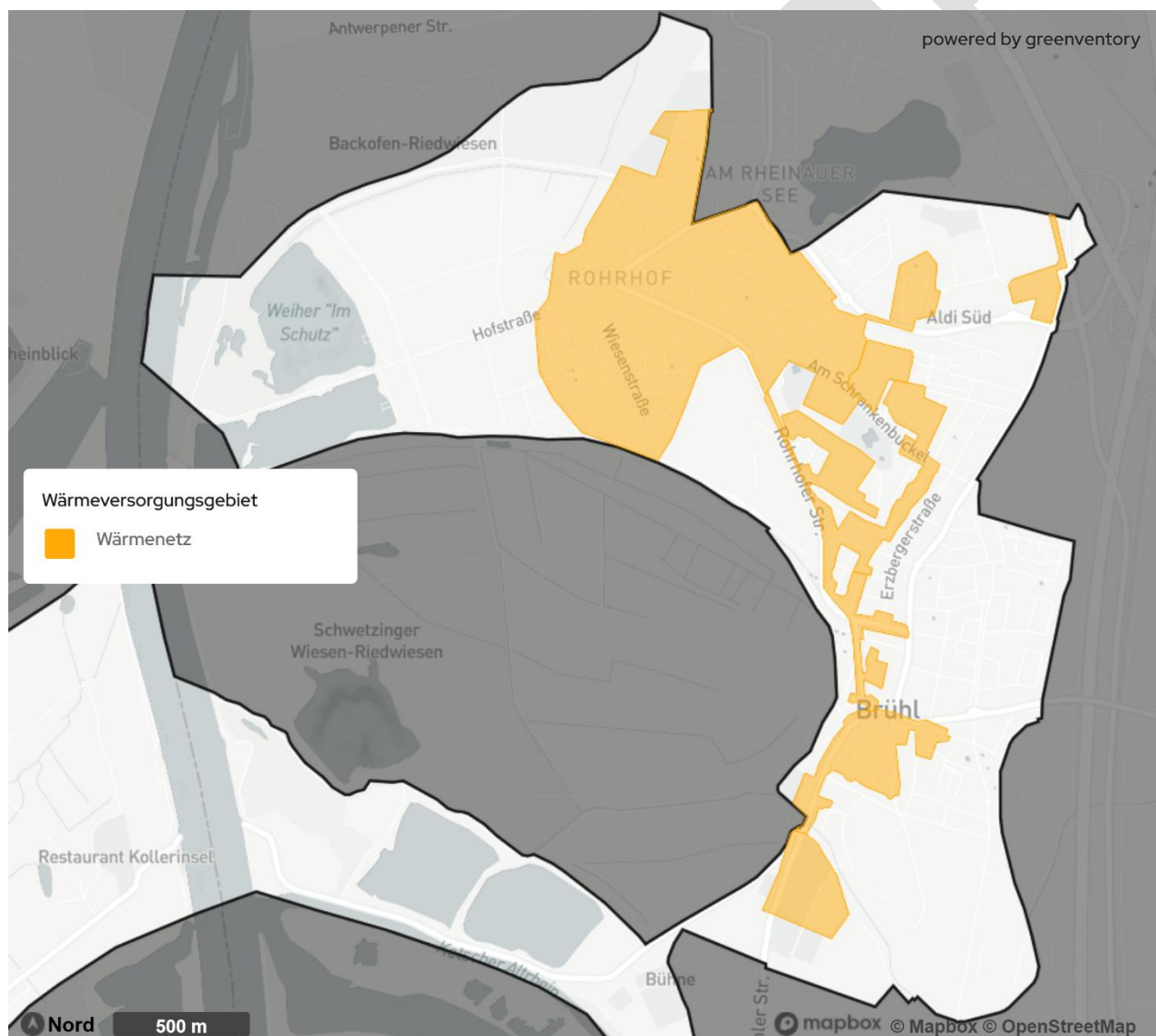


Abbildung 11: Wärmenetzgebiete

Die Energieerzeugung des Nahwärmenetzes „Grüne Mitte“ erfolgt mithilfe von zentralen Wärmepumpen. Die Wärmenetzeinspeisung des Fernwärmenetzes erfolgt derzeit aus den in Tabelle 7 dargestellten Anteilen.

Tabelle 7: Erzeugungsanteile der Wärmenetzeinspeisung (Fernwärmenetz)

	Anteil
aus Kraft-Wärme-Kopplung	64,9 %
hiervon aus Kohle	33,9 %
hiervon aus Erdgas	0,6 %
hiervon aus Abfall	16,6 %
hiervon aus Altholz	13,7 %
aus sonstigen Wärmeerzeugern	35,1 %
hiervon aus Abfall	0,2 %
hiervon aus Altholz	0,1 %
hiervon aus Umweltwärme	19,7 %
hiervon Strom, netzbezogen	2,9 %
hiervon aus Erdgas	12,0 %

Weite Teile des Nordens und Südwestens / Südens von Brühl werden bislang zudem über ein bestehendes, zusammenhängendes Gasnetz versorgt. Dieses verläuft von Nord nach Süd durch die Gemarkung und den Siedlungsbereich, wobei u. a. Teile des nördlich gelegenen Gewerbegebiets und Wohngebiete im Osten sowie im Zentrum und im Süden Brühls erschlossen sind, die nicht vom Bestandsfernwärmenetz abgedeckt sind. Die Erschließung der Versorgungsleitung erfolgte ab 1979. Die meisten Hauanschlüsse wurden in den 1980er bis 2000er Jahren erbaut. Nach 2015 erfolgten nur noch geringfügig Verdichtungen des Gasnetzes.

Eine Übersicht über das bestehende Gasnetzgebiet, in dem (zum Teil) eine Erdgasversorgung vorliegt, kann Abbildung 12 entnommen werden. Dabei ist zu beachten, dass Erdgas nicht zwingend der primär genutzte Energieträger der Gebiete ist (vgl. Abbildung 10).

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

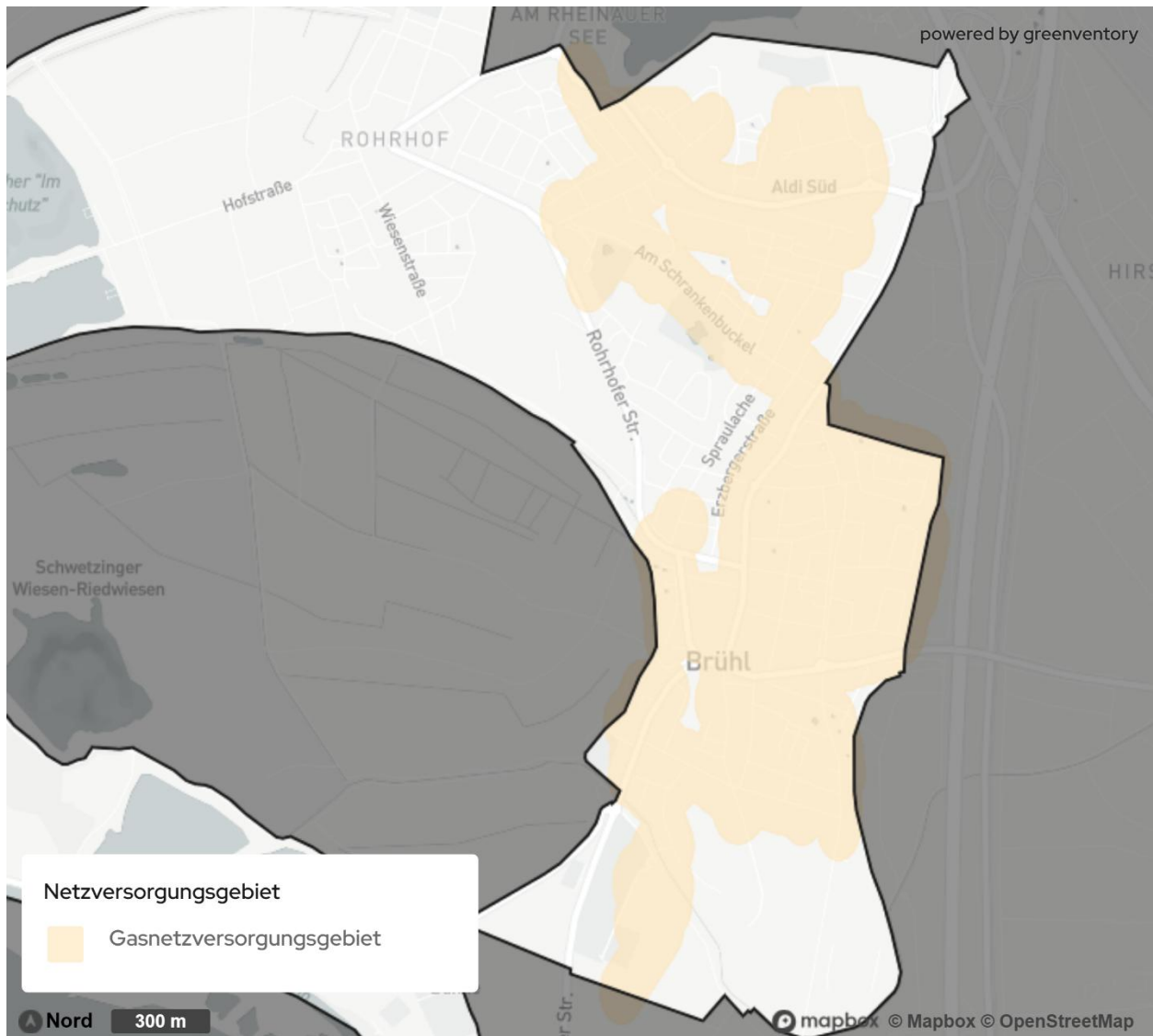


Abbildung 12: Erdgasversorgte Gebiete in Brühl (Status Quo)¹⁸

¹⁸ Zu beachten ist, dass die Abbildung Gebiete darstellt, in welchen das Gasnetz liegt. Dies bedeutet nicht, dass jegliche dargestellten Bereiche aktuell über Gas versorgt werden. Insbesondere das Gebiet Grüne Mitte (hier noch nach altem Stand als Gasnetzversorgungsgebiet dargestellt) wird über ein Wärmenetz versorgt.

3.5 Abwasserinfrastruktur

Zwischen Ketsch und Brühl liegt nordwestlich auf der Gemarkung Ketsch das Klärwerk des Zweckverbandes Bezirk Schwetzingen, siehe Abbildung 13.

Die Planung für die Verbandskläranlage startete 1969 mit den fünf Verbandsgemeinden Brühl, Ketsch, Oftersheim, Plankstadt und Schwetzingen. Im Jahr 1977 wurde die Abwasserreinigung mitsamt Schlammfäulung in Betrieb genommen. Im Jahr 1978 folgte die thermische Schlammwässerung.¹⁹

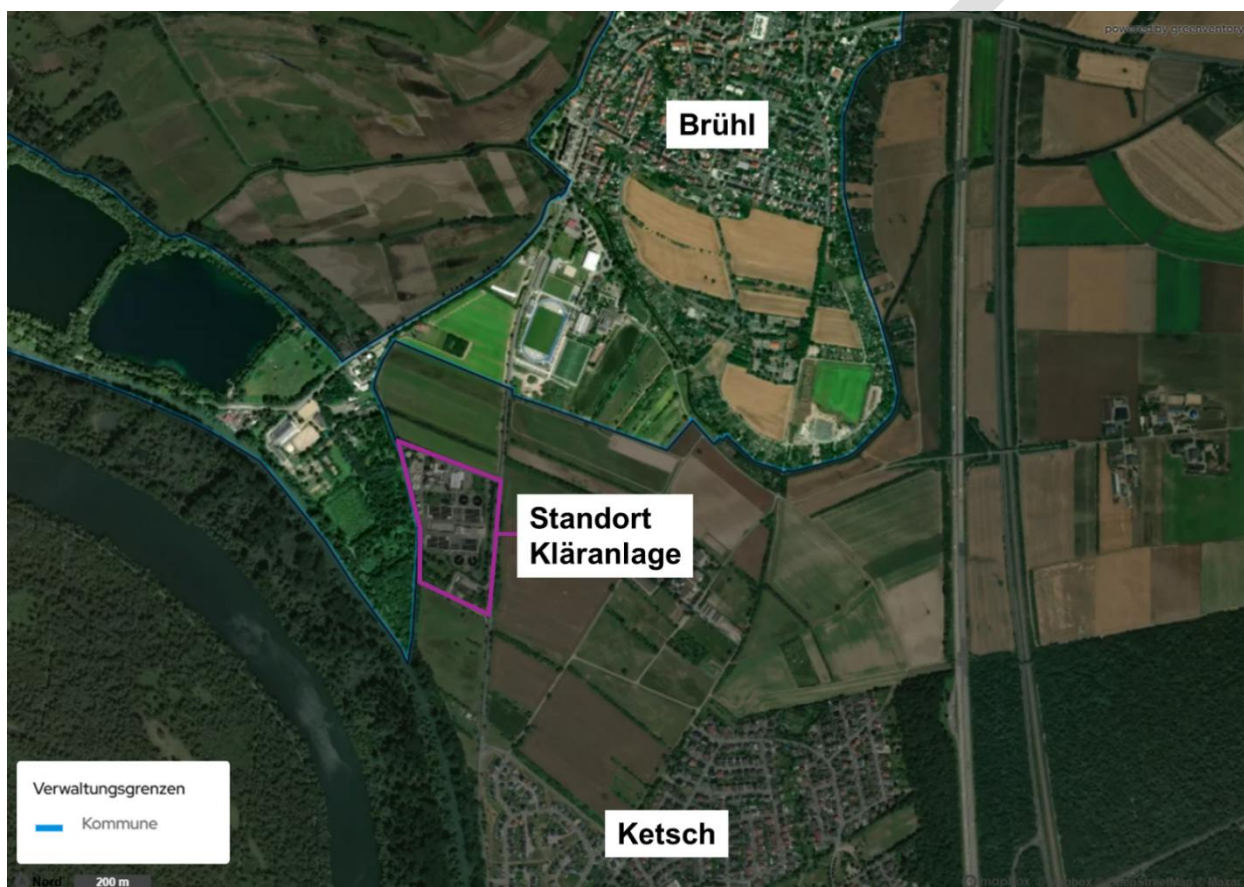


Abbildung 13: Standort der Kläranlage zwischen Brühl und Ketsch

Die Abwasserkanäle auf der Gemarkung Brühl sind in der Abbildung 14 dargestellt:

¹⁹ Zweckverband Bezirk Schwetzingen, „Klärwerk Bezirk Schwetzingen“.

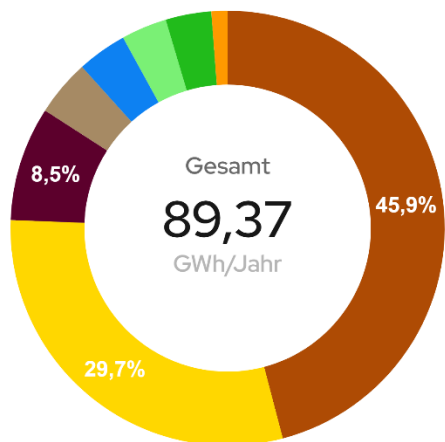


Abbildung 14: Abwassernetz der Gemarkung Brühl

3.6 Energie- und Treibhausgasbilanz auf Grundlage der Daten von 2021 bis 2023

3.6.1 Endenergie

In Summe beträgt der Endenergiebedarf der Gemeinde Brühl rund 89 GWh/Jahr bzw. 89.000 MWh/Jahr. Abbildung 15 zeigt den gesamten Endenergieverbrauch in GWh/a gegliedert nach Energieträgern. Der Fernwärmeanteil (etwa 24 %) teilt sich auf die in Tabelle 7 aufgeführten Energieträgeranteile auf, zu denen u. a. Kohle und Abfall zählen.



Energieträger	Endenergiebedarf nach Energieträgern (Wärmenetze differenziert)	
	%	GWh/Jahr
Heizöl	45,9%	41
Erdgas	29,7%	26,54
Kohle	8,5%	7,57
Abfall	4,2%	3,73
Strom (Mix bundesweit)	3,7%	3,33
Holz hackschnitzel	3,4%	3,06
Holz pellets	3,4%	3,05
LPG	1,2%	1,09
Gesamt	100%	89,37

Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Der Anteil der fossilen Energieträger beträgt in Bezug auf den Endenergieverbrauch im Status Quo ca. 85 %. Ca. 15 % der Wärmeversorgung sind als bereits erneuerbar einzustufen. Dies umfasst die Anteile von Strom und Fernwärme, die z. T. aus fossilen Bestandteilen, aber auch bereits durch Anteile aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Die holzbasierten Anteile sind als erneuerbar einzustufen und umfassen rund 7 % des Endenergieverbrauchs im Status Quo. Eine räumliche Verteilung der Endenergieträger nach höchstem Anteil des Energieträgereinsatzes in Baublöcken kann Abbildung 10 entnommen werden.

Aufgeteilt auf Sektoren ist der Endenergieverbrauch in Abbildung 16 dargestellt. In Brühl nimmt der Sektor „Wohnen“ dabei mit über drei Vierteln den größten Anteil ein. Es folgen „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ mit 18 % und lediglich geringe Anteile in den Sektoren „öffentliche Bauten“ und „Industrie & Produktion“.

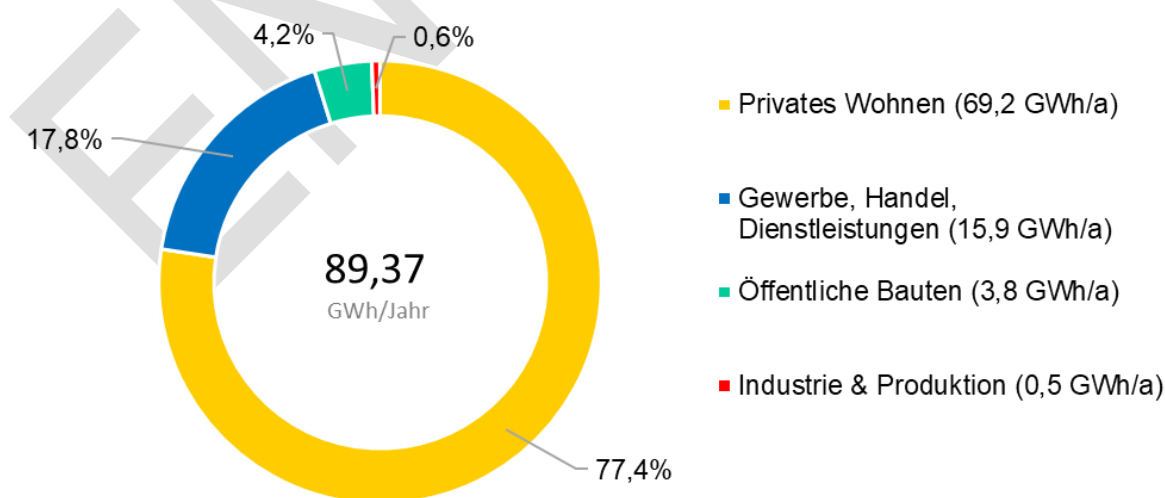


Abbildung 16: Endenergieverbrauch nach Sektoren

3.6.2 Wärmebedarf (Nutzenergie)

Der jährliche Wärmebedarf (Nutzenergiebedarf)²⁰ der Kommune beläuft sich insgesamt auf etwa 85 GWh/a. In Abbildung 17 ist die Verteilung des gesamten Wärmebedarfs differenziert nach den jeweiligen Energieträgern visualisiert. Dies entspricht einem durchschnittlichen Bedarf von rund 6,5 MWh pro Einwohner jährlich.

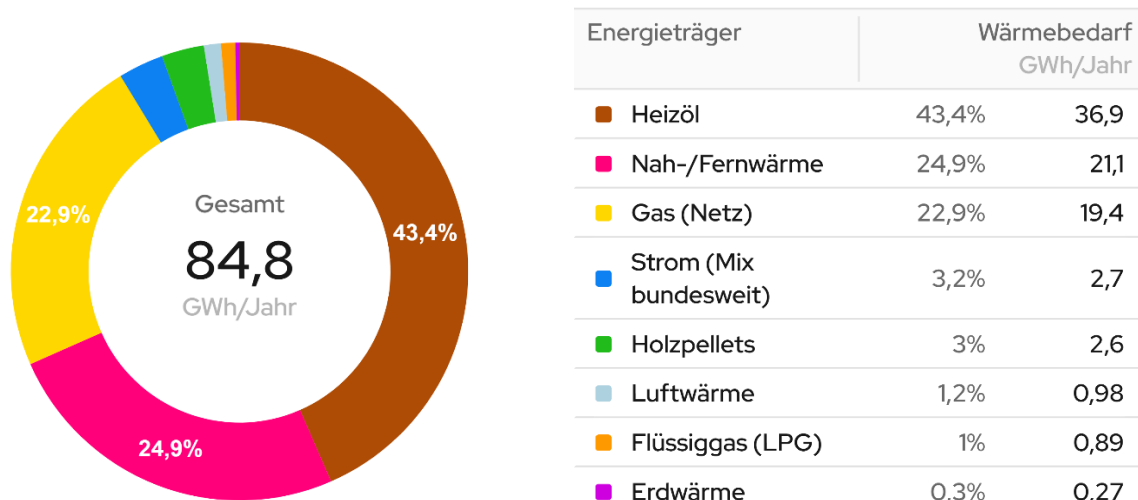


Abbildung 17: Wärmebedarf nach Energieträgern

Vom Gesamtwärmebedarf entfallen ca. 78 % auf das private Wohnen, 17 % auf Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), rund 4 % auf den öffentlichen Sektor und 1 % 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. Dadurch können Kommunen fundierte Entscheidungen treffen, um Energieverluste zu minimieren, die Versorgung effizienter zu gestalten und ihre Klimaziele wirksam zu verfolgen.

²⁰ 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.

3.6.3 Wärme- und Wärmeliniedichten

Abbildung 18 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 Wärmenetzplanung näher zu untersuchen sind. Die Siedlungsbereiche von Brühl weisen überwiegend geringe bis mittlere Wärmebedarfsdichten auf. Erhöhte Bedarfsdichten sind z. B. in Bereichen gewerblicher Nutzung sowie bei der Schiller-Schule und der nordöstlich davon gelegenen Mehrfamilienhausbebauung erkennbar.

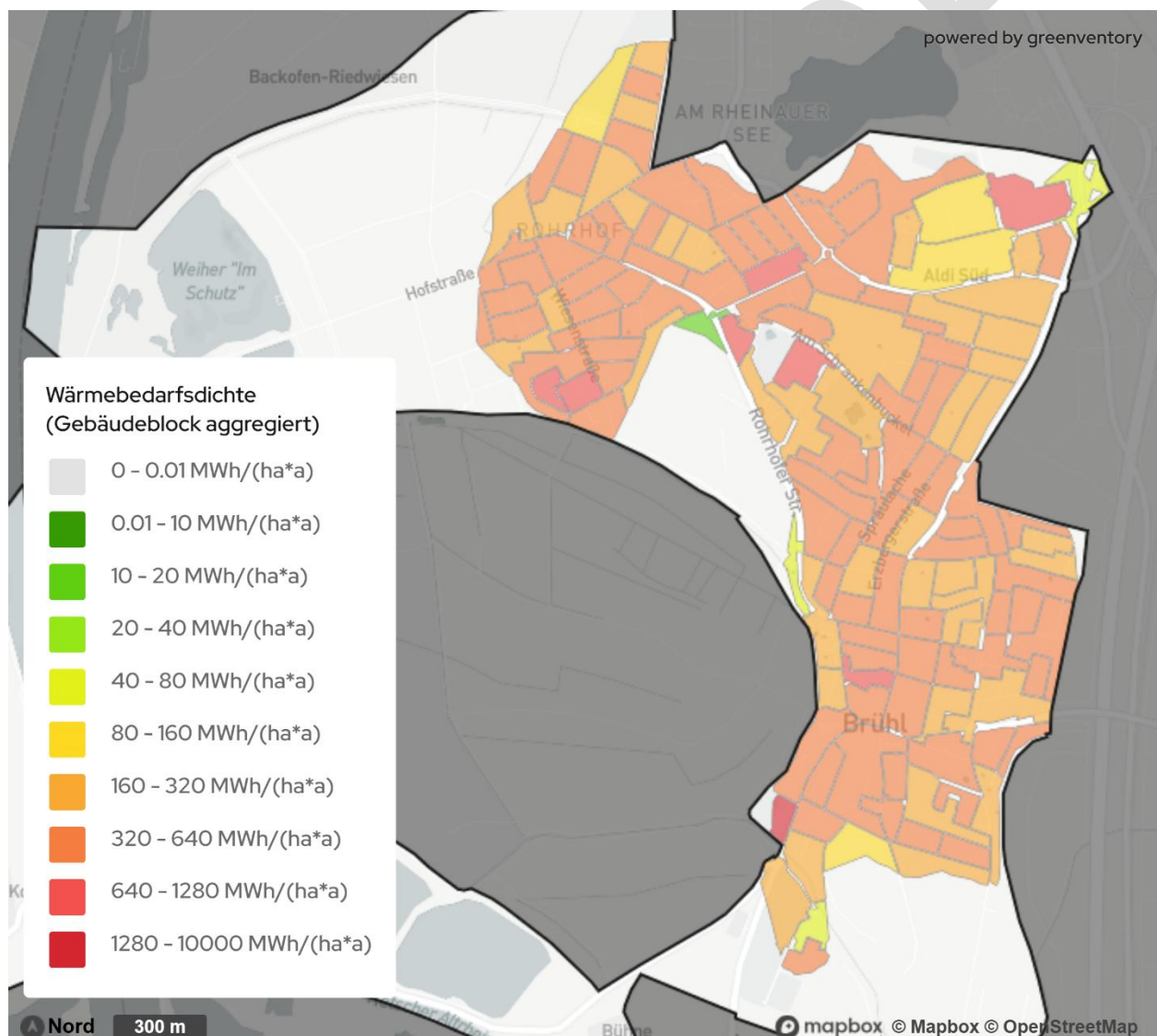


Abbildung 18: Spezifische Wärmedichte auf Gebäudeblockebene

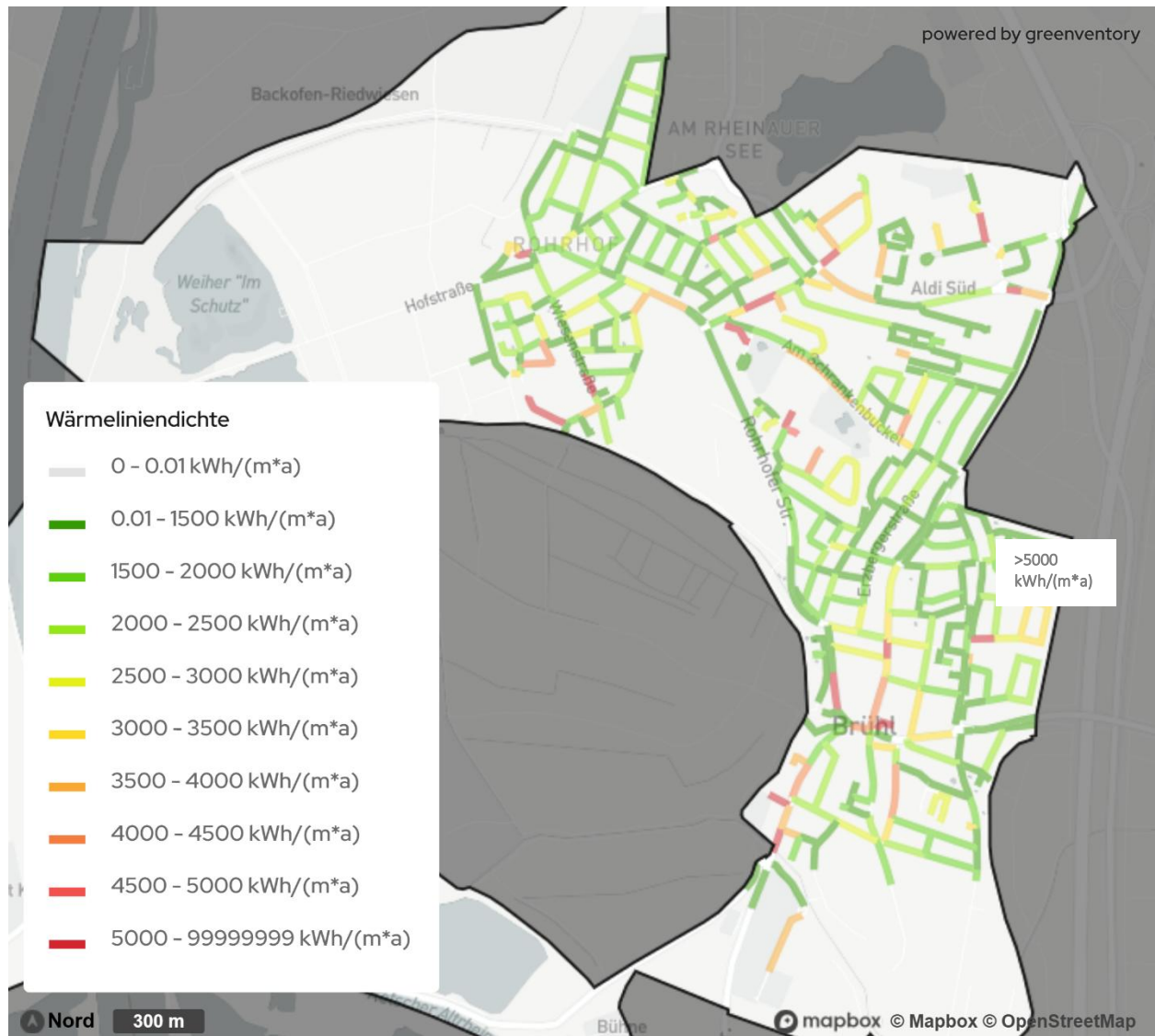


Abbildung 19: Wärmebedarf nach Straßensegmenten (Wärmelinien-dichte)

Auch die **Wärmelinien-dichte** (vgl. Abbildung 19) ermöglicht eine spezifische Aussage hinsichtlich potenzieller Wärmeabnahmemengen in Bezug auf vordefinierte Straßenabschnitte (kWh je m/Jahr)²¹. Diese spiegelt weitgehend die baublockbezogene Darstellung wider. Erkennbar ist bspw. ein erhöhter Wärmebedarf im Bereich der Bussardstraße im Süden von Rohrhof, welcher auf die dortigen Mehrfamilienhäuser zurückzuführen ist. Auch sind erhöhte Wärmelinien-dichten im Ortskern Brühls erkennbar. Diese können auf die dortige höhere Bebauungsdichte zurückgeführt werden.

²¹ Üblicherweise umfasst ein Straßensegment den Abschnitt zwischen zwei Straßenkreuzungen.

3.6.4 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 diese Karte aufgrund von Wahrung des Datenschutzes, von Geschäftsgeheimnissen und zum Schutz kritischer Infrastruktur nach der Entscheidung der planungsverantwortlichen Stelle nicht veröffentlicht.

3.6.5 Treibhausgas-Emissionen

Abbildung 20 zeigt die jährlichen THG-Emissionen im Wärmebereich für den Status Quo, gegliedert nach den einzelnen Energieträgern bzw. Heiztechnologien. In Summe werden demnach rund 22,4 kt CO₂e pro Jahr emittiert.

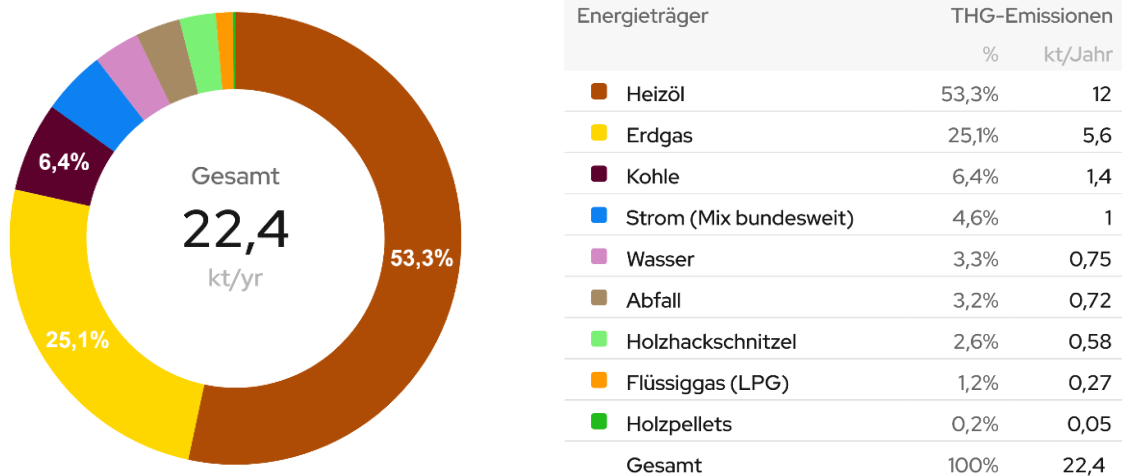


Abbildung 20: THG-Emissionen nach Energieträgern

Die höchsten THG-Emissionen werden mit 53 % durch den Einsatz von Heizöl als Energieträger verursacht, gefolgt von 25 % durch den Einsatz von Erdgas. Die Fernwärme wird mit den Energieträgern Kohle, Strom, Umgebungswärme aus Wasser, Abfall und Altholz (hier Holz hackschnitzel genannt) erzeugt und besitzt insgesamt einen Anteil an den THG-Emissionen von rund 20 %. Der THG-Emissionsfaktor des Wärmenetzes profitiert gegenüber den fossilen Energieträgern von der gemeinsamen Strom- und Wärmeerzeugung im KWK-Prozess und perspektivisch von der Transformationsfähigkeit der Wärmeerzeuger.

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

Die THG-Emissionen ergeben sich in der Gemeinde Brühl vorwiegend aus dem Sektor private Haushalte (79 %), gefolgt von dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (17 %), den öffentlichen Bauten (3 %) und der Industrie und Produktion mit 1 Prozent.

4 Potenzialanalyse

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

4.1 Energieeinsparung und Energieeffizienz

- Energetische Sanierung der Wohngebäude und Nichtwohngebäude

Die energetische Sanierung der Bestandsgebäude bietet einen großen Hebel, um den Raumwärmebedarf der Gebäude zu senken. Manche Häuser sind effizienter, vor allem Neubauten oder sanierte Gebäude, andere wiederum weniger effizient. Eigentümer schlecht isolierter Gebäude sind hingegen oft sparsamer und heizen nicht so viel oder nicht so viele Räume. In Brühl sind knapp zwei Drittel des Wohngebäudebestands vor der ersten Wärmeschutzverordnung (1977) erbaut, d. h. zu einer Zeit, als Energieeffizienz generell noch keine wesentliche Rolle beim Neubau spielte.

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 wird²², 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 %.²³ Um die lokalen Klimaziele zu erreichen, wurde für Brühl eine jährliche Sanierungsrate von 1 % festgelegt, wobei von einer Sanierungstiefe der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 ausgegangen wird.²⁴

Den Nichtwohngebäuden liegen, je nach Sektor, pauschale interpolierte, prozentuale Einsparungsfaktoren nach dem Endbericht der Studie „Energie und Klimaschutzziele 2030“ zugrunde.²⁵

Die sich daraus ergebenden berechneten Einsparpotenziale für den Gebäudebestand werden im nachstehenden Diagramm (Abbildung 21) gezeigt. Die Einsparung durch Sanierung bis zum

²² Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*.

²³ Vgl. Bundesverband energieeffiziente Gebäudehüllen e.V. (BuVEG), „Sanierungsquote im deutschen Gebäudebestand“.

²⁴ Energieeinsparverordnung EnEV 2014: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, vom 18. November 2013 (BGBl. 2013 I Nr. 67).

²⁵ Fuchs u. a., *Energie- und Klimaschutzziele 2030*.

Zieljahr beträgt ca. 11 %, bzw. entspricht einer Senkung von einem aktuellen Wärmebedarf von 85 GWh/a auf 76 GWh/a im Jahr 2040.

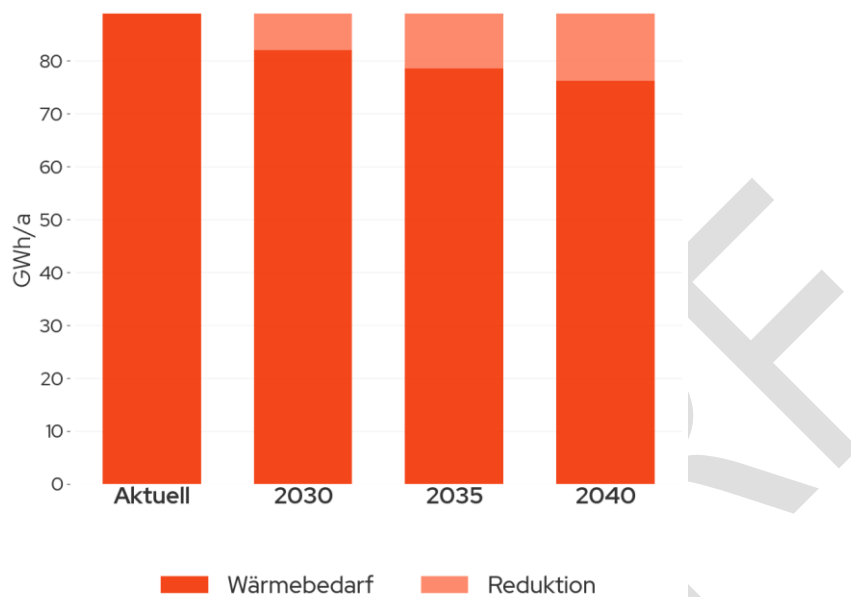


Abbildung 21: Potenziale für die Wärmebedarfsreduktion bis zum Zieljahr (2040) inklusive Darstellung von Zwischenjahren

Weitere Potenziale zur Effizienzsteigerung im Gebäudebestand betreffen insbesondere folgende Maßnahmen (vgl. auch Abbildung 22):

- 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 oder vor allem der hydraulische Abgleich, bei dem alle Teile des Heizsystems genau aufeinander abgestimmt werden.²⁶
- 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 effiziente Umwandlungs- und Erzeugertechnologien. Weitere Potenziale bietet die

²⁶ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), „Kostet wenig, bringt viel: der hydraulische Abgleich“.

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.

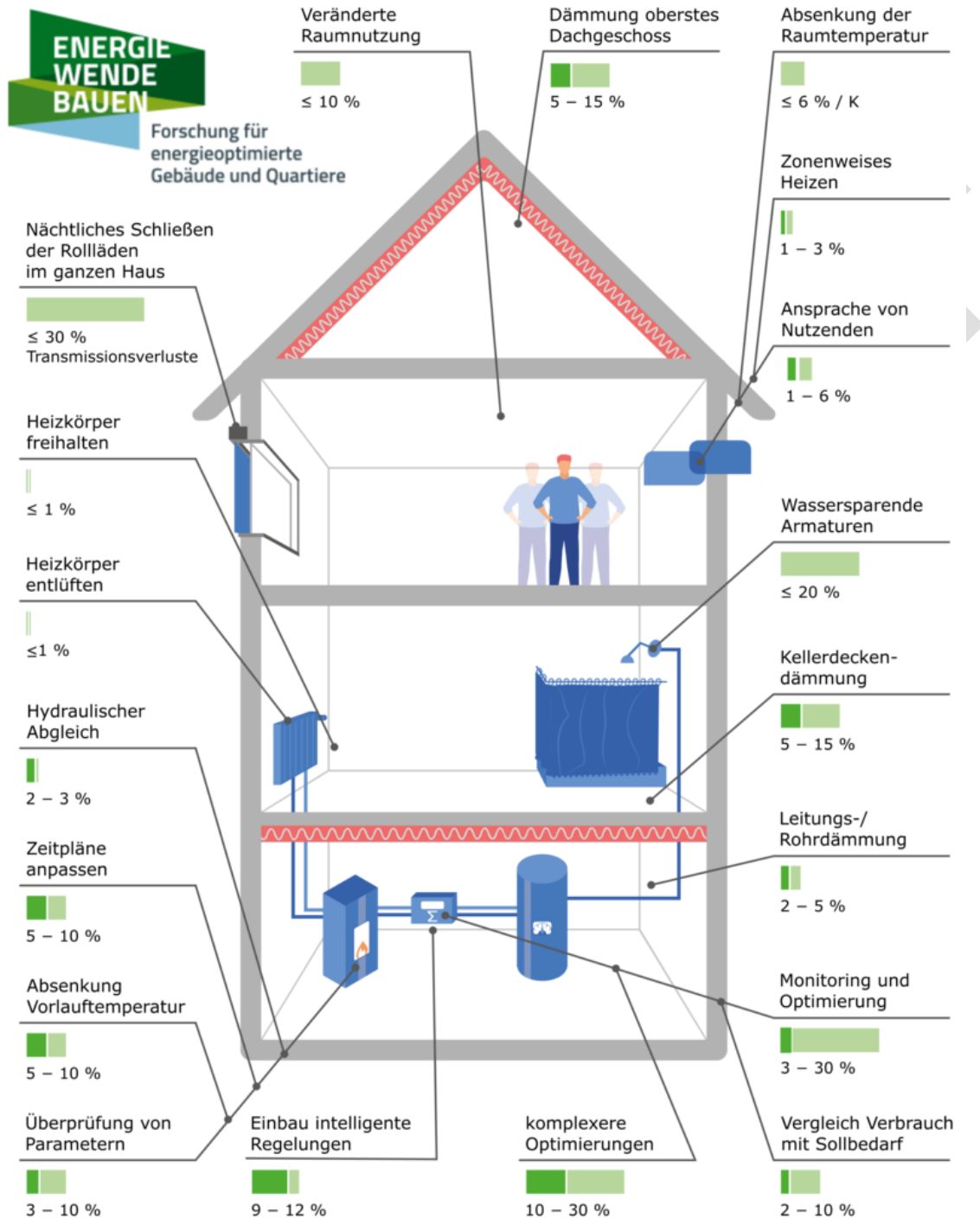


Abbildung 22: Mögliche Effizienzmaßnahmen und potenzielle Einsparungen im Gebäudebestand²⁷

²⁷ Rehmann, Streblov, und Müller, *Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und Quartieren*.

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 Abbildung 23 sind Teilgebiete mit erhöhten Einsparpotenzialen dargestellt. Die Sanierungspotenzialklasse (niedrig, mittel, hoch) basiert auf der Sanierungstiefe, welche sich aus dem Verhältnis von spezifischem Wärmebedarf (berechnet nach TABULA (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment)).²⁸ Für weite Teile von Brühl kann hier ein mittleres Wärmeeinsparungspotenzial ermittelt werden. Flächendeckend hohe Einsparpotenziale sind für Brühl nicht zu bestimmen. Lediglich für einen Baublock entlang Im Ederwinkel / Rohrhofer Straße / Mannheimer Straße ist nach der angewandten Methodik ein erhöhtes Wärmebedarfsreduktionspotenzial zu bestimmen. Das Neubaugebiet „Grüne Mitte“ wird in der Darstellung auf Basis des alten Bestands als „mittel“ dargestellt, ist aber entgegen der Darstellung mit einem niedrigen Wärmebedarfsreduktionspotenzial anzusehen, da in den Neubauten ein hoher Energiestandard verwirklicht ist/wird.

²⁸ Vgl. <https://www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/tabula/>

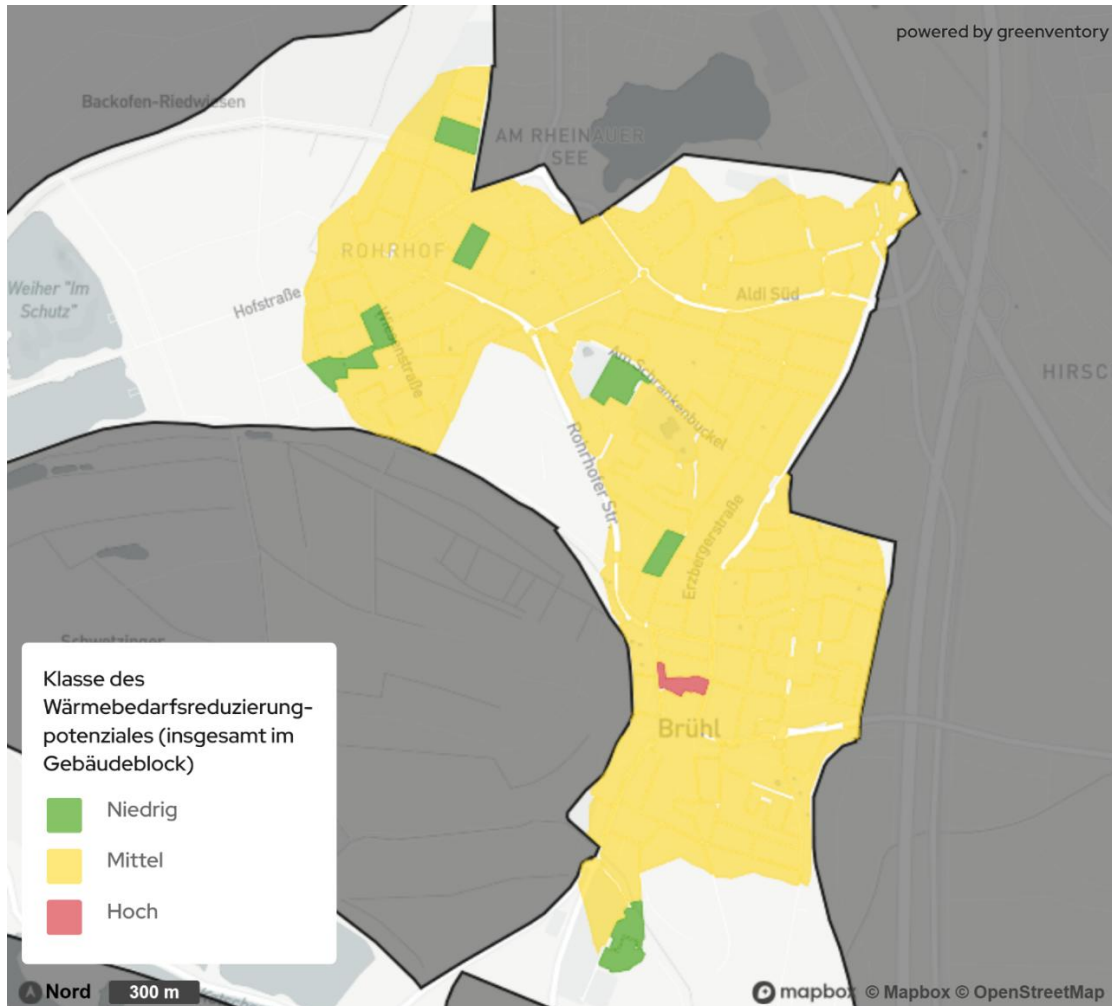


Abbildung 23: Räumliche Verteilung der Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

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 Missstände²⁹, 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.

²⁹ 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).

4.3 Nutzung der Wärme aus Abwasser (inkl. Betrachtung Kläranlage)

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.³⁰

Um das Potenzial der **Abwasserwärme** im kommunalen Entwässerungssystem beurteilen zu können, sind neben einer ausreichenden Dimensionierung des Abwasserkanals zur Installation von Wärmetauschertechnologien vor allem ein ausreichender Trockenwetterabfluss von 15 Liter pro Sekunde³¹ 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 installiert wird.

Nach Angaben des Betreibers wird in der Kläranlage zwischen Brühl und Ketsch das Abwasser von rund 101.000 Einwohnern verarbeitet. Die Abwassertemperatur beträgt 10 bis 24 °C, wobei diese abhängig ist von jahreszeitlichen Schwankungen. Der Trockenwetterabfluss an der Kläranlage beträgt 100 l/s. Das Gelände verfügt über zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs) mit je einer elektrischen Leistung von 200 kW.

Das Potential für Abwärme aus dem Abwasserkanal wird als nicht gegeben eingestuft, da laut Betreiberaussage das Abkühlen des in die Kläranlage strömenden Abwassers den Kläranlagenbetrieb stören würde. Das Nutzen des Kläranlagenablaufes als Wärmequelle wäre hingegen theoretisch möglich. Bei einer Abkühlung des Ablaufes auf 4°C wäre eine thermische Wärmepumpenleistung von 9,3 MW möglich. Würde man sich das Wärmepotential mit Ketsch teilen, dann stünde Brühl ein Wärmepotential von rund 13.900 MWh pro Jahr zur Verfügung.

Um das Abwärmepotenzial aus dem Ablauf der Kläranlagen nutzen zu können, muss die Kläranlage in der Nähe eines möglichen Wärmenetzgebietes liegen. Diese Voraussetzung ist in Brühl nur mäßig gut erfüllt und die Wirtschaftlichkeit dieses Potentials müsste bei Bedarf genauer untersucht werden.

³⁰ Vgl. Buri und Kobell, Wärmenutzung aus Abwasser.

³¹ Vgl. Buri und Kobell, 2.

4.4 Nutzung industrieller Abwärme

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 mithilfe eines Fragebogens hinsichtlich einer potenziellen Abwärmeauskopplung angefragt. Zudem wurden Einträge der Plattform für Abwärme des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle geprüft.³² Die Prüfung hat ergeben, dass für Brühl derzeit kein Abwärmepotenzial vorliegt.

4.5 Erneuerbare Erzeugungspotenziale in Brühl

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

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden die auf der Gemarkung vorhandenen Potenziale der wesentlichen erneuerbaren Energieträger für Wärme und Strom ermittelt. Nach dem Leitfaden für kommunale Wärmepläne des KWW Halle *„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.“*³³

Das Wärmeplanungsgesetz 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.

In den nachfolgenden Kapiteln werden daher zunächst die unterschiedlichen technischen erneuerbaren Energiepotenziale auf Gemarkungsebene quantifiziert. Einer Potenzialerhebung können, je nach Art des Potenzials, unterschiedliche Flächenrestriktionen entgegenstehen. Die

³² Bundesstelle für Energieeffizienz beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), *Plattform für Abwärme*.

³³ Ortner u. a., Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche.

nachfolgende Abbildung zeigt zu beachtende Einschränkungen auf Gemarkungsebene, darunter Naturschutzgebiete, Überflutungsrisikozonen und FFH-Gebiete, wobei sich die Flächen der Überflutungsrisikozonen und der FFH-Gebiete in großen Teilen überschneiden. Betroffen von potenziellen Flächenrestriktionen ist insbesondere der Westen der Gemarkung. Hier fallen rund 400 Hektar unter Natur-/FFH-Schutz auf die linksrheinische Kollerinsel. Etwa 300 Hektar stehen rechtsrheinisch unter Natur- oder FFH-Schutz. Auch befinden sich dort Vogelschutzgebiete. Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete liegen nicht auf der Gemarkung vor.

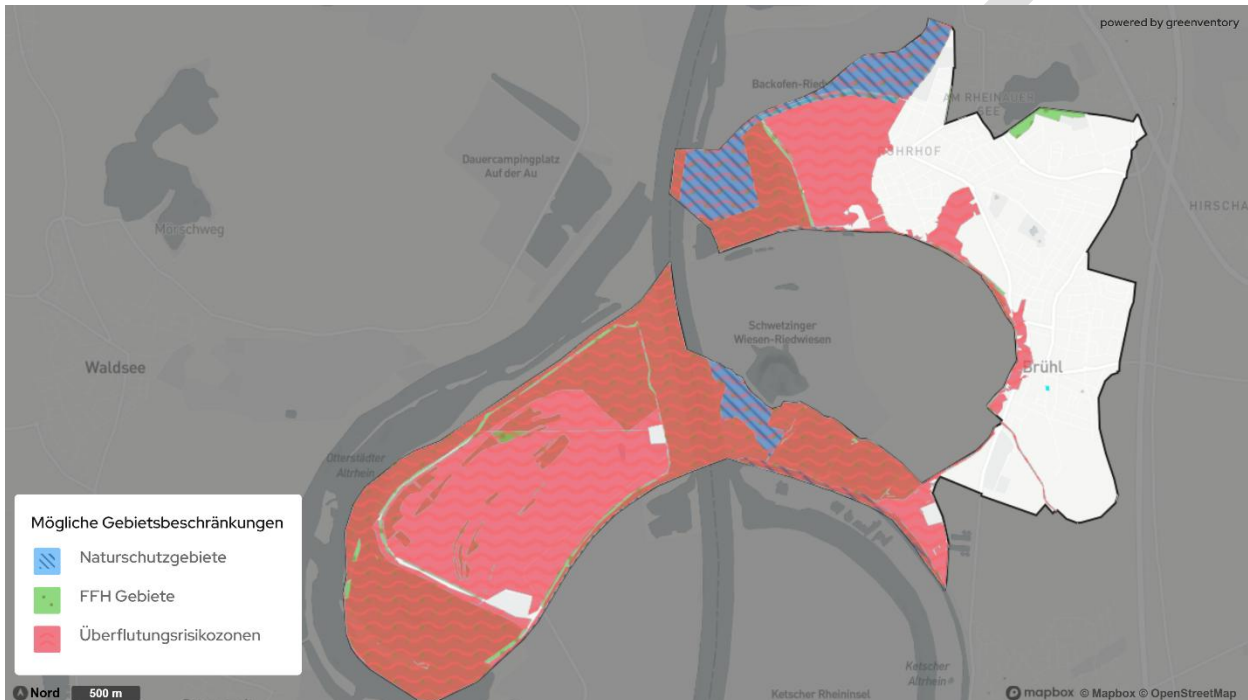


Abbildung 24: Mögliche Gebietsrestriktionen für Potenzialflächen

4.5.1 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. Sie 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 Nutzung 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 Wärmeerzeugung verwendet werden.

Die räumliche Verteilung der für Biomasse u. U. relevanten Landnutzungsarten ergibt sich aus Abbildung 25:

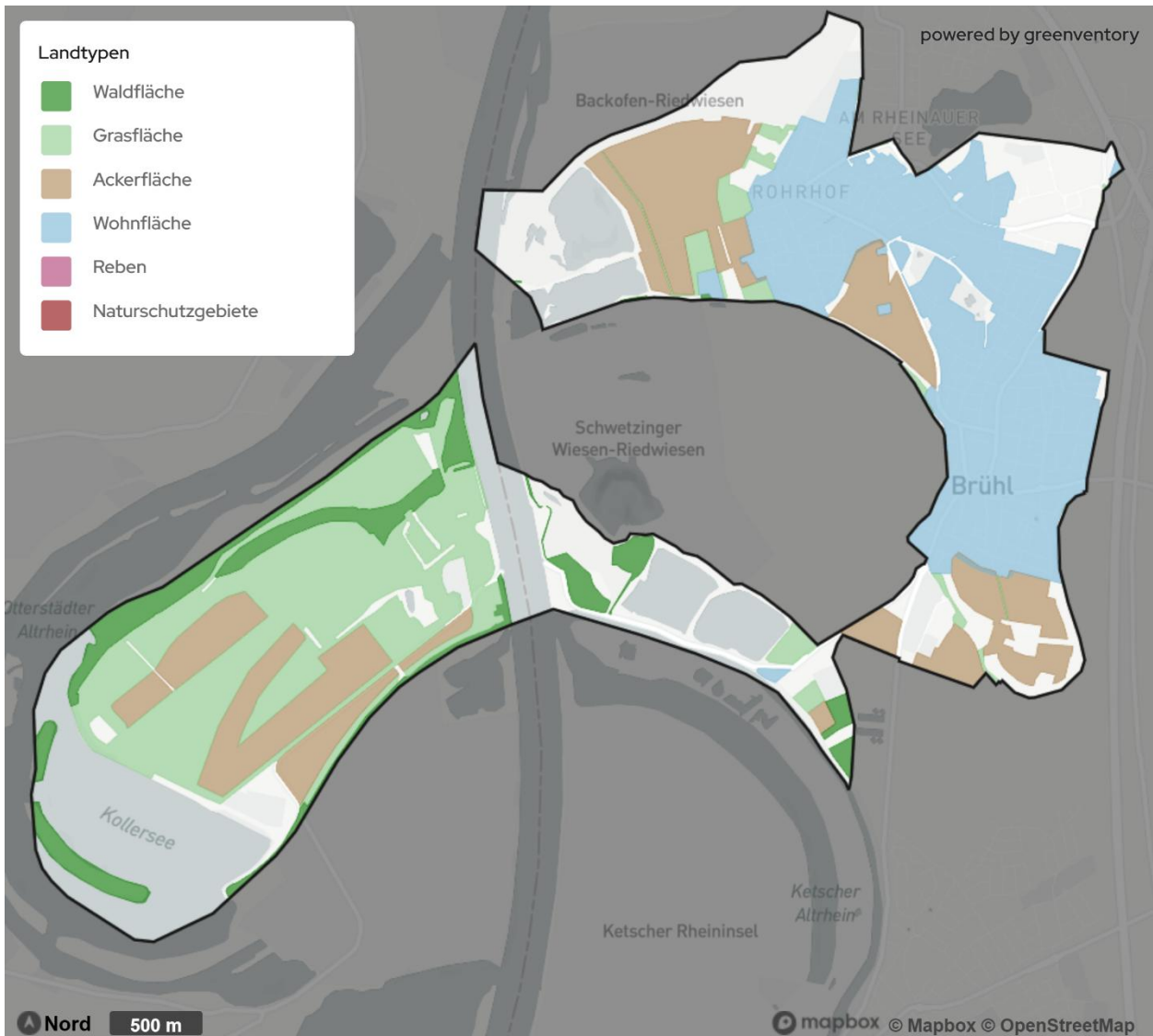


Abbildung 25: Flächennutzung nach Biomassepotenzialarten

In Summe ergibt sich für die Gemarkung Brühl ein technisches Potenzial zur Wärmeengewinnung durch Biomassenutzung in Höhe von ca. 7.600 MWh/a, wobei 4.600 MWh/a auf landwirtschaftliche Flächen (Energiepflanzen) und Grasflächen, 200 MWh/a auf Waldflächen und 2.700 MWh/a auf Siedlungsabfälle entfallen. Für die Gewinnung von Strom aus Biomasse beträgt die Summe 3.300 MWh/a.

Die energetischen Potentiale aus den Siedlungsabfällen wird schon durch die Abfallentsorgungsanlage in Sinsheim genutzt.

4.5.2 Oberflächennahe Geothermie

Bei der Erdwärme unterscheidet man grundsätzlich zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie (bis 400 m Bohrtiefe).³⁴ Bei der oberflächennahen Geothermie gibt es vorrangig die folgenden Verfahren:³⁵

- **Grundwassernutzung:** Über Entnahme- und Schluckbrunnen wird dem Grundwasser Wärme 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.

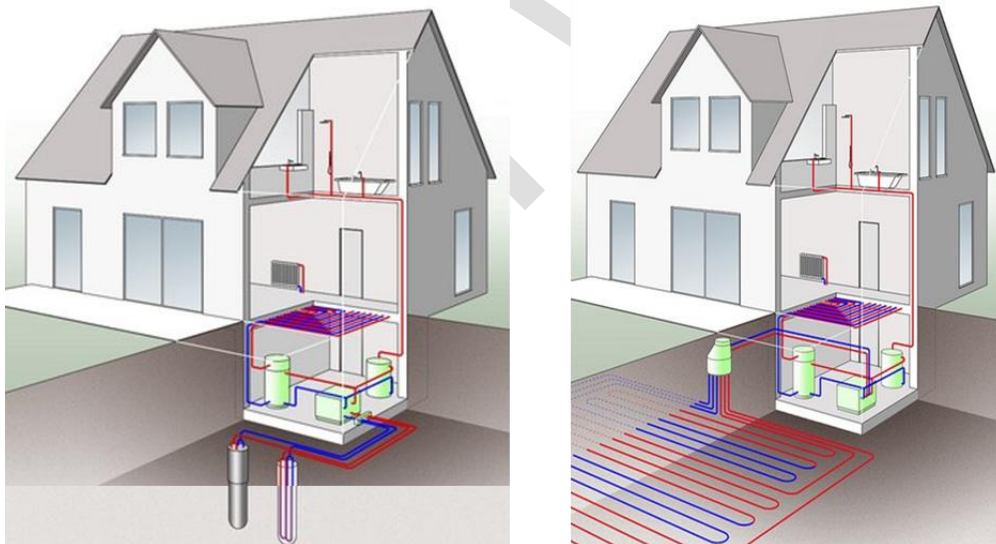


Abbildung 26: Schematische Darstellungen einer Erdwärmesonde und eines Erdwärmekollektors³⁶

³⁴ Vgl. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), *Erdwärmennutzung in Hessen - Leitfaden für Erdwärmesondenanlagen zum Heizen und Kühlen*.

³⁵ 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*.

³⁶ Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP), „Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor & -sonde“.

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 – jedoch meist nur nach Anpassungen an Heizflächen und/oder Gebäudehülle zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste und zur Senkung der erforderlichen Vorlauftemperaturen. Wärmepumpen arbeiten effizienter mit einem möglichst geringen Temperaturhub (Differenz der Wärmequellentemperatur und der Vorlauftemperatur des Heizsystems). Somit arbeitet eine Sole- oder Wasser-Wärmepumpe mit geothermischer Bohrung bei kalten Temperaturen im Winter deutlich effizienter als eine Luft-Wärmepumpe.

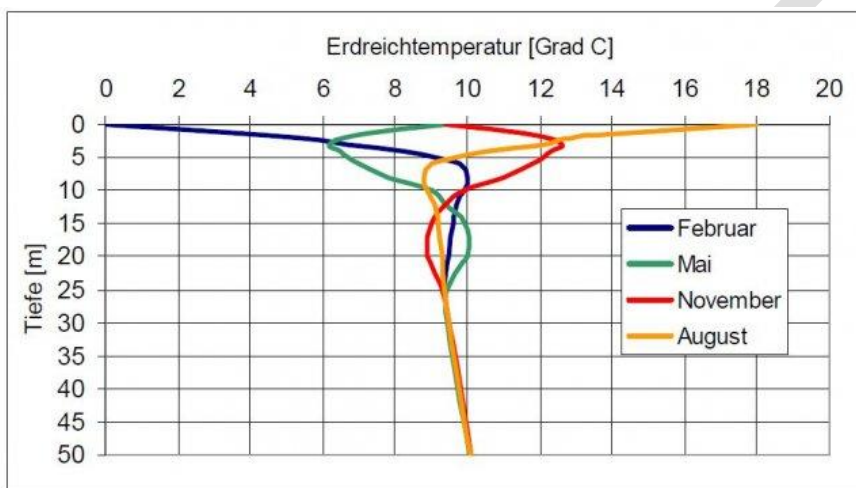


Abbildung 27: Erdreichtemperaturen nach Tiefe unter der Geländeoberkante³⁷

Bei der Nutzung von oberflächennaher Geothermie ist das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zu berücksichtigen. Auf der Gemarkung Brühl liegen allerdings weder Wasserschutzgebiete noch Heilquellenschutzgebiete vor. Bei Erdwärmebohrungen ist jedoch dennoch das Bundesberggesetz (BbergG) zu berücksichtigen. Weitere Informationen zur Erdwärmennutzung in Baden-Württemberg finden sich in der Broschüre zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden des Umweltministeriums Baden-Württemberg.³⁸

Potenzial durch Erdwärmekollektoren

Für das Untersuchungsgebiet wurden im Rahmen der Wärmeplanung die technischen Potenziale unter Berücksichtigung der rechtlichen Einschränkungen für die Wärmegewinnung durch

³⁷ Hubbuch, „Optimierung von Erdwärmesonden“.

³⁸ Vgl. Umweltministerium Baden-Württemberg, *Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden*.

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.

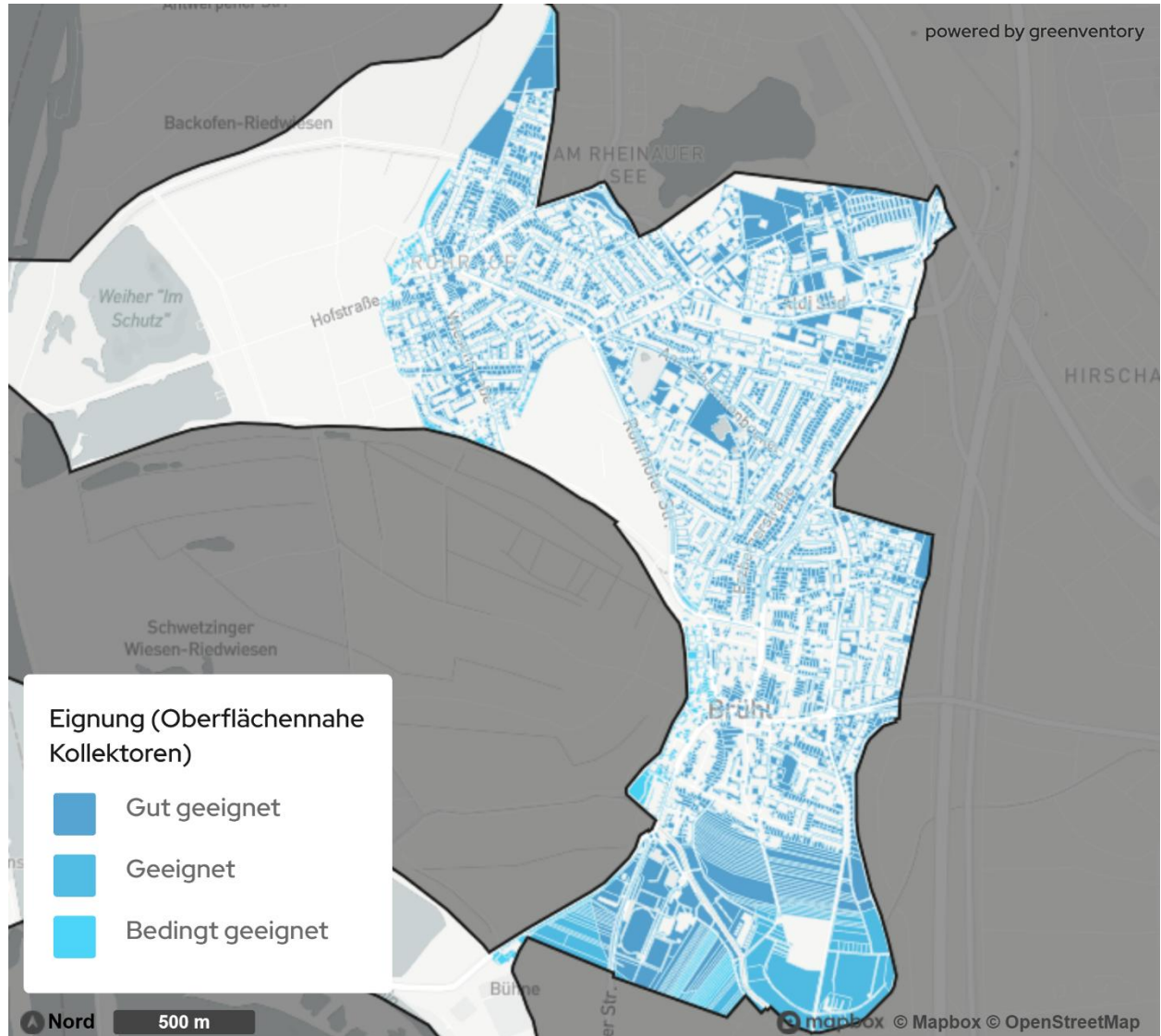


Abbildung 28: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Kollektoren

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 60 GWh/a für die Nutzung von Erdwärmekollektoren.

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.

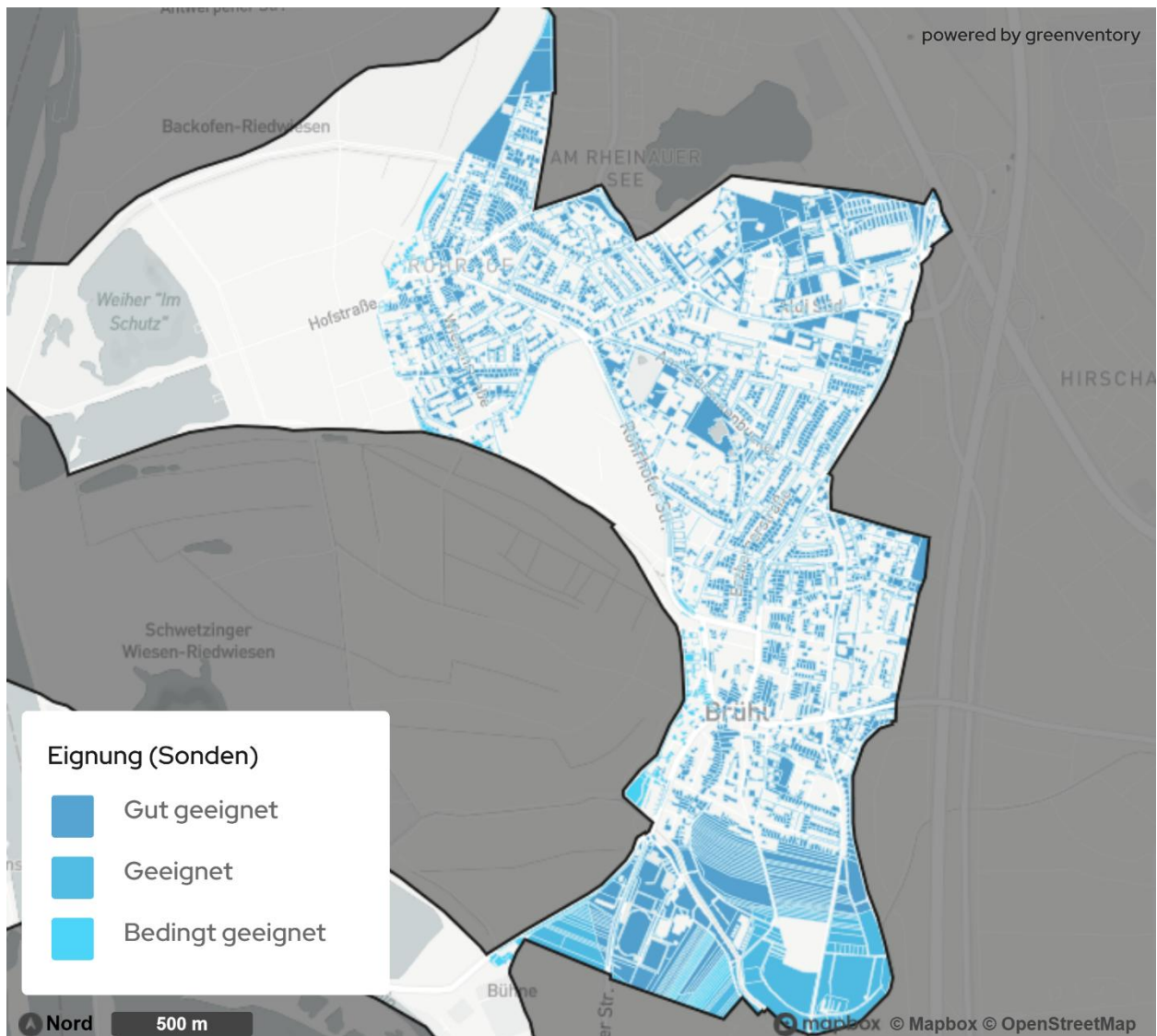


Abbildung 29: Technische Potenzialflächen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie - Sonden

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 185 GWh/a für die Nutzung von Erdwärmesonden.

4.5.3 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.³⁹ 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.⁴⁰

Der Realisierung einer tiefengeothermischen Anlage gehen umfangreiche Voruntersuchungen und Genehmigungsverfahren voraus. Die GeoHardt GmbH hat aktuell Untersuchungen für ein rund 7.000 Hektar großes Gebiet im Bereich von Mannheim, Brühl, Ketsch, Schwetzingen, Plankstadt, Heidelberg und Oftersheim durchgeführt, mit dem Ziel Standorte zu identifizieren, die sich aufgrund der geologischen Gegebenheiten bzw. heißen Tiefenwassers für die Wärmeversorgung eignen.⁴¹

Schon ab dem Jahr 2005 wurden von GeoEnergy GmbH seismische Untersuchungen und eine erste Tiefengeothermie Bohrung durchgeführt. Das Projekt wurde aufgrund der Insolvenz des Betreibers abgebrochen. Im Anschluss daran wurde das Thema aufgrund Widerstandes aus der Bevölkerung und des Gemeinderats zunächst nicht weiterverfolgt.⁴²

Auf der Gemarkung haben bereits zwei erfolgreiche Bohrungen stattgefunden, die noch immer bestehen. Diese weisen Tiefen von 400 m und 3.000 m auf. Es stellte sich bei diesen Bohrungen heraus, dass es sich um artesischen Grundwasserleiter handelt. Da inzwischen neue und bewährte Technologien zur geothermischen Wärmenutzung zur Verfügung stehen, ist es denkbar das vorhandene Potential der beiden Bohrlöcher zukünftig zu nutzen, beispielsweise mittels tiefer Erdwärmesonde.

Laut persönlicher Mitteilung der GeoHardt GmbH gibt es in Brühl das Potential zur Errichtung einer weiteren Tiefengeothermieanlage mit 20 MW Leistung. Mit 7800 Vollbenutzungsstunden wäre damit ein Wärmepotential von 158 GWh/a möglich.

³⁹ Vgl. Moeck, *Metastudie zur nationalen Erdwärmestrategie*, 5.

⁴⁰ Vgl. Deutsche Umwelthilfe e.V., *Positionspapier Tiefengeothermie - Die unterschätzte Wärmequelle*, 4.

⁴¹ Informationsportal Tiefe Geothermie, „GeoHardt: 3D-seismische Messungen abgeschlossen“.

⁴² Informationsportal Tiefe Geothermie, „Informationsportal Tiefe Geothermie: Brühl“.

4.5.4 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.

Brühl 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 Endenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung⁴³ sowie 10 % des Endenergieverbrauchs für die Gebäudeheizung⁴⁴ abgedeckt werden können. Bei größerer Auslegung einer Solarthermieanlage 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).⁴⁵

Grundsätzlich sind vor allem große Dachflächen für eine Nutzung mit Solarthermie geeignet. Abbildung 30 zeigt, welche Baublöcke eine besonders gute Eignung aufweisen. Hierbei tritt insbesondere das nördlich gelegene Gewerbegebiet mit hohen Potenzialen hervor. Dies ist auf die dort vorhandenen größeren Dachflächen zurückzuführen.

Das für die Gemarkung ermittelte technische Potenzial der Gesamtheit der betrachteten Dachflächen entspricht 54 GWh/a. Es kann davon ausgegangen werden, dass künftig für Dachflächen

⁴³ Vgl. Frahm, „Solaranlagenportal: Auslegung & Dimensionierung einer Solarthermieanlage“.

⁴⁴ Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, *Informationsblatt - Häufig gestellte Fragen zum EWärmeG 2015 (Novelle)*.

⁴⁵

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

vor allem eine Photovoltaik-Nutzung bevorzugt wird, sodass voraussichtlich nur ein geringer Anteil der Dach-Potenzialflächen tatsächlich auf Solarthermie entfallen wird.

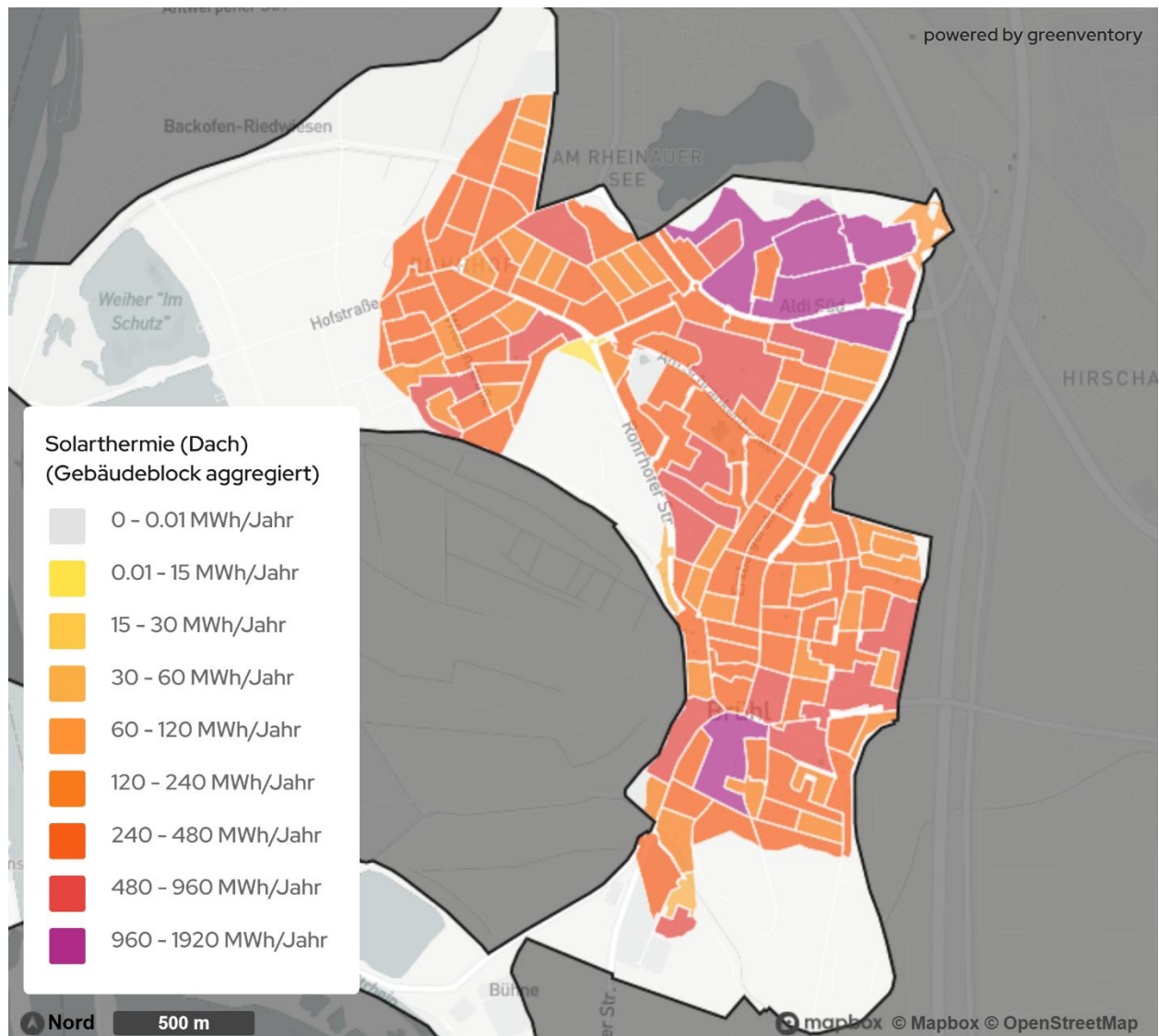


Abbildung 30: Solarthermie-Potenzial auf Dachflächen in einer gebäudeblockbezogenen Darstellung

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 Schutzgebieten oder Überschwemmungsgebieten. Zudem sind aus erschließungstechnischen Gründen sehr kleine oder schmale Flächen ausgeschlossen ($< 500 \text{ m}^2 / 5 \text{ m}$ Mindestbreite).

Die Verteilung der daraus resultierenden Potenzialflächen kann Abbildung 31 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 43 GWh/a.

Es ist zu beachten, dass die Flächen in der Regel in Flächenkonkurrenz zu bestehenden Nutzungen sowie den Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaik (vgl. Kapitel 4.5.7) stehen.



Abbildung 31: Potenzialflächen für Freiflächen-Solarthermie (technisches Potenzial)

4.5.5 Umweltwärme aus Außenluft mittels Wärmepumpe

Für die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen stehen neben der oberflächennahen Geothermie und Abwärme/Abwasser auch die Wärmequellen Umgebungsluft zur Verfügung. 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 im Vergleich zu Direktstromheizungen deutlich geringeren Stromeinsatz zur effizienten Wärmeerzeugung genutzt werden aufgrund ihrer Jahresarbeitszahl (JAZ, o.a. COP, i.d.R. zwischen 2 bis 5), die das Verhältnis von Nutzwärme und meist als Elektrizität zugeführter Energie angibt.⁴⁶

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 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 GEG⁴⁷.

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 Strombedarf⁴⁸. Ob sich der Einsatz ohne Sanierung wirtschaftlich lohnt, ist im Einzelfall zu prüfen.

Zur Ermittlung des Luft-Wärmepumpen-Potenzials innerhalb von Brühl 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. Als Mindestabstand werden hier 10 m berücksichtigt. Zudem werden Straßen, Plätze o. ä. Flächen innerhalb des Siedlungsbereichs ausgeschlossen.

Abbildung 32 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.

⁴⁶ Vgl. Nussbaumer u. a., *Planungshandbuch Fernwärme V1.2*, 31 f.

⁴⁷ 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.

⁴⁸ Vgl. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, *Die Rolle der Gebäudeeffizienz für die Wärmewende*, 8–9.

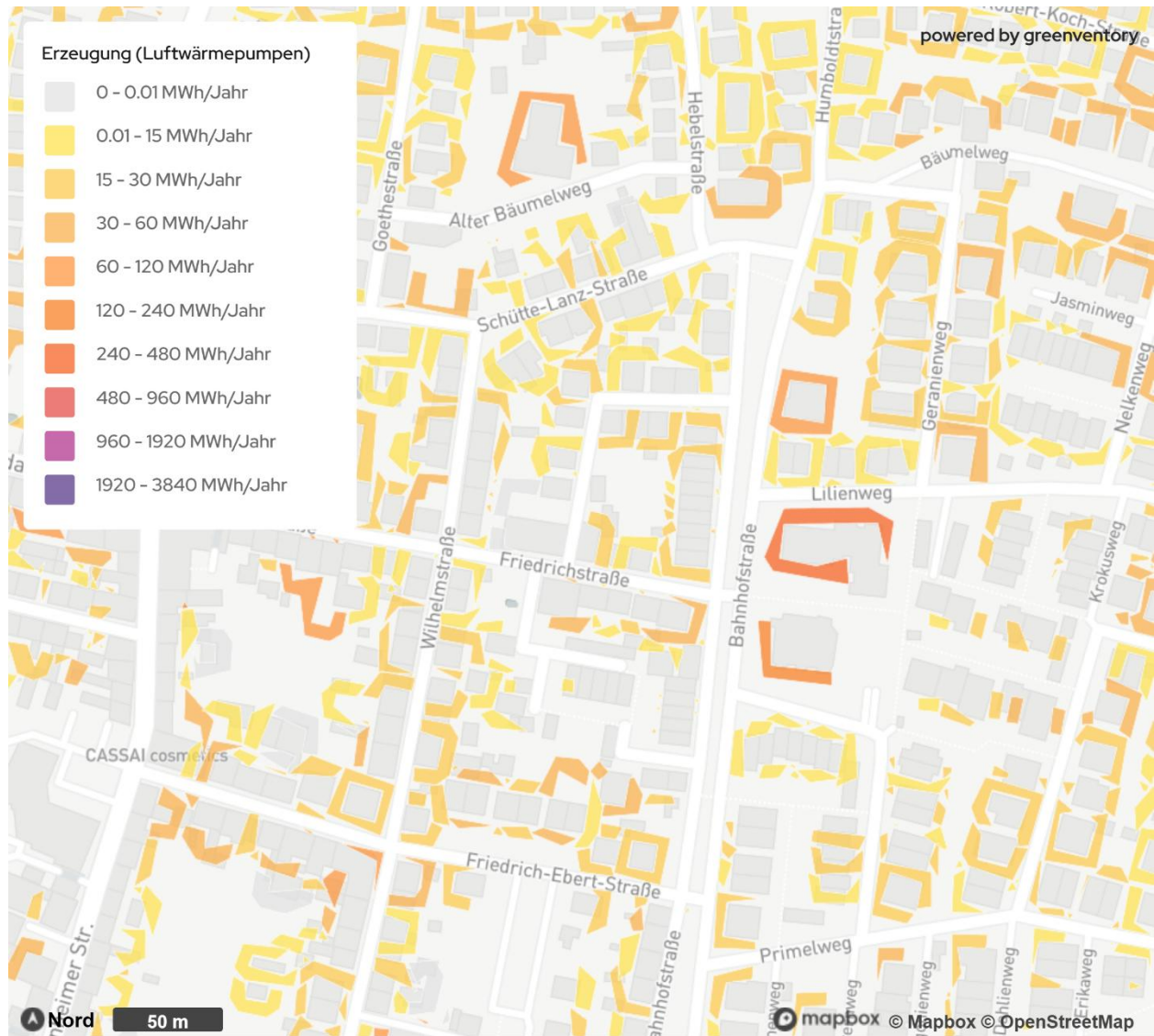


Abbildung 32: Beispielhafter Ausschnitt des Erzeugungspotenzials für die Errichtung von Luftwärmepumpen im Siedlungsbereich

Für die Siedlungsbereiche wird unter den oben getroffenen Annahmen ein technisches Potenzial für Luftwärmepumpen von 78,4 GWh/a ermittelt. 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.

4.5.6 Flusswärme

Brühl liegt zwar unmittelbar am Rhein, jedoch sind alle Flächen in der Nähe des Flusses Naturschutz- oder Landschaftsschutzgebiet und somit für eine Flusswärmenutzung ungeeignet.

4.5.7 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-/Wasserpumpen erheblich an Bedeutung gewinnen.

Die Potenzialberechnung erfolgt nach dem Leitfaden für Kommunale Wärmeplanung der KEA BW.⁴⁹ 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.

⁴⁹ Vgl. Peters, Steidle, und Böhnisch, *Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden (KEA-BW)*.

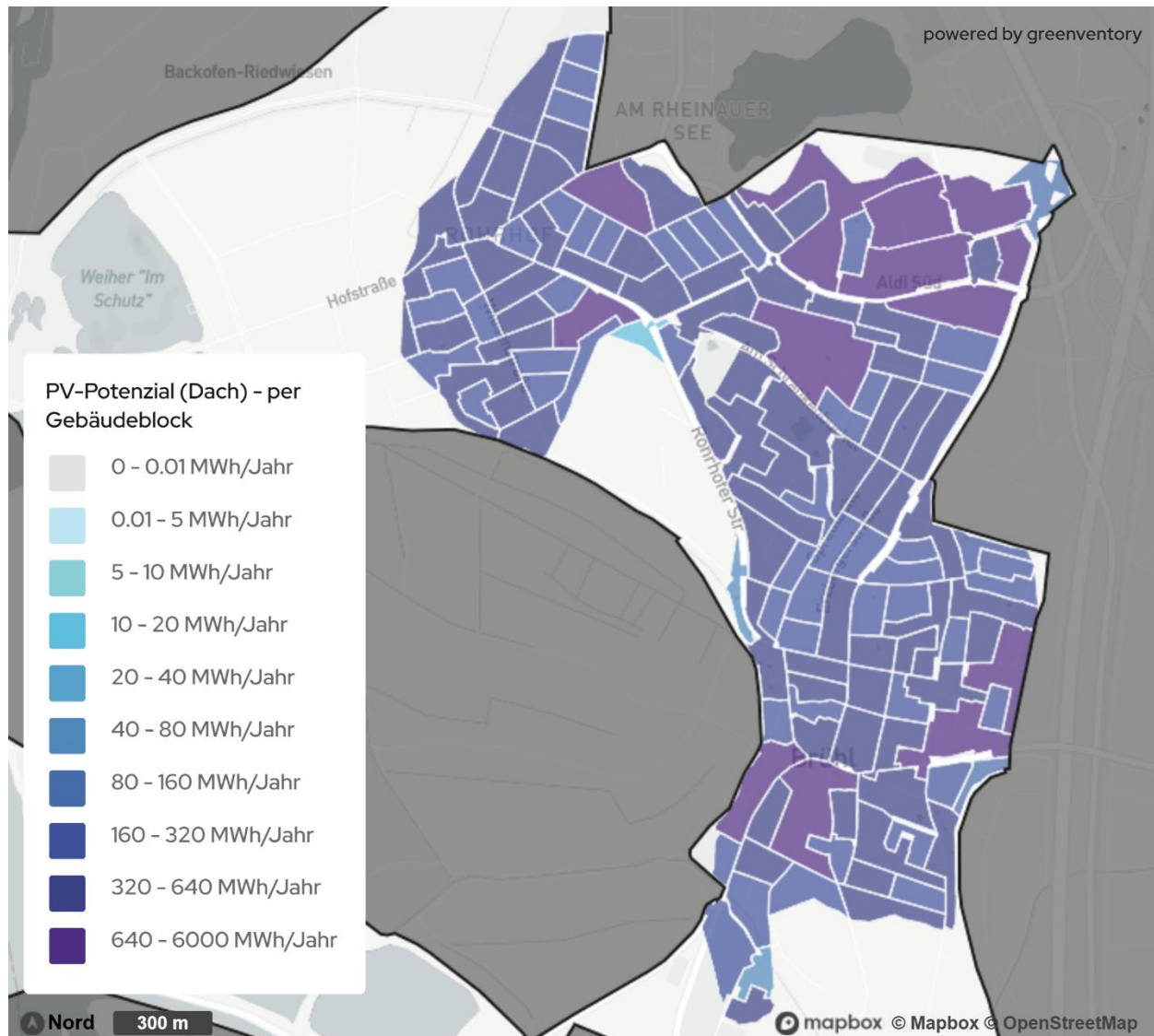


Abbildung 33: Photovoltaik-Potenzial auf Dachflächen in einer gebäudeblockbezogenen Darstellung

Das technische Potenzial für die PV-Stromerzeugung auf Dachflächen liegt demnach bei 60 GWh/a.

Freiflächen

Für die Flächenauswahl werden die gleichen Potenzialflächen wie für die Freiflächen-Solarthermie betrachtet (vgl. Kapitel 4.5.4). 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.⁵⁰

Das gesamte für die Gemarkung ermittelte technischen Potenzial für Freiflächen-Photovoltaik beträgt demnach 21 GWh/a. Die Freiflächenpotenziale umfassen dabei insbesondere Flächen südlich des Siedlungsgebiets.



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

⁵⁰ Vgl. World Bank Group, ESMAP, SOLARGIS, „Global Solar Atlas“.

4.6 Transformation der Wärmenetze

Die Paragraphen 29 - 32 WPG regeln die schrittweise Umstellung von Wärmenetzen auf erneuerbare Energien und Abwärme. Ziel ist die Treibhausgasneutralität der Wärmenetze bis zum Zieljahr 2040. 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.“*

Der Fernwärmelieferant MVV Energie AG hat sich selbst noch ambitioniertere Ziele gesetzt. Auf der UN-Klimakonferenz in Glasgow im Jahr 2021 hat die MVV Energie AG mit dem Mannheimer Modell ihren „#klimapositiv-Kurs“ kommuniziert. Nach diesem strategischen Leitrahmen, in dem auch die Wärmewende eine wesentliche Säule darstellt, hat sich der Energieversorger, der unter anderem das Fernwärmenetz in Mannheim betreibt, verpflichtet die Fernwärmeerzeugung bis 2030 vollständig auf grüne Energiequellen umzustellen. 16 erste große Investitionsprojekte sind bereits umgesetzt: Mit dem Bau eines neuen Dükers unter dem Altrhein und einer ca. 3 km langen Verbindungsleitung wurde das Kraftwerk zur thermischen Abfallverwertung auf der Friesenheimer Insel an das Fernwärmenetz angeschlossen, so dass seit 2020 mit ansteigenden Mengen unvermeidbare Abwärme eingespeist werden kann. Im Jahr 2024 folgte der Anschluss des Biomasseheizkraftwerkes auf der Friesenheimer Insel. Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Inbetriebnahme einer innovativen Flusswärmepumpe am Rhein auf dem Standort des Großkraftwerks Mannheim im Oktober 2023. Neben weiteren Großwärmepumpen ist die Erschließung von Tiefengeothermie geplant. Spitzenlasten sollen mit Hilfe von Biomethan oder ggf. Wasserstoff

abgefahren werden. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die geplante Entwicklung des Erzeugungsmixes der Fernwärme auf Basis des Transformationsplanes der MVV Energie AG.

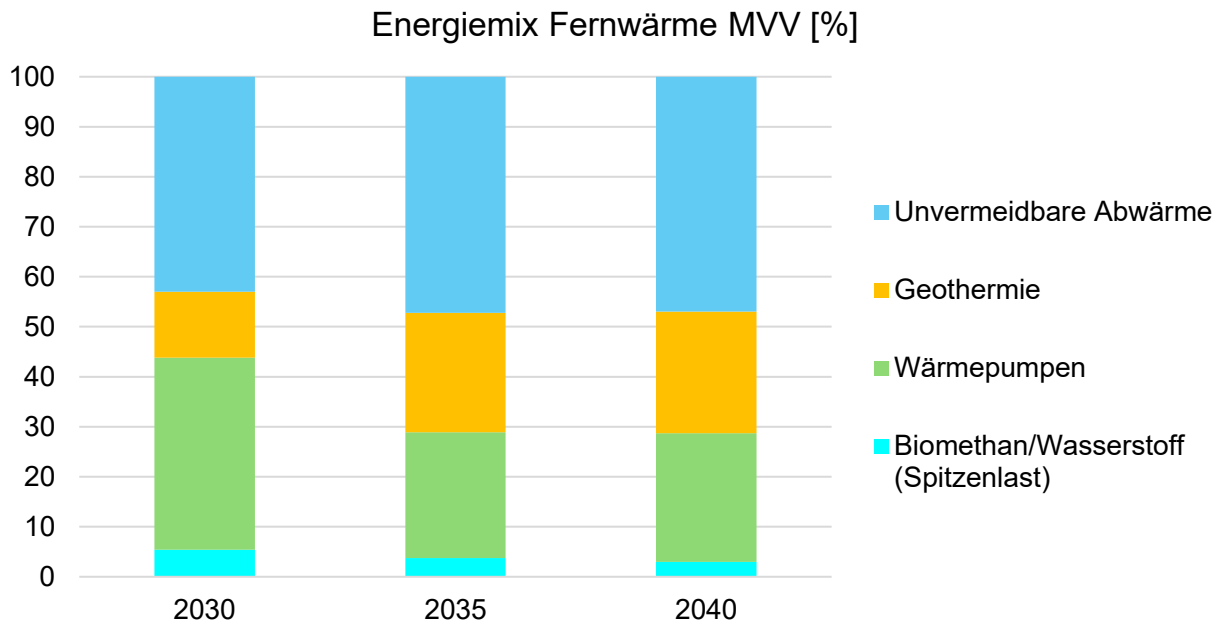


Abbildung 35: Energieträgermix der Fernwärme der MVV Energie AG laut Transformationsplan

Ab 2030 sinkt der CO₂- Emissionsfaktor der Fernwärme auf null. Natürlich können projektspezifische Unsicherheiten (z. B. bei der Auffindung von Geothermie) während des Transformationsprozesses noch zu prozentualen Veränderungen der Anteile einzelner Erneuerbarer-Energien-Technologien führen.

4.7 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 Deutschland⁵¹. 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.

⁵¹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie NWS 2023*.

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 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 Gasnetzinfrastuktur

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 Gasnetzinfrastuktur 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 Wasserstoffnetzausbaugbiet 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 Wasserstoffnetzausbaugbiets (§§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, vorzuzugswürdig“.*⁵²
- 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“.*⁵³
- Ferner muss nachgewiesen werden, dass der Transport über vorgelagerte Netze sichergestellt sein muss. *„Der Nachweis einer gesicherten Versorgung aus dem vorgelagerten*

⁵² 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.

⁵³ Bundesnetzagentur, 33.

*(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 Netzkopelpunkt aufgespeist, sondern über mehrere. Zudem ist es nicht selten, dass Netze zwei oder mehr vorgelagerte Netzebenen haben“.*⁵⁴

- 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 nahegelegt werden soll, die ökonomischen Risiken des Einbaus fossiler Heizungsanlagen einzugehen.“*⁵⁵

Aussagen zur Studienlage

Gleichzeitig sagt die Studienlage, z. B. der HAW Hamburg 2025⁵⁶, 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.

⁵⁴ Bundesnetzagentur, 38.

⁵⁵ Bundesnetzagentur, 8.

⁵⁶ Vgl. Doucet u. a., *Grüner Wasserstoff für die Energiewende: Potentiale, Grenzen und Prioritäten – Teil 6: Wasserstoffanwendungen im Sektorenvergleich.*

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.

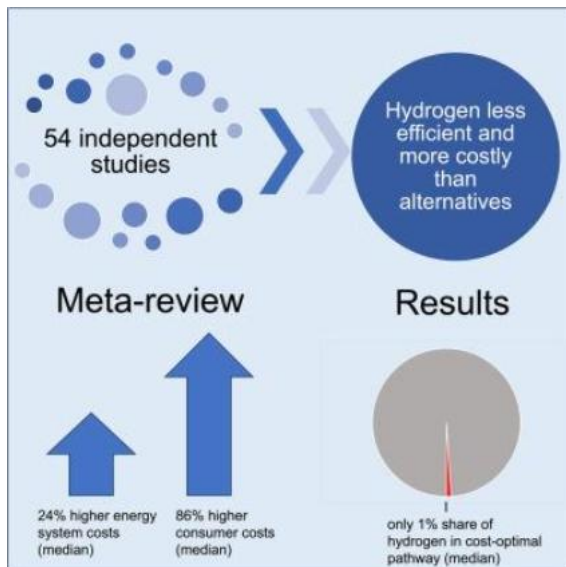


Abbildung 36: Überblick zur Metastudie Wasserstoff⁵⁷

Eine 2024 veröffentlichte Metastudie⁵⁸ 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 Wasserstoffnetzausbauggebiete zum jetzigen

⁵⁷ Rosenow, „A Meta-Review of 54 Studies on Hydrogen Heating“, 1.

⁵⁸ 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.⁵⁹

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

- 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, zukünftig ein Wasserstoffnetzgebiet in die Fortschreibung der kommunalen 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 eine Umwandlung des unverbindlichen Transformationsplan zu einem verbindlichen

⁵⁹ 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.

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.

4.8 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.⁶⁰

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.

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-

⁶⁰ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), *Speicher für die Energiewende*.

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.

Das Potenzial einen Wärmespeicher zu errichten wäre ggf. auf den Flächen, die auch für Freiflächen-PV Anlagen theoretisch nutzbar sind, gegeben.

4.9 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 (siehe Abbildung 37). Potenziale, die seitens der Gemeinde vorerst keine weitere Berücksichtigung finden, sind nicht dargestellt, darunter z. B. Windkraft. Bei den gezeigten technischen Potenzialen handelt es sich um eine Obergrenze, welche lediglich die rechtlichen Rahmenbedingungen sowie technologische Möglichkeiten, nicht aber Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit betrachtet. Sie dienen der Einschätzung der grundsätzlichen Möglichkeiten zur 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 genutzt werden kann.

Die Gesamtsumme der ermittelten Potenziale zur Wärmeerzeugung beläuft sich auf rund 600 GWh/a, die der Stromerzeugung auf ca. 85 GWh/a. Hinzu kommen Potenziale hinsichtlich der Wärmebedarfssenkung durch Gebäudesanierung, welche in Kapitel 4.1 erläutert, bzw. in Abbildung 21 zu sehen sind.

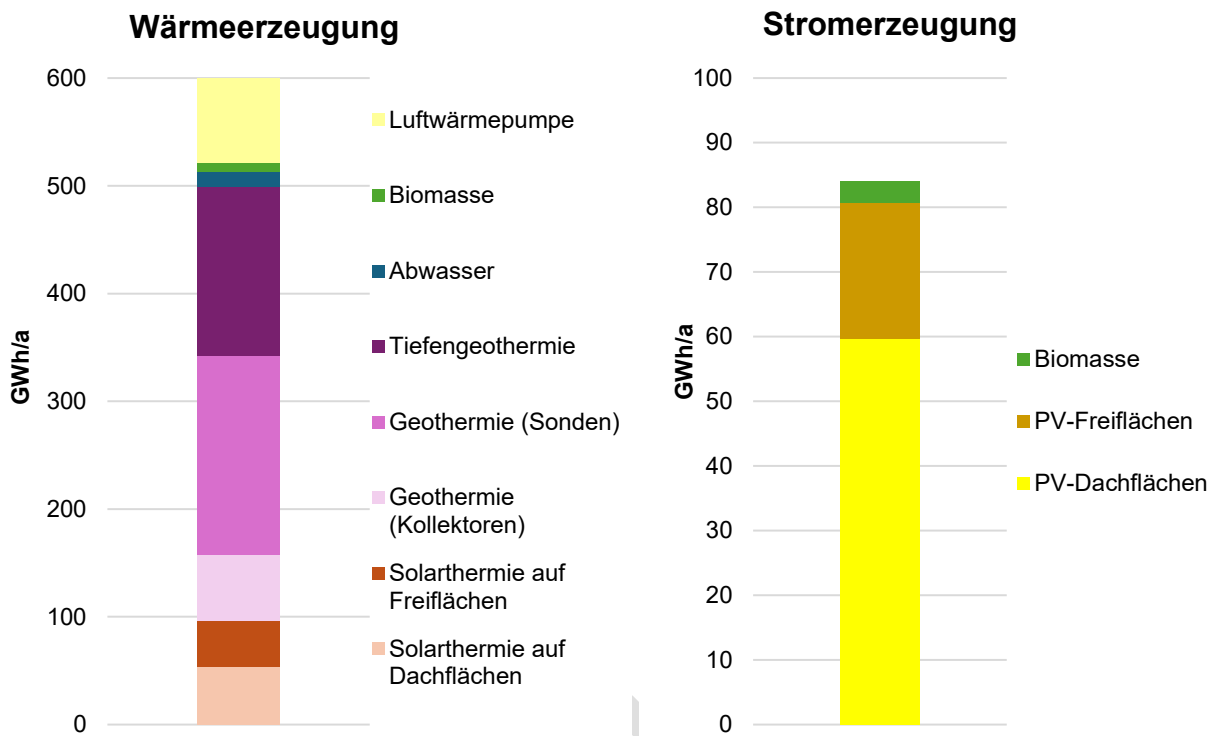


Abbildung 37: Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien

5 Zielszenario und Umsetzungsstrategie für Brühl

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 in Brühl umfasst folgende Bausteine:

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

5.1 Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

5.1.1 Abgrenzung der Wärmeversorgungsgebiete in Brühl

Auf Grundlage der untersuchten Potenziale sowie der Bestandsanalyse werden Wärmeversorgungsgebiete für die Gemarkung Brühl abgegrenzt. Die Wärmeversorgungsgebiete dienen einer zielgerichteten Beschreibung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur für die Jahre 2030, 2035 und 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 Brühl sowie relevanten Akteuren festgelegt.

Die Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete erfolgt in folgende Gebietskategorien:

- Wärmeversorgungsgebiet für eine dezentrale Versorgung,
- Wärmeversorgungsgebiet für ein Wärmenetz,
- Wärmeversorgungsgebiet für ein Wasserstoffnetz,

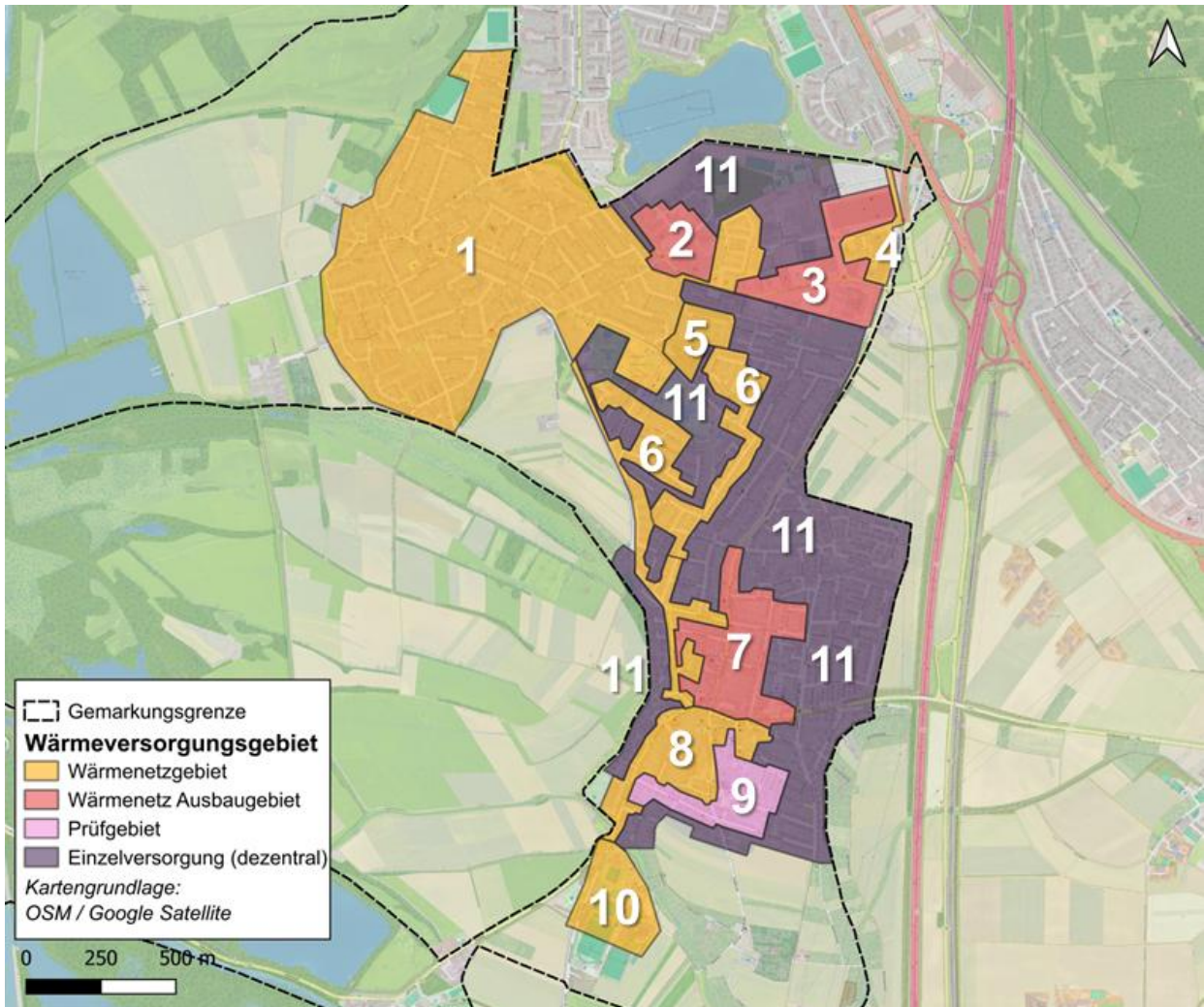
- oder Prüfgebiet.

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 38 zeigt die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete, wobei zum Zeitraum der Erstellung in Hinblick auf die Wärmenetzausbaubereiche noch keine Aussage zu den Betrachtungszeiträumen der Jahre 2030, 2035 und 2040 getroffen werden kann. Eine Transformation des bestehenden Fernwärmenetzes muss spätestens bis zum Zieljahr 2040 vollständig erfolgt sein. Der Betreiber strebt eine Transformation bis zum Jahr 2030 an. 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. Für das im Plan dargestellte Prüfgebiet kann bislang kein genauer Zeithorizont oder eine definitive Aussage über die Art der künftigen Wärmeversorgung getroffen werden.⁶¹

⁶¹ Hier muss zunächst in weitergehenden Untersuchungen geprüft werden, ob sich eine Umsetzung von Wärmenetzen vor allem wirtschaftlich abbilden lässt. Die grundsätzlichen Anforderungen an eine Wärmenetzeignung, d. h. Lage, Verfügbarkeit technischer Potenziale und Platz für Erzeugungsanlagen sowie eine ausreichende Wärmeabnahme sind gegeben.



1	Rohrhof
2	Ausbaugebiet Gewerbe Nordwest
3	Ausbaugebiet Gewerbe Nordost
4	Wärmenetz Gewerbe Nordost
5	Grüne Mitte
6	Wärmenetz Mitte
7	Ausbaugebiet Wärmenetzerweiterung Ost
8	Wärmenetz Ketscher Straße / Hauptstraße
9	Prüfgebiet Wärmenetzerweiterung Süd
10	Wärmenetz Schul- und Sportzentrum Süd
11	Dezentrale Gebiete

Abbildung 38: Einteilung des Gemeindegebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

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

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 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 Wärmeplanung⁶² 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:

- Wärmelinienichte,
- Vorhandensein potenzieller Ankerkunden für ein Wärme-/Wasserstoffnetz,
- erwarteter Anschlussgrad an Wärme-/Gasnetze, wenn ein Netz vorhanden ist oder erwartet wird,
- langfristiger Prozesswärmebedarf,
- erneuerbare Potenziale zur zentralen Wärmeerzeugung,
- 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 4.7). Für eine Wärmenetzeignung sind insbesondere eine hohe künftige Wärmeabnahme (Wärmelinienichte) oder potenzielle Ankerkunden von Relevanz, die eine konstante Abnahme gewährleisten.

⁶² Ortner u. a., *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*.

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

- 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. Außerdem müssen bestehende Wärmenetze zukünftig transformiert werden, sofern sie zum Status Quo noch mit fossilen Energieträgern betrieben werden.

(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 im Jahr 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.

5.1.2 Abbildungen gemäß § 19 Abs. 2 WPG – Darstellungen der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr unter Angaben von Eignungsstufen

Die Abbildungen in Anhang 4 zeigen die Eignungsstufen der voraussichtlichen Wärmeversorgungsarten für die Wärmeversorgungsgebiete nach dem folgenden Eignungsmaßstab gemäß § 19 Abs. 2 WPG:

1. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr sehr wahrscheinlich geeignet;
2. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr wahrscheinlich geeignet;
3. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr wahrscheinlich ungeeignet;
4. die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet im Zieljahr sehr wahrscheinlich ungeeignet.

Die Einschätzung erfolgt jeweils für die Eignung zur dezentralen Versorgung, zur Versorgung über ein Wasserstoffnetz und zur zentralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz.

5.2 Zielszenario

5.2.1 Beheizungs- und Versorgungsstruktur

Wie Kapitel 4.9 zu entnehmen ist, verfügt die Gemeinde Brühl 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.

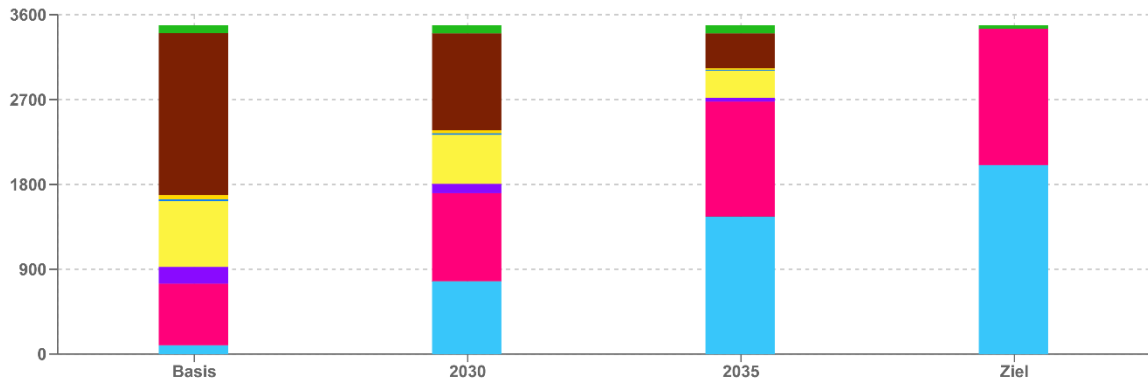
Bei Wärmenetzgebieten und Wärmenetz Ausbaugebieten wird eine Anschlussquote von 70 % für das Zieljahr angenommen. Dabei werden im DZ, nach den bereits am jeweiligen Wärmenetz angeschlossenen Gebäuden, diejenigen Gebäude angeschlossen, welche die höchsten Wärmeverbräuche aufweisen.

Für alle übrigen Gebäude 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 4.5.5.

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 39, welche die Entwicklung der Heizsysteme in den Gebäuden auf der Gemarkung Brühl aufzeigt. Deutlich wird dabei der Rückgang in der Anzahl der derzeitig dominierenden fossilen Heizungen. Sowohl die Anzahl der Erdgaskessel als auch der Ölkessel ist im zugrunde gelegten Szenario rückläufig und sinkt bis zum Zieljahr 2040 auf 0. Dies gilt ebenso für Kohle und Flüssiggas. Im Zieljahr dominiert die elektrische Luftwärmepumpe als Heizungsart mit einem Anteil von über der Hälfte der Heizsysteme. Hinsichtlich der Übergabestationen für Fern-/Nahwärme, wird in diesem Szenario eine Verdichtung der Bestandswärmenetzgebiete und der Ausbau der Wärmenetzausbaugebiete zugrunde gelegt. Der entsprechende Anstieg kann der Abbildung in der Zeile „Fernwärme Übergabestation“ entnommen werden. Das Prüfgebiet fließt mit einem dezentralen Erzeugungsmix in die Abbildung sowie die darauffolgenden Bilanzen ein. Je nach Ergebnissen für das Prüfgebiet, könnte der Anteil von Wärmenetzen zur Wärmeversorgung künftig höher ausfallen.

Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern



Heizungsarten	Differenz zw. Basis- und Zieljahr									
	Basis		2030		2035		Ziel		Differenz	
	%		%	%		%	%	%	%	
Elektrische Luftwärmepumpe	2,64%	92	22,15%	772	41,82%	1.458	57,54%	2.006	+>1000%	+1.914
Kohleofen	0,09%	3	0,06%	2	0,06%	2	0%	0	-100%	-3
Fernwärme Übergabestation	18,67%	651	26,79%	934	34,91%	1.217	41,42%	1.444	+121,81%	+793
Elektroheizung	5,11%	178	2,78%	97	1,18%	41	0%	0	-100%	-178
Erdgaskessel	20,02%	698	14,92%	520	8,23%	287	0%	0	-100%	-698
Elektrische Erdwärmepumpe	0,6%	21	0,49%	17	0,34%	12	0,06%	2	-90,48%	-19
LPG	1,23%	43	0,89%	31	0,4%	14	0%	0	-100%	-43
Ölkessel	49,34%	1.720	29,52%	1.029	10,64%	371	0%	0	-100%	-1.720
Pelletheizung	2,29%	80	2,41%	84	2,41%	84	0,98%	34	-57,5%	-46
Gesamt	100%	3.486	100%	3.486	100%	3.486	100%	3.486	0%	0

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

Abbildung 39: Primäre Heizsysteme nach Energieträgern

Die Grundannahme, dass weitaus mehr Luft-Wasser-Wärmepumpen installiert werden als Erdwärmepumpen wird durch Abbildung 40 gestützt.

Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2018 bis 2024

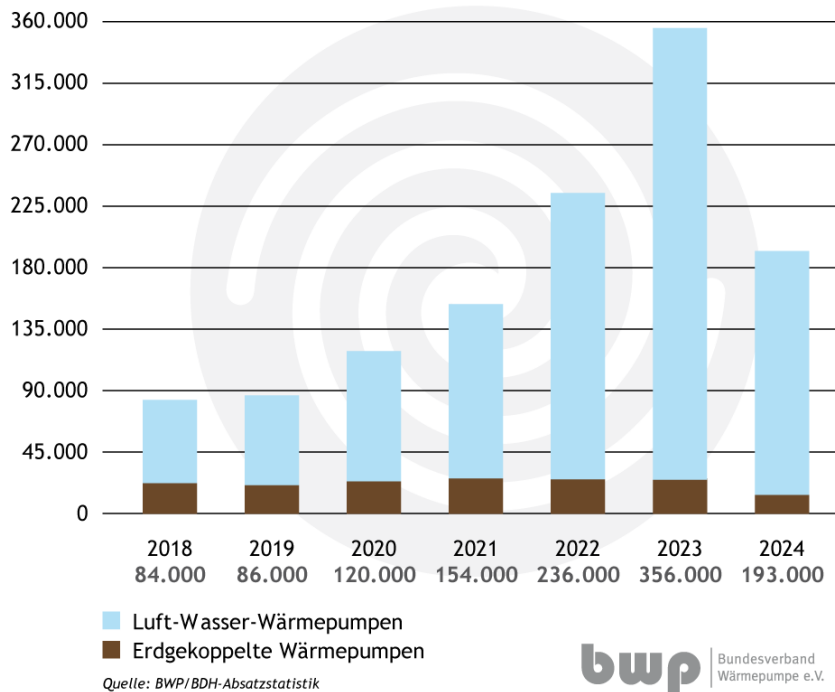


Abbildung 40: Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2018 bis 2024⁶³

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).

Angenommener Energieträgermix für Wärmenetzgebiete:

Der im Rahmen der Wärmeplanung berücksichtigte künftige Energieträgermix des Zielszenarios für die Wärmenetzgebiete und die Wärmenetz Ausbauggebiete wurde in direkter mit den betreffenden Akteuren festgelegt und kann Abbildung 35, bzw. Kapitel 4.6 entnommen werden.

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.

⁶³ Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., „Wärmepumpen: Markt geht auf 193.000 Geräte zurück, aber Vertrauen in die Förderung steigt“.

5.2.2 Endenergie

Abbildung 41 enthält den **Endenergiebedarf** für den Wärmesektor (in GWh/a), gegliedert nach Energieträgern (ohne Differenzierung der Wärmenetze) 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 2045 auf null reduziert sind. Der Anteil von Strom in der Bilanz des Zielszenarios setzt sich dabei aus den Bestandteilen der Stromdirektheizung, der Luft-Wasser-Wärmepumpen und der Erdwärmepumpen (oberflächennahe Erdwärmekollektoren / oberflächennahe Erdwärmesonden) zusammen. Geringe Anteile an Solarthermie werden insbesondere bei mit Pellets beheizten Gebäuden erwartet. Die Entwicklung des Endenergiebedarfs Fern-/Nahwärme (in der Abbildung als „Fernwärme“ gekennzeichnet) beschränkt sich im dargestellten Szenario auf die bestehenden Wärmenetzgebiete und die Wärmenetzausbauggebiete. Das Prüfgebiet fließt mit dezentralen Wärmeversorgungs-lösungen in die Bilanzierung ein, wobei strombasierte Heizungstechnologien (insbesondere elektrische Luftwärmepumpen) die meistgenutzte Lösung darstellen.

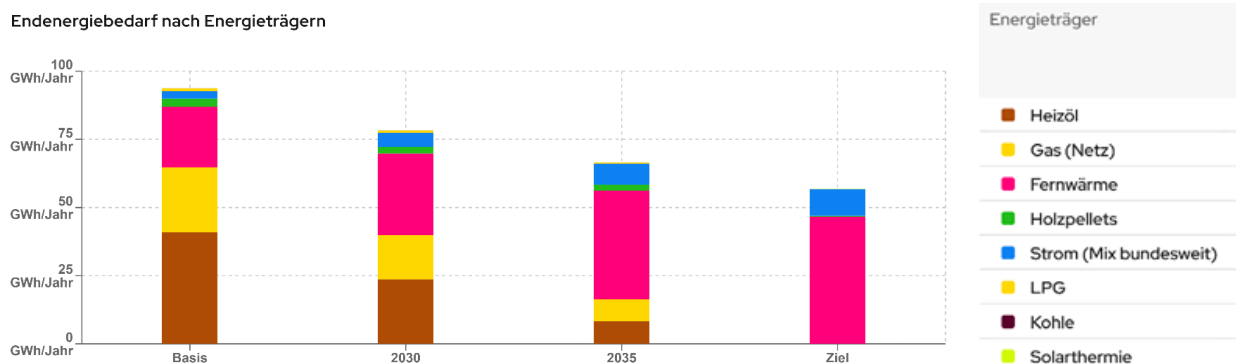


Abbildung 41: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (ohne Differenzierung der Energieträger für Wärmenetze)

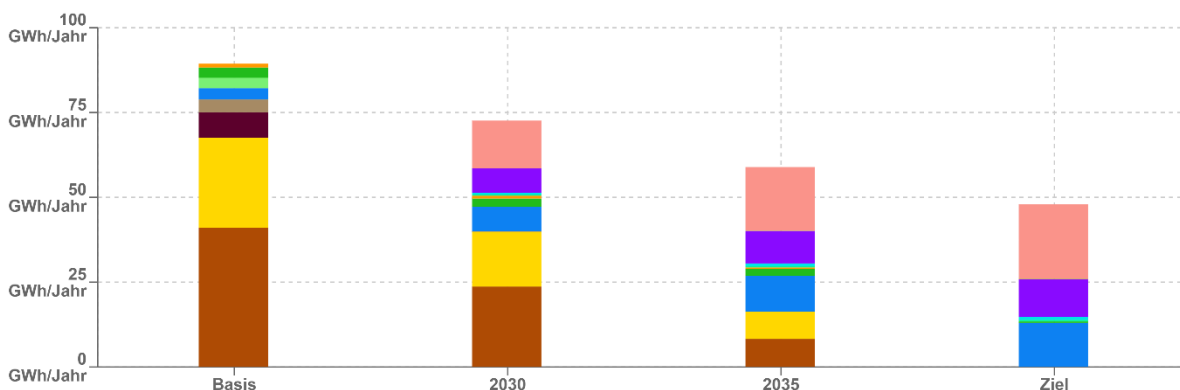
Der in Abbildung 41 enthaltene jährliche Endenergieverbrauch aus Gasnetzen wird zu 100 % durch Erdgas (Methan) gedeckt.

Während der Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung am Endenergieverbrauch der Wärmeversorgung aktuell ca. 24 % ausmacht, sind es im Zieljahr etwa 82 %. Dies ist mitunter auf die hohen Wirkungsgrade der strombasierten Wärmeversorgungs-lösungen zurückzuführen.

Die im Zeitverlauf eingesetzten Energieträger zur Erzeugung von Fern- und Nahwärme ergeben sich aus Abbildung 35, bzw. Kapitel 4.6.

Mit der Aufgliederung der Energieträger für die Wärmenetze ergibt sich auf Basis von Abbildung 41 schließlich Abbildung 42, in welcher die Gesamtendenergiebedarfe nach Energieträgern mit Differenzierung der Wärmenetzanteile gezeigt sind.

Endenergiebedarf nach Energieträgern (Wärmenetze differenziert)



Energieträger	Basis		Differenz zw. Basis- und Zieljahr				Ziel		Differenz	
	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr
Heizöl	45,88%	41	32,62%	23,69	13,98%	8,24	0%	0	-100%	-41
Erdgas	29,7%	26,54	22,32%	16,21	13,67%	8,06	0%	0	-100%	-26,54
Kohle	8,47%	7,57	0,04%	0,03	0,05%	0,03	0%	0	-100%	-7,57
Abfall	4,17%	3,73	0%	0	0%	0	0%	0	-100%	-3,73
Strom (Mix bundesweit)	3,73%	3,33	10,02%	7,28	17,87%	10,53	27,28%	13,07	+292,49%	+9,74
Holz hackschnitzel	3,42%	3,06	0%	0	0%	0	0%	0	-100%	-3,06
Holz pellets	3,41%	3,05	3,39%	2,46	3,6%	2,12	0,65%	0,31	-89,84%	-2,74
LPG	1,22%	1,09	1,12%	0,81	0,63%	0,37	0%	0	-100%	-1,09
Biomethan	0%	0	0,41%	0,3	0,68%	0,4	1%	0,48	neu	+0,48
Wasserstoff	0%	0	0,83%	0,6	1,36%	0,8	1,94%	0,93	neu	+0,93
Tiefengeothermie	0%	0	9,87%	7,17	16,25%	9,58	23,31%	11,17	neu	+11,17
Solarthermie	0%	0	0,04%	0,03	0,08%	0,05	0,15%	0,07	neu	+0,07
Abwärme	0%	0	19,33%	14,04	31,83%	18,76	45,67%	21,88	neu	+21,88
Gesamt	100%	89,37	100%	72,62	100%	58,94	100%	47,91	-46,4%	-41,46

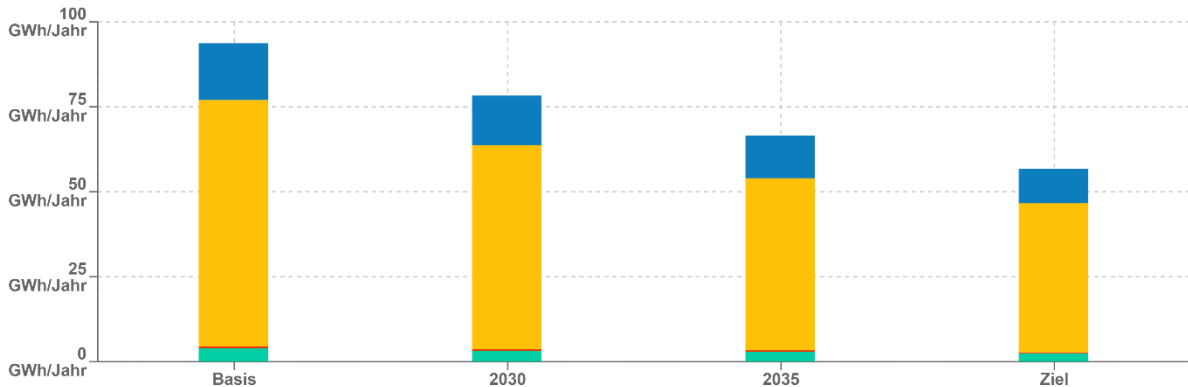
Die Werte zeigen die Veränderung in Endenergiebedarf nach Energieträgern (Wärmenetze differenziert) pro Kategorie und insgesamt vom Ist- zum Zieljahr.

Abbildung 42: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (inkl. Aufgliederung der Energieträger für Wärmenetze)

Hinsichtlich der sektoralen Entwicklung zeigt Abbildung 43 einen deutlichen und anhaltenden Rückgang über alle Bereiche hinweg.

Zwischen dem aktuellen Zustand und dem Jahr 2040 reduziert sich der gesamte Endenergiebedarf um rund 39 %. Der Sektor „Privates Wohnen“ leistet aufgrund seines hohen Ausgangsniveaus in Bezug auf den Endenergiebedarfsanteil den größten Beitrag zur absoluten Einsparung und erreicht eine relative Reduktion von ebenfalls rund 39%.

Endenergiebedarf nach Sektor



Wirtschaftssektor	Differenz zw. Basis- und Zieljahr									
	Basis		2030		2035		Ziel		Differenz	
	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr	%	GWh/Jahr
Öffentliche Bauten	4,22%	3,96	4,02%	3,15	4,37%	2,91	4,4%	2,5	-36,87%	-1,46
Industrie & Produktion	0,58%	0,54	0,65%	0,51	0,71%	0,47	0,42%	0,24	-55,56%	-0,3
Privates Wohnen	77,37%	72,52	76,68%	60,03	76,08%	50,63	77,23%	43,88	-39,49%	-28,64
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	17,83%	16,71	18,65%	14,6	18,84%	12,54	17,95%	10,2	-38,96%	-6,51
Gesamt	100%	93,73	100%	78,29	100%	66,55	100%	56,82	-39,4%	-36,91

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

Abbildung 43: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren bis zum Zieljahr 2040 (inklusive Darstellung der Zwischenjahre)

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.⁶⁴ Die Angaben sind in Abschnitt 3.2.2 dargestellt.

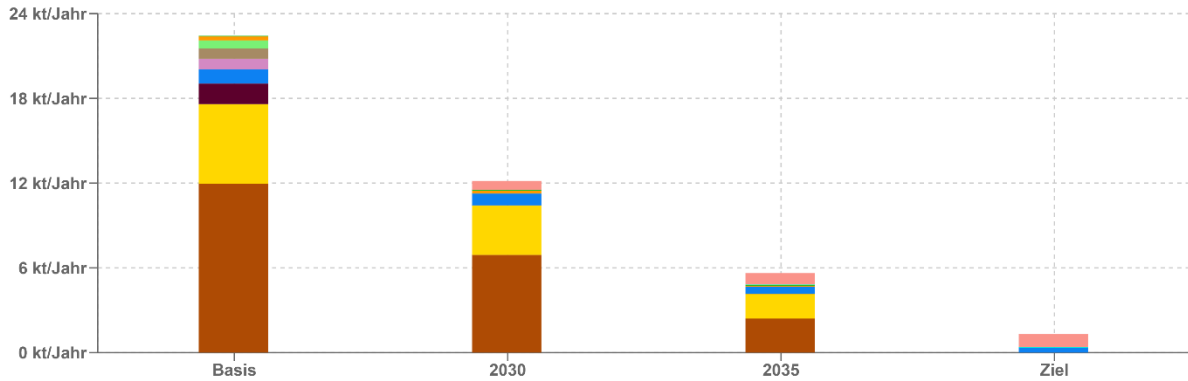
Die insbesondere für dezentrale Gebiete ausgewiesenen Wärmepumpen tragen wegen des zukünftig noch höheren Anteils an erneuerbarem Strom und der – gegenüber einer Direktstrom-Nutzung – erhöhten Effizienz nur in sehr geringem Ausmaß zur THG-Emissionsbelastung bei.

Unter den Annahmen des Zielszenarios für Brühl ist eine fast vollständige Klimaneutralität für die Gemarkung möglich, wie die nachfolgende Abbildung 44 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 die Energieträger Strom und Holzpellets sowie durch Abwärme, Wasserstoff und Biomethan. Strom wird im bundesweiten Strommix über die Zwischenjahre hinweg stets Anteile erneuerbarer Energieträger hinzugewinnen, sodass dessen Emissionen grundsätzlich je kWh/a sinken werden. Den

⁶⁴ Langreder u. a., *KWW-Technikkatalog Wärmeplanung 2024*.

sinkenden THG-Emissionen durch erneuerbare Anteile im Bereich Strom stehen die erhöhten künftigen Strombedarfe (insbesondere durch elektrische Wärmepumpen) entgegen.

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	53,37%	11,97	56,91%	6,92	42,81%	2,41	0%	0	-100%	-11,97
Erdgas	25,1%	5,63	28,78%	3,5	30,91%	1,74	0%	0	-100%	-5,63
Kohle	6,42%	1,44	0,08%	0,01	0,18%	0,01	0%	0	-100%	-1,44
Strom (Mix bundesweit)	4,55%	1,02	6,83%	0,83	8,7%	0,49	25,95%	0,34	-66,67%	-0,68
Wasserwärme	3,34%	0,75	0%	0	0%	0	0%	0	-100%	-0,75
Abfall	3,21%	0,72	0%	0	0%	0	0%	0	-100%	-0,72
Holz hackschnitzel	2,59%	0,58	0%	0	0%	0	0%	0	-100%	-0,58
LPG	1,2%	0,27	1,64%	0,2	1,6%	0,09	0%	0	-100%	-0,27
Holzpellets	0,22%	0,05	0,33%	0,04	0,71%	0,04	0,76%	0,01	-80%	-0,04
Wasserstoff	0%	0	0,25%	0,03	0,53%	0,03	2,29%	0,03	neu	+0,03
Biomethan	0%	0	0,08%	0,01	0,36%	0,02	1,53%	0,02	neu	+0,02
Abwärme	0%	0	5,1%	0,62	14,21%	0,8	69,47%	0,91	neu	+0,91
Gesamt	100%	22,43	100%	12,16	100%	5,63	100%	1,31	-94,2%	-21,12

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

Abbildung 44: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2040 (ohne Differenzierung der THG-Emissionen für Wärmenetze)

Im Wärmebereich wurden zum Status Quo insgesamt THG-Emissionen von 22,4 kt CO₂e/a emittiert. Bis 2040 wird ein Rückgang von ca. 94 % auf dann 1,3 kt CO₂e/a berechnet.

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 45: Strategiefelder Maßnahmenkatalog

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden fünf 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 dem 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-Dachflächen und PV-Freiflächen-Anlagen oder die Prüfung von tiefer Geothermie. 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) Wärmenetzausbau und -transformation

Wärmenetze spielen eine Schlüsselrolle in der Wärmewende, insbesondere in dicht besiedelten Gebieten mit hohen Wärmeverbrauchsichten. Dieses Strategiefeld umfasst sowohl die Transformation bestehender Wärmenetze als auch die Entwicklung neuer Wärmenetze, bzw. die Erweiterung von bestehenden Wärmenetzen. Durch Wärmenetze kann die Wärmeversorgung zentral gesteuert und klimaeffizient gestaltet werden. Darüber hinaus müssen Gebäudeeigentümer keine dezentralen Lösungen (z.B. Wärmepumpe, Pelletkessel) kaufen und am eigenen Gebäude platzieren.

C) Sanierung, Modernisierung, Effizienzsteigerung und Heizungsumstellung

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. Hier geht es insbesondere darum, Eigentümern eine Hilfestellung zu geben, um in den zahlreichen dezentralen Wärmeversorgungsgebieten die Wärmewende voranzubringen. Eine verbesserte Gebäudehülle, effizientere Anlagentechnik und ein bewusster Umgang mit Energie sind zentrale Hebel für eine kostengünstige und nachhaltige Wärmeversorgung.

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 den verschiedenen Beteiligungsformaten stattgefunden. Neben klassischer Öffentlichkeitsarbeit umfasst es die Entwicklung eines kommunalen Beteiligungs- und Kommunikationsplans, der sicherstellt, dass unterschiedliche Akteure frühzeitig und transparent in Planungs- und Umsetzungsprozesse eingebunden werden. Ziel ist es, Akzeptanz zu fördern, Entscheidungssicherheit zu schaffen und energiebewusstes Verhalten langfristig zu verankern.

E) Strategische Entwicklung

Dieses Strategiefeld befasst sich mit der Umsetzung von Klimaschutz, bzw. der Wärmewende in der Bauleitplanung.

Insgesamt ergänzen sich diese fünf 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 Vortreiben 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.“*⁶⁵

Die zentralen Zielsetzungen der Gemeinde Brühl sind:

→ Energetische Sanierung: Sanierungsquote von mindestens 1,0 %

Um den Energieverbrauch deutlich zu senken, müssen die Gebäude energetisch saniert werden. Ferner sollten Einsparpotenziale durch Effizienzsteigerungen der Heizungsanlagen und durch das individuelle Nutzerverhalten genutzt werden. Mit dem Wärmeplan schafft die Gemeinde die Grundlage für einen klimaneutralen Gebäudebestand. Um dieses Ziel bis 2040 angehen und umsetzen zu können, ist die Beratung, Kommunikation und Information aller relevanten Akteure essenziell. Die Kommune selbst kann im Gebäudebereich nur die Sanierung und den Einsatz der erneuerbaren Energien in den eigenen Liegenschaften umsetzen. Der sonstige Gebäudebestand, d. h. Privatgebäude, Gewerbebetriebe oder beispielsweise Vereins- oder Kirchenimmobilien, liegen nicht in der Hand der Verwaltungen. Darum sind hier gezielte Beratungen und Information der einzelnen Zielgruppen wichtig, um diese zum Sanieren zu motivieren.

→ Transformation bestehender Wärmenetze sowie Wärmenetzerweiterungen oder Schaffung neuer Wärmenetze

Der Ausbau von zentralen Wärmenetzlösungen ist ein essenzieller Bestandteil der Umsetzungsstrategie. Im Rahmen geförderter Machbarkeitsstudien können Trassenverläufe, Wärmeabsatzprognosen und Erzeugerstrukturen mit Blick auf die technische und wirtschaftliche Machbarkeit untersucht, Versorgungsoptionen verglichen sowie die Verfügbarkeit von Standorten zukünftiger Heizzentralen geprüft werden. Auf dieser Basis können lokale Wärmenetze entwickelt und bis

⁶⁵ Erste Schritte in der Kommunalen Wärmeplanung: Die Vorbereitungsphase, 13.

2040 zur Umsetzung gebracht werden. Für bestehende Wärmenetze werden die Betreiber Dekarbonisierungsstrategien entwickeln, oder haben diese bereits vorliegen. Das im Rahmen des Wärmeplans identifizierte Prüfgebiet wird im Maßnahmenkatalog aufgegriffen.

→ Nutzung lokaler regenerativer Quellen: Ausbau von Potenzialen

Der nach Einspar- und Effizienzmaßnahmen verbleibende Wärmebedarf muss möglichst treibhausgasarm gedeckt werden. Neben Ausbau und Anpassung der Energieinfrastrukturen sollen, die im Wärmeplan identifizierten, lokalen Potenziale aus erneuerbaren Energien erschlossen und genutzt werden. Zur Förderung und Beschleunigung der Nutzung wurden entsprechende Maßnahmen definiert.

In peripheren oder weniger verdichteten Bestandsgebieten wird sich nach den Zielen der Bundesregierung die Wärmepumpe als wichtigstes Heizsystem durchsetzen⁶⁶. Die Kommunen sollten in den dezentralen Wärmeversorgungsgebieten zusammen mit dem Stromversorger sicherstellen, dass das Stromnetz bei Bedarf für die neuen Herausforderungen der Versorgung einer großen Zahl von Wärmepumpen ertüchtigt wird, wobei auch der künftige Ausbau von PV und der Elektromobilität zu beachten sind.

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

⁶⁶ Vgl. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, „Mit Wärmepumpen Tempo machen für die Klimawende“.

Tabelle 8: Maßnahmenliste Kommunaler Wärmeplan Brühl

Nr.	Strategiefeld/Maßnahme	Priorität	Start	Abschluss
A	Potenzialerschließung und Ausbau Erneuerbarer Energien			
A.1	Prüfung des Ausbaus von PV-Freiflächen-Anlagen / Prüfung von PV-Dachanlagen	B	laufend	2029
A.2	Prüfung des Ausbaus von Tiefer Geothermie	B	2026	2035
B	Wärmenetzausbau und -transformation			
B.1	Erweiterung Transformationsplan der MVV: Fernwärmeausbau im Prüfgebiet	A	2026	2030
B.2	Perspektiven für das bestehende Fernwärmenetz	A	2026	fortlaufend
C	Sanierung/Modernisierung/ Effizienzsteigerung/Heizungsumstellung in Industrie und Gebäuden			
C.1	Energie- und Sanierungsberatung für Private (KLiBA)	A	laufend	fortlaufend
C.2	Thermografische Sanierungsberatung (Climap und AVR)	A	laufend	fortlaufend
C.3	"Bürger für Bürger" - Beispielprojekte	B	laufend	fortlaufend
C.4	Wärmeverbrauch in kommunalen Liegenschaften reduzieren	A	laufend	fortlaufend
C.5	Photovoltaikausbau in dezentralen Gebieten („PV-Bündelung“)	B	2027	2029
C.6	Wärmepumpenausbau in dezentralen Gebieten („Wärmepumpen-Bündelung“)	B	2027	2029
C.7	Klima- und Sanierungsfonds als Förderung für Private	C	laufend	fortlaufend
D	Kommunikation / Verbraucherverhalten			
D.1	Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung zur Umsetzung	A	2026	fortlaufend
D.2	Runder Tisch Gewerbe & Industrie	B	2026	fortlaufend, nach Bedarf
D.3	Wärmewende interkommunal	B	2026	fortlaufend
D.4	Runder Tisch Wärmewende (jährlicher Lenkungs-kreis)	A	2026	fortlaufend
D.5	Homepage mit Energiespartipps / Angebote gebündelt darstellen (Klimaschutz, Wärmewende etc.)	B	2027	fortlaufend
D.6	Bürger für Bürger – Arbeitsgemeinschaft Klimaschutz	B	laufend	fortlaufend
E	Strategische Entwicklung			
E.1	Klimaschutz/Wärmewende in der Bauleitplanung	A	laufend	fortlaufend

5.4 Verstetigungsstrategie, Controlling und Fortschreibung

Das Klimaschutzmanagement der Gemeinde Brühl sichert die Umsetzung der Maßnahmen rund um den kommunalen Wärmeplan ab. Alle fortlaufenden Maßnahmen zahlen auf eine verstetigte Umsetzung ein. Brühl wird den kommunalen Wärmeplan innerhalb der gesetzlichen Fristen fortschreiben.

Für eine Verstetigung des Prozesses gibt die folgende Tabelle einen Überblick über die wichtigsten internen (innerhalb der Kommunalverwaltung) und externen Akteure.

Tabelle 9: Akteure der Wärmeplanung der Gemeinde Brühl:

Akteur	Themenbereich
Ämter der Gemeinde Brühl	Strategische Koordination der Umsetzung der Wärmeplanung
Wärmenetzbetreiber	Transformation bestehender Wärmenetze (sofern notwendig)
Gas- und Stromnetzbetreiber	Transformation Gas- und Stromnetz
Kommunale Entscheidungsträger	Politische Legitimation, Finanzierung
Energieberater	Individuelle Beratung der Bürgerschaft
Planungseinheit Stadtentwicklung	Planerische Belange in der kommunalen Wärmeplanung
Tiefbau	Koordination von Tiefbaumaßnahmen etc.

Controlling der Umsetzung

Ein wirkungsvolles Controlling ist die Grundlage für eine Überprüfung des Fortschrittes im Rahmen der Wärmewende. Gemeinsam mit der Verstetigungsstrategie bildet das Controlling die Richtschnur der kommenden Jahre. Das Controlling gewährleistet die systematische Überwachung und Bewertung der im Wärmeplan definierten Strategie mit ihren zahlreichen Maßnahmen. Es gibt ferner die Möglichkeit, bei einer Abweichung entsprechende Schritte einzuleiten und beispielsweise alternative oder zusätzliche Maßnahmen in der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung einzubeziehen.

Um den jährlichen Fortschritt der Umsetzung zu dokumentieren, präsentiert die Verwaltung jährlich („Umsetzungsbericht kommunale Wärmeplanung“) den aktuellen Stand im politischen Rahmen, sodass auch die politischen Entscheidungsträger über den Projektfortschritt informiert sind. Hierbei soll der Fortschritt innerhalb einzelner Maßnahmen qualitativ dargestellt werden.

Zur qualitativen Bewertung der Umsetzung der Maßnahmen wird ein systematisches, mehrstufiges Vorgehen etabliert. Jede Maßnahme des Wärmeplans wird anhand eines festgelegten Kriterienrasters beschrieben und im Umsetzungsbericht dokumentiert.

Die Kriterien umfassen:

- Statusbeschreibung der Maßnahme
- Darstellung qualitativer Fortschrittsindikatoren
 - Zusammenarbeit mit relevanten Akteuren (z. B. Energieversorger, Wohnungswirtschaft, Industrie, Bürger).
 - Einbindung von Fördermitteln oder Ressourcen
 - Sichtbare Wirkungen vor Ort (z. B. begonnene Bauprojekte, Konzepte in Umsetzung, Öffentlichkeitsarbeit).
 - Hemmnisse und Herausforderungen, die im Prozess auftreten
- Ampelsystem zur Übersicht: Ergänzend zur qualitativen Beschreibung wird jede Maßnahme in einer Gesamtübersicht durch ein Ampelsystem bewertet. Es kann dabei unterschieden werden in grün (planmäßige Umsetzung), gelb (teilweise Umsetzung mit Verzögerungen und rot (nicht umgesetzt, erhebliche Verzögerungen).

Dieses Vorgehen erlaubt eine verständliche, übersichtliche und begründete Einschätzung der Umsetzungsfortschritte. Es macht Entwicklungen sichtbar und schafft eine Grundlage für notwendige Anpassungen im Rahmen der Fortschreibung des Wärmeplans.

Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans

Das Wärmeplanungsgesetz gibt vor, dass der kommunale Wärmeplan alle fünf Jahre überprüft und bei Bedarf überarbeitet werden soll (§ 25 Abs. 1 WPG). Mit einer kontinuierlichen Fortschreibung können laufende Entwicklungen in den Kommunen und der Gas- und Wärmenetze sowie aus der Umsetzung der Maßnahmen regelmäßig in die Datenbanken und in den Maßnahmenkatalog eingepflegt werden, z. B., wenn sich die Grenzen der Wärmeversorgungsgebiete verschieben, die Potenziale für Wasserstoff oder Abwärme ändern oder Prüfungen und Machbarkeitsuntersuchungen Wärmenetze negative Ergebnisse liefern. Zudem können sich aus der aktuellen Klimaschutzpolitik und Förderlandschaft Änderungen ergeben.

Ist der kommunale Wärmeplan regelmäßig aktualisiert und öffentlich zugänglich, kann er sich zu einem wichtigen Tool für die Gemeindeverwaltung, die Akteure und Bürger entwickeln.

Neben einer Überprüfung der eigenen Ziele und Maßnahmen können zum Zeitpunkt der Fortschreibung weitere Informationen in die Fortschreibung aufgenommen werden, die während der Erarbeitung der ersten Version der kommunalen Wärmeplanung noch nicht vorlagen.

Die folgende Tabelle zeigt auf, welche Bausteine der kommunalen Wärmeplanung dabei mindestens überprüft und aktualisiert werden sollten.

Tabelle 10: Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung

Aspekt	Hinweise zur Umsetzung
Zeitlicher Rhythmus	Spätestens alle 5 Jahre muss der Wärmeplan überprüft und ggf. fortgeschrieben werden (§ 25 WPG).
Gebietseinteilung	Überprüfung und ggf. Anpassung der Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete. Prüfgebiet anhand des aktuellen Stands der Maßnahmenumsetzung bzw. Entscheidungsfindung anpassen.
Bestandsanalyse	Aktualisierung der Infrastrukturdaten, Verbrauchsdaten und eingesetzten Energieträger. Fokus auf Gebiete mit Veränderungen.
Potenzialanalyse	Überprüfung, inwieweit vorhandene Potenziale erschlossen werden konnten. Berücksichtigung technischer Entwicklungen und neuer Erkenntnisse.
Zielszenario	Anpassung des Zielbilds der Wärmeversorgung und der Gebietszuordnung im Zieljahr und / oder den Stützjahren.
Monitoring & Controlling	Überprüfung des Monitoring-Systems zur Erfassung des Umsetzungsstands der Maßnahmen. Vergleich mit vorherigem Wärmeplan, Analyse von Abweichungen, regelmäßige Dokumentation.
Beteiligung & Kommunikation	Beteiligungsverfahren insbesondere bei wesentlichen Änderungen empfohlen. Besonders relevant bei Umstellung von Versorgungsarten oder strategischen Neubewertungen von Wärmeversorgungsgebieten.

6 Fazit und Ausblick

Die kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Brühl 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 vielfältige 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 Brühl bringt die Wärmewende viele Vorteile, die über den Klimaschutz hinausgehen. Wenn Brühl vermehrt auf erneuerbare Wärmequellen setzt, kann die Gemeinde unabhängiger von teurem Erdgas und Heizöl werden. Damit sinkt das Risiko, dass die Bürgerschaft und Unternehmen unter geopolitisch beeinflussten, schwankenden Weltmarktpreisen leiden. Zudem werden Erdgas und Heizöl in den nächsten Jahren durch steigende CO₂-Preise und höhere Netzentgelte immer teurer. 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 von Brühl.

Die Bestandsanalyse hat dabei die Ausgangslage für die Wärmewende in Brühl klar umrissen. Rund zwei Drittel 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 Mehrfamilienhausstrukturen und Bereiche gewerblicher Nutzung. Die Wärmeversorgung erfolgt aktuell überwiegend auf Basis der fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl; ergänzend werden Bereiche über ein Fernwärmenetz versorgt. Erneuerbare Energien tragen bislang 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 für die Transformation sind daher die Steigerung der Sanierungsquote, der gezielte Ausbau und die Transformation des bestehenden Fernwärmenetzes sowie ggf. die Schaffung der Wärmenetzerweiterungsgebiete. Mit dem frühzeitigen Ausbau der Fernwärme seit den 1990er Jahren in Rohrhof und der anschließenden Transportleitung nach Speyer ab 2010 sind in Brühl gute Voraussetzungen für die Verdichtung und den Ausbau des Fernwärmenetzes geschaffen. Weitere Faktoren bilden die stärkere Nutzung erneuerbarer Wärmequellen sowie die Unterstützung bei der Entwicklung dezentraler Lösungen in Gebieten ohne Netzanbindung. 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 Brühl im Klimaschutz sowie für die Anpassung an gesetzliche Vorgaben. Mit dem vorgeschlagenen Verstetigungs- und Controlling-Konzept ist gewährleistet, dass der Umsetzungsprozess transparent begleitet, regelmäßig überprüft und bei Bedarf angepasst werden kann.

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 klarer 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.

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>.
- 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-energieewende.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. „Lexikon der Entwicklungspolitik“. Zugegriffen 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“. Zugegriffen 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.waermpumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/waermpumpen-markt-geht-auf-193000-geraete-zurueck-aber-vertrauen-in-die-foerderung-steigt/>.
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP). „Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor & -sonde“. Mediengalerie/Grafiken. Zugegriffen 29. August 2025. <https://www.waermpumpe.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, (DUH). „Netzverluste in Wärmenetzen“. Deutsche Umwelthilfe e. V., 23. September 2022. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Energie/Fernw%C3%A4rme/220923_Hintergrundpapier_Netzverluste-W%C3%A4rmenetze_final.pdf.
- 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.
- Erneuerbares Heizen – Gebäudeenergiegesetz (GEG) – Häufig gestellte Fragen (FAQ)*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023. https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faq-gebäudeenergiegesetz-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. Zugegriffen 29. November 2024. <https://erdsondenoptimierung.ch/>.

Informationsportal Tiefe Geothermie. „GeoHardt: 3D-seismische Messungen abgeschlossen“. 23. Februar 2023. <https://www.tiefegeothermie.de/news/geohardt-3d-seismische-messungen-abgeschlossen>.

———. „Informationsportal Tiefe Geothermie: Brühl“. 26. Januar 2026. <https://www.tiefegeothermie.de/projekte/bruehl>.

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

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 PartGmbH, Prognos AG, et al., 2024. <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/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 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 Streblov, 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>.

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.

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

Zweckverband Bezirk Schwetzingen. „Klärwerk Bezirk Schwetzingen“. 2025. <https://www.zvb-schwetzingen-ka.de/>.